

Oppdragsgiver	Navn Lom kommune	Kontaktperson Sander Sælthun
Oppdrag	Nummer og navn 21489-03-1	Oppdragsleder Sondre Lunde
Dokument	Nummer 21489-03-1 Utført av Sondre Lunde og Hallvard Skaare Nordbrøden	Dato 2021-12-03 Kontrollert av Hallvard Skaare Nordbrøden og Hedda Breien

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	2021-12-03	SL	HB, HSN	Original

Oppdatert skredfarevurdering for et område ved Lyngved, Lom kommune

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

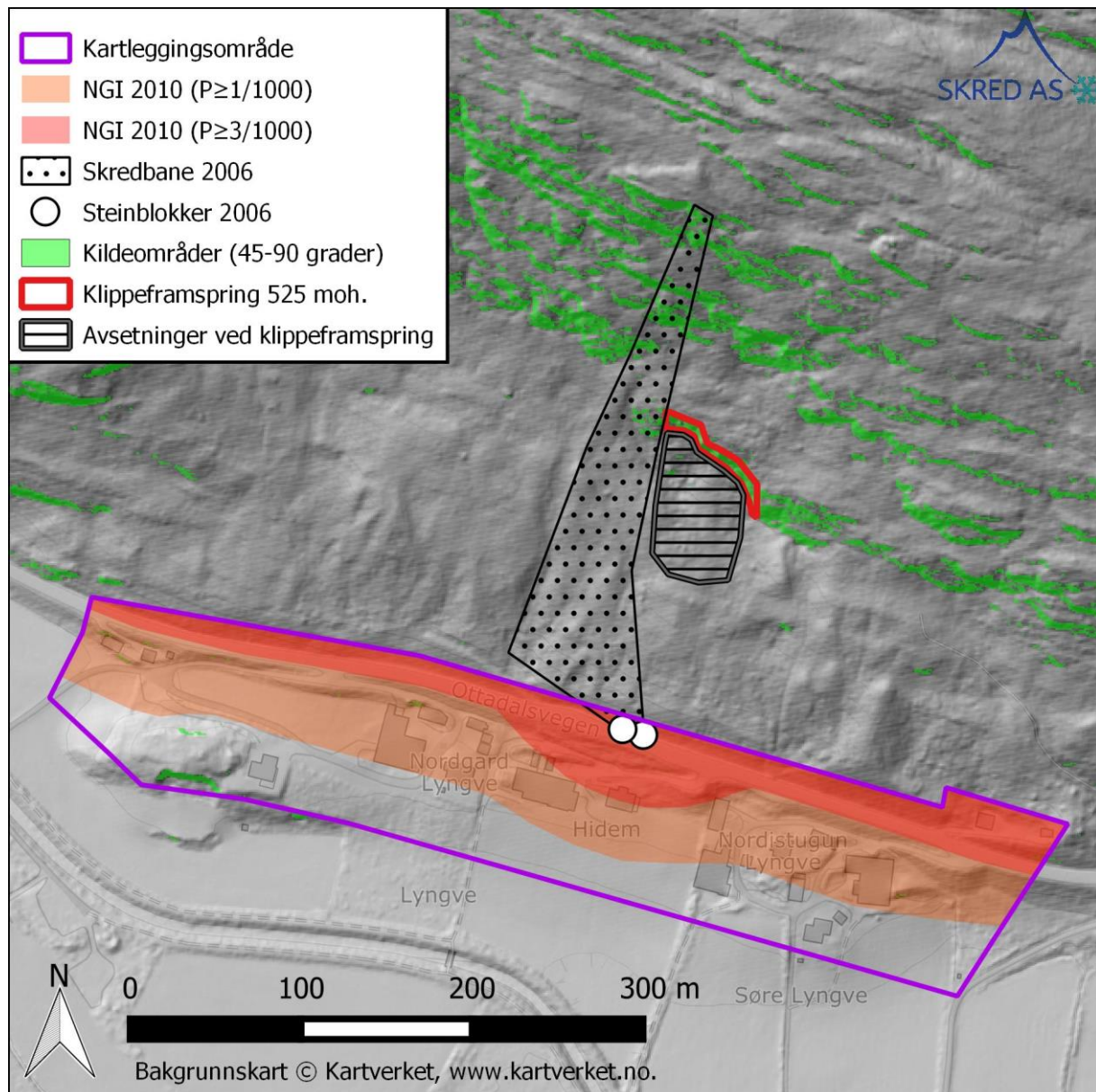
Det ble i 2010 utført en skredfarekartlegging av NGI for et område i Vårdalen, Garmo (NGI, 2010). Lom kommune ønsker nå en oppdatering av kunnskapsgrunnlaget for dette området. Lom kommunen ser det ikke som nødvendig med ny faresonekartlegging, men ønsker en statusoppdatering for å kartlegge om det har skjedd endringer (nye utfall, endringer i vegetasjon osv.) som evt. kan tilsa at skredfaren er endret sammenlignet med tidligere skredfarekartlegging. Om det er endringer som tilsier at skredfaren er økt, ønsker kommunen også forslag til sikringstiltak med konstansesestimat.

