

Oppdragsgiver	Navn Berge sag og trelast AS	Kontaktperson Martin Götz
Oppdrag	Nummer og navn 19287 Odda, Korlevoll – Skredfarevurdering for GBnr. 31/4, m.fl. reguleringsplan, felt D	Oppdragsleder Hans Georg Grue
Dokument	Nummer 19287-01-1 Utført av Hans Georg Grue	Dato 2019-07-12 Kontrollert av Kalle Kronholm

Skredfarevurdering, Korlevoll

Sammendrag

Grunneierne av Gnr/Bnr 31/4 m.fl. ved Korlevoll i Odda kommune, utarbeider en reguleringsplan for planområde D. Det ønskes oppført om lag 100 hytter innenfor planområdet som ligger innenfor NVEs aktsomhetssoner for snøskred, steinsprang og jord- og flomskred, samt NGIs kombinerte aktsomhetssone for stein- og snøskred.

Det er faresoner med årlig sannsynlighet større enn 1/5000, 1/1000 og 1/100 i planområdet. Snøskred er dimensjonerende skredtype sør i området, mens steinsprang er dimensjonerende i midtre og nordlige deler av området. Nordlige deler av planområdet tilfredsstiller krav til sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasse S3, mens deler av det midtre partiet av planområdet også tilfredsstiller kravene til sikkerhetsklasse S2. Kun det sørvestre hjørnet av planområdet tilfredsstiller ikke kravene til sikkerhetsklasse S1.

Skogen i dalsida er av avgjørende betydning for faresonenivået i planområdet. Dersom skogen hogges i dalsida over planområdet vil snøskred bli en aktuell skredtype for en større del av området, slik at faresoneutstrekningen vil øke betraktelig.

Det er mulig å utføre tiltak for å redusere faresoneutstrekningen i planområdet ved hjelp av ulike sikringstiltak.

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Mål	5
1.3	Befaring	6
1.4	Forbehold	6
2	Krav til sikkerhet mot skred	7
2.1	Lovverket	7
2.2	Aktuelle krav	8
2.3	Vurderte skredtyper	8
2.3.1	Snøskred og sørpeskred	8
2.3.2	Skred i fast fjell	8
2.3.3	Jordskred og flomskred	9
2.3.4	Skredfare og klimaendringer	9
3	Beskrivelse av området	10
3.1	Topografi	10
3.2	Geologi	11
3.3	Vegetasjon	11
3.4	Registrerte skredhendelser	12
3.5	Tidligere rapporter	12
3.6	Aktsomhetsområder	13
3.7	Eksisterende skredsikringstiltak	13
3.8	Klimatiske trekk av betydning for skredfare	13
4	Vurdering av skredfare	17
4.1	Snøskred	17
4.2	Sørpeskred	19
4.3	Jord- og flomskred	21
4.4	Skred i fast fjell	22
4.5	Faresoner for skred	23
4.6	Forutsetninger for faresonene	24
4.7	Muligheter for å redusere faresonene	24
5	Konklusjon	26
6	Referanseliste	27

Figurer

- Figur 1: Lokaliseringen av det vurderte området 21 km sør for Odda sentrum. Røde stjerner viser plasseringen til de nærmeste meteorologiske stasjonene..... 5
- Figur 2: Kart over beregnet terrenghelning for den vestvendte dalsiden i det vurderte området. Store deler av de røde/oransje partiene utgjør potensielle løснеområder for snøskred om en ser vekk ifra skog, mens partier i brunt og svart har en terrenghelning som gjør disse til potensielle løśnieområder for steinsprang. Skrentene over de sørlige deler av planområdet er høyere og mer sammenhengende enn i midtre og nordlige deler av dalsida..... 10
- Figur 3: Oversiktsbilde av fjellsiden ovenfor det vurderte området (lilla markering). Dalsida er for det meste dekket av velutviklet skog. De deler av dalsida som kan fungere som utløsningsområder for skred og har begrenset eller ingen skog, er omtrentlig markert med grønnstiplet polygon. Innenfor deler av dette området er det også steinsprangur. Steinsprangura strekker seg videre et stykke nedover i skogen utenfor grønnmerkingen. Bildet er tatt mot øst fra drone. 12
- Figur 4: Beregnet 3-døgnsnedbør med ulike gjentaksintervaller for vintermånedene desember til april. Data fra www.eklima.no. 14
- Figur 5: Ekstremverdianalyse av 3-døgns snøtilvekst ved den meteorologiske stasjonen i Røldal. 15
- Figur 6: Vindrose fra stasjon 46432 Røldalsfjellet - Elvershei for vintermånedene desember-april i hele stasjonens måleperiode, som kun er fra 2014 og frem til i dag. Data fra www.eklima.no..... 16
- Figur 7: Registreringskart med skredrelevante observasjoner fra befaring og studier av terrengmodell, flyfoto og kartgrunnlag. Potensielle utløsningsområder for steinsprang og snøskred kan best observeres i Figur 2. 17
- Figur 8: Utvalgte utløsningsområder (6 og 31) for snøskred vist med blåstiplet polygon, og eksempel på resultat (simulering: snø04 og snø08) av beregnet snøskredutbredelse med bruddkanter på hhv. 1 og 1,5 m med utløste volum i overkant av 8000 og 7000 m³. Friksjonsparametere er 300S (omr. 6) og 300M (omr. 31) uten skog. Terrengmodellen som er benyttet, har 10 m horisontal oppløsning. Med dagens vegetasjon er snøskred fra omr. 6 svært lite sannsynlig..... 19
- Figur 9: Eksempel på beregningsresultat (sørpe01) i RAMMS::DEBRIS FLOW med friksjonsparametere tilpasset sørpeskred ($\mu = 0,05$; $\xi = 3000$; $R_o = 1000$), en terrengmodell med 4 m x 4 m horisontal oppløsning og en bruddkant på 1m. 21
- Figur 10: Eksempel på beregningsresultat med automatisk definerte kildeområder for steinsprang som viser antall avsatte skredblokker på 1 m³ per kvadratmeter. Modellen viser at skredmaterialet teoretisk vil stanse på de slakere avsatsene og i dalbunnen. Modellen er gjennomført med konservative automatisk genererte ruhetsparametere, slik at reelle utløp med denne typen skredblokker er kortere. Svært få simuleringblokker går inn på de nordlige deler av planområdet..... 23
- Figur 11: Faresoner med årlig sannsynlighet større enn 1/5000, 1/1000 og 1/100..... 24

