Rapport

Oppdragsgiver	Navn Hol kommune	Kontaktperson Liv A. Lunder
Oppdrag	Nummer og navn 19244 Hol – Skredfarekartlegging av utvalgte områder	Oppdragsleder Andrea Taurisano
Dokument	Nummer 19244-01-1 Utført av Andrea Taurisano	Dato 2019-11-18 Kontrollert av Kalle Kronholm

Skredfarekartlegging i Hol kommune

Sammendrag

Hol kommune har engasjert Skred AS til å utføre en skredfarekartlegging av tre større områder med eksisterende bebyggelse, totalt 17 km dalside. Skredfarekartlegging er utført i forhold til gjeldende krav for sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 i TEK17 § 7-3.

Som en del av skredfarekartleggingsarbeidet er det utført feltbefaringer, terrenganalyser basert på nyeste tilgjengelige laserskanningsdata og modellering av skredutløp.

Resultatet av kartleggingen viser at alle skredtyper som forekommer i bratt terreng, dvs. jord- og flomskred, steinsprang og steinskred, snøskred og sørpeskred, er relevante prosesser i de aktuelle fjellsidene.

Jord- og flomskred, samt steinsprang, er de mest relevante skredtypene i kartleggingsområde 1 - Hol og 2 - Hovet. Snøskred er den mest relevante skredtypen i kartleggingsområde 3 - Sudndalen. Sørpeskred kan under spesielle forhold forekomme i enkelte bekkesystemer i alle tre områdene.

Til sammen er det ca. 30 – 35 boliger / fritidsboliger, samt flere mindre bygg, som ligger innenfor faresone for skred med årlig sannsynlighet større enn 1/1000.

Stabiliteten av de bratte steinrøysene i kartleggingsområdet ved Hovet er ikke vurdert i detalj. Det er viktig at erosjonen i foten av disse unngås, for å ikke svekke stabiliteten av røysene med derav følgende fare for bebyggelsen.

Innhold

1 Innledning 6
1.1 Bakgrunn 6
1.2 Mål 7
1.3 Forbehold 7

2 Krav til sikkerhet mot skred 8
2.1 Lovverket 8
2.2 Aktuelle krav 9
2.3 Vurderte skredtyper 9
2.3.1 Snøskred og sørpeskred 9
2.3.2 Skred i fast fjell 9
2.3.3 Jordskred og flomskred 10
2.3.4 Skredfare og klimaendringer 10

3 Metodikk for fastsettelse av faresoner for dette oppdraget 11
3.1 Skredhistorikk 11
3.2 Høydemodeller, skyggekart og helningskart 11
3.3 Topografi, vegetasjon og klimaforhold 12
3.4 Feltkartlegging 12
3.5 Registreringskart 14
3.6 Modellering 15
3.7 Beregninger med Rockyfor3d for steinsprang 15
3.8 Beregninger med RAMMS for snøskred 16
3.9 Beregninger med RAMMS for jord-/flom-/sørpeskred 17
3.10 Tolkning av modellresultater 17
3.11 Fastsetting av faresoner 17

4 Områdets klimatiske trekk av betydning for skredfarekartlegging 18
4.1 Historisk klima 18
4.2 Fremtidig klima 21

5 Område 1 - Hol 23
5.1 Topografi 23
5.2 Geologi 24
5.3 Vegetasjon 25
5.4 Registrerte skredhendelser 26
5.5 Tidligere rapporter 28
5.6 Aktsomhetsområder 28
5.7 Eksisterende skredsikringstiltak 28
5.8 Skredfarevurdering 29
5.8.1 Snøskred 29
5.8.2 Sørpeskred 31
5.8.3 Løsmasseskred 32

5.8.4 Skred i fast fjell 33
5.8.5 Faresoner for skred 34
5.8.6 Skogens betydning for faresonene 35
5.8.7 Mulighet for å redusere faresonene 36

6 Område 2 - Hovet 37
6.1 Topografi 37
6.2 Geologi 39
6.3 Vegetasjon 39
6.4 Registrerte skredhendelser 40
6.5 Tidligere rapporter 41
6.6 Aktsomhetsområder 42
6.7 Eksisterende skredsikringstiltak 42
6.8 Skredfarevurdering 42
6.8.1 Snøskred 42
6.8.2 Sørpeskred 44
6.8.3 Løsmasseskred 45
6.8.4 Skred i fast fjell 45
6.8.5 Stabilitet av steintipper 47
6.8.6 Faresoner for skred 48
6.8.7 Skogens betydning for faresonene 48
6.8.8 Mulighet for å redusere faresonene 49

7 Område 3 - Sudndalen 50
7.1 Topografi 50
7.2 Geologi 51
7.3 Vegetasjon 52
7.4 Registrerte skredhendelser 53
7.5 Tidligere rapporter 54
7.6 Aktsomhetsområder 54
7.7 Eksisterende skredsikringstiltak 54
7.8 Skredfarevurdering 54
7.8.1 Snøskred 54
7.8.2 Sørpeskred 57
7.8.3 Løsmasseskred 57
7.8.4 Skred i fast fjell 58
7.8.5 Faresoner for skred 58
7.8.6 Skogens betydning for faresonene 58
7.8.7 Mulighet for å redusere faresonene 58

8 Referanseliste 60

Figurer

Figur 1: Oversikt over de kartlagte områdene i Hol kommune. 6

Figur 2: Månedsnormaler 1961-90 for middeltemperatur. Data fra www.eklima.no. 19
Figur 3: Månedsnormaler 1961-90 for nedbør. Data fra www.eklima.no. 19
Figur 4: Beregnet 3-døgnsnedbør med ulike gjentaksintervaller for vintermånedene november til april. Data fra www.eklima.no. 19
Figur 5: Vindrose for vintermånedene desember til april, for stasjonene Geilo – Geilostølen (A) og Haugastøl (B). Figuren er fra www.eklima.no. 20
Figur 6: Beregnet 1-døgnsnedbør med ulike gjentaksintervaller for sommermånedene mai til oktober. Data fra www.eklima.no. 21
Figur 7: Kartleggingsområde 1 - Hol i et flybilde fra www.norgeibilder.no. 23
Figur 8: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over kartleggingsområde 1 - Hol. 24
Figur 9: Utklipp fra NGUs løsmassekart for kartleggingsområde 1 – Hol (fra www.ngu.no)... 25
Figur 10: Jordskred ved Søre Rue i flybilder fra 1963 og 2014 (www.norgeibilder.no) 26
Figur 11: Skredhendelser registrert i kartleggingsområdet (fra www.atlas.nve.no) 26
Figur 12: Eksempel på mulige løsneområder for snøskred, like ovenfor Slåtto. 29
Figur 13: Eksempel på mulige løsneområder for snøskred, like ovenfor Holsfjordvegen. 30
Figur 14: Fjellskrenten i den nedre delen av dalsiden. 33
Figur 15: Skrenten mellom Nørdre Hallingstad og Søre Hallingstad (avløste blokker i sirkelen) 34
Figur 16: Faresoner for skred i kartleggingsområde 1 - Hol. 35
Figur 17: Kartleggingsområde 2 - Hovet i et flybilde fra www.norgeibilder.no. 37
Figur 18: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over kartleggingsområde 2 - Hovet. 38
Figur 19: Utklipp fra NGUs løsmassekart for kartleggingsområde 2 – Hovet (fra www.ngu.no). 39
Figur 20: Jordskred ovenfor Hansehaugen i flybilder fra 2009 og 2014 (www.norgeibilder.no) 40
Figur 21: Skredhendelser registrert i kartleggingsområdet (fra www.atlas.nve.no) 41
Figur 22: Eksempel på mulige løsneområder for snøskred, like ovenfor Holastølen. 43
Figur 23: Eksempel på mulige løsneområder for snøskred, like ovenfor Rue. 43
Figur 24: Relativt oppsprukne skrenter ovenfor Teigen, med store steinsprangavsetninger. 46
Figur 25: Nørdre Bry, med ovenforliggende fjellskrenter (gul pil), steinur (rød pil) og titalls steinblokker (grå prikker) i terrenget rundt bygningene, tidligere utfall fra skrentene. 47
Figur 26: Faresoner for skred i kartleggingsområde 2 - Hovet. 48
Figur 27: Kartleggingsområde 3 – Sudndalen i et flybilde fra www.norgeibilder.no. 50
Figur 28: Kart med terrenghelning i fjellsiden over kartleggingsområde 3 - Sudndalen. 51
Figur 29: Utsnitt av NGUs løsmassekart for fjellsiden over kartleggingsområde 3 – Sudndalen (fra www.ngu.no). 52
Figur 30: Lite jordskred like nord for alpinanlegget (ca. 900 moh.) i flybilder fra 1963 og 2014 (www.norgeibilder.no) 53
Figur 31: Skog skadet av snøskred i et flybilde fra 2006 (til høyre). Bildet fra 1963 (til venstre) viser bare tegn etter snøskred med kortere utløp (www.norgeibilder.no) 53
Figur 32: Fjellsiden ved Kvanneberg. Flere løsneområder for snøskred ligger i delen av fjellsiden markert i blått. 56

Figur 33: Fjellsiden ved Nonstølnattane, med løsneområder for snøskred markert i blått. ... 56
Figur 34: Faresoner for skred i kartleggingsområde 3 - Sudndalen. ... 59

Tabeller

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2018). ... 8
Tabell 2: Ideelle og kritiske verdier for vernskog fra PROALP, (NGI, 2012 og NVE, 2015). «Evergreen coniferous forest» tilsvarer barskog. Tabellen er hentet fra NVEs oppsummeringsrapport for skog og skred (NVE, 2015). ... 13
Tabell 3: Anvendte parametere i RAMMS beregningene for jord-/flomskred og sørpeskred. 17
Tabell 4: Oversikt over de benyttede meteorologiske stasjonene. Stasjonenes plassering i forhold til de kartlagte områdene er vist i Figur 1. ... 18

Vedlegg

(vedleggserie 1.. for kartleggingsområde 1; vedleggserie 2.. for kartleggingsområde 2, osv.)

Vedlegg 1A: Fotobilag

Vedlegg 1B: Helningskart

Vedlegg 1C: Registreringskart

Vedlegg 1D1: Utvalgte modelleringsresultater: RAMMS snøskred

Vedlegg 1D2: Utvalgte modelleringsresultater: Rockyfor3D - Steinsprang

Vedlegg 1D3: Utvalgte modelleringsresultater: RAMMS sørpeskred

Vedlegg 1D4: Utvalgte modelleringsresultater: RAMMS jord-/flomskred

Vedlegg 1E: Faresoner skred i bratt terreng

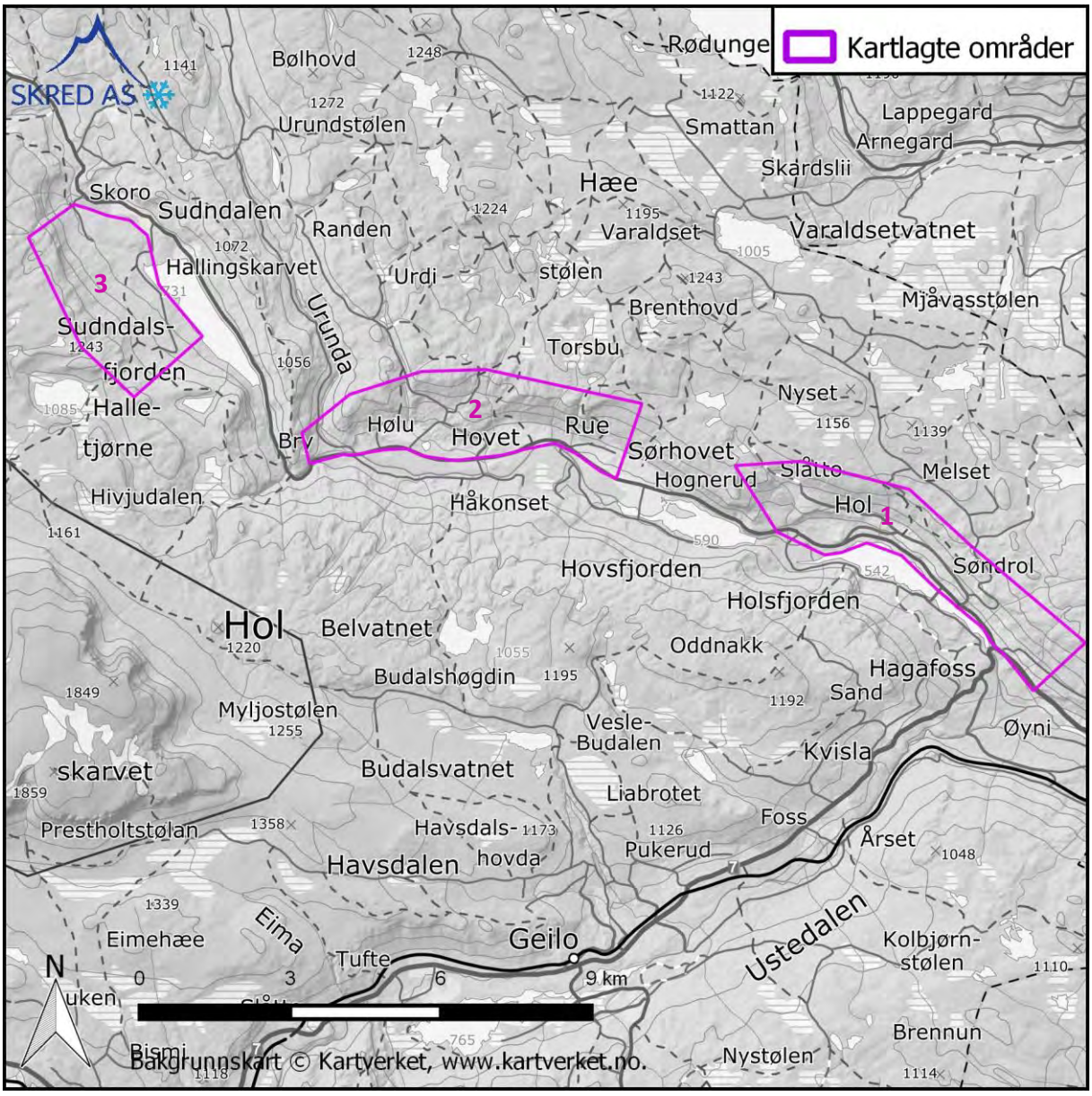
Vedlegg 1F: Skogen av betydning for faresonene

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Skred AS er bedt om å utføre en skredfarekartlegging for tre større områder med eksisterende bebyggelse, totalt 17 km dalside, i Hol kommune. Kartleggingsområdene er herunder omtalt som *område 1 – Hol*, *område 2 – Hovet* og *område 3 – Sudndalen*. Områdene er vist på oversiktsnivå i figur 1.

Skredfarekartlegging er utført i forhold til gjeldende krav for sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 i TEK17 § 7-3.



Figur 1: Oversikt over de kartlagte områdene i Hol kommune.

1.2 Mål

Skred AS er bedt om å utføre en skredfarekartlegging for områdene vist i figur 1. Dagens krav til sikkerhet mot skred, definert i TEK17 § 7-3 med veileder, for samtlige sikkerhetsklasser (S1, S2 og S3) skal legges til grunn for vurderingene.

1.3 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 de var på befaringstidspunktet, samt bildemateriale, flyfoto, og kotegrunnlag som var tilgjengelig på vurderingstidspunktet. Hvis terreng eller vegetasjon endres, 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, 2018).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2018).

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

Hensikten med arbeidet oppsummert i denne rapporten, er å gi Hol kommune detaljerte skredfarekart for bruk i alt planarbeid og byggesaksbehandling. Skredfarekartleggingen er derfor utført i forhold til gjeldende krav for sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 i TEK17.

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 TEK17 og 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 <100 m^3) 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 ikke mulig å beregne et «klimapåslag» for skredsannsynlighet, 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 Metodikk for fastsettelse av faresoner for dette oppdraget

Utarbeidelse av skredfaresoner er en kompleks prosess som i stor grad avhenger av skredfaglig skjønn og erfaring. Den inkluderer en grundig vurdering av flere viktige momenter og datagrunnlag, frem til faresonene. Disse er kort omtalt nedenfor.

3.1 Skredhistorikk

Skred vil ofte gjenta seg der det har gått skred tidligere. Dette gjelder både de nesten årlige skredene og de sjeldnere hendelsene. Det å dokumentere tidligere skredhendelser er derfor svært viktig i en skredfarevurdering. Dette vil gi informasjon om hvilke områder som er mest utsatt for skred og kan også gi informasjon om den potensielle rekkevidden av skredene. Et utvalg av historiske skredhendelser er samlet i en nasjonal skreddatabase (NVE Atlas) og vises på atlas.nve.no. Skreddatabasen kan ikke oppfattes som en komplett historikk av hendelser i et område, og plassering av hendelsene i databasen, samt registrert skredtype oppfatter vi som veiledende mer enn absolutt.

I tillegg til informasjon fra NVE Atlas, har vi tatt i betraktning informasjon om skredhistorikk inneholdt i tidligere skredfareutredninger, samt eventuelle opplysninger mottatt under gjennomføring av befaring.

3.2 Høydemodeller, skyggekart og helningskart

En digital høydemodell (DHM), eller terrengmodell, er en tredimensjonal digital representasjon av terrenget som gir informasjon om høyde over havet i hvert punkt av datasettet.

