

Oppdragsgiver	Navn Lom kommune	Kontaktperson Sander Sæltun
Oppdrag	Nummer og navn 21489 Bøverdalen, Lom – Skredfarevurdering boligområde	Oppdragsleder Sondre Lunde
Dokument	Nummer 21489-01-1 Utført av Sondre Lunde, Hallvard S. Nordbrøden og Kalle Kronholm	Dato 2021-11-26 Kontrollert av Hallvard Nordbrøden og Kalle Kronholm

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	2021-10-15	SL, HSN, KK	HSN, SL	Original

Skredfarevurdering for boligområde ved Leirimo, Lom kommune

Sammendrag

Lom kommune har registrert minst fire punkter med fare for utfall av steinblokker fra Moberje i Bøverdalen. Kommunen har derfor bedt Skred AS utføre en skredfarevurdering iht. NVEs veileder for skred i bratt terreng for en strekning på ca. 450 m, der det totalt ligger 12-15 eksisterende bolighus.

Iht. NVEs veileder skal skredfaren vurderes opp mot kravene i sikkerhetsklasse S1 og S2, en årlig sannsynlighet for skred på henholdsvis 1/100 og 1/1000. Kommunen har i tillegg bedt om at skredfaren vurderes opp mot en årlig sannsynlighet på 3/1000, som var risikoakseptnivået for bolighus tidligere.

Det er tegnet faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$, $\geq 3/1000$ og $\geq 1/1000$ i Faresonene er dimensjonert av steinsprang og steinskred. Faresonene med årlig sannsynlighet $\geq 3/1000$ og $\geq 1/1000$ berører bolighusene nr. 2158 og 2168.

Skred AS er av Lom kommune bedt om å utrede forslag til sikringstiltak for bolighusene som ligger innfor faresonen med årlig sannsynlighet på 3/1000. Forslaget må omfatte kostnadsestimat som kan legges ved en eventuell søknad om økonomisk bistand fra NVE. Mulighetene for å redusere faresonene utredes derfor i eget notat (Skred AS notat 21489-02-1), som vil utarbeides kort tid etter denne skredfarevurderingen (Skred AS rapport 21489-01-1).

Innhold

1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Mål	5
1.3	Befaring	5
1.4	Forbehold	5
2	Krav til sikkerhet mot skred	6
2.1	Lovverket	6
2.2	Aktuelle krav	7
2.3	Vurderte skredtyper	7
2.3.1	Snøskred og sørpeskred	7
2.3.2	Skred i fast fjell	8
2.3.3	Jordskred og flomskred	8
2.3.4	Skredfare og klimaendringer	8
3	Beskrivelse av området	9
3.1	Topografi	9
3.2	Hydrologiske forhold	11
3.3	Geologi	11
3.4	Vegetasjon	12
3.5	Tidligere rapporter	12
3.6	Registrerte skredhendelser	12
3.7	Aktsomhetsområder	12
3.8	Eksisterende skredsikringstiltak	12
3.9	Klima	12
4	Vurdering av skredfare	14
4.1	Snøskred	14
4.2	Sørpeskred	14
4.3	Løsmasseskred	14
4.3.1	Jordskred	14
4.3.2	Flomskred	14
4.3.3	Samlet vurdering løsmasseskred	15
4.4	Skred i fast fjell	15
4.4.1	Område øst (hus nr. 14, 16, 18 og 2154)	18
4.4.2	Område midt (hus nr. 2158 og 2168)	19
4.4.3	Område vest (hus nr. 2170, 2172, 2182)	21
4.5	Faresoner for skred	22
4.6	Muligheter for å redusere faresonene	22
5	Konklusjon	24
6	Referanseliste	25

Figurer

Figur 1: Lokaliseringen av kartleggingsområdet ved Leirimo.	4
Figur 2: Kart med beregnet terrenghelning i og rundt kartleggingsområdet.	9
Figur 3: Dronebilde fra den østligste delen av kartleggingsområdet.....	10
Figur 4: Dronebilde av den midterste delen av kartleggingsområdet.	10
Figur 5: Dronebilde av den vestlige delen av kartleggingsområdet.....	11
Figur 6: Registreringskart, inkludert GPS-spor og -punkter fra befaringen.	15
Figur 7: Kartlagte steinskred og steinsprangavsetninger, samt eksempel på beregningresultat i RAMMS med blokker på 1-10 m ³ . 100 m ³ er ikke inkludert da det kun er aktuelt ved Stabelen.....	17
Figur 8: Dronebilde fra område øst. Rød ring viser avløste blokker dimensjonerende for faresonen med årlig sannsynlighet 1/100. Svart ring viser området med store blokker, som sannsynligvis stopper evt. nye utfall.	18
Figur 9: Nærbilde av kildeområdene ovenfor område midt tatt med drone. Rødt område viser avløste blokker, rød pil viser «Rektangelet», blå pil viser «Nabben» og det oransje området viser «Stabelen»	19
Figur 10: Tv.: Stabelen med blokker sett fra øst mot vest. Midten: Stabelen av blokker sett fra oven. Th.: Foten til stabelen.....	20
Figur 11: Kildeområdene ovenfor område vest tatt med drone. Stiplet linje viser omtrent urfoten. Nedenfor dette er det noen større blokker med lengre utløp.	21
Figur 12: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet > 1/100, > 3/1000 og > 1/1000.	22

Tabeller

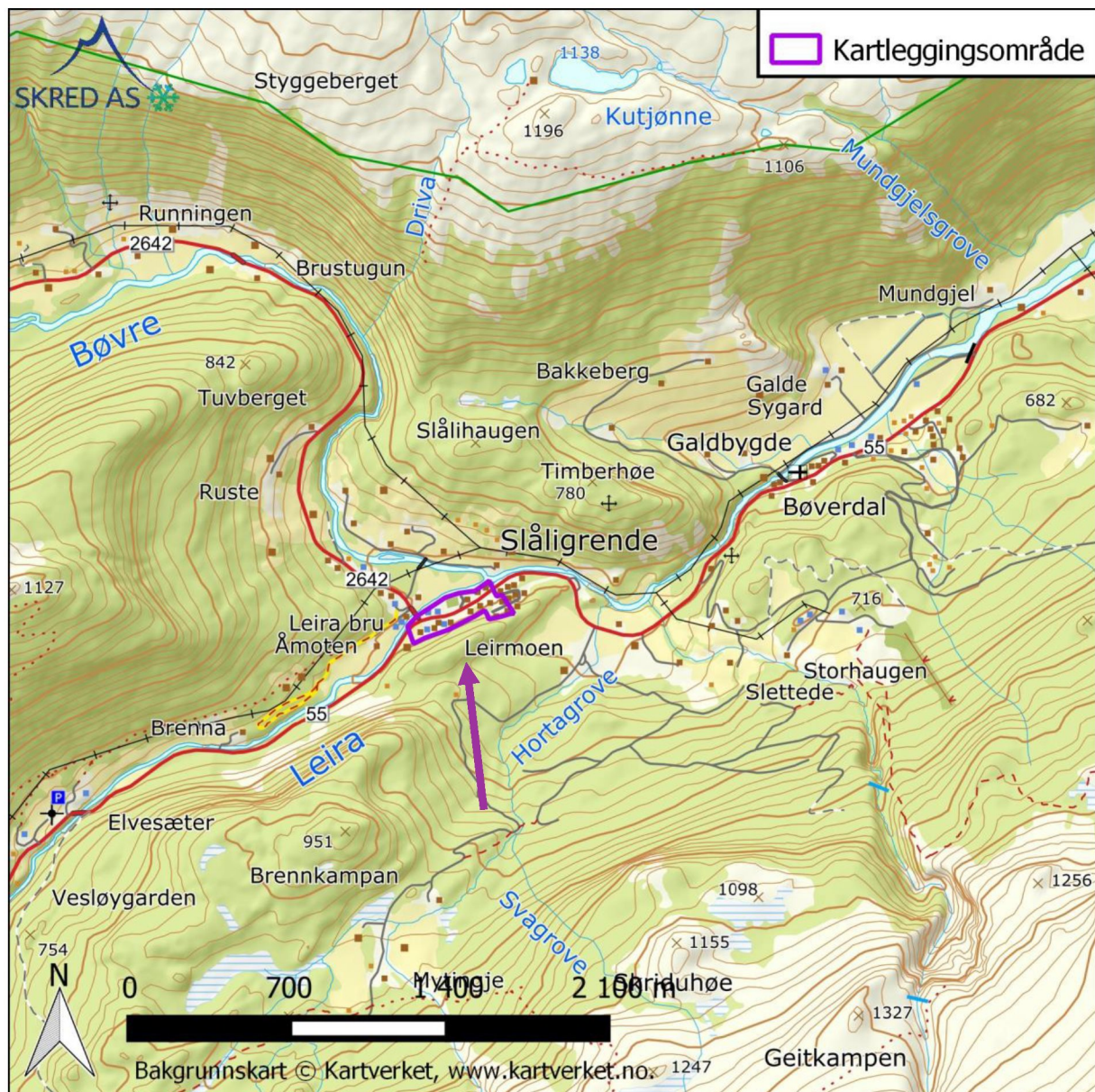
Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2016).	6
Tabell 2: Beskrivelse til GPS-punktene vist i Figur 6.....	16

