

Oppdragsgiver	Navn Odda kommune	Kontaktperson Kristian Bondhus-Jensen
Oppdrag	Nummer og navn 16164 Odda, Røldal - Skredfarevurdering Bergshagen boligfelt	Oppdragsleder Kalle Kronholm
Dokument	Nummer 16164-01-2 Utført av Kalle Kronholm	Dato 2017-01-20 Kontrollert av Andrea Taurisano

Faresoner for skred i bratt terreng

Sammendrag

Det planlegges en foretting med boliger i Bergshagen boligfelt, samt en mulig utvidelse av boligfeltet mot øst. Planlagte boliger skal trolig tilfredsstillende krav til sikkerhet mot skred i sikkerhetsklasse S2 (1/1000), men kravene for S1 (1/100) og S3 (1/5000) er også vurdert.

I Bergshagen boligfelt er det hovedsakelig fare for flomskred langs bekken ned mot Remen. I naturlige og menneskeskapte skråninger er det mulighet for utglidninger av løsmassedekket. Til tross for at det er faresoner i boligfeltet, vil det fortsatt være trygt nok å bygge ut flere av de planlagte tomtene.

I mulig boligfelt øst for Bergshagen, er det fare for snøskred, steinsprang og løsmasseskred. Sannsynligheten er størst i skråningen opp mot E134 og i forsenkningen midt gjennom området.

Innhold

1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Mål	5
1.3	Forbehold	5
1.4	Befaring	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	Avrenning	11
3.5	Registrerte skredhendelser	12
3.6	Tidligere rapporter	13
3.7	Aktsomhetsområder	13
3.8	Eksisterende skredsikringstiltak	13
3.9	Klima	13
3.9.1	Normalverdier	13
3.9.2	Ekstremverdier for nysnøtilvekst	14
4	Vurdering av skredfare	17
4.1	Skred i fast fjell	17
4.2	Snøskred	18
4.3	Løsmasseskred	19
4.4	Faresoner for skred	22
4.5	Forutsetninger for faresonene	22
5	Konklusjon	24
6	Referanseliste	25

Figurer

Figur 1: Lokaliseringen av det vurderte området i Røldal	4
Figur 2: Terrenghelning og oversikt over det kartlagte området	5

Figur 3: Skyggekart av terrenget samt GPS punkt og sporlogg fra befaring og omtrentlig plassering av registrerte skredhendelser i direkte tilknytning til de kartlagte områdene (se avsnitt 3.5 nedenfor).....	6
Figur 4: Havrenos sett fra Bergshagen boligfelt, bilde tatt mot nordøst.....	10
Figur 5: Havrenos sett fra område B, bilde tatt mot nord.	11
Figur 6: Kulvertinnløp ved Remen ovenfor veien Bergshagen. Oppstrøms av øvre rist er det avsatt 80 cm løsmasse, noe som ikke kommer tydelig frem på bildet.	12
Figur 7: Månedsverdier for nedbør og temperatur for de to analyserte stasjonene. Data fra eklime.met.no.....	14
Figur 8: Ekstremveridianalyse for nysnøtilvekst over tre døgn ved stasjon 46450 Røldal, 393 moh. Høyeste verdi på 92 cm (1927-01-03) ligger over øvre 95 % konfidensnivå (blå linjer). Data fra eklime.met.no.	15
Figur 9: Skredbaner for steinsprang og våtsnøskred. Merk at pilene ikke angir maksimalt skredutløp.....	17
Figur 10: Beregnet skredutbredelse og trykk fra snøskred. Den viste beregningen svarer til scenario for en skredhendelse med årlig sannsynlighet på 1/1000, der bruddkant er 140 cm, og friksjonsparametrene er M300.....	19
Figur 11: Beregnet utbredelse og flyte høyde i løsmasseskred.	20
Figur 12: Eksempel på terrenginngrep bak ett av husene i boligfeltet. Sognemur er etablert for å redusere fare for nedfall av blokker rundt huset, samt redusere sig og fare for utglidning av løsmassedekket.	21
Figur 13: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$ (S1), $\geq 1/1000$ (S2) og $\geq 1/5000$ (S3). Faresonene er også vist i Kartbilag 1.....	23

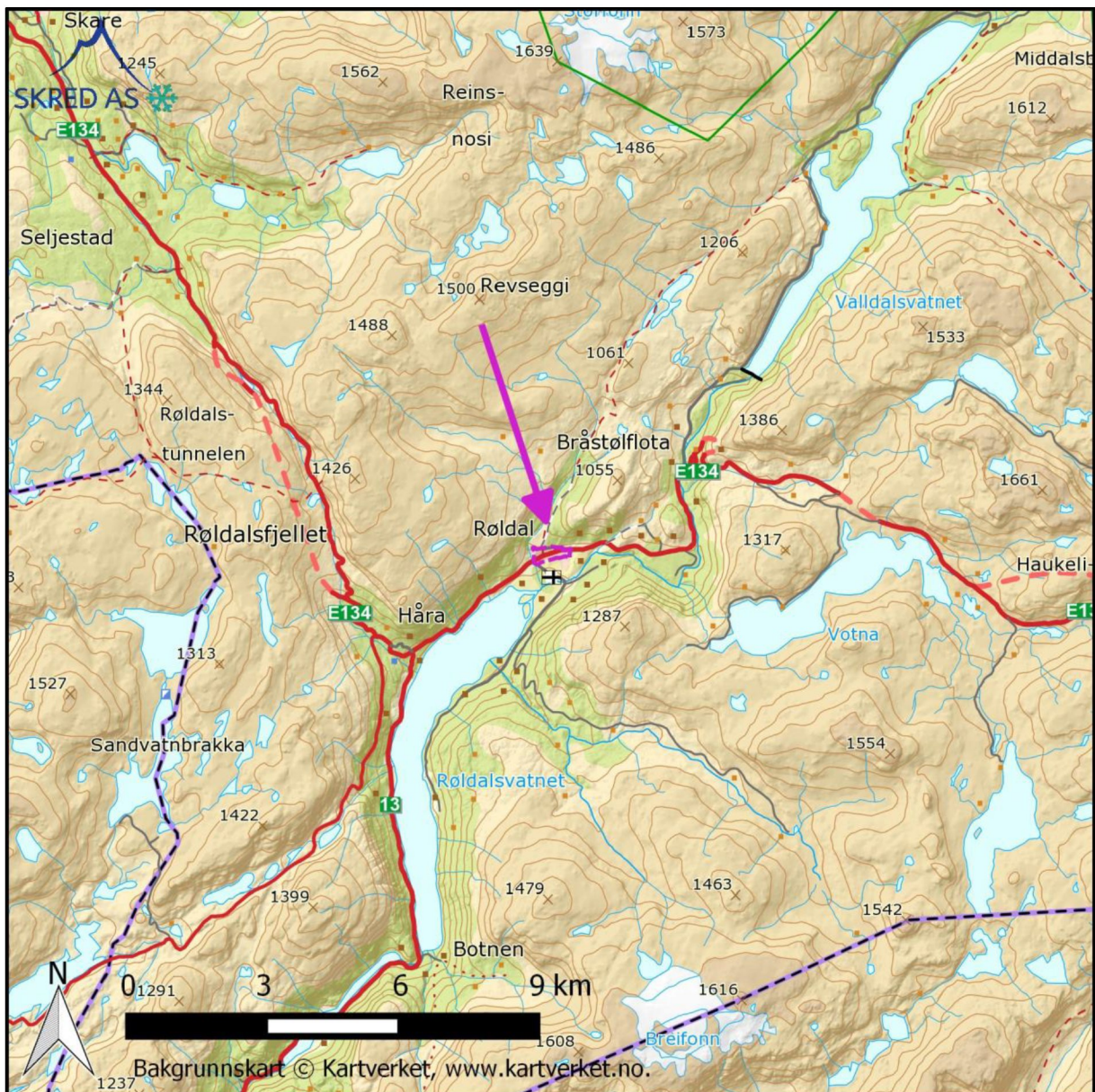
Tabeller

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK10 (DiBK, 2016).	7
Tabell 2: Estimerte høyder på bruddkant på snøskred fra utløsningsområdene ovenfor det vurderte området.	16