Etter 2010 er det kommet ny byggeteknisk forskrift (TEK17) (DiBK, 2021) og nye veiledere for skredfarevurderinger i bratt terreng (NVE, 2014; NVE, 2020). Lom kommune har spesifisert, som beskrevet i avsnittet ovenfor, at det ikke er nødvendig med ny faresonekartlegging iht. de nyeste veilederne. Vurderingene i dette notat følger likevel den nyeste veilederen for vurdering av steinsprang og steinskred.

1.2 Grunnlag

NGI utførte en skredfarekartlegging i 2010, der faresoner med årlig sannsynlighet på 3/1000 og 1/1000 ble utarbeidet. Faresonene er vist i Figur 1, og er dimensjonert av steinsprang og steinskred. Bebyggelsen i området ligger i en sone mellom faresonen med årlig sannsynlighet

på 3/1000 og 1/1000. Et unntak er et område som ligger i utløpssonen til et ustabilt klippeframspring på ca. 525 moh. På grunn av muligheten for større volum og relativt kort høydeforskjell mellom kildeområdene og bebyggelsen, vurderte NGI at det var større sannsynlighet for at blokker kunne passer Rv. 15 nedenfor dette området. NGI presiserte at en forutsetning for faresonene var at skogen i fjellsiden ble opprettholdt slik den var på vurderingspunktet.



Figur 1: Faresoner utarbeidet av NGI i 2010. Faresonene er dimensjonert av steinsprang og steinskred. Figuren viser også teoretiske kildeområder for steinsprang (grønt), skredbanen og to avsetninger etter steinspranget i 2006, samt klippeframspringet på 525 moh.

Grunnlaget for NGIs vurderinger var primært terrengeanalyser på bakgrunn av feltobservasjoner og kartgrunnlag, gjennomgang av kjent skredhendelser og modelleringer av steinsprang med en statistisk/topografisk modell (alfa-beta-modellen) og en dynamisk

steinsprangmodell (Rocfall). Det ble benyttet en blokkstørrelse på 2 m³.

Modelleringsresultatene er hverken vist i figur eller beskrevet i rapporten, men på grunnlag av NVEs aktsomhetssoner og NGIs faresoner antas det at modelleringsresultatene viste utløpslengder ned mot (og stedvis forbi) bebyggelsen i området. Det ble beskrevet at NGI vurderte at terrengforholdene ikke la til rette for store spretthøyder, men at blokkene fortrinnsvis rullet langs bakken.