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Lom kommune har registrert minst fire punkter med fare for utfall av steinblokker fra Moberje i Bøverdalen. Kommunen har derfor bedt Skred AS utføre en skredfarevurdering iht. NVEs veileder for skred i bratt terreng for en strekning på ca. 450 m, der det totalt ligger 12-15 bolighus (Figur 1). Området ligger helt, eller delvis, innenfor NVEs aktsomhetssoner for steinsprang og snøskred (NVE, 2021).

Dersom skredfarekartleggingen konkluderer med at bolighus ligger innfor faresonen med årlig sannsynlighet på 3/1000, ønsker kommunen at det utarbeides forslag til sikringstiltak for disse bolighusene. Forslaget må omfatte kostnadsestimat som kan legges ved en eventuell søknad om økonomisk bistand fra NVE.



Figur 1: Lokaliseringen av kartleggingsområdet ved Leirmo.

1.2 Mål

Skred AS er bedt om å utføre en skredfarevurdering for området vist i Figur 1. Dagens krav til sikkerhet mot skred, definert i TEK17 med veileder, skal legges til grunn for vurderingene.

Vurderinger og leveranse skal utføres i tråd med nasjonale retningslinjer, beskrevet i NVEs veileder fra 2020 «Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng – utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak» (NVE, 2020).

1.3 Befaring

Befaring ble utført 2021-10-11 av Sondre Lunde, Skred AS. Det var oppholdsvær og gode befaringsforhold. Befaringen ble utført til fots og med drone.

1.4 Forbehold

Informasjon om tidligere skredhendelser er viktige for vurdering av skredfare. Dersom det kommer mer informasjon om tidligere skred, bør det tas med i betraktningene.

Vurderingene er gjort ut fra terreng og vegetasjon slik det ble observert på befaring, på tilgjengelige flyfoto, og på kotegrunnlag. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, kan det ha betydning for skredforholdene. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.

2 Krav til sikkerhet mot skred

2.1 Lovverket

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav om tilstrekkelig sikkerhet mot fare for nybygg og tilbygg:

«Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.»

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-3 definerer krav til sikkerhet mot skred for nybygg og tilhørende uteareal (Tabell 1). Sannsynligheten i Tabell 1 angir den årlige sannsynligheten for skredskader av betydning, dvs. skred med intensitet som kan medføre fare for liv og helse og/eller større materielle skader. I veilederen til TEK17 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for skred (DiBK, 2017).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2016).

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

I sikkerhetsklasse S1 inngår byggverk der det normalt ikke oppholder seg personer og der det er små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Mindre brygger og lagerbygninger med lite personopphold er nevnt som eksempler.

Sikkerhetsklasse S2 omfatter tiltak der et skred vil føre til middels konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Driftsbygninger i landbruket samt parkeringshus og havneanlegg er nevnt som eksempler.

Sikkerhetsklasse S3 omfatter tiltak der et skred vil føre til store konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg mer enn 25 personer og/eller der det er store økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er:

- eneboliger i kjede/rekkehus/boligblokk/fritidsbolig med mer enn 10 boenheter
- arbeids- og publikumsbygg/brakkerrigg/overnattingssted hvor det normalt oppholder seg mer enn 25 personer
- skole, barnehage, sykehjem og lokal beredskapsinstitusjon

Kravet til sikkerhet for uteareal tilhørende bygninger, skal i utgangspunktet være lik kravet til bygningen. Allikevel åpner lovverket for å redusere sikkerhetsnivået til uteareal med en klasse, dersom dette vil gi tilfredsstillende sikkerhet for tilhørende uteareal. Momenter som må vurderes i denne sammenheng er blant annet eksponeringstiden for personer og antall personer som oppholder seg på utearealet.

2.2 Aktuelle krav

Iht. NVEs veileder skal skredfaren vurderes opp mot kravene i sikkerhetsklasse S1 og S2, en årlig sannsynlighet for skred på henholdsvis 1/100 og 1/1000, og dette er lagt til grunn for arbeidene. Kommunen har i tillegg bedt om at skredfaren vurderes opp mot en årlig sannsynlighet på 3/1000, som var risikoakseptnivået for bolighus tidligere.

Kommunen har vurdert at steinsprang er eneste aktuelle skredtype, men iht. NVEs veileder skal alle skredtyper vurderes. Derfor er de andre skredtypene vurdert kort i kapittel 4.

Ifølge NVEs aktsomhetskart for flom, ligger deler av kartleggingsområdet innenfor aktsomhetsområde for flom. Skred AS er kun bedt om å utføre skredfarekartlegging, men har også kompetanse til å utføre flomfarevurdering for området dersom kommunen ønsker dette.

2.3 Vurderte skredtyper

I TEK17 er det spesifisert at samlet sannsynlighet for alle skredtyper skal legges til grunn for vurderingen av årlig sannsynlighet. Vi har derfor vurdert følgende skredtyper:

- Skred i fast fjell
- Skred i løsmasser
- Snøskred, inkludert sørpeskred

Den endelige vurderingen av skredfare er samlet nominell årlig sannsynlighet for skred, som kan sammenliknes direkte med kravene i Tabell 1.

2.3.1 Snøskred og sørpeskred

Snøskred kan inndeles i løssnøskred og flakskred. Løssnøskred utløses i snø med lav fasthet, som gjerne starter med en liten lokal utglidning. Etter hvert som nye snøkorn blir revet med utvider skredet seg og kan få en pæreform. Flakskred oppstår når en større del av snødekket løsner som et flak langs et glideplan. Det er flakskred som har størst skadepotensiale. Store snøskred løsner vanligvis der terrenget er mellom 30-50° grader bratt. Der det er brattere enn dette glir snøen stadig ut slik at det ikke dannes større skred. Snøskred kan skape skredvind med kraft til å utrette stor skade.