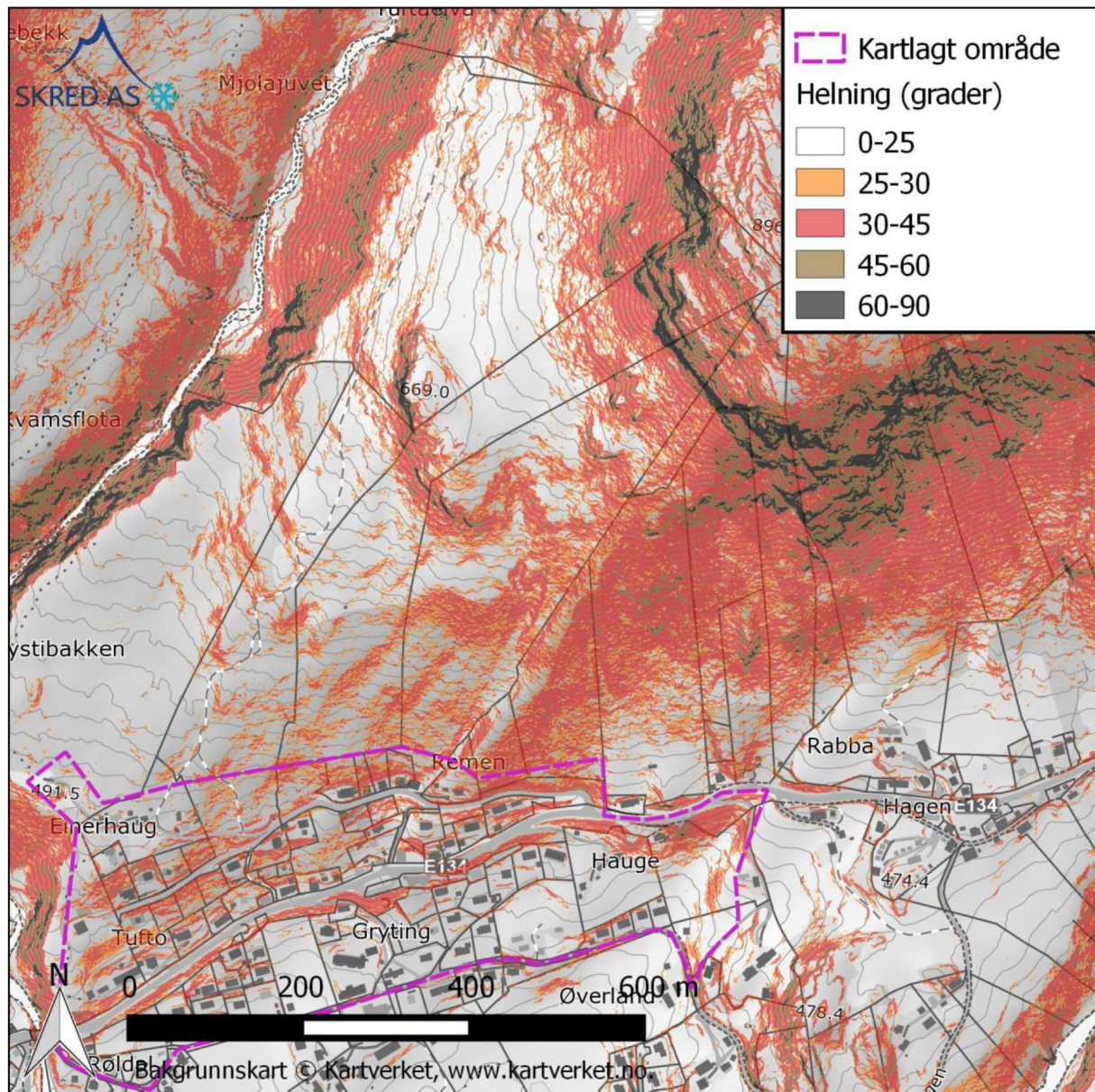
1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Det arbeides med en områdereguleringsplan for Røldal i Odda kommune (figur 1). Bergshagen boligfelt (vestlig del av vurdert område, figur 2) er ikke fullstendig utbygd. Det er ikke utført en detaljert skredfarevurdering for området. Kommunen vurderer også utbygging i et område øst for Bergshagen boligfelt (østlig del av vurdert område i figur 2). Det vurderte området ligger delvis innenfor aktsomhetssoner for snøskred, steinsprang og jord- og flomskred. NGI sin aktsomhetszone for steinsprang- og snøskred er utarbeidet for området, men strekker seg ikke ned i boligfeltet. Det ønskes en detaljert skredfarevurdering for det vurderte området.



Figur 1: Lokaliseringen av det vurderte området i Røldal.



Figur 2: Terrenghelning og oversikt over det kartlagte området.

1.2 Mål

Skred AS er bedt om å utføre en skredfarevurdering for området vist i figur 2. Dagens krav til sikkerhet mot skred, definert i TEK10 med veileder, skal legges til grunn for vurderingene.

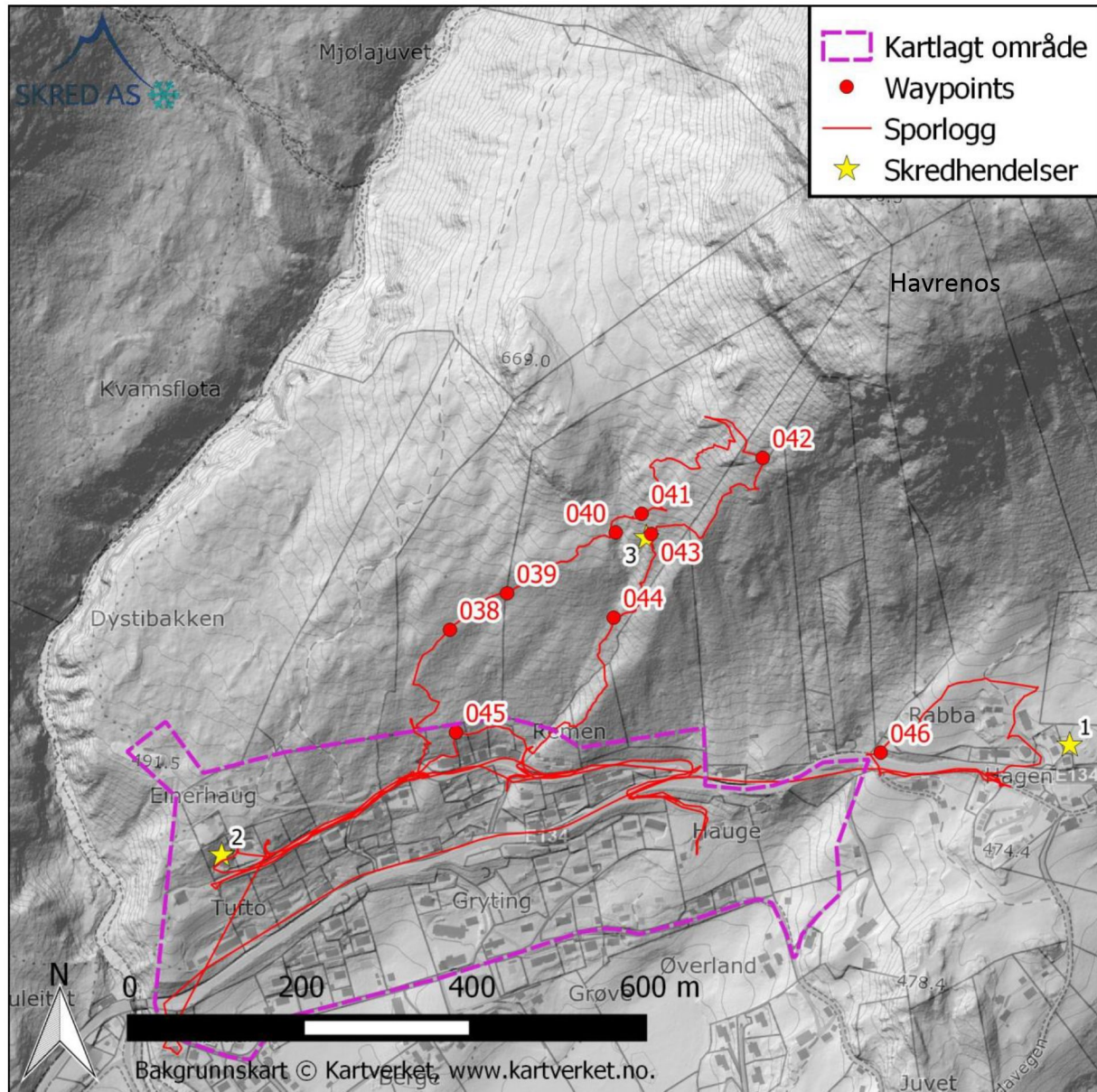
1.3 Forbehold

Informasjon om tidligere skredhendelser er viktig 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.