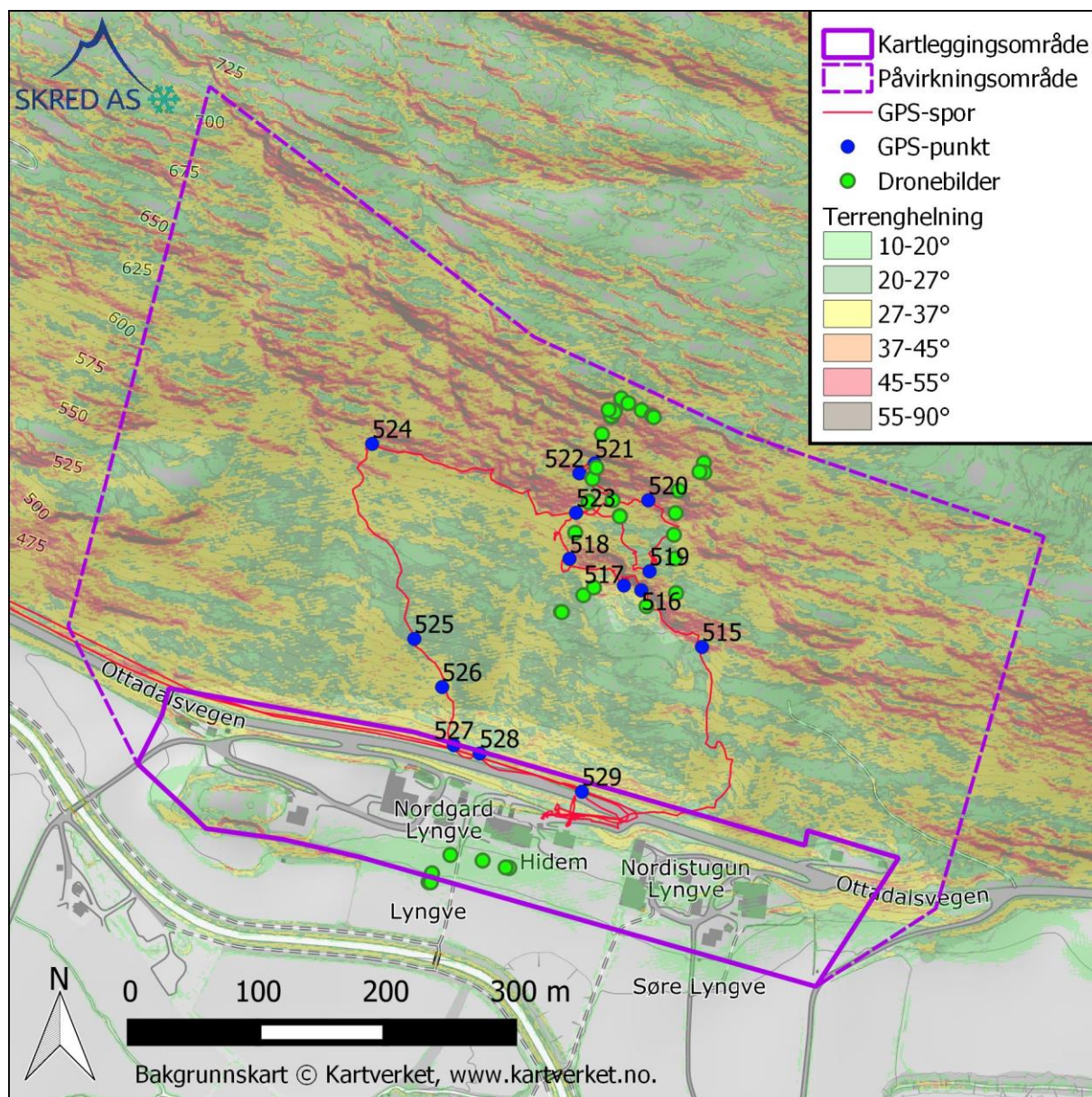
Bolighuset langs Ottadalsvegen nr. 5010 ligger delvis innenfor faresonen med årlig sannsynlighet på 3/1000, på grunn av faren for utfall fra klippeframspringet. NGI foreslo derfor at dette området kunne sikres med en kombinasjon av fjellrensk og bergsikring (fjellbolting, understøping og forankring). For resten av området foreslo NGI begrenset fjellrensk og forankring av spesielt ustabile partier i fjellsiden, samt at ny bebyggelse i framtiden plasseres nedenfor nåværende bebyggelse.