Sørpeskred er en strøm med vannmettede snømasser. Sørpeskred følger som oftest forsenkninger i terrenget, og oppstår når dreneringen i grunnen er dårlig, som for eksempel på grunn av tele og is. Sørpeskred kan utløses i slakt terreng, for eksempel når kraftig snøfall blir etterfulgt av regn og mildvær. Sørpeskred kan også utløses når varme gir intens snøsmelting. Skredmassene har høy tetthet og skred med lite volum kan gi stor skade. Det er ikke utarbeidet aktsomhetskart for sørpeskred.

2.3.2 Skred i fast fjell

Når en eller flere steinblokker løsner og faller, spretter, ruller, eller sklir nedover en skråning benyttes begrepene steinsprang (volum <math><100\text{ m}^3</math>) og steinskred (volum 100-10.000 m^3). Steinsprang og steinskred løsner oftest i bratte fjellparti der terrenghelningen er større enn 40-45°.

2.3.3 Jordskred og flomskred

Jordskred starter med en plutselig utglidning i vannmettede løsmasser og blir som regel utløst i skråninger som er brattere enn 25-30°. Man kan skille mellom kanaliserte og ikke-kanaliserte jordskred.

Et kanalisert jordskred skaper en kanal i løsmassene som kan fungere som skredbane for nye skred. Skredmasser kan bli avsatt og danne langsgående rygger parallelt med kanalen. Når terrenget flater ut blir skredmassene avsatt i en tungeform. Over tid kan flere slike skred bygge en vifte av skredavsetninger. I et ikke-kanalisert jordskred flytter massene seg nedover langs en sone som gradvis kan bli bredere. Mindre jordskred kan oppstå i slakere terreng med finkorna, vannmettet jord og leire, gjerne på dyrka mark eller i naturlig terrasseformede skråninger i terrenget.

Flomskred er raske, vannrike, flomlignende skred som følger elve- og bekkeløp, eller raviner, gjel eller skar, ofte uten permanent vannføring. Helningen i utløsningsområdet kan være ned mot 10°. Skredmassene kan bli avsatt som langsgående rygger på siden av skredløpet, og oftest i en stor vifte nederst, der de groveste massene ligger ved roten av vifta og finere masser blir avsatt utover vifta. Massene i et flomskred kan komme fra store og små flomskred langsetter flomløpet, undergraving av sideskråninger og erosjon i løpet, eller i kombinasjon med sørpeskred.

2.3.4 Skredfare og klimaendringer

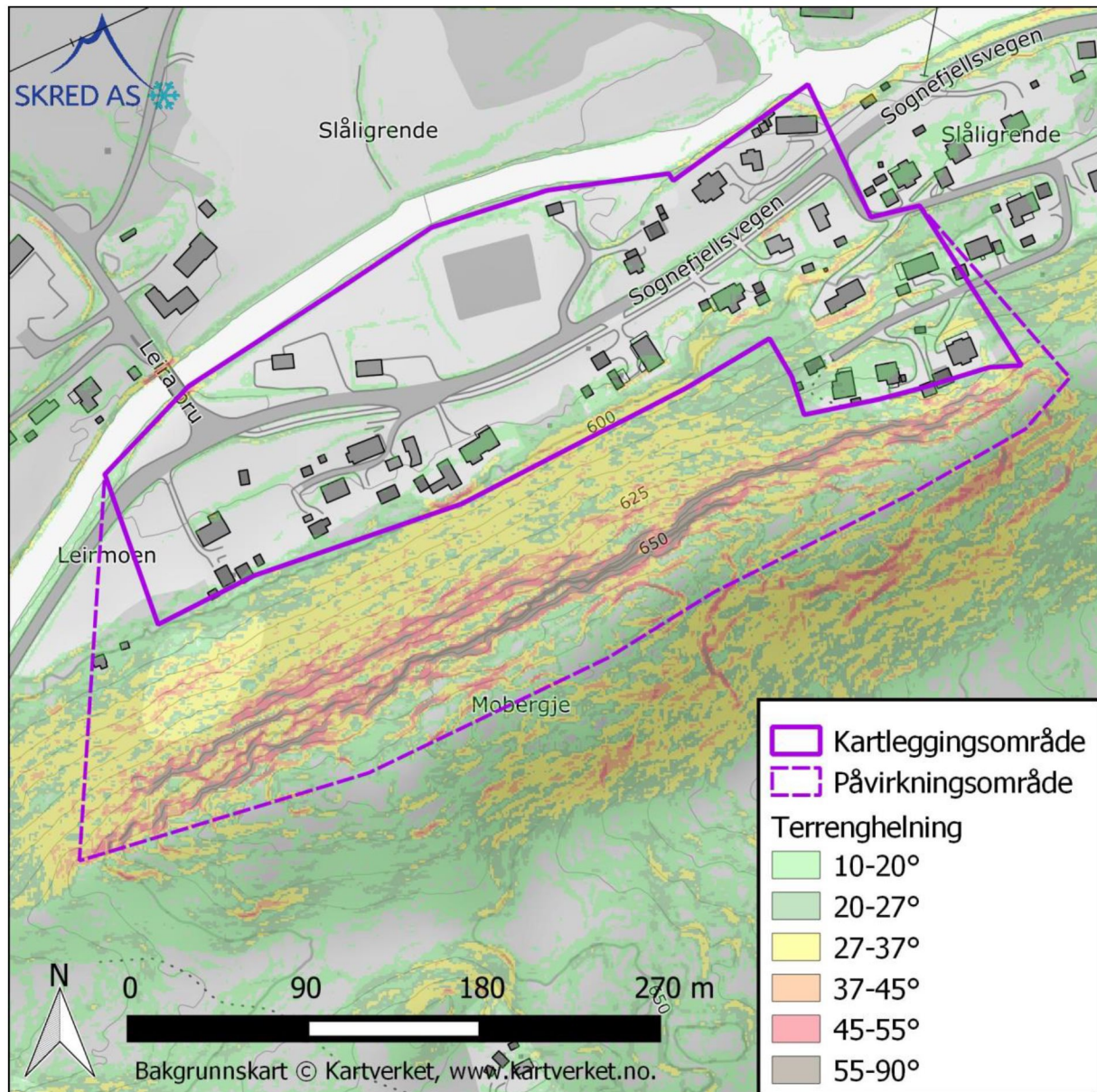
Spesielle værforhold er en dokumentert utløsende faktor for de fleste typer skred, og forekomsten av disse skredtypene vil naturlig bli påvirket dersom klimaet utvikler seg slik at ekstremt vær inntreffer oftere. Generelt vil et varmere og våtere klima kunne påvirke frekvensen av jordskred, flomskred, snøskred og sørpeskred, men i hvilken grad skredaktiviteten vil endres i hver landsdel er uvisst.

Det er altså ikke mulig å beregne et «klimapåslag» for skredstørrelse eller skredutløp og så bruke dette i skredfarekartlegging. Klimautviklingen inngår dermed i en rekke usikkerhetsmomenter som det ikke finnes verktøy for å kvantifisere, men som vurderes skjønnsmessig når en utreder eller kartlegger skredfare.

3 Beskrivelse av området

3.1 Topografi

Terrenganalysen er basert på en detaljert terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m, avledet fra LiDAR data. Kart med terrenghelning er vist i Figur 2.



Figur 2: Kart med beregnet terrenghelning i og rundt kartleggingsområdet.