Terrengmodellene som er benyttet for denne skredfarekartleggingen, er laget basert på punktskyer fra LiDAR-skanning til den nasjonale høydemodellen. Skanningen er utført i flere omganger frem til 2017 med en punkttetthet på 2 og 5 punkter per kvadratmeter. Dataene er lastet ned fra hoydedata.no. Bakkepunkter er filtrert ut fra punktskyene, og terrengmodellene er generert basert på disse og med oppløsning på 1 m x 1 m.

Skyggekart er en visningsmåte av en DHM som gir et relieffkart av terrenget. Skyggekart fra detaljert DHM er svært nyttige i geologisk skredkartlegging for å avgrense skredbaner, løsneområder, skredavsetninger osv. Det er laget skyggekart med innstråling fra minst fire ulike retninger.

Helningskart er også beregnet fra en DHM og viser terrenghelningen for hvert punkt i datasettet. Terrenghelningen er en av de viktigste parameterne for å definere løsneområder for skred. Helningskartet for det kartlagte området vises i vedlegg 1B, 2B og 3B og er delt inn i følgende klasser:

25° til 30°: mulige løsneområder for jordskred

30° til 45°: mulige løsneområder for jordskred og snøskred

45° til 60°: mulige løsneområder for snøskred og steinsprang

60° til 90°: mulige løsneområder for steinsprang

3.3 Topografi, vegetasjon og klimaforhold

Topografien er et av de aller viktigste elementene som avgjør en fjellsides skredpotensial. Blant de topografiske forholdene som er viktige for skredpotensialet, i tillegg til terrenghelningen, er terrengformen og terrengruheten.

Terrengformen beskrives av kurvaturen eller krummingen i terrengoverflaten, både parallelt med og på tvers av høydekurvene. Snø, overflatevann og grunnvann har alle mer tendens til å akkumuleres eller konsentreres i konkave, dvs. gryteformede, terrengpartier enn på konvekse former som rygger. I konkave terrengpartier er det derfor ofte større sannsynlighet for utløsning av snøskred, jordskred og flomskred enn på ryggformasjoner. Ved kildeområder for steinsprang, kan derimot konvekse fjellknauser gi like mye (eller mer) utfall av blokker enn mer konkave deler av en skrent, eller potensial for utfall av større volum. For samtlige typer skred, i varierende grad, vil ofte konkave terrengformer som raviner og nedskjærte bekkeløp styre bevegelsen i fjellsiden og utløpet.

Terrengruheten i potensielle løsneområder kan også påvirke sannsynligheten for skredutløsning. Dette har spesielt stor betydning for snøskred, der bruddforplantning over store arealer krever relativt gjennomgående lagdeling i snødekket: Mye større snømengder er nemlig nødvendig for å tildekke terreng med stor ruhet enn for å tildekke glattere overflater. Ruheten av terrenget lenger nede i skredbanen er på den andre siden blant faktorene som styrer skredutløpet, spesielt for steinsprang. Både terrengkrumming og ruhet vurderes skjønnsmessig ved GIS-baserte analyser som benytter en detaljert terrengmodell, ved hjelp av skyggekart avledet fra terrengmodellen, samt ved feltobservasjoner.

Vegetasjonen har også betydning for skredfarevurdering. Effekten av skogen er i denne rapporten vurdert ut fra befaringsobservasjoner og flybildestudie, i henhold til NGIs rapport «Skog og skred – Forslag til kriterier for vernskog mot skred» (NGI, 2013), samt NVEs «Oppsummeringsrapport for skog og skredprosjektet» (NVE, 2015).

3.4 Feltkartlegging

Befaring i området ble gjennomført av Andrea Taurisano og Kalle Kronholm Skred AS, 6. til 8. august 2019. Det var varierende skydekke med generelt god sikt på befaringstidspunktet. Befaringen ble gjennomført ved bruk av bil og delvis til fots. En drone med 12 Mpx kamera ble anvendt for observasjon og fotografering av mindre fremkommelige deler av fjellsidene. Kalle Kronholm og Sondre Lunde, Skred AS, var i tillegg tidligere på flere befaringer i mindre deler av kartleggingsområdene i forbindelse med oppdrag Skred AS har hatt i Hol kommune.

Mye av fokuset under feltbefaringene foretatt i august 2019 var på å danne seg et bedre inntrykk av løsneområder og skredbaner for de ulike typer skred. En første identifisering av potensielle løsneområder ble gjort før feltarbeidet, basert på helningskart med 1 m oppløsning med inndeling i helningsklassene vist i avsnitt 3.2. Under feltbefaringene ble de potensielle løsneområdene vurdert i lys av andre lokale forhold, spesielt terrengform og vegetasjon. Den samlede vurderingen førte til at noen potensielle løsneområder ble avkreftet og fjernet fra kartet, mens noen ble kun vurdert aktuelle for skred med 5000 års gjentaksintervall, og andre ble nærmere avgrenset.

For snøskred ble de fleste potensielle løsneområdene vurdert å ha et reelt skredpotensial, med mindre skogen stod tett nok til å forebygge snøskredutløsning iht. anbefalingene gitt i rapportene nevnt i avsnitt 3.3 (NGI, 2013 og NVE, 2015). Tabell 2 oppsummerer disse kriteriene, som er basert på forskning i Alpene. Trærne skal være minst 5 m høye og ha en diameter på brysthøyde på 12 cm eller mer.

Åpne felter opptil 50 m lange (i fallretningen) i 30° graders terreng, opptil 40 m lange ved helning på 35-40° og opptil 30 m lange ved helning 40-45°, er ikke vurdert som reelle løsneområder for snøskred.

Tabell 2: Ideelle og kritiske verdier for vernskog fra PROALP, (NGI, 2012 og NVE, 2015). «Evergreen coniferous forest» tilsvarer barskog. Tabellen er hentet fra NVEs oppsummeringsrapport for skog og skred (NVE, 2015).

Parameter	Forest type									
	Deciduous forest		Mixed forest: deciduous, coniferous trees		Evergreen coniferous forest		Mixed forest larch, stone pine		Larch forest	
	crit.	idea.	crit.	idea.	crit.	idea.	crit.	idea.	crit.	idea.
Crown cover (%)	<80	>80	<70	>70	<35	>50	<30	>50	<35	>50
Stem number per ha	>450	>550	<280	>300	<190	>210	>200	>280	>180	>230
Gap width (m)	>5		>5	none	>10	<5	>10	<5	>10	<10
Ground vegetation (%)	>50	<35	>50	<50						
Slope gradient(°)	>38		>42		>38		>35		>32	

For jordskred er løsneområdene i første omgang definert som alle løsmasseskråninger brattere enn 25°. For de ulike potensielle løsneområdene er i tillegg sannsynligheten for skredutløsning skjønnsmessig vurdert. Denne sannsynlighetsvurderingen ble basert på de følgende momentene, der det siste er viktigst:

- terrengformen (mindre sannsynlighet på ryggformasjoner enn i konkave eller åpne skråninger);
- vegetasjon (mindre sannsynlighet i tett skog enn i bart terreng);
- hydrologiske forhold (mindre sannsynlighet ved veldig begrenset nedslagsfelt og liten vanntilgang);
- eventuelle forhold som endrer naturlig vannavrenning og stabilitet (eks. skogsveger);
- informasjon om, samt tegn på tidligere skred (mindre sannsynlighet ved manglende tidligere skredaktivitet i fjellsiden). Det er lagt spesielt vekt på kartlagte skredavsetninger (NGU, 2004).

Dårlig håndtering av overvann, etablering av skogsveger og andre terrenginngrep som måtte skje i etterkant av våre vurderinger, kan føre til økt sannsynlighet for utløsning av jordskred.

Løsneområder for flomskred ble i utgangspunktet identifisert ved alle forsenkede terrengformasjoner, eks. raviner og nedskjærte bekkeløp, med enten løse materialer eller potensial for bekkeerosjon langs løpet.

Sørpeskred kan løsne i svært ulike typer terreng, for eksempel nesten flate myrområder, høyfjellsplatåer, vatn som drenerer ut i bratte bekker, bratte kløfter og gjel i høye fjellskrenter. En sørpeskredhendelse kan også starte som annen skredtype, f.eks. som et våtsnøskred eller en flom i høytliggende bekk, og vil ofte gå over til andre prosesser, eks. flomskred. Dersom alle terrengpartier der dette er teoretisk mulig, kartlegges som løsneområder for sørpeskred, og utløp kartlegges fra hvert teoretisk løsneområde, vil en ofte få et farebilde som hverken stemmer med skredhistorikk eller kvartærgeologi, og der sørpeskred mange steder blir dimensjonerende prosess. Konsekvensen er uforholdsmessig stor utrygghetsfølelse i befolkningen, båndlegging av arealer og behov for sikringstiltak. Vi legger derfor vekt på manglende historikk for sørpeskred i det kartlagte området. De fleste skredbanene der sørpeskred teoretisk kan inntreffe, er imidlertid også aktuelle for flomskred, som i motsetning til sørpeskred har mye historikk i området. Der er det altså generelt tegnet faresoner dimensjonert av flomskred.

Kildeområder for steinsprang er i første omgang definert som alle naturlige fjellskrenter brattere enn 45°. Små skrenter under ca. 5 m høyde blir ikke kartlagt som løsneområder med mindre de ligger innenfor eller så nære ovenfor kartleggingsområdet at utløp derfra kan komme inn i det vurderte området. Utover det er altså alle skrenter over 45° tatt med som potensielle kildeområder i det senere modelleringsarbeidet. Etter befaringsobservasjoner og dronebildeanalyse ble det imidlertid gjort en kvalitativ vurdering av steinsprangpotensialet i de ulike kildene: Noen skrenter har for eksempel kraftig oppsprukket berg og mange avløste partier, mens andre virker mye mer kompakte. Dette gjenspeiles generelt i omfanget av steinsprangavsetningene i foten av skrenten. Størrelsen av kartleggingsområdet ville imidlertid gjort det umulig å kalibrere dynamiske modeller for hvert enkelt løsneområde og scenario, slik det ville gjøres dersom det skulle prosjekteres sikringstiltak for en bestemt skredbane.

Derfor, for samtlige skrenter er det utført modellering av to eller tre typiske scenarioer (blokker mellom 2 og 15 m^3) uavhengig av egenskapene i det enkelte kildeområdet. Det er i neste steg, dvs. i forbindelse med tolking og vektlegging av resultatene frem til tegning av faresonene, at den kvalitative vurderingen av de enkelte skrentene og avsetningene, ble lagt vekt på. Dette førte til ulik vekting av modelleringsresultater, skredhistorikk og registrerte avsetninger og forklarer også hvorfor det stedvis er relativt stort avvik mellom modellert skredutløp og faresoner.

3.5 Registreringskart

Registreringskartet er resultatet av omfattende forarbeid med identifisering av løsneområder, skredbaner og skredavsetninger gjort på bakgrunn av helningskart, skyggekart og flybilder, samt feltregistreringer. Under befaringen er fokuset på registrering av terrengformer og elementer av betydning for skredfarevurderingen, derunder tegn på

utglidninger, flomskred og nylig steinsprangaktivitet, både som sår i løsneområder og som avsetninger nederst i fjellsidene. Der relevant og mulig, er også kartfestbare opplysninger fra lokalkjente ført i kart.

3.6 Modellering

Resultater av skredmodellering utført med ulike beregningsverktøy kan brukes til å etterprøve og underbygge vurderinger av forventet skredutløp basert på andre kilder som skredhistorikk, feltobservasjoner og skjønn.

Modellresultatene, eks. maksimalt utløp, flytehøyde, skredhastighet og trykk, er alltid sterkt avhengig av de valgte inngangsparameterne. Utfordringen ligger generelt i den store usikkerheten rundt avgrensning av løsneområdene (spesielt ved mange diffuse kilder), dimensjonerende mobiliserbare volumer og materialegenskaper.

Muligheten til å kalibrere modeller basert på tidligere hendelser krever derfor ikke bare at det finnes historiske hendelser i nærliggende og sammenlignbare områder, men også at relativt detaljert informasjon om de hendelsene er tilgjengelig. Blant annet bør kunnskap om skredvolumet, med avgrensning av skredutløpet, foreligge. Dette skjer meget sjeldent.

Selv i de få tilfellene der det er mulig å etterregne kjente skred, er det umulig å vite gjentaksintervallet for skredet som modellen kan kalibreres opp mot. Parameterne som gir best «match» mellom observert og modellert utløp kan da ikke brukes direkte for modellering av 1000 års eller 5000 års scenarioer.

Vi har derfor valgt å generelt bruke konservative parametersett og vurdere det beregnede skredutløpet i forhold til de kartlagte skredavsetningene. Modellverktøy er med andre ord først og fremst benyttet som strømningsmodeller, dvs. for å bedre definere hvordan skredmasser ville bevege seg i fjellsidene, men uten å legge for stor vekt på modelleringsresultatene når det gjelder å vurdere det maksimale utløpet for skred med årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000. Dette til tross for at vi har forsøkt å definere scenarioer som skjønnsmessig kan tenkes å svare til ulike faresoner, og at det er utført flere beregninger for å teste effekt av variasjonen i de ulike parametersettene. Faresonene er som regel ikke basert på en spesifikk modellberegning, men tegnet ut fra en samlet vurdering av observasjoner, tidligere informasjon, beregninger og erfaring.

Modellering av skredutløp er utført for alle skredprosesser som terrenganalyse og befaringsobservasjoner tilsier er aktuelle i kartleggingsområdet, altså snøskred, steinsprang og løsmasseskred (jord- og flomskred). De benyttede modellene og deres oppsett er beskrevet nedenfor.

3.7 Beregninger med Rockyfor3d for steinsprang

Programvaren Rockyfor3d (Dorren, 2015), versjon 5.2.4 er anvendt til beregning av mulig utbredelse av steinsprangblokker. Generell fremgangsmåte er som følger:

- Definere scenarioer for hendelser med ulike årlige sannsynligheter, inklusive fastsettelse av følgende parametere:

    - Kildeområde.
    - Størrelse på steinsprangblokker. Typiske verdier som vi har benyttet, er mellom 2 og 15 m^3. Dette valget var i liten grad avhengig av størrelse og oppsprekkingsgrad vurdert for de ulike kildene. De lokale forholdene i skrenten og eventuelle avsetningene er derimot tatt i betraktning i en senere fase, dvs. ved tolkning av modelleringsresultater opp mot andre elementer, fram til tegning av faresonene.
- Vurdering av resultater mot registrerte avsetninger som representerer tidligere steinsprangutfall.

Generelle innstillinger er som følger:

- Det er simulert 50 utfallende blokker per celle i kildeområdene.
- Det er anvendt en startfallhøyde på 5 m.
- Det er ikke tatt høyde for skog.
- Tetthet = 2700 kg/m^3.
- Blokkform = rektangulær.
- Det er benyttet automatisk valgte, gjennomsnittlige verdier for bakkens ruhet og energidemping («Rapid automatic simulation»). Vi har erfaring med at disse gir relativt høye restitusjonskoeffisienter, og dermed relativt langt beregnet utløp. Som beskrevet ovenfor er utløpsberegningene vurdert opp mot andre kilder før fastsetting av faresonene.

3.8 Beregninger med RAMMS for snøskred

Modellering av mulig skredutbredelse av snøskred er gjort med RAMMS (Christen mfl., 2010), versjon 1.7.20, modulen for snøskred. Verdiene for friksjonsparameterne μ og ξ er definert som anbefalt i programmet, med unntak av at øvre høydenivå er redusert fra 1500 moh. til 1000 moh., og nedre høydenivå fra 1000 moh. til 500 moh. Av mangel på nasjonale retningslinjer, er de anvendte innstillingene satt basert på skjønn.

Løsneområder er definert fra terrengform og beregnet terrenghelning, historisk informasjon, og vurdering i felt av blant annet vegetasjon. Bruddhøyder er typisk variert mellom 1 m og 2 m. Disse er beregnet med utgangspunkt i 3 døgns vinternedbør med 1000 års gjentaksintervall diskutert i avsnitt 4.1, som varierer mellom 57 cm og 113 mm (tilsvarende 57 – 113 cm nysnø). Disse verdiene er økt mellom 50 og 100 % for løsneområdene med størst potensiale for snøakkumulasjon, dvs. de i le for fremherskende vindretning, med konkav form og/eller høyere liggende. Dette også for i noen grad å ta i betraktning effekten av medriving, som gjør at skredvolumet øker mens skredet beveger seg nedover en fjellside, men som beregningsmodellen ikke inkluderer direkte. Bruddhøyden anvendt for hvert løsneområde er vist i figurene med modellresultater (Vedlegg D). Med disse bruddkanthøydene som utgangspunkt, for definisjonen av friksjonsparameterne, har vi kjørt beregninger med friksjonsparametere tilsvarende skred av størrelse «small» og «medium» i kartleggingsområde 1 og 2, og «medium» og «large» i kartleggingsområde 3, som har potensial for større snøskred. Det er ikke utført beregninger for skredvind.

3.9 Beregninger med RAMMS for jord-/flom-/sørpeskred

Modellering av mulig skredutbredelse av løsmasseskred og sørpeskred er gjort med RAMMS Debris Flow (Christen mfl., 2012), versjon 1.7.20. Løsneområdene er definert på to måter:

- Veldefinerte løsneområder i eller ovenfor forsenkninger der flomskred eller sørpeskred mest sannsynlig vil løses ut. Resultatene er brukt til å vurdere mulighet for utbredelse av flomskred og sørpeskred.
- De fleste løsneområdene som ikke er definert i etablerte søkk eller bekkeløp, men i åpne skråninger, er tegnet i områder der det er kartlagt morene, løsmassetypen de fleste jordskred i Norge oppstår i. Løsneområder er også tegnet der terrenganalysen (dronebilder, flyfoto, skyggekart) viste tegn på tidligere utglidninger.