1.3 Befaring

Skred AS v/Sondre Lunde utførte befaring til området 11-10-2021. Lom kommune v/Sander Sælthun var med under deler av befaringen. Eier av bolighuset på Ottadalsvegen nr. 5010 var med under hele befaringen. Befaringen ble foretatt til fots og med drone. Figur 2 viser GPS-sporet og GPS-registreringer under befaringen, samt bildepunktene tatt med drone. I Tabell 1 er det gitt beskrivelser tilhørende GPS-punktene. Klippeframspringet på 525 moh. beskrevet i NGI-rapporten ble først befart. Deretter ble skredbanen etter steinspranget fra 2006 fulgt, men ikke helt opp til kildeområdet. Kildeområdet fra 2006 ble befart med drone.

Tabell 1: GPS-punkter med tilhørende beskrivelse.

GPS-punkt	Forklaring
515	Vannkilde. Slakt parti. Mulig plassering av voll.
516	Overhengende parti vist i NGI rapporten. Et svært grovt anslag av blokkvolum er 50 m ³ (5 m x 5 m x 2 m). Den har en smal «list» den hviler på området midt på blokken. Glideplanets helning (eksfoliasjonen) er ca. 70-80°.
517	Overhengende parti vist i NGI rapporten.
518	Rasblokk fra 2006
519	Blokk på 2 x 3 x 1 på 40° glideplan. Grov ur på 2 kubikk
520	Exfoliasjon med helning på ca. 80° og glimmergneis.
521	Skredbane til steinspranget i 2006
522	Skredbane til steinspranget i 2006
523	Rasblokker fra 2006
524	Søkk med rasblokker opptil 1 kubikk. Grove masser → God drenering
525	Voksen furuskog med diameter opptil 30 cm. Mindre skredavsetninger her nede.
526	Mellom to raviner
527	Vegvesenet lagde ny vei på 80-tallet. Gjengrodd av voksen furuskog nå. Skogen er ca. 100 år gammel ifølge grunneier.
528	Steinsprangblokk. Gammel. 2 x 2 x 2 m
529	Veigrøft med 1 m høyde. Bilde tatt av bilde fra 50-tallet.



Figur 2: Terrenghelningen i fjellsiden.

2 Oppdatert skredfarevurdering av steinsprang og steinskred

2.1 Sammenligning med funn i NGI (2010)

Basert på sammenligning av bilder i NGI-rapporten fra 2010 og bilder fra befaringen foretatt av Skred AS i 2021, samt flybilder fra 2010, 2015 og 2020, har det ikke vært synlige endringer ved klippeframspringet på 525 moh. Under befaringen ble heller ikke observert tegn etter ferske utfall i kildeområdene eller i skredavsetningene nedenfor klippeframspringet. Dette gjelder også det overhengende partiet (Figur 3). Figur 3 viser at både det overhengende partiet, samt bergmassen som partiet hviler på, fremstår som det gjorde i 2010. På grunnlag av dette vurderes ikke forholdene ved klippeframspringet på 525 moh. å være endret etter NGIs skredfarevurdering i 2010.

Oppover i skredbanen etter steinspranget i 2006, samt generelt mellom de bratte bergskrentene i fjellsiden, er det mye steinsprangavsetninger. Det var kun i tilknytningen til skredbanen fra 2006 det ble observert ferske blokker. Siden ikke hele fjellsiden ble befart i detalj kan det likevel ikke fullstendig utelukkes at det har gått steinsprang i tiden etter NGIs vurdering i 2010.