Kartleggingsområdet (ca. 600 moh.) er lokalisert på nordsiden av Moberje (677 moh.) Kartleggingsområdet er tilnærmet flatt, med unntak av området i øst der helningen er 10-27°. Like sør for kartleggingsområdet stiger terrenget med en helning på 27-37° opp til ca. 640 moh. Ovenfor dette er det bart fjell med nær vertikal helning og stedvis overheng opp til ca. 665 moh. Fra 665 moh. opp til toppen av Moberje stiger terreng generelt slakere enn 20°, men stedvis med noen kupertede områder med brattere helning. Det er ingen renner eller forsenkninger i fjellsiden ned mot kartleggingsområdet.



Figur 3: Dronebilde fra den østligste delen av kartleggingsområdet.



Figur 4: Dronebilde av den midterste delen av kartleggingsområdet.



Figur 5: Dronebilde av den vestlige delen av kartleggingsområdet

3.2 Hydrologiske forhold

Det er utført en flomveisanalyse (ikke vist i figur) som viser at kun er begrenset til nedslagsfeltet fjellsiden utgjør. Siden det ikke er noen renner eller forsengkninger i fjellsiden, fordeles avrenningen jevnt langs hele fjellsiden.

Under flomsituasjoner kan elva Leira muligens nå over sine bredder. Kartleggingsområdet er derfor delvis innenfor NVEs aktsomhetssone for flom.

3.3 Geologi

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:50 000 (NGU, 2021a). I kartleggingsområdet er det kvartsitt, glimmerskifer og uensarta gneis (NGU, 2021a). Basert på observasjoner under befaringen er det tre tydelige sprekkeseett i bergmassen. Et sprekkeseett tolkes å være eksfoliasjonssprekker (overflateparallele avlastingssprekker). I tillegg til det eksfoliasjonssprekkene finnes det et tilnærmet vertikalt sprekkeseett med strøk omtrent NV-SØ (S2), samt et som heller innover i fjellsiden (mot sørøst) og med strøk omtrent SV-NØ (S3). Disse sprekkeseettene danner store, rektangulære blokker. Sprekke er stedvis åpne og stedvis uten åpning.

Sprekkeseett	Fallretning/Fall
S1 (eksfoliasjon)	340/45
S2	060/90
S3	150/40

Ifølge NGUs løsmassekart i målestokk 1:250 000 (NGU, 2021b) består løsmassene i kartleggingsområdet primært av bart fjell og tynt morenedekke. Befaringsobservasjonene, som er gjort med en mye høyere nøyaktighet enn detaljnivået til NGUs løsmassekart, tilsier også at det er skredavsetninger i fjellsiden. Skredavsetningene er en kombinasjon av steinskred og steinsprang, og er avsatt over morenedekket.

3.4 Vegetasjon

Flybilder fra mellom 1965-2020, tilgjengelige på www.norgebilder.no, viser at skogen i området har blitt gradvis tettere. Skogen består primært av furu, men også med innslag av bjørk. Det er tett skog i omtrent hele fjellsiden helt opp til der fjellsiden blir nær vertikalt og består av fast fjell. Unntaket er det to områdene med grove steinskredavsetninger. Trærne i området har en diameter i brysthøyde på ca. 20-30 cm.

3.5 Tidligere rapporter

Skred AS kjenner ikke til tidligere skredfarevurderinger dekkende for hele eller deler av kartleggingsområdet.

3.6 Registrerte skredhendelser

I NVE Atlas (NVE, 2021) er det registrert en mindre steinspranghendelse i år 2000 ved bolig nr. 2158, men det er i beskrivelsen presisert at plassering og tidspunkt for hendelsen er usikker. Steinspranget skal ha ødelagt et skur som var satt opp på eiendommen.

På flybilder fra mellom 1965-2020 er det ikke observert tydelige endringer i fjellsiden eller i skogen som kan tolkes som ferske skredhendelser. Eier av bolighus nr. 2168 hadde eller ikke informasjon om ferske steinspranghendelser fra fjellsiden.

3.7 Aktsomhetsområder

Det kartlagte området ligger helt eller delvis innenfor NVEs aktsomhetssoner for snøskred og steinsprang.

Ifølge NVEs aktsomhetskart for flom, ligger deler av kartleggingsområdet innenfor aktsomhetsområde for flom. Skred AS er kun bedt om å utføre skredfarekartlegging, men har også kompetanse til å utføre flomfarevurdering for området dersom kommunen ønsker dette.

3.8 Eksisterende skredsikringstiltak

Det er ikke registrert sikringstiltak i NVE Atlas (NVE, 2021), og dette ble heller ikke observert under befaringen.

3.9 Klima

I henhold til NVEs veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng (NVE, 2020), skal det utføres klimaanalyse for snø-, sørpe-, jord- og flomskred. Krav til klimaanalysen avhenger av skredtype. Klimaanalysen anses ikke å være nødvendig for fareutredning av steinsprang og steinskred.

I denne vurderingen er det ikke utført detaljert klimaanalyse for kartleggingsområdet. Dette på grunnlag av:

1. Snøskredfaren avklares basert på blant annet topografiske og vegetasjonsrelaterte betraktninger (kapittel 4.1).
2. De topografiske forholdene ligger ikke til rette for utløsning av sørpeskred.
3. For jord- og flomskred kan en klimaanalyse benyttes til å beregne gjentaksintervall for nedbør som er kraftig nok til å utløse skred. Klimaanalysen kan dermed benyttes til å vurdere sannsynligheten for at jord- og flomskred utløses, men ikke hvor store evt. slike skred vil bli. Til dette må blant annet topografi, geomorfologi, drenering og vegetasjon vurderes (NVE, 2021c). Siden løsmassene, topografien, dreneringsforholdene og vegetasjonen i fjellsiden ikke legger til rette for utløsning av løsmasseskred, er det lagt mer vekt på dette enn å utføre klimaanalyse for jord- og flomskred.

4 Vurdering av skredfare

4.1 Snøskred

Basert på topografi og terrenghelning (27-55°) alene er det noen teoretiske mulige utløsningsområder for snøskred nedenfor brattskrenten (>55°) mot toppen av Moberje. Dette gjenspeiles i NVEs aktsomhetszone for snøskred, der disse områdene (27-55°) er markert som potensielle løsneområder for snøskred.

De teoretiske løsneområder er imidlertid enten 1) dekket av tett, voksen furuskog som reduserer løsnensannsynligheten for snøskred betydelig og/eller 2) består av grov steinsprangur, som gjør at det skal betydelige snømengder til for at et svak lag er uavbrutt i snødekket.

Den årlige sannsynligheten for skader forårsaket av snøskred vurderes derfor som mindre enn 1/1000 i kartleggingsområdet.

4.2 Sørpeskred

Sørpeskred kan oppstå under ulike terrengsettinger og hydrologiske forhold og utløses etter forskjellige mekanismer. Sørpeskred oppstår ofte der dreneringen er dårlig som følge av topografien, eller der dreneringen er hindret av midlertidige forhold (eks. oppdemning av bekk). Området er for det meste dekket av skog, som sørpeskred sjelden utløses i.

I likhet med andre skred styrt av høyt vanninnhold (eks. flomskred) har sørpeskred tendens til å følge forsenkede terrengpartier som bekkeløp og raviner. I kartleggingsområdet er det ingen større bekker eller forsenkninger. Dreneringsanalysen viser at avrenningen i fjellsiden er begrenset til kun nedslagsfeltet selve fjellsiden utgjør. Siden det ikke er noen renner eller forsenkninger i fjellsiden, fordeles avrenningen jevnt langs hele fjellsiden.

Det vurderes derfor at den årlige sannsynligheten for sørpeskred inn i kartleggingsområdet er lavere enn 1/1000.