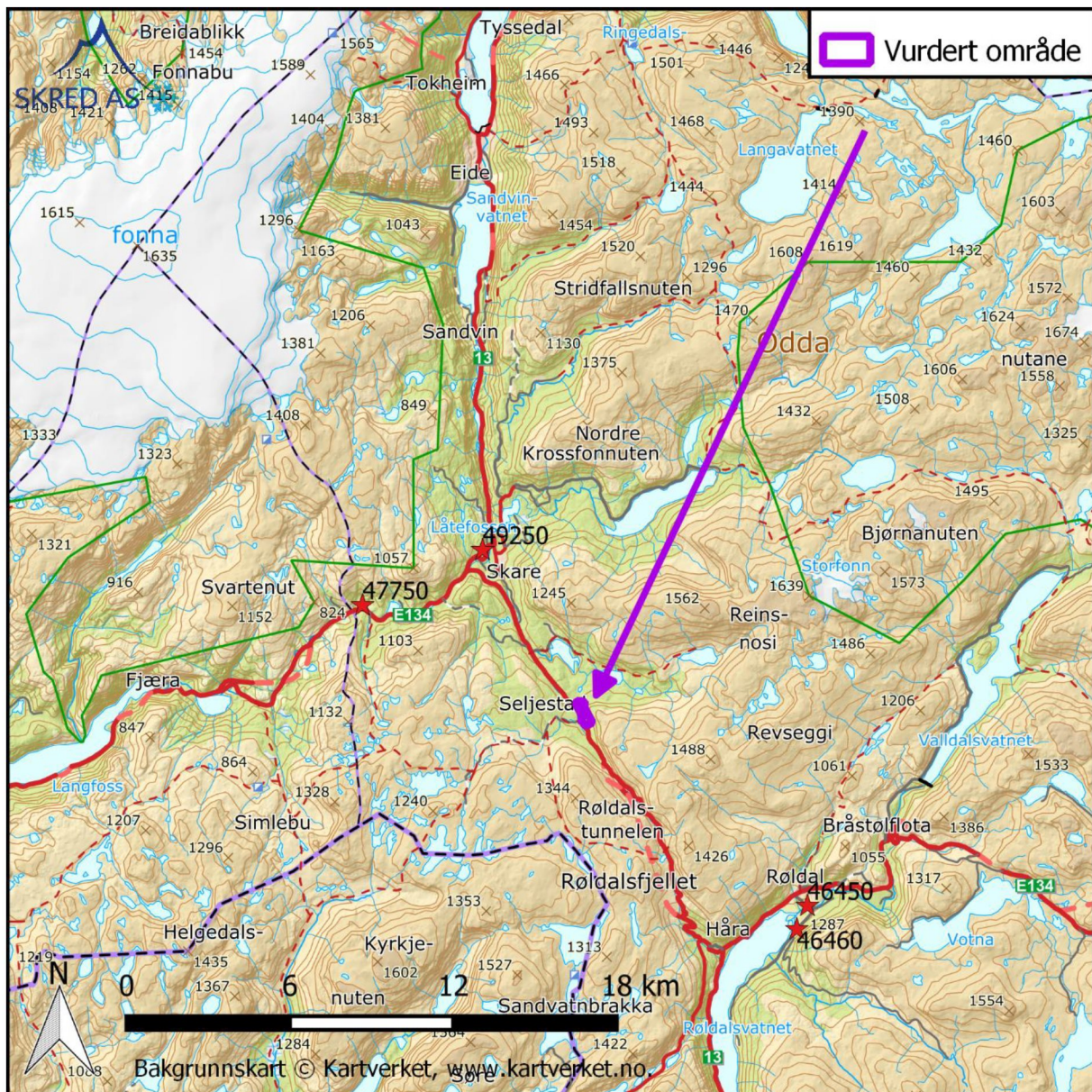
Tabeller

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggt teknisk forskrift, TEK17 (DiBK, Byggt teknisk forskrift med veiledning (TEK17), 2017).....	7
Tabell 2: Oversikt over de benyttede meteorologiske stasjonene.	13

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Grunneierne av Gnr/Bnr 31/4 m.fl. ved Korlevoll i Odda kommune, utarbeider en reguleringsplan for planområde D. Det ønskes oppført om lag 100 hytter innenfor planområdet som ligger innenfor NVEs aktsomhetssoner for snøskred, steinsprang og jord- og flomskred, samt NGIs kombinerte aktsomhetszone for stein- og snøskred. Det ønskes derfor en detaljert skredfarevurdering for planområde D.



Figur 1: Lokaliseringen av det vurderte området 21 km sør for Odda sentrum. Røde stjerner viser plasseringen til de nærmeste meteorologiske stasjonene.

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 NVE veileder 8-2014, «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» (NVE, 2014).

1.3 Befaring

Befaring i området ble utført 2019-07-02 av Hans Grue fra Skred AS, og Knut Kvandal fra Berge sag og trelast AS. Det var tidlig på dagen noe nedbør, deretter sol og gode befaringsforhold.

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, Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17), 2017).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17), 2017).

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

Det er opp til kommunen å vurdere aktuelle krav til sikkerhet. I retningslinjene til TEK17 er det gitt ulike eksempler, nevnt ovenfor. Frittliggende fritidsboliger faller innenfor sikkerhetsklasse S2 ($\leq 1/1000$). Leilighetsbygg beregnet for mer enn 25 personer, eller med flere enn 10 boenheter skal tilfredsstillende sikkerhetsklasse S3 ($\leq 1/5000$). Garasjer og enklere uthus skal tilfredsstillende sikkerhetsklasse S1 ($\leq 1/100$).

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 flaskskred. 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. Flaskskred oppstår når en større del av snødekket løsner som et flak langs et glideplan. Det er flaskskred 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 $< 100 \text{ m}^3$) og steinskred (volum $100-10.000 \text{ m}^3$). 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.

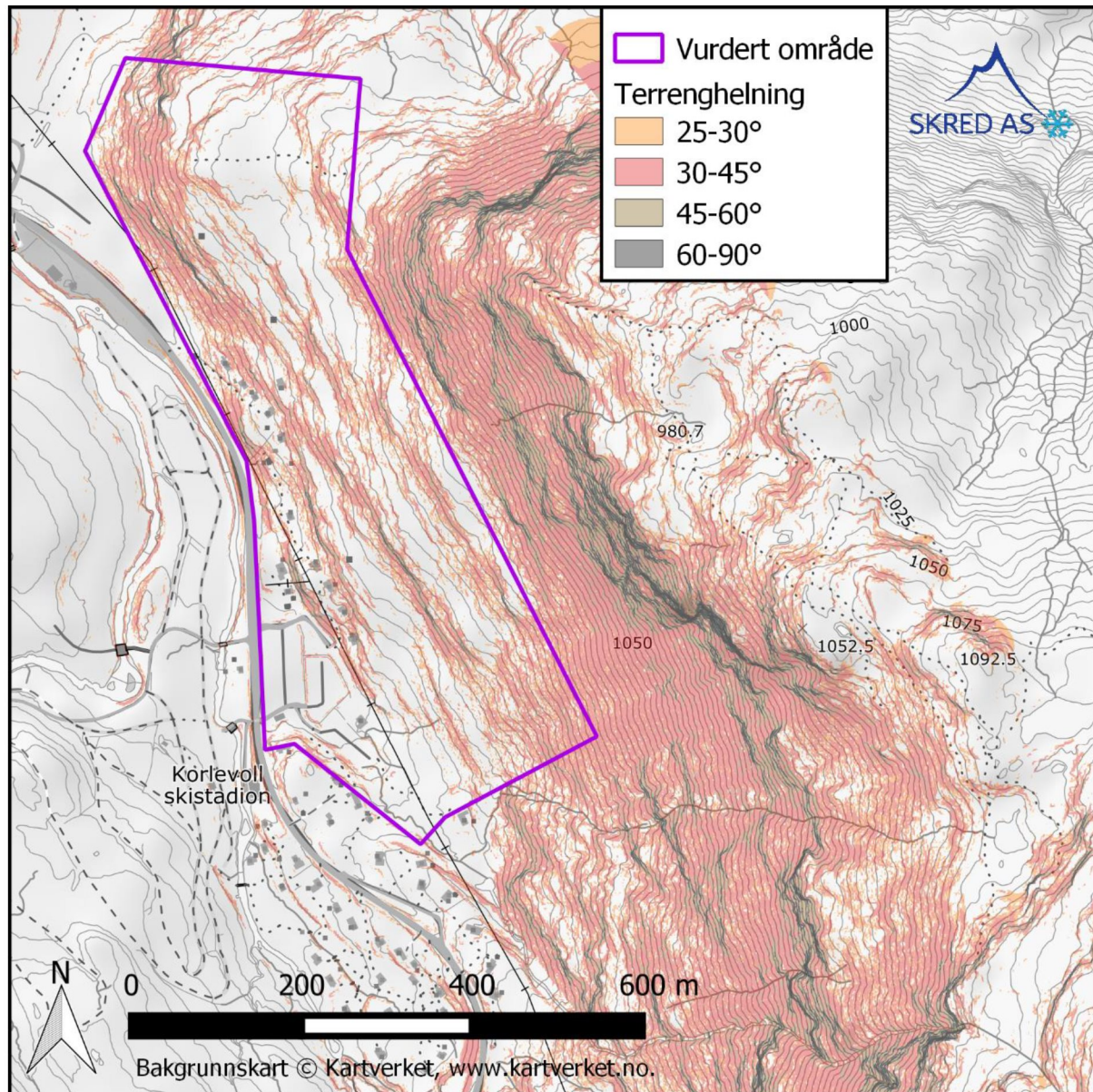
Det er altså ikke mulig å beregne et «klimapåslag» for skredstørrelse eller skredutløp og så bruke dette i skredfarekartlegging. Klimautviklingen inngår dermed i en rekke usikkerhetsmomenter som det ikke finnes verktøy for å kvantifisere, men som vurderes skjønnsmessig når en utreder eller kartlegger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

3 Beskrivelse av området

Det vurderte området er lokalisert i den vestvendte dalsiden i Oddadalen ved Korlevoll, Odda kommune (Figur 1).

3.1 Topografi

Terrenganalysen er basert på en detaljert terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m, avledet fra LiDAR-data med 5 refleksjoner per m² innhentet i 2017 (www.hoydedata.no). Kart med terrenghelning er vist i Figur 2.



Figur 2: Kart over beregnet terrenghelning for den vestvendte dalsiden i det vurderte området. Store deler av de røde/oransje partiene utgjør potensielle løsneområder for snøskred om en ser vekk ifra skog, mens partier i brunt og svart har en terrenghelning som gjør disse til potensielle løsneområder for steinsprang. Skrentene over de sørlige deler av planområdet er høyere og mer sammenhengende enn i midtre og nordlige deler av dalsida.

Planområdet er lokalisert mellom kote 670 og 780 i nedre del av en vestvendt dalside øst for Korlevoll skistadion og Hesjabakk parkeringsplass. Den vestvendte dalsida stiger opp mot Morberget på 1092 moh.

Nedre deler av planområdet ligger i dalbunnen hvor terrenget stiger med en varierende helning mellom 25 og 45 grader opp mot kote 780 i øvre deler av planområdet. Innenfor planområdet er det 2-4 brattpartier på opp mot 45 grader, med mellomliggende slakere partier av varierende bredde og en typisk terrenghelning på 10-20 grader. Nord i planområdet er disse avsatsene på det bredeste, opp mot 100 m.