1.4 Befaring

Befaring i området ble utført 2016-10-27 av Kalle Kronholm (Skred AS). Det var gråvær og byger, men god sikt. Petter Reinemo (Skred AS) var i området 2016-11-04, der han så på kulvertinntaket øst for Bergshagen 6. Sporlogg og registrerte GPS punkt er vist i figur 3.



Figur 3: Skyggekart av terrenget samt GPS punkt og sporlogg fra befaring og omtrentlig plassering av registrerte skredhendelser i direkte tilknytning til de kartlagte områdene (se avsnitt 3.5 nedenfor).

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 TEK10 § 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 TEK10 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for skred (DiBK, 2016).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK10 (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/brakkerigg/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. Vanlige bolighus skal tilfredsstillende kravene i sikkerhetsklasse S2 (1/1000). Sikkerhetskravet til utearealet for vanlige bolighus kan normalt reduseres fra S2 til S1. Eventuelle uthus og garasjer skal tilfredsstillende kravene i sikkerhetsklasse S1 (1/100). Vi antar at sikkerhetsklassene S1 og S2 er relevante for de kartlagte områdene, men har i tillegg vurdert sikkerhetsklasse S3.

2.3 Vurderte skredtyper

I TEK10 er det spesifisert at samlet sannsynlighet for alle skredtyper skal legges til grunn for vurderingen av årlig sannsynlighet. Vi har derfor vurdert følgende skredtyper:

- 1) Skred i fast fjell
- 2) Skred i løsmasser
- 3) Snøskred, inkludert sørpeskred

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

Merk at skredfarevurderingen gjelder naturlig terreng. Dersom det utføres terrengingrep, må fare for skred ikke økes i forhold til det naturlige terrenget.

2.3.1 Snøskred og sørpeskred

Snøskred kan inndeles i løssnøskred og flaskred. 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. Flaskred oppstår når en større del av snødekket løsner som et flak langs et glideplan. Det er flaskred 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 m³) og steinskred (volum 100-10.000 m³).

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 ikke mulig å beregne et «klimapåslag» for skredstørrelse eller skredutbredelse 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 kartlagte området ligger i tettstedet Røldal i Odda kommune (figur 1, figur 2).

3.1 Topografi

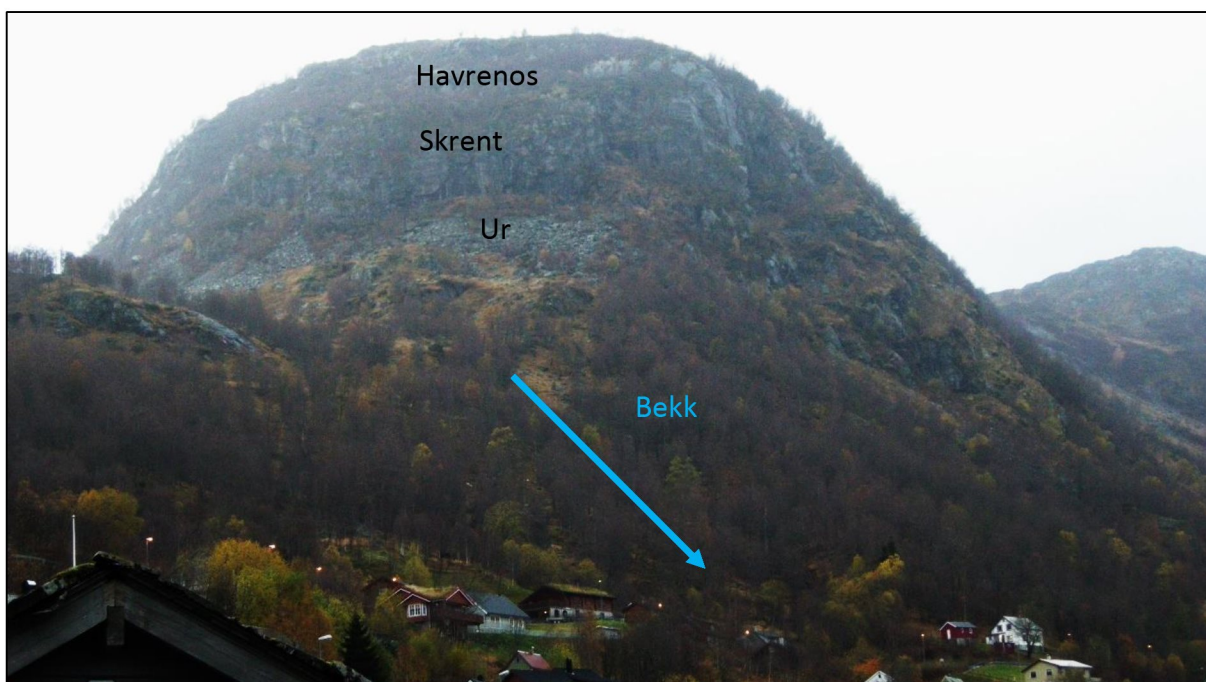
Terrenganalysen er basert på en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m. Modellen er laget fra laserdata fra geovekstprosjekt LACHHO13 Hardanger_Etne, utført av Terratec. Kart med terrenghelning er vist i figur 2. Figur 3 viser terrengformene.

Det kartlagte området ligger i kote 430-450 i nedre del av en sørvendt fjellside. Mot nord strekker fjellsiden seg opp mot Havrenos 896 moh. En markert fjellrygg strekker seg fra Bergshagen boligfelt over Havrenos og Midtnuten til Skoranuten. Vest for denne ryggen renner Tuftaelva mot sør-sørvest. Øst for ryggen renner Kvernabekken mot sørvest.

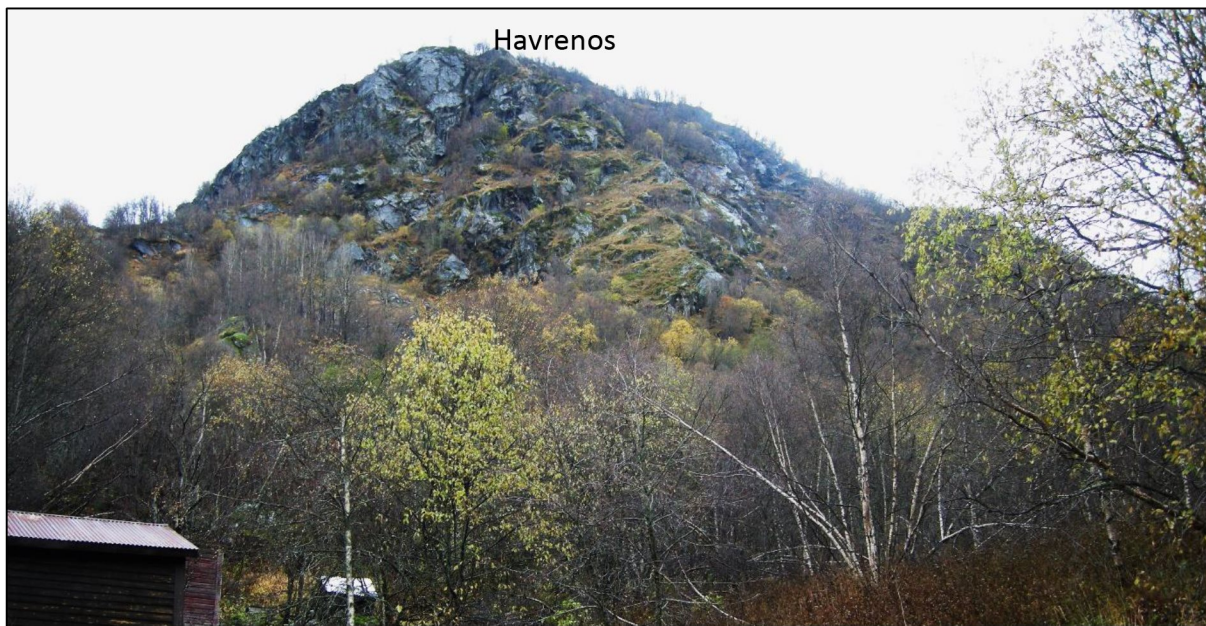
Terrenget ovenfor det kartlagte området kan grovt deles inn i to: fjellsiden sør for Havrenos og fjellsiden sørvest for Havrenos, ned mot Bergshagen boligfelt.