For begge typer beregninger er innstillingen «block» brukt. Anvendte friksjonsparametere er vist i Tabell 3.

Tabell 3: Anvendte parametere i RAMMS beregningene for jord-/flomskred og sørpeskred.

Skredtype	**Oppløsning i terrengmodell**	**Friksjonsparameter ξ**	**Friksjonsparameter μ**	**Høyde blokk**
Flomskred og jordskred	2 m	100 m/s^2	0,15	1 - 2 m
Sørpeskred	2 m	2000-3000 m/s^2	0,05	1 - 2 m

3.10 Tolkning av modellresultater

Det er utført flere beregninger for å teste effekt av variasjonen i de ulike parametersettene. Faresonene er derfor ikke basert på en spesifikk modellberegning, men laget ut fra en samlet vurdering av observasjoner, tidligere informasjon, beregninger og erfaring.

3.11 Fastsetting av faresoner

Faresoner fastsettes for skred med årlig sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000 for den samlede sannsynlighet for alle typer skred.

Den endelige vurderingen av sannsynligheten for de ulike skredprosesser, scenarioer og beregnede skredutløp, har vært i stor grad basert på skredfaglig skjønn, som beskrevet i avsnittene ovenfor.

Der faresonene er dimensjonert av snøskred, og «skredvinden» er vurdert å være en aktuell problemstilling, er denne tatt i betraktning i selve faresonene, uten at det er utført beregninger av utbredelsen av dette faremomentet.

4 Områdets klimatiske trekk av betydning for skredfarekartlegging

4.1 Historisk klima

Vi har utført en analyse av områdets klimatiske trekk med størst betydning for skredfarevurderingen. Analysen er gjort på bakgrunn av data fra Meteorologisk institutt (eklima.no). En utfordring er at de meteorologiske stasjonene har relativt korte dataserier (50 – 123 år) eller ligger for langt fra de kartlagte områdene til å gi representative og robuste analyseresultater. Resultatene av analysen anses derfor som usikre, men gir allikevel den mest objektive informasjon om klimaforholdene i området.

Plasseringen av stasjonene er vist i Figur 1, mens en oversikt over driftsperiode og høyde over havet er vist i Tabell 4.

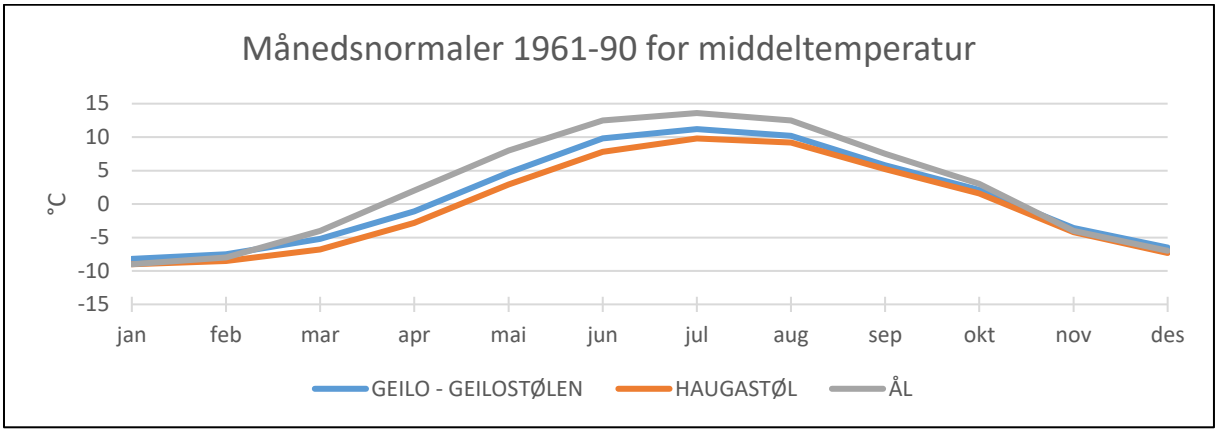
Tabell 4: Oversikt over de benyttede meteorologiske stasjonene. Stasjonenes plassering i forhold til de kartlagte områdene er vist i Figur 1.

St.nr.	Navn	I drift fra	I drift til	Høyde o.h.
25240	VATS	feb 1950	des 2000	800
25320	ÅL III	sep 1949		720
25540	BAKKO I HOL	okt 1949		969
25590	GEILO - GEILOSTØLEN	sep 1966	nov 2005	795
25640	GEILO	jul 1895		841
25720	HAUGASTØL II	jan 1884	jul 1940	996
25730	HAUGASTØL	jan 1886	mai 1976	988

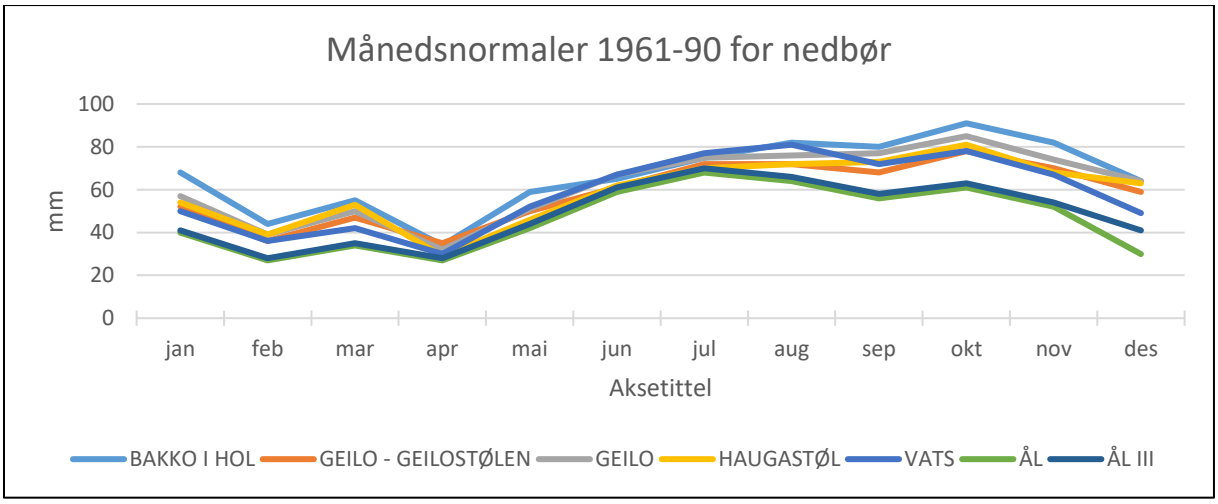
Stasjonene har en normal årsnedbør på mellom 560 mm (Ål) og 799 mm (Bakko i Hol), fordelt over årets 12 måneder som vist i Figur 3. Disse nedbørmengdene er relativt små tatt i betraktning at stasjonene ligger 700 – 1000 moh., noe som betyr at området har et relativt tørt innlandsklima.

For snøskredfarevurderingen er det imidlertid mye viktigere å analysere ekstreme snøfall enn normale nedbørsverdier. Fokuset er spesielt på 3-døgns snøfall med store gjentaksintervaller. Nedbør som faller i fjellet over 700 moh. mellom november og april, antas å komme i form av snø, siden snittemperatur for de månedene er flere grader under null. For disse vintermånedene og ved de benyttede stasjonene er den beregnede 3-døgns nedbør med 1000 års gjentaksintervall på mellom 57 mm (Ål) og 113 mm (Haugastøl II), som vist i Figur 4. Hvis en bare ser på stasjonene som trolig best representerer forholdene i kartleggingsområdene, varierer den beregnede 3-døgns nedbør med 1000 års gjentaksintervall på mellom 70 mm (Bakko i Hol) og 105 mm (Geilo). Disse verdiene blir benyttet som utgangspunkt for modellering av 1000 års snøskred.

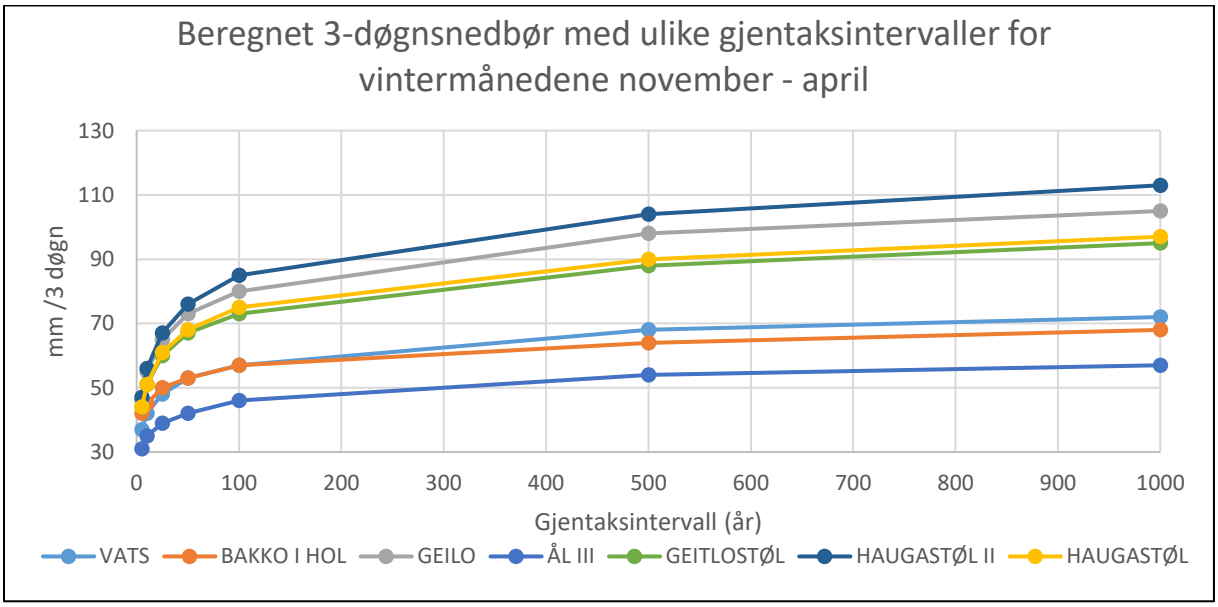
Videre viser Figur 5 at fremherskende vindretninger i de samme vintermånedene er mellom VSV og VNV. Dette stemmer godt overens med lokal kunnskap.



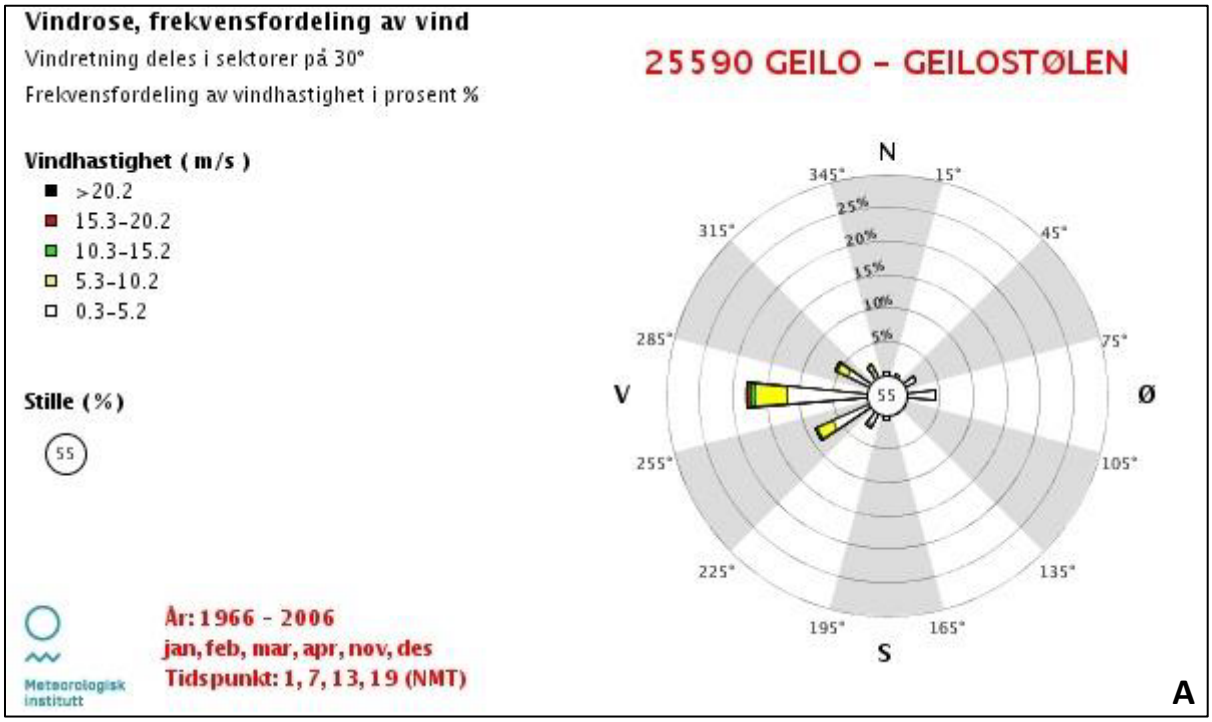
Figur 2: Månedsnormaler 1961-90 for middeltemperatur. Data fra www.eklima.no.

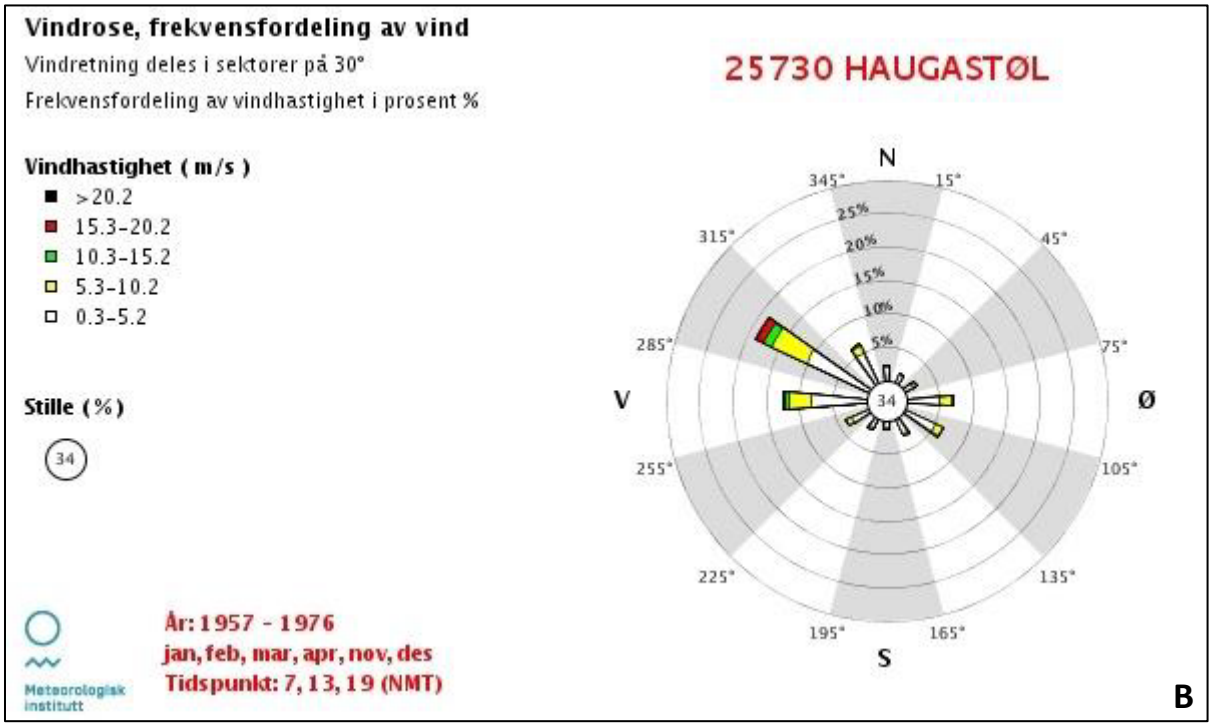


Figur 3: Månedsnormaler 1961-90 for nedbør. Data fra www.eklima.no.



