



Håndtering av kritiske grunnforhold

Status for, og arbeid med, kvikkleireproblematikk knyttet til riksvegene

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 801



Tittel

Håndtering av kritiske grunnforhold

Undertittel

Status for, og arbeid med, kvikkleireproblematikk knyttet til riksvegene

Forfatter

Guro S. Grøndalen, Eivind Schnell Juvik, Hanne Bratlie Ottesen, Samson Abate Degago, Øyvind Hellum, Jens Kveli

Avdeling

Fagressurser Drift og vedlikehold

Seksjon

Geofag Drift og vedlikehold

Prosjektnummer

C15353

Rapportnummer

Nr. 801

Prosjektleder

Guro S. Grøndalen

Godkjent av

Viggo Aronsen

Emneord

Kartlegging, kvikkleire, grunnforhold, naturfare, geoteknikk, GIS

Sammendrag

Rapporten beskriver status for riksveger med hensyn til kvikkleire samt status for etatens håndtering av kvikkleireproblematikk.

Rapporten orienterer om gjeldende rutiner og arbeidsmetoder knyttet til

kvikkleireproblematikk, i tillegg peker den på forbedringspunkter og foreslår hvordan Statens vegvesen kan jobbe med temaet videre.

Med formål om å på sikt ha et godt nok grunnlag for sortering og prioritering av kvikkleireområder langs vegnettet, er det skissert en ny metodikk for kartlegging og vurdering av kritiske grunnforhold.

Dette legger til rette for at Statens vegvesen kan jobbe mer proaktivt og effektivt med vurderinger og sikring av kvikkleireområder, noe som i sin tur vil bidra til redusert risiko for fremtidige kvikkleireskred på og langs vegnettet.

Title

Handling of critical ground conditions

Subtitle

Status of national roads, and the Norwegian Public Roads Administration's work, in regards to quick clay

Author

Guro S. Grøndalen, Eivind Schnell Juvik, Hanne Bratlie Ottesen, Samson Abate Degago, Øyvind Hellum, Jens Kveli

Department

Planning and Engineering Services

Section

Geomechanics

Project number

C15353

Report number

No. 801

Project manager

Guro S. Grøndalen

Approved by

Viggo Aronsen

Key words

hazard mapping, quick clay, ground conditions, geotechnic, GIS, natural hazards

Summary

The report describes the status of national roads with regard to quick clay, as well as status for the Norwegian Public Roads Administration's (NPRA) handling of quick clay in building, operating and maintaining the roads. The report informs about current routines and methods, while also pointing to areas for improvement and suggesting how the NPRA should work on the topic in the future.

With the aim of having a good basis for sorting and prioritization of quick clay areas along the road network, a new method has been outlined for mapping and assessing critical ground conditions.

This facilitates the NPRA to work more proactively and efficiently with assessments and mitigation of quick clay areas, which in turn will contribute to a reduced risk of future quick clay slides on and along the road network.

Sammendrag

I etterkant av skredet på Gjerdrum i desember 2020 har kvikkleireproblematikk fått økt fokus. I Statens vegvesen ble det i januar 2021 nedsatt en arbeidsgruppe som ble bedt om å rapportere status for riksveger med hensyn til kvikkleireområder, status for Statens vegvesens håndtering av kvikkleireproblematikk, samt foreslå en prioritering for sikring av utsatte strekninger og komme med forslag til metodikk for kartlegging. Ut over dette har arbeidsgruppa i stor grad selv vurdert og definert hva som bør omfattes av prosjektet.

Arbeidsgruppa har videreutviklet en tidligere utarbeidet oversikt over kjente kvikkleireforekomster langs vegnettet. I dette arbeidet er det i stor grad benyttet GIS-analyser, og en oversikt over veger i kvikkleireområder er presentert i interaktive webkart. Det er også satt i gang en gjennomgang av Statens vegvesens kvikkleireområder for å faregradsklassifisere områder som oppfyller de topografiske kravene til å bli en faresone i henhold til føringene gitt i NVE rapport 9/2020.

Arbeidsgruppa har skissert en ny metodikk for kartlegging av kritiske grunnforhold. Denne skiller seg fra dagens metoder ved at den legger til grunn en mer pragmatisk tilnærming, med større fokus på kvalitative vurderinger av farene, og mindre fokus på kvantitative vurderinger som stabilitetsberegninger. Sentralt i metodikken er å vektlegge utløsende årsaker til kvikkleireskred, og vurdere i hvor stor grad de er til stede i et område med kvikkleire. Målet er at denne metodikken etter hvert vil bidra til at arbeidet i større grad kan systematiseres, forenkles og effektiviseres. Dette vil kunne hjelpe oss i prioriteringen av hvilke områder man bør kartlegge, vurdere og eventuelt sikre først.

Videre har arbeidsgruppa sett på status for hvordan Statens vegvesen håndterer kvikkleireproblematikk i planlegging, bygging og drift, samt foreslått forbedringer.

En hovedutfordring er at få geotekniske objekter er registrert i Nasjonal vegdatabank (NVDB). Arbeidsgruppa foreslår å øke innsatsen her, da et komplett og oppdatert register over geotekniske objekter på vegnettet er grunnlag for blant annet inspeksjon og tilstandskartlegging av objektene. Videre er det sett på rutiner for kvikkleire i driftskontrakter. Det er i dag ingen krav eller føringer direkte rettet mot kvikkleireproblematikk i *Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold*. Likeens er det ingen krav om inspeksjon av geotekniske objekter. Arbeidsgruppa mener at dette med fordel kan defineres i håndboka.

I vegnormal N200 *Vegbygging* er det satt krav om at områder med mulig fare avmerkes som hensynssoner og omtales i tilhørende planbestemmelser. Arbeidsgruppa foreslår å standardisere bestemmelser for forskjellige sikringskonstruksjoner i kvikkleireområder. Dette vil gjøre det enklere å sikre at det blir lagt til fornuftige bestemmelser i hensynssonene. Arbeidsgruppa foreslår at det bør utarbeides geotekniske sluttrapporter for vegprosjekter i konsekvensklasse 3 i områder med sprøbruddmateriale og kvikkleire, og at det settes krav til dette i N200 på lik linje som for tunneler og bergskjæringer. Sluttrapportene vil være en dokumentasjon på utførelsen av geotekniske sikringsarbeider, de skal vise at sikringstiltakene er bygget slik de er planlagt og oppfyller sin hensikt.

Statens vegvesen har lenge hatt god oversikt over forekomster av kvikkleire og sprøbruddmateriale langs riks- og europavegnettet, men det gjenstår noe arbeid før en har et godt grunnlag for å kunne prioritere hvilke områder som bør kartlegges, vurderes og eventuelt sikres først. Utfordringer med kvikkleire berører mange områder i samfunnet samtidig. Samarbeid med NVE, Bane NOR, Statsbygg, Nye Veier, NGU, kommuner og fylkeskommuner vil derfor være naturlig, og deling av data og erfaringer en fordel for alle.

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Avgrensning og omfang	1
1.2	Rapportens oppbygging	2
2	Grunnlag.....	2
2.1	NVEs kvikkleiresoner	2
2.2	SVVs kvikkleireområder	3
2.3	NADAG (Nasjonal Database for Grunnundersøkelser)	5
3	Vegstrekninger i områder med kritiske grunnforhold	6
3.1	GIS-analyse.....	6
3.1.1	Veger i kvikkleireområder	6
3.1.2	Veger i strandsonen	7
3.1.3	Vekting av faregrad og ÅDT	7
3.2	Oversikt over veger i kvikkleireområder	7
3.2.1	Visualisering i kart	7
3.2.2	Statistikk.....	8
3.3	Faregradsklassifisering av SVVs kvikkleireområder	10
3.4	Kjente områder med behov for videre utredning.....	11
4	Metodikk for kartlegging av områder med kritiske grunnforhold	11
4.1	Canadisk praksis.....	12
4.1.1	Metodikk for vurdering av skråningsstabilitet.....	12
4.1.2	Stabilitetsindekser.....	13
4.1.3	Kvalitativ vurdering av stabilitet	14
4.2	Beskrivelse av metodikk.....	14
4.2.1	Erosjon	15
4.2.2	Skråningsgeometri i endring	16
4.2.3	Lokalisere mest kritiske skråninger	17
4.3	Pilotprosjekt	17
4.3.1	Foreløpig evaluering av pilotprosjekt	18
4.4	GIS-analyser	18
5	Geotekniske objekter i NVDB.....	19
6	Rutiner for kvikkleire i driftskontrakter	20

6.1	Krav om innmelding av faretegn.....	20
6.2	Inspeksjon av geotekniske objekter.....	21
7	Planbestemmelser for geotekniske sikringskonstruksjoner	22
8	Sluttrapport for arbeider i konsekvensklasse 3	22
8.1	Konsekvensklasser	22
8.2	Geotekniske sikringskonstruksjoner	23
8.3	Geoteknisk sluttrapport.....	24
9	Pågående arbeid i og utenfor Statens vegvesen.....	25
9.1	NVE.....	25
9.2	Bane NOR	25
9.3	Pågående forskningsprosjekter	25
10	Vegen videre	26
10.1	Statens vegvesens kvikkleireområder.....	26
10.2	Kjente områder med behov for videre utredning.....	26
10.3	Metodikk for kartlegging av områder med kritiske grunnforhold.....	27
10.4	Geotekniske objekter i NVDB.....	27
10.5	Rutiner for kvikkleire i driftskontrakter	27
10.6	Planbestemmelser for geotekniske sikringskonstruksjoner	28
10.7	Geoteknisk sluttrapport for arbeider i konsekvensklasse 3	28
11	Sluttord	28
12	Referanser.....	29

1 Innledning

I etterkant av skredet på Gjerdrum i desember 2020 har Statens vegvesen iverksatt et arbeid for å jobbe proaktivt med vurderinger og sikring av kvikkleireområder tilknyttet vegnettet. I et møte med Vegdirektøren og Divisjonsledelsen i januar 2021 ble det besluttet å nedsette en arbeidsgruppe som skal jobbe nærmere med dette.

I bestillingen til arbeidsgruppa er det bedt om en rapport med status for riksveger med hensyn til kvikkleireområder, samt forslag til prioritering og anbefalt arbeidsmetodikk. Arbeidsgruppa er også bedt om å beskrive status for følgende tre områder knyttet til kritiske grunnforhold; a) geoteknisk sluttrapport for konsekvensklasse 3 (CC3), b) registrering av geotekniske objekter i NVDB og c) hovedinspeksjon av geotekniske objekter. Ut over dette har arbeidsgruppa i stor grad selv vurdert og definert hva som bør omfattes av prosjektet. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 1.1.

Arbeidsgruppa har samarbeidet med Gjerdrumutvalget med å utarbeide en GIS-analyse som vil danne grunnlag for utvalgets arbeid med å foreslå nye metoder for å kunne vurdere kvikkleirerisiko. Denne delen av utvalgets arbeid vil bli fremlagt i en NOU (Norsk offentlig utredning) i januar 2022. Det er også opprettet dialog med NVE og Bane NOR, som jobber med henholdsvis GIS-analyser i kvikkleirekartlegging og rutiner for kvikkleire i tilknytning til jernbanen.

Arbeidsgruppa har bestått av Guro Skogen Grøndalen (Geofag Drift og Vedlikehold), Eivind Schnell Juvik (Geofag Drift og Vedlikehold), Øyvind Skeie Hellum (Geofag Utbygging), Hanne Bratlie Ottesen (Klima og geofag, MOR), Samson Abate Degago (Klima og geofag, MOR) og Jens Kveli (Geodata, Transport og Samfunn).

1.1 Avgrensing og omfang

Kritiske grunnforhold kan defineres som alle typer grunnforhold som utgjør en risiko for veg, men avgrenses i denne fasen av prosjektet til å kun omhandle kvikkleire og sprøbruddmateriale. Når det gjelder kvikkleire i tilknytning til veg er omfanget potensielt stort, arbeidsgruppa har derfor valgt å dele prosjektet i to faser.

Fase 1 omfatter, i tillegg til denne rapporten, en GIS-analyse av riks- og europavegnettet opp mot kjente kvikkleiresoner- og områder. Det er også satt i gang en gjennomgang av Statens vegvesen sine kvikkleireområder samt et arbeid med å vurdere områder hvor vi ønsker å utrede omfanget av kvikkleire. Dette arbeidet er nærmere beskrevet i hhv. kapittel 3.3 og 3.4. GIS-analysen er omtalt i kapittel 3.1.

Fase 2 vil i stor grad baseres på arbeidet utført i fase 1. Arbeidet med gjennomgang av SVV sine kvikkleireområder videreføres, det samme vil også arbeidet med å vurdere kjente områder hvor det er behov for å utrede omfanget av kvikkleire. Videre vil fase 2 omfatte følgende:

- Skissere en metodikk for kartlegging og vurdering av kritiske grunnforhold, basert på metodikken brukt i Canada (Lefebvre et al., 2008) samt NVE 14/2016.
- Pilotprosjekt for foreslått arbeidsmetodikk.
- Geotekniske objekter i NVDB.
- Utarbeide utkast til rutiner for kvikkleire i driftskontrakter, herunder også inspeksjon av geotekniske objekter.
- Utarbeide utkast til planbestemmelser for geotekniske sikringskonstruksjoner.
- Sluttrapport for arbeider i konsekvensklasse 3.

Disse punktene er nærmere beskrevet i kapittel 4, 5, 6, 7 og 8.

Sett bort fra det som videreføres i fase 2 vil fase 1 ferdigstilles i inneværende år. Tidsaspektet for, og forventet ferdigstilling av, fase 2 er ikke fastslått. Dette vil avhenge av årlige budsjetter.

Målet er at man skal kunne bruke resultatene fra dette arbeidet til å jobbe proaktivt med sikring av områder med kritiske grunnforhold.

1.2 Rapportens oppbygging

Rapporten er en del av leveransen fra arbeidsgruppa i Fase 1 av prosjektet, og skal belyse dagens status på riksveger i områder med kvikkleire/kritiske grunnforhold. Rapporten belyser også hva arbeidsgruppa foreslår må jobbes videre med på dette området.

Kapittel 2 beskriver grunnlaget som er brukt for å identifisere områder med kritiske grunnforhold. I kapittel 3 følger så en orientering om arbeidet som er gjort i Fase 1 av prosjektet, herunder GIS-analysen av riks- og europavegnettet i tilknytning til kjente kvikkleireforekomster, den påbegynte gjennomgangen av SVV kvikkleireområder samt en beskrivelse av arbeidet med utredning av områder med antatte kritiske grunnforhold.

Rapporten beskriver så status for en rekke temaer knyttet til vegger i områder med kritiske grunnforhold samt hvordan arbeidsgruppa ser for seg at en kan jobbe videre med disse. Dette er i hovedsak punktene som vil inngå i Fase 2 av prosjektet, som beskrevet i innledningen. Disse delprosjektene er nærmere beskrevet i kapittel 4, 5, 6, 7 og 8. Kapittel 9 orienterer kort om tilsvarende arbeid i andre etater.