Terrenget sørvest for Havrenos (figur 4) er generelt jevnt opp til kote 590, med enkelte svake forsenkninger som renner nordøst-sørvest. Øst i fjellsiden løper den djupeste forsenkningen ned mot Remen. Terrenghelning er generelt 25-35°. I kote 590-690 er det enkelte knauser med berg i dagen, samt enkelte raviner i øst, men ellers jevnt terreng. Ovenfor kote 690 ligger det ei steinsprangur, og ovenfor denne en nest vertikal skrent.

I fjellsiden nord for område B (figur 5) er det enkelte fjellknauser som stikker ut, men ellers er siden forholdsvis jevn. Terrenget er hovedsakelig brattere enn 30° og går direkte over i skrentpartiene sør for Havrenos.



Figur 4: Havrenos sett fra Bergshagen boligfelt, bilde tatt mot nordøst.



Figur 5: Havrenos sett fra område B, bilde tatt mot nord.

3.2 Geologi

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:50 000 (NGU, 2016a) og består av foliert øyegranodioritt med partier av heterogen granodiorittisk gneis. I de øvre deler av fjellsidene er det ikke løsmasser. Nedenfor toppskrentene er det steinsprangur. Fra Havrenos ned mot område A har uravsetningen mindre utstrekning enn ned mot område B. Mellom Havrenos og område A er det moreavsetninger (NGU, 2016b). I overflaten av morenedekket er det store til svært store steinblokker.

3.3 Vegetasjon

Det er begrenset med vegetasjon i fjellsidene. Ovenfor Bergshagen er det blandingsskog med enkelte større trær, men med god avstand. I forsøkningsen ovenfor Remen er skogen litt tettere i nedre del av fjellsiden. Området ovenfor boligfeltet brukes som beiteareal, og skogen bærer preg av dette.

Flyfoto tilbake til 2003 viser en betydelig gjentetting av skogen i den nedre delen av fjellsiden, ned mot boligfeltet.

3.4 Avrenning

Bekken som løper ned mot Remen er den største i fjellsiden. Ifølge beboere i Bergshagen er det tidvis stor vannføring i bekken, men også i løsmassedekket. Bak boligene på Bergshagen 6, 8 og 10 ble det ved opparbeiding av boligfeltet etablert en overvannsgrøft. Denne leder vann ned mot hovedbekken ved Remen. På oversiden av veien Bergshagen ledes bekken inn i kulvert, som fortsetter under E134. Foran kulvertinnløpet er det to sett rister (figur 6): en ved innløpet og en fangrist omtrent tre meter oppstrøms innløpet.



Figur 6: Kulvertinnløp ved Remen ovenfor veien Bergshagen. Oppstrøms av øvre rist er det avsatt 80 cm løsmasse, noe som ikke kommer tydelig frem på bildet.

3.5 Registrerte skredhendelser

Det er tre registrerte skredhendelser i direkte tilknytning til de kartlagte områdene (NVE, 2016), se plassering i figur 3:

- 1) «Odda, Røldal. Garden Hagen. Ein ofseleg flaum den 26/27. august 1763 løyste også jord- og steinskred. Særleg gjekk eit stort skred over garden Hagen, la etter seg store steinmassar på åker og eng. Det kom også liknande skred fleire stader i Røldal på denne tida. Kartreferansen er ca.»
- 2) «Odda, Bergshagen i Røldal. Ein stein har losna frå ein mur i toppen av ein skrent og hamna inn på altanen til huset på nedsida. Skredhendinga vart synfara av Norconsult den 25. nov. 2015, men har truleg skjedd noko tid i forkant av synfaringa.»
Plasseringen er Bergshagen 54. Vi har mottatt befaringsnotatet fra Norconsult, som var på stedet etter hendelsen. Steinblokken kom trolig fra en skjæring i løsmasse eller fjell bak bygningen.
- 3) «Odda, Bergshagen i Røldal. I lia oppenfor Bergshagen har det gått eit lite jordskred, men det har vore eit større parti på oppsida som òg har vore i bevegelse. Skredhendinga er delvis synleg på ortofoto frå 2003, 2006 og 2011, men det har truleg vore ein ny hending etter 2010 fram mot 2013 kor siste ortofoto er tatt i område.»

3.6 Tidligere rapporter

Tore Dolvik, kommunegeolog, har tidligere vurdert skredfare i boligfeltet. I vurderingen konkluderes det blant annet med følgende:

- «Kommunegeologen har ikkje ut frå synfaringa funne argument for at det ikkje kan vere skredfare mot område.»
- «Ein utvida skredvurdering som viser til byggt teknisk forskrift (TEK10 §7-3) (Faresonekart) er dermed nødvendig om det vert planlagt utbygging i eller i nærleiken av aktsemdområda for skred.»

Vi har også hatt tilgang til befaringsnotatet utarbeidet av Norconsult etter steinspranghendelsen i 2015.

3.7 Aktsomhetsområder

Følgende aktsomhetskart (NVE, 2016) berører det kartlagte området:

- Steinsprang: Den østlige delen av området.
- Snøskred: Det vurderte området dekkes nesten fullstendig.
- Jord- og flomskred: Store deler av den østlige delen av området.
- NGI kombinert snø- og steinskred: et lite parti øst på veien Bergshagen.

3.8 Eksisterende skredsikringstiltak

Ingen sikringstiltak ble observert under befaring og ingen er registrert i nasjonal skreddatabase (NVE, 2016).

3.9 Klima

Formålet med klimaanalysen er å anslå hvor mye snø det kan forventes på bakken, samt nedbørmengde og vindretning i ekstreme nedbørsituasjoner som kan føre til utløsning av skred. Klimadata er hentet fra eklima.met.no

Vi har anvendt følgende stasjoner fordi vi mener de gir det beste bildet av vær og klima i det vurderte området:

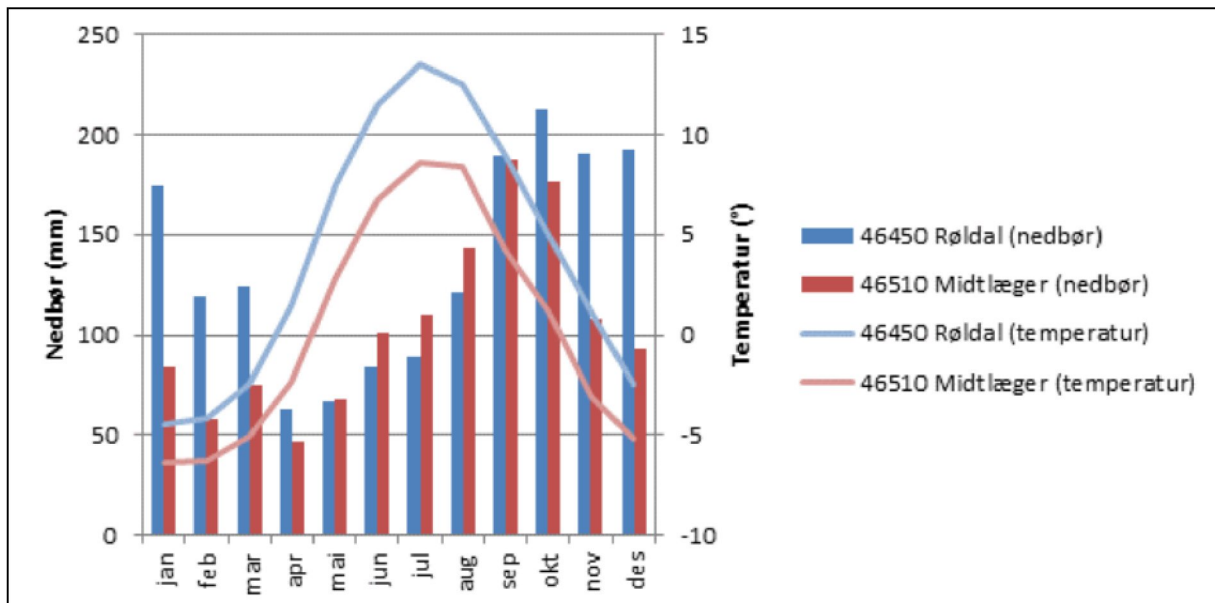
- 46450 Røldal. Denne stasjonen ligger 393 moh., få 100 m sør for det vurderte området. Stasjonen har vært operativ fra 1883-01-01, men observasjoner er bare tilgjengelige fra 1902-07-01. Fra denne stasjonen er daglige nedbørmengder og snødybde tilgjengelig. På grunn av høyden kan det forventes at snødybdene er lavere enn i de potensielle utløsningsområder ovenfor det vurderte området.
- 46510 Midtlæger. Stasjonen ligger omtrent ved den vestlige åpning til Haukelitunnelen, omtrent 10 km øst for det vurderte området. Stasjonen ligger 1079 moh., og representerer trolig snødybdene i de aktuelle utløsningsområdene relativt bra. Observasjoner av snødybde, nedbør, vind og temperatur er tilgjengelige med dekning fra 1967-02-01 til i dag, dessverre med noe sporadisk dekning.