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

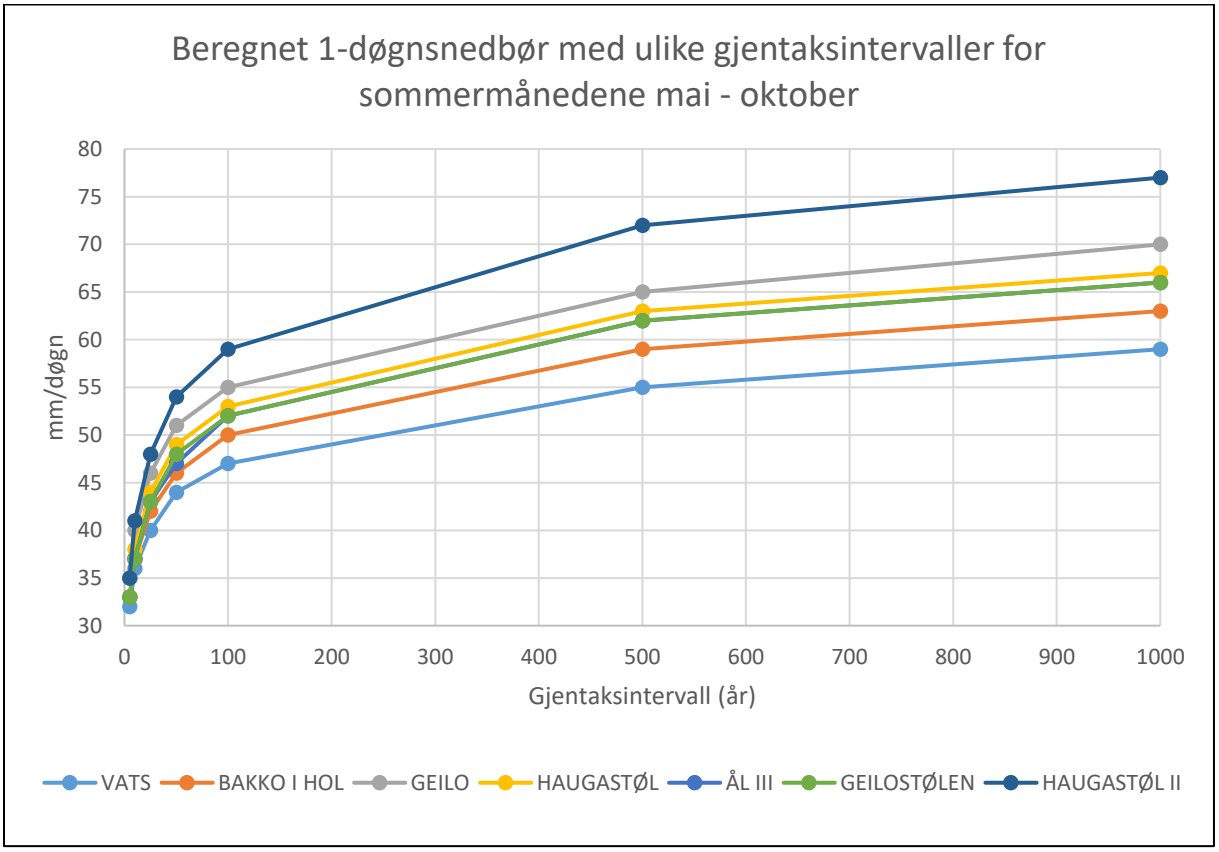




Figur 5: Vindrose for vintermånedene desember til april, for stasjonene Geilo – Geilostølen (A) og Haugastøl (B). Figuren er fra www.eklima.no.

Lignende analyser, men med fokus på nedbør som kommer i sommerhalvåret, og derfor antatt å være i form av regn, er gjort som grunnlag for vurdering av jord- og flomskredfare.

Studier utført i Norge (Sandersen m.fl., 1996) indikerer at løsmasseskred generelt løses ut ved døgnnedbør på min. 8 % av gjennomsnittlig årlig nedbør. I det vurderte området betyr det døgnnedbør på 45 – 64 mm. En ekstremverdianalyse lik den ovenfor presentert for snøfall, men utført for nedbør som kommer i form av regn (Figur 6), viser at gjentaksintervallet for en døgnnedbør på 45 – 64 mm i vurderingsområdet er på mellom 250 og 1000 år.



Figur 6: Beregnet 1-døgnsnedbør med ulike gjentaksintervaller for sommermånedene mai til oktober. Data fra www.eklima.no.

Sannsynligheten for at en nedbørmengde potensielt i stand til å utløse løsmasseskred forekommer, er ikke er det samme som sannsynligheten for at skred faktisk utløses. Dette gjelder både for jordskred og for snøskred. Sannsynligheten for at de ulike skred utløses er vurdert og beskrevet for hvert område i kapitlene 5, 6 og 7.

4.2 Fremtidig klima

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.

Ifølge Norsk Klimaservicesenter (2016), *Klimaprofil Buskerud,* beregnes det at årstemperaturen i dette innlandsområdet vil øke med ca. 4°C innen 2100, og mest om vinteren (+ 4,5°C). Årsnedbøren vil øke med 15 %, også mest om vinteren (+ 30%).

Sitert fra Norsk Klimaservicesenter (2016):

> *«Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider. Nedbørintensiteten for døgn med kraftig nedbør forventes å øke med ca. 20 %. For varigheter kortere enn ett døgn, er det indikasjoner på større økning enn for døgnnedbør».*
>
> *«Høyereliggende fjellområder kan få økende snømengder frem mot midten av århundret. Etter dette forventes det at økt temperatur etter hvert vil føre til mindre snømengder også i disse områdene».*
>
> *«Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på et snødekket underlag. Dette kan på kort sikt føre til økt skredfare, men ikke på de store, sjeldne snøskredene som omfattes av aktsomhetskartene. På lengre sikt vil snømengdene bli så redusert at faren for snøskred vil avta».*
>
> *«Det er særlig grunn til økt aktsomhet mot skredtypene jord- flom- og sørpeskred fordi disse skredtypene kan bli både vanligere og mer skadelige».*

Med dagens metodikk for skredfarekartleggingen, er det 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 effekten av, men som vurderes skjønnsmessig når en kartlegger skredfare.

5 Område 1 - Hol

5.1 Topografi

Det kartlagte området er ca. 7 km langt og strekker seg fra Nedre Solheim i sørøst til Slåtto og Kvamen i nordvest. Området er vist i Figur 7 og Figur 8.



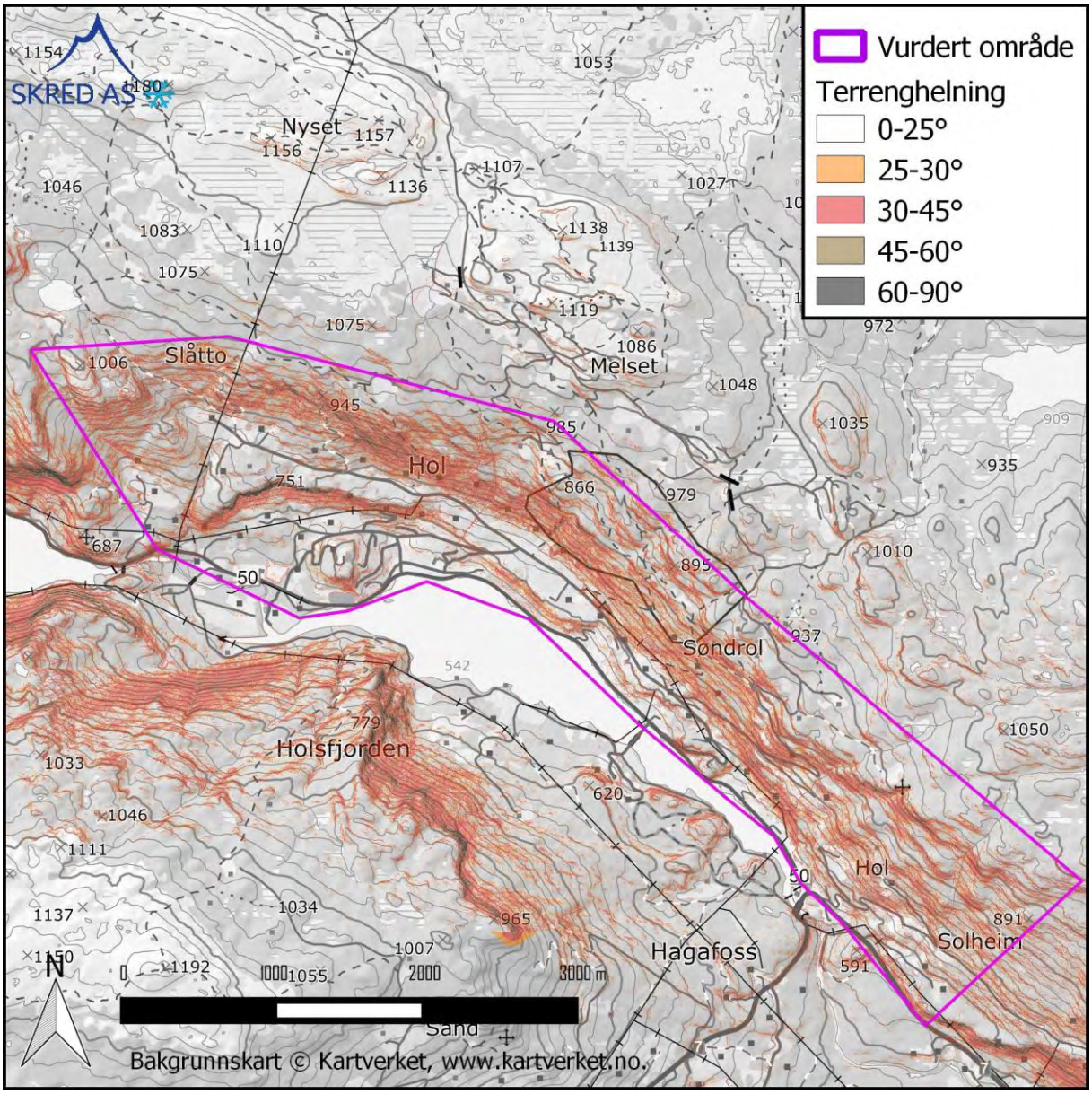
Figur 7: Kartleggingsområde 1 - Hol i et flybilde fra www.norgeibilder.no.

Kartleggingsområdet ligger langs nordsiden av Holsfjorden (542 moh.). I øst stiger de kartlagte dalsidene opptil 1050 moh. (Damnuten), som er en fortopp av Kyrhovda (1150 moh.). I midten av området stiger fjellsiden opptil 1035 moh. (Nystølhovda), mens i vest stiger fjellsiden opptil ca. 1075 moh., der det er flere ikke-navngitte fortopper av Nysetfjellet (1156 moh.) og Øystlihovda (1139 moh.).

Helningsforholdene i fjellsidene er illustrert i Figur 8 og Vedlegg 1B. Fellestrekk for hele kartleggingsområdet er et terrengbelte med helning brattere enn 25 - 30° som utgjør den midtre delen av dalsiden, mellom ca. 600 og 900 moh. i øst og mellom ca. 700 og 950 moh. i vest. Over ca. 900 – 950 moh. flater fjellsidene ut betydelig og går over til slake, kuperte høyfjellsplatåer med gradvis tynnere vegetasjon og flere myrområder og tjern mellom fjelltoppene.

I foten av det bratte beltet som utgjør den midtre delen av de kartlagte fjellsidene, er det også slakere terreng der helningen er godt under 25°. Dette slake terrengbeltet nederst i fjellsiden, der bebyggelsen ligger, er relativt bredt i vest og blir gradvis smalere østover. I vest er det slake området avbrutt av opptil vertikale fjellskrenter, som en finner ovenfor Ellingplassen, Bergheim, Rudningen og Sveinåkervegen. Disse skrentene blir gradvis mindre

fremtredende og sammenhengende østover, men lokale fjellskrenter i foten av fjellsiden er fortsatt tilstede i store deler av kartleggingsområdet, helt til Seimsbergi og Svenskebergi, sør for Seimsbrua. Lokale fjellskrenter med helning mellom 45 - 90° finnes ellers veldig mange steder i det bratte terrengbeltet midt i fjellsiden.

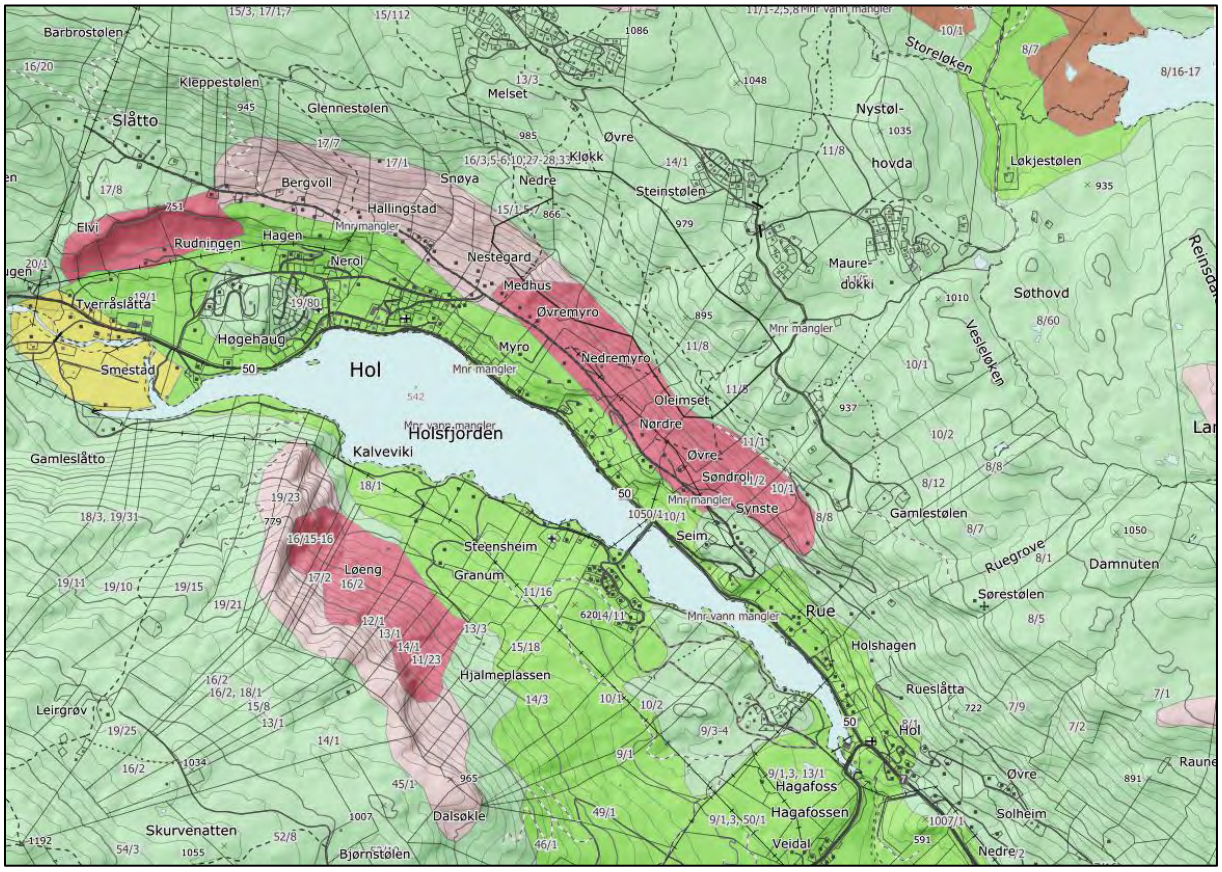


Figur 8: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over kartleggingsområde 1 - Hol.

5.2 Geologi

Berggrunnen i fjellsiden er kartlagt i målestokk 1:50 000 og består ifølge NGUs berggrunnsdatabase for det meste av metamorfe bergarter som metaryolitt og metadacitt (NGU, 2019a). Den nedre delen av fjellsidene i vest, inkludert fjellskrentene ovenfor Ellingplassen, Bergheim, Rudningen og Sveinåkervegen, består ifølge NGUs kart av gabbro og amfibolitt. Alle disse er generelt relativt solide og kompakte bergtyper.

Ifølge NGU løsmassekart i målestokk 1:250.000 (NGU, 2019b), er det tykt morenedekke i den nederste delen av dalsiden, og morenen blir tynnere i de øvre delen av fjellsiden. Tykk og tynn morene er vist som mørk og lys grønnfarge i Figur 9, henholdsvis. Både i vest, ved fjellskrentene ovenfor Bergheim, Rudningen osv., og i den midtre delen av fjellsiden i øst, er det kartlagt skredmaterialer (mørkerosa i Figur 16). Lyserosa i den midtre delen av fjellsiden ovenfor Bergvoll, Hallingstad og Nestegard indikerer fjell i dagen.



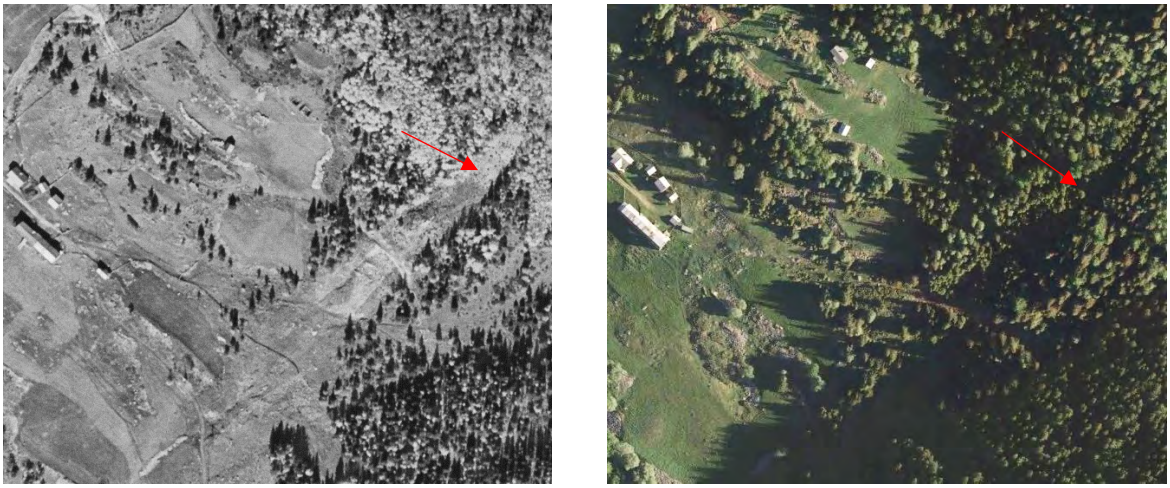
Figur 9: Utklipp fra NGUs løsmassekart for kartleggingsområde 1 – Hol (fra www.ngu.no).

5.3 Vegetasjon

Fjellsidene ovenfor kartleggingsområdet er dekket av blandet skog med gran, furu og lauvtrær opptil ca. 1000 moh. Over ca. 900 moh. begynner skogen å bli tynnere og lavere. Dette vil si at de bratte delene av fjellsidene stort sett er dekket av tett skog, med unntak av nær vertikale fjellskrenter.