4.3 Løsmasseskred

4.3.1 Jordskred

Ifølge NGUs løsmassekart er det tynt morenedekke i deler av kartleggingsområdet og påvirkningsområdet. Basert på våre befaringsobservasjoner er det primært grove steinsprang- og steinskredavsetninger. Slike masser inneholder lite finstoff, for eksempel silt, som ofte er tilstede i løsmasser der det utløses løsmasseskred. I tillegg er steinsprang- og steinskredavsetninger svært grove masser som generelt drenerer vann godt.

Det kan være moreneavsetninger under steinsprang- og steinskredavsetningene. Morenemasser kan ha høyt siltinnhold, og følgelig kan løsmasseskred utløses under steinsprang- og steinskredavsetningene. Fjellsiden viser ingen spor etter slike utglidninger.

4.3.2 Flomskred

Flomskred utløses generelt i tilknytning til erosjon i løsmassedekket langs elver og bekker, og skredmassene følger ofte forsenkninger i terrenget som elveløp og raviner. Det renner ingen

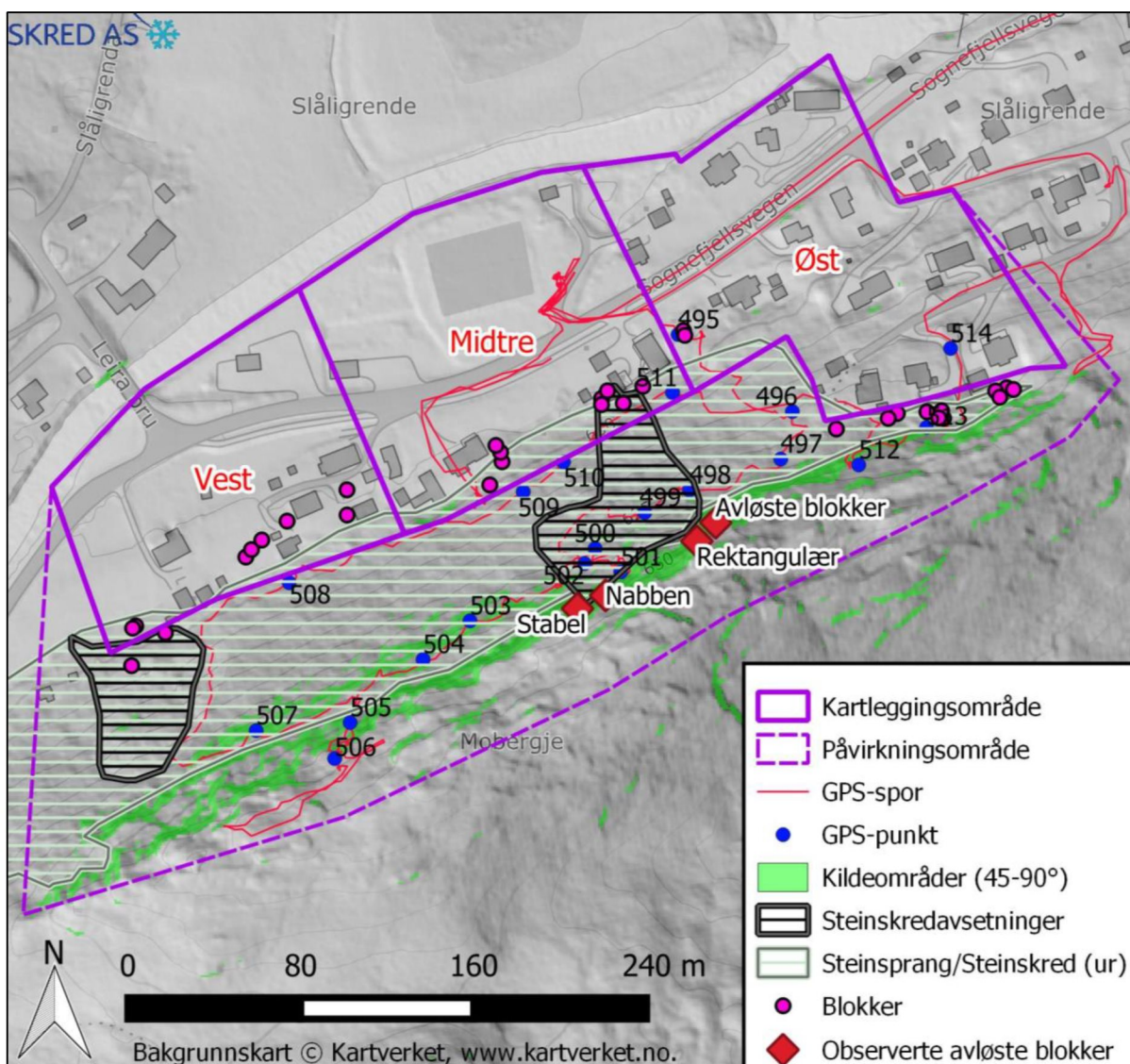
store bekker i området, og dreneringsanalysen viser av vannet ikke konsentreres i noen deler av fjellsiden.

4.3.3 Samlet vurdering løsmasseskred

På grunnlag av en helhetlig vurdering av topografi, løsmasseforholdene, dreneringsanalyse og fravær av tegn etter løsmasseskred, vurderes den årlige sannsynligheten for løsmasseskred i kartleggingsområdet til lavere enn 1/1000.

4.4 Skred i fast fjell

Det er valgt å dele kartleggingsområdet inn i tre områder i den videre vurderingen av steinsprang og steinskred, henholdsvis øst, midtre og vest (Figur 6). Dette både på grunnlag av at steinsprangfaren er ulik i ulike deler av kartleggingsområdet, men også for å tydeliggjøre vurderingene for leseren. Figur 6 viser inndelingen av de tre områdene, sammen med veipunkter og registreringer fra befaring. Befaringsnotater er oppsummert i Tabell 2.



Figur 6: Registreringskart, inkludert GPS-spor og -punkter fra befaringen.