Omtrent ved kote 780 blir terrenghelningen generelt brattere, opp mot 45 grader og nær-vertikale skrenter opp mot 120 m, høyest sør i området. Det er flere konkave terrengformasjoner med en terrenghelning i øvre deler av dalsida. Omtrent ved kote 1050 flater terrenget ut opp mot Morberget. Utflatingen skjer noe lavere nord i området, om lag ved kote 930. Nord for planområdet er det dalamøte med sidedalen Løyningsdalen som stryker øst-vest.

Ovenfor planområdet er det ingen markante forsenkninger i fallinjen mot planområdet, men det er to moderate forsenkninger sør for planområdet som drenerer nedbørfelt som begrenses til selve dalsida. Resterende deler av dalsida har høy dreneringstetthet og dreneres kun gjennom mindre nedbørfelt, stort sett mindre enn 100 mål.

3.2 Geologi

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:50 000 (NGU, 2019a) og består i hovedsak av kvartsitt og amfibolitt/klorittskifer, overlagret av gneis. Dioritt og glimmerskifer i øvre deler av dalsida. Skrentene over kote 780 er moderat oppsprukket over det meste av planområdet, bortsett fra skrentene over de sørlige delene.

Ifølge NGU løsmassekart i 1:250 000 (NGU, 2019b) er det vurderte området lokalisert på et tynt og usammenhengende morenedekke i nedre deler av dalsida, i midtre deler skredavsetninger, og bart fjell øverst i dalsida. Ved befaring stemte dette brukbart med faktiske forhold helt sør i planområdet, mens i øvrige deler av planområdet ble det observert lite skredmateriale. Skredmaterialet i disse delene av planområdet var som oftest konsentrert til 10-20 meter nedenfor de lavere lokalskrentene i dalsida, med et fåtall skredblokker ute på de slakere terrengpartiene. Helt sør i planområdet er det to mindre vifteformasjoner, godt skjult av vegetasjonen. Dette gjelder også en lokalitet like over de midtre deler av planområdet (Figur 7). Uten å ha gjennomført inngående undersøkelser av løsmasser og terrengformer i selve dalbunnen velger vi heller å tolke disse arealene som breelavsetninger, og ikke morenemasser.

3.3 Vegetasjon

I det vurderte området er det blandingsskog og enkelte mindre granplantefelt. Tregrensen i dalsida er ved ca. 1000 moh., som er omtrent der terrenghelningen avtar til under 25° (Figur 2 og Figur 3). Enkelte av de flate partiene, noen fuktige myrdrag og steinura sør i området

har lite eller ingen skog. Dette gjelder også dalsida under enkelte brattpartier sør i området som stort sett er dekket av gras og bregner (Figur 3).



Figur 3: Oversiktsbilde av fjellsiden ovenfor det vurderte området (lilla markering). Dalsida er for det meste dekket av velutviklet skog. De deler av dalsida som kan fungere som utløsningsområder for skred og har begrenset eller ingen skog, er omtrentlig markert med grønnstiplet polygon. Innenfor deler av dette området er det også steinsprangur. Steinsprangura strekker seg videre et stykke nedover i skogen utenfor grønnmerkingen. Bildet er tatt mot øst fra drone.

3.4 Registrerte skredhendelser

I nasjonal skreddatabase (NVE, 2018) er det registrert flere skredhendelser i denne dalsida. De fleste er steinsprang og snøskred i vegskjæringer langs stamvegen sørøst for Korlevoll. Disse steinspranghendelsene kan mest sannsynlig knyttes til vegskjæringene, mens snøskredhendelsene har foregått langs tydelige skredbaner uten skog. Dalsiden i dette området er til en viss grad sammenlignbar med dalsiden over Korlevoll, men relieffet er høyere og de potensielle løseområdene er større og for det meste over tregrensa. Det er også registrert en jordskredhendelse innenfor planområdet som traff stamvegen i 2017. Det ble ikke observert spor etter denne ved befaring, så den kan være feilplassert eller at det var en mindre utglidning som skapte lite spor i terrenget.

3.5 Tidligere rapporter

Skred AS kjenner ikke til tidligere skredfarevurderinger i dette området, men kjenner til flere skredfarevurderinger ellers i Røldal og Odda. Disse mener vi har begrenset relevans for denne rapporten.

3.6 Aktsomhetsområder

Det vurderte området er helt eller delvis dekket av NVEs aktsomhetskart for snøskred, steinsprang og jord- og flomskred, samt NGIs kombinerte aktsomhetskart for snø- og steinskred (NVE, 2018).

3.7 Eksisterende skredsikringstiltak

Det er ikke registrert sikringstiltak i nasjonal skreddatabase (NVE, 2018), og det ble heller ikke observert sikringstiltak under befaringen.

3.8 Klimatiske trekk av betydning for skredfare

Vi har utført analyser av områdets klimatiske trekk med størst betydning for skredfarevurderingen. Analysen er gjort med data fra Meteorologisk institutt (eklima.no). En utfordring er at de meteorologiske stasjonene ofte har for korte dataserier til å gi representative og robuste analyseresultater. Korlevoll ligger omtrent midt mellom værstasjonene 46450 (Røldal) og 49250 (Jøsendal), som har lange tidsserier og et godt statistisk grunnlag. Resultatene av analysene anses derfor som relativt sikre, og gir relevant informasjon om klimaforholdene i det vurderte området. Oversikt over stasjonene er gitt i tabell 2.

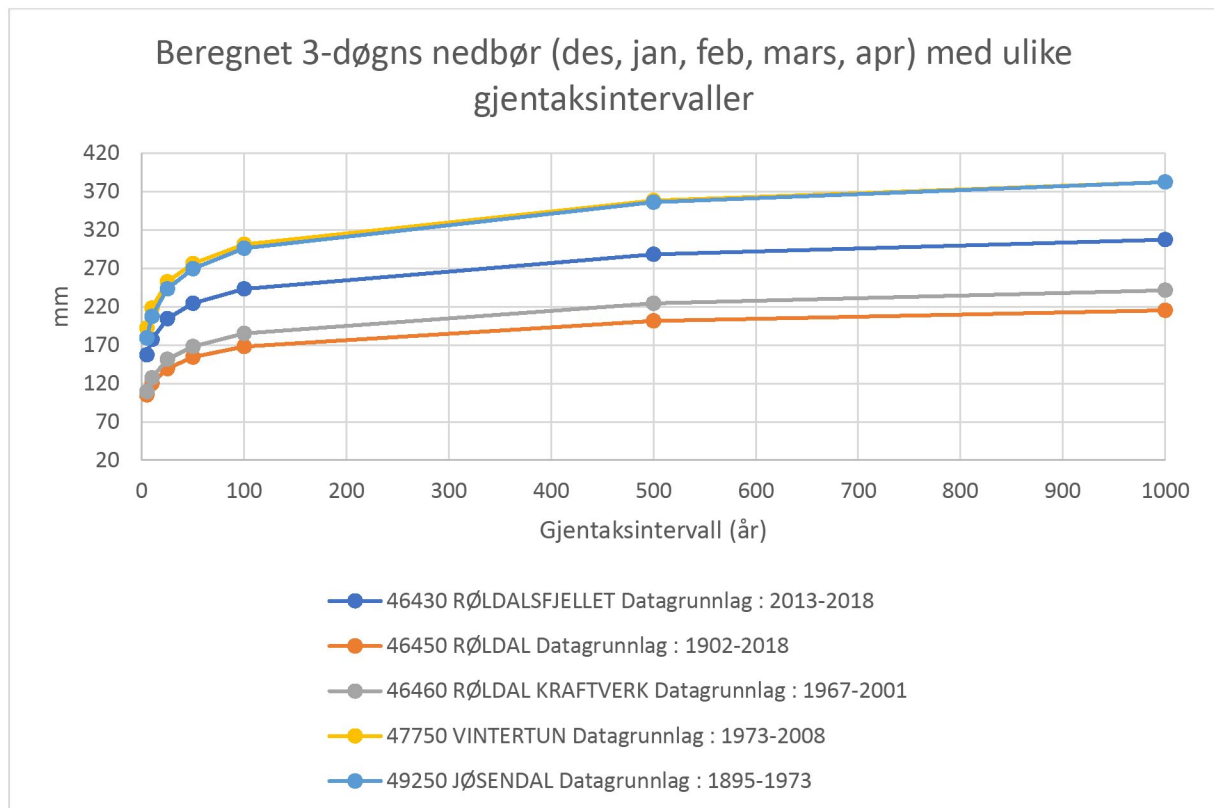
Tabell 2: Oversikt over de benyttede meteorologiske stasjonene.