Sammenligning av flyfoto fra perioden 1963 – 2014, tilgjengelige på www.norgeibilder.no, viser ingen endringer av betydning når det gjelder skogen, bortsett fra tegn på at det i fjellsiden har vært drevet med flatehogst og hytteutbygging høyt til fjells.

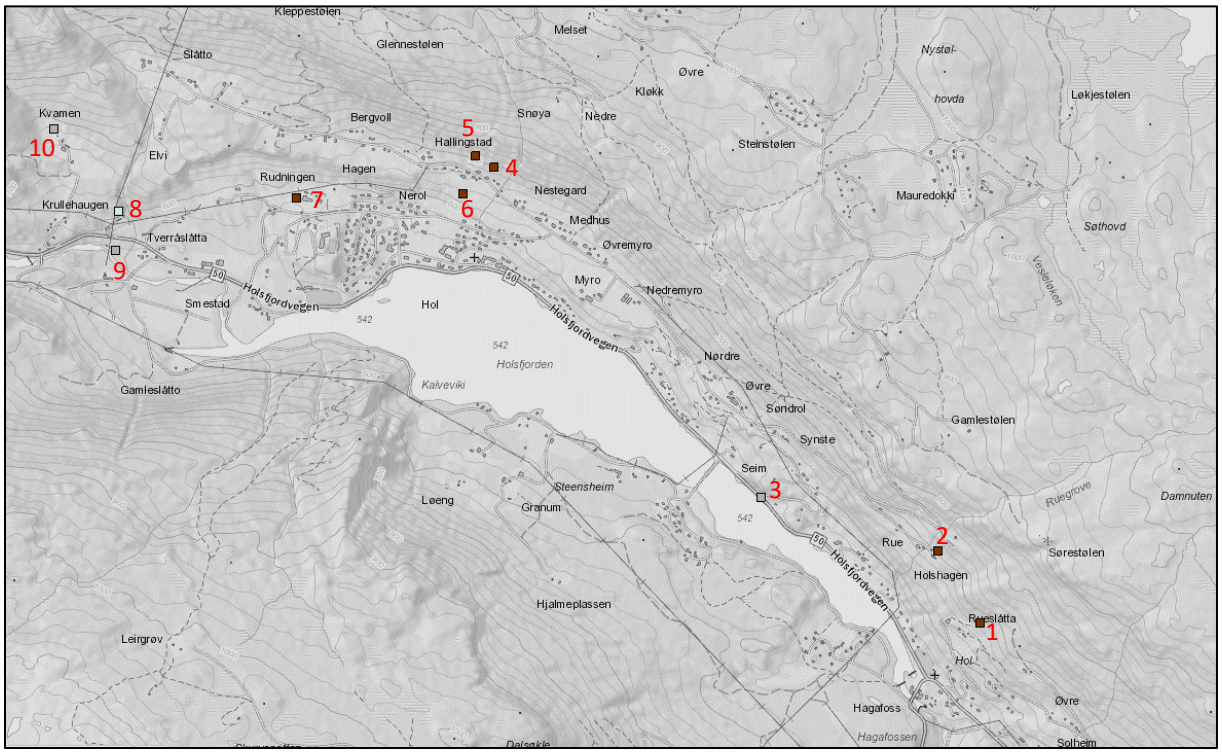
Det er kun en lokalitet, rett sørøst for Søre Rue i den østlige delen av kartleggingsområdet, der flybildene (nærmere bestemt de fra 1963) viser tydelige tegn på et jordskred. Såret etter skredet er allerede delvis gjengrodd og vanskeligere å se i de senere flybildene (Figur 10).



Figur 10: Jordskred ved Søre Rue i flybilder fra 1963 og 2014 (www.norgeibilder.no).

5.4 Registrerte skredhendelser

I NVE Atlas (NVE, 2019) er det registrert 10 skredhendelser i dette kartleggingsområdet. En oversikt over registreringene er gitt i Figur 11 og Vedlegg 1C. Opplysningene som skreddatabasen gir for hver hendelse, er gjengitt nedenfor.



Figur 11: Skredhendelser registrert i kartleggingsområdet (fra www.atlas.nve.no).

1) *Jordskred, 15.06.1860. «Hol. Over plassen Vesleslåtta under garden Søre Rue i Ruevaldet, gjekk eit stort jordskred seint på kvelden fredag den 15. Juni 1860. Skredet stokk ut oppe i Skarddokken (Skardøkki), sopte nedover Vesleslåtta, tok fjøset og to kyr som likevel kom frå det i live, og skredet stansa ikkje før nedst på Rueslåttjordet eller Grisegjerda. Også andre stader i området gjekk skred, m.a. på Solheimsslåtta. Folka på Vesleslåtta vart skremde av skredet, og etter dette flytta dei derifrå, og bygsla plassen bort».*

2) *Jordskred, 10.05.1935. «Hol. Ruevaldet. På Søre Rue gjekk eit stort stein- og jordskred over garden fredags kveld 10. mai 1935. Skredet var 30-40 meter breitt og 700-800 meter langt. Det gjekk over hovudvegen og gjorde også mykje skade på jorda på to gardar. Ingen menneske kom til skade. Kartreferansen er omtrentleg».* Denne skredhendelsen er etter alt å dømme den som vises godt i flybildet fra 1963 (Figur 10).

3) Steinskred, 09.05.2013. Ved Svenskeberget. Ingen nærmere opplysninger.

4) Jordskred, 26.07.1735. *«Årstalet 1735 er ca. Hol. Garden Søre Nestegard. Garden Nestegard har tidlegare vore kalla Skriu, ligg ved Mehus. Det heittest at husa, som då stod nord for elva Skriu, stadig var utsett for skred. Også kyrkja og kyrkjegarden som ligg der Skriu kjem ned til fjorden, var i eldre tid utsett for skredlaup, og der er sett opp vernemur no. Eit stort skred kom over garden om lag 1735, noko ein protokoll frå 8.9. 1741 viser. Då tok skredet fire hus. Men skadeomfang elles er ukjent. Og noko etterpå vart husa flytta sørom Skriu til den staden dei står no. Også husa på Nordre Nestegrad vart samstundes flytta sørom elva Skriu på grunn av skredfare. Det er ikkje nemnt kva for skred, men mest truleg var dette stein- og jordskred. Ein kjende seg ikkje trygg etter flyttinga av tunet heller, og bøndene på begge gardane ofra kvart år eit kvartel (ei kvart tønne) korn til fattige for å avverge ulykka. Om vårane var dei mykje oppe i Storemyr for å leie flaumvatnet bort. Sjå elles 1745. Kartreferansen er omtrentleg».* Vi klarte ikke å finne «vernemuren» nevnt ovenfor, da vi befarte området, med mindre dette er flomforebygning i elva rett ovenfor Hols gamle kirke.

5) Jordskred, 26.07.1745. *"Årstalet er anten 1745 eller 1744. Hol, Nordre Nestegard. Garden Nestegard har tidlegare vore kalla Skriu, ligg ved Mehus. Det heittest at husa, som då stod nord for elva Skriu, stadig var utsett for skred. Også kyrkja og kyrkjegarden som ligg der Skriu kjem ned til fjorden, var i eldre tid utsett for skredlaup, og der er sett opp vernemur no. Tre-fire år etter skjønnet i 1741 før Søre Nestegard, gjekk eit stort skred over Nordre Nestegard, som tok to hus og etterpå vart så også dette tunet flytta sørom elva Skriu. Ein kjende seg ikkje trygg etter flyttinga av tunet heller, og bøndene på både Søre og Nordre Nestegard ofra kvart år eit kvartel korn til fattige for å avverge ulykka. Om vårane var dei mykje oppe i Storemyr for å leie flaumvatnet bort. Sjå 1735».*

6) Jordskred, 15.07.1825. *«Årstalet 1825 er ca. Hol. På garden Søre Hallingstad som ligg nord for elva Skriu, granne til Mehus og Nestegard. På denne tida ca. 1825 kom eit stort jordskred over garden, medan Knut Olson var brukar frå 1799-1848. Dottera Birgit og to små sysken var ute og såg skredet kome og klarte så vidt å springe unna. Skredet gjekk midt mellom stova og løa, og garden vart ille tilreidt. Der har også seinare gått eit mindre jordskred. Kartrefereansen er plassert på dagens Hallingstad Søre».*

7) Jordskred, 15.07.1793. *"Årstalet 1793 er ca.. Hol. Rudningen (Myljo Nerol), Nerolsvaldet. Garden Nordi Rudningen fekk dette namnet då bruket vart flytta dit om lag 1791, då plassen vart overteken av ein Asle Olsen Halingstadgarden. Etter berre to år her kom eit stort stein- og jordskred midt på natta som tok stova og han omkom. Stova stod omtrent der dei seinare husa kom til å stå. Det er ikkje direkte opplyst kva for skredtype, men truleg var dette jord og stein».*

8) Sørpeskred, 05.04.1876. *«Kvamshaugen (Haugen) ligg nedanfor Kvamen og nordafor Tverranslåtta oppe i bakken, med Storleva og den (no) tørrlagde Djupedalsfosssen nedanfor. Ein serie snøskred kom frå 1. april ved Kvamsjordet ved Tverrån (Kvamselva) i Hol. Fleire snøras gjekk frå morgonen av, og eit stort sørpeskred tok tre menneske, men to kom frå det i live, medan ei kvinne på garden omkom: Randi Johnsdotter Haugen, 53år (23?) år gammal. (I kyrkjeboka: "omkom ved sneskred" står dødsdag 5. april) Det første skredet stokk ut ved Slåtto, det neste i fire tida om ettermiddagen ved Damtjørn i Helgesetlia som følgde Kvamselva og tok kverna til Kvamen, bruer over Slåtta, og eldhuset på Hauge av lufttrykket, også eit sagbruk vart teke av lufttrykket, og vegane øydelagde. To jenter og ein gut kom frå skulen, og dei vart råka av dette skredet, men slapp frå det. Den omkomne Randi fann dei att dagen etter. Skredet delte seg og demde Storelva. Kartreferansen er omtrentleg».*

9) Steinsprang (< 100 m3), 15.01.1887. *«På Kvamshaugen (Haugen) på Kvamen miste tidleg i januar 1887 Ola Larson Elven livet av eit steinsprang. Han arbeidde i eit jordtak ved Tverråne (Kvamselva) og der kom ein stein over han og slo han i hel. Ei noko uklar hending. Kartreferansen er uviss».*

10) Steinsprang (< 100 m3), 12.10.1755. *«Kvamen (Kvammen). Den 12. oktober 1755 varrt gravlagd ei 35 år gammal kvinne, Guri Sandersdotter, med bustad på Qvamen i Hoel sokn. Som dødsårsak står: "af Steen" og dette er truleg frå eit steinskred eller steinsprang. Hendinga må ha skjedd i løpet av dei første dagane av oktober 1755, men det er ikkje nærre kjent akkurat kvar. Kartreferansen er plassert ved garden.»*

5.5 Tidligere rapporter

Skred AS har tidligere utført en rekke skredfarevurderinger i Hol kommune. Kun en av disse (Skred AS rapport nr. 17195) faller innenfor dette kartleggingsområdet. Dette er en steinsprangfarevurdering ved Høgehaugtoppen, som kun gir noe bakgrunnsinformasjon om akkurat den lokale skrenten.

5.6 Aktsomhetsområder

Kartleggingsområdet ligger nesten i sin helhet innenfor NVEs aktsomhetssoner for snøskred og de for jord- og flomskred, mens aktsomhetskartet for steinsprang bare viser noen mindre aktsomhetssoner i den vestlige delen av området (NVE, 2019). NGIs aktsomhetskart for stein- og snøskred er ikke utarbeidet for dette området.

5.7 Eksisterende skredsikringstiltak

NVE Atlas (NVE, 2019) viser kun et sikringstiltak i det kartlagte området. Dette er en elveforbygning / erosjonssikring i bekken som renner ned rett ovenfor Hols gamle kirke.

Under befaringen har vi ikke observert flere sikringstiltak.

5.8 Skredfarevurdering

5.8.1 Snøskred

Store deler av dalsiden i kartleggingsområdet er brattere enn 27 - 30°, dvs. bratt nok til å potensielt kunne gi snøskred. Skråningene er imidlertid i all hovedsak dekket av blandet skog.

Skogen i den aktuelle dalsiden vurderes for det meste å oppfylle kriteriene som kjennetegner skog med skredforebyggende funksjon (Tabell 2 i avsnitt 3.4).

Det finnes imidlertid enkelte terrengpartier som, i tillegg til å være bratte, er helt bare eller dekket av skog som ikke oppfyller kriteriene ovenfor. Slike terrengpartier, avgrenset i registreringskartet (Vedlegg 1C), er derfor vurdert som mulige løsneområder for snøskred.

Noen av de aktuelle terrengpartiene er relativt nye hogstfelt, f.eks. det ovenfor Liavegen og det ovenfor Søndrol, øst i kartleggingsområdet, samt de i fjellsiden rundt Slåtto, i vest (Figur 12). Det finnes også noe mindre, potensielle løsneområder for snøskred i bratte lokale skråninger i den nedre delen av dalsiden, under 600 moh. like ovenfor Holsfjordvegen (Figur 13). De sistnevnte terrengpartiene ligger i selve bebyggelsen.



Figur 12: Eksempel på mulige løsneområder for snøskred, like ovenfor Slåtto.



Figur 13: Eksempel på mulige løsneområder for snøskred, like ovenfor Holsfjordvegen.

Kun de to vestligste og høyestliggende løsneområdene, like ved Slåtto (Figur 12), ligger i le for nordvestlig vind, som ofte assosieres med større snøfall. For disse to løsneområdene vurderer vi at den årlige utløsningssannsynligheten er større enn 1/1000.

For alle de andre løsneområdene vurderes den årlige utløsningssannsynligheten å være lavere enn 1/1000, men større enn 1/5000. Denne vurderingen er basert på kombinasjonen av relativt liten størrelse av løsneområdene, relativt gunstig eksposisjon ift. fremherskende vind ved større snøfall, lavere høyde over havet og omkringliggende terreng som er lite egnet som tilfangsområde for vindtransporterbar snø.

For omtrent halvparten av løsneområdene er det utført beregninger av snøskredutløp med den vel utprøvde programvaren RAMMS (Christen, 2010). Skogen nedenfor løsneområdene, som i noen grad kan bremse snøskred av liten og middels størrelse, er ikke tatt i betraktning. På den andre siden er heller ikke medriving av snø i skredbanen, som kan øke skredrekkevidden, tatt i betraktning. Øvrige forutsetninger for modelleringsarbeidet er diskutert i avsnitt 3.8.

Utvalgte resultater av modelleringsarbeidet er vist i Vedlegg 1D1. Resultatene viser forventet utløp for snøskred med årlig sannsynlighet større enn 1/5000, da de fleste løsneområdene kun er vurdert å ha en utløsningssannsynlighet av relevans for dette scenarioet.

For de aller minste løsneområdene er det ikke utført modellering, ettersom dynamiske modeller ikke er godt utprøvd på så små skredbaner. Det mulige utløpet av eventuelle snøskred fra disse områdene er derfor vurdert skjønnsmessig.

Vår totalvurdering i dette kartleggingsområdet er at snøskred bare har lokal relevans for faresonen for skred med årlig sannsynlighet større enn 1/5000. I noen tilfeller, f.eks. ved Synste Søndrol og ovenfor Liavegen, er snøskred dimensjonerende for 5000 års-faresonen, dog sammen med andre skredtyper. Det samme gjelder ved noen boliger langs Ålmannvegen / Holsfjordvegen, der utglidninger av snø fra lokale brattheng ikke kan utelukkes under ekstreme forhold (1/5000).

5.8.2 Sørpeskred

Fjellsidene over dette kartleggingsområdet har flere bekkeløp der sørpeskred teoretisk kan inntreffe. Dette er bekker som drenerer relativt store høyfjellsområder preget av slakt, lokalt myrlendt og konkavt terreng over skoggrensen. Slikt terreng egner seg godt til å akkumulere store snø- og vannmengder. Dette gjør slike bekker til mulige løsneområder og løp for sørpeskred, dog under sjeldne forhold. Dette gjelder spesielt for de følgende bekkene:

- Ruegrove, som renner ned ved Rue
- bekken som fra Gørrmyre renner ned mellom Jordheim og Nørdre Søndrol
- bekken som renner ned ved Medhus – Øvremyro
- bekken som renner ned mellom Søre Hallingstad og Nørdre Nestegard
- bekken som renner ned ved Søre Slåtto
- bekken som drenerer Bjørntjørni og Damtjørne ned mot Kvamshaugen og Tverråslåtta.

Ved utløpet av minst to av disse bekkene (den 3. og 4. i lista ovenfor) er det registrert ei skredvifte (registreringskart i Vedlegg 1C), som tilsier at vannrelaterte skred der har forekommet flere ganger. Ved Kvamshaugen - Tverråslåtta er det også historikk for sørpeskred, i 1876 (se avsnitt 5.4). Den skredhendelsen bekrefter at områdets klima og topografi, under sjeldne vær- og snøforhold, kan gi sørpeskred.

For hvert aktuelt løp er det utført modellering av mulig sørpeskredutløp ved hjelp av RAMMS::Debris Flow. Det er forutsatt utløst volumer på mellom 1.000 og 5.000 m^3. Disse volumene er muligens noe små i forhold til de tidligere registrert ved store sørpeskred i Norge, men bruk av konservative friksjonsparametere gir lange beregnede utløp og kompenserer derfor for det. Øvrige forutsetninger og inngangsparametere er diskutert i avsnitt 3.9. Utvalgte resultater er presentert i Vedlegg 1D3.