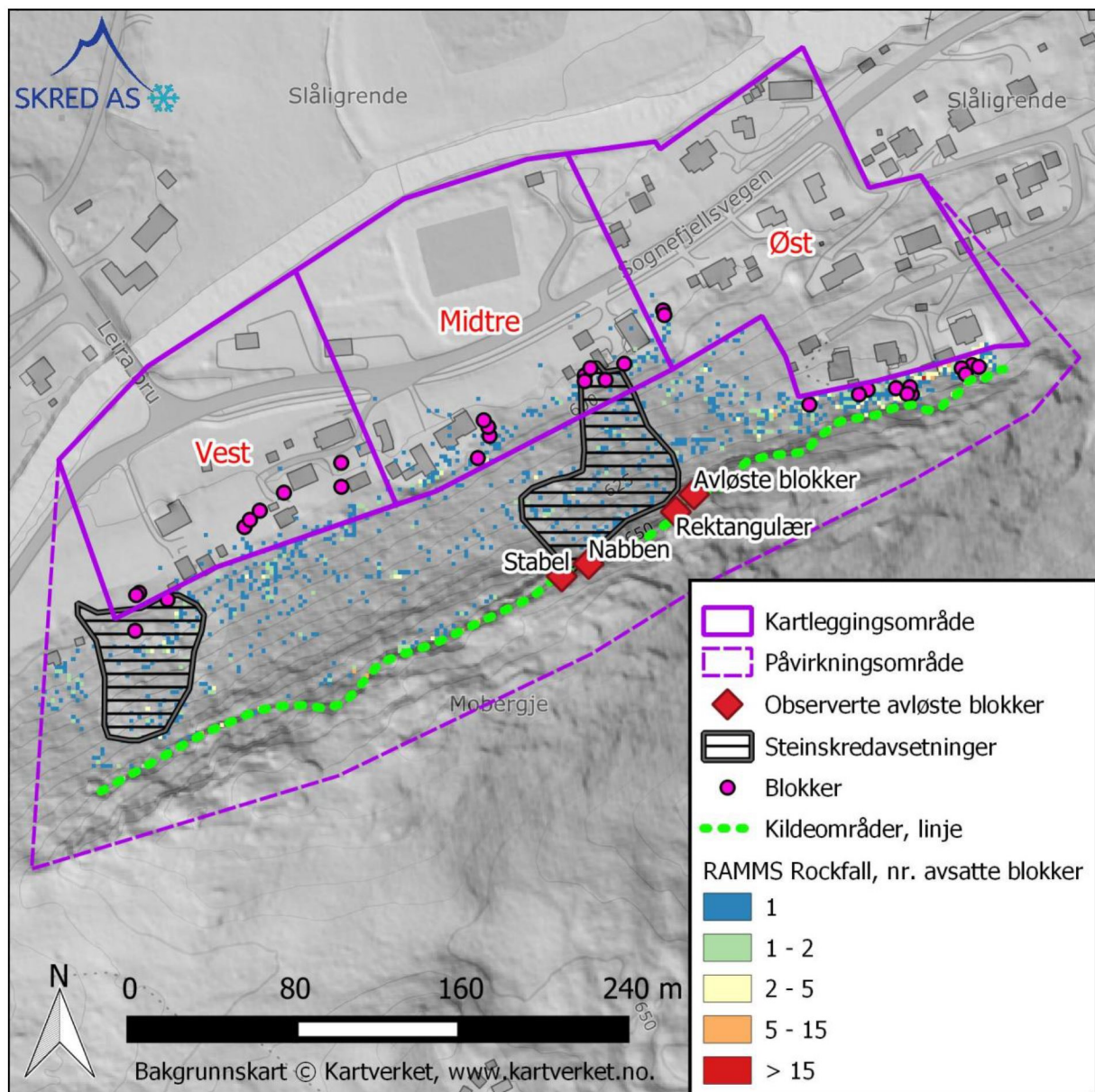
Tabell 2: Beskrivelse til GPS-punktene vist i Figur 6.

GPS-punkt	Beskrivelse
495	Blokk på 4 m x 5 m x 3 m. Mulig 1/5000 hendelse. Evt. Lengste utløp av steinskred.
496	Lengste utløp av stort utfall. 5 x 4 x 2
497	Nye utfall øst for dette vil stoppe i avsetningene. Ruhet i avsetningene opptil 2 m.
498	Østlig start på grove skredavsetninger. Hus i fallretningen. Rektangulær blokk har primært fallretning mot grove skredavsetninger. Like øst også noen masser på glideplan.
499	Glideplan på ca. 45 grader. Stein på stein er ca. 1 kubikkmeter.
500	Blokk på 2 m høyde. Vil være som en voll.
501	Mot øst: Oppstapla blokker på ca. 1 kubikkmeter. Glideplan på ca. 55 grader. Fallretning/Fall: 340/45, 150/40. Mot vest: «Nabben» fra dronebildene. Helt i kanten av steinskredavsetningene. Gjennomsettende, bølgete glideplan. Gjennomsnittlig glideplanfall på 45 grader. De slakeste fallene på glideplanet er ned mot 25 garder.
502	Sideavgrensning steinskred i vest. «Stabbe» med grove blokker (5 x 5 x 5) og mindre blokker i foten. Høyde: 20 m. Brekke: 5 m. Dybde: 5 m. Dette er potensielt nytt steinskredparti. Dette er sannsynligvis sideavgrensningen etter det forrige.
503	Mellom 502 og 503 er det mindre avløst og større blokker → Lettere og tryggere å bolte. Mulig nett på 502? Bra berg å forankre i.
504	Avløst sprekkesett for mindre og større områder. Mulig med bergsikring.
505	Stort avløst parti. 30-35 grader i foten. 5 x 5 x 5. Sannsynligvis stabilt. Utfall fra 3 m ovenfor.
506	Fallretning/fall: 010/70, 150/40
507	Sannsynligvis ok for 1/1000 i vest. Noe avskalling som evt. kan boltes.
508	Nedre grense av ur ca. 10 m lengre nede enn spor. Blokk på 10 x 8 x 5 ved bygg og langt nede i løsmassedekket.
509	Steinskredavsetninger helt ned i tun.
510	Fallinje til «Nabbe» mellom hus.
511	Garasje bygget inn i blokk.
512	Stor åpen sprekk. Tidligere utfall. Fallretning/fall: 330/40, 145/40. Stedvis bergkontakt.

I øvre del av påvirkningsområdet er det en langsgående skrent brattere enn 45°, med stedvis overhengende partier. Bergmassen har tre tydelige sprekkesett, som avløser blokkene i kubiske og rektangulære former. Stedvis er blokkene tydelig avløst med gjennomsettende sprekkesett. Nedenfor skrenten er det både steinsprang- og steinskredavsetninger. Avsetningene når ned til, og stedvis forbi, de øverste bolighusene i kartleggingsområdet. På grunnlag av bergmassens sprekkesett, avløste blokker/bergpartier i kildeområdene og steinsprang/steinskred-avsetninger, vurderes den årlige utløsningssannsynligheten for steinsprang til høyere enn 1/100.

For å beregne mulig utbredelse av steinsprang, er det utført steinsprangmodellering med programvaren Rockyfor3d (Dorren, 2015) og RAMMS::Rockfall (Bartelt, et al., 2016). Modelleringen ble utført på en terrengmodell med 2 m x 2 m horisontal oppløsning.

I Rockyfor3d ble friksjonsparameterne satt basert på funksjonen «rapid automatic simulation (RAS)». Det fører til at alle områder brattere enn 52° er kildeområder, samt at terrengruheten settes automatisk basert på terrenghelning. Disse ruhetene er erfaringsmessig lave, spesielt i områder med steinsprangur. Dette fører ofte til at modellen gir lengre utløpslengder enn det som er tilfelle i realiteten.



Figur 7: Kartlagte steinskred og steinsprangavsetninger, samt eksempel på beregningsresultat i RAMMS med blokker på 1-10 m³. 100 m³ er ikke inkludert da det kun er aktuelt ved Stabelen.

I RAMMS ble uravstemningene definert som «medium» og «medium soft», for å ta hensyn til uras bremsende effekt. «Medium» ble valgt for store blokkstørrelser som får mindre demping enn små blokker på grunn av uras dempingseffekt relativt til blokkstørrelsen. Små blokker ble av samme grunn modellert med «medium soft». Modellen ble kjørt med rektangulære blokker på 1, 2, 5, 10 og 100 m³, basert på bergmassens lagdeling og blokkstørrelse i ura. Figur 7 viser et eksempel på beregningsresultat i RAMMS med blokker på 1, 2, 5, og 10 m³. Modelleringsresultatet viser generelt at steinsprang fra kildeområdene ovenfor

- 1) område øst avsettes helt i sørenden av kartleggingsområdet,

- 2) område midt når blokkene relativt langt inn i kartleggingsområdet, der det er bolighus og
- 3) område vest når marginalt inn i kartleggingsområdet, der det er lokalisert uthus og garasjer, men ikke bolighus. Modelleringsresultatet er videre omtalt under hvert underkapittel til hvert område.