Kapittel 10 oppsummerer hvordan arbeidsgruppa planlegger å jobbe videre med arbeidet skissert som Fase 2 av prosjektet. I kapittel 11 følger så et sluttord.

2 Grunnlag

Følgende kilder er brukt for å identifisere områder med kritiske grunnforhold:

- NVE sin database med kartlagte kvikkleiresoner i Norge
- Statens vegvesens database over kjente kvikkleireforekomster
- Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG)

2.1 NVEs kvikkleiresoner

NVEs database viser områder hvor NVE har gjort oversiktskartlegging av fare for kvikkleireskred. Innenfor disse områdene er det identifisert kvikkleiresoner som viser mulig fare for kvikkleireskred. Sonene er klassifisert med tanke på faregrad, konsekvensklasse og risikoklasse (NVE, 2021a).

Kvikkleiresonene kan sees i NVE Temakart: <https://temakart.nve.no/tema/kvikkleire>

Arbeidsmetodikk for oversiktskartlegging av kvikkleiresonene er utfyllende beskrevet i NVE (2020a). Følgende topografiske kriterier ligger til grunn for å etablere en faresone:

1. Terrenghøydeforskjell på land minst 10 m
2. Jevnt hellende terreng brattere enn 1:15 på land og marbakker brattere enn 1:6
3. Løsneområder vil maksimalt få en lengde tilsvarende 15 x høydeforskjellen
4. Løsneområdets bredde begrenses kun av avstanden til områder med bedre grunnforhold eller gunstigere topografi

NVE (2020b) er en veileder for vurdering av *områdestabilitet under arealplanlegging og utbygging* i områder med kvikkleire. Følgende topografiske kriterier ligger til grunn for å tegne aktsomhetsområder og avgrense terreng som kan inngå i et løснеområde:

1. Total skråningshøyde i løsmasser over 5 m, eller
2. Jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 og høydeforskjell over 5 m

Detaljert avgrensning av løсне- og utløpsområde gjøres ut ifra vurderinger av aktuell skredmekanisme (retrogressive skred, rotasjonsskred eller flakskred).

Faregraden sier noe om sannsynligheten for at et skred kan inntreffe. Den deles inn i tre klasser: Lav, Middels og Høy. Evaluering av faregrad gjøres ut ifra topografiske forhold, grunnens geotekniske egenskaper og endringer som kan påvirke skråningens stabilitet.

Skadekonsekvensklassene sier noe om konsekvensene av et skred for menneskeliv, økonomiske tap og samfunnsmessige forhold. De deles inn i tre klasser: Mindre alvorlig, Alvorlig og Meget alvorlig.

Sonene inndeles så i fem risikoklasser (risiko = skadekonsekvens x faregrad), hvor risikoklasse fem er høyest. I dette arbeidet har vi hovedsakelig benyttet klassifisering faregrad.

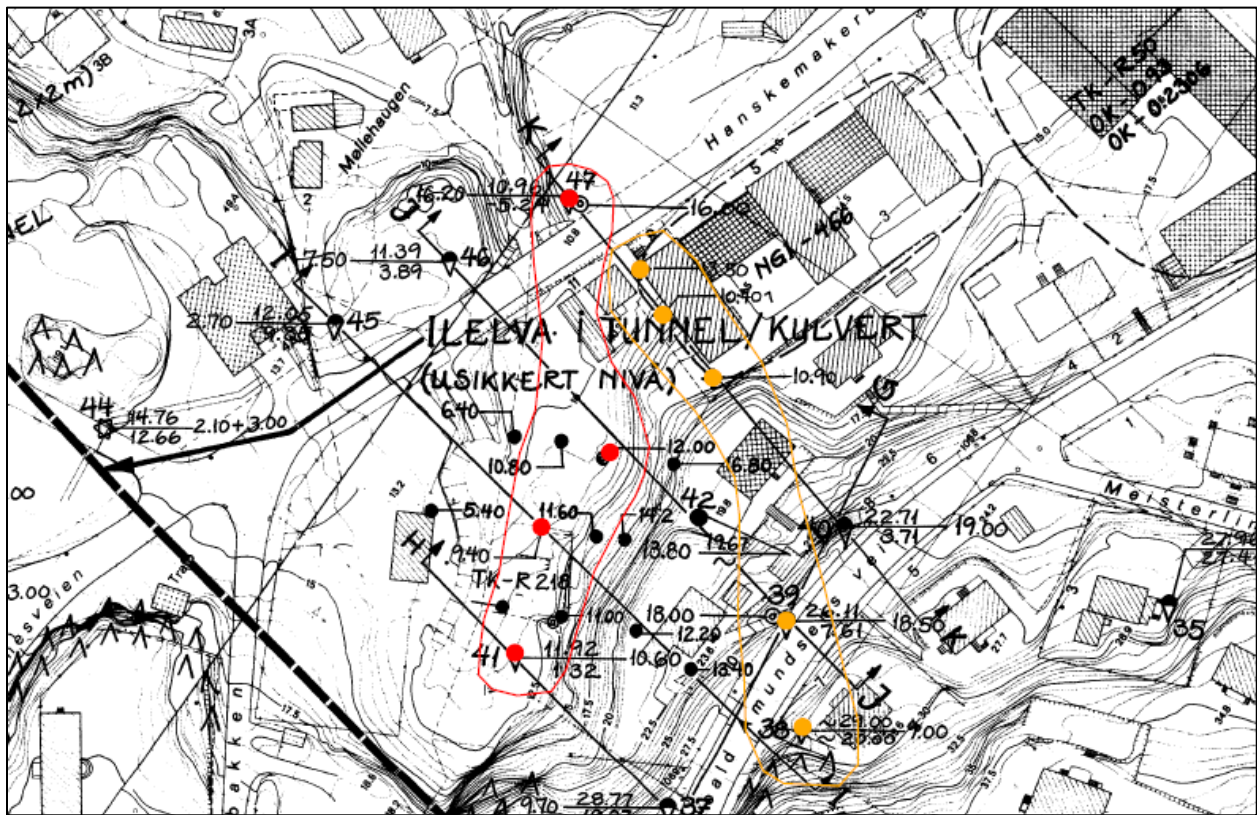
2.2 SVVs kvikkleireområder

I 2011 ble det sendt en bestilling fra Vegdirektoratet til regionene i Statens vegvesen, der de ble bedt om å oppdatere de eksisterende skredsikringsplanene med områder med kvikkleireproblematikk eller nedfall fra bergskjæringer. Det ble da igangsatt en kartlegging av hvilke strekninger på riks- og fylkesvegnettet som er berørt av utfordringer relatert til kvikkleire.

Under kartleggingen ble de geotekniske arkivene til Statens vegvesen over hele landet gjennomgått for å finne rapporter og notater som hadde informasjon om kvikkleire. Det ble utført tekstsøk i dokumentene, og de som fikk treff på utvalgte søkeord ble gjennomgått manuelt.

Kartleggingen ble utført i henhold til definisjonene i gjeldende kvikkleireveileder fra NVE. Det vil si at alle borpunkt med kvikkleire eller sprøbruddmateriale ble merket av på kart, og de kartlagte områdene ble digitalisert i en database. Det ble ikke gjort vurderinger av utbredelse, høydeforskjeller, utløpsdistanse eller bratthet i kvikkleireområdet slik det gjøres i NVEs faresoner. I henhold til SOSI-standard (versjon 4.0) ble områdene definert i følgende objekttype:

Nummer	Navn	Definisjon
6.3.1.1	KvikkleireOmr	areal hvor det er antatt å være kvikkleire i undergrunnen Merknad: Ingen risikovurdering er foretatt. Dette objektet vil utgå når alle områdene er fare- og risikovurdert



Figur 1: Eksempel på kartlegging av borpunkt med kvikkeleire (rødt) og sprøbruddmateriale (oransje) i gamle analoge rapporter i Statens vegvesens arkiv.

I etterkant av Skjeggstadskredet i 2015 ble Statens vegvesens kvikkeleireområder publisert sammen med NVEs kvikkeleiresoner i NVE Atlas. Region nord og midt hadde fullført arbeidet med sine kvikkeleireområder i 2015, mens de øvrige regionene fullførte kartleggingen i de etterfølgende årene etter skredet. Statens vegvesens historiske data er i NVE Atlas tegnet opp som «Statens vegvesen Kvikkeleireområder». Dette er altså ikke fullverdige kvikkeleiresoner utredet etter NVEs veileder, men en skravering av områder der Statens vegvesen har påtruffet kvikkeleire eller sprøbruddmateriale i tidligere geotekniske undersøkelser.

Publisering av SVVs kvikkeleireområder i NVE Atlas ble gjort som en del av FoU-programmet NIFS (Naturfare, infrastruktur, flom og skred), og var et av de viktigste tiltakene i etterkant av Skjeggstadskredet. NIFS-programmet ble gjennomført i perioden 2012-2015 og var en felles satsing mellom Jernbaneverket, NVE og Statens vegvesen for å utvikle kunnskap og gode, effektive og fremtidsrettede løsninger for å håndtere ulike naturfarer og bidra til økt samfunnsikkerhet (NVE, 2021b).

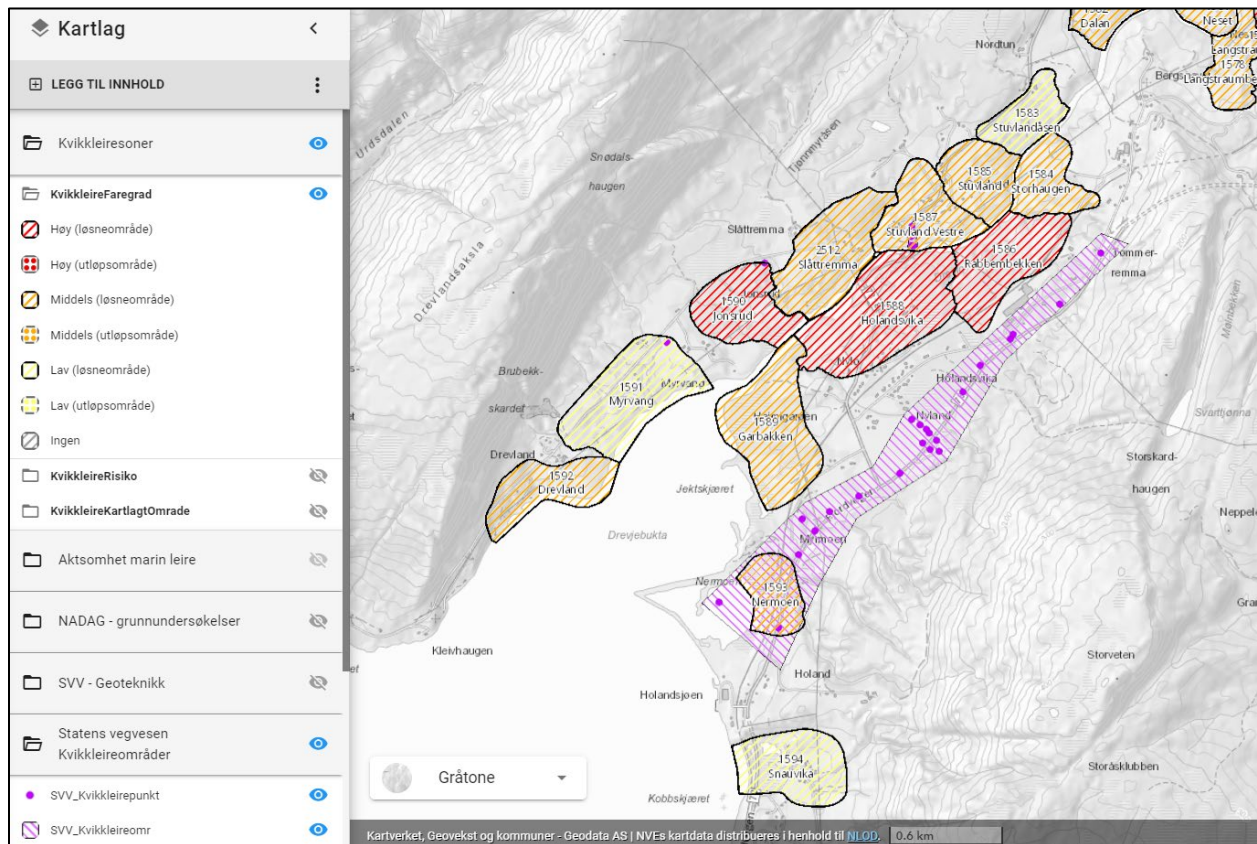
I januar 2016 ble det også inngått en samarbeidsavtale mellom NVE og Statens vegvesen i om utveksling av data relatert til kvikkeleire. Avtalen *Samarbeidsavtale om overlevering av historiske kvikkeleiredata og utredning av nye faresoner* er arkivert under Sak 16/6306 i Mime 360. Hovedinnholdet i avtalen er:

- Statens vegvesen overleverer sin database over kvikkeleireområder basert på historiske data til NVE. NVE forplikter seg til å publisere dataene på nett for kartinnsyn for allmenheten.
- Statens vegvesen forplikter seg til å utrede faresoner i framtidige prosjekter etter NVEs kartleggingsmetode beskrevet i kvikkeleireveilederen.

- NVE og Statens vegvesen vil samarbeide om utvikling av et kurs for opplæring av prosjekterende geoteknikere i utredning av kvikkleiresoner, og for opplæring av arealplanleggere i Statens vegvesen i planprosesser i kvikkleireområder.
- NVE forplikter seg til å opprette et effektivt apparat for mottak og publisering av nye og reviderte faresoner.

Skjeggstadskredet viste hvor viktig det er at våre naboer får tilgang til vår kunnskap om grunnforhold. Det er viktig å dele data, samt sørge for at det er på en form som alle kan forstå. Skraverte områder i et kart er godt egnet for å dele teknisk vanskelig tilgjengelig informasjon som grunnundersøkelser er.

Mer informasjon om kartleggingsarbeidet finnes i NIFS-rapporten *Verktøy for kvikkleirekartlegging* (NVE, 2016).



Figur 2: Utlipp fra NVE Atlas der Statens vegvesens kvikkleireområder (lilla) er tegnet sammen med NVEs faresoner (rød, oransje og gul). (Kilde: <https://temakart.nve.no/tema/kvikkleire>)

2.3 NADAG (Nasjonal Database for Grunnundersøkelser)

Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG) er en samling av grunnundersøkelserdata fra ulike geotekniske firma, rådgivere, kommuner, byggherrer og statsetater. Databasen viser data og tilhørende rapporter fra utførte geotekniske undersøkelser i en digital kartløsning. Databasen er landsdekkende, og rådata kan lastes ned gratis for de borpunktene hvor dette finnes (NGU, 2021a). Undersøkelser med påvist kvikkleire eller sprøbruddmateriale kan enkelt filtreres ut, den informasjonen er brukt i dette arbeidet.