De modellerte sørpeskredutløpene må ses i sammenheng med den årlige sannsynligheten for at sørpeskred faktisk utløses i de enkelte løpene.

I bekken som går ned mot Kvamshaugen og Tverråslåtta, også på bakgrunn av historikk, mener vi at den årlige sannsynligheten for utløsning av sørpeskred er større enn 1/1000. Det betyr at sørpeskred (inkl. det modellerte sørpeskredutløpet) i det området dimensjonerer faresonen for 1000 års-skred. I alle de andre løpene mener vi at sørpeskred er litt mindre

sannsynlig. Dette betyr at vi har lagt mindre vekt på det modellerte sørpeskredutløpet ved tegning av 1000 års-faresonen enn vi har gjort ved tegning av 5000 års-faresonen.

5.8.3 Løsmasseskred

Den midtre delen av dalsiden, mellom ca. 600 og 900 moh., er bratt og i stor grad dekket av morene og/eller skredmaterialer. Langs nesten hele kartleggingsområdet viser skyggekartet spor etter tidligere jordskred og flomskred (Vedlegg 1C). Sår som representerer løsneområder, og søkk som representerer skredløp, står tett i tett i store deler av dalsiden, og mange skredvifter er registrert i strekningen mellom Nestegard og Holshagen (Vedlegg 1C). Andre plasser der det er tydelige sår etter løsmasseskred, er det ikke kartlagt vifter. Dette kan være resultatet av bakkeplaneringer og pløying ifb. jordbruk, eller indikere et tilnærmet sammenhengende belte av skredavsetninger, der opprinnelige vifter ikke lenger kan identifiseres tydelig.

Ved flere lokaliteter er det historikk for jordskred (avsnitt 5.4). De kjente hendelsene skjedde i all hovedsak i 1700- og 1800-tallet, med minst ett tilfelle (ved Søre Rue) i 1900-tallet (Figur 10). De fleste registrerte hendelsene inntraff altså i siste del av det som omtales som «den lille istid», en periode med kaldere og våtere klima som varte fra midten av 1500-tallet til andre del av 1800-tallet. Man kan anta at vegetasjonsforholdene (mindre skog) i den perioden ga en større sannsynlighet for jord- og flomskred enn det man har under dagens vegetasjonsforhold.

De viktigste forutsetningene for løsmasseskred, dvs. de bratte skråningene og løsmassedekket, er på den andre siden fortsatt tilstede. Norsk klimaservicesenter (2016) har også kommet med anbefalinger om at en ved dimensjonering og prosjektering som bygger på ekstremnedbør, benytter et 40 – 50% påslag i forhold til beregnede ekstremverdier. Dette fordi dagens klima allerede er våtere enn det normale verdier fra perioden 1961-1990 tilsier.

Vår totalvurdering er derfor at jordskred og flomskred i mesteparten av kartleggingsområdet er aktuelle prosesser, med en årlig sannsynlighet generelt større enn 1/1000.

Som en pekepinn på forventbare utløp av løsmasseskred, er det utført modellering ved hjelp av RAMMS::Debris Flow. Forutsetninger og inngangsparametere er diskutert i avsnitt 3.9. Modellert sørpeskredutløp, presentert i Vedlegg 1D3, dekker også mulig utløp av flomskred i de aktuelle bekkene. Vedlegg 1D4 presenterer i tillegg utvalgte resultater av utløpsmodellering for jordskred som kan inntreffe i åpne skråninger utenfor større bekkeløp.

Sistnevnte skredtype er spesielt utfordrende å vurdere. Dette fordi selv den mest sannsynlige lokaliseringen av eventuelle nye hendelser er vanskelig å vurdere, når mesteparten av dalsiden teoretisk ligger til rette for det. Det at tegn på gamle jordskred står tett i tett gjør det ikke enklere å vurdere hvor sannsynligheten for nye hendelser er større.

Modellresultater i vedlegg 1D4 brukes derfor mer for å identifisere områder som ventes å gå klar for eventuelle jordskredutløp, enn for å definere forventet rekkevidde av skred med ulike antatte gjentaksintervaller.

Modellresultatene viser imidlertid at mye av bebyggelsen på oversiden av Øvre Holsvegen kan berøres av jordskred fra det bratte terrengbeltet ovenfor. Den årlige sannsynligheten for dette vurderes å variere fra større enn 1/5000 (dvs. kun relevans for 5000 års-faresone) til større enn både 1/5000 og 1/1000 (med relevans for 1000 års- og 5000 års-faresone).

Jord- og flomskred vurderes å være de mest aktuelle skredtypene i store deler av dette kartleggingsområdet.

5.8.4 Skred i fast fjell

Utfall av steinblokker krever skrenter med blottet fjell og helning over 40 - 45°.

Den lange og opptil 80 m høye fjellskrenten ovenfor Ellingplassen, Bergheim, Rudningen og Sveinåkervegen utgjør de tydeligste kildeområdene for steinsprang i dette kartleggingsområdet. Omfanget på steinura indikerer at steinsprang i denne skrenten har vært en aktiv prosess. Skrenten blir gradvis lavere videre østover (Figur 14), men fortsetter i formen av mindre lokale fjellskrenter helt til Seimsbergi og Svenskebergi. Der er skrentene kun 10 – 20 m høye, og det samme gjelder også skrentene ved Høgehaugtoppen.

Det er også en del bratte og stedvis sammenhengende fjellskrenter i det bratte terrengbeltet ovenfor bebyggelsen mellom Slåtto og Nestegard. Våre observasjoner og dronebilder viser at fjellet i alle disse skrentene har varierende oppsprekkingsgrad. Selv der skrentene er relativt lave, er det partier med avløste blokker, som kan gi steinsprang. Et eksempel på dette er vist i Figur 15, som viser skrenten mellom Nørdre Hallingstad og Søre Hallingstad.



Figur 14: Fjellskrenten i den nedre delen av dalsiden.



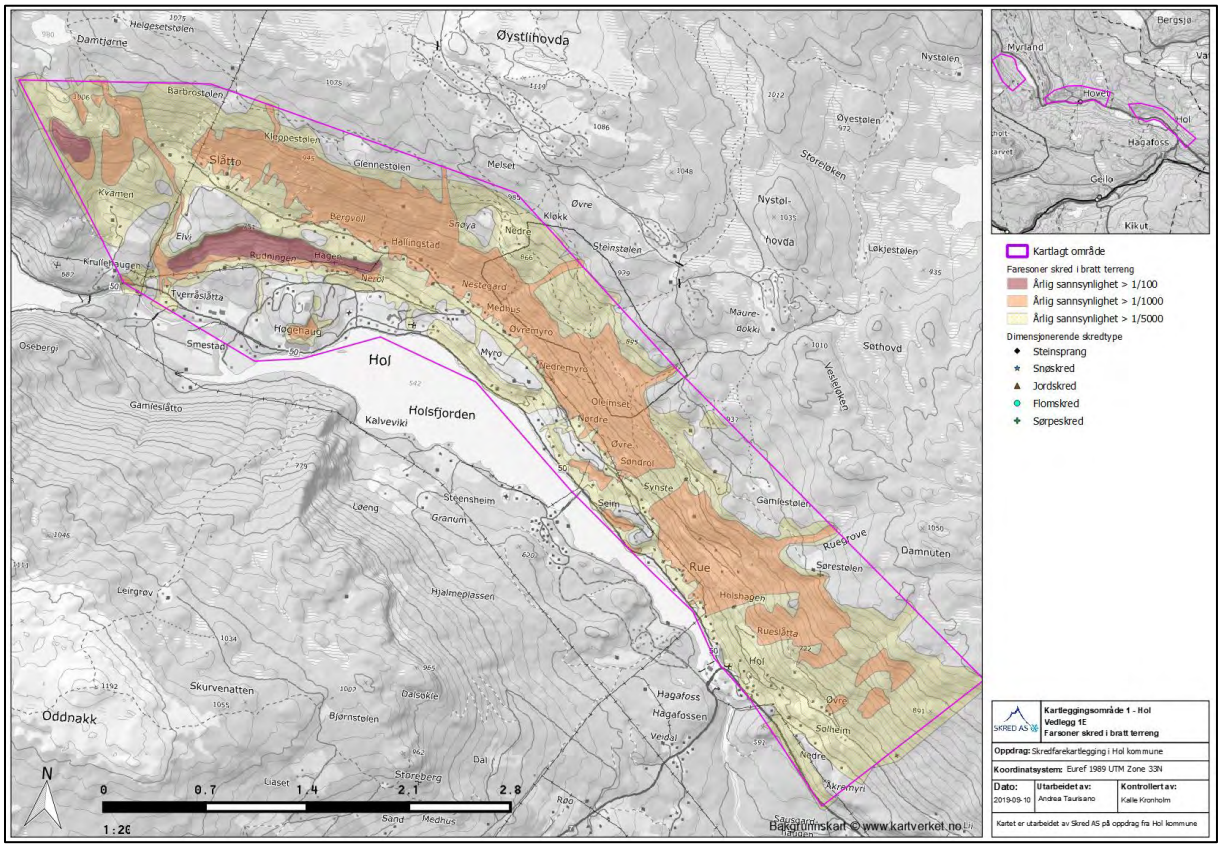
Figur 15: Skrenten mellom Nørdre Hallingstad og Søre Hallingstad (avløste blokker i sirkelen, og antatt steinsprangavsetning i lysningen nedenfor sirkelen).

For alle skrenter over 45° helning er det utført utløpsberegninger ved hjelp av Rockyfor3D (Dorren, 2015). Forutsetninger og inngangsparametere er diskutert i avsnitt 3.7. Utvalgte resultater er presentert i Vedlegg 1D2.

Vår totalvurdering er at steinsprang og steinskred dimensjonerer faresonene (inkl. 100 års-skredfaresonen) i området langs den største fjellskrenten, og sammen med løsmasseskred dimensjonerer 1000 års og 5000 års-faresone i større deler av kartleggingsområdet.

5.8.5 Faresoner for skred

Alle skredtyper bortsett fra snøskred er dimensjonerende for faresonene på ulike strekninger i dette kartleggingsområdet. Faresonene er presentert i Figur 16 og mer i detalj i Vedlegg 1E.



Figur 16: Faresoner for skred i kartleggingsområde 1 - Hol.

5.8.6 Skogens betydning for faresonene

Skogen som dekker mesteparten av dalsiden, gjør snøskred lite relevant som problemstilling, da de aller fleste potensielle løsneområdene, grunnet tett skog, har svært liten utløsningssannsynlighet. Ved flatehogst kan nye løsneområder for snøskred oppstå. Avhengig av hvor hogstfelt blir aktuelle og hvor store de er, kan nye løsneområder få relevans for 5000 års-skredfaresonen eller for flere faresoner. Skogen med denne funksjonen er i praksis all skog innenfor de områdene markert med farge i helningskartet (Vedlegg 1B). Dersom flatehogst utføres der terrenget er slakere enn 25°, har det ikke betydning for faren for snøskred. Dette fordi den begrensede bremsende funksjonen av skogen i forhold til snøskred fra eksisterende løsneområder, er neglisjert i beregningene.

Skogen i terreng brattere enn 25° har også en forebyggende funksjon i forhold til jordskred, og der skogen ligger nedenfor fjellskrenter kan den også bremse ned steinsprangblokker opptil 1 – 2 m^3. Flatehogst i terreng brattere enn 25° kan derfor også øke faren for jordskred og steinsprang.

Alt tatt i betraktning vurderer vi at faresonene vil bli litt større dersom flatehogst foretas over store arealer, spesielt om disse er der terrenget er brattere enn 25 - 30°. Nye skogsveger i så bratt terreng kan for øvrig også øke faren for jordskred.

5.8.7 Mulighet for å redusere faresonene

Det er om lag 20 – 25 bolighus og flere mindre bygninger innenfor faresonen for skred med årlig sannsynlighet større enn 1/1000 i dette kartleggingsområdet. Ingen bygninger ligger innenfor faresonen for skred med årlig sannsynlighet større enn 1/100, eller mye nærmere denne faresonen enn den for skred med årlig sannsynlighet større enn 1/1000. Basert på dette vurderer vi ikke å måtte anbefale snarlig iverksetting av sikringstiltak for noen eksisterende bygninger i dette kartleggingsområdet.

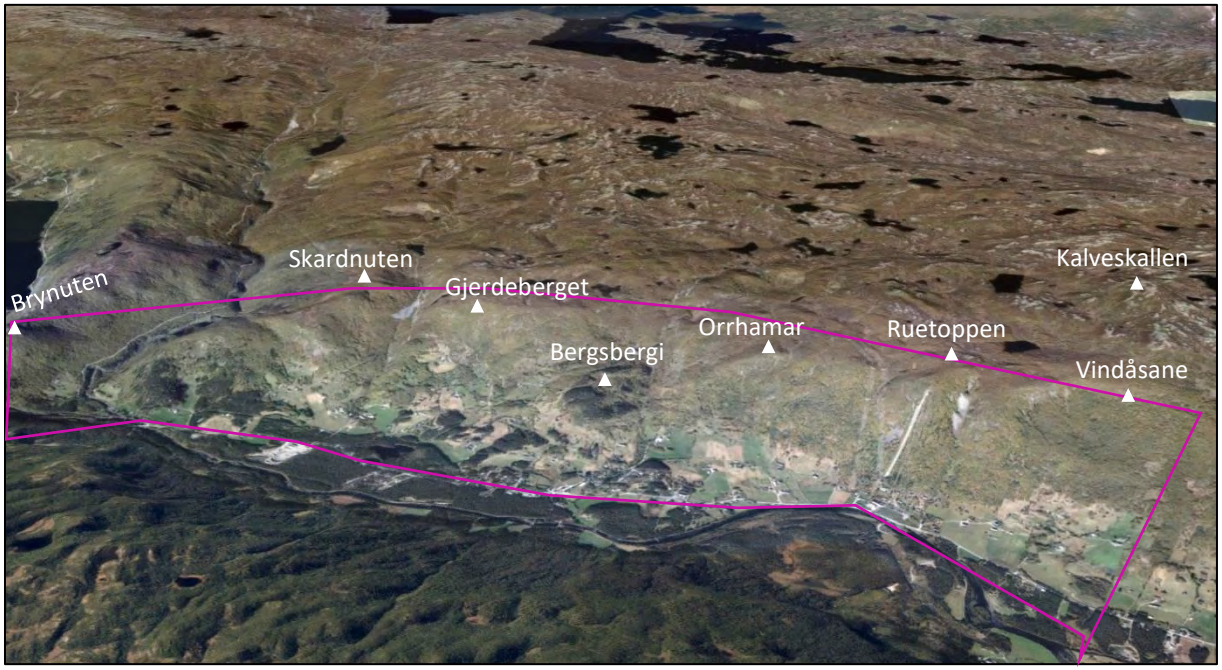
Dersom en ønsker å redusere sannsynligheten for skred der er tegnet faresoner, er det mulig å vurdere fysiske sikringstiltak.

Voller bygd med løsmasser og/eller gabioner, samt fanggjerder, er de mest aktuelle sikringsløsninger. Eventuelle sikringstiltak må detaljprosjekteres.

6 Område 2 - Hovet

6.1 Topografi

Det kartlagte området er ca. 6,5 km langt og strekker seg langs nordsiden av elva Storåne, fra Øvrejordet og Kleppo i øst til Bry i vest. Området er vist i Figur 17 og i Figur 18.



Figur 17: Kartleggingsområde 2 - Hovet i et flybilde fra www.norgeibilder.no.

Den nedre grensen av kartleggingsområdet går ganske nært dalbunnen, som stiger vestover i kartleggingsområdet.

I øst stiger fjellsiden fra ca. 590 moh. til ca. 1090 moh., der vi finner Ruetoppen og noen fortopper av Kalveskallen (1240 moh.). Sistnevnte topp ligger lenger nord og har liten relevans for denne rapporten.