Stnr	Namn	I drift fra	I drift til	Hoh.	Breddegrad	Lengdegrad	Kommune
46430	RØLDALSFJELLET	nov 2013		1010	59,8315	6,7330	Odda
46450	RØLDAL	jan 1883		393	59,8304	6,8238	Odda
46460	RØLDAL KRAFTVERK	jan 1967		390	59,8222	6,8180	Odda
47750	VINTERTUN	jul 1973	nov 2008	395	59,9102	6,5098	Odda
49250	JØSENDAL	jul 1895	jun 1973	345	59,9314	6,5787	Odda

Klimaanalysen vektlegger de elementene som har betydning for skredfarevurderinger. For snøskred er det spesielt relevant å analysere 3-døgns snøfall med gjentaksintervall i aktuelle sikkerhetsklasser.

Dette kan gjøres ved å beregne 3-døgns nedbør og anta at all nedbør som kommer i fjellet mellom desember og april, kommer som snø. For vintermånedene ved de 5 benyttede stasjonene er den beregnede 3-døgns nedbør med 1000 års gjentaksintervall henholdsvis

215mm, 241 mm, 307mm, 382mm og 382 mm (Figur 4), som gir en gjennomsnittsverdi på 305 mm. Dette tilsvarer omtrent 3 m snø.

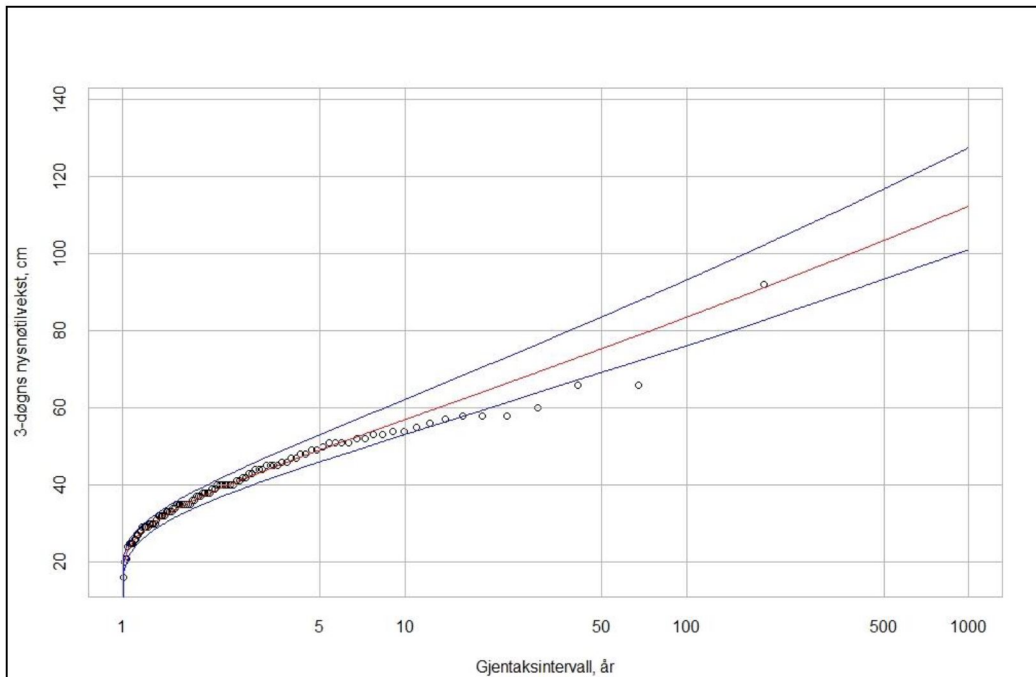


Figur 4: Beregnet 3-døgnsnedbør med ulike gjentaksintervaller for vintermånedene desember til april. Data fra www.eklima.no.

3-døgns nedbør med en returperiode på 1000-år er statistisk relevant metodikk for å fastsette en teoretisk bruddkant, men som grunnlag for fastsettelse av bruddkant anser vi en bruddkant på opp mot 4 meter som lite realistisk som grunnlag for modellberegninger av snøskred i dette området. En annen måte å beregne 3-døgns snøfall er å benytte stasjonene som måler snødybde. Nærmeste meteorologiske stasjonen med snømålinger er i Røldal og har målt snødybde daglig siden 1902. Dette kan nyttes til å beregne største 3-døgns snøfall hvert år i stasjonens driftstid, som deretter brukes til å beregne ekstremverdier for gitte gjentaksintervaller. I denne rapporten er det gjort ved å bruke metodikken basert på R-script beskrevet i NVE (2014). Figur 5 viser resultatet av ekstremverdianalysen, blant annet at 3-døgns snøfall med 1000 års gjentaksintervall er beregnet til ca. 110 cm.

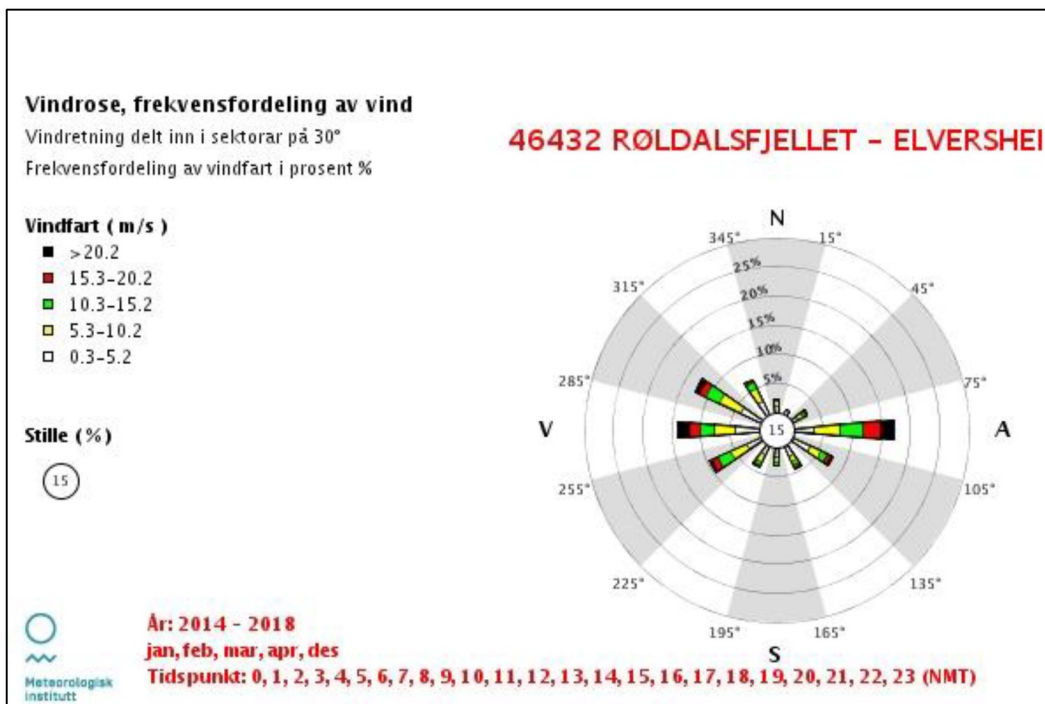
Ved å beregne 3-døgns snøfall basert på snødybdemålinger, og ikke som mm nedbør, omgås antagelsen om at all nedbør kommer som snø. I tillegg unngås antagelser om setning i snødekket gjennom et tredagers-intervall. Det er heller ikke behov for omgjøring fra mm nedbør til cm snø. 3-døgns snøfall basert på snødybdemålinger anses derfor som mest realistisk. Grunnet antagelsene som gjøres for å beregne 3-døgns snøfall basert på mm

nedbør, blir resultatet ofte overestimert. Det kan dog være reelt om det inkluderer skjønnsmessige påslag, som pålagring i leside og økende snømengde med høyden.



Figur 5: Ekstremverdianalyse av 3-døgns snøtilvekst ved den meteorologiske stasjonen i Røldal.

Vindrose ved den meteorologiske stasjonen 46432 Røldalsfjellet – Elvershei viser at fremherskende vindretning i vintermånedene er fra vest (36%) og øst (17%) (Figur 6).



Figur 6: Vindrose fra stasjon 46432 Røldalsfjellet - Elvershei for vintermånedene desember-april i hele stasjonens måleperiode, som kun er fra 2014 og frem til i dag. Data fra www.eklima.no.

Lignende analyser som 3-døgns ekstremnedbør, men med fokus på nedbør som kommer i form av regn i sommerhalvåret, er gjort for å skaffe bedre grunnlag for vurdering av jord- og flomskredfare.