Kildeområdet til steinspranget i 2006 fremstår som uforandret etter NGIs vurdering i 2010. Like øst for bergmassen som raste ut er det fortsatt et parti med potensielt utgående glideplan i foten. Foten av glideplanet til dette bergpartiet er noe slakere sammenlignet med foten av glideplanet til bergmassen som raste ut i 2006. Dette, samt en avløsende, vertikal sprekk, førte til at noe av bergmassen raste ut, mens noe ble stående igjen. Like nedenfor kildeområdet er det fragmenter av blokken som raste ut. Blokken, som i utgangspunktet var 50 m³, ble sprengt til mindre deler med mål om at den ikke skulle remobiliseres, for eksempel ved stor vanntilførsel. Ifølge NGI rapporten hadde dette tilfredsstillende resultat. Skred AS har ikke tilgang på bilder like etter blokken ble fragmentert, og mangler dermed sammenligningsgrunnlag. Siden det er en betydelig andel blokker og steiner i det aktuelle området vurderes det likevel at mesteparten av blokkansamlingen er relativt stabil.

Skogen i området består for det meste av barskog, men med innslag av noe bjørk. Flybilder tatt med ujevne mellomrom mellom 1958 til 2020 viser at vegetasjonen generelt har blitt tettere. Dette gjelder spesielt i området fra Rv. 55 opp til ca. 480 moh., i et område der det fram til ca. 2000 ikke var skog. De siste ca. 20 årene har det vokst fram relativt kraftig barskog også i dette området. Skredbanen etter steinspranget i 2006, er godt synlig på flybildene tatt etter 2006. Med unntak av dette, er det ikke synlige endringer i vegetasjonen som kan indikere skredhendelser etter NGIs skredfarevurdering i 2010 fram til i dag.

NGUs InSAR-data, som er radarmålinger fra satellitter og kan vise blant annet bevegelser i ustabile fjellpartier, viser ingen store bevegelser i fjellsiden. Det presiseres at det er grov oppløsning (5 m x 20 m horisontal oppløsning) i disse målingene, og evt. bevegelse på enkeltblokker neppe vises.



Figur 3: Sammenligning av bildene tatt av NGI under befaringen i 2010 og bildene tatt av Skred AS under befaringen i 2021.



Figur 4: Øverst: Forholdene i kildeområdet like etter steinspranget i 2006, men før den utraste blokken (rød prikk) ble fragmentert. Nederst: Forholdene i kildeområdet slik det framsto under befaringen i 2021, og dermed etter den utraste blokken ble fragmentert.

2.2 Skredfarevurdering og steinsprangmodellering

Generelt består bergmassen overflateparallele sprekker, eksfoliasjonssprekker. Mange steder har disse sprekkene ikke utgående glideplan i foten, og bergmassen er dermed flere plasser stabil og uten fare for større utglidninger. Stedvis har eksfoliasjonssprekkene utgående foten, som fører til at større blokkvolum kan rase ut. Det ble under befaringen observert glimmer i bergmassen i kildeområdene og i skredavsetningene. Høyt glimmerinnhold i bergmassen fører ofte til lav friksjon langs glideplan, spesielt i perioder med regn. Dette, samt frostsprengning, vurderes å være de mest aktuelle utløsende faktorene.

De overhengende partiene ved klippeframspringet på 525 moh., samt flakene i tilknytning til kildeområdet i 2006, vurderes å være de mest aktuelle kildeområdene (Figur 3 og Figur 5). I