4.4.1 Område øst (hus nr. 14, 16, 18 og 2154)

Kildeområdene ovenfor bebyggelsen i område øst øker både i høyde og helning fra øst mot vest. Stedvis har kildeområdene overhengende partier. Bergmassens sprekkesett gir kubiske og rektangulære avløste blokker. Under befaringen ble det observert avløste blokker ovenfor alle bolighusene. De tydeligst avløste blokkene er lokalisert midt mellom bolighuset og garasjen til hus nr. 14 (rød ring i Figur 8) og like vest for hus nr. 18 (rødt hus). Den årlig utløsningsansynligheten for steinsprang vurderes stedvis til høyere enn 1/100.



Figur 8: Dronebilde fra område øst. Rød ring viser avløste blokker dimensjonerende for faresonen med årlig sannsynlighet 1/100. Svart ring viser området med store blokker, som sannsynligvis stopper evt. nye utfall.

I område øst er det steinsprangavsetninger ned til garasjene, men ikke ned til bolighusene. Avsetningene er omtrent 1 m^3 i øst og øker i størrelse mot vest. Ovenfor hus nr. 14 og 18 er det blokker på flere 10-talls kubikk like nedenfor overhengende partier (Figur 8). Disse har betydelig bremsende effekt på nye utfall, og har omtrent virkning som en fangvoll. I tillegg er det et flatt område mellom ytterkant av steinsprangavsetningene og bolighusene, der steinsprang som evt. passerer eksisterende steinsprangavsetninger med høy sannsynlighet vil stoppe.

Dette støttes av modelleringsresultatene utført med RAMMS (Figur 7) og Rockyfor3d. Modelleringsresultatene med blokker på $1\text{-}10 \text{ m}^3$ viser at alle blokkene stopper før de når bolighusene. Modellingene viser at blokkene kan nå de to garasjene. På grunnlag av

oppsprekningen i kildeområdene ovenfor disse garasjene vurderes den årlige utløsningssannsynligheten til høyere enn 1/1000, men lavere enn 1/100, ved garasjene.

Det vurderes følgelig at den årlige sannsynligheten for steinsprang er høyere enn 1/1000 ved garasjene, men lavere enn 1/1000 ved bolighusene. Faresonen med årlig sannsynlighet 1/100 når så vidt ned på garasjen lengst øst.

4.4.2 Område midt (hus nr. 2158 og 2168)

Ovenfor område midt er det en større steinskredavsetning. Ovenfor midtre deler av steinskredavsetningene er det relativt få avløste blokker. Unntaket er blokken navngitt «Nabben» (Figur 6 og Figur 9). I sideavgrensningen til kildeområdet til steinskredet, både i vest og øst, er det flere, store avløste blokker og blokkpartier. Disse områdene («Rektangulær», «Avløste blokker» og «Stabel», Figur 6 og Figur 9) vurderes å være områder som ble satt delvis i bevegelse under steinskredhendelsen, men som ikke har rast fullstendig ut.



Figur 9: Nærbilde av kildeområdene ovenfor område midt tatt med drone. Rødt område viser avløste blokker, rød pil viser «Rektangelet», blå pil viser «Nabben» og det oransje området viser «Stabelen»



Figur 10: Tv.: Stabelen med blokker sett fra øst mot vest. Midten: Stabelen av blokker sett fra oven. Th.: Foten til stabelen.

«Nabben» er ca. 3 m x 2 m x 2 m og er lokalisert ovenfor steinskredavsetningene. Siden den er lokalisert ovenfor steinskredavsetningene, stedvis bestående av blokker omtrent dobbelt så store som «Nabben», vurderes det at den vil avsettes i steinskredavsetningene dersom den løsner. Dette støttes av steinsprangmodelleringen, som viser at kun et fåtall av svært mange simulerte blokker fra kildeområdene ovenfor steinskredavsetningene passerer steinskredavsetningen.

«Rektangulær» og «Avløste blokker» er lokalisert i den østlige avgrensningen av steinskredet. Den rektangulære blokken er ca. 3 m x 1 m x 1 m. Den ene av de avløste blokkene er noe større, mens de fleste er noe mindre. Blokkene er lokalisert slik at de kan passere øst for steinskredavsetningen, og få fallretning ned mot bolighus 2158. Dette viser også modelleringsresultatene. Disse blokkene er derfor dimensjonerende for faresonen i området ved bolighus nr. 2158.

«Stabel» er lokalisert i den vestlige avgrensningen av kildeområdet (Figur 10). Stabelen har totalt en høyde på ca. 20 m og består av flere blokker hvor hver enkelt har størrelse på opptil ca. 5 m x 5 m x 5 m. Basert på volumet ($>100 \text{ m}^3$) klassifiseres stabelen av blokker til et potensielt steinskred, og ikke som steinsprang ($<100 \text{ m}^3$). Stabelen har sannsynligvis stått slik i lang tid, sannsynligvis fra da steinsteinskredet gikk. Foten til de oppstapla blokkene består av et overhengende parti med kort avstand mellom sprekkene som faller innover i fjellsiden (fallretning/fall på ca. 150/40) (Figur 10). Tyngden av de overliggende blokkene, samt frostsprengning og forvitring, kan overtid føre til at foten svekkes og at stabelen raser ut. På grunn av stabelens dårlige fot og synlige tegn til små utfall fra overhenget vurderes årlig

sannsynlighet for utfall til ca. 1/300. Dette til tross for at blokkstabelen trolig har stått der i langt flere år enn 300. Basert på de eksisterende steinskredavsetningene og modelleringer med blokker på 100 m³ (i mangelen på å kunne velge større volum i programvaren), kan stabelen av blokker nå ned til bolighus nr. 2168. Stabelen er dermed dimensjonerende for faresonene ved dette bolighuset. Siden stabelen er dimensjonerende for faresonene med årlig sannsynlighet 3/1000 og 1/1000, er utstrekningen av disse faresonene omtrent den samme.

Det vurderes følgelig at den årlige sannsynligheten for steinsprang er høyere enn 1/1000, og også høyere enn 3/1000 ved bolighusene i område midt.

4.4.3 Område vest (hus nr. 2170, 2172, 2182)

Ovenfor bolighusene i område vest (Figur 11) er kildeområdene noe lavere enn ovenfor område midt. Like nedenfor kildeområdene er det et smalt slakere parti. Bergmassens sprekkesett er de samme som for de andre områdene. Dette har ført til at blokker tidligere har løsnet, og at det er avløste blokker i kildeområdene. Enkelte av de avløste blokkene er utsatt for rotsprengning, som kan være en potensiell utløsende faktor. Det vurderes at den årlige sannsynligheten for utfall er lavere enn 1/100, men høyere enn 1/1000.



Figur 11: Kildeområdene ovenfor område vest tatt med drone. Stiplet linje viser omtrent urfoten. Nedenfor dette er det noen større blokker med lengre utløp.