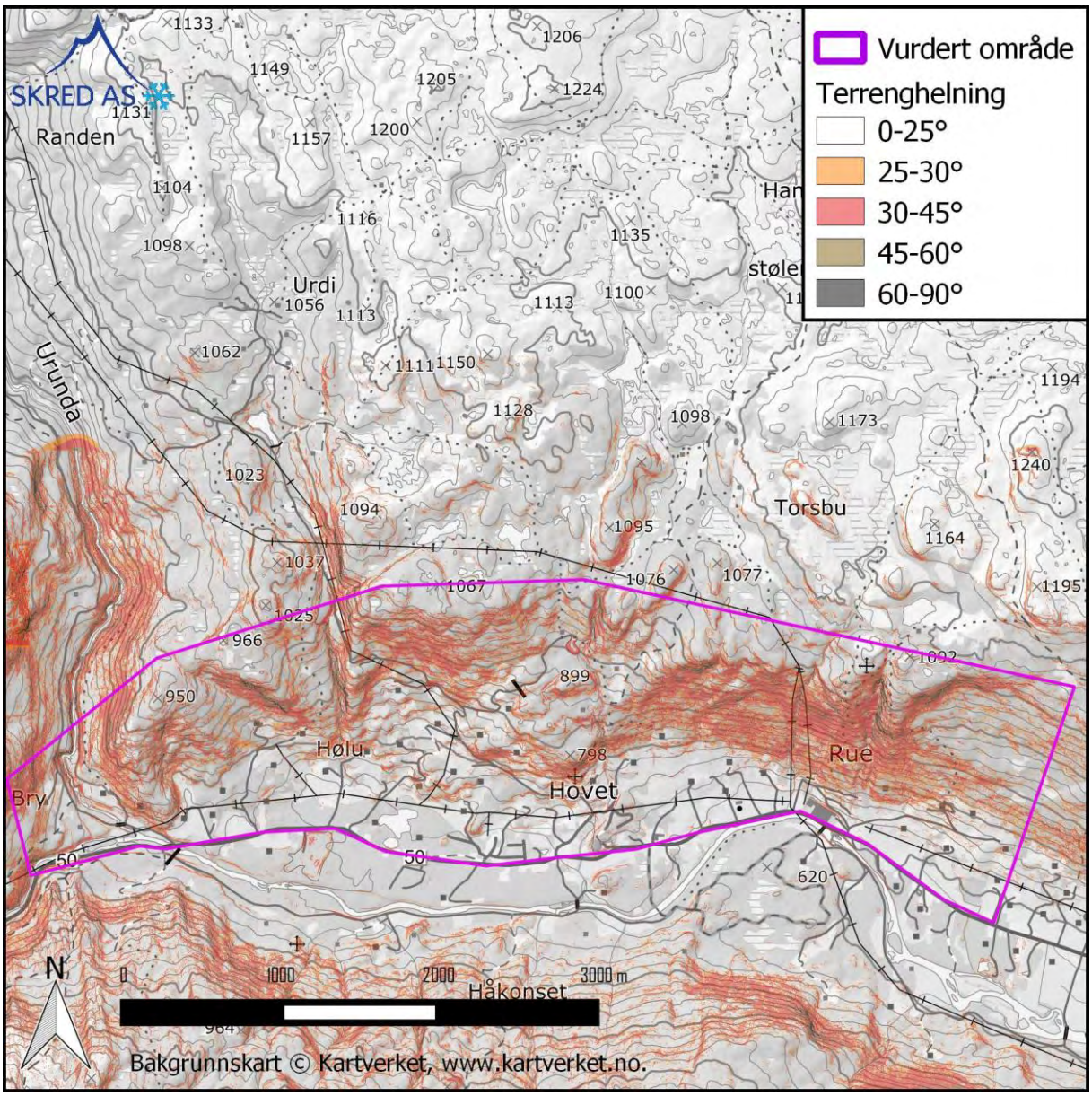
I midten av kartleggingsområdet stiger fjellsiden fra ca. 630 moh. opptil ca. 1070 – 1090 moh. ved Gjerdeberget med flere ikke navngitte topper.

I vest stiger fjellsiden fra dalbunnen på ca. 670 moh. til ca. 1020 – 1040 moh. ved Brynuten og Skardnuten. Skråningene av relevans for denne skredfarekartlegging er derfor 350 – 500 m høye.

Helningsforholdene i fjellsidene er illustrert i Figur 18 og Vedlegg 2B. Fellestrekk for hele kartleggingsområdet er et eller flere terrengbelter med helning brattere enn 25 - 30° som utgjør de midtre delene av dalsiden, fra ca. 650 – 700 moh. til ca. og 900 – 1000 moh. Det bratte terrengbeltet, stort sett langs hele kartleggingsområdet, inneholder lokale fjellskrenter med helning mellom 45° og vertikalt. Eksempler på dette er større fjellskrenter

ovenfor Rue, samt Orrhamar (ovenfor Larsgard og Hammsteinsgard), Bergsbergi (ovenfor Nørdre og Søre Berg), skrenter ovenfor Teigen og både Nørdre og Søre Bry, med flere. En del bebyggelse ligger altså rett i foten av bratte deler av fjellsiden.

Over ca. 900 – 1000 moh. flater fjellsiden ut betydelig mot en rekke lokale topper (derunder Ruetoppen, Gjerdeberget, med flere). Videre oppover og nordover fra disse toppene, går terrenget over til slake, kuperte høyfjellsplatåer med lav vegetasjon og flere myrområder og tjern mellom fjelltoppene.



Figur 18: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over kartleggingsområde 2 - Hovet.

I den østlige delen av kartleggingsområdet kommer to bratte sidedaler ned fra nord, en på hver side av Ruetoppen. I den østligste dalen, mellom ca. kote 820 – 970, er det en steintipp

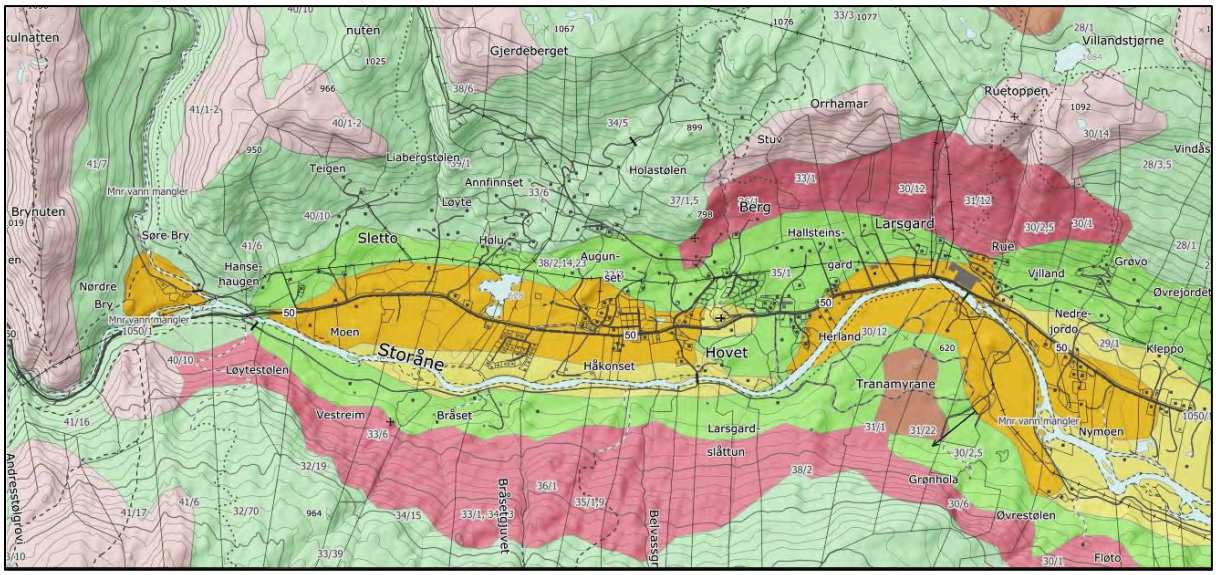
med helning på 35 - 40°, etablert ifb. vannkraftverket på Rue. En ytterligere, bratt bekkedal kommer ned mellom Nørdre og Søre Berg. På siden av denne bekkedalen, ca. 900 moh., er det også anlagt en steintipp, dog mindre enn den ovenfor Rue.

Videre vestover kommer to, litt større sidedaler ned til kartleggingsområdet: Sisseldalen (mellom Skardnuten og Gjerdeberget) og dalen der elva Urunda renner, som kommer ned til Bry, helt vest i kartleggingsområdet. Også langs Sisseldalen, på ca. kote 900, er det anlagt en 35 - 40° bratt steintipp, med foten i elva.

6.2 Geologi

Berggrunnen i fjellsiden er kartlagt i målestokk 1:50 000 og består ifølge NGUs berggrunnsdatabase av granitt i fjellsiden fra Ruetoppen og østover, og metamorfe bergarter som metaryolitt og metaryodacitt i resten av fjellsiden vest for Ruetoppen (NGU, 2019a). Alle disse er generelt relativt solide og kompakte bergtyper.

Ifølge NGU løsmassekart i målestokk 1:250.000 (NGU, 2019b), er dalbunnen dekket av elv- og breelvavsetninger (gule farger i Figur 19). Det er kartlagt tykk morene i den nederste delen av dalsiden, der en del bebyggelse ligger (mørkegrønn i Figur 19). Videre oppover, i brattere deler av fjellsiden, blir morenen tynnere (lysegrønn farge i Figur 19), med fjellet stedvis i dagen (lyserosa farge). I deler av de bratte terrengbeltet i øst er det også kartlagt skredmaterialer (mørkerosa farge).



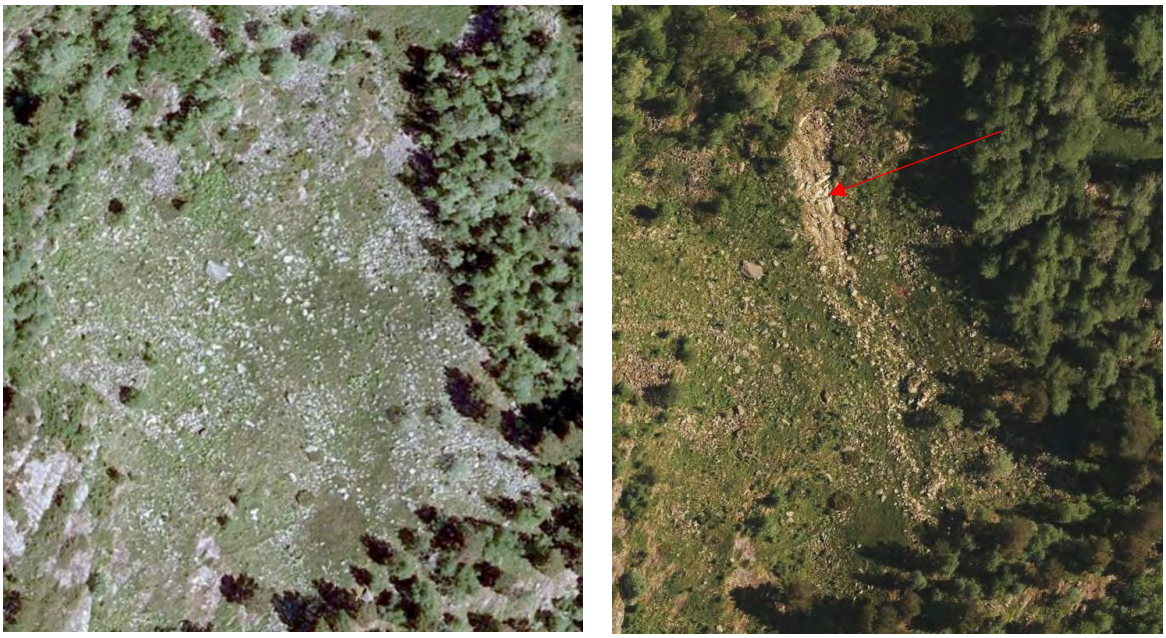
Figur 19: Utklipp fra NGUs løsmassekart for kartleggingsområde 2 – Hovet (fra www.ngu.no).

6.3 Vegetasjon

Fjellsidene ovenfor kartleggingsområdet er dekket av blandet skog med lauvtrær og furu opptil ca. 1000 moh. Over ca. 900 moh. begynner skogen å bli tynnere og lavere, med stadig flere lysninger. Enkelte deler av de bratte terrengpartier i fjellsidene er helt bare eller dekket av tynn og/eller lav skog.

Sammenligning av flyfoto fra perioden 1963 – 2014, tilgjengelige på www.norgeibilder.no, viser kun mindre endringer når det gjelder skogen, f.eks. noe gjengroing av skogen rundt Teigen og de fleste stølene.

Rett vest for Teigen og ovenfor Hansehaugen viser flybildene fra 2013 og 2014 tydelige tegn på et mindre jordskred som ikke vises i flybilder fra 2009 (Figur 20). Flybildeanalysen viser ingen andre tegn på skred i perioden mellom fotograferingene og rett før 1963. Alle de tre steintippene nevnt ovenfor er allerede synlige i bildene fra 1963.



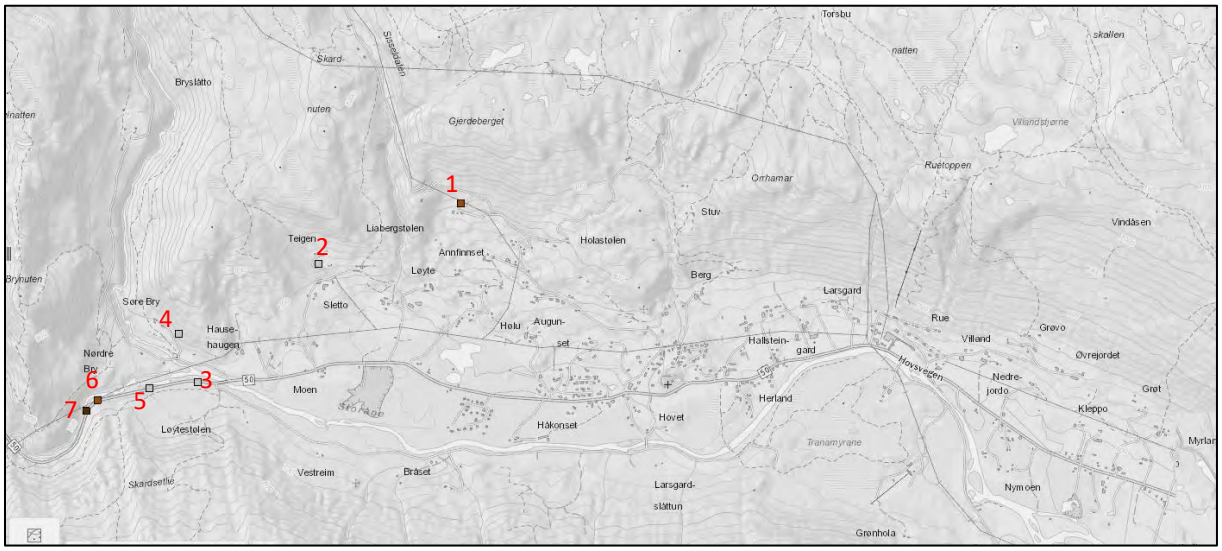
Figur 20: Jordskred ovenfor Hansehaugen i flybilder fra 2009 og 2014 (www.norgeibilder.no).

6.4 Registrerte skredhendelser

I NVE Atlas (NVE, 2019) er det registrert 7 skredhendelser i dette kartleggingsområdet. Disse inkluderer ikke jordskredet vist i Figur 20. En oversikt over registreringene er gitt i Figur 21 og Vedlegg 2C. Opplysningene som skreddatabasen gir for hver hendelse, er gjengitt nedenfor.

Fra opplysninger registrert i databasen er det klart at fire av de syv hendelsene (nr. 3, 5, 6 og 7) bare har relevans for fylkesvegen, som ble truffet av stein eller løsmasseutglidninger fra skråningen (om ikke veiskjæringer) på sørsiden av vegen.

En av hendelsene (nr. 4) er ikke mulig å kartfeste og har dermed veldig begrenset verdi for dette arbeidet.



Figur 21: Skredhendelser registrert i kartleggingsområdet (fra www.atlas.nve.no)

1) Jordskred, 15.07.1876, Øvre Liabergstølen. *«Årstalet 1876 er ca. Hol. På Øvre Liabergstølen (Øvrestølen) på Nord-Hovet. Truleg var det dette året at det gjekk eit jordskred på garden. Truleg skjedde også her skred den 14. Juni 1876, som i Ål. Det losna i bakkane rett ovanfor husa, gjekk tvers gjennom gardstunet mellom stova og loftet og stansa nede på jordet. Husa stod den gong lenger mot nord, og etter dette vart dei flytta noko sørover til ein tryggare stad. Kartreferansen er omtrentleg.».*

2) Steinsprang, 31.07.2018, Teigen. *«Stein på 50-60 m^3 stoppet på jorde, etter å ha gått over (!) eldhus. Flere blokker stoppet i skogen ovenfor husene.».*

3) Steinsprang, 05.11.2016, Vassbygdevegen. «*Stein på fv. 50 løsnet fra fjell/dalside >200m over veg. anslått skredvolum: 100m. tidspunkt for skredhendelsen kan være usikkert*».

4) Steinsprang, 15.07.1776, Søre Bry. *«Hol. I juli 1776 miste ein ungdom livet av eit steinsprang. Knut Kitilson (20 år) frå garden Søre Bry var ute og fiska i elva ved Bry, då ein stor stein losna ovanfor han i fjellet og tok han med seg. Kartreferansen er omtrentleg».*

5) Steinsprang, 26.04.2019, Grytebru. *"Stein på FV. 50 løsnet fra fjell/dalside 0-50m over veg».*

6) Jordskred, 20.06.2016, Hivju. *«Jord/løsmasse på fv. 50 løsnet fra vegskjæring 0-50m over veg».*

7) Løsmasseskred, 09.06.2011. Ingen opplysninger.

6.5 Tidligere rapporter

Skred AS har tidligere utført en skredfarevurdering innenfor dette kartleggingsområdet. Dette er en akuttvurdering etter steinspranghendelsen registrert ved Teigen i 2018, nr. 2 i lista ovenfor (Skred AS rapport nr. 18301-01).

6.6 Aktsomhetsområder

Kartleggingsområdet ligger delvis innenfor NVEs aktsomhetssoner for snøskred og de for jord- og flomskred (NVE, 2019), som en del bebyggelse også faller innenfor. Aktsomhetskartet for steinsprang viser mindre aktsomhetssoner, som berører lite bebyggelse utover Teigen og Nørdre Bry. NGIs aktsomhetskart for stein- og snøskred er ikke utarbeidet for dette området.

6.7 Eksisterende skredsikringstiltak

NVE Atlas (NVE, 2019) viser kun to sikringstiltak i det kartlagte området. Disse er begge elveforbygning / erosjonssikring, ved Søre Sletto og i bekken bak Hovet kirke.

Under befaringen har vi ikke observert flere sikringstiltak.