3.9.1 Normalverdier

Månedsnormalene for de to stasjonene for normalperioden 1961-1990 er vist i figur 7. Mesteparten av nedbøren kommer på høsten og vinteren. Det er stor forskjell på

vinternedbør på de to stasjoner. Dette er trolig på grunn av at nedbør som kommer som snø med vind er vanskelig å fange opp enn nedbør som regn. Resultatet er at nedbør som snø ofte er underestimert på fjellet. På bakgrunn av dette forventer vi at det er minst like mye vinternedbør ved Midtlæger som ved Røldal.

Nedbørførende vindretning er fra sørvest over vest til nordvest. Nedbør med vind fra østlig retning er ikke vanlig, men vind fra østlig retning kan frakte snø.



Figur 7: Månedsverdier for nedbør og temperatur for de to analyserte stasjonene. Data fra eklime.met.no.

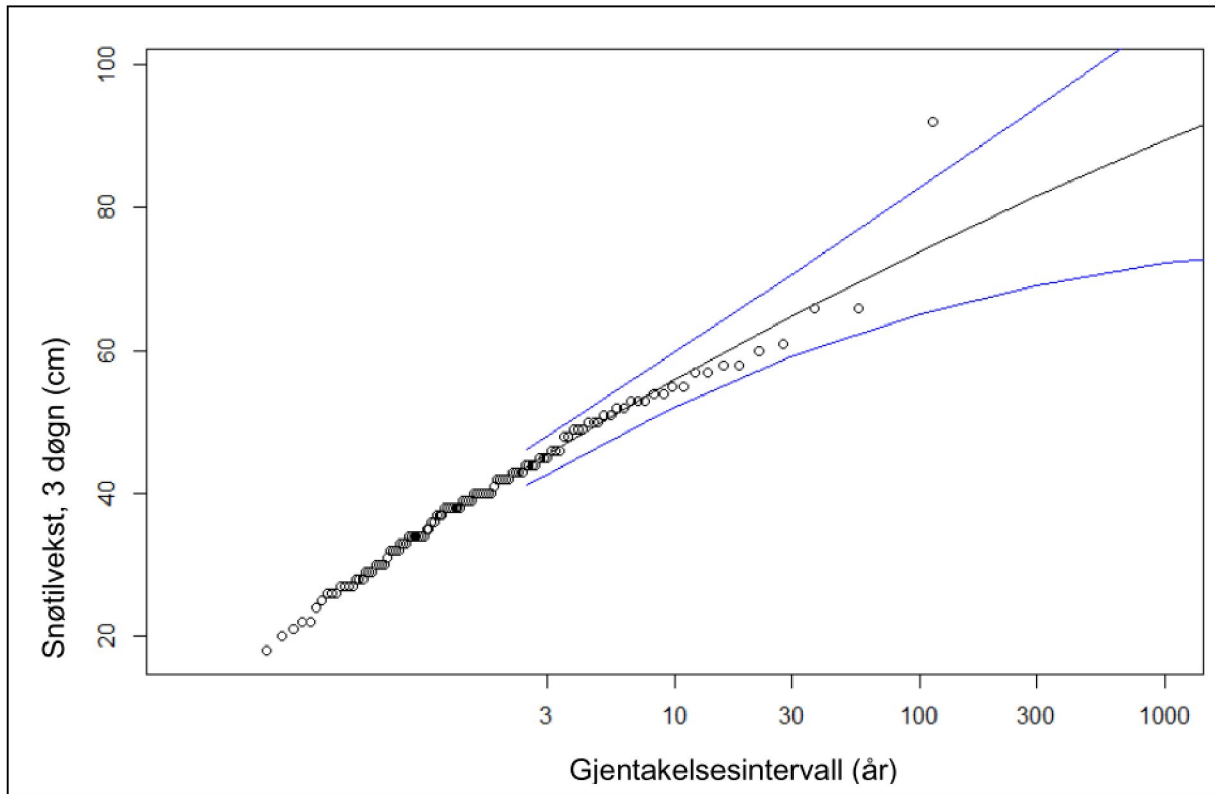
3.9.2 Ekstremverdier for nysnøtilvekst

Nysnøtilvekst kan anvendes som indikasjon på forventet bruddhøyde av dimensjonerende snøskred. Resultatet av ekstremverdianalysen for nysnøtilvekst over tre døgn er vist i figur 8. Hendelser med et gjentakelsesintervall på 1000 år vil ha en forventet nysnøtilvekst over tre døgn på rundt 90 cm. Øvre grense med 95 % konfidensnivå er rundt 110 cm. Hendelser med gjentakelsesintervall på 5000 år ligger langt utenfor grensen på figur 8, men vi ha tilsvarende verdi på rundt 100 cm, med øvre grense med 95 % konfidensnivå på 140 cm.

Bemerk at de 102 år med data fra 46450 Røldal er en meget kort tidsperiode som bakgrunn for å estimere hendelser med et gjentakelsesintervall på 1000 år, og spesielt 5000 år. Allikevel er dette grunnlaget det mest objektive som finnes.

Disse verdiene er ved Røldal. Det forventes en økning av nedbørmengder med høyden, omtrent 5 cm per 100 m økning av høyden. Utløsningsområdene for snøskred ligger rundt 600 moh., hvilket medfører et tillegg på 10 cm.

I figur 8 er det ikke inkludert nysnøtilvekst på grunn av vindtransportert snø. De vurderte utløsningsområdene ligger ikke i le for fremherskende vindretning, men delvis i le for nedbør fra øst. Det er derfor brukt et tillegg på 20 cm.



Figur 8: Ekstremverdianalyse for nysnøtilvekst over tre døgn ved stasjon 46450 Røldal, 393 moh. Høyeste verdi på 92 cm (1927-01-03) ligger over øvre 95 % konfidensnivå (blå linjer). Data fra eklima.met.no.

Under skredbevegelsen kan det medrives betydelige mengder snø slik at volum på skred kan øke nedover skredbanen. Dette har stor betydning for utstrekning av skred, men den anvendte modellen RAMMS har ikke mulighet for å modellere dette. For å ta høyde for medrivning har vi økt den vertikale bruddhøyde med 20-40 cm. Samlet estimert bruddhøyde er vist i tabell 2.

Tabell 2: Estimerte høyder på bruddkant på snøskred fra utløsningsområdene ovenfor det vurderte området.