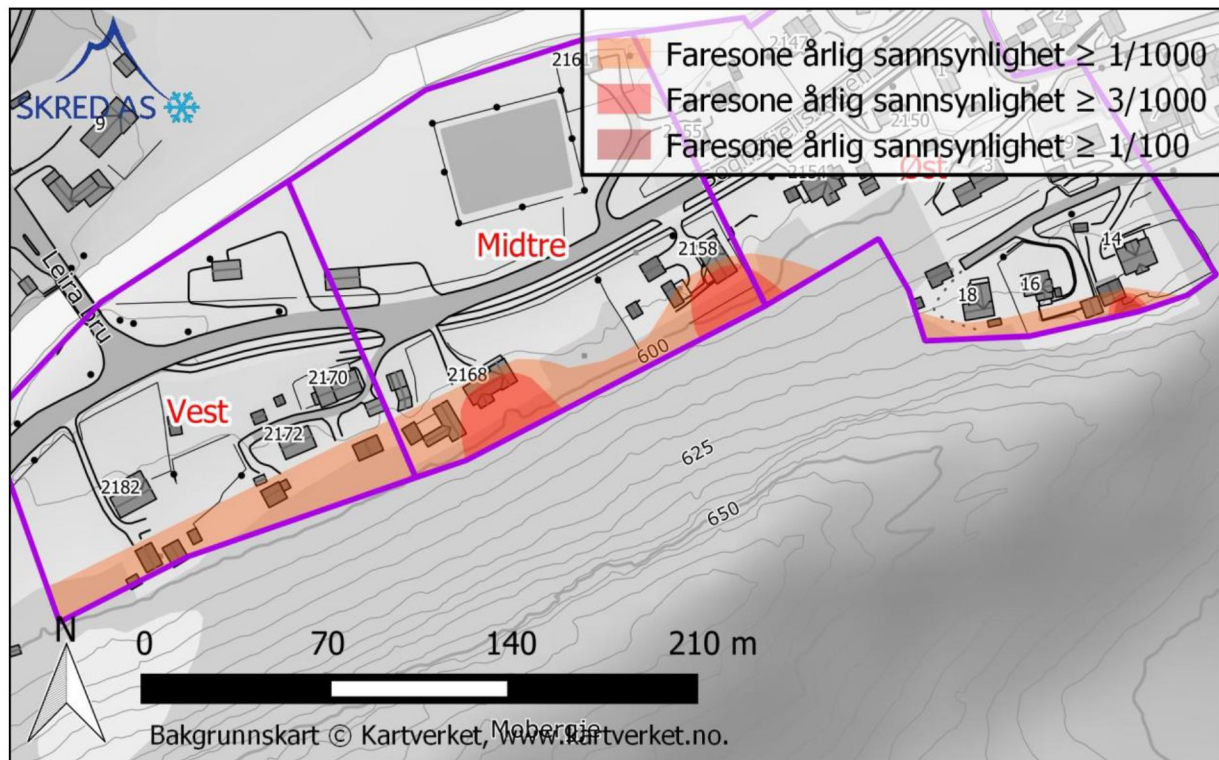
Avsetningene ovenfor bebyggelsen i området tolkes å være steinsprangavsetninger, mens avsetningene lengst vest i området vurderes å være steinskredavsetninger. Blokkene med lengst utløp er lokalisert mellom bolighusene og uthusene/garasjene (Figur 11), og vurderes omtrent å representere faresonen med årlig sannsynlighet på 1/1000.

Modelleringsresultatene viser at blokkene primært avsettes ovenfor urfoten, som er like sørvest for bygningene (uthusene/garasjene) lengst inn mot fjellsiden (svart stiplet linje i Figur 11). Ifølge NVEs veileder er foten av en aktiv steinsprangur en god tilnærming på faresonen med årlig sannsynlighet på 1/100.

Det vurderes følgelig at den årlige sannsynligheten for steinsprang i området vest er høyere enn 1/1000 ned til området mellom uthusene/garasjene og bolighusene.

4.5 Faresoner for skred

Det er faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$, $\geq 3/1000$ og $\geq 1/1000$ i Faresonene er dimensjonert av steinsprang og steinskred. Faresonene med årlig sannsynlighet $\geq 3/1000$ og $\geq 1/1000$ berører bolighusene nr. 2158 og 2168.



Figur 12: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet $> 1/100$, $> 3/1000$ og $> 1/1000$.

4.6 Muligheter for å redusere faresonene

Skred AS er av Lom kommune bedt om å utrede forslag til sikringstiltak for bolighusene som ligger innfor faresonen med årlig sannsynlighet på 3/1000. Forslaget må omfatte kostnadsestimat som kan legges ved en eventuell søknad om økonomisk bistand fra NVE. Mulighetene for å redusere faresonene utredes derfor i eget notat (Skred AS notat 21489-02-1), som vil utarbeides kort tid etter denne skredfarevurderingen (Skred AS rapport 21489-01-1).

Uten å forskuddskonkludere det videre arbeide med å vurdere mulighetene for å redusere faresonene, presiseres det at det trolig ikke er mulig å sikre bolighus nr. 2168 med ordinær bergsikring (eksempelvis bolt, nett, steinspranggjerdje) da tyngden av blokkene er for høy for slike tiltak og at det kan være utfordringer med HMS for de som skal utføre arbeidet. Andre sikringstiltak, som voll, kan bli svært krevende og kostbare. Evt. må man se på muligheten for monitorering av bevegelse, og utbedring av stabelens fot.

Bergsikring med nett og bolter er trolig veldig håndterbart ovenfor bolighus nr. 2158, og det finnes også kraftige nok tiltak til å sikre de aktuelle blokkene i området. Sikringstiltak for denne boligen er dermed betydelig lettere å utføre enn ovenfor bolighus 2168.

5 Konklusjon

Lom kommune har registrert minst fire punkter med fare for utfall av steinblokker fra Moberje i Bøverdalen. Kommunen har derfor bedt Skred AS utføre en skredfarevurdering iht. NVEs veileder for skred i bratt terreng for en strekning på ca. 450 m, der det totalt ligger 12-15 eksisterende bolighus.

Iht. NVEs veileder skal skredfaren vurderes opp mot kravene i sikkerhetsklasse S1 og S2, en årlig sannsynlighet for skred på henholdsvis 1/100 og 1/1000. Kommunen har i tillegg bedt om at skredfaren vurderes opp mot en årlig sannsynlighet på 3/1000, som var risikoakseptnivået for bolighus tidligere.

Det er tegnet faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$, $\geq 3/1000$ og $\geq 1/1000$ i Faresonene er dimensjonert av steinsprang og steinskred. Faresonene med årlig sannsynlighet $\geq 3/1000$ og $\geq 1/1000$ berører bolighusene nr. 2158 og 2168.

Skred AS er av Lom kommune bedt om å utrede forslag til sikringstiltak for bolighusene som ligger innfor faresonen med årlig sannsynlighet på 3/1000. Forslaget må omfatte kostnadsestimat som kan legges ved en eventuell søknad om økonomisk bistand fra NVE. Mulighetene for å redusere faresonene utredes derfor i eget notat (Skred AS notat 21489-02-1), som vil utarbeides kort tid etter denne skredfarevurderingen (Skred AS rapport 21489-01-1).

6 Referanseliste

- Bartelt, P., Bieler, C., Bühler, Y., Christen, M., Christen, M., Dreier, L., . . . Schneider, M. (2016). *RAMMS::Rockfall User Manual v1.6*. SLF/WSL.
- DiBK. (2017). *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)*.
- NGU. (2021a). *Nasjonal begrunnsdatabase*. Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>
- NGU. (2021b). *Nasjonal løsmassedatabase*. Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- Norge i bilder. (2021). *Norge i bilder*. Hentet fra <https://www.norgeibilder.no/>
- NVE. (2015a). *Oppsummeringsrapport for skog og skredprosjektet. Samanstilling av rapportar frå prosjektet*. NVE Rapport 92-2015.
- NVE. (2020). *Sikkerhet mot skred i bratt terreng - utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak*. Versjon datert 12.11.2020. Webområde hentet fra <https://www.nve.no/veileder-skredfareutredning-bratt-terreng>. Hentet fra <https://www.nve.no/skredfarekartlegging/startsidene/?ref=mainmenu>
- NVE. (2021). *NVE Atlas*. Hentet fra <https://atlas.nve.no/>
- NVE. (2021c). *Jord- og flomskred. Klimaanalyse for bruk i skredfarekartlegging*.