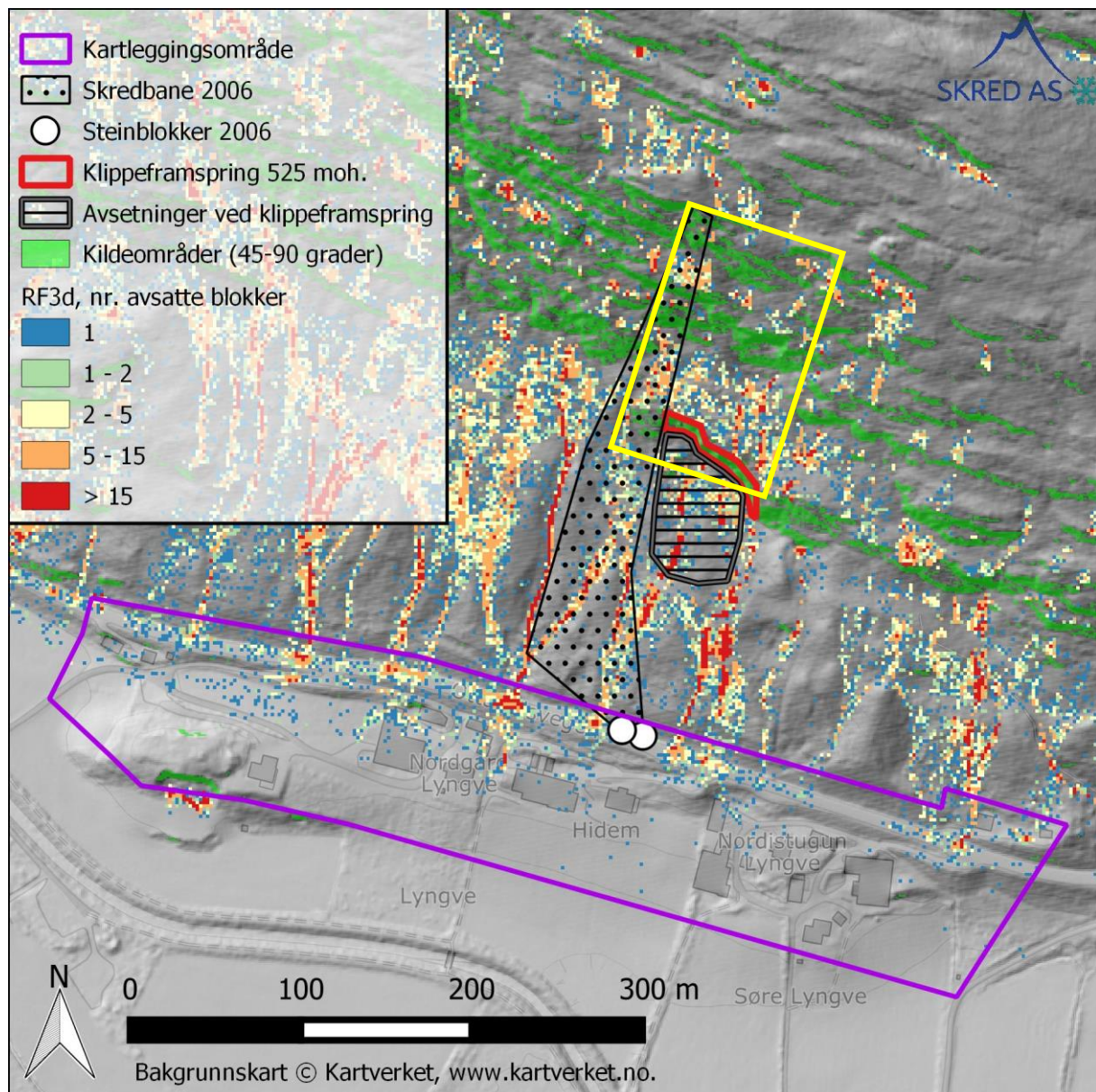
tillegg til disse kildeområdene, vurderes det at steinsprangavsetningene i fjellsiden (Figur 6) kan remobiliseres der disse ligger brattere enn 40-45°.



Figur 5: Dronebilde av klippeframspringer på 525 moh. Det overhengende partiet er vist med svart pil.



Figur 6: Øverste del av skredbanen til steinspranget i 2006, samt kildeområdet helt øverst.