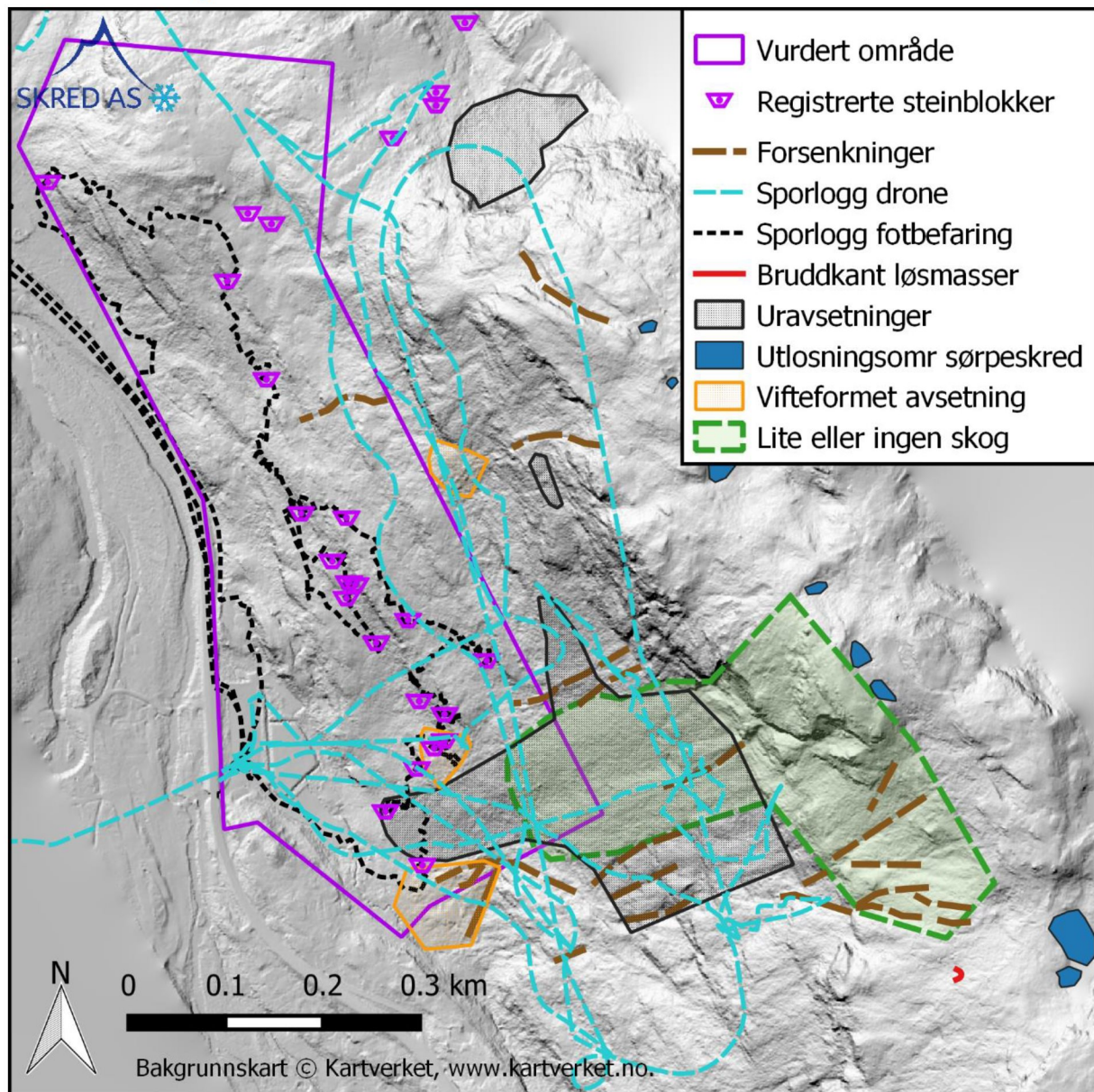
Studier utført i Norge (Sandersen m.fl., 1996) indikerer at løsmasseskred generelt løses ut ved døggnedbør på min. 8% av gjennomsnittlig årlig nedbør. For de utvalgte værstasjonene med en årsnedbør på 1628-2590 mm, betyr det døggnedbør på 130 – 207 mm. En ekstremveridianalyse tilsvarende for snøfall, men utført for nedbør som kommer i form av regn i løpet av ett døgn, viser at gjentaksintervallet for en døggnedbør på 130 – 207 mm i vurderingsområdet vil statistisk inntreffe mindre enn en gang per 1000 år ved samtlige værstasjoner.

Sannsynligheten for at nedbør statistisk sett ikke er i stand til alene å utløse løsmasseskred, er ikke er det samme som sannsynligheten for at skred faktisk ikke kan utløses. Det siste avhenger av mange flere forhold enn nedbørintensitet, blant annet løsmassedekkets egenskaper, terrenginngrep og is-/teleforhold.

De klimatiske forholdene for utløsning av flomskred- og sørpeskred er nokså like og forbundet med høye nedbørintensiteter over ett døgn. En nedbørsmengde på 50 mm pr. døgn regnes som kritisk verdi (Statens Vegvesen, 2014). Slike nedbørsmengder har relativt korte gjentaksintervaller for de ulike målestasjonene, men må sammenfalle i tid med høye vintertemperaturer slik at nedbøren faller som regn i de potensielle løснеområdene for sørpeskred dersom sørpeskred kan inntreffe.

Informanter med lokalkunnskap om snøforholdene mener det legger seg mindre snø i dalsidene ved Korlevoll enn i Røldal. Den statistiske klimaanalysen baserer seg på lange tidsserier fra både Røldal og Jøsendal og indikerer det motsatte, at det er mer vinternedbør ved Korlevoll enn i Røldal. Lokalkunnskapen som indikerer mindre snø ved Korlevoll kan skyldes vindforholdene med en dalside som for det meste ligger i lo for fremherskende vestlig vindretning og derfor er utsatt for mer vinderosjon mot snødekket gjennom vinteren enn i Røldal. Informantene forteller videre at det kommer lite nedbør ved Korlevoll ved østlig vindretning.

4 Vurdering av skredfare



Figur 7: Registreringskart med skredrelevante observasjoner fra befaring og studier av terrengmodell, flyfoto og kartgrunnlag. Potensielle utløsningsområder for steinsprang og snøskred kan best observeres i Figur 2.