3 Vegstrekninger i områder med kritiske grunnforhold

For å generere en oversikt over vegstrekninger i berøring med kjente kvikkleireforekomster, ble det i tidligere Region midt utført GIS-analyser av vegnettet i NVDB mot datagrunnlaget i NVEs faresoner, Statens vegvesen sitt geotekniske arkiv og Trondheim kommunes database med grunnundersøkelser. I løpet av 2016 ble analysene utvidet til resten av landet og komplettert etter hvert som regionene fullførte sin kartlegging. Resultatet var et landsdekkende kart som synliggjør hvilke vegstrekninger som går igjennom eller inntil områder med kvikkleire.

Arbeidsgruppa har jobbet videre med kartene og videreutviklet de. Formålet er å få en bredere kunnskap om veger som går gjennom områder med kritiske grunnforhold. GIS-analysen og endringene gjort i 2021 er beskrevet i kapittel 3.1. Resultatene er presentert i kapittel 3.2.

Det er videre satt i gang en gjennomgang av SVVs kvikkleireområder, hvor formålet er å faregradsklassifisere områdene som oppfyller kravene til å bli faresoner etter NVEs kvikkleireveileder, samt luke ut områder som allerede er sikret. Denne gjennomgangen er beskrevet i kapittel 3.3. Kapittel 3.4 beskriver det påbegynte arbeidet med å vurdere områder på riksvegnettet hvor en har kjennskap til at det finnes kritiske grunnforhold, men hvor det fremdeles er behov for å utrede omfanget.

3.1 GIS-analyse

3.1.1 Veger i kvikkleireområder

Her følger en oppsummering av GIS-analysen tidligere Region midt har utført på riks- og fylkesvegnettet, og som senere er utvidet til hele landet. Hensikten er å lokalisere alle vegstrekninger som går gjennom kjente områder med kvikkleire. Beskrivelsen er hentet fra Statens vegvesen (2021a).

- Det er lagt på en buffersone på 50 m rundt NVEs faresoner og Statens vegvesens kvikkleireområder før analysen gjennomføres for å fange opp noe av usikkerheten som ligger i kartleggingen. Det er også lagt en buffersone på 50 m rundt borpunktene i Trondheim kommunes database.
- Borpunkt med kvikkleire fra Trondheim kommunes database som ligger inne i et SVV-område er filtrert bort.
- Analysen plukker ut alle veistrekninger på riks- og fylkesvegnettet som går igjennom eller inntil et område, inkludert buffersonen, med kvikkleire.
- Dersom en veistrekning grenser mot to områder med ulik faregrad får veien farge etter den høyeste faregraden den kvalifiserer for.
- Er en strekning i berøring med flere SVV-områder, blir strekningen tilknyttet området med størst areal.

Mange strekninger kan knyttes til både to og tre av datakildene som er brukt i analysen. Datakildene er rangert, noe som styrer hvordan vegstrekningene tegnes opp i kartpresentasjonen. Tegningsreglene er som følger:

1. NVEs faresoner
2. Statens vegvesens kvikkleirområder
3. Trondheim kommunes kvikkleirepunkt

For eksempel vil en strekning som berører både en faresone fra NVE og et kvikkleireområde fra Statens vegvesen, tilknyttes NVEs faresone.

Arbeidsgruppa har jobbet videre med denne analysen, og endret og/eller supplert følgende:

- NADAG er lagt til som datakilde. I tegnereglene er data fra NADAG rangert som nummer 3, under SVVs kvikkleireområder og over Trondheim kommunes kvikkleirepunkt.
- Ferske uttrekk av data for vegnett og kvikkleireområder (både NVEs faresoner og SVVs kvikkleireområder)

3.1.2 Veger i strandsonen

Det ble også utført en GIS-analyse for å kartlegge vegstrekninger som er berørt av strandsoneproblematikk. Hensikten er å lokalisere strekninger som kan være truet av retrogressiv (bakoverrettet) bruddutvikling med initialscred i strandsonen. Strandsonen er definert ved å legge på en buffersone på 10 m inn på land fra strandkanten. Kartgrunnlag for å etablere strandkanten er havflate fra N50-kart.

Analysen plukket ut vegstrekningene som ligger i faresoner eller kvikkleireområder der hele eller deler av kvikkleireforekomsten ligger i strandsonen. Kvikkleiresonene i strandsonenanalysen er etablert på samme måte som i kapittel 3.1.1.

3.1.3 Vekting av faregrad og ÅDT

I den tredje analysen ble det utført en vekting av årssdøgntrafikk (ÅDT) og faregrad. Hensikten er å visualisere sannsynligheten for skred i NVEs faresoner koblet med data om hvor stor trafikkbelastning vegstrekningene har. Dette kan være nyttig som et prioriteringsverktøy.

Inndeling av ÅDT er den samme som brukes i evaluering av skadekonsekvens i utredninger av kvikkleiresoner etter NVE (2020a). Skadekonsekvensen settes på bakgrunn av en bredere vurdering av infrastruktur og bebyggelse, men her trekker vi ut den faktoren som kun gjelder veg. Vektingen er gjort etter følgende matrise:

		FAREGRAD			
		3	2	1	0
ÅDT	> 5000				
	5000-1001				
	1000-100				
	< 100				

Figur 3: Vekting av faregrad og ÅDT.

3.2 Oversikt over veger i kvikkleireområder

3.2.1 Visualisering i kart

Oversikten over veger i kvikkleireområder er presentert i interaktive webkart som kan ses her: <https://arcg.is/OnWTOC>.

Kartet *Veg i kvikkleireområder* viser vegstrekninger som ligger i, eller inntil 50 m fra, NVEs kvikkleiresoner eller SVVs kvikkleireområder. I tillegg er strekninger inntil 50 m fra borpunkt i Trondheim kommune med

sikker påvisning av kvikkleire tatt med. Kartet er landsdekkende, og de ulike lagene kan slås av og på. Se beskrivelse av GIS-analysen i kapittel 3.1.1. Et utklipp av kartet er vist i Figur 6.

Analysen av veger i strandsonen vises i fanen *Strandareal*. Her vises kvikkleireforekomstene som ligger i strandsonen og er i berøring med en veg. Se beskrivelse av GIS-analysen i kapittel 3.1.2. Et utklipp av kartet er vist i Figur 7.

Analysen av faregrad vektet mot ÅDT kan ses under fanen *Kvikkleireveg – faregrad vektet med ÅDT*. Se beskrivelse av GIS-analysen i kapittel 3.1.3. Et utklipp av kartet er vist i Figur 8.

3.2.2 Statistikk

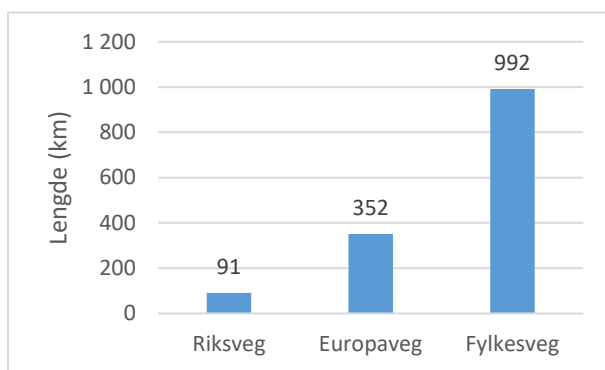
Figur 4 viser fordelingen av antall kilometer riksveg, europaveg og fylkesveg som går igjennom kjente forekomster av kvikkleire. Ifølge denne kartleggingen er 1 435 km av vegnettet i Norge i berøring med kvikkleire eller sprøbruddmateriale.

Figur 5 viser hvor mange kilometer riksveg og europaveg som går gjennom NVEs faresoner fordelt på faregrad. Av riksvegene går 43 km gjennom en faresone, hvorav 3 km ligger i faresoner med Høy faregrad. Det resterende er jevnt fordelt på Middels og Lav faregrad. Av europavegene går 116 km gjennom en faresone, hvorav 12 km ligger i faresoner med Høy faregrad. De resterende er relativt jevnt fordelt mellom Middels og Lav faregrad.

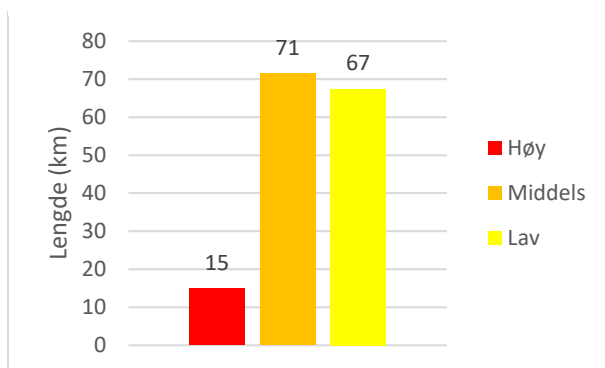
På landsbasis går 47 km av riksvegene og 236 km av europavegene gjennom Statens vegvesens kvikkleireområder.

Totalt er 443 km riksveg og europaveg i berøring med kjente kvikkleireforekomster.

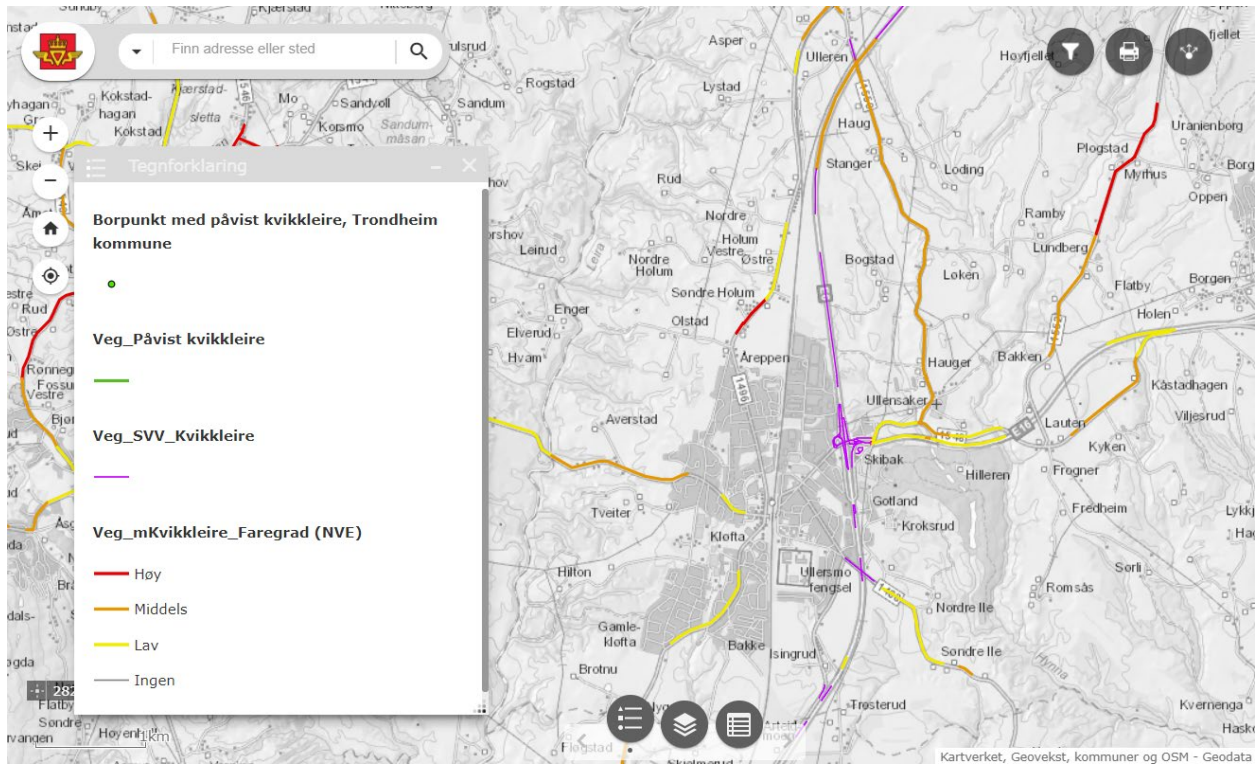
Statistikken inkluderer ikke kvikkleirepunkter fra NADAG.



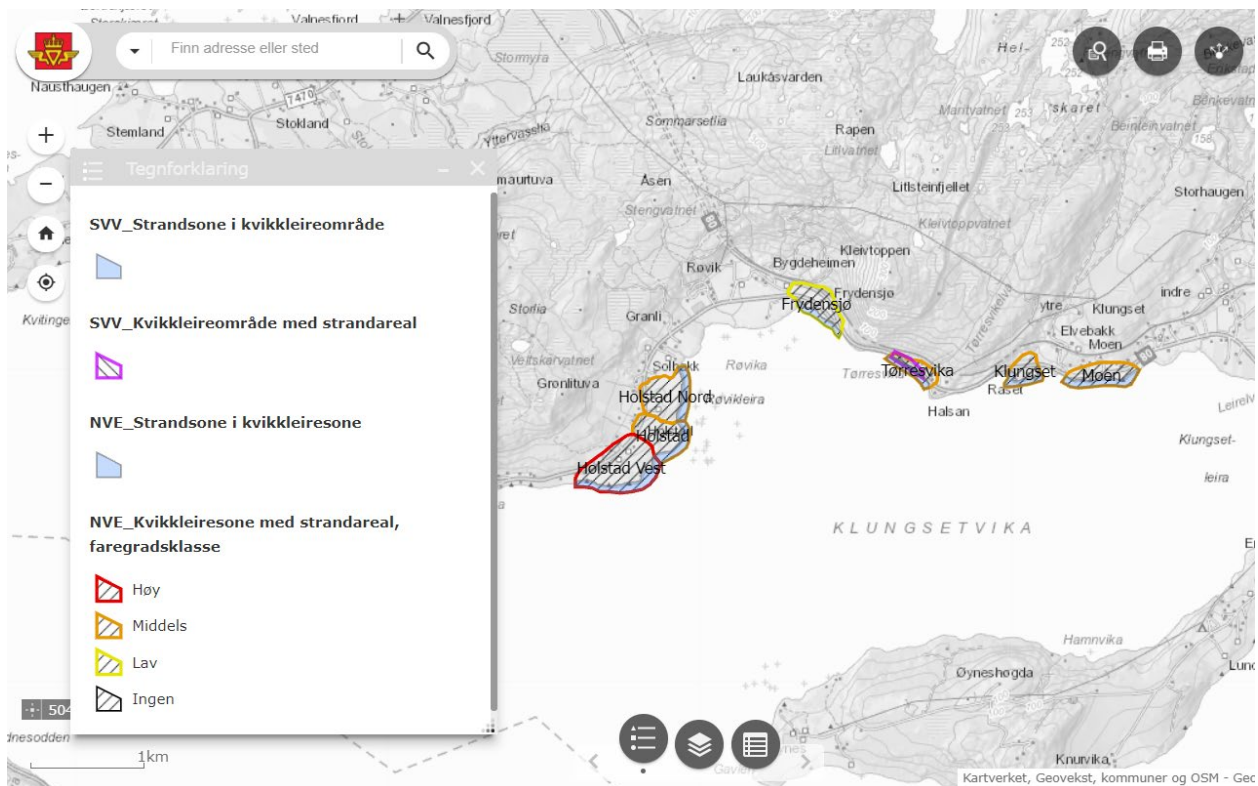
Figur 4: Antall kilometer riksveg, europaveg og fylkesveg som er i berøring med kjente forekomster av kvikkleire.