Figur 7: Eksempel på beregningsresultat med Rockyfor3d med blokker på 1 m³. Gult rektangel viser området i fjellsiden med fellretning ned mot tomte.

For å beregne mulig utbredelse og strømningsmønster for steinsprang er programvaren Rockyfor3D (Dorren, 2015) tatt i bruk. Det ble benyttet en terrengmodell med horisontal oppløsning på 2 m x 2 m. Simuleringen ble kjørt i «rapid automatic simulation [RAS]», som vil si at kildeområdene defineres automatisk som alle områder brattere enn 52° (**Feil! Fant ikke referansebildet.**). Friksjonsparameterne bestemmes av terrenghelningen, og er erfaringsmessig lave. Spesielt i blokkrike områder og der det er voksen, tett barskog, slik som områdene mellom kartleggingsområdet og kildeområdene. Ifølge NVEs veileder har voksen, tett barskog bremsende effekt på blokker opp til ca. 2 m³.

I NGIs vurderinger ble det benyttet blokker på 2 m³, da NGI vurderte dette som gjennomsnittlig blokkstørrelse i uravsetningene. Skred AS er enig i disse vurderingene, men

presiserer at det finnes langt større, avløste blokker i kildeområdene (f. eks det overhengende partiet ved klippeframspringet). I modellen knuses ikke steinblokkene nedover skredbanen, slik tilfelle var for steinspranget i 2006 og det er stor sannsynlighet for at skjer ved fremtidige hendelser (på grunn av bergmassens egenskaper, fyllitt med eksfoliasjonssprekker). Det vurderes derfor som mest realistisk å modellere mindre blokkstørrelser enn det som er observert i kildeområdene. Blokkene som ble avsatt i veggroften i 2006 var ca. $0,3 \text{ m}^3$. Skred AS modellerte derfor steinsprang med rektangulære blokker på $0,25\text{--}2 \text{ m}^3$.

Modelleringsresultatene med blokker på 1 m^3 er vist i Figur 7. Modelleringsresultater med andre blokkstørrelser viser omtrent samme strømningsmønster, men at mindre eller større blokker hovedsakelig avsettes henholdsvis høyere i fjellsiden eller lengre ned i fjellsiden. Befaringsobservasjoner tilsier at det er størst andel steinsprangavsetninger like nedenfor kildeområdene, men hendelsen i 2006 viser at relativt små blokker kan nå helt ned til Rv. 15. Modelleringsresultatet viser at de fleste blokkene stopper langs Rv. 15, men at noen også kan passere veien. Dette støtter opp om konklusjonene i NGIs vurderinger. Modelleringen viser også at blokkene i stor grad konsentreres i ulike forsenkninger i dalsiden. Hendelsen fra 2006 viser derimot at blokkene i realiteten grad spres utover, og er ikke så styrt av topografiske forhold som modelleringen viser. Basert på modelleringen i Rockyfor3d har blokkene på 2 m^3 en spretthøyde og energi (90% percentil) på henholdsvis $<2 \text{ m}$ og $<3000 \text{ kJ}$ like før de treffer Rv. 15 (der et eventuelt steinspranggjærde kan plasseres).

2.3 Samlet vurdering av steinsprang og steinskred

Skred AS observert ikke endringer i bergmassen, skredavsetningene eller i vegetasjonen som tilsier økt skredfare i forhold til slik NGI vurderte fjellsiden i 2010. Basert på blant annet terrengeanalyser, gjennomgang av skredhendelser, feltobservasjoner og modelleringsresultater konkluderer Skred AS med at faresonene til NGI utarbeidet i 2010 (Figur 1) er fornuftige. Dette innebærer at deler av et bolighus (Ottadalsvegen nr. 5010) ligger innenfor faresonen med årlig sannsynlighet på $3/1000$.