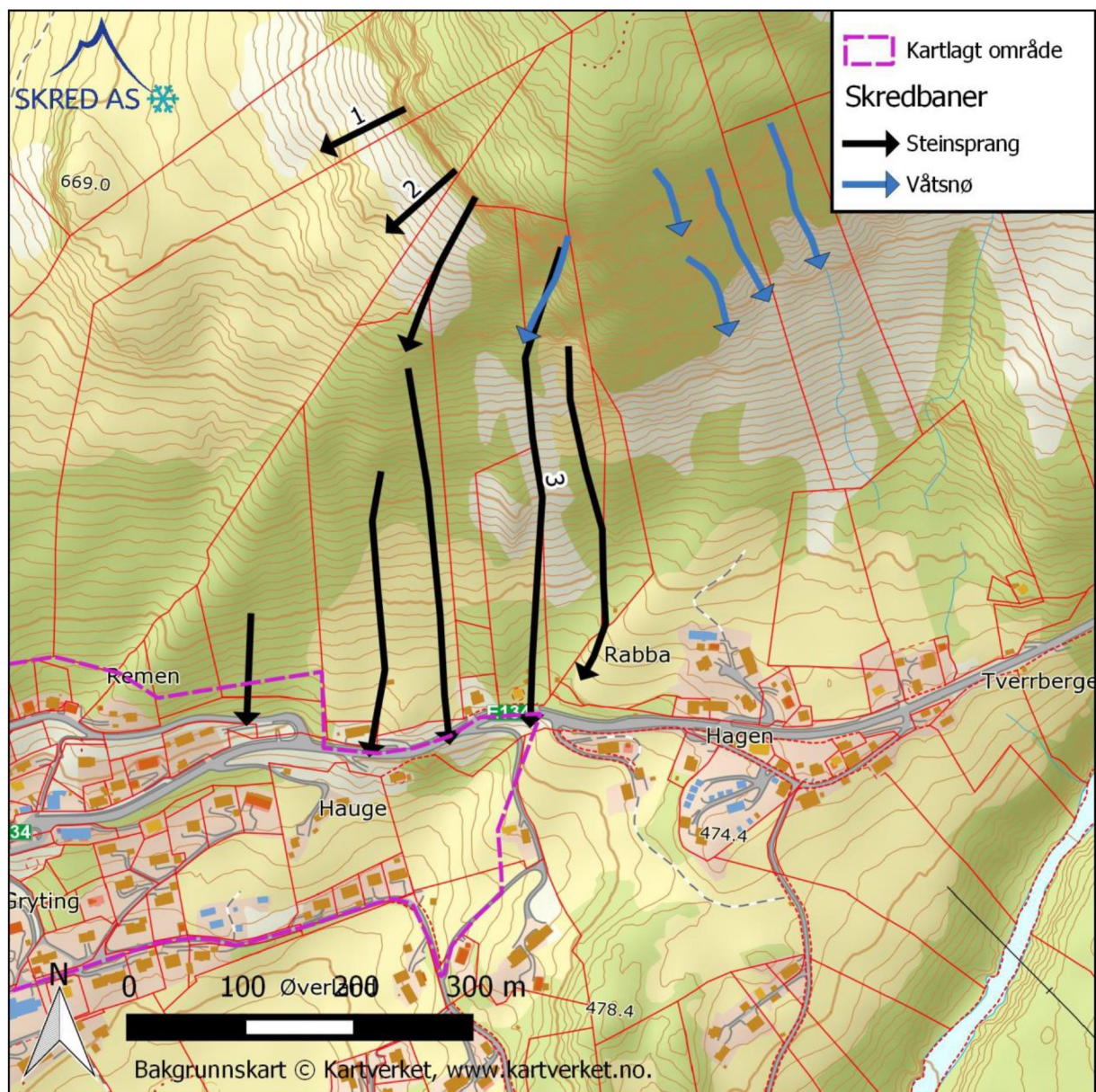
	Årlig sannsynlighet 1/1000	Årlig sannsynlighet 1/5000
Nysnøtilvekst	90 (110) cm	100 (140) cm
Høydetillegg	10 cm	10 cm
Le-tillegg	20 cm	20 cm
Medrivning	20 cm	40 cm
Total	140 (160) cm	170 (210) cm

4 Vurdering av skredfare

Skredfarevurderingene er basert på kart- og flyfotostudier, befaring, regional skredhistorikk, intervju av informanter, tidligere skredrapporter og litteratur, samt simulering av aktuelle skredtyper med tilgjengelige beregningsverktøy.

4.1 Skred i fast fjell

Utfall av enkeltblokker fra skrentene sørøst og sørvest for Havrenos må forventes med jevne mellomrom. Bare få prosent av steinblokkene forventes å nå forbi uravsetningene i foten av skrentene.



Figur 9: Skredbaner for steinsprang og våtsnøskred. Merk at pilene ikke angir maksimalt skredutløp.

Fra skrentene sørvest for Havrenos vil hovedparten av blokker stoppe i urfoten (Figur 9, bane 1 og 2). Enkelte blokker kan nå ut over ura, og vil kanaliseres ned i forsenkningen mot Remen. Erfaringsmessig vil blokker stoppe før de når ned i boligfeltet. Dette er ikke overprøvd med modellberegninger fordi steinsprang ikke er dimensjonerende skredtype.

Fra skrentene sørøst for Havrenos er terrenget forholdsvis bratt ned til 100 m ovenfor grensen til det vurderte området, ved E134. Svært sjeldne, store steinsprangblokker kan trolig nå frem til E134, men hovedparten av blokkene vil stoppe ovenfor E134. Kildeområdet med den største frekvensen av utfall er trolig ovenfor steinsprangbane 3 (figur 9). I ura nedenfor dette kildeområdet er det tegn etter relativt ferske steinblokker.

Rundt toppunktet av Havrenos er det flere parallelle forsengkninger. Disse løper omtrent nordvest-sørøst. Med disse sprekkesettene kan det være mulighet for utfall av større fjellvolum, men vi vurderer årlig sannsynlighet som mindre enn 1/5000, og har derfor ikke detaljvurdert slike hendelser.