6.8 Skredfarevurdering

6.8.1 Snøskred

Store deler av dalsiden i kartleggingsområdet er brattere enn 27 - 30°, dvs. bratt nok til å potensielt kunne gi snøskred. Mesteparten av de bratte skråningene er dekket av blandet skog. Det finnes imidlertid flere bratte terrengpartier som er helt bare (f.eks. lysninger i skogen, bratte steintipper, m.m.) eller der skogen ikke står tett nok i forhold til kriteriene for snøskredforebyggende skog oppsummert i Tabell 2 i avsnitt 3.4.

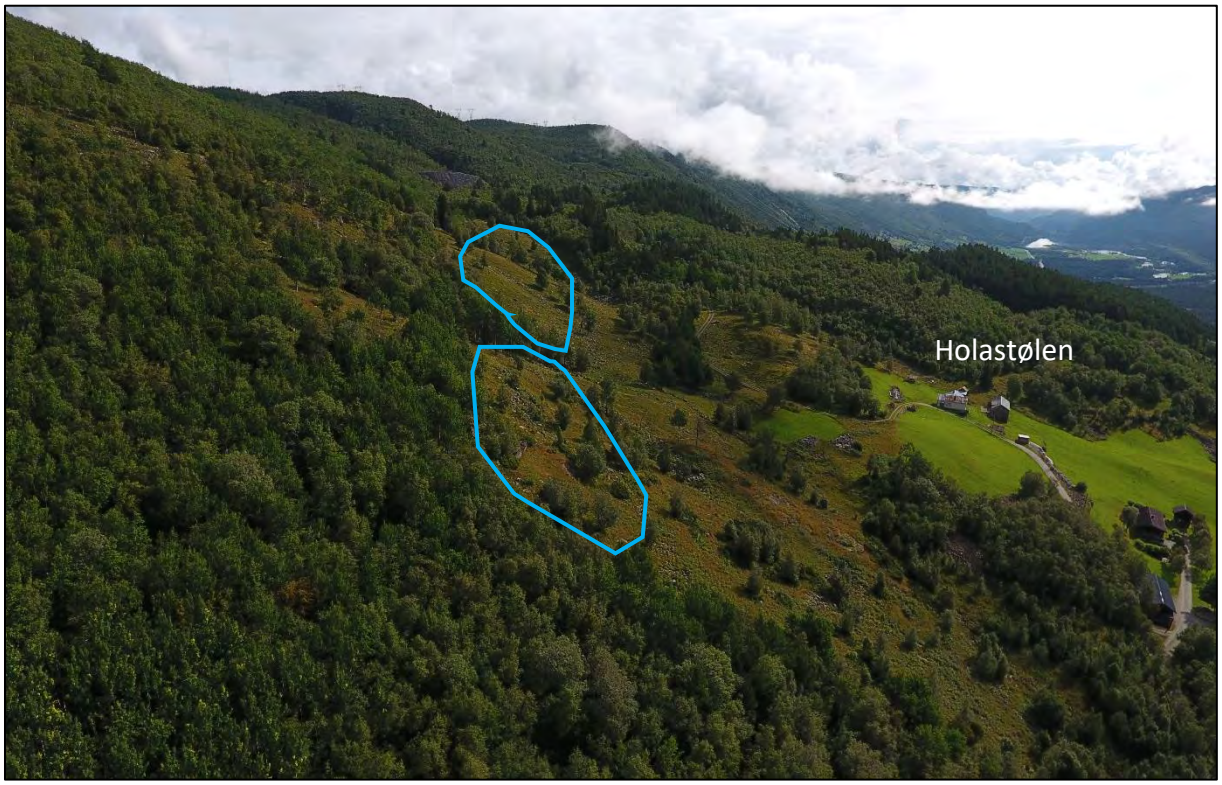
Disse terrengpartiene, lokalisert f.eks. ovenfor Hansehaugen, Holastølen (Figur 22), Hallsteinsgard og Larsgard, samt Rue (Figur 23), er derfor vist som mulige løsneområder for snøskred i registreringskartet (Vedlegg 2C). De mulige løsneområdene ligger mellom 660 og 1000 moh. og har eksposisjon mot S eller SØ. Et fåtall av dem vender mot SV.

Neste steg i farevurderingen gjelder vurdering av sannsynligheten for at snøskred faktisk løses ut i de enkelte løsneområdene. Denne vurderingen er basert på betraktninger rundt størrelse av løsneområdene, terrengruhet (grunnet topografi eller kratt og busker), eksposisjon ift. fremherskende vind ved større snøfall, høyde over havet og omkringliggende terreng som er mer eller mindre egnet som tilfangsområde for vindtransporterbar snø.

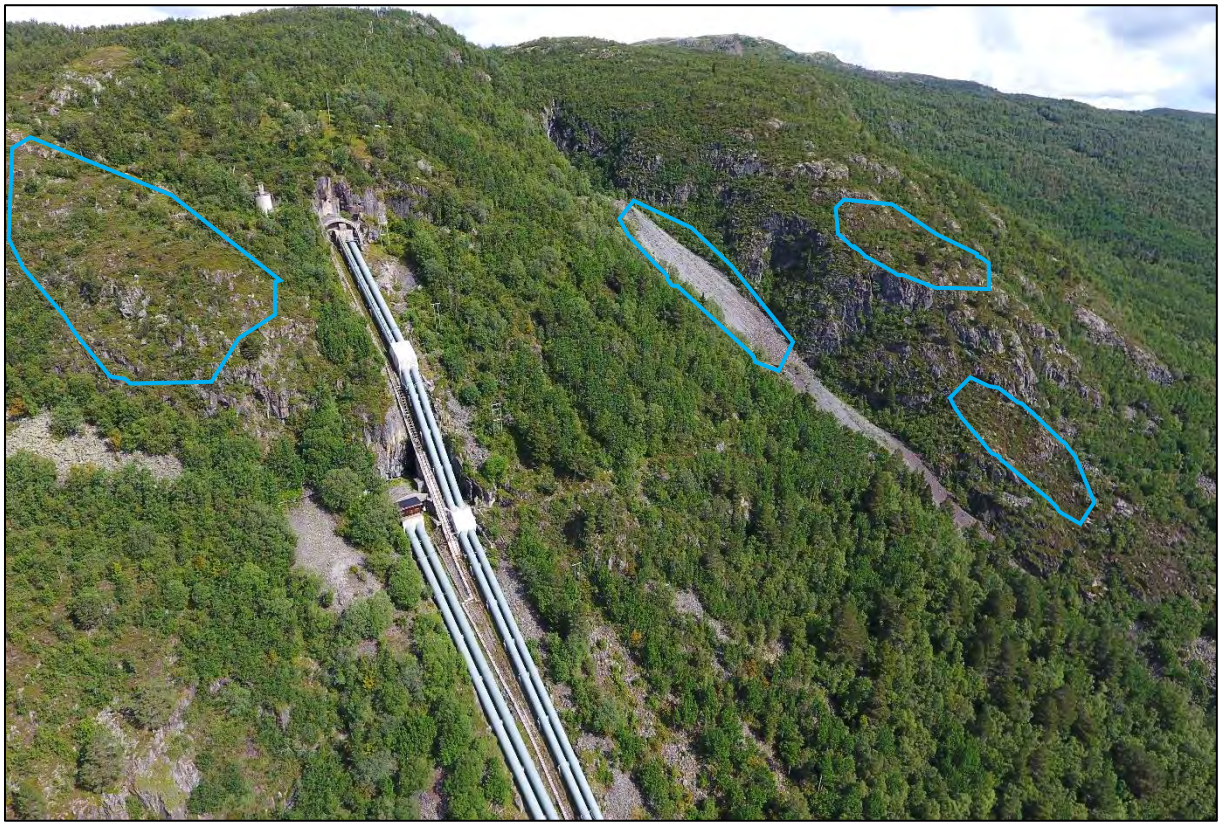
Vår helhetlige vurdering er at de fleste løsneområdene har en årlig sannsynlighet for utløsning som er lavere enn 1/1000, men større enn 1/5000. Dette vil si at de kun har relevans for 5000 års-scenarioer.

Kun et par av dem, ovenfor Hansehaugen og Rue, vurderes å ha en årlig utløsningssannsynlighet større enn 1/1000.

For omtrent halvparten av løsneområdene er det utført beregninger av snøskredutløp med den vel utprøvde programvaren RAMMS (Christen, 2010). Det er anvendt bruddkanthøyder på 100 – 150 cm. Øvrige forutsetninger for modelleringsarbeidet er som diskutert i avsnitt 3.8. og 5.8.1.



Figur 22: Eksempel på mulige løsneområder for snøskred, like ovenfor Holastølen.



Figur 23: Eksempel på mulige løsneområder for snøskred, like ovenfor Rue.

Utvalgte resultater av modelleringsarbeidet er vist i Vedlegg 2D1. Resultatene viser forventet utløp for snøskred med årlig sannsynlighet større enn 1/5000, da de fleste løsneområdene kun er vurdert å ha en utløsningssannsynlighet av relevans for dette scenarioet.

For de aller minste løsneområdene er det ikke utført modellering, ettersom dynamiske modeller ikke er godt utprøvd på så små skredbaner. Det mulige utløpet av eventuelle snøskred fra disse områdene er derfor vurdert skjønnsmessig.

Vår totalvurdering i dette kartleggingsområdet er at snøskred bare har lokal relevans for skredfaresonene, og hovedsakelig for den med årlig sannsynlighet større enn 1/5000. I noen tilfeller, f.eks. ved Hansehaugen og Rue, er snøskred dimensjonerende for 1000 års-faresonen, dog sammen med andre skredtyper. Der snøskred er en aktuell skredtype, er det med på å dimensjonere faresonene for 5000 års og 1000 års skred, som det kommer fram av symbolene for dimensjonerende skred i Vedlegg 2 E.

6.8.2 Sørpeskred

Fjellsidene over dette kartleggingsområdet har flere bekkeløp der sørpeskred teoretisk kan inntreffe. Dette er bekker som drenerer relativt store høyfjellsområder preget av slakt, lokalt myrlendt og konkavt terreng over skoggrensen. Slikt terreng egner seg godt til å akkumulere store snø- og vannmengder. Dette gjør slike bekker til mulige løsneområder og løp for sørpeskred, dog under sjeldne forhold. Dette gjelder spesielt for de følgende bekkene:

- Senda, som renner ned på ei tydelig skredvifte rett vest for vannkraftstasjon på Rue
- bekken som fra Villandstjørne renner ned rett øst for vannkraftstasjon på Rue
- bekken som renner ned mellom Nørdre og Søre Berg, og videre ved Hovet
- bekken som renner i Sisseldalen og videre ned på ei tydelig skredvifte ved Søre Sletto

Vifter registrert ved utløpet av flere av disse bekkene tilsier at vannrelaterte skred (sørpeskred, jordskred og/eller flomskred) der har forekommet flere ganger. Det er ikke spesifikk historikk for sørpeskred i disse eller andre bekker i dette kartleggingsområdet, men både topografien og områdets klima ligger til rette for denne typen skred. Sørpeskredhendelsen ved Kvamshaugen, i kartleggingsområde 1 – Hol, ligger kun 4 – 5 km lenger øst og gikk i et område med ganske like topografiske og hydrologiske forhold som bekkene nevnt ovenfor. Bekken Katakjell, som renner ned ved Nørdre Hallsteinsgard og Nørdre Larsgard, kan heller ikke utelukkes helt som mulig løp for sjeldne sørpeskred, dog trolig kun relevant for 5000 års-faresonen.

For hvert aktuelt løp er det utført modellering av mulig sørpeskredutbredelse ved hjelp av RAMMS::Debris Flow. Det er forutsatt utløst volumer på mellom 2.000 og 4.000 m^3. Som nevnt i avsnitt 5.8.2 er disse volumene relativt små i forhold til de tidligere registrert ved store sørpeskred i Norge, men bruk av konservative friksjonsparametere gir lange beregnede utløp og kompenserer derfor for det. Øvrige forutsetninger og inngangsparametere er diskutert i avsnitt 3.9. Utvalgte resultater er presentert i Vedlegg 2D3.

De modellerte sørpeskredutløpene må ses i sammenheng med den årlige sannsynligheten for at sørpeskred faktisk utløses i de enkelte løpene, som med unntak av bekken Katakjell

vurderes å være større enn 1/1000. Det betyr at sørpeskred dimensjonerer faresonen for 1000 års-skred der de fire bekkene listet ovenfor kommer ned mot bebyggelsen.

6.8.3 Løsmasseskred

Relativt store deler av dalsiden, mellom ca. 700 og 900 – 1000 moh., er bratt og i stor grad dekket av morene og/eller skredmaterialer.

I området ovenfor Liabergstølen, Hansehaugen, og nesten tett i tett i fjellsiden mellom Berg og kartleggingsområdets østlige grense, viser skyggekartet spor etter tidligere jordskred og flomskred (Vedlegg 2C). Disse tegn består av mange sår som representerer utløsningsområder, søkk som representerer skredløp, og skredvifter som viser hvor skredmassene er avsatt. Ved Liabergstølen er det også historikk for jordskred med byggeskader (hendelsen listet som nr. 1 i avsnitt 6.4), mens det ved Hansehaugen er tegn på nylig utglidning (Figur 20).

Akkurat som for spor etter løsmasseskred registrert i kartleggingsområde 1 - Hol (avsnitt 5.8.3), er det grunn til å tro at de fleste hendelsene som skyggekartet i dette området viser spor etter (Vedlegg 2C), inntraff under andre klima- og vegetasjonsforhold enn de vi har i dag. På samme måte som i det østligere kartleggingsområdet, er det imidlertid slik at de viktigste forutsetningene for løsmasseskred, dvs. de bratte skråningene og løsmassedekket, er fortsatt tilstede.

Når det i tillegg er akseptert at dagens og fremtidig klima byr på hyppigere værsituasjoner med intensnedbør (Norsk klimaservicesenter, 2016), vurderer vi at potensialet for flere løsmasseskred i dette kartleggingsområdet er tilstede.

Som en pekepinn på forventbare utløp av løsmasseskred, er det utført modellering ved hjelp av RAMMS::Debris Flow. Forutsetninger og inngangsparametere er diskutert i avsnitt 3.9. Modellert sørpeskredutløp, presentert i Vedlegg 2D3, dekker også mulig utløp av flomskred og kanaliserte jordskred i de aktuelle bekkene. Vedlegg 2D4 presenterer i tillegg utvalgte resultater av utløpsmodellering for jordskred som kan inntreffe i åpne skråninger utenfor større bekkeløp. Modellen er imidlertid ikke like godt validert for slike jordskred som den er for flomskred og kanaliserte jordskred.

Basert på betraktningene rundt omfanget av tidligere jordskredhendelser, og dermed sannsynligheten for utløsning av nye løsmasseskred, samt modellresultatene i Vedlegg 2D3 og 2D4, vurderes jord- og flomskred å være dimensjonerende for faresonene for skred med årlig sannsynlighet større enn 1/5000 og større enn 1/1000, i deler av kartleggingsområdet. Dette er indikert av symboler for dimensjonerende skredtype ved faresonene i Vedlegg 2E. I deler av kartleggingsområdet er jordskred den mest sannsynlige skredtypen.

6.8.4 Skred i fast fjell

Utfall av steinblokker krever skrenter med blottet fjell og helning over 40 - 45°.

Det er mange skrenter som er bratte nok til å kunne gi steinsprang i kartleggingsområdet. I foten av flere av disse er det tydelig steinur som vitner om relativt hyppig utfall av blokker

fra skrentene. Dette er spesielt tilfelle ved Vindåsane og Ruetoppen, helt øst i kartleggingsområdet, ved Orrhamar, Bergsbergi ovenfor Nørdre Berg, Gjerdeberget, ovenfor Teigen (Figur 24), samt ovenfor Nørdre og Søre Bry (Figur 25). Ved mange av disse lokalitetene, med bakgrunn i steinura, er det vurdert at steinsprang kan inntreffe med årlig sannsynlighet større enn 1/100, mens ved andre lokaliteter er sannsynligheten vurdert mindre enn 1/100, men større enn 1/1000.

For alle skrenter over 45° helning er det utført utløpsberegninger ved hjelp av Rockyfor3D (Dorren, 2015). Forutsetninger og inngangsparametere er diskutert i avsnitt 3.7. Utvalgte resultater er presentert i Vedlegg 2D2.

Vår totalvurdering er at steinsprang og steinskred dimensjonerer 100 års-skredfaresonen der denne er tegnet, og sammen med andre skredtyper dimensjonerer 1000 års- og 5000 års-skredfaresonen i større deler av kartleggingsområdet.



Figur 24: Relativt oppsprukne skrenter ovenfor Teigen, med store steinsprangavsetninger.



Figur 25: Nørdre Bry, med ovenforliggende fjellskrenter (gul pil), steinur (rød pil) og titalls steinblokker (grå prikker) i terrenget rundt bygningene, tidligere utfall fra skrentene.

6.8.5 Stabilitet av steintipper

Ved tre lokaliteter i kartleggingsområdet, ovenfor kraftstasjonen på Rue, ved Øvsteli (Figur 6 og 7 i Vedlegg 2A) og i Sisseldalen) er det anlagt steintipper med 35 - 40° bratte skråninger. De fleste skråningene er 15 – 25 m høye, men tippen ovenfor Rue er over 100 m høy.

Skredfarekartlegging i bratt terreng omfatter alle typer skred som forekommer i naturlige, bratte skråninger. Stabiliteten av skjæringer og fyllinger inngår ikke og overlates normalt til geotekniske utredninger.