3 Forslag til sikringstiltak

Kommunen ønsket i utgangspunktet forslag til sikringstiltak med konstandsestimat dersom det var endringer som tilsier at skredfaren er økt. Skred AS konkluderte med at skredfaren ikke var endret siden NGI utførte skredfarevurderingen i 2010. Det er likevel utført en grov vurdering av aktuelle sikringstiltak for boligen som ligger delvis innenfor faresonene med årlig sannsynlighet på 3/1000 (Ottadalsvegen nr. 5010), siden det i NGIs rapport var beskrevet at dette kunne gjøres med bergsikring. Hvis ønskelig kan dette oppdateres slik at det er tilstrekkelig som grunnlag for en søknad om tilskudd fra NVE.

Et grovt kostnadsoverslag av bergsikring (ca. 60-80 bolter, ca. 300 kvm steinsprangnett, 50-70 timer til kapping av trær, rensk og tilkomst) i fjellsiden med fallretning mot Ottadalsvegen nr. 5010 (gult område i Figur 7) gir en pris på ca. 500 000,- eks. MVA. Dette inkluderer ikke kostander til rigg, drift, byggherrekostnader etc. Disse kostandene er anslått til i størrelsesordenen ca. 80-100% av oppgitt pris for et prosjekt i denne størrelsesorden. Kostandene knyttet til bergsikring er svært usikre. Ved bergsikring er det vanskelig å estimere eksakt omfang. Dette da man må prioritere de antatt mest ustabile områdene, og ikke alt kan sikres, samt at bergmassen endres over tid slik at det må påregnes drift og vedlikeholdskostnader. Bergsikring detaljprosjekteres ofte på stedet av ingeniørgeolog i samråd med sikringsentreprenør under utførelse, og endelige mengder vil avhenge av dette. Ved utarbeidelse av forslag til sikring ifm. prosjektering vil omfang av sikring bli estimert med høyere nøyaktighet og usikkerheten derfor reduseres.

Det beste alternativet til sikring i løseområdene er etter vår mening et steinspranggjerde nede ved Rv. 15. Basert på modelleringsresultatet er 3-4 m høyde og 2000-3000 kJ tilstrekkelig høyde og styrke. Det estimeres en lengde på ca. 60 m. Plasseringen må tilpasses strømkablene/telefonlinjene i området. Kostnaden for et slik tiltak er ca. 1 200 000,- eks. MVA. Dette inkluderer heller ikke kostander til rigg, drift, byggherrekostnader, etc. Disse kostandene er anslått til å være i størrelsesordenen ca. 80% av oppgitt pris for et prosjekt i denne størrelsesorden. I tillegg må det påregnes kostander knyttet til drift og vedlikehold. Et slik steinspranggjerde er trolig også tilstrekkelig til å sikre mot steinsprang med årlig sannsynlighet på 1/1000. Steinspranggjerdet prosjekteres før utlysning og plasseringen stikkes ut nøyaktig på stedet.

Terrenget ble vurdert å være for bratt, spesielt nede ved Rv. 15, til at det enkelt kunne etableres en voll uten behov for store terrenginngrep.

Dersom sikringen skal oppgraderes til å være dimensjonert for å sikre mot skred med en største en årlig sannsynlighet på 1/1000 vil det være naturlig å se på alle boligene som ligger innenfor faresonen med årlig sannsynlighet på 1/1000, og ikke kun Ottadalsvegen nr. 5010.

4 Referanser

- DiBK. (2021). *Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17)*. Hentet fra <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>
- Dorren, L. K. (2015). Rockyfor3D (v5.2) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model. *EcorisQ paper (www.ecorisq.org)*.
- NGI. (2010). *Vurdering av skredfare mot bebyggelse ved Lyngvedsgardane, Lom*.
- NVE. (2014). *Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak*. NVE Veileder 8-2014.
- NVE. (2020). *VEILEDER FOR UTREDNING AV SIKKERHET MOT SKRED I BRATT TERRENG, UTREDNING AV SKREDFARE I REGULERINGSPLAN OG BYGGESAK*. NVE.