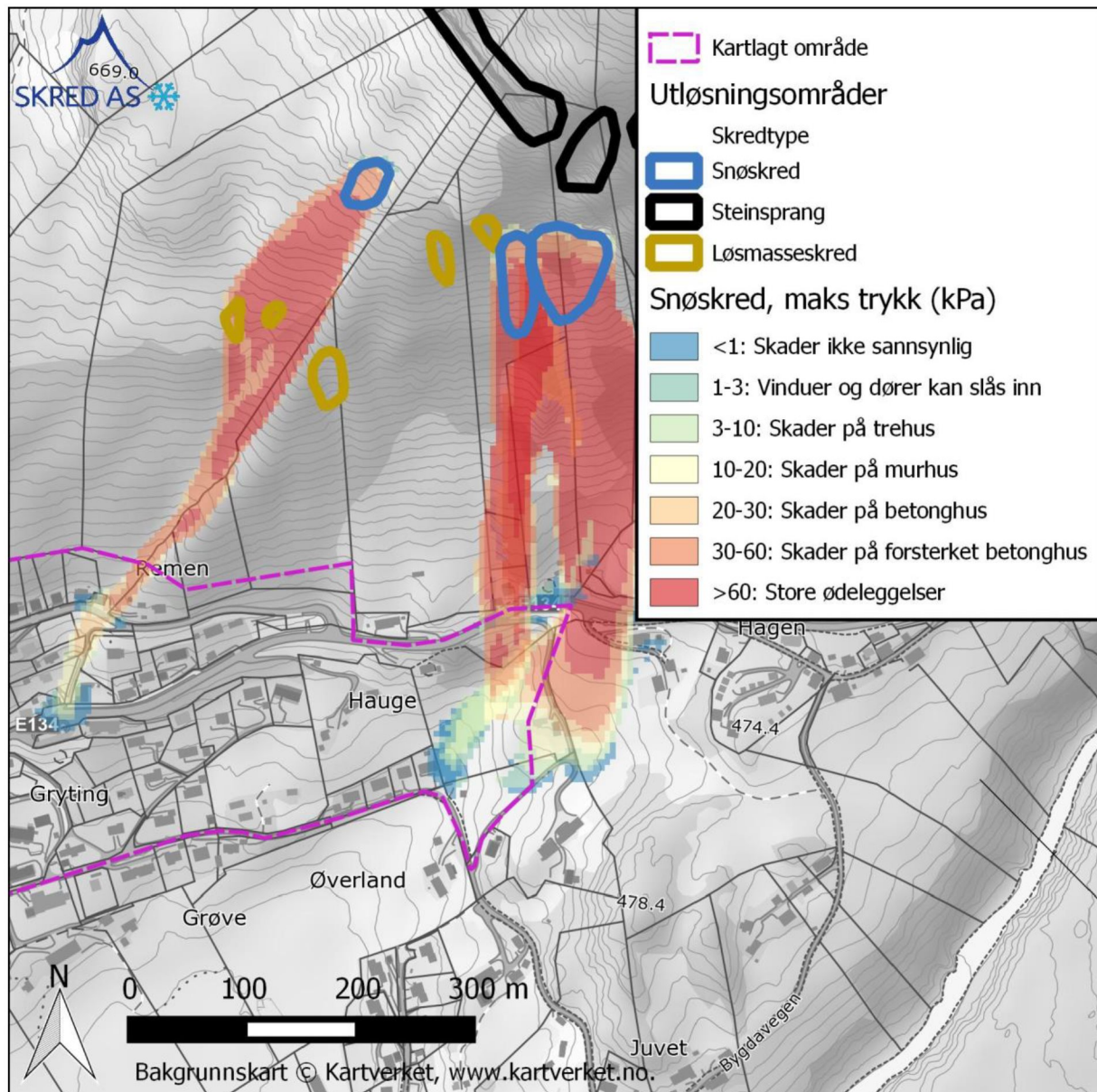
4.2 Snøskred

De øvre delene av fjellsidene sørvest og sør for Havrenos er for bratte til at det bygger seg opp store snømengder før snøen sklir ut. I tillegg er fjellsiden konveks langs kotene. Nedenfor skrentene er skogen med på å redusere sannsynligheten for utløsning av snøskred.

Det er følgende unntak til dette:

- 1) Mindre forsengkninger omtrent parallelt med fallinja, der det kan samles større snømengder enn ellers i fjellsiden (figur 9). Fra disse rennene forventer vi at det kan løsne mindre våtsnøskred, spesielt i situasjoner med regn på snø. Våte snøskredmasser kan dra med seg steinblokker. Nederst i fjellsiden kan disse skredene gå over til en masse med mye vann, omtrent som flomskred.
- 2) Enkelte mindre områder er svakt konkave og uten trær (figur 10). Fra disse kan det svært sjeldent utløses snøskred. Øst i disse områdene vil mindre utglidninger av snø fra skrenten ovenfor redusere sannsynligheten for at det dannes gjennomgående, vedvarende svake lag.

For å vurdere mulig utbredelse av snøskred har vi anvendt beregningsverktøyet RAMMS (Christen mfl., 2010). Potensielle utløsningsområder og skredutbredelse er vist i figur 10. Bruddhøydene i tabell 2 er anvendt som utgangspunkt for oppsett av scenarier.



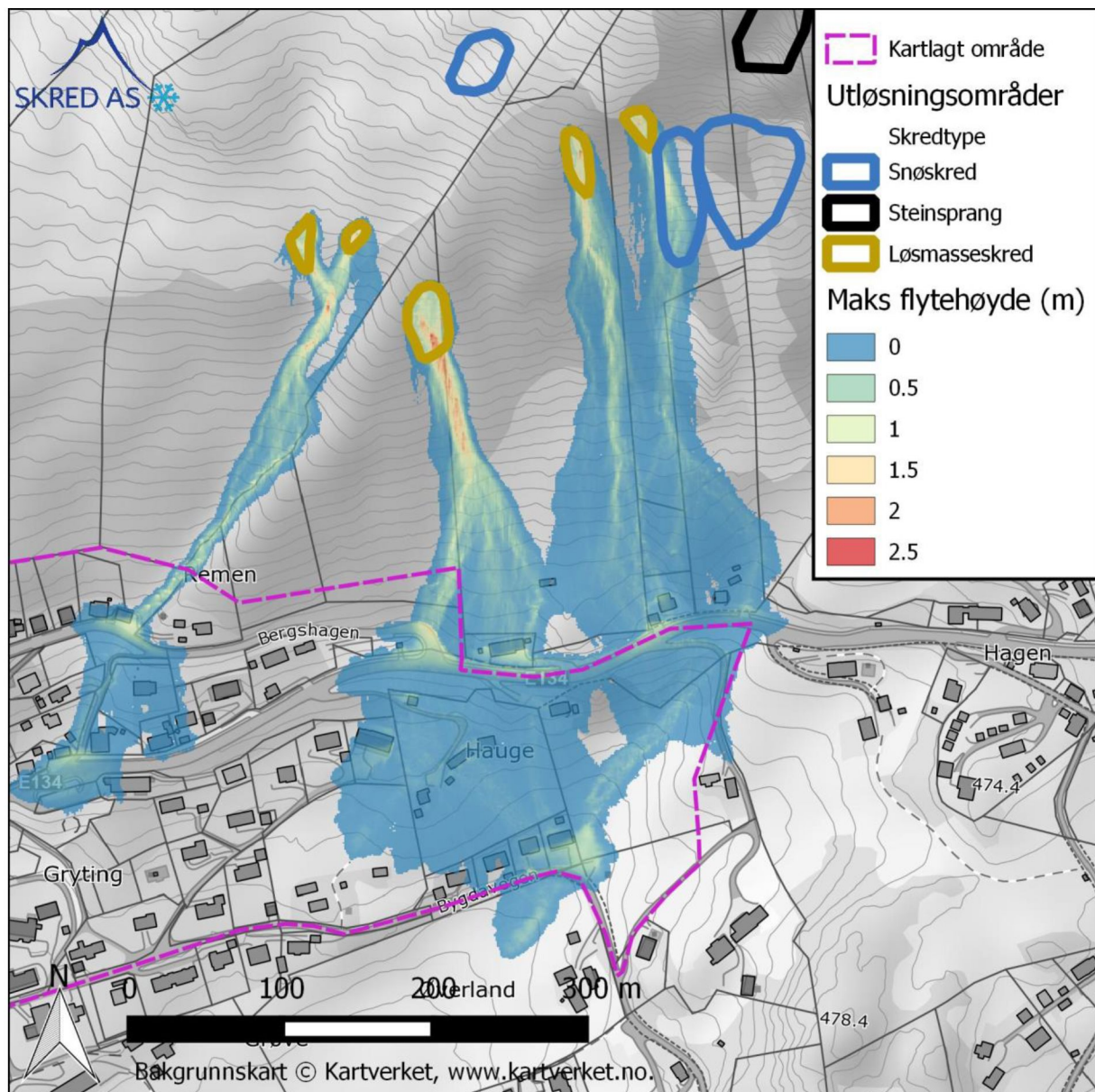
Figur 10: Beregnet skredutbredelse og trykk fra snøskred. Den viste beregningen svarer til scenario for en skredhendelse med årlig sannsynlighet på 1/1000, der bruddkant er 140 cm, og friksjonsparametrene er M300.

4.3 Løsmasseskred

Historiske hendelser og spor etter grunne utglidninger i løsmassedeckket indikerer at løsmasseskred er en aktuell problemstilling i fjellsiden. Plassering av området med størst sannsynlighet for utløsning samt vurdering av årlig sannsynlighet for utløsning av løsmasseskred er vanskelig. I området rundt skredhendelse 3 (figur 3, figur 11) er sannsynligheten for utløsning relativt stor. I dette området møtes flere bekker og det er spor etter flere utglidninger enn det åpne skredsåret. I fjellsiden sør for Havrenos kan steinsprang være medvirkende årsak til utløsning av løsmasseskred.

Eksisterende kulvertinntak ved bekken ned mot Remen vil gå tett i en situasjon med stor massetransport. Det er derfor viktig å holde forsenkningen videre ned gjennom boligfeltet åpen som et flom/flomskredløp. De to ristene foran innløpet må renskes jevnlig for å være funksjonelle i situasjoner med sedimenttransport.

For å vurdere mulig utbredelse av løsmasseskred har vi anvendt beregningsverktøyet RAMMS (Christen mfl., 2010), modulen for flomskred. Potensielle utløsningsområder, flytehøyder og skredutbredelse er vist i figur 11.



Figur 11: Beregnet utbredelse og flytehode i løsmasseskred.

Utglidninger av løsmasser kan også forekomme i mindre skråninger i boligfeltet. I vår vurdering har vi lagt vekt på at store deler av skråningen i Bergshagen boligfelt har terrenghelning på 20-30°. Med den skråningsvinkelen vil naturlige løsmasser bare stå stabilt dersom de er tørre. Vi mener allikevel at årlig sannsynlighet for utglidninger er forholdsvis liten, i størrelsesorden 1/5000. Områdene er derfor tatt med i faresonen for 1/5000. Flere steder er det satt opp sognemur på toppen av skjæringer for å hindre løsmassedekket i å skli ut (figur 12).