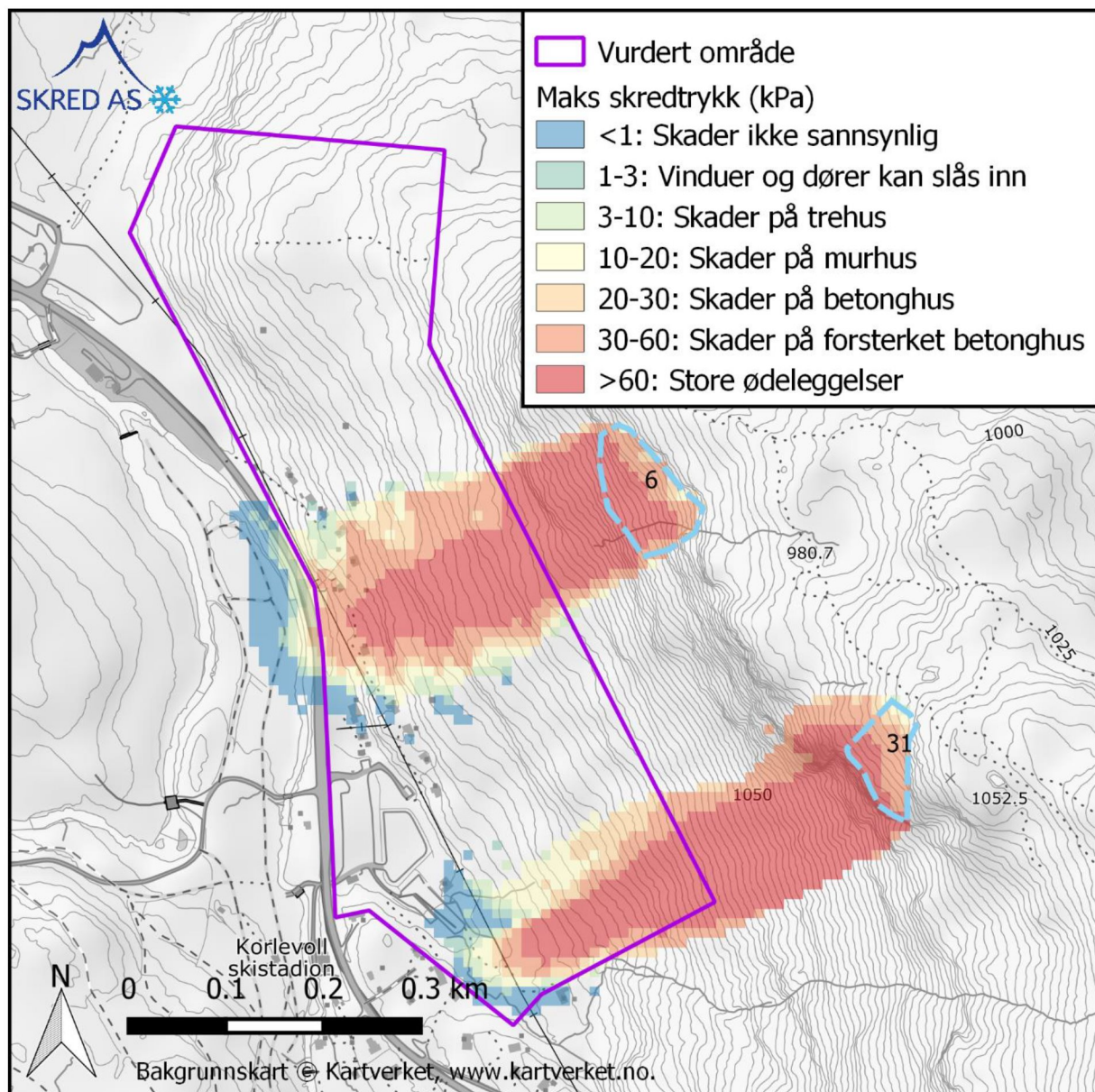
4.1 Snøskred

Registrerte skredhendelser i samme dalside og terrengforhold over planområdet tilsier at snøskred en aktuell skredtype i området. Kun terrenghelning tatt i betraktning er det flere titalls potensielle utløsningsområder for snøskred ovenfor planområdet, med gunstig terrengkurvatur og helning, med utstrekning på opp mot 10 000 m³. Kun et fåtall av disse er aktuelle løseområder gitt dagens tette skog i store deler av dalsida. Skogen er ikke velutviklet i dalsida over de sørlige deler av planområdet (Figur 3). Nedenfor disse løseområdene er det lite eller ingen skog, men heller gras/breiner og steinur. Dette

indikerer et mulig aktivt skredterreng med returperioder på mindre enn 5-10 år. Vi mener det er 3-4 utløsningsområder i disse områdene som er aktuelle.

For å studere potensiell utbredelse av snøskred, har vi brukt beregningsmodellen RAMMS::AVALANCHE (Christen mfl., 2010). For å fastsette bruddhøyde er det ikke tatt utgangspunkt i 3-døgns snøfall med gjentaksintervall på 1000 år ved de meteorologiske stasjonene i Jøsendal og Røldal, noe som ville gitt urealistiske bruddkanter på opp mot 4 m. Ved å skjønnsmessig justere snødybdemålinger i Røldal, vindforhold og informasjon fra lokalkjente informanter har vi benyttet bruddkanter på 1-2 m i våre beregninger for skred med gjentaksintervall på 1000 år. Friksjonsparametere i beregningene er tilpasset skred basert på gjentaksintervall og utløsningsvolum, som anbefalt i RAMMS.

Figur 8 viser et eksempel på beregningsresultat med 1 og 1,5 m bruddhøyde, noe vi mener representerer en nokså lite konservativ 1000-årshendelse. Det er kun snøskred fra løsneområde 6 og 31 som vises, da område 31 vurderes som det vesentligste løsneområdet. Område 6 er tatt med for å illustrere skredutløp dersom skogen fjernes eller brenner ned i midtre og nordlige deler av denne dalsida. De modellerte skredmassene følger fallinjen og passerer gjennom planområdet til tross for lite konservative parametere, og indikerer med all tydelighet viktigheten av skog i disse løsneområdene.



Figur 8: Utvalgte utløsningsområder (6 og 31) for snøskred vist med blåstiplet polygon, og eksempel på resultat (simulering: snø04 og snø08) av beregnet snøskredutbredelse med bruddkanter på hhv. 1 og 1,5 m med utløste volum i overkant av 8000 og 7000 m³. Friksjonsparametere er 300S (omr. 6) og 300M (omr. 31) uten skog. Terrengmodellen som er benyttet, har 10 m horisontal oppløsning. Med dagens vegetasjon er snøskred fra omr. 6 svært lite sannsynlig.

På grunnlag av terrengformer, vegetasjonsforhold, klimaanalyse og modellresultater mener vi at den årlige sannsynligheten for at snøskred når de sørlige deler av planområdet som større enn 1/1000, og større enn 1/100 i det sørøstre hjørnet av planområdet.

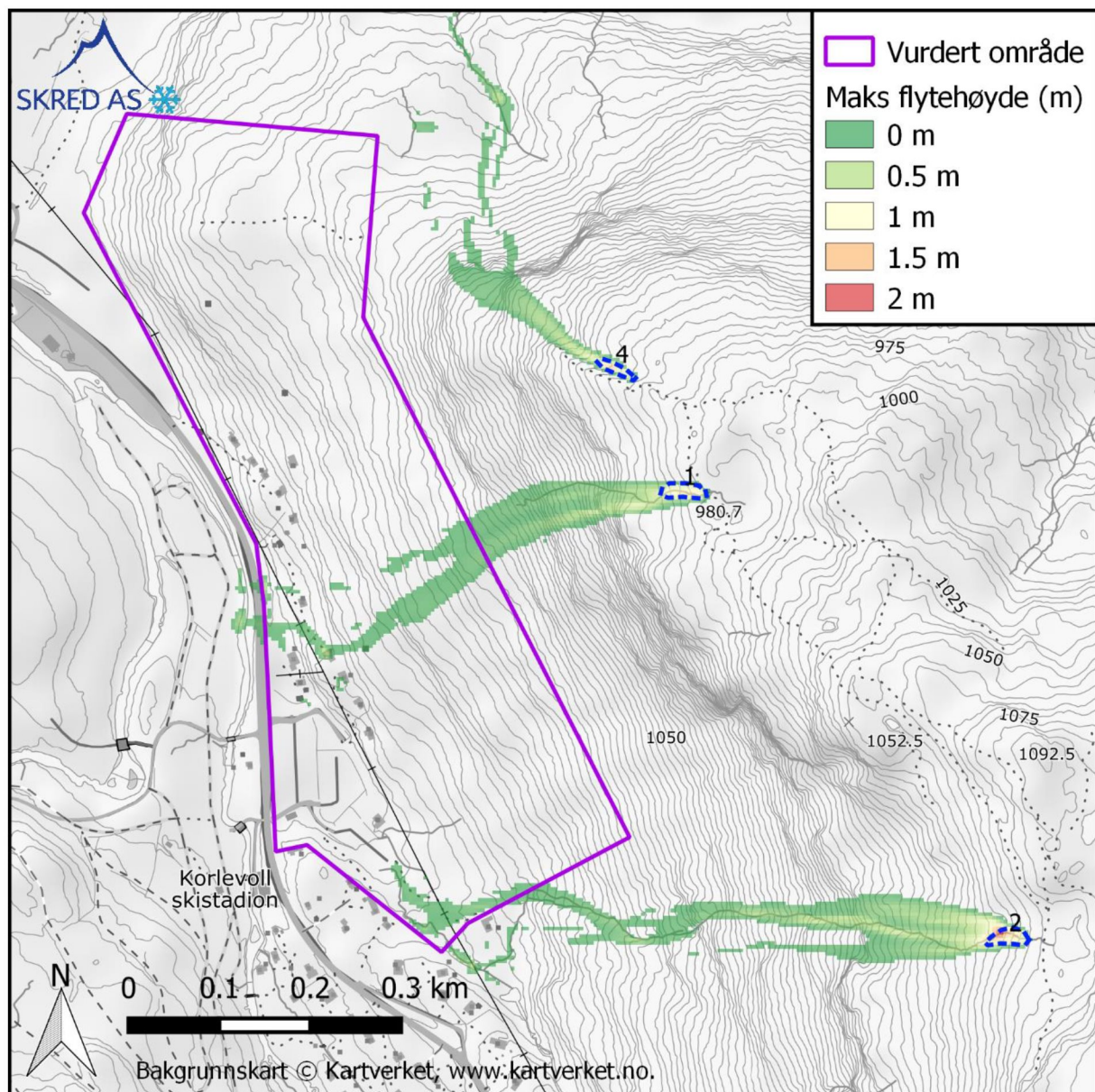
4.2 Sørpeskred

Sørpeskred kan oppstå ved rask avsmelting eller regn på snødekke som inneholder nysnø eller kantkornet snø. Skredtypen forekommer i ulike terrengformasjoner som bremses

avrenningen i og under snødekket, og utløses etter forskjellige mekanismer. Årsaken til at sørpeskred utløses er ofte at dreneringen langs en bekke og terrengforsenkninger er hindret av permanente terrengterskler eller midlertidige forhold som snø- og løsmasseansamlinger. Mindre snøskredhendelser og utglidninger i tjern og innsjøer med påfølgende bølge av vann nedover snødekte bekkeløp i øvre deler av dalsidene kan også utløse denne typen skred som sekundærhendelser. I likhet med andre skred styrt av høyt vanninnhold (eks. flomskred) har sørpeskred en tendens til å følge forsenkede terrengpartier som bekkeløp og raviner.