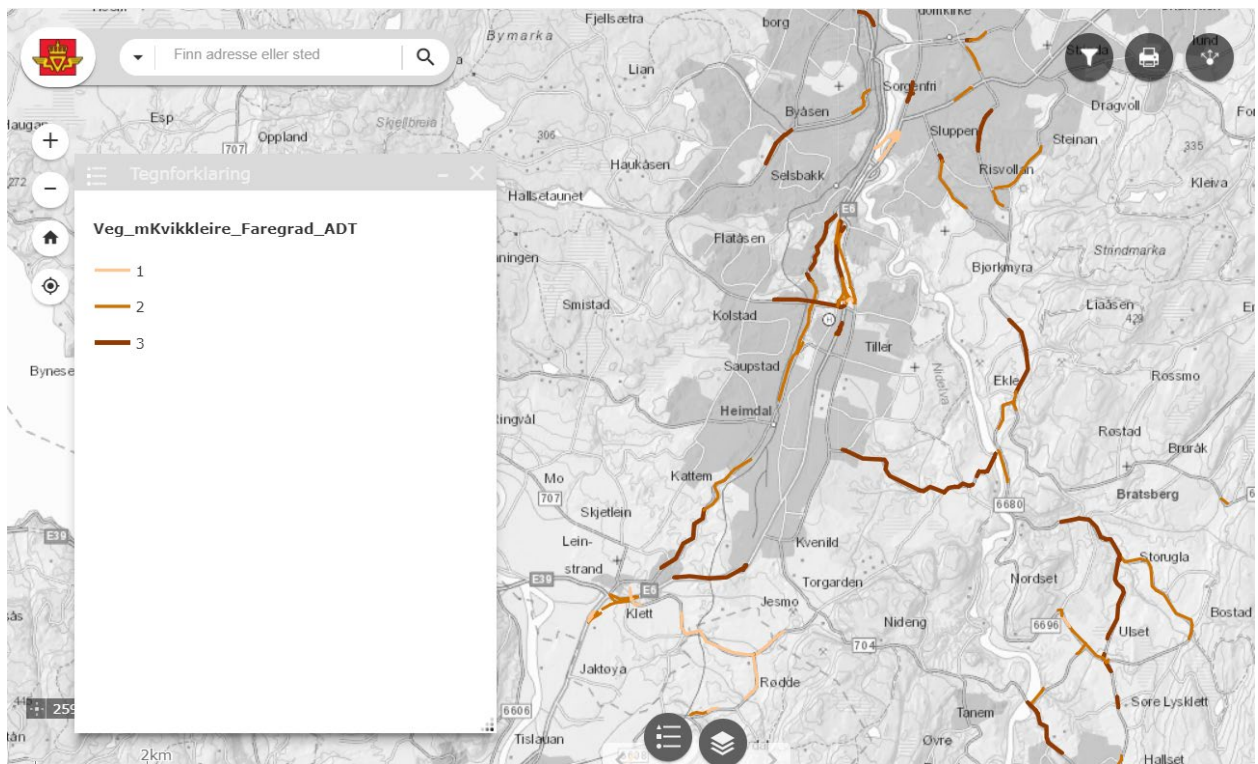
Figur 5: Antall kilometer riksveger og europaveger som går igjennom NVEs faresoner med henholdsvis Høy, Middels og Lav faregrad.



Figur 6: Utklipp av kartet «Veg i kvikkleireområder». Kartet synliggjør vegstrekninger som går gjennom kjente forekomster med kvikkleire.



Figur 7: Utklipp av kartet «Strandareal». Kartet synliggjør kvikkleireforekomster som ligger i strandsonen og som er i berøring med en veg.



Figur 8: Utlipp av kartet «Kvikkleireveg – faregrad vektet med ÅDT». Kartet visualiserer sannsynligheten for skred koblet med data om trafikkbelastningen til vegstrekningen. Strekningene med mørkest brunfarge har de verste kombinasjoner av høy sannsynlighet og høy trafikkbelastning.

3.3 Faregradsklassifisering av SVVs kvikkleireområder

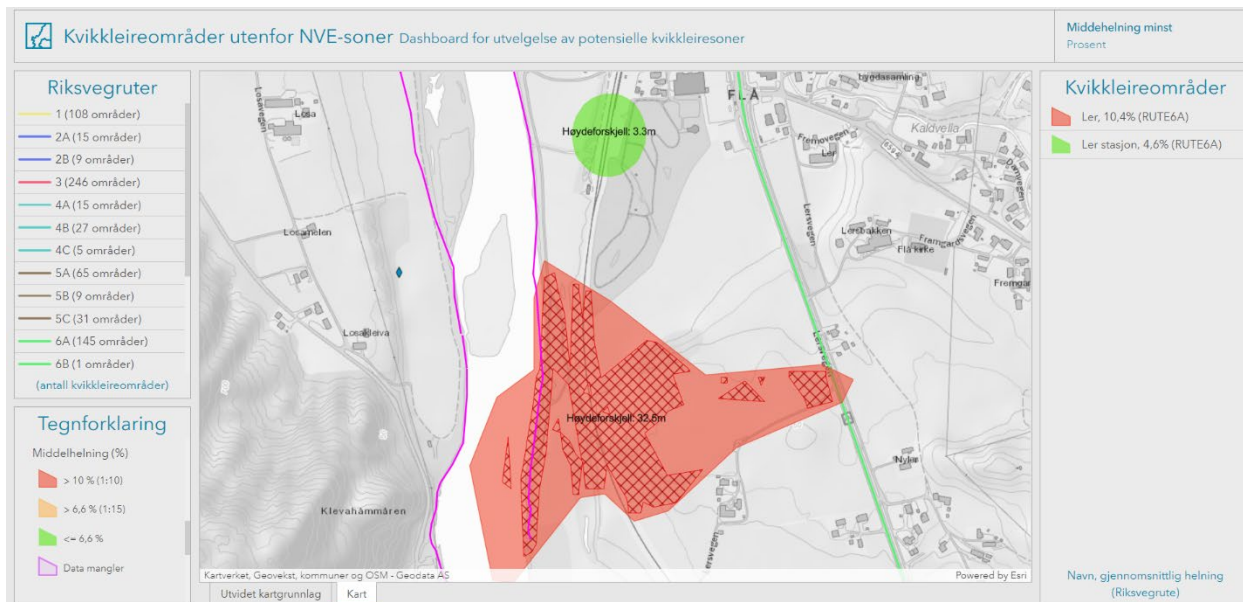
Arbeidsgruppa har satt i gang en systematisk gjennomgang av Statens vegvesens kvikkleireområder. Formålet er hovedsakelig å faregradsklassifisere de områdene som oppfyller de topografiske kravene til å bli en faresone i henhold til føringene for oversiktskartlegging i NVE (2020a), samt luke ut områder som er sikret.

En siling av områder er gjort ved hjelp av GIS-analysen som er beskrevet i kapittel 3.1. SVV-områder som, i sin helhet eller delvis, ligger innenfor NVE-soner er ikke tatt med i analysen. Dette er for å effektivisere og forenkle arbeidet iht. formålet med å melde inn nye faresoner. Videre er det gjort analyser for å finne middelhelning og høydeforskjell innad i områdene. De er deretter sortert for å synliggjøre bratthet, hvor de har fått ulik farge etter middelhelningen. Terrang som er brattere enn 1:15 er skravert med rødt. Det er kun sett på områder som ligger innenfor en avstand på 250 m til riks- og europavegnettet.

Oversikten over SVV-områder som ligger utenfor NVEs faresoner er vist i følgende kart: <https://www.arcgis.com/apps/dashboards/e8c1281e65a149dabd5b5edd3f810ff9>. I kartet vises også høydeforskjellen innad i hvert område, samt NVEs database over sikringsanlegg. Der kan man se hvilke elver og bekker som er erosjonssikret, hvilke som er under bygging og hvilke som er planlagt sikret. Figur 9 viser et utlipp fra kartet.

På grunn av det store omfanget av SVVs kvikkleireområder har arbeidsgruppa valgt å gå gjennom områdene strekningsvis. Arbeidet er påbegynt med riksvegrute 1 i Østfold, og vil fortsette med 7 og videre rutevis. Alle områdene vurderes, og der det er behov for mer kunnskap om grunnforholdene med tanke på faregradsklassifisering, eventuelt behov for å avgrense omfang av faresoner, blir det utført

grunnundersøkelser. Høsten 2021 er det satt i gang grunnundersøkelser i 17 av 108 områder på riksvegtrute 1 i Østfold. Gjennomgangen av kvikkleireområdene utføres av konsulent og vurderingene rapporteres samlet for hver riksvegtrute etter hvert som de ferdigstilles.



Figur 9: Kartet viser SVVs kvikkleireområder som ligger utenfor NVEs faresoner. I kartet er helning og høydeforskjell innad i områdene synliggjort. Videre er NVEs database over erosjonssikring (sikringsanlegg) vist. Lilla strek i kartet viser der det er utført erosjonssikring i elva.

3.4 Kjente områder med behov for videre utredning

Det er på riks- og europavegnettet en rekke områder hvor en har erfaring med, eller kjennskap til, at det finnes kvikk eller sensitiv leire i grunnen, men hvor dette ikke er dokumentert i form av en mer detaljert kartlegging eller grunnundersøkelser. I hovedsak blir dårlige grunnforhold utredet kun i forbindelse med plansaker, eller i etterkant av skredhendelser.

I forbindelse med dette prosjektet er det satt i gang et arbeid for å se nærmere på en del slike områder. Formålet er å kunne etablere en oversikt, som igjen kan brukes i en vurdering og eventuelt prioritering av hvilke områder som har størst behov for videre utredning og/eller sikring. Dette er et omfattende arbeid, basert i stor grad på lokalkunnskap. På sikt vil en ny metodikk for kartlegging (beskrevet i kapittel 4) trolig bidra til å systematisere, effektivisere og forenkle arbeidet, noe som i sin tur vil legge til rette for at Statens vegvesen vil kunne arbeide mer proaktivt med kritiske grunnforhold på riks- og europavegnettet.

4 Metodikk for kartlegging av områder med kritiske grunnforhold

Håndtering og utredning av naturfarer foregår vanligvis i forbindelse med byggesaker eller planarbeid. Kartlegging, utredninger og sikring av områder med kvikkleire i grunnen skjer som følge av at noen skal bygge noe, og må som følge av det forholde seg til faren som er der. NVE finansierer imidlertid utredninger og sikring av kvikkleireområder uavhengig av byggeprosjekter og er dermed et unntak til dette. Videre fører også skredhendelser til utredninger og sikring av kvikkleireområder.

Mange av skredhendelsene i nyere tid har vært en påminner om at mennesker, bebyggelse og infrastruktur kan rammes hardt når et kvikkleireskred først inntreffer. Sammenlignet med andre naturfarer som for eksempel snøskred, jordskred og steinsprang, kan et kvikkleireskred få enorme

konsekvenser og påvirke store deler av samfunnet. Arbeidsgruppa mener derfor vi bør tilnærme oss problemstillingen på en annen måte enn det som er normen i dag. I stedet for å først kartlegge og vurdere et kvikkleireområde når man jobber med eksempelvis en reguleringsplan eller byggesak, bør Statens vegvesen jobbe proaktivt og se mer helhetlig på alle vegstrekningene i kvikkleireområder, uavhengig av planprosesser og byggeprosjekter. Siden kvikkleireskred kan ramme mange samfunnsområder, bør også Statens vegvesen samarbeide med andre aktører, som NVE, Bane NOR, Statsbygg, NGU, Nye Veier, kommuner og fylkeskommuner, for å jobbe med problemstillingen i en større sammenheng der infrastruktur og bebyggelse vurderes under ett.

I dette kapitlet foreslår arbeidsgruppa en annen tilnærming til problemstillingen enn det som er vanlig i Statens vegvesen i dag. Arbeidsmetodikken som beskrives her henter inspirasjon fra canadisk praksis. Det er en pragmatisk tilnærming med mer fokus på kvalitative vurderinger av farene, og mindre fokus på kvantitative vurderinger som stabilitetsberegninger. Sentralt i metodikken er å vektlegge utløsende årsaker til kvikkleireskred, og vurdere i hvor stor grad de er til stede i et område med kvikkleire. Metodikken er spesielt egnet som en proaktiv tilnærming for å vurdere risiko i kvikkleiresoner.

Målet er at metodikken etter hvert vil bidra til at arbeidet i større grad kan systematiseres, forenkles og effektiviseres. Dette vil kunne hjelpe oss i prioriteringen av hvilke områder man bør kartlegge, vurdere og eventuelt sikre først.

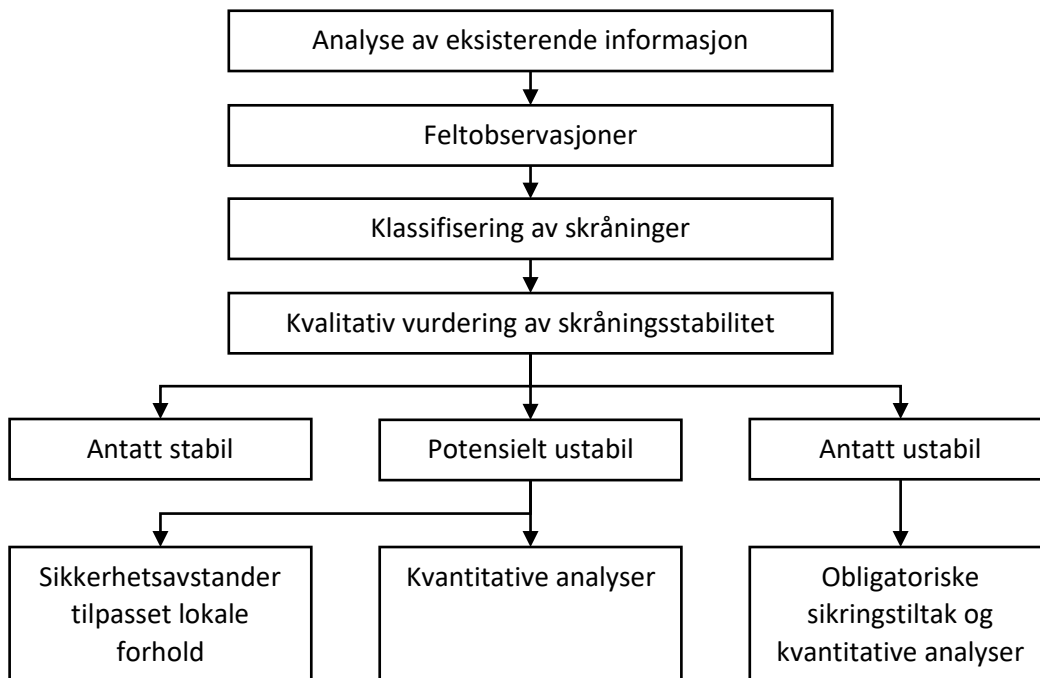
4.1 Canadisk praksis

De østlige delene av Canada har store avsetninger med kvikk og sensitiv leire, på lik linje med det vi finner i Norge. I følge Lefebvre et al. (2008) har det gjentatte ganger skjedd katastrofale skredhendelser i provinsen Québec. Deres erfaring er at det tidligere har vært stor variasjon i hvordan geotekniske undersøkelser utføres, og i stabilitetsvurderingene og konklusjonene som leveres, avhengig av hvilke personer og firma som har utført jobben. Av den grunn har myndighetene i Quebec laget en manual for evaluering av skråningsstabilitet i leiravsetninger med fokus på en kvalitative vurderinger.