Endringer i naturlig avrenning vil kunne endre stabiliteten i betydelig grad. Dersom eventuelle terrenginngrep planlegges på riktig måte, er det mulig å sikre at sannsynligheten for utglidninger reduseres etter terrenginngrep. Riktig håndtering av overvann, samt skråningshelning er viktig for stabilitet av løsmassedekke etter inngrep. Stabiliteten av fyllingen til E134 er ikke vurdert.



Figur 12: Eksempel på terrenginngrep bak ett av husene i boligfeltet. Sognemur er etablert for å redusere fare for nedfall av blokker rundt huset, samt redusere sig og fare for utglidning av løsmassedekket.

4.4 Faresoner for skred

Den vurderte fjellsiden er kompleks med mange aktive skredtyper. Kilde-/utløsningsområder for de enkelte skredtyper varierer raskt langs fjellsidene. Faresonene skal representere summen av alle skredtypene. I Bergshagen boligfelt har vi i noen grad vurdert fare for skredprosesser i skråninger som delvis er naturlige og delvis er skapt ved menneskelige inngrep.

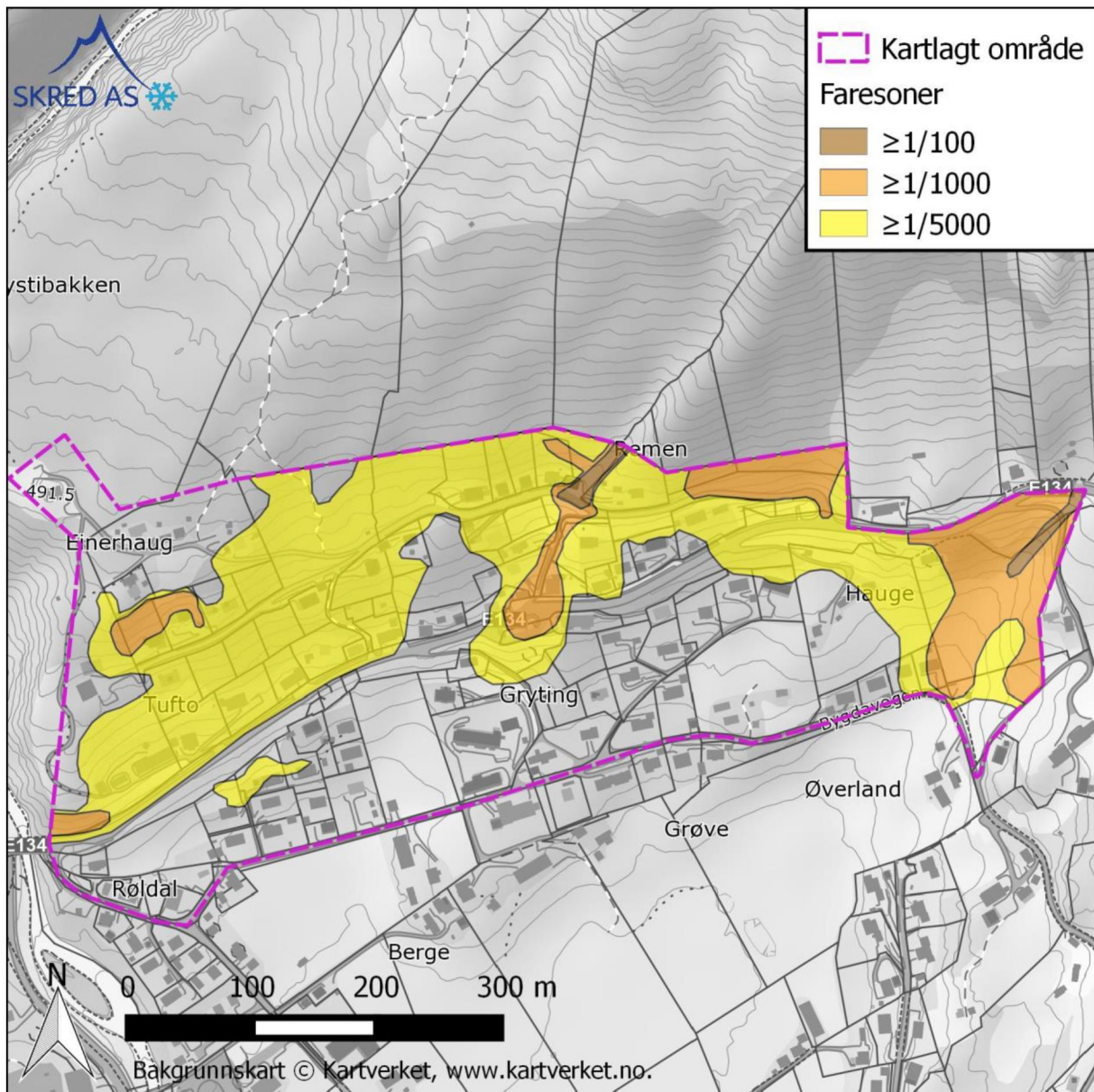
I Bergshagen boligfelt, er det i øst flomskred langs bekken ned mot Remen som er dimensjonerende for faresonene. Eksisterende kulvertinntak til bekken vil raskt gå tett ved sedimenttransport i bekken. Flomskred kan derfor gå over veien Bergshagen og fortsette ned mot E134. Øst i boligfeltet, ved avkjøringen fra E134, er det en skjæring i en bratt løsmasseskråning. I dette området er det fare for utglidning av løsmassedekket, steinsprang/remobilisering av blokker og snøsig.

Vest i boligfeltet er det flere bratte skråninger. En del av disse er naturlige, andre er dannet etter terrenginngrep. Fra skråningene kan det forekomme utglidninger av løsmasse, spesielt hvis overflateavrenning ikke håndteres hensiktsmessig. Snøsig kan også forekomme i vintre med store mengder snø på bakken.

I den østlige delen av det vurderte området, ved Hauge, er det en kombinasjon av løsmasseskred, snøskred og steinsprang som utgjør en fare. Faresonene ligger hovedsakelig langs bunnen av forsenkningen, men dekker også skråningen opp mot E134.

4.5 Forutsetninger for faresonene

Det er litt skog i fjellsiden. Skogen reduserer andelen av areal der snøskred kan utløses, og kan ved mindre snøskred bremse opp skredmassene. Det er derfor en forutsetning for vurderingen at skogen ikke fjernes. Motsatt vil økt tetthet i skogen kunne redusere utstrekningen av faresonene.



Figur 13: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$ (S1), $\geq 1/1000$ (S2) og $\geq 1/5000$ (S3). Faresonene er også vist i Kartbilag 1.

5 Konklusjon

Det planlegges en fortetting med boliger i Bergshagen boligfelt, samt en mulig utvidelse av boligfeltet mot øst. Planlagte boliger skal trolig tilfredsstillende krav til sikkerhet mot skred i sikkerhetsklasse S2 (1/1000), men faresoner svarende til kravene for S1 (1/100) og S3 (1/5000) er også vurdert.

I Bergshagen boligfelt er det hovedsakelig fare for flomskred langs bekken ned mot Remen. Kulvertinntaket vil gå tett under et flomskred. I naturlige og menneskeskapte skråninger er det mulighet for utglidninger av løsmassedekket. Til tross for at det er faresoner i boligfeltet, vil det fortsatt være trygt nok å bygge ut flere av de planlagte tomtene med boliger, som skal tilfredsstillende kravet i sikkerhetsklasse S2.

I mulig boligfelt øst for Bergshagen, er det fare for snøskred, steinsprang og løsmasseskred. Sannsynligheten er størst i skråningen opp mot E134 og i forsøkningsområdet midt gjennom området.

6 Referanseliste

Christen, M., Kowalski, J., Bartelt, P., 2010. RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *Cold Reg. Sci. Technol.* 63, 1–14.
doi:10.1016/j.coldregions.2010.04.005

DiBK, 2016. Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK10) [WWW Document]. Hjemmeside.
URL <http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/>

NGU, 2016a. Nasjonal berggrunnsdatabase [WWW Document]. URL
<http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>

NGU, 2016b. Nasjonal løsmassedatabase [WWW Document]. URL
<http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>

NVE, 2016. Skredatlas [WWW Document]. URL <http://skredatlas.nve.no>