Øverst i dalsiden er det 3-4 mindre tjern over tregrensa, med overliggende skråninger der snø kan gli ut (Figur 2 og Figur 7). Bekkene nedstrøms tjernene som drenerer mot planområdet er relativt bratte og har en del skog tett på, så sørpeskredutløsning langs disse bekkene er mindre aktuelt da de trolig drener snødekket effektivt og at de er under tregrensa der skogen forankrer snødekket relativt bra. På bakgrunn av dette og at oppstrøms nedbørfelt er mindre enn 100 mål mener vi at den mest sannsynlige utløsningsmetoden for sjeldne sørpeskred trolig er snøutglidning i tjern med påfølgende bølgeeffekt. Dette er trolig en sjelden utløsningsmetode, men kan ikke helt utelukkes. Videre er det 2-3 vifteformasjoner med en gradient som tilsier at disse blant annet kan knyttes til løsmasseførende sørpeskred som oppbyggende prosess.

For å beregne mulig utbredelse av sørpeskred, har vi brukt beregningsverktøyet RAMMS::DEBRISFLOW (Christen mfl., 2010). Potensielle utløsningsområder er av simuleringstekniske hensyn flyttet noe ned i dalsiden langs bekkene. Beregningsresultatet er tilpasset med friksjonsparametere for sørpeskred, som har høyere vanninnhold og dermed lavere tetthet og internfriksjon sammenlignet med et flomskred. Beregningsresultater av sørpeskred med 1 m bruddhøyde (Figur 9) viser at skredmassene når planområdet.



Figur 9: Eksempel på beregningsresultat (sørpe01) i RAMMS::DEBRIS FLOW med friksjonsparametere tilpasset sørpeskred ($\mu = 0,05$; $X_i = 3000$; $R_o = 1000$), en terrengmodell med 4 m x 4 m horisontal oppløsning og en bruddkant på 1m.

På grunnlag av terrengformasjonene, en relativt sjelden utløsningsmekanisme og modellresultatene mener vi at den årlige sannsynligheten for sørpeskred på sørlige og midtre deler av planområdet større enn 1/5000, og at det er lavere i den nordklige delen av planområdet.

4.3 Jord- og flomskred

Det er enkelte terrengformer som nedskjæringer og vifteformede avsetninger med kantrundede skredblokker som kan knyttes til flomskred ved den sørlige delen av planområdet (Figur 7). I midtre og nordlige deler av planområdet er dette lite fremtredende terrengformer og løsmassedekket er tynt og består i disse delene av området av langt

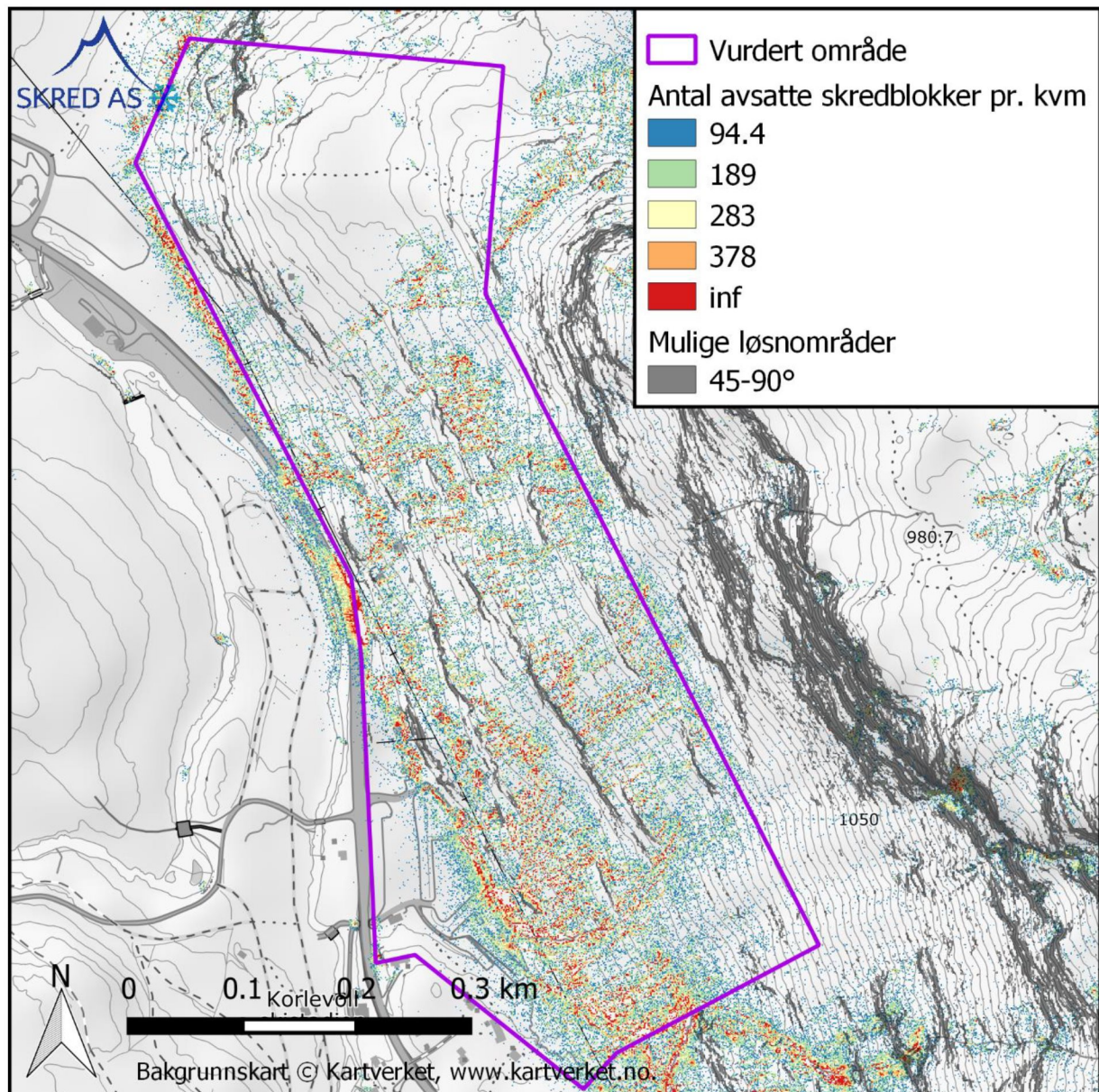
mindre skremateriale enn det NGU's grovkartlegging i målestokk 1:250000 indikerer. Vifteavsetningene sør i planområdet er relativt begrensede og ligger nedenfor områder med et stedvis mektig løsmassedekke, og har en geometri som kan relateres til flomskred eller masseførende sørpeskred. Det er også en mindre utglidning (Figur 7) over tregrensa noe sørøst for planområdet som indikerer at jord og flomskred kan starte som mindre utglidninger og utvikles til flomskred langs bekker innen det når planområdet. Ettersom løsmassedekket er nokså begrenset i øvre deler av dalsida, de flomskredrelaterte terrengformene moderate og oppstrøms nedbørfelt er små, mener vi eventuelle utløsningsvolum vil være moderate. Ettersom den delen av flomskred med grove blokker har høyere internfriksjon og kortere utløp enn sørpeskred, og følger forsenkninger og bekkeløp slik sørpeskred gjør, har vi valgt å ikke gjennomføre modellberegninger for denne skredtypen. Vi vurderer i hovedsak to potensielle skredbaner med ulik sannsynlighet som kan ha utløp mot planområdet. Etter en samlet vurdering mener vi skred langs bekken som kan nå de sørlige deler av planområdet har en årlig sannsynlighet høyere enn 1/1000, mens skred langs skredbanen som kan nå midtre deler av planområdet har en årlig sannsynlighet større enn 1/5000.

4.4 Skred i fast fjell

Ovenfor det vurderte området er det partier med bart fjell og helning brattere enn 40-45° (Figur 2). Berggrunnen er generelt moderat oppsprukket i dalsida, bortsett fra skrentene og svakhetssonene over de sørlige deler av planområdet der oppsprekkingsgraden er større. Nedenfor disse skrentene er det steinsprangur med kantede blokker som strekker seg ned mot dalbunnen (Figur 7). Det er lite eller ingen skog like under skrentene i denne delen av dalsida, noe som først og fremst trolig skyldes steinsprangaktivitet og mindre snøskred.

Videre nordover i dalsida er det langt mindre skredmateriale enn angitt i NGU's kvartærgeologiske kart. Det aller meste av dette befant seg i underkant av de lokale skrentene som i hovedsak var mellom 4 og 10 høydemeter. Utløpene til disse blokkene var typisk 10-20 meter ut fra skrentfoten, mens de relativt få ferske steinsprangblokkene var mindre enn 50 cm i diameter og lå tett opptil skrentfoten. Det ble observert enkelte steinsprangblokker et stykke ut på de slakere avsatsene, noe som indikerer begrenset med steinsprang fra de høye skrentene øverst i dalsida.