Metodikken er bygd opp slik at det, i de fleste tilfeller, vil være tilstrekkelig med en kvalitativ vurdering av skråningsstabiliteten, basert på eksisterende tilgjengelig informasjon (eksempelvis kvikkleirekart, flyfoto og grunnundersøkelser) og feltobservasjoner, uten at det er behov for beregning av sikkerhetsfaktorer. Ekspertgruppen som utarbeidet manualen, observerte at en kvalitativ vurdering av skråningsstabiliteten er mindre utsatt for subjektive variasjoner, enn valgene som må gjøres av inngangsparametere i en numerisk stabilitetsberegning. Spesielt gjaldt det vurderinger av mest kritisk grunnvannsnivå. (Lefebvre et al., 2008)

4.1.1 Metodikk for vurdering av skråningsstabilitet

Følgende flytskjema er hentet fra Lefebvre et al. (2008), og beskriver gangen i vurderingene av skråningsstabilitet. Disse retningslinjene er laget for vurderinger av faren for rotasjonsskred, og tar ikke for seg muligheten for en påfølgende retrogressiv bruddutvikling.



Figur 10: Flytdiagram som beskriver den canadiske metodikken for vurdering av faren for rotasjonsskred (Lefebvre et al., 2008).

Ifølge metodikken bruker man eksisterende tilgjengelig informasjon, samt feltobservasjoner som bakgrunnsinformasjon til å klassifisere skråningene og gjøre en kvalitativ vurdering av stabiliteten.

4.1.2 Stabilitetsindekser

Lefebvre et al. (2008) beskriver at første steg i evalueringen er vurdering av parametere som regnes som signifikante for stabiliteten:

- Endring i skråningsgeometri
- Skredaktivitet
- Geometriske forhold i nærliggende skråninger
- Stadie i dannelse av dalen
- Skråningshelning
- Erosjonsaktivitet

Skråninger som ikke har opplevd *endringer i geometrien* på lang tid (minimum noen århundrer), anses for å ha blitt testet under de verste forholdene med tanke på værforhold og grunnvannsnivå. Slike skråninger antas å være stabile.

Dersom det ikke tidligere har vært *skredaktivitet* i nærliggende skråninger, anser man at området generelt ikke er særlig utsatt for skred.

Dersom skråningen som undersøkes har lavere høydeforskjell og er slakere enn *nærliggende skråninger*, som igjen ikke har vært utsatt for tidligere skredaktivitet, antas skråningen å ha høyere sikkerhetsmargin mot utglidninger enn sine naboer. Dette er gitt at andre forhold er like.

En *elv som har erodert seg igjennom leiravsetningene* og renner på berggrunnen, fører til at grunnvannstrømmer i underliggende morene og berggrunn fritt kan strømme ut i elva. Dette er gunstig

for grunnvannsforholdene i leiravsetningen, der grunnvann kan drenerer ut i bunn av avsetningen. Slike forhold er gunstig for stabiliteten til nærliggende leirskråninger.

Erfaringer i provinsen Quebec er at leirskråninger med *skråningshelning* slakere enn 1:3 generelt er ansett som stabile. Dette vil variere fra sted til sted, og er ikke nødvendigvis direkte overførbart til andre områder.

Hvorvidt en skråning er utsatt for *erosjon* i foten, avhenger av skråningens plassering i forhold til elven og retningen på strømmen i elva. Skråninger som befinner seg langt unna elver og bekker, eller ligger høyere enn høyeste vannstand i elva, er lite utsatt for å endre geometri over tid. I skråninger der foten er utsatt for erosjon, svekkes stabiliteten gradvis over tid og de vil til slutt rase ut.

4.1.3 Kvalitativ vurdering av stabilitet

Ifølge Lefebvre et al. (2008) er skråningsgeometrien (uavhengig om den er i endring eller ikke) den viktigste faktoren for å klassifisere skråningene med tanke på stabilitet. De øvrige parameterne anses som tilleggsinformasjon. Skråningene deles inn i tre hovedgrupper:

- Skråninger uten endring i geometri
- Skråninger med geometri i endring
- Skråninger med modifisert geometri

Skråninger som *ikke har opplevd endringer i geometrien* på lang tid, og ikke har andre tegn på ustabilitet, anses som stabile. Det begrunnes med at de har vært testet under de verst tenkelige værforhold og grunnvannsforhold i bakken. Sannsynligheten for rotasjonsskred i slike skråninger vurderes til å være svært lav. Denne kategorien inkluderer alle skråninger som ikke er utsatt for erosjon. Det bemerkes imidlertid at det kan være fare for overflateutglidninger i slike skråninger.

Skråninger som er *utsatt for erosjon*, kan utvikle en geometri over tid som kan være kritisk med tanke på stabiliteten. Slike skråninger deles igjen inn i underkategorier, avhengig av hvor aktiv erosjonen er i skråningsfoten og hvordan det påvirker stabiliteten. En skråning med aktiv erosjon i foten og som ligger i et område med spor etter skredaktivitet, antas å være ustabil. En skråning som ikke har tydelige tegn på erosjon og ligger i et område uten tegn til skredaktivitet, anses som potensielt ustabil.

Skråninger som har vært utsatt for menneskelige inngrep og har fått *modifisert geometri* vurderes ut ifra endringene som er gjort. Noen skråninger får redusert stabilitet ved at det legges ut fyllinger på toppen og/eller at det graves ut skjæringer i foten. Slike skråninger anses å ikke ha vært utsatt for de verst tenkelige værforhold og grunnvannsforhold enda. Dermed antas de å være potensielt stabile.

Innad i hver gruppe vil det altså være skråninger med ulike stabilitetsforhold. De kan være *antatt stabile*, *potensielt ustabile* og *antatt ustabile*. Se flytskjemaet i kapittel 4.1.1.

Ut ifra stabilitetsforholdene er det i metodikken definert hvilke tiltak som må iverksettes. Legg merke til at for skråninger som kvalitativt vurderes til å være potensielt ustabile eller antatt ustabile, kan det være nødvendig med kvantitative vurderinger ved hjelp av stabilitetsberegninger.

4.2 Beskrivelse av metodikk

Arbeidsgruppa vil i dette kapitlet foreslå nye måter å tilnærme seg problematikken rundt kvikkleire på, enn det som er vanlig praksis i Statens vegvesen i dag. Metodikken bruker elementer fra canadisk praksis som er omtalt i kapittel 4.1 og elementer fra faregradsklassifisering av kvikkleiresoner som er beskrevet i NVEs *veileder 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred* (NVE, 2020b).

Arbeidsgruppa ønsker at Statens vegvesen skal jobbe proaktivt med vegstrekninger i kvikkleireområder. Gruppa foreslår en tilnærming der man ser mer helhetlig på alle strekninger som går igjennom kvikkleireområder. Hensikten er å finne ut hvor situasjonen er mest kritisk og deretter sette inn ressurser der. Da kan vi jobbe oss igjennom vegnettet på en systematisk måte, der man begynner med å vurdere de mest kritiske områdene først og fortsetter nedover på lista etter hvert som arbeidet går framover.

På denne måten håper arbeidsgruppa å unngå at Statens vegvesen utreder og sikrer kvikkleireområder der det skal bygges eller vedlikeholdes en veg, samtidig som de nærliggende områdene kan være labile og ha svært lave sikkerhetsmarginer mot kvikkleireskred, som igjen kan ramme infrastruktur og bebyggelse. Det er viktig å understreke at den nye tilnærmingen bør være et supplement til, og ikke erstatte, utredninger som gjøres etter NVE (2020b) i forbindelse med planprosesser og byggesaker.

Sentralt i metodikken er å vektlegge utløsende årsaker til kvikkleireskred og lokalisere de områdene der sikkerhetsmarginene mot skred er lavest. Det skal være en praktisk tilnærming med mer observasjon og mindre beregninger. Hypotesen er at dersom vi fokuserer på å eliminere de utløsende årsakene til kvikkleireskred, vil vi kunne redusere risikoen for katastrofale kvikkleireskred betraktelig.

Faktorene som undersøkes er først og fremst pågående erosjon, endringer i skråningsgeometri, skråningshelning og høydeforskjeller. GIS-analyser brukes som et verktøy til å få en oversikt over disse faktorene i de mange tusen kvikkleireområdene i Norge. Ved hjelp av GIS er vi i stand til å analysere store områder på en objektiv måte og på relativ kort tid. Dette vil igjen hjelpe oss i prioriteringen av hvilke områder man bør kartlegge, vurdere og eventuelt sikre først.

Denne rapporten går ikke inn på hvilke tiltak som må iverksettes ut ifra aksjonene som foreslås. Det vil avhenge av problemstillingen og sikkerhetsmarginen i skråningene. Det blir opp til geoteknikerne som vurderer en skråning å planlegge og prosjektere adekvate tiltak.

Arbeidsgruppa er åpen for at det også kan være andre parametere som bør vurderes på lik linje med de som nevnes her.

4.2.1 Erosjon

Tilstedeværelsen av elver eller bekker som renner i nærheten av skråninger kan være negativt for stabiliteten. Dersom en elv eroderer i foten av en skråning, vil det endre geometrien til skråningen over tid og sikkerhetsmarginene mot skred blir lavere og lavere. Til slutt vil marginene være så små at erosjonen i seg selv kan bli den direkte årsaken til at et skred løsner, eller at endringer i poretrykket i grunnen utløser skredet.

Av den grunn er det veldig viktig å ha kontroll på erosjonsforholdene i et kvikkleireområde. Ved å sikre elver og bekker mot erosjon vil man redusere risikoen for skredhendelser betraktelig. Det kan fortsatt hende at ytterligere tiltak er nødvendig for å øke sikkerhetsmarginen i en skråning til akseptabelt nivå, men ved å hindre erosjon gjør man mye for stabiliteten i området.

For å få en fullverdig oversikt over erosjonsforholdene langs et vassdrag er man avhengig av å være ute på befaringer og kartlegge tilstanden visuelt. Det er et veldig tidkrevende arbeid med tanke på hvor mange kilometer med elver og bekker i kvikkleireområder som må gjennomgås. Det finnes imidlertid andre metoder som kan gi en overordnet oversikt, som igjen kan brukes til å planlegge feltarbeid.

En metode er å bruke noe av informasjonen som samles inn i forbindelse med evaluering av faregrad etter NVE (2020b). En av faktorene som vurderes er *erosjon*. Sonene får en score fra 0 til 3 avhengig av om det er *Ingen*, *Litt*, *Noe* eller *Kraftig* erosjon i området. Ved å lage kartpresentasjoner der man visualiserer

erosjons-scoren i faresonene med ulike farger, kan man få en oversikt over erosjonsforholdene i et større område.

NVE påpeker imidlertid at det er svakheter i databasen med faresoner. Det er variabel kvalitet på vurderingene av erosjon. I mange soner er det gjort antakelser på erosjonsaktiviteten i området uten at man har vært ute på befaring. Videre kan det være lenge siden vurderingene er gjort i mange soner. Det betyr at erosjonsforholdene kan ha endret seg med tiden uten at det er fanget opp (NVE, muntlig kommunikasjon).

En annen metode er å gjøre GIS-analyser der man ser på forskjeller i terrengmodeller fra ulike år. Dersom man har slikt tilgjengelig i et område kan man, ut ifra analysene, se hvordan terrenget har endret seg over tid. Man kan altså få informasjon om hvor aktiv erosjonen er, ved å studere endringer i terrenget langs et vassdrag.

En tredje metode er innhenting av informasjon av grunneiere og lokalkjente i områdene.

Aksjon: Informasjon om erosjonsforhold i NVEs faresoner, visualisering av endringer i terrenget ved GIS-analyser og/eller innhenting av lokalkunnskap kan brukes til å lage en oversikt over erosjonsforholdene i vassdragene i et større område. Ut ifra det kan man planlegge befaringer og vurdere situasjonen der erosjonsaktiviteten er størst. Deretter går man videre til vassdrag som er mindre kritisk.

Merknad: Kapittel 9.1 beskriver NVEs pågående prosjekt med befaringer og kartlegging av erosjon i 144 faresoner på Romerike. I prosjektet har NVE allerede tatt i bruk mange av metodene som foreslås her (NVE, muntlig kommunikasjon).

4.2.2 Skråningsgeometri i endring

Skråninger som er i endring kan være et tegn på at det generelt er lave sikkerhetsmarginer mot skred i et område, spesielt når endringene har skjedd i nyere tid. Motsatt er det slik at et område med skråninger der geometrien ikke har endret seg på lang tid, antakeligvis har høyere sikkerhetsmarginer mot skred. Dette kan man bruke til å lokalisere skråninger og områder med lave sikkerhetsmarginer. Ved å se etter tegn på endringer i terrenget og skredaktivitet, kan det gi verdifull informasjon om stabiliteten i et område. De mest kritiske endringene i skråningsgeometri vil være skjæringer eller erosjon i foten av skråninger eller fyllinger på toppen av skråninger.

Igjen kan det være vanskelig å skaffe en fullverdig oversikt over endringer i geometrien til skråninger i et større område. Det vil være et tidkrevende arbeid å gå igjennom store områder visuelt.

En metode som kan brukes til å vurdere endringer i terrenget er å bruke informasjonen som ligger inne i evalueringen av kvikkleiresoner. En faktor som vurderes er *tidligere skredaktivitet*. Sonene får en score fra 0 til 3 avhengig av om det er *Ingen*, *Lav*, *Noe* eller *Høy* skredaktivitet. Ved å lage en kartpresentasjon der man visualiserer skredaktivitet-scoren i faresonene med ulike farger, kan man få en oversikt over skredaktiviteten i et større område.

En annen metode er å utføre GIS-analyser på terrengmodeller fra ulike år. Dette er den samme analysen som er beskrevet for erosjonsvurderinger, og formålet er det samme. Her kan man se hvordan terrenget har endret seg over tid. Det at terrenget har senket seg kan være tegn på en skredgrop, og at terrenget har hevet seg kan være tegn på et utløpsområde. Det er viktig å merke seg at heving og senking av terrenget også kan være resultat av bakkeplanering og menneskelig aktivitet. Satellittbilder kan også brukes til å studere endringer i terrenget fra år til år.

En tredje metode er å se på NVEs database over skredhendelser i NVE (2021c). Databasen gir kunnskap om skredhendelser gjennom historien, og kan hjelpe til å danne et bilde av hvor det har vært skredaktivitet og hvor det har vært mindre.

En fjerde metode er å bruke InSAR-data, som viser bevegelser i landskapet som er målt med satellittbasert radar. Fargen på punktene i karttjenesten viser om terrenget hever seg eller senker seg og hvor store deformasjoner som måles av satellittene (NGU, 2021b).

En femte metode er innhenting av informasjon av grunneiere og lokalkjente i områdene.

Aksjon: Informasjon om skredaktivitet i NVEs faresoner, endringer i skråningsgeometri ved GIS-analyser, historisk skredaktivitet, bevegelser i landskapet fra InSAR-data og/eller innhenting av lokalkunnskap kan brukes til å lokalisere områder der det generelt er lave sikkerhetsmarginer mot skred. Ut ifra det kan man planlegge befaringer, grunnundersøkelser og vurdere situasjonen i områder der man antar det er lavest sikkerhetsmarginer mot skred først. Deretter går man videre til områder som er mindre kritisk. På sikt kan en også bruke maskinlæring til å lokalisere områder i endring.

4.2.3 Lokalisere mest kritiske skråninger

Det er mange faktorer som er avgjørende for sikkerhetsmarginen mot skred i en skråning. Informasjon om løsmassenes skjærfasthet og grunnvannsforhold er viktige parametere, men er tidkrevende og kostbart å samle inn for større områder. Topografiske faktorer har også stor innvirkning på stabiliteten til skråninger. Gitt at forholdene ellers er like, vil en skråning med stor høydeforskjell ha dårligere stabilitet enn en skråning med lavere høydeforskjell. På samme måte vil en skråning med brattere skråningshelning ha dårligere stabilitet enn en skråning med slakere helning.

De topografiske faktorene høydeforskjell og bratthet kan derfor brukes til å si noe om hvor de mest kritiske skråningene i et område ligger. Det er skråningene med den verste kombinasjonen av høydeforskjell og bratthet som vil ha dårligst stabilitet, igjen gitt at forholdene ellers er like. Derfor vil det være verdifullt i en kartlegging og skaffe en oversikt over de høyeste og bratteste skråningene. Deretter kan man gå inn å vurdere hver enkelt skråning spesifikt.

Fordelen med disse faktorene er at det er mulig å analysere de ved hjelp av et godt kartgrunnlag og GIS. Med GIS-analyser kan man visualisere i et kart høydeforskjellen fra topp til bunn av ravineskråningene i et kvikkleireområde, samt hvor bratte skråningene er. Det vil være til hjelp for å lokalisere skråninger og områder som har lave sikkerhetsmarginer mot skred.

Aksjon: Informasjon om høydeforskjell og helning til skråninger visualisert i et kart kan brukes til å lokalisere skråninger og områder som har lave sikkerhetsmarginer mot skred. Ut ifra det kan man planlegge befaringer, grunnundersøkelser og vurderinger av skråninger som identifiseres som mest kritisk med tanke på høydeforskjell og bratthet. Deretter går man videre til skråninger som er mindre kritisk.

4.3 Pilotprosjekt

Det er satt i gang et pilotprosjekt for ny metodikk, hvor det er gjort en GIS-analyse for å identifisere raviner i kvikkleireområder. Dette er utført som en test av brukbarheten av GIS-analyser til dette formålet, og det er derfor i første omgang kun sett på høydeforskjeller og bratthet i ravineterreng. Arbeidsgruppa har samarbeidet med Gjerdrumutvalget med å utarbeide analysen, og Gjerdrum kommune er derfor valgt som forsøksområde. Analysen vil også inngå som del av grunnlaget for utvalgets arbeid med å foreslå nye metoder for å kunne avdekke kvikkleirerisiko.

4.3.1 Foreløpig evaluering av pilotprosjekt

Analysen ser foreløpig ut til å egne seg godt i områder med mektige kvikkleireavsetninger og ravineterreng, som på Østlandet og i Midt-Norge. Analysen er også utført i Sør-Varanger, men der ser den ikke ut til å egne seg like godt. Dette kan komme av lite raviner i avsetningene, men det er foreløpig ikke undersøkt nærmere.

Graden av nøyaktighet i analysene avhenger generelt av nøyaktigheten i kartleggingen av løsmasser, samt oppløsningen på terrengmodellen som er brukt. For å kunne verifisere utbyttet av analysen og nærmere vurdere hvor godt egnet analysen er som verktøy i kvikkleirekartlegging, må man ut i felt og inspisere skrånningene som identifiseres som mest kritisk.

4.4 GIS-analyser

Under følger en kort beskrivelse av GIS-analysen.



Figur 11: Digital skyggemodell. Areal over marin grense er maskert vekk.

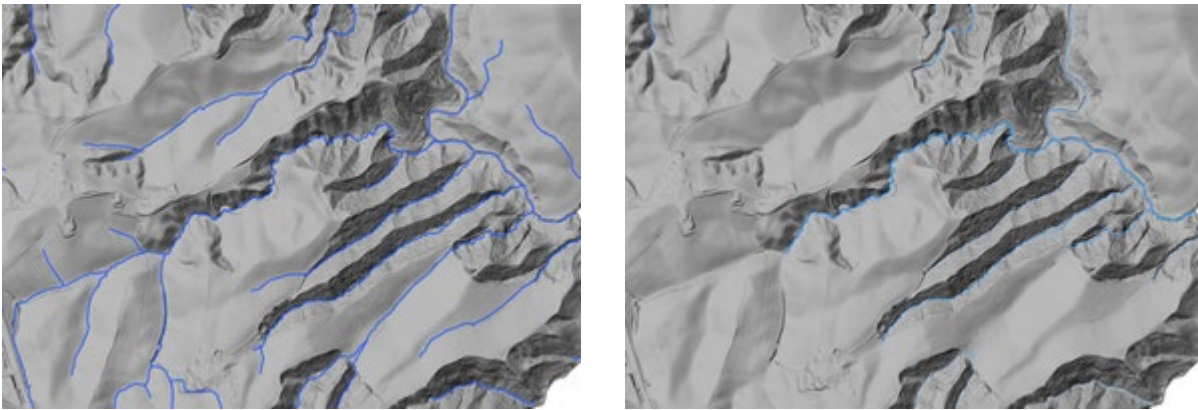
Utgangspunktet var en digital terrengmodell på rasterformat, med ruter på 1x1 meter (DTM1) for Gjerdrum kommune. Denne ble klipt til areal under marin grense, der løsmassetypene er Marin strandavsetning eller Hav- og fjordavsetning (40, 41, 42, 43).

Bekker ble så generert ut fra terrengmodellen. Kort fortalt er en bekk i denne sammenhengen de delene av terrenget som har et nedslagsfelt på mer enn 10.000 m² (10 daa). Dette gir bedre nøyaktighet og fullstendighet enn å bruke data fra FKB. Denne metoden gir noen fiktive bekker, spesielt i tilknytning til veger, og effekten av stikkrenner fanges ikke opp. Fiktive bekker er forsøkt fjernet ved manuell gjennomgang.

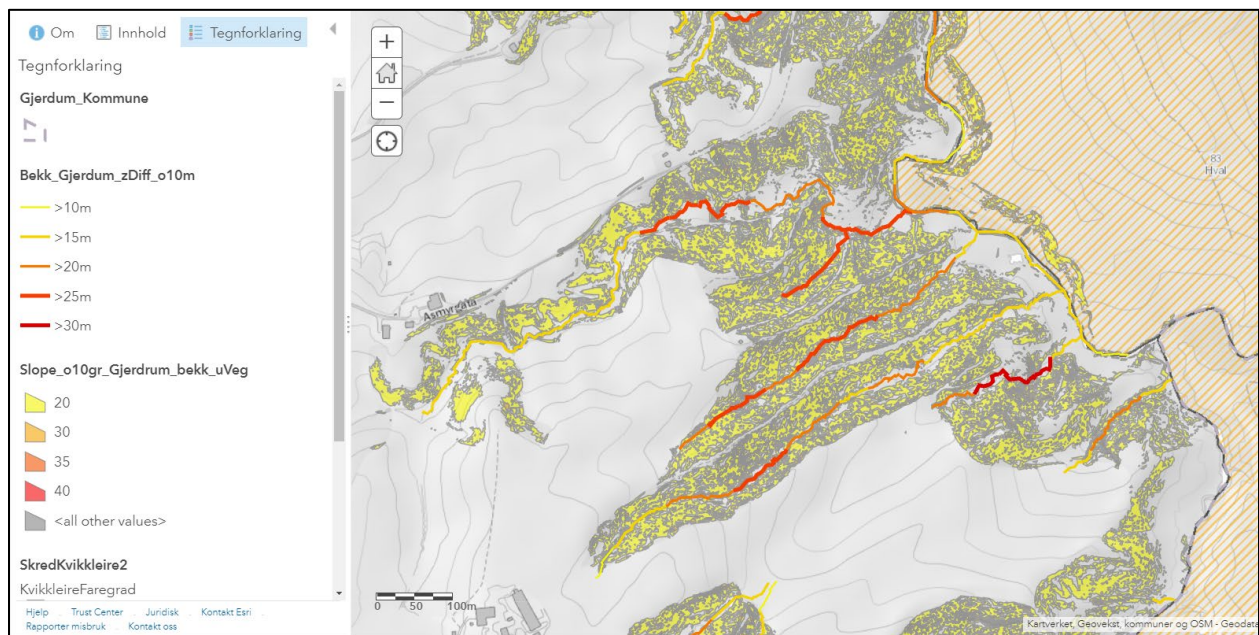
For hver 50. meter langs bekkene ble det laget en buffer på 50 meter for å beregne høydeforskjell. Høydeforskjellen er differansen mellom største og minste høydeverdi innenfor bufferen. Det ble så gjort et utvalg av bekker som ligger i områder med høydeforskjell over 10 meter. Dette utvalget ble i sin tur brukt for å velge ut bratte områder (> 20 grader) innen en avstand på 75 meter fra bekkene.

Resultatet blir da bekker som ligger i områder som er brattere enn 20 grader og har en høydeforskjell på minst 10 meter, samt et lag som viser brattheten i tilknytning til disse bekkene.

Disse to datasettene er vist i kart på ArcGis.online: <https://arcg.is/yCaTX>.



Figur 12: Utvalg av bekker som ligger nærmere enn 5 m fra områder brattere enn 20 grader.



Figur 13: Utklipp av webkart. Genererte bekker og bratthetskart.

5 Geotekniske objekter i NVDB

Nasjonal vegdatabank (NVDB) er en database med informasjon om statlige, kommunale, private, fylkes- og skogsbilveger. Her ligger informasjon som blant annet trafikkmengde og ulykker, vegnett med geometri og topologi samt en oversikt over en rekke objekter tilknyttet vegene. Informasjon fra NVDB er tilgjengelig i vegkart.no.

Av det som kan defineres som geotekniske objekter finnes følgende i NVDB:

- Fylling (*type* motfylling, evt. *materiale* lette masser)
- Fyllingsskråning
- Kalksementpeler
- Masseutskifting (*type* lette masser)
- Peler/plate
- Plastring/Erosjonssikring

- Støttekonstruksjon (type tørrmur, gabion, armert jord, spunt)
- Stagforankring
- Saltstabilisering
- Vertikaldren

Det er imidlertid en del mangler ved geotekniske objekter generelt i NVDB. Hovedutfordringen er at få objekter er registrert. Et oppdatert og komplett register over geotekniske objekter på vegnettet er utgangspunktet for blant annet inspeksjon og tilstandskartlegging av de samme objektene, samt enklere oppfølging for driftsentreprenørene, for eksempel på vegstrekninger i kvikkleireområder som allerede er sikret.

Det ble i 2019 gjort en jobb med å opprette geotekniske objekter i NVDB, men det gjenstår en del arbeid med å legge inn det som finnes av dokumentasjon på objekter bygd før 2019. Arbeidsgruppa foreslår at det gjøres en gjennomgang av egenskapene til objektene, før en går i gang med registrering. Det må blant annet vurderes om enkelte datterobjekter burde vært løftet opp til eget objekt (et eksempel her er motfylling), og om objektene har alle egenskapene nødvendig for videre oppfølging. Videre vil det være en forbedring å utarbeide forklaringstekster og/eller diagrammer til hvordan de ulike objektene skal meldes inn, slik at en sikrer en enhetlig forståelse for hva de ulike parameterne er.

6 Rutiner for kvikkleire i driftskontrakter

De fleste vegdriftskontrakter i Statens vegvesen har i dag rutiner for innmelding av skred og/eller skredfare via Elrapp-systemet. I tillegg finnes instruksjer og prosedyrer som blant annet *Instruks for arbeid i skred og/eller skredfarlig område* (Dokument D2-ID9400a Skred i driftskontrakter) for driftskontrakter med skredterreng. Etter føringer gitt i håndbok R611 *Trafikkberedskap* skal også alle driftskontrakter ha en beredskapsplan for håndtering av naturfarer. Disse naturfareplanene inneholder informasjon om kjente strekninger og punkt som er utsatte for naturfarer, herunder kjente kvikkleiresoner og -områder.

I håndbok R610 *Standard for drift og vedlikehold av riksveger* er det i kapittel 2.10 gitt føringer for vegens sideområde. Sideområde er her definert som areal under og inntil bruer, strandsoner og under vann i elv- og bekkeløp, samt stabilitetssikring, erosjonssikring og skråningsbeskyttelse på disse områdene. Det bør diskuteres om definisjonen av sideområde bør utvides, da den nå ikke spesifikt omfatter utsatt terreng i tilknytning til veg, som for eksempel skråningsfot. Håndboken angir videre at skader på stabilitetssikring, erosjonssikring og skråningsbeskyttelse skal repareres før følgeskader oppstår, og erosjon som endrer en skrånings utforming skal utbedres innen 2 uker. Her vil det være hensiktsmessig å beskrive føringer for kvikkleireområder mer direkte, dette er noe som må vurderes nærmere. For eksempel kan det i føringer for håndtering av erosjon i kvikkleireområder settes krav til at geoteknisk kompetanse involveres.

For å styrke kunnskapen omkring kvikkleireproblematikk kan det i tråd med eventuelle nye føringer i håndboka være fordelaktig å også tilføye rutiner og/eller krav i driftskontrakter med terreng under marin grense, samt tilby opplæring i hva en typisk kan se etter. Dette er nærmere beskrevet i delkapittel 6.1. Inspeksjon av geotekniske objekter er omtalt i kapittel 6.2. Her nevnes også inspeksjon av raviner og bekkedaler i kvikkleireområder.

6.1 Krav om innmelding av faretegn

Skredhendelser, herunder utglidninger og erosjon, skal i dag meldes inn via R11-skjema (Skredregistrering), mens krav om bruk av R13-skjema (Innmelding av naturfare) i hovedsak kun er gitt for

kontrakter med fare for skred i bratt terreng. I R13 ligger det inne en rekke faretegn. Det er de samme som opprinnelig oppgitt i Regobs sitt jordskredskjema. Disse er som følger:

- Intenst regnvær
- Intens snøsmelting
- Stor vannføring i bekker/elver
- Jordfarga bekker/elver
- Bekker tar nye løp
- Overvann i terreng
- Underdimensjonert drenering (stikkrenner mm.)
- Sprekker/sig i terrenget
- Ferske jordskred
- Andre faretegn

Disse faretegnene er i ulik grad relevante for kvikkleire, men andre aktuelle faretegn, som for eksempel erosjon og mindre utglidninger, kan tilføyes dersom ønskelig. Det viktigste vil imidlertid være krav om at entreprenørene faktisk melder inn faretegn, og at de kurses i hvordan gjenkjenne disse. Det foreslås derfor å jobbe mot at det også i kontrakter med terreng under marin grense settes krav til registrering av faretegn knyttet til kvikkleire.

Bevisstgjøring omkring eksempelvis erosjonsproblematikk i kvikkleireområder og krav om innmelding av faretegn i R13 vil kunne være forebyggende mot fremtidige skred. Ved bruk av GIS-verktøy vil også inspeksjon og oppfølging av kvikkleireområder forenkles, se for eksempel tilnærmingen NVE har brukt i kartlegging av erosjon i raviner (kapittel 9.1).

6.2 Inspeksjon av geotekniske objekter

I Håndbok R610 *Standard for drift og vedlikehold av riksveger* er det gitt krav om inspeksjon av blant annet bruer, skredsikringsobjekter og tunneller. Støttemurer med konstruksjonshøyde større enn eller lik 5 meter omfattes her av kravene gitt for bruer, ellers finnes i dag ingen krav om inspeksjon av geotekniske objekter. Dette er noe arbeidsgruppa mener bør utarbeides på lik linje med krav satt til inspeksjon av for eksempel skredsikringsobjekter. Inspeksjon av geotekniske objekter kan med fordel defineres i kapittel 1.3 *Inspeksjon* i Håndbok R610.

Ikke alle geotekniske objekter er synlige «i dagen», men for de som kan inspiseres, foreslås det at det stilles krav om generell inspeksjon og/eller hovedinspeksjon. For inspeksjon av skredsikringsobjekter ble det nylig utarbeidet instruks for årlig inspeksjon (Dokument D2-ID7340a i driftskontrakter). Denne omfatter objektene skredvoll/skredmagasin, fanggjerdar, støtteforbygning snø og bergsikring inkl. mindre murer. Instruksen tar for seg hva systematisk inspeksjon innebærer for de gitte objektene, hva som minimum skal inspiseres, undersøkes og kontrolleres. Tilsvarende som for skredsikringsobjekter kan en instruks også utarbeides for geotekniske objekter. For at den skal kunne tas ordentlig i bruk forutsetter det for øvrig at det først gjøres et arbeid med registrering av geotekniske objekter til NVDB, som beskrevet i kapittel 5.

Det bør også vurderes om det bør gis føringer for inspeksjon av raviner og bekkedaler i kvikkleireområder, i de tilfellene dette defineres som vegens sideområde. Med dette følger da også utarbeidelse av en instruks for inspeksjon som vedlegges kontraktene. Det er også viktig å utarbeide en metodikk for å utføre inspeksjonene slik at endringene med tid vil kunne fanges opp og evalueres på en objektiv måte.

7 Planbestemmelser for geotekniske sikringskonstruksjoner

I håndbok N200 *Vegbygging* er det i kapittel 1.1.4.2 og 1.1.4.3 satt krav om at områder med mulig fare avmerkes som hensynssoner og omtales i tilhørende planbestemmelser. Dette kravet ble tydeliggjort i 2018-revisjonen av håndboka. I NVE veileder nr. 1/2019 er det også beskrevet hva som utløser krav om hensynssone og tilhørende planbeskrivelser.

Det kan være fornuftig å utarbeide standardiserte planbestemmelser for å gjøre det lettere å sikre at det blir lagt til fornuftige bestemmelser i hensynssonene. En form for mal hvor en kan hente standardiserte bestemmelser fra vil trolig også effektivisere arbeidet.

Arbeidsgruppa foreslår å jobbe med planbestemmelser ved å utarbeide maler/egne bestemmelser for forskjellige sikringskonstruksjoner og kvikkleireområder (erosjonssikring, motfylling, lette fyllinger, begrensninger på fremtidig bruk av areal osv.). Det er videre naturlig å tenke at disse kan legges i kvalitetssystemet under geoteknikkprosessen der.

8 Sluttrapport for arbeider i konsekvensklasse 3

8.1 Konsekvensklasser

Ifølge Vegnormal N200 *Vegbygging*, skal geoteknisk prosjektering utføres i henhold til føringene i Eurokodene. Alle prosjekter skal defineres i en konsekvensklasse, som sier noe om hvor store de menneskelige, økonomiske, samfunnsmessige eller miljømessige konsekvensene kan bli dersom det skjer en svikt i tiltaket eller konstruksjonen som bygges. Standard Norge (2016) definerer konsekvensklassene og viser til eksempler for bygg og anlegg. I Håndbok V220 *Geoteknikk i vegbygging* er tabellen utvidet til å gi veiledning til valg av konsekvensklasse for vegbygging. Se Tabell 1.

Riks- og europaveger vil nær sagt alltid defineres i konsekvensklasse 3, ettersom det som regel medfører svært store konsekvenser om man får svikt i en hovedvei. Videre viser tabellen at alle vegstrekninger i områder med stor bruddkonsekvens hører hjemme i konsekvensklasse 3. Det vil si at veger som er i berøring med kvikkleireområder defineres i den høyeste konsekvensklassen.

Tabell 1: Definisjon av konsekvensklasser fra Standard Norge (2016) og veiledning for vegbygging fra Statens vegvesen (2018).

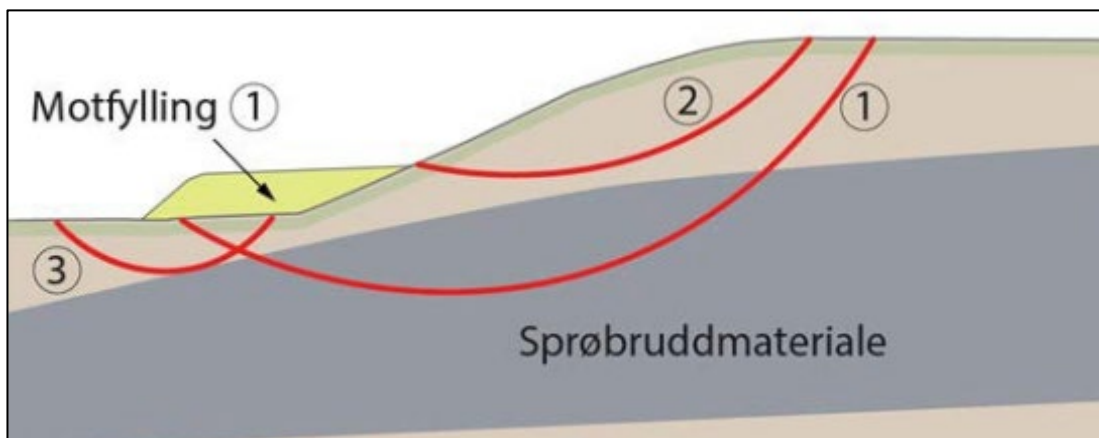
Konsekvens-klasse (CC)	Beskrivelse	Eksempel på bygg og anlegg	Veiledende kriterier for vegbygging
CC3	Stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, eller svært store økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser	Tribuner, offentlige bygninger der konsekvensene av brudd er store (f.eks. en konserthall)	ÅDT>8000*, eller svært viktig veg uten (eller med svært dårlig) omkjøringsmulighet. Nær trafikkert jernbane. Fundamenteringsarbeider eller andre geotekniske tiltak med stor bruddkonsekvens.
CC2	Middels stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, betydelige	Boliger og kontorbygg, offentlige bygninger der konsekvensene av	1500<ÅDT<8000, eller mindre trafikkert viktig veg med vanskelig/dårlig omkjøring.

	økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser	brudd er betydelige (f.eks. et kontorbygg)	Fundamenteringsarbeider eller andre geotekniske tiltak med begrenset bruddkonsekvens og god evne til å tåle deformasjoner.
CC1	Liten konsekvens i form av tap av menneskeliv, og små eller uvesentlige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser	Landbruksbygninger der mennesker vanligvis ikke oppholder seg (f.eks. lagerbygninger), drivhus	ÅDT<1500. Gode omkjøringsmuligheter. Konstruksjoner med liten skadekonsekvens og god mulighet for reparasjon eller gjenoppbygging.

8.2 Geotekniske sikringskonstruksjoner

Bygging av en veg igjennom et kvikkleireområde fører ofte med seg behov for sikringstiltak utover selve vegkonstruksjonen. For å ivareta sikkerhetskravene til NVEs kvikkleireveileder (NVE, 2020b) og Vegnormal N200 (Statens vegvesen, 2021b), kan det bli nødvendig med tiltak for å tilfredsstille kravene til områdestabilitet. Eksempler på tiltak kan være:

- Motfyllinger
- Avlasting
- Masseutskifting med lette masser
- Erosjonssikring
- Grunnforsterkning
- Saltbrønner



Figur 14: Eksempel på motfylling som legges ut i foten av en skråning for å øke sikkerhetsmarginen mot skred. Figuren er hentet fra NVE, 2020b.

8.3 Geoteknisk sluttrapport

De geotekniske sikringskonstruksjonene har til hensikt å heve sikkerhetsmarginene i et kvikkleireområde til et akseptabelt nivå. Derfor er det viktig at de får ligge i fred og oppfylle sin hensikt også i framtiden. Videre er det viktig at sikringskonstruksjonene bygges slik de er planlagt og prosjektert, for at effekten av de blir slik den skal være.

Per i dag har Statens vegvesen ikke gode nok rutiner for å dokumentere og kvalitetssikre byggingen av geotekniske sikringskonstruksjoner. Dokumentasjon er viktig for at informasjonen skal bli tilgjengelig for de som skal forvalte veien i framtiden. Vegforvaltere som behandler saker der Statens vegvesen er nabo eller er høringspart, må kunne finne informasjon om konstruksjonene slik at de kan følge opp at det ikke gjøres endringer i tiltakene uten at det er vurdert av en geotekniker. (Eksempel: Masseflytting i et område med motfyllinger.) De som *drifter* vegstrekninger, må vite om konstruksjonene slik at de kan følge med om det skjer signifikante endringer i tiltakene. (Eksempel: Ødeleggelse av erosjonssikring.) Planleggere som skal prosjektere nye tiltak i et område må også vite om konstruksjonene slik at de nye tiltakene ikke forringer effekten av sikringen som er gjort.

Første steg på veien er at geotekniske sikringskonstruksjoner blir registrert i NVDB. Det er omtalt i kapittel 5.

Arbeidsgruppa foreslår videre at det bør utarbeides geotekniske sluttrapporter for vegprosjekter i konsekvensklasse 3 i områder med sprøbruddmateriale og kvikkleire. Dette bør defineres som krav i Vegnormal N200 Vegbygging. Sluttrapportene vil være en dokumentasjon på utførelsen av geotekniske sikringsarbeider. De skal vise at sikringstiltakene er bygget slik de er planlagt og oppfyller sin hensikt.

Innen ingeniørgeologi er det krav til sluttrapporter for både tunneler og bergskjæringer. Det er naturlig å se til disse kravene når man skal definere hva innholdet skal være i en geoteknisk sluttrapport.

Kapittel 1.3 i Håndbok N200 Vegbygging (Statens vegvesen, 2021b) omhandler skråninger og skjæringer i berg. I kapittel 1.3.7 står det krav til utforming, uttak, rensk og sikring av bergskjæringer og skråninger, samt krav til geologisk sluttdokumentasjon. Det står blant annet følgende:

- *En person med ingeniørgeologisk kompetanse skal ha det faglige ansvar for permanentsikringen.*
- *Den utførte sikringen sammen med de geologiske forholdene skal dokumenteres i sluttrapport.*

Kapittel 11.2 i Håndbok N500 Vegtunneler (Statens vegvesen, 2021c) omhandler ingeniørgeologisk sluttrapport for tunneler. Der er det beskrevet krav om det skal utarbeides en ingeniørgeologisk sluttrapport senest tre måneder etter at prosjektet er overlevert. Sluttrapporten skal:

- *Inneholde geologisk/ingeniørgeologisk dokumentasjon med kartlegging og beskrivelse av bergforholdene og samlet utført sikring (for eksempel data registrert i Novapoint Tunnel - Geologi og bergsikring). Bakgrunns materialet skal også inkluderes og arkiveres. Den elektroniske dokumentasjonen skal være klargjort for lagring i Statens vegvesens databaseløsninger.*
- *Angi inspeksjonsrutiner både når det gjelder behov, hyppighet og spesielt beskrive områder som krever spesiell oppfølging.*
- *Inneholde eventuelle avvik i utførte sikringsmengder og sikringsmetoder i forhold til det som var forutsatt i konkurransegrunnlaget, med begrunnelse.*
- *Inneholde 3D-modell av geologiske forhold der dette er utarbeidet.*
- *Underskrives av prosjektleder for utbyggingsprosjektet og den som har faglig ansvar for bergsikringsarbeidet.*

Her er det flere gode elementer og hensikter som kan overføres til en geoteknisk sluttrapport. Arbeidsgruppa vil trekke fram følgende. Sluttrapporten bør:

- Oppsummere og beskrive planlagt og utført sikring.
- Forklare hvorfor det eventuelt er blitt forskjell i utført og planlagt sikring.
- Vise at den utførte sikringen oppfyller kravene til sikkerhet.
- Angi rutiner og intervaller for eventuell framtidig inspeksjon.
- Angi om det er spesielle strekninger man bør følge med på.
- Bekrefte at sikringskonstruksjonene er registrert i NVDB.

9 Pågående arbeid i og utenfor Statens vegvesen

I dette kapittelet presenteres kort annet arbeid som pågår i og utenfor Statens vegvesen, og som er relevant for problemstillingene arbeidsgruppa har jobbet med.

9.1 NVE

NVE har påbegynt et prosjekt for å kartlegge erosjonsaktiviteten i faresoner på Romerike. 144 soner skal gjennomgås. I forbindelse med dette har de benyttet GIS-analyser som verktøy i planleggingen av feltarbeidet. Analysene tar utgangspunkt i LiDAR-data fra ulike år tilbake i tid, og ved å se disse i sammenheng kan en visualisere endringer i terrenget. Dette kan så ses sammen med data fra for eksempel NADAG, kvartærgeologisk kart og grunnundersøkelser.

Kartet lastes opp til ArcGIS Online og kan brukes i felt. Her kan en legge til eller oppdatere informasjon, ta bilder, tegne skredgroper etc. Denne informasjonen kan så sammenstilles med grunnundersøkelser, og danne grunnlag for videre vurderinger og eventuell sikring.

I forbindelse med kartleggingen av erosjonsaktivitet utfører også NVE AEM (Airborne Electromagnetic technology) fra lufta i deler av Romerike for å undersøke utbredelse av kvikkleire.

9.2 Bane NOR

Bane NOR har i etterkant av skredet på Gjerdrum satt i gang et tilsvarende arbeid som i SVV, med å lage en oversikt av jernbanestrekninger i kvikkleiresoner. Bane NOR har allerede rutiner for kontroll av sideterreng, men vurderer egne og strengere rutiner for kvikkleireområder.

9.3 Pågående forskningsprosjekter

Av pågående forskningsprosjekter relatert til kvikkleireproblematikk, er vi gjort kjent med prosjektet *Nye metoder og teknologier for sikker vegbygging i kvikkleireområder i et endret klima*. Prosjektet er i regi av Institutt for bygg- og miljøteknikk ved NTNU, med Statens vegvesen som samarbeidspartner. Et av deltemaene i prosjektet er studien *Sikkerhet av kvikkleireområder i et endret klima*, som ønsker å undersøke hvordan sikkerheten i en urbanisert kvikkleireskråning blir påvirket av klimaendringer og ekstremvær. Studien gjennomføres som en postdok. De vil undersøke hvor robuste kvikkleireskråninger er i et endret klima, med spesielt fokus på initialskred. Resultatene av studien vil kunne danne en solid basis for et bedre vurderingsgrunnlag og et mer robust regelverk og praksis når det gjelder sikkerhet og tiltak i kvikkleireskråninger.

Prosjektet har stilt følgende spørsmål de ønsker å svare på:

- a. Hvor robuste er de naturlige kvikkleireskråningene med hensyn til klimaendringer?

- b. Hvordan skal vi definere og bestemme en representativ sikkerhetsmargin for en naturlig skråning med tanke på klimaendringer, miljøbelastninger og små menneskelige inngrep i forbindelse med utbyggingsaktiviteter.
- c. Hva kan være akseptabelt risikonivå når det gjelder sikkerhetsmarginen (en sannsynlighet for skred) som skal vedtas i forskrifter og retningslinjer i Norge og internasjonalt?

Naturfareforum er en samarbeidsarena med 10 statsetater som alle har et sektoransvar påvirket av kvikkleire. Forumet har samarbeidet i 5 år og arbeider nå med en framtidig strategi (2022 – 2026). En av hovedaktivitetene er og vil trolig bli samfunnets håndtering av kvikkleire. Mye av samarbeidet så langt har gått på erfaringsutveksling og regelverksutvikling.

NFR prosjektet *KlimaDigital* avsluttes i 2021. Fokuset har vært å redusere samfunnsrisikoen av geofarer som følge av klimaendringer med bruk av digital teknologi. Herunder forskning for å redusere risikoen knyttet til jordskred og flomskred på grunn av nedbør. Prosjektet har sett på et bredt spekter av muligheter i vurdering av geofarer som er gitt av de siste utviklingene i "Internet of Things" (IoT). Instrumentering i felt ved hjelp av IoT vil støtte reduksjon av geofarerisiko i det nye rammeverket gjennom utvikling av (a) avansert teknologi for overvåking av geofarer, (b) forbedrede geofare- og klimamodeller, og (c) nye tekniske/økonomiske muligheter. Dette vil bidra til at beslutningstakere og byggherre får direkte innblikk i klimaendringers påvirkning av geofarer, utvikling av robuste metoder for prediksjon av geofarer, bruk av tidlige varslingsystemer, og implementering av pålitelige risikoreduserende tiltak.

Sigurður Valsson i Vegdirektoratet jobber med en *doktorgrad innen geoteknikk* ved NTNU, om grunnundersøkelser og maskinlæring. Han har utviklet en metode for å raskt kunne indikere kvikkleire med trykksone, basert på Statens vegvesens kvikkleiredata. Lab-analyser er brukt som grunnlag for en erfaringsbase, som modellen så bruker som utgangspunkt for å klassifisere nye forsøksdata. Doktorgraden er planlagt fullført i 2023.

10 Vegene videre

Som beskrevet innledningsvis har arbeidsgruppa valgt å dele prosjektet i to faser. Vi planlegger å jobbe videre med arbeidet skissert som Fase 2 av prosjektet. Disse temaene/delprosjektene er beskrevet i foregående kapitler, og tankene omkring hva de vil omfatte av videre arbeid er oppsummert her.

10.1 Statens vegvesens kvikkleireområder

I gjennomgangen av SVV kvikkleireområder gjenstår det mye, og en fortsettelse av dette arbeidet inngår i Fase 2 av prosjektet. Utover dette har kvikkleireområder som i sin helhet eller delvis ligger innenfor NVEs faresoner også behov for en gjennomgang. Som nevnt i kapittel 3.3 er disse filtrert ut i det pågående arbeidet. Dette gjelder særlig kvikkleireområder som ligger delvis innenfor en faresone. Disse bør vurderes og dersom aktuelt meldes inn som endring av eksisterende sone.

10.2 Kjente områder med behov for videre utredning

Arbeidet med å skaffe en oversikt over områder hvor en har kjennskap til at det finnes kvikk eller sensitiv leire i grunnen, men hvor dette ikke er dokumentert i form av en mer detaljert kartlegging eller grunnundersøkelser, er påbegynt, men det gjenstår mye. Arbeidet vil i stor grad basere seg på lokalkunnskap, og det vil derfor være fordelaktig å legge en plan for hvordan en systematisk skal gå til verks for å innhente denne kunnskapen.

Når en har en oversikt på plass kan denne så sammenstilles med annen relevant informasjon, og danne grunnlag for en prioritering av hvilke områder som først har behov for kartlegging og eventuell sikring. På sikt kan en også utarbeide prosjektbeskrivelser for områder hvor det er behov for sikring, i likhet med hvordan det gjøres for skredpunkt opp mot skredsikringsplanen.

10.3 Metodikk for kartlegging av områder med kritiske grunnforhold

Arbeidsgruppa vil jobbe videre med GIS-analysene som er beskrevet i kapittel 4.2.1 og 4.2.2. Målet er at analysene skal bidra til å skaffe en oversikt over erosjonsforhold og skredaktivitet i større områder, som igjen kan brukes til å planlegge innsatsen der situasjonen er mest kritisk. I den sammenheng ønsker gruppa å samarbeide videre med NVE og deres prosjekt med erosjonskartlegging av faresoner på Romerike.

Samtidig skal arbeidsgruppa jobbe med videreutvikling av GIS-analysene, som er beskrevet i kapittel 4.2.3, for å lokalisere de mest kritiske skråningene i ravineterreng. Et ønske er å sammenstille kartet med opplysninger om erosjonsaktivitet i elver og bekker, slik at man kan se sammenhenger mellom skråningenes høyde, bratthet og erosjonsaktivitet. Gruppa planlegger å gjøre en ny studie på Romerike og bruke informasjonen NVE samler inn i sin pågående kartlegging.

Videre er det sterkt ønskelig å få anledning til å test hele metodikken, som er beskrevet i kapittel 4, i et forsøksområde. Det er nødvendig for å verifisere hvor stor nytteverdi de ulike forslagene vil ha med dagens datagrunnlag og teknologi.

Den nye arbeidsmetodikken vil bli presentert på Geoteknikkdagen i 2021. Det er viktig å få tilbakemeldinger fra det geotekniske miljøet, og få innspill til endringer og korrigeringer. Det er også ønskelig å involvere flere geoteknikere i Statens vegvesen som kan bidra inn i arbeidet, enten med innspill til metodikken eller praktisk testing i felt.

10.4 Geotekniske objekter i NVDB

Det er en del mangler ved geotekniske objekter generelt i NVDB. Hovedutfordringen er at få objekter er registrert. Et oppdatert og komplett register over geotekniske objekter på vegnettet vil være utgangspunktet for blant annet inspeksjon og tilstandskartlegging av objektene.

Det er behov for å rapportere inn geotekniske objekter i NVDB. Dette kan potensielt være et krevende arbeid som, i likhet med vurdering av områder hvor vi er kjent med at det finnes kvikkleire, i stor grad vil basere seg på lokalkjennskap. Det kan derfor også her være en fordel å legge en plan for hvordan en systematisk skal innhente informasjon om allerede bygde geotekniske objekter. Arbeidsgruppa foreslår også at det gjøres en gjennomgang av egenskapene til objektene, før en går i gang med registrering. Det må blant annet vurderes om enkelte datterobjekter burde vært løftet opp til eget objekt (et eksempel her er motfylling), og om objektene har alle egenskapene nødvendig for videre oppfølging. Videre kan det være lurt å utarbeide forklaringstekster og/eller diagrammer til hvordan de ulike objektene skal meldes inn, slik at en sikrer en enhetlig forståelse for hva de ulike parameterne er.

10.5 Rutiner for kvikkleire i driftskontrakter

Arbeidsgruppa foreslår at det settes krav og føringer for kvikkleireområder i håndbok R610 *Standard for drift og vedlikehold av riksveger*, samt at det utarbeides rutiner relatert til kvikkleireproblematikk i driftskontrakter. Det bør vurderes om definisjonen av sideområde i håndboka bør utvides. Arbeidsgruppa foreslår videre at det settes krav om inspeksjon av geotekniske objekter, og med det utarbeide instruks for inspeksjon. Det må også vurderes føringer for inspeksjon av raviner og bekkedaler i kvikkleireområder i vegens sideområde.

Det er videre ønskelig å opprette en rutine for at driftskontrakter med terreng under marin grense får krav om å melde inn faretegn relatert til kvikkleire ved bruk av R13.

10.6 Planbestemmelser for geotekniske sikringskonstruksjoner.

Som nevnt i kapittel 7, foreslår arbeidsgruppa å jobbe videre med planbestemmelser ved å utarbeide maler og egne bestemmelser for forskjellige sikringskonstruksjoner i kvikkleireområder (erosjonssikring, motfylling, lette fyllinger, begrensninger på fremtidig bruk av areal osv.). Det er videre naturlig å tenke at disse kan legges i kvalitetssystemet under geoteknikkprosessen der.

Det bør også undersøkes hvordan ravet om hensynssoner gitt i NVE (2020b) blir fulgt av geoteknikkmiljøet både i og utenfor Statens vegvesen.

10.7 Geoteknisk sluttrapport for arbeider i konsekvensklasse 3

Arbeidsgruppa foreslår at Statens vegvesen innfører krav om geoteknisk sluttrapport for vegprosjekter i konsekvensklasse 3 i områder med sprøbruddmateriale og kvikkleire.

Hensikten med en sluttrapport vil være å dokumentere utførelsen av geotekniske sikringsarbeider som motfyllinger og erosjonssikring av bekker. Den skal også vise at sikringstiltakene er bygd slik de er planlagt og oppfyller sin hensikt. Videre er dokumentasjonen viktig for de som skal drifte og forvalte vegen i framtiden.

11 Sluttord

I bestillingen til arbeidsgruppa ble det bedt om en status for riks- og europaveger med hensyn til kvikkleireområder samt forslag til prioritering og anbefalt arbeidsmetodikk. Statens vegvesen har lenge hatt god oversikt over forekomster av kvikkleire og sprøbruddmateriale langs riks- og europavegnettet, men det gjenstår noe arbeid før en har et godt grunnlag for å kunne prioritere hvilke områder som bør kartlegges, vurderes og eventuelt sikres først. Med formål om å på sikt ha et godt nok grunnlag for sortering og prioritering av kvikkleireområder langs riks- og europavegnettet, har arbeidsgruppa skissert en ny metodikk for kartlegging og vurdering av kritiske grunnforhold. Det er videre presentert en rekke temaer relatert til kvikkleireproblematikk langs veg, som alle legger til rette for at Statens vegvesen kan jobbe mer proaktivt og effektivt med vurderinger og sikring av kvikkleireområder. Dette vil i sin tur kunne bidra til redusert risiko for fremtidige kvikkleireskred på og langs vegnettet.

For denne problematikken er det imidlertid for snevert å se på veger alene. Utfordringer med kvikkleire berører mange områder i samfunnet samtidig, som for eksempel infrastruktur, bebyggelse, næringsliv, jordbruk og så videre. Når man gjør vurderinger av områder med kritiske grunnforhold bør man ha et overordnet blikk som også inkluderer annen infrastruktur og bebyggelse. Samarbeid med NVE, Bane NOR, Statsbygg, Nye Veier, NGU, kommuner og fylkeskommuner vil derfor være naturlig, og deling av data og erfaringer en fordel for alle.

12 Referanser

Lefebvre G., Demers D., Leroueil S., Robitaille D. & Thibault C. (2008). Slope stability evaluation: More observation and less calculation. *Proceedings of the IVth Canadian Conference on Geohazards: From Causes to Management, May 20th-24th 2008. Side 413-420.* Canadian Geotechnical Society, Engineering Geology Division. Tilgjengelig på <http://www.landslides.ggl.ulaval.ca/geohazard/alea/cefebvre.pdf>

NGU (2021a). Produktark: Geotekniske undersøkelser (I nasjonal database for grunnundersøkelser, NADAG) http://www.ngu.no/upload/Aktuelt/Produktark_Geotekniske_Undersokelser_NADAG_NGU.pdf

NGU (2021b). Nettside: <https://www.ngu.no/emne/insar-norge>. Besøkt: 30. september 2021.

NVE (2016). Rapport nr. 41-2016. *Verktøy for kvikkleirekartlegging*. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE (2020a). Ekstern rapport nr. 9/2020. Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred: metodebeskrivelse. Norges vassdrags- og energidirektorat. ISBN: 978-82-410-2081-0.

NVE (2020b). Veileder nr. 1/2019. Sikkerhet mot kvikkleireskred: vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper. Norges vassdrags- og energidirektorat. ISBN: 978-82-410-2091-9.

NVE (2021a). Nettside: <https://temakart.nve.no/tema/kvikkleire>. Besøkt: 28. september 2021.

NVE (2021b). Nettside: <https://www.nve.no/om-nve/forskning-og-utvikling/fullforte-fou-prosjekter/nifs-programmet-naturfare-infrastruktur-flom-skred/>. Besøkt: 29. september 2021.

NVE (2021c). Nettside: <https://temakart.nve.no/link/?link=skredhendelser>. Besøkt: 30. september 2021.

Standard Norge. (2016). *Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner*. NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016. Oslo: Standard Norge

Statens vegvesen (2012). Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger

Statens vegvesen (2015). Håndbok R13 *Trafikkberedskap*

Statens vegvesen (2018). Håndbok V220 *Geoteknikk i vegbygging*

Statens vegvesen (2021a). *Riks- og fylkesveger i kvikkleireområder. Kartlegging i Region midt*. Statens vegvesen. Dokumentnummer: 21/204058

Statens vegvesen (2021b). Vegnormal N200:2021-06-22 *Vegbygging*

Statens vegvesen (2021c). Håndbok N500 *Vegtunneler*



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag