



Juni | 23

Detaljregulering E18 Ytre ringvei

SKREDFAREVURDERING DALANE

Nye Veier AS | Kjølita 6
4630 Kristiansand
nyeveier.no

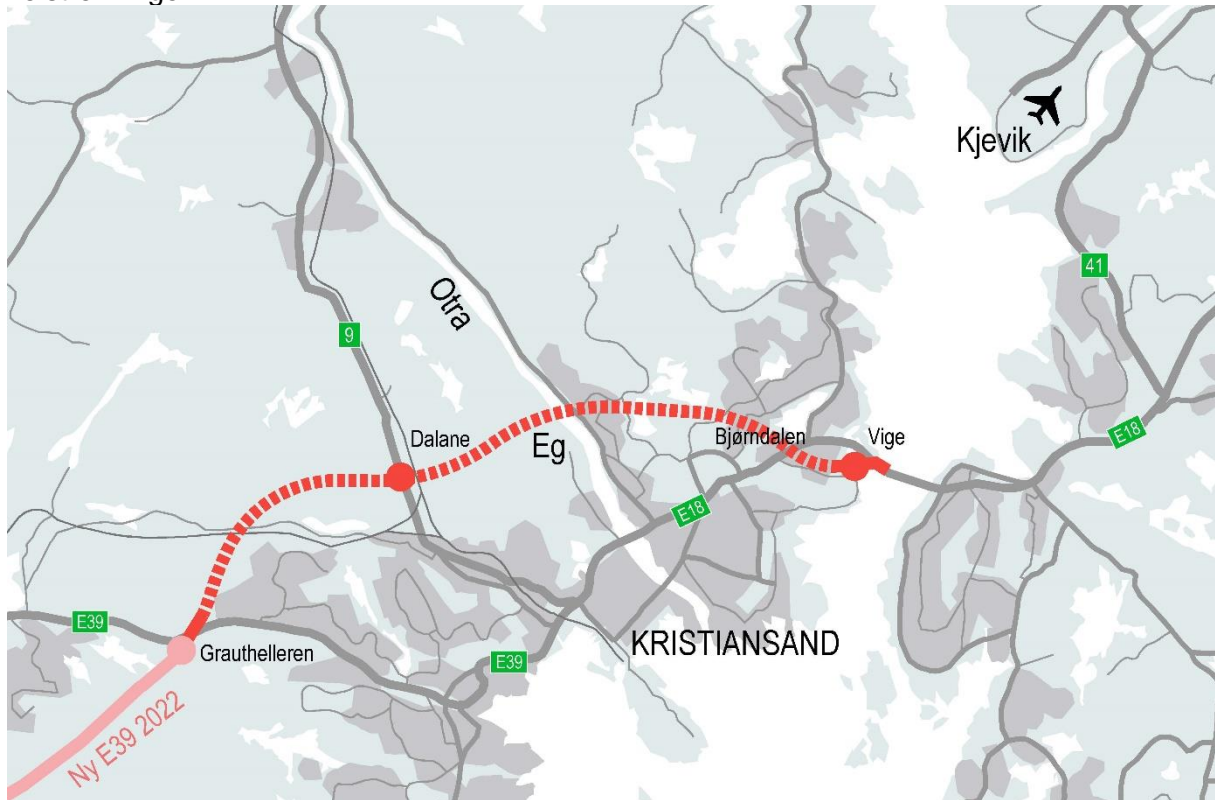
Oppdragsnr:	5206182
Oppdragsnavn:	Detaljregulering E18 Ytre ringvei
Dokument nr.:	NV42E18YR-GEO-RAP-0002
Filnavn:	Skredfarevurdering Dalane

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
c01	Oktober 2022	For tredjepartskontroll	SkjBak	GunHaa	TeFaa
e02	30.11.2022	For godkjenning hos myndigheter	SkjBak	GunHaa	TeFaa
d03	26.05.2022	For kontroll hos oppdragsgiver	AndeBe	KriSae	TeFaa
e04	27.06.2023	For behandling hos kommunen	DeuTse	KriSae	TeFaa

Forord

E18 Ytre ringvei på stekningen fra Vige til Grauthelleren er en del av hovedveiforbindelsen forbi Kristiansand. Nye Veier AS har ansvar for planlegging, bygging og drift av denne veistrekningen.



På vegne av Nye Veier AS har Norconsult as utarbeidet Skredfarevurdering Dalane i forbindelse med reguleringsplanen for E18 Ytre ringvei. Skredfarevurdering Dalane er utarbeidet etter krav fra vegnormal N200 [1] og TEK17 [2], og inngår som en del av grunnlaget for utarbeidelse av Reguleringsplanen for E18 Ytre ringvei.

Kontaktinformasjon:

Fagansvarlig for ingeniørgeologi, Norconsult AS, Kristine Thorsen Sæthern, +4797574731, Kristine.Thorsen.Saethern@norconsult.com

Sammendrag

Som del av arbeidet med detaljregulering av E18 Ytre ringvei i Dalane er det gjennomført en skredfarevurdering av påhuggsområder, veistrekning og gang- og sykkelvei mellom nordre og søndre påhugg, ny veistrekning ved søndre påhuggsområde samt fordrøyningsbasseng.

Det er steinsprang som er dimensjonerende skredtype for fastsettelse av faresoner innenfor kartleggingsområdet. Kartleggingsområdet er vurdert av Norconsult for sikkerhetsklasse S1 og S2 etter TEK17 [3], og ÅDT 6 000-11 999 og $\geq 12\ 000$ etter SVV N200 [1]. Basert på skredfarevurderingen er faresonene opptegnet for nominell årlig sannsynlighet $\geq 1/100$ og $\geq 1/1\ 000$.

Tiltak innenfor opptegnede faresoner tilfredsstillende ikke krav til sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasse S1 og S2. Dette gjelder påhuggsområder, samt planlagt gang- og sykkelvei som stort sett ligger innenfor faresone S2 langs søndre halvdel av kartleggingsområdet. Bilveien med ÅDT $> 12\ 000$ ligger innenfor S2 like utenfor planlagt tunnelportal. Årlig nominell sannsynlighet for skred er større enn sikkerhetskravet for disse områdene. Områder utenfor markerte faresoner tilfredsstillende krav til sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasser S1 og S2 i TEK17, og sikkerhetskrav for ÅDT 6 000-11 999 og ÅDT $\geq 12\ 000$ i N200. Fordrøyningsareal og bilvei med ÅDT 6 000-11 999 tilfredsstillende disse kravene.

Innhold

Forord.....	3
Sammendrag.....	4
1 Tiltaksbeskrivelse.....	6
2 Innledning.....	7
2.1 Bakgrunn og hensikt.....	7
2.2 Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter.....	9
2.3 Restrisiko for skred.....	11
2.4 Forutsetninger for skredfarevurderingen.....	11
2.5 Grunnlagsmateriale.....	11
2.6 Utførte undersøkelser.....	11
3 Områdebeskrivelse.....	12
3.1 Topografi.....	12
3.2 Berggrunn og kvartærgeologi.....	14
3.3 Skredhistorikk.....	16
3.4 Klima.....	17
3.5 Aktsomhetskart skred.....	17
3.6 Tidligere skredfarevurderinger.....	17
4 Feltobservasjoner.....	18
5 Modellering.....	26
5.1 RocFall.....	26
6 Skredfarevurdering.....	28
6.1 Steinsprang og steinskred.....	28
6.2 Snøskred.....	29
6.3 Sørpeskred.....	30
6.4 Flomskred.....	30
6.5 Jordskred.....	31
6.6 Oppsummering av skredfare og faresoner.....	31
6.7 Aktuelle sikringstiltak.....	35
7 Referanser.....	36

Vedlegg

Vedlegg 1: Aktsomhetskart

Vedlegg 2: Simuleringsresultat

Vedlegg 3: Ceequal tabell

Vedlegg 3 finnes i slutten av dette dokumentet, mens vedlegg 1 og 2 finnes i separate dokumenter.

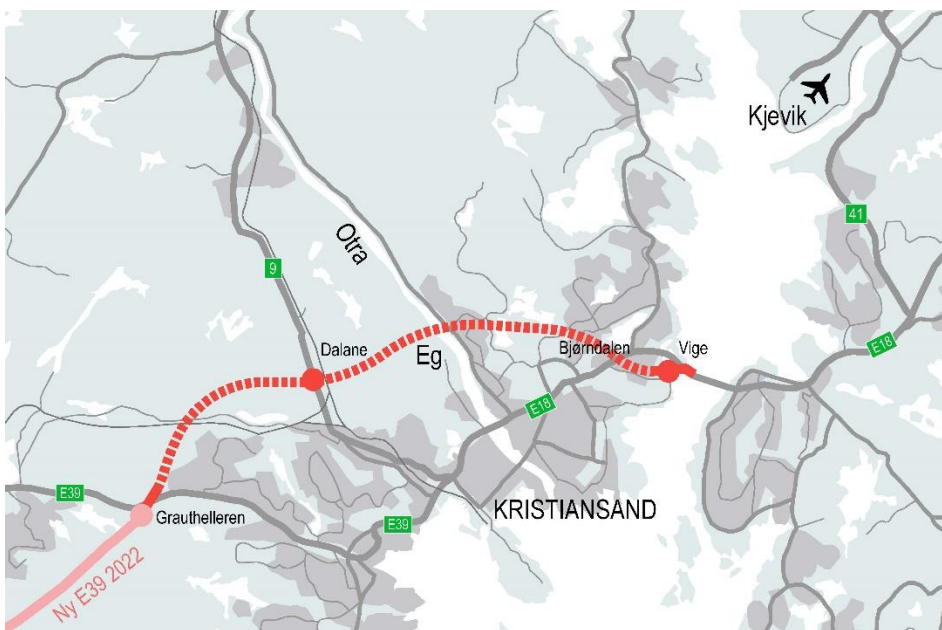
1 Tiltaksbeskrivelse

Norconsult utarbeider detaljreguleringsplan for Ytre ringvei i Kristiansand kommune på oppdrag fra Nye Veier AS. Ytre ringvei er om lag 10 kilometer og strekker seg fra Vige i øst til Grauthelleren i vest (figur 1-1). Veianlegget inngår i den 200 kilometer lange strekningen mellom Kristiansand i Agder og Ålgård i Rogaland som Nye Veier har ansvar for å bygge ut.

Ytre ringvei skal bygges for at transportkorridoren mellom Vige og Grauthelleren skal bli mer effektiv og mindre sårbar, samt for å avlaste dagens hovedveisystem gjennom Kristiansand sentrum. Veianlegget er planlagt med løsninger som har en positiv netto nytte per investert krone. I utformingen av veianlegget er det lagt stor vekt på å finne bærekraftige løsninger.

Ytre ringvei skal bygges som 4-felts motorvei, med fartsgrense 110 km/t på mesteparten av strekningen. Veien vil i hovedsak gå i tunnel. Det skal opparbeides to parallelle tunnellop, et for østgående og et for vestgående trafikk. På bakkeplan vil veien få tilkobling til E18 i Vige, riksvei 9 i Dalane og E39 ved Grauthelleren.

Etablering av tunnelsystemet vil generere et masseoverskudd i størrelsesorden 3 millioner m³ steinmasser. Reguleringsplanen sikrer mulighet for at masseoverskuddet kan fraktes til Mjåvannsområdet vest for Grauthelleren.



Figur 1-1: Oversiktsfigur av planlagt Ytre ringvei mellom Vige og Grauthelleren.

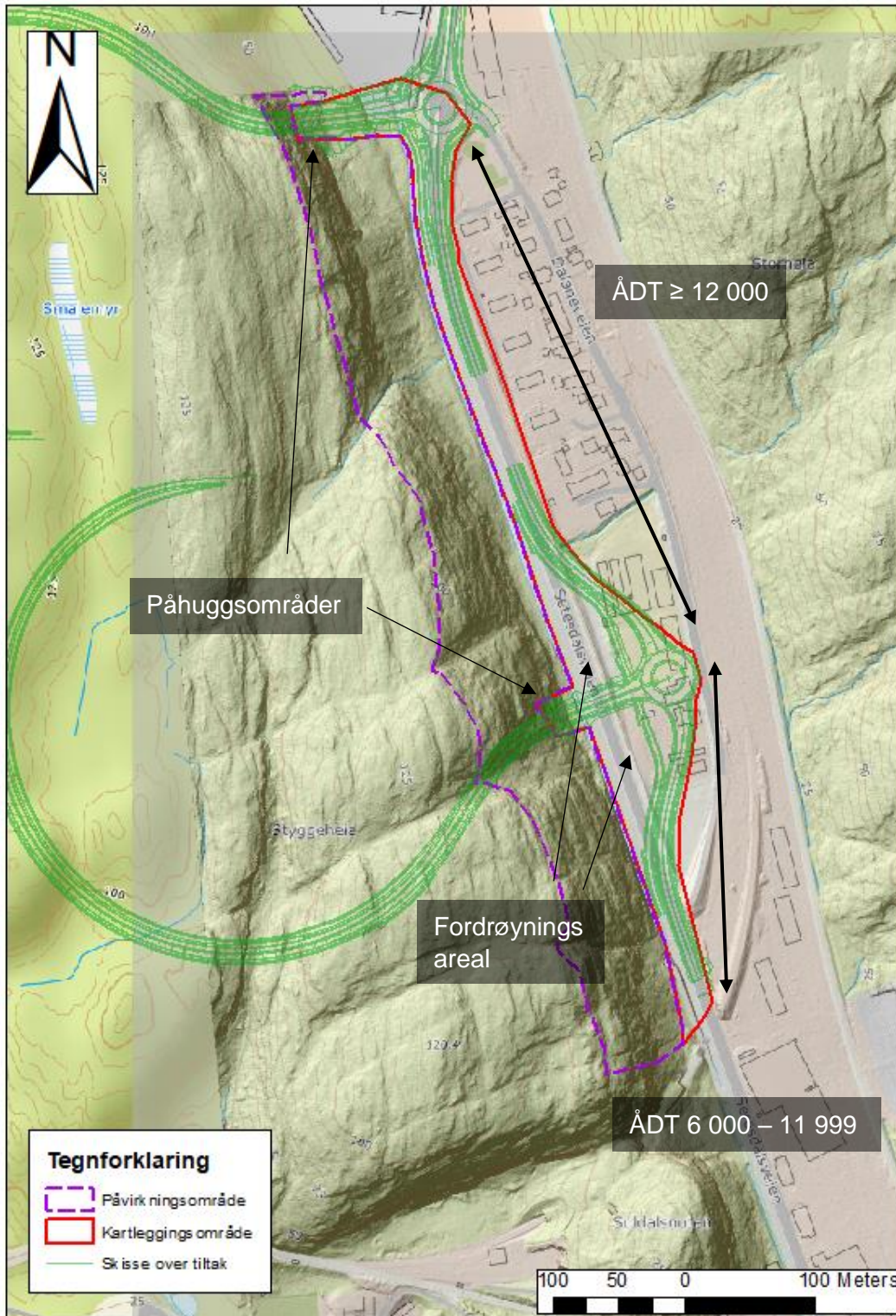
2 Innledning

2.1 Bakgrunn og hensikt

Som del av arbeidet med detaljregulering av E18 Ytre ringvei i Dalane er det gjennomført en skredfarevurdering av påhuggsområder, veistrekning mellom påhuggsområdene, ny veistrekning ved søndre påhuggsområde, gang- og sykkelvei og fordrøyningsareal som vist av figur 2-1.

Kartleggingsområdet ligger innenfor NVEs aktsomhetskart for snøskred og steinsprang, og utløser dermed krav om vurdering av skredfare i byggesak i henhold til TEK17 §7-3 [3] og SVV N200 [1]. Alle skredtyper blir vurdert under en slik kartlegging. Foreliggende rapport gir en kort gjennomgang av gjeldende retningslinjer, grunnlagsmateriale og en vurdering av skredfaren for kartleggingsområdet. Hensikten med denne rapporten er å gjennomføre en vurdering av skredfaren for aktuelt område, og deretter vurdere om krav til sikkerhet er ivarettatt i henhold til krav i TEK17 og N200.

I resten av dokumentet vil områdene omtales som kartleggings- og påvirkningsområdet, der kartleggingsområdet defineres som selve plasseringen av tiltaket, mens påvirkningsområdet defineres som tilstøtende areal med mulige løснеområder for skred som kan påvirke tiltaket.



Figur 2-1: Oversikt over kartleggings- og påvirkningsområdet. Nordre pil markerer strekning med forventet ÅDT $\geq 12\ 000$, og søndre pil markerer ÅDT mellom 6 000-11 999.

2.2 Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter

Videre arbeid baseres på sikkerhetsklasser definert i TEK 17 §7-3 [3] og Statens vegvesen håndbok N200 [1]. Det benyttes N200 for krav til sikkerhet mot skred langs bilvei og ved påhuggsområder. TEK17 vil benyttes som regelverk for gang- og sykkelvei og fordrøyningsbasseng.

2.2.1 TEK17

Sikkerhetskravene som skal legges til grunn ved regulering og byggesak, er gitt i plan- og bygningsloven (PBL) §§ 28-1 og 29-5 med tilhørende byggteknisk forskrift (TEK17) §7-3 «Sikkerhet mot skred» [3].

NVEs retningslinjer «Flom- og skredfare i arealplaner [4]» beskriver hvordan skredfare bør utredes og innarbeides i arealplaner og hvordan aktsomhetskart og faresonekart kan brukes til å identifisere skredfareområder. Til retningslinjene er veilederen «Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak» tilknyttet, som gir anbefalinger til hvordan skredfare bør vurderes og kartlegges i bratt terreng på ulike plannivå etter PBL [5].

I henhold til TEK17 skal byggverk og tilhørende uteareal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred slik at krav til nominelle årlige sannsynlighet ikke overskrider kravet til sikkerhetsklassen som tiltaket tilhører, se Tabell 2-1.

Tabell 2-1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområder [3].

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

Retningsgivende eksempler til bestemmelse av sikkerhetsklasse er beskrevet i TEK17.

Byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område.

I S1 inngår byggverk der skred vil ha liten konsekvens. Eksempel er garasjer, uthus, båtnaust, mindre brygger og lagerbygninger med lite personopphold. Enkelte mindre tilbygg, påbygg, ombygging og bruksendringer er omfattet av sikkerhetsklasse S1.

I S2 inngår byggverk der skred vil føre til middels konsekvens. Eksempel er byggverk med maksimalt 10 boenheter, arbeids- og publikumsbygg/brakkerigg/overnattingssted der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, driftsbygninger i landbruket, parkeringshus og hamneanlegg. S2 gjelder generelt byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser.

I S3 inngår byggverk der skred vil føre til store konsekvenser. Eksempel er byggverk med flere boenheter og personer enn i S2, i tillegg til skoler, barnehager, sykehjem og lokale beredskapsinstitusjoner.

Gang- og sykkelvei med betydelig trafikkmengde og opphold vurderes i mange tilfeller etter sikkerhetsklasse S2, og det vurderes at det er den riktige sikkerhetsklassen å bruke også for dette prosjektet da det forventes betydelig trafikk langs veien. Under befaring ble det observert hyppig bruk av veien av myke trafikanter.

Det er ikke funnet gode eksempler på klassifisering av sikkerhetsklasse for fordrøyningsareal, men vi vurderer at det vil være mest riktig å benytte sikkerhetsklasse S1 på bakgrunn av forventede økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser ved en eventuell skredhendelse.

2.2.2 Statens vegvesen håndbok N200

Håndbok N200 er hjemlet i forskrift til veglovens §13, og inneholder tekniske standardkrav for veibygging på offentlig veinett. Dette inkluderer ingeniørgeologisk vurdering av sikkerhet mot skred.

«Sikkerhetsnivået for skred på veg angir hvilken sannsynlighet for skred på veg (restrisiko) som aksepteres. Kravene i Tabell 1.12 er en tilpasning av sikkerhetskravene i byggteknisk forskrift til plan- og bygningsloven, (TEK17) [11], og gjelder for strekninger hvor trafikken normalt er i flyt. For områder hvor det tilrettelegges for stans, som oppstillingsplasser, rasteplasser mv, gjelder sikkerhetskravene i (TEK17) [11].

Ved utbedringstiltak på eksisterende vei anbefales sikkerhetsnivået å være som for ny vei. Ved mindre utbedringer kan dette være urimelig å oppnå, og det aksepteres at et lavere sikkerhetsnivå oppnås.

Utredet skredfare beskrives i egen rapport eller kan inngå i geologisk rapport, se kapittel 1.1.7. Forslag til sikringstiltak og tilhørende restrisiko for skred på vei beskrives også i rapporten.»

N200 bruker en tilpasning av sikkerhetskravene i TEK17, og gjelder for strekninger der trafikken normalt er i flyt. For områder hvor det tilrettelegges for stans gjelder sikkerhetskrav i TEK17.

Tabell 2-2: Tabell 1.12 i N200, sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på vei [1].

Krav 1.98 SKAL		Gjeldende fra 22.06.2021
Fare for skred ned på veg fra naturlig sideterreng skal utredes og sikkerhetstiltak planlegges ut ifra sikkerhetsnivå gitt i Tabell 1.12 .		
Tabell 1.12 — Sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg.		
Dimensjonerende trafikkmengde	Samlet skredsannsynlighet per km og år	
< 500	1/20	
500 – 3999	1/50	
4000 – 5999	1/100	
6000-11999	1/300	
≥ 12000	1/1000	
Krav 1.98.1 SKAL		Gjeldende fra 22.06.2021
Forventede klimaendringer og hvilke konsekvenser dette har for skredfare skal inngå i utredningen.		

For bilvei mellom søndre og nordre påhugg estimeres det $\text{ÅDT} \geq 12\ 000$, mens det estimeres ÅDT mellom 6 000 og 11 999 for bilvei i sørlig retning fra søndre påhugg (figur 2-1). Dette gir grunnlag for å benytte to ulike akseptkriterier for de to strekningene, henholdsvis 1/1 000 og 1/300 per km/år.

Samme sikkerhetsklasse vil bli gjeldende for begge påhuggsområdene; ÅDT 4 000 – 5 999 med akseptabel skredsannsynlighet på 1/100 per km og år.

2.3 Restrisiko for skred

Plan- og bygningsloven med tilhørende byggt teknisk forskrift TEK17 definerer hvor stor risiko (årlig nominell sannsynlighet) for skred som kan aksepteres, og dette er gjenspeilet i de ulike sikkerhetsklassene for skred. Kravene i forskriften er formulert ut ifra at desto større konsekvensen av skred kan være, desto lavere nominell sannsynlighet for skred kan aksepteres.

Årlig nominell sannsynlighet er per definisjon i TEK17 vurdert ut ifra en enhetsbredde definert av en tomtebredde angitt til 30 meter. Regelverkets krav til største årlige nominelle sannsynlighet for skred medfører at maksimale utløpslengder for skred vil være lenger enn fastsatte faresonegrenser. Ut ifra gjeldende regelverk vil det derfor være en restrisiko for skred utover faresonegrensene.

2.4 Forutsetninger for skredfarevurderingen

Denne skredfarevurderingen tar utgangspunkt i terreng-, klima- og vegetasjonsforhold som er aktuelle på utredningspunktet. Skredfarevurderingen benytter metodikk, kunnskap og verktøy som da er tilgjengelig. Ifølge NVEs veileder så kan evt. endring av disse forutsetninger gi behov for ny skredfareutredning [6].

2.5 Grunnlagsmateriale

Skredfarevurderingen er basert på tilgjengelig grunnlagsdata:

- Terrengmodell (DTM) fra 2014 med oppløsning på 0,25 m. Hentet fra www.hoydedata.no.
- Tilgjengelige ortofoto fra www.norgebilder.no.
- Berggrunnskart og løsmassekart fra NGU [7].
- NVEs aktsomhetskart for, snøskred og jord- og flomskred, og kart utarbeidet av NGI som kombinerer steinsprang og snøskred basert på overordnet befaring. Hentet fra www.atlas.nve.no.
- Registrerte skredhendelser fra NVEs nasjonale skreddatabase. Hentet fra www.atlas.nve.no.

2.6 Utførte undersøkelser

Det er utført feltkartlegging innenfor den del av påvirkningsområdet som var tilgjengelig til fots for å undersøke mulige løseområder og spor etter eldre skred, samt vurdere sannsynlighet for nye skred. Befaring ble utført av Skjalg Lie Bakken (Norconsult) 10.05.2021. I forkant av befaring ble tilgjengelig kartgrunnlag studert. Observasjoner gjort under befaring ble registrert via digitalt kartleggingsverktøy. Det var lett regn og fuktige forhold under befaring, men siktforholdene var relativt gode.

Feltobservasjoner er sammenholdt med tilgjengelig grunnlagsmateriale jfr. kapittel 2.5.

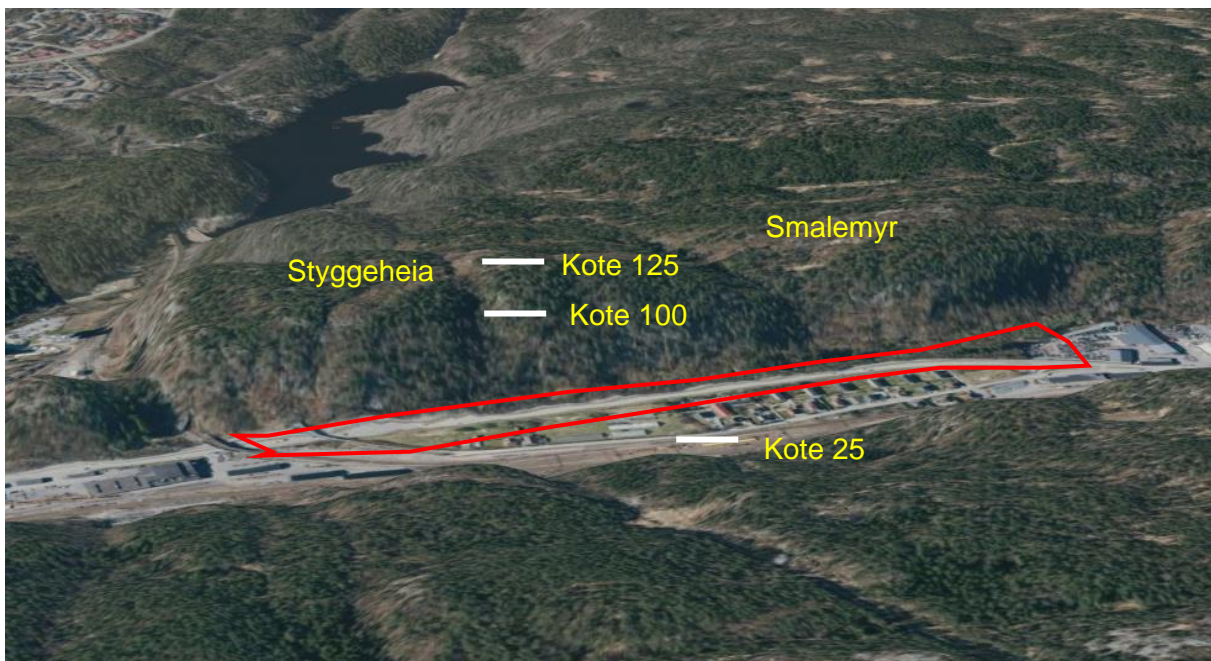
3 Områdebeskrivelse

3.1 Topografi

Kartleggingsområdet i Dalane ligger i bunn av en østvendt dalside mellom kote 25 og 50 (figur 3-1). Dalbunnen er utbygd med spredte boligfelt, jernbane og industri/næringsområder. Kartleggingsområdet har en lengde på omtrent 500 m, og ligger langs Setesdalsveien som forbinder Kristiansand med Setesdal mot nord.

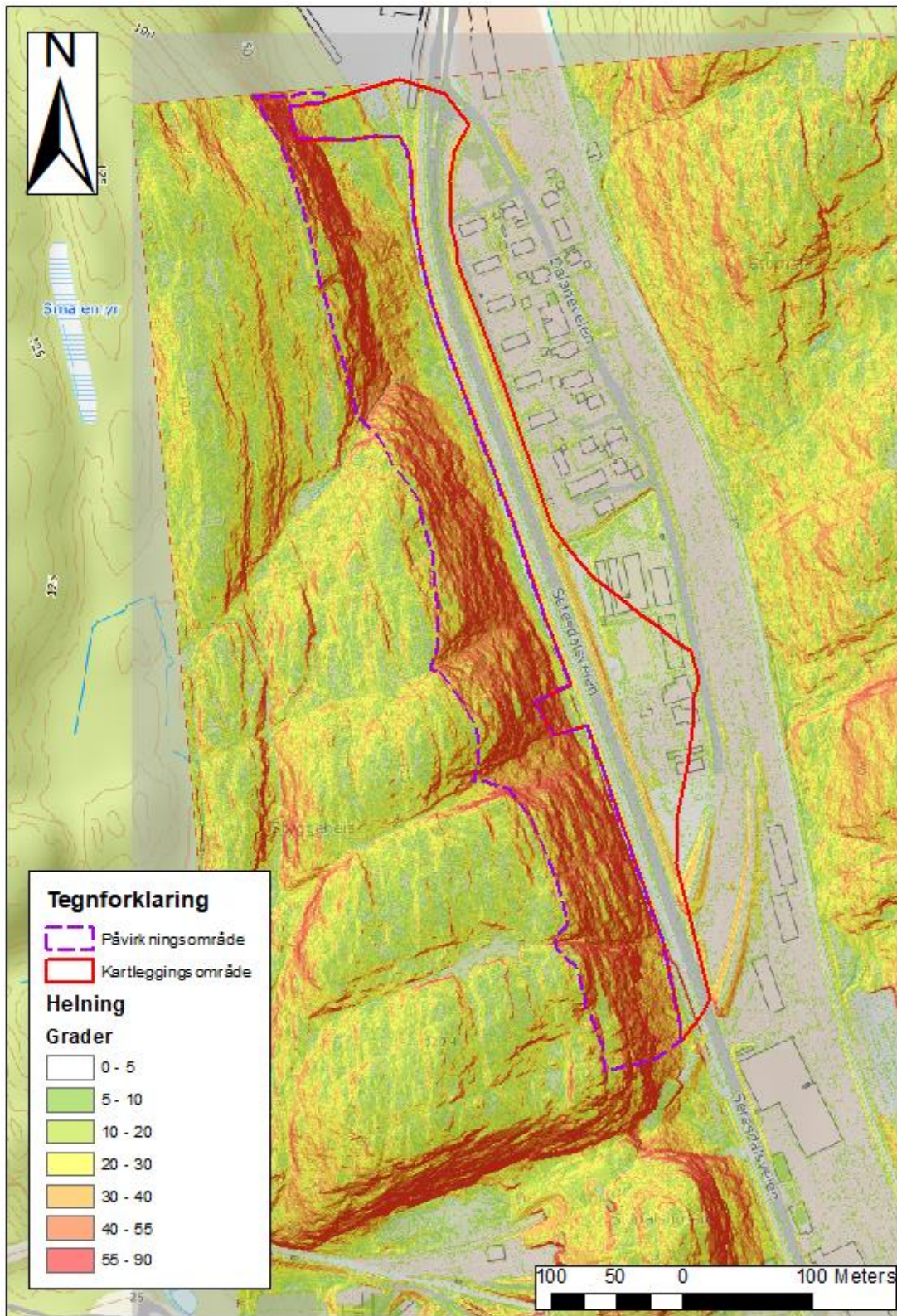
Østvendt dalside består av flere skrenter med helning mellom 50° - 90° (figur 3-1). Vertikal høydeforskjell i skrent er størst ved nordre påhugg, der skrenten strekker seg opp mot kote 100. Flere steder langs dalsiden er det til dels dype kløfter med vannførende bekker. Ved bunn av dalsiden renner en bekk i retning N-S som samler opp vann fra alle mindre bekker i terrenget ovenfor.

Området ovenfor skrentene er skogkledd med voksen barskog, mens det er en kombinasjon av løv- og barskog nedenfor skrentene. Selve skrentene er kun skogkledd på slakere hyller og platåer.



Figur 3-1: Oversikt over terreng i bakkant av kartleggingsområdet (rød polygon). Figuren er vendt mot nordvest [8].

Figur 3-2 viser helningskart generert fra digital terrengmodell med 0,25 m oppløsning.



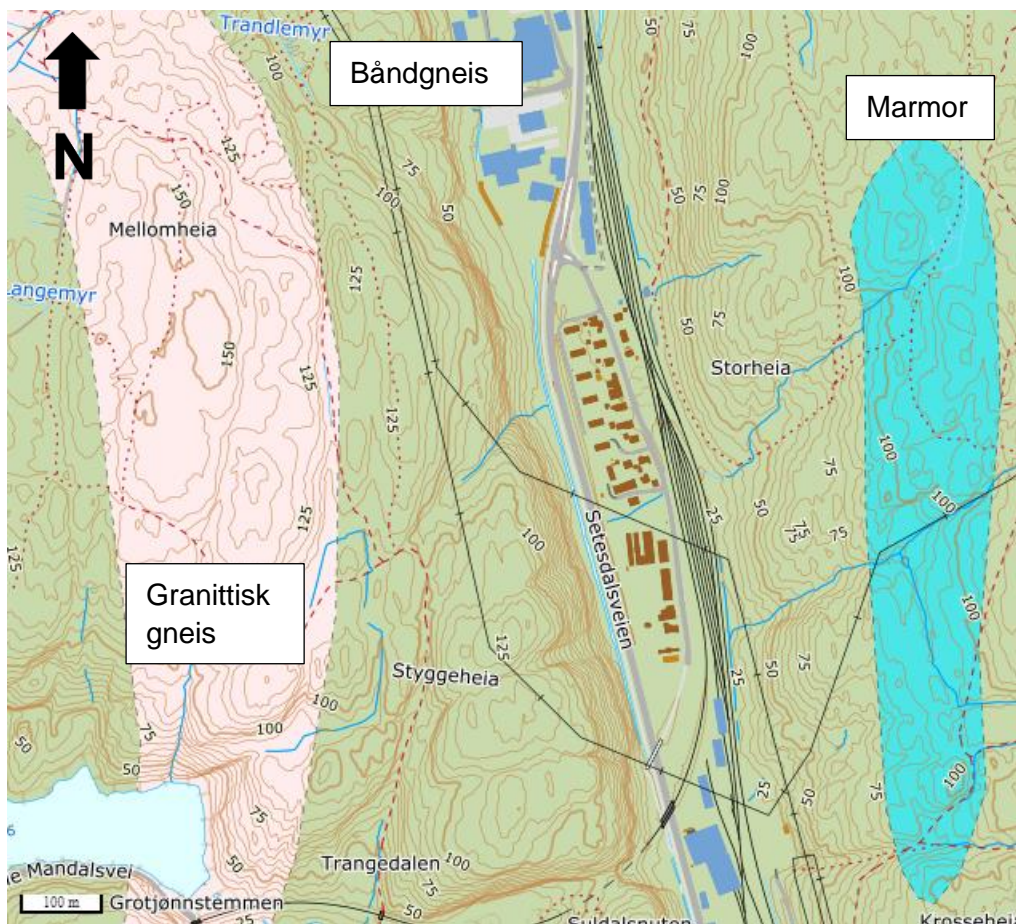
Figur 3-2: Helningskart generert fra digital terrengmodell.

3.2 Berggrunn og kvartærgeologi

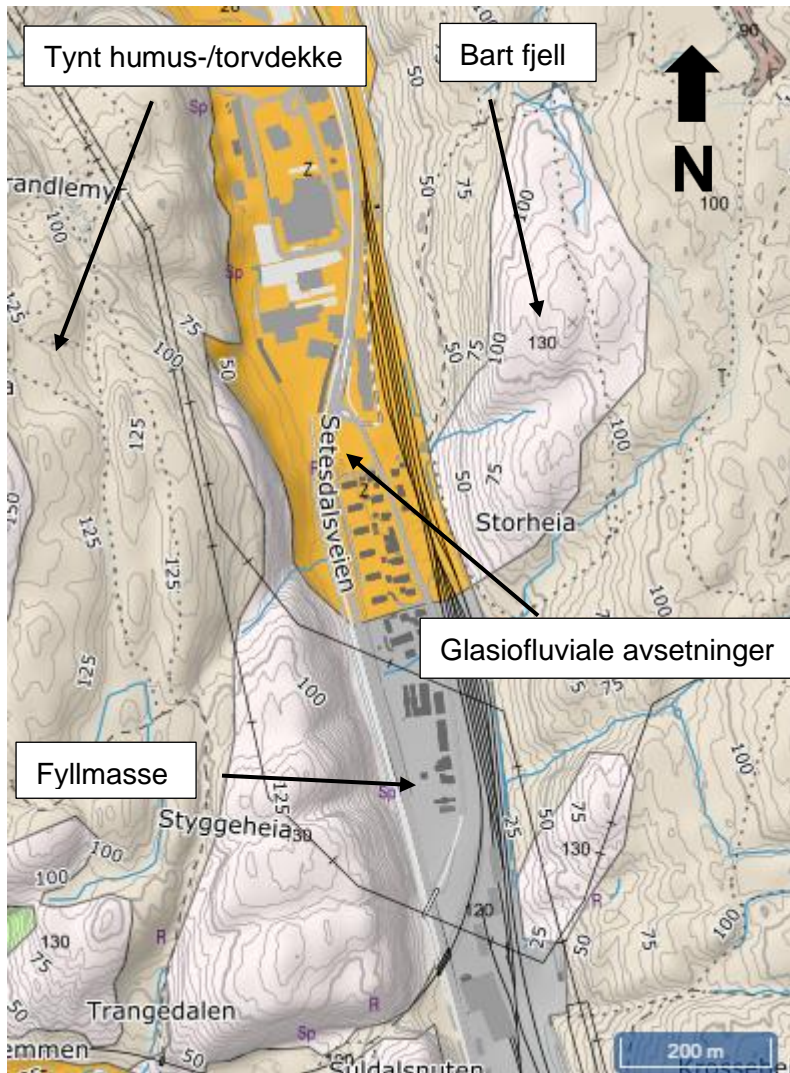
Det eksisterer kun grove regionale berggrunnskart og løsmassekart over området i målestokk 1: 250 000 [7]. Dette er for grov kartleggingskala for bruk til detaljerte skredfarevurderinger, og brukes kun for å gi overordnet oversikt.

Berggrunnskart viser at dalbunn og dalsider består av båndgneis (figur 3-3). Mot vest ligger det et felt med granittisk gneis, mens det er kartlagt et felt med marmor mot øst.

Løsmassekartet viser at skråningen for det meste består av bart fjell, med tynt humus-/torvdekke i terrenget ovenfor. Dalbunnen består av glasiofluviale avsetninger og fyllmasser (figur 3-4). Dette stemmer godt overens med observasjoner gjort under befarings, men det er også observert skredavsetninger fra steinsprang i bunn av dalsiden (figur 4-1).



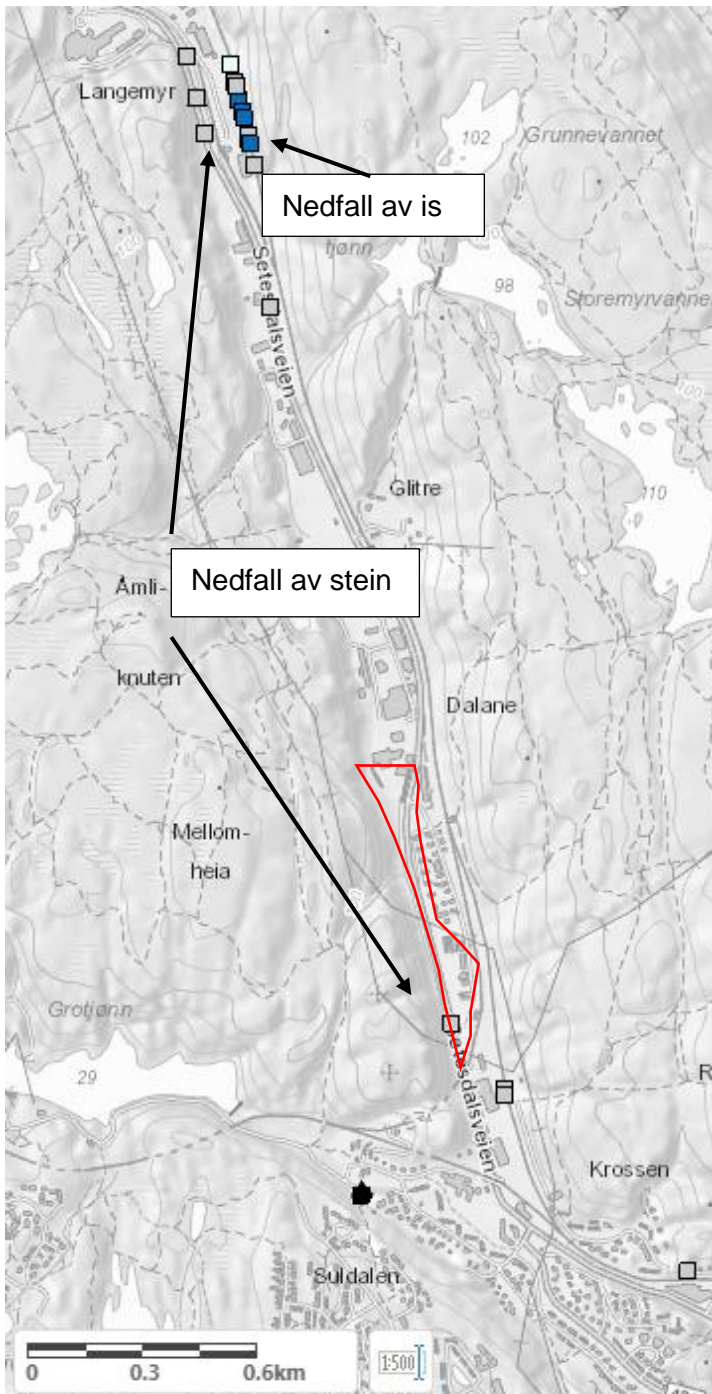
Figur 3-3: Berggrunnskart fra NGU [7].



Figur 3-4: Løsmassekart fra NGU [7].

3.3 Skredhistorikk

I NVEs skreddatabase er det registrert flere hendelser i nærområdet rundt Dalane (figur 3-5). Flere av hendelsene er registrert som steinskred, men er nok i realiteten mindre utglidninger og steinsprang fra veiskjæring og lokale skrenter. Det er også registrert noe nedfall av is langs bane.



Figur 3-5. Oversikt over registrerte skredhendelser. Rød omkrets markerer kartleggingsområdet.

3.4 Klima

Snøskred og jord/flomskred vurderes ikke som aktuelle prosesser i området, og klimaanalyse vurderes derfor som ikke nødvendig i henhold til NVE veileder: «Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak.» [6].

3.5 Aktsomhetskart skred

NVEs aktsomhetskart for skred er landsdekkende modelleringer av potensielle løснеområder og utløpssoner for ulike skredtyper, og baserer seg på empiriske parametere som helningsgrad og nedfallsområde. Aktsomhetskartene er grove modelleringer med lav oppløsning og tar ikke hensyn til lokale forhold som skog og terrengformasjoner, og de angir heller ikke noe sannsynlighet for skred. Den grove oppløsningen kan føre til at enkelte løснеområder ikke blir fanget opp av modellen, men blir identifisert under befaring eller kartanalyse.

For utvalgte områder i landet finnes det aktsomhetskart for snø- og steinskrud utarbeidet av NGI. Disse er basert på tilsvarende modeller som de landsdekkende aktsomhetskartene fra NVE. I tillegg er det gjennomført enkel befaring med vurdering av terrengforhold, skogdekke og andre lokale forhold som kan påvirke utløpsområdet. I forhold til NVE sine retningslinjer kan disse kartene benyttes i stedet for de landsdekkende aktsomhetskartene for snøskred. For områder utenfor aktsomhetssone på NGIs aktsomhetskart kan disse skredtypene utelukkes.

Kartleggingsområdet ligger innenfor NVEs aktsomhetskart for steinsprang og snøskred (vedlegg 1). Området er utenfor NVEs aktsomhetskart for jord- og flomskred, og er ikke kartlagt for NGIs kombinerte aktsomhetskart.

3.6 Tidligere skredfarevurderinger

Det er ikke funnet tidligere skredfarevurderinger i tilknytning til nærområdet rundt Dalane.

4 Feltobservasjoner

Registreringer relevant for skredfarevurderingen er vist på figur 4-1.

Kartleggingsområdet ligger ved foten av en østvendt dalside (figur 4-1). Skrentene i området er bratte, med helning mellom 50° - 90° (foto 1,2,6,8,9,11). Bergmassen i skrentene er til dels tett oppsprukket, og det er observert spor etter ferske nedfall både i skrent og ur (foto 2,3,4,5,9).

Det er kartlagt flere dominerende sprekkesett i skrentene (foto 3 og 10):

- Strøk: 160° SØ – Fall: 60° SV
- Strøk: 160° SØ – Fall: 5° SV

Sprekkesettene ser ut til å følge foliasjonsplanet for bergarten, med bratt hellende foliasjon ved nordlig kartleggingsområde og slakere foliasjon ved sørlig område.

Blokker i krysningspunktet mellom sprekkesettene skaper ustabile overheng flere steder, og det er observert at steinsprang utvikler seg bakover i berget etter hvert som overhengende blokker løsner (foto 3,5,9,10). Ferske løsneområder er observert i varierende høyde over dalbunnen, mellom 20 til 40 m. Det er ikke observert større, ustabile partier, som skulle tilsi potensiale for steinskred.

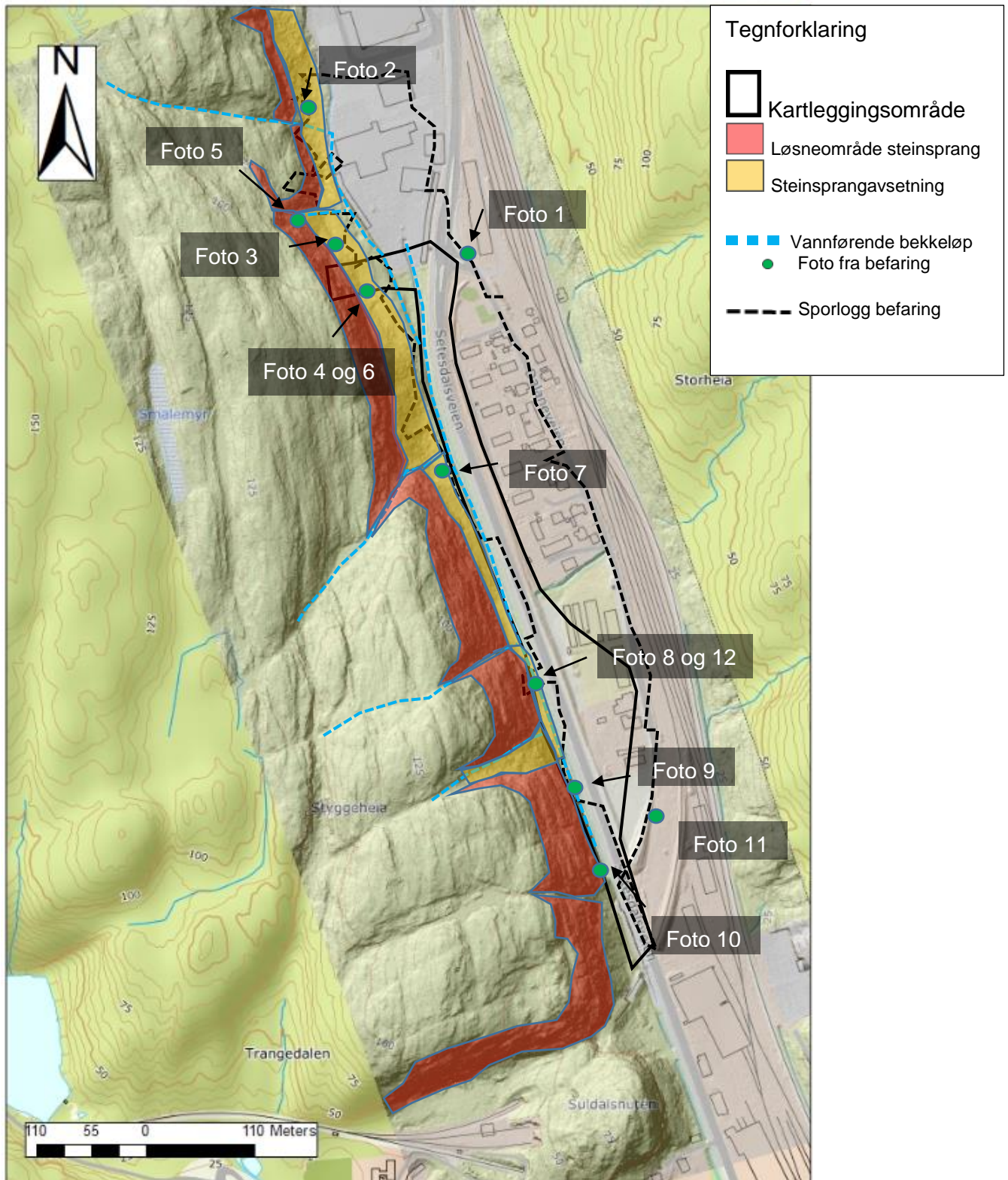
Det er kartlagt steinsprangavsetninger langs hele dalsiden (figur 4-1, foto 2,4,7). Fra området ved foto 7 og sørover er det observert avsetninger på begge sider av bekk. Nærliggende gangvei og vei trolig er lagt oppå gamle avsetninger slik at det ikke er mulig å kartlegge full utstrekning av avsetningene. Ved nordlig kartleggingsområde er det kartlagt steinsprangavsetninger som strekker seg ned mot bekken, men det er kun observert ferske avsetninger i den delen av ura som ligger nærmest skrenten (figur 4-1).

Ved sørlig kartleggingsområde er det observert tegn på eksfoliasjon av berget i skrenten, da blokker har løsnet i større flak (foto 8).

Ved bunn av dalsiden renner en bekk gjennom hele kartleggingsområdet (foto 7). Denne samler opp vann fra mindre bekker som kommer ned fra ovenforliggende terreng via flere kløfter i dalsiden (figur 4-1). Kløftene er i stor grad fylt opp av steinsprangavsetninger, og det er ikke observert tegn på betydelig erosjon langs bekkene.

Skrentene er fri for løsmasser utenom enkelte slake hyller, og nedsiden av skrentene består stort sett av steinsprangavsetninger mellom åpne bergblotninger.

De slakere delene av skrenten har noe vegetasjon i form av mindre busker og trær, mens området ovenfor skrentene er skogkledd med voksen barskog. Antatt kronedekning er mellom 80-90% (figur 4-2).



Figur 4-1: Registreringskart med observasjoner gjort under befaring og kartanalyse.



Figur 4-2: Oversikt over skogforholdene innenfor påvirkningsområdet. Ortofoto fra 2019 [8]. Rød omkrets markerer kartleggingsområdet.



Foto 1: Skrent bak nordre kartleggingsområde. Foto mot vest.



Foto 2: Avløste blokker og avsetninger etter steinsprang. Foto mot sørvest.



Foto 3: Fragmentert fjell og delvis avløste blokker med overheng. Foto mot nord.



Foto 4: Avsetninger etter steinsprang. Foto mot sørvest.



Foto 5: Sår etter ferskt nedfall.

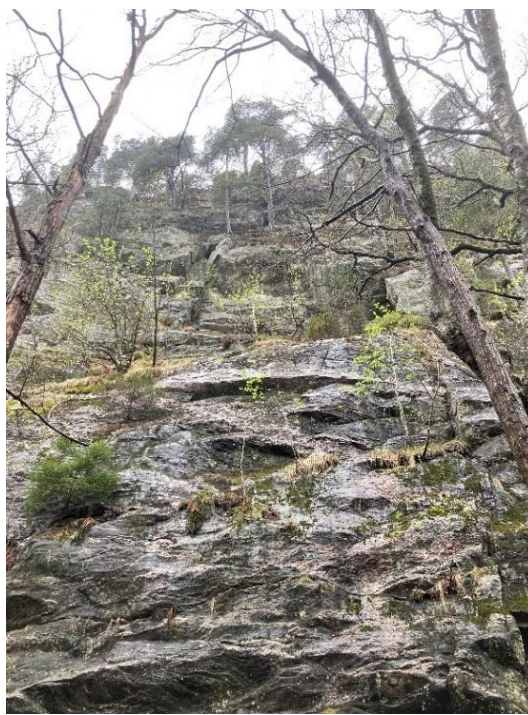


Foto 6: Skrent i nordre del av kartleggingsområdet.



Foto 7: N-S-gående bekk med skredavsetninger og fyllmasser langs sidene. Foto mot NØ



Foto 8: Skrent ovenfor søndre del av kartleggingsområdet.



Foto 9: Sår etter ferskt nedfall.



Foto 10: Sikring av overhengende fjellhulle ved bruk av betongsøyler. Foto mot vest.



Foto 11: Skrentparti i søndre kartleggingsområde. Foto mot vest.



Foto 12: Steinsprangavsetninger ved sørlig kartleggingsområde. Foto mot vest.

5 Modelling

For bedre å kunne vurdere potensielle utløpslengder og energi til rullende blokker er det utført modellering av steinsprang i RocFall (2D).

Modellering av utløp til dimensjonerende skredtype er et nyttig hjelpemiddel selv om modellene ikke er direkte relatert til årlig nominell sannsynlighet. Som støtte til skredfarevurderingen er det derfor valgt å gjøre modellering for dimensjonerende skredtype langs 14 utvalgte terrengprofil innenfor påvirknings- og kartleggingsområdet (figur 5-1).

Modellering er utført på bakgrunn av observasjoner og registreringer av løснеområde og utløp i felt.

5.1 RocFall

Rocfall er et 2D simuleringsprogram som kjører statistiske analyser av steinsprang langs et profil [9]. Programmet er ment som et hjelpemiddel i vurderinger av steinsprangfare. Blokkers energi, hastighet, spretthøyde og utløpslengde beregnes langs et terrengprofil. Programmet fører også statistikk på utløpslengden til de ulike blokkene. I Rocfall kan man velge mellom «Lump mass» og «Rigid body» som to ulike analyser. I «Lump mass» er hver blokk modellert som en liten rund partikkel uten en definert størrelse. I «Rigid body» kan blokkers form og størrelse defineres. I denne analysen kan også restitusjonskoeffisient defineres. Restitusjonskoeffisienten sier noe om energitapet nedover langs terrengprofilet. RN er normal restitusjon, og RT er tangentiell restitusjon.

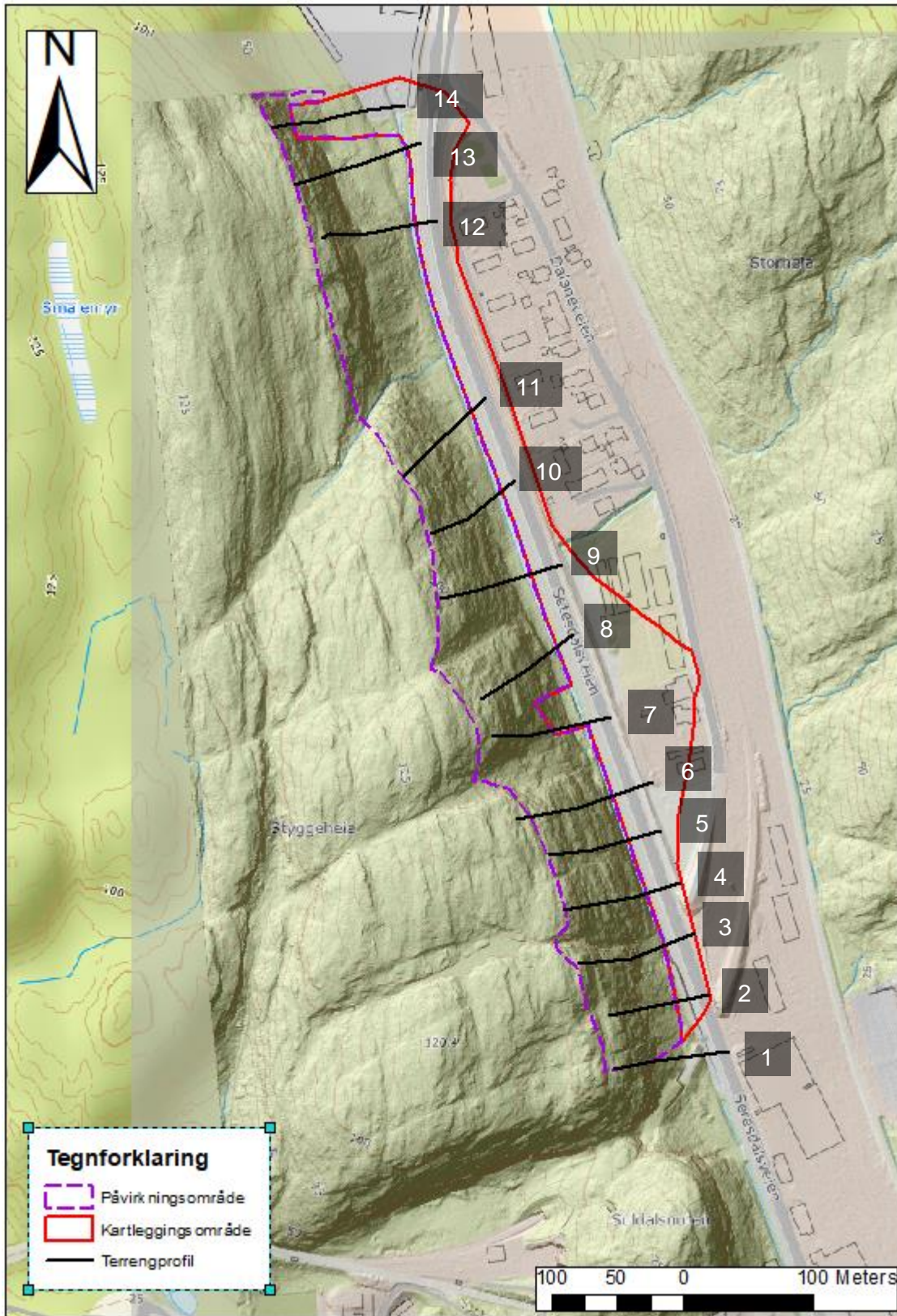
Da blokkform og størrelse er observert under feltarbeid, ble «Rigid body» brukt som analysemetode. Sprangbane er skalert etter hastighet. Det er definert ett til tre løснеområder per profil med utgangspunkt i 1 000 blokker per løснеområde. Blokkform er etterlignet observasjoner i felt; kantet blokker med størrelse på 1 m³. Restitusjonskoeffisientverdiene er hentet fra Rocsciences standardverdier for underlag som passer terrenget i området. 95% persentil er lagt til grunn ved vurdering av utløpslengde for skred med gjentaksintervall på 1/1 000.

Simuleringer er basert på DTM med oppløsning på 1 m.

- Analysemetode: Rigid body
- Antall profil: 11
- 1 000 blokker (1 m³) per løснеområde
- Blokkform: rektangulær (kantet)
- Normal restitusjon (RN) er skalert etter hastighet

Tabell 5-1. Parameterverdier for underlag brukt i simulering av steinsprang.

Skråningsmateriale	R _N (Rocfall)	R _T (Rocfall)	Farge
Bart fjell og blokker	0,35	0,85	
Ur (steinsprang-avsetninger)	0,32	0,80	
Asfalt	0,40	0,90	



Figur 5-1: Terrengprofiler brukt til simulering av steinsprang.

6 Skredfarevurdering

6.1 Steinsprang og steinskred

Steinsprang defineres som hurtig bevegelse av små enkeltblokker som vanligvis ikke splittes opp langs skredbanen. Volum på skredmassene varierer mellom noen få til noen hundre kubikkmeter, og utløses vanligvis i bratt terreng med helning over 40°. Steinskred består av skredmasser som er større enn steinsprang, fra noen hundre til hundre tusen kubikkmeter. Som med steinsprang løsner steinskred stort sett i bratt terreng med helning over 40°.

Er steinsprang/skred en aktuell prosess i området?

Store deler av påvirkningsområdet består av steile skrenter og skredavsetninger fra eldre steinsprang. Det er observert nedfall i nærliggende bekk (foto 12), og det er registrert nedfall på vei/gangvei (figur 3-5). Steinsprang er en aktuell prosess i området.

Vurdering av løснеområde og sannsynlighet

Mulige løснеområder strekker seg langs hele dalsiden vest for kartleggingsområdet. Grad av oppsprekking og fragmentering av fjellet varierer fra område til område i dalsiden, men det er observert spor etter relativt ferske hendelser flere steder (foto 5 og 9). Vurdert årlig nominell løsnesannsynlighet for steinsprang er høyere enn 1/100 for hele påvirkningsområdet.

Det er ikke observert større ustabile partier som skulle tilsi potensiale for steinskred.

Vurdering av skredbane og utløpslengde

Avstand mellom kartleggingsområdet og skrentene innenfor påvirkningsområdet er minst i sørlig del av området. Det er i dette området vi forventer de lengste utløpslengdene, og det er også kun her det tidligere er registrert nedfall på vei eller gangvei (figur 3-5).

For å bistå med vurdering av potensielle utløpslengder er det utført simulering av steinsprang langs 14 terrengprofiler som vist av figur 5-1 og vedlegg 2. Resultat fra simulering i kombinasjon med observasjoner gjort under befaring legger grunnlaget for faresoner definert på figur 6-1. Modelleringene viser potensiale for at blokker fra løснеområder i søndre halvdel av kartleggingsområdet spretter over bekk i bunn av skrenten og over på gangvei/bilvei.

Det vurderes at steinsprang som løsner i øvre del av påvirkningsområdet vil kunne oppnå betydelig sprett, og således bevege seg over omtalt bekk som går parallelt langs foten av skrenten og inn på gang- og sykkelvei og/eller bilvei.

I nordre halvdel av kartleggingsområdet er det større avstand mellom skrent og vei, og potensiale for sprett inn på vei reduseres betraktelig. Merk at begge påhuggsområder ligger innenfor faresone 1/100 da disse plasseres i potensielle løснеområder.

Kan steinsprang/skred påvirke kartleggingsområdet?

Det er vurdert at nominell årlig sannsynlighet for steinsprang er større enn 1/100, 1/300 og 1/1 000 for deler av kartleggingsområdet, og deler av kartleggingsområdet har ikke tilstrekkelig sikkerhet mot steinsprang for sikkerhetsklasse S1, S2 og for sikkerhetskravet i N200 (ÅDT >12 000).

Merk at for sørlig halvdel av kartleggingsområdet med ÅDT 6 000-11 999 skal sikkerhet mot skred tilfredstille 1/300 som gjelder for bilvei (figur 2-1). Siden gang- og sykkelvei ligger like på innsiden av bilvei og vurderes etter S2 (1/1 000), er det denne sikkerhetsklassen som blir dimensjonerende for utforming av faresoner. Det er derfor ikke nødvendig å tegne opp egne faresoner for årlig nominell sannsynlighet 1/300. Det vurderes at steinsprang med årlig nominell sannsynlighet $\geq 1/300$ ikke vil kunne nå bilvei i dette området.

Figur 6-1 viser opptegnede faresoner basert på vurdering av utløpslengde for steinsprang.

6.2 Snøskred

Snøskred deles vanligvis inn i to undergrupper; løssnøskred og flakskred, som igjen kan deles opp i tørrsnøskred og våtsnøskred. Snøskred løsner vanligvis i helninger mellom 30° og 55°. Det er sjeldent med snøskred fra brattere helninger enn dette da snøen oftest vil løsne ut før det samler seg store mengder. I slake skråninger (30° - 35°) må det komme 1-2 meter snø i løpet av tre døgn før det oppstår ustabile forhold. Langs vestlandskysten av Norge kommer det meste av snøen fra SV-NV vindretninger, noe som betyr at østvendte fjellsider generelt har størst potensiale for skredaktivitet. Forsenkninger som skålformasjoner, gjel og skar er vanlige terrengformasjoner der det kan løsne skred.

Store flate områder/platåer over løsneområdene vil ofte bidra til økt akkumulering av snø inn i løsneområdene, noe som kan gi økt snøskredfare. Tett skog i fjellsiden vil ofte hindre utløsning av snøskred. Forutsetningen er at trærne er så høye at de ikke snør ned, og at kronedekningen er stor nok [6].

Er snøskred en aktuell prosess i området?

Skrentene innenfor påvirkningsområdet har helning mellom 50 og 90 grader, og består i stor grad av bart fjell med enkelte slake hyller. Selv om det er potensiale for oppsamling av mindre snømengder på disse hyllene, vil mesteparten av snøen som ansamles i skrenten skli ut før det oppstår potensiale for dannelse av skred. Snø vil i større grad bli liggende i terrenget ovenfor skrentene, men her er helningen for slak og skogdekket for tett til å initiere snøskred. Snøskred vurderes ikke som en aktuell prosess i området.

6.3 Sørpeskred

Sørpeskred oppstår under perioder med intens nedbør eller snøsmelting, når snømassene blir vannmettede. Som et flomskred så beveger sørpeskred seg langs forsengkninger i terrenget, og de er blant de mest langtrekkende skredtypene. Utløsning av sørpeskred kan skje ved helning ned mot 5°.

For at et sørpeskred skal utløses kreves et snødekke av en viss tykkelse og en terrengformasjon som muliggjør en vannmetting av snødekket. Det må normalt ligge mer enn 50 cm med snø i terrenget og snødekket må gjerne bestå av kantkornkrystaller (grove krystaller) som kan samle vann. Typiske løснеområder for sørpeskred er elve- og bekkeløp og andre større forsengkninger i terrenget med tilgang til vann i kombinasjon med terrengformasjoner som tillater akkumulasjon av snø.

Erfaringer fra tidligere hendelser viser at snøskred som demmer opp en trang elvedal eller ved elveutløp er en vanlig årsak til å få utløst sørpeskred. Sørpeskred blir sjeldent utløst i skogkledd terreng [6]. Det er per i dag lite kunnskap på hvilken morfologisk og sedimentologisk signatur som kan knyttes til sørpeskred. Det er også mulig at sørpeskred kan være vanskelig å identifisere sikkert ut fra avsetninger alene siden skredene gjerne eroderer løsmasser langs løpet og kan ligne flomskred i avsetningsområdene [10].

Er sørpeskred en aktuell prosess i området?

Det er ikke observert forsengkninger eller vannveier i terrenget som kan muliggjøre akkumulasjon av tilstrekkelige mengder vannmettet snø. Store deler av området består av bratte skrenter der snøen raskt vil gli ut, mens de resterende områdene er dekket av voksen skog som vil hindre utløsning av snø og sørpeskred. Sørpeskred vurderes ikke som en aktuell prosess i området.

6.4 Flomskred

Flomskred defineres som hurtige, flomlignende skred som opptrer langs elve- og bekkeløp. Skredmassene består av en flytende blanding av vann, løsmasser og organisk materiale. Flomskred forekommer under perioder med intens nedbør eller snøsmelting, og utløses som regel i helninger mellom 25 og 45°. Jordskred kan utvikle seg til flomskred i kontakt med elver/bekker.

Er flomskred en aktuell prosess i området?

Det er observert flere vannførende bekker i nærområdet. Bekker fra ovenforliggende terreng renner gjennom eldre steinsprangavsetninger på vei ned mot dalbunnen. Dette er for grove masser til å gi dannelse av flomskred. Det er ikke observert betydelig erosjon langs bekkene eller skredavsetninger fra tidligere hendelser. Bekk som renner N-S i bunn av dalsiden er for slak til å kunne initiere flomskred. Flomskred vurderes ikke som en aktuell prosess i området.

6.5 Jordskred

Jordskred er utglidning av løsmasser i terreng brattere enn 20°. De starter med en plutselig utglidning, eller vedvarende sig i terrenget, i vannmettede løsmasser [6].

I forbindelse med store nedbørsmengder blir løsmassene vannmettede, og det økte poretrykket svekker den interne bindestyrken. Røtter vil bidra til at løsmassedekket får økt styrke, samtidig som det vil kunne øke permeabiliteten i jorden. Løsmassetype og tykkelse spiller også en viktig rolle, samt menneskelige inngrep som kan endre naturlige dreneringsveier for vann.

Ifølge NVEs veileder er skog stabiliserende for jordskred siden røtter og vegetasjon reduserer faren for erosjon og utglidning. I tillegg bidrar skogen høyere opp i dreneringsfeltet til å dempe vannføringen ved intens nedbør [6]. De viktigste utløsningsfaktorene er oppbygging av vanntrykk som følge av langvarig nedbør, intense regnskyll og/eller sterk snøsmelting.

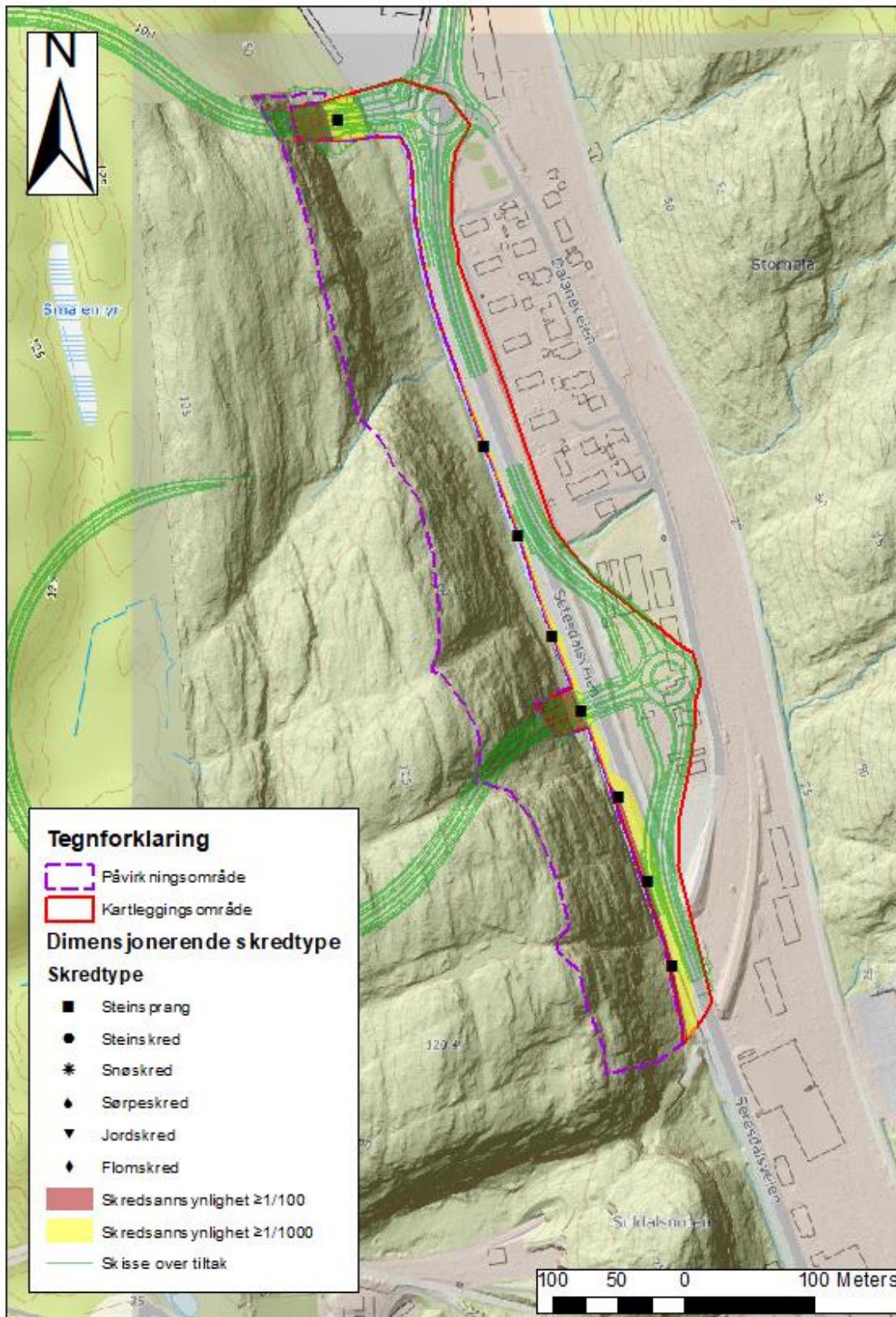
Er jordskred en aktuell prosess i området?

Skrenter innenfor påvirkningsområdet består stort sett av bart fjell med enkelte slake hyller hvor det kan finnes tynne lag med løsmasser. Nedenfor skrentene er det tynne lag med organisk materiale over steinsprangavsetninger. Det ventes derfor ikke å være løsmasser av type eller mektighet som kan gi jordskred med betydelige utløp. Jordskred vurderes ikke som en aktuell prosess i området.

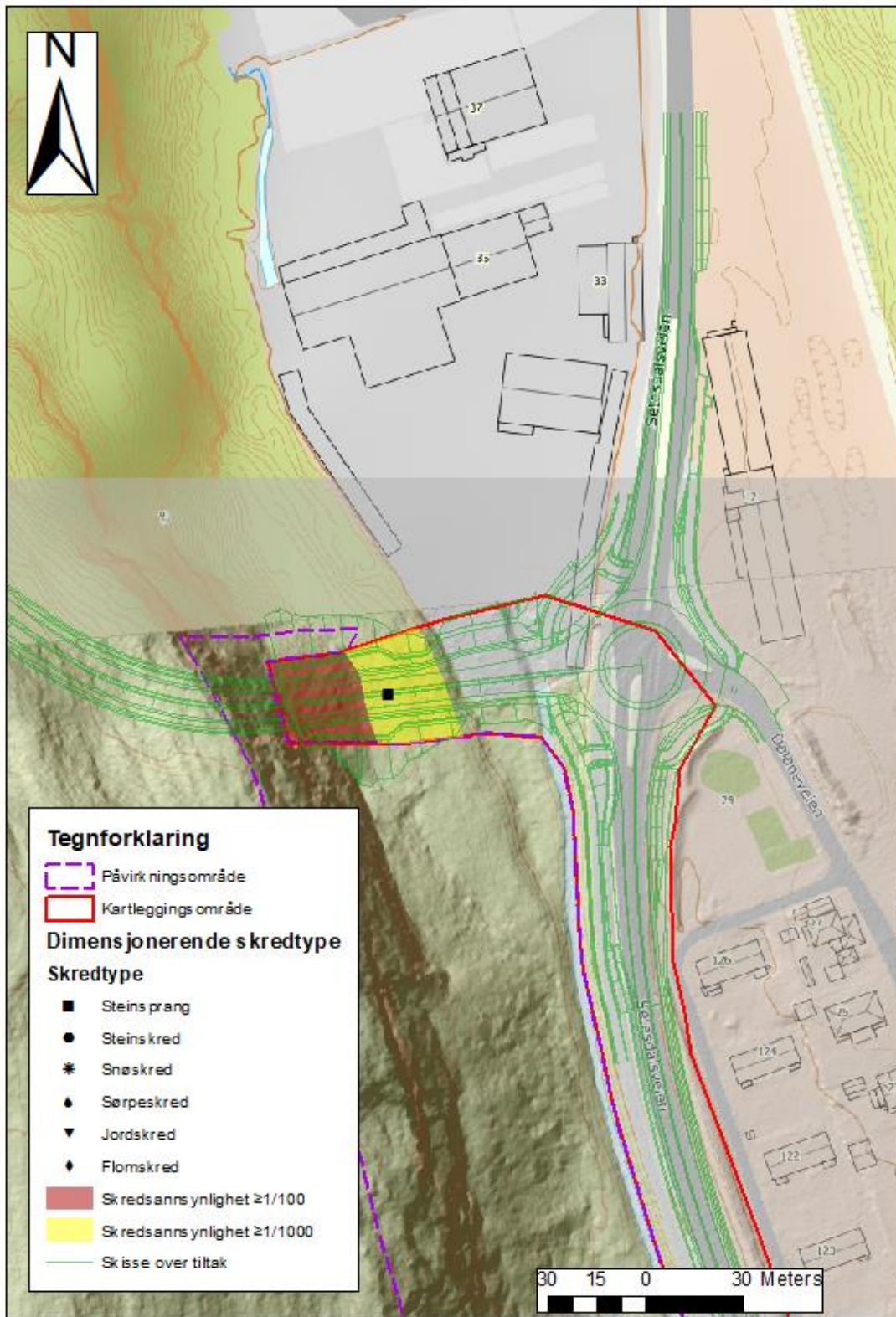
6.6 Oppsummering av skredfare og faresoner

Det er steinsprang som er dimensjonerende skredtype for fastsettelse av faresoner innenfor kartleggingsområdet. Kartleggingsområdet er vurdert av Norconsult for sikkerhetsklasse S1 og S2 for skred i bratt terreng etter sikkerhetskrav i TEK17 §7-3. I tillegg er området vurdert ut ifra sikkerhetskrav i N200 for ÅDT $\geq 12\ 000$ og 6 000-11 999. Basert på skredfarevurderingen er faresone opptegnet for nominell årlig sannsynlighet $\geq 1/100$ og $\geq 1/1\ 000$ (figur 6-1).

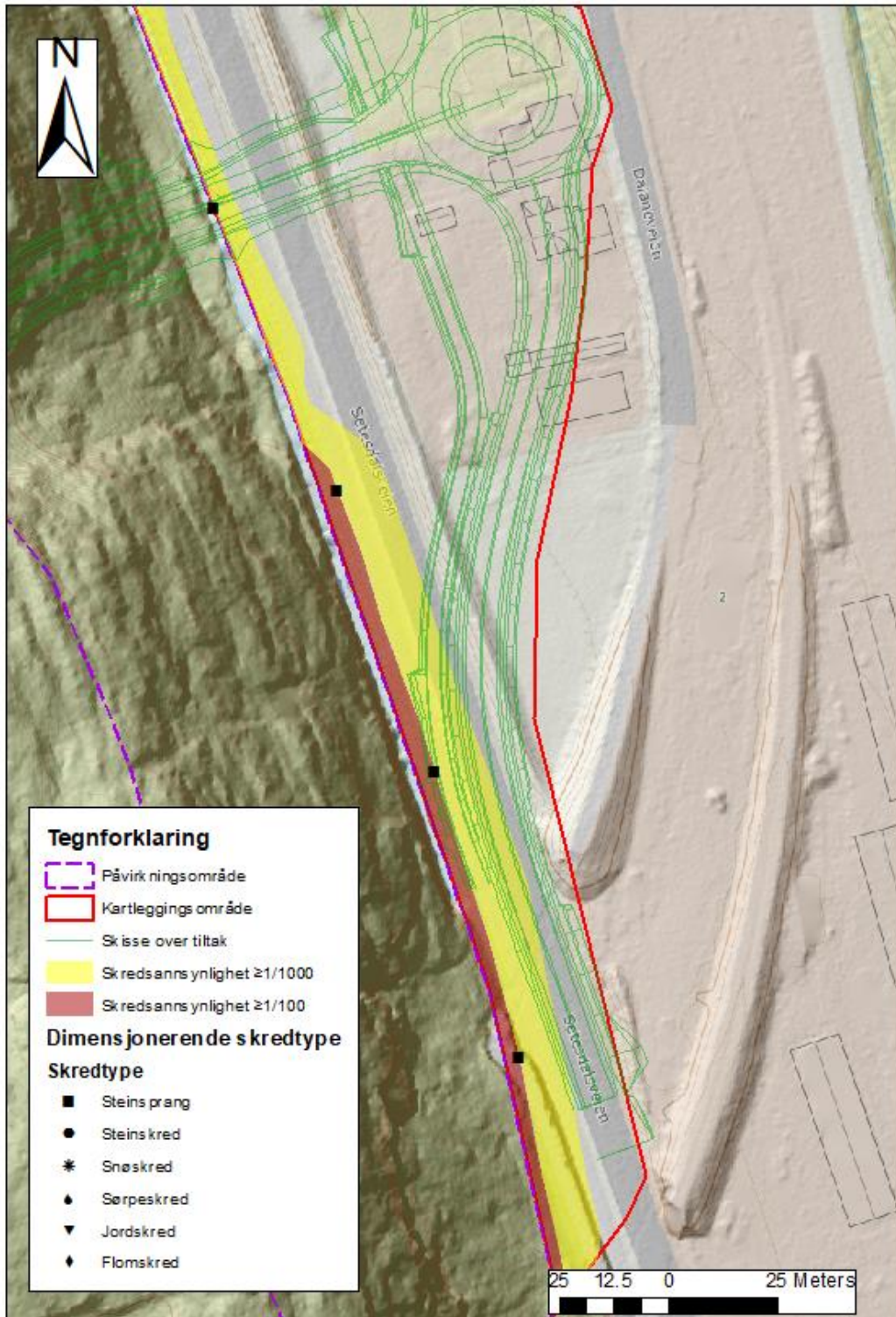
Markerte deler av kartleggingsområdet vist på figur 6-1, figur 6-2 og figur 6-3 tilfredsstillende ikke krav til sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasse S1, S2 og sikkerhetskrav i N200 for ÅDT $> 12\ 000$. Begge påhuggsområder ligger innenfor faresone S1. Planlagt gang- og sykkelvei ligger stort sett innenfor S2 langs søndre del av kartleggingsområdet. Bilveien med ÅDT $> 12\ 000$ ligger kun innenfor S2 like utenfor søndre tunnelportal. Årlig nominell sannsynlighet for skred er større enn sikkerhetskravet for disse områdene. Områder utenfor markerte faresoner tilfredsstillende krav til sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasser S1, S2 og sikkerhetskravene i N200. Fordrøyningsareal og bilvei med ÅDT 6 000-11 999 tilfredsstillende disse kravene.



Figur 6-1: Oversikt over faresoner.



Figur 6-2: Faresoner i nordre del av kartleggingsområdet.



Figur 6-3: Faresoner i søndre del av kartleggingsområdet.

6.7 Aktuelle sikringstiltak

Det er steinsprang fra omtalte skrenter innenfor påvirkningsområdet som utløser behov for sikringstiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot skred for tiltak innenfor definerte faresoner (figur 6-1). Aktuelle sikringstiltak kan være spredt blokkbolting og bruk av steinsprangnett eller wirenett i skrenter. Fanggjerde kan også være et mulig sikringstiltak. Eventuelle sikringstiltak må detaljprosjekteres.

7 Referanser

- [1] Statens vegvesen, "Vegnormal N200 Vegbygging," 2021.
- [2] Direktoratet for byggkvalitet, "Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning - §7-3. Sikkerhet mod skred," 1 september 2022. [Online]. [Accessed 27 september 2022].
- [3] Di.b.k., "Byggteknisk forskrift (TEK17) §7-3," [Online]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/7/7-3/>.
- [4] NVE, "Flaum og skredfare i arealplanar," Norges vassdrags- og energidirektorat, 2014.
- [5] NVE, "NVE-veileder nr.8-2014. Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak," Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo, 2014b.
- [6] NVE, "Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak," 2020. [Online]. Available: <https://www.nve.no/skredfarekartlegging>.
- [7] NGU, "Kart på nett: Berggrunn, løsmasser og marin grense," 2020. [Online]. Available: <https://www.ngu.no/emne/kart-pa-nett..>
- [8] Norge i bilder, [Online]. Available: <https://www.norgeibilder.no/>.
- [9] Rocscience Inc., "RocFall - User`s Guide," Rocscience Inc., 2018. [Online]. Available: <https://www.rocscience.com/downloads/rocfall/RocFall%20Tutorial.pdf>. [Accessed 15 04 2021].
- [10] NGU, "Komplekse skredvifter: monitorering og karakterisering av skredavsetninger fra ulike prosesser. NGU rapport 2020.21," Norges geologiske undersøkelse (NGU), Trondheim, 2020.
- [11] Statens vegvesen, "Vegnormal N200 Vegbygging," Statens vegvesen, 2021.

Vedlegg 3 - CEEQUAL tabell

Denne rapporten dekker ett eller flere dokumentasjonskrav under CEEQUAL (BREEAM Infrastructure). CEEQUAL har evidensbaserte vurderingskriterier og ekstern verifisering, og brukes for å måle bærekraft i et prosjekt. For å forbedre erfaringsoverføring til neste fase er de relevante kravene oppsummert og referert til i følgende tabell.

Tabell 7-1: CEEQUAL-tabell.

<i>Krav i CEEQUAL-manualen</i>	<i>Relevant avsnitt med dokumentasjon i dette dokument</i>	<i>Kommentar</i>
2.1.4 Identifying and assessing risks	Kap. 6	Vurdering av skredfare i kartleggingsområdet for alle skredtyper.