For å beregne mulig utbredelse av steinsprang er programvaren Rockyfor3D (Dorren, 2015) benyttet. Utløsningsområdene er definert automatisk, og det er simulert med 50 blokker utløst fra hver kvadratmeter brattere enn 45 grader i dalsida. Modelleringen viser at sannsynligheten for steinsprang ned mot dalbunnen teoretisk er til stede langs hele dalsida over planområdet, med unntak av et område nord i planområdet (Figur 10). Vi velger heller å vektlegge observasjoner i felt i større grad enn modellresultatene fordi de automatisk genererte ruhetsparameterne benyttet i modellen er for konservative i forhold til faktiske forhold. For å vurdere utløsningssannsynligheten er observasjoner av oppsprekkingsgrad, steinsprangblokker og ur ved observasjoner i terrenget, dronfoto/film og terrengmodellen avgjørende. Med bakgrunn i disse forholdene vurderer vi den årlige sannsynligheten for steinsprang mot deler av planområdet som større enn 1/1000.

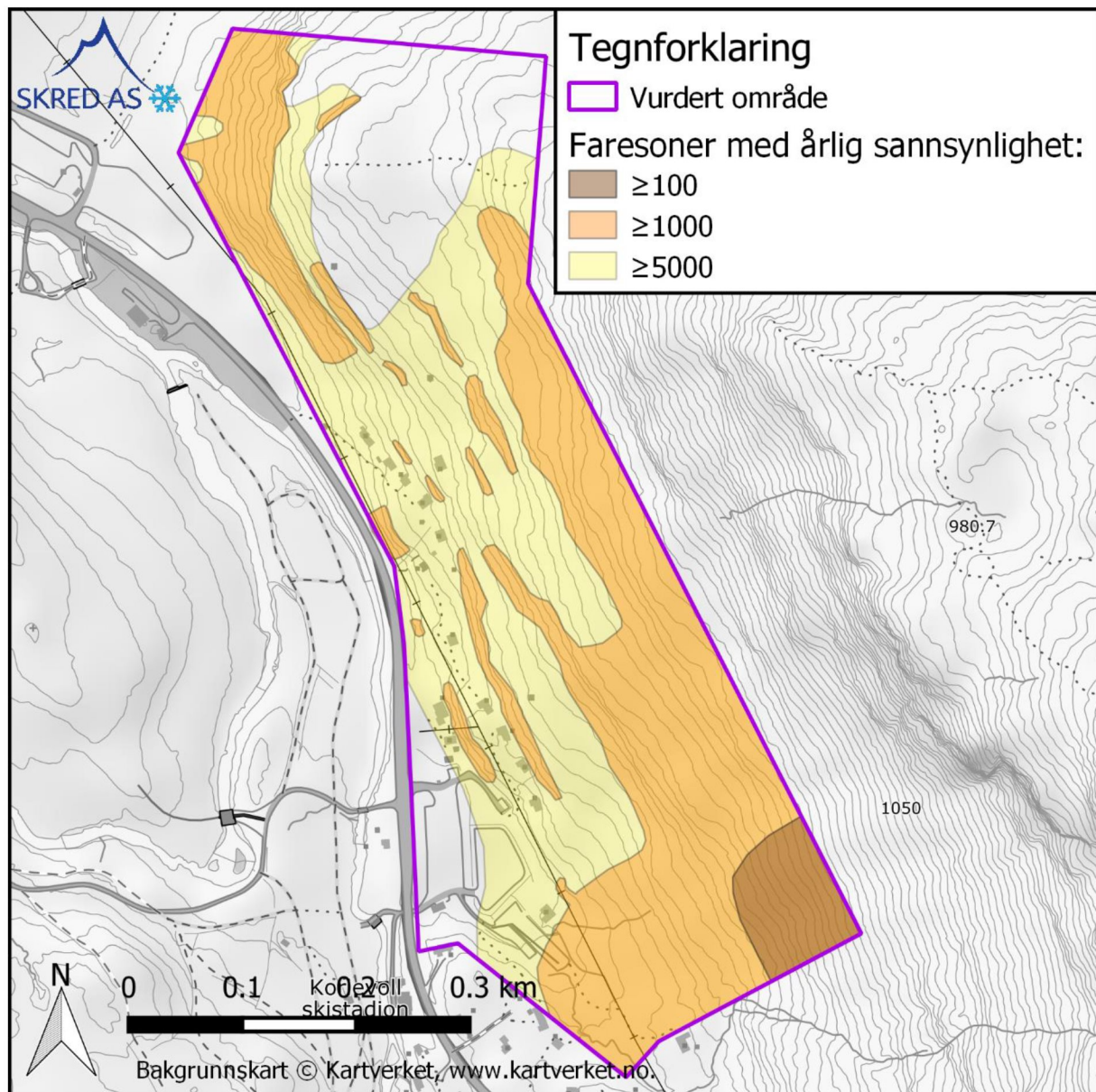


Figur 10: Eksempel på beregningsresultat med automatisk definerte kildeområder for steinsprang som viser antall avsatte skredblokker på 1 m^3 per kvadratmeter. Modellen viser at skredmaterialet teoretisk vil stanse på de slakere avsatsene og i dalbunnen. Modellen er gjennomført med konservative automatisk genererte ruhetsparametere, slik at reelle utløp med denne typen skredblokker er kortere. Svært få simuleringsblokker går inn på de nordlige deler av planområdet.

4.5 Faresoner for skred

Det er en faresone med årlig sannsynlighet høyere enn 1/5000, 1/1000 og 1/100 i planområdet (Figur 11). Snøskred er dimensjonerende skredtype sør i området, mens steinsprang er dimensjonerende i midtre og nordlige deler av området. Nordlige deler av planområdet tilfredsstiller krav til sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasse S3, mens deler av

det midtre partiet av planområdet også tilfredsstillere kravene til sikkerhetsklasse S2. Det sørvestre hjørnet av planområdet tilfredsstillere ikke kravene til sikkerhetsklasse S1.



Figur 11: Faresoner med årlig sannsynlighet større enn 1/5000, 1/1000 og 1/100.

4.6 Forutsetninger for faresonene

Skogen er av avgjørende betydning for faresonenivået i planområdet. Dersom skogen hogges i dalsida over planområdet vil snøskred bli en aktuell skredtype i et større område enn med dagens vegetasjonsforhold. Det vil bety at samlet sannsynlighet for skred mot planområdet vil øke, slik at faresonene blir betraktelig større.

4.7 Muligheter for å redusere faresonene

Dersom det er ønskelig å redusere faresonens utstrekning i planområdet, er det tre tilnærminger for sikkerhetsklasse S2 som trolig kan benyttes:

- Det som er minst kostnadsdrivende vil være å renske de mindre skrentene i midtre og nordlig deler av planområdet og supplere med fjellbolter og bånd der dette er nødvendig.
- Den større faresonen i midtre deler av planområdet kan trolig reduseres ved å oppføre en steinsprangvoll, eller et steinsprangnett i øvre deler av planområdet. Det er ikke avklart om det er fysisk plass til skredvoller som bygger en del i bredden i vollfoten, men steinsprangnett vil være mulig å plassere.
- De sørlige deler av faresonene kan muligens reduseres ved å bygge støtteforbygninger som forhindrer snøskredutløsning i løsneområdene, men det vil trolig være et kostbart tiltak. Et alternativ er muligens en større snøskredvoll, men det er uvisst om det er fysisk plass til et slikt tiltak et stykke opp i dalsida.

Sikringstiltak må dimensjoneres og detaljprosjekteres i henholdt til gjeldende lovverk og retningslinjer. Skred AS kan bistå med dette dersom ønskelig.

5 Konklusjon

Det er faresoner med årlig sannsynlighet større enn 1/5000, 1/1000 og 1/100 i planområdet. Snøskred er dimensjonerende skredtype sør i området, mens steinsprang er dimensjonerende i midtre og nordlige deler av området. Nordlige deler av planområdet tilfredsstillt krav til sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasse S3, mens deler av det midtre partiet av planområdet også tilfredsstillt kravene til sikkerhetsklasse S2. Kun det sørvestre hjørnet av planområdet tilfredsstillt ikke kravene til sikkerhetsklasse S1.

Skogen i dalsida er av avgjørende betydning for faresonenivået i planområdet. Dersom skogen hogges i dalsida over planområdet vil snøskred bli en aktuell skredtype for en større del av planområdet, slik at faresoneutstrekningen vil øke betraktelig.

Det er mulig å utføre tiltak for å redusere faresoneutstrekningen i planområdet ved hjelp av ulike sikringstiltak.

6 Referanseliste

Christen, M., Kowalski, J., & Bartelt, P. (2010). *RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain*. *Cold Reg. Sci. Technol.*, ss. 63, 1–14.

DiBK. (2019). *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 (2019a). *Nasjonal begrunnsdatabase*. Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>

NGU (2019b). *Nasjonal løsmassedatabase*. Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>

NVE (2019). *Skredatlas*. Hentet fra <https://atlas.nve.no/>

NVE (2014). *Hvordan beregne ekstremverdier for gitte gjentakintervaller?* Hentet fra http://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_22.pdf

NVE. (2014). *Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak*. NVE Veileder 8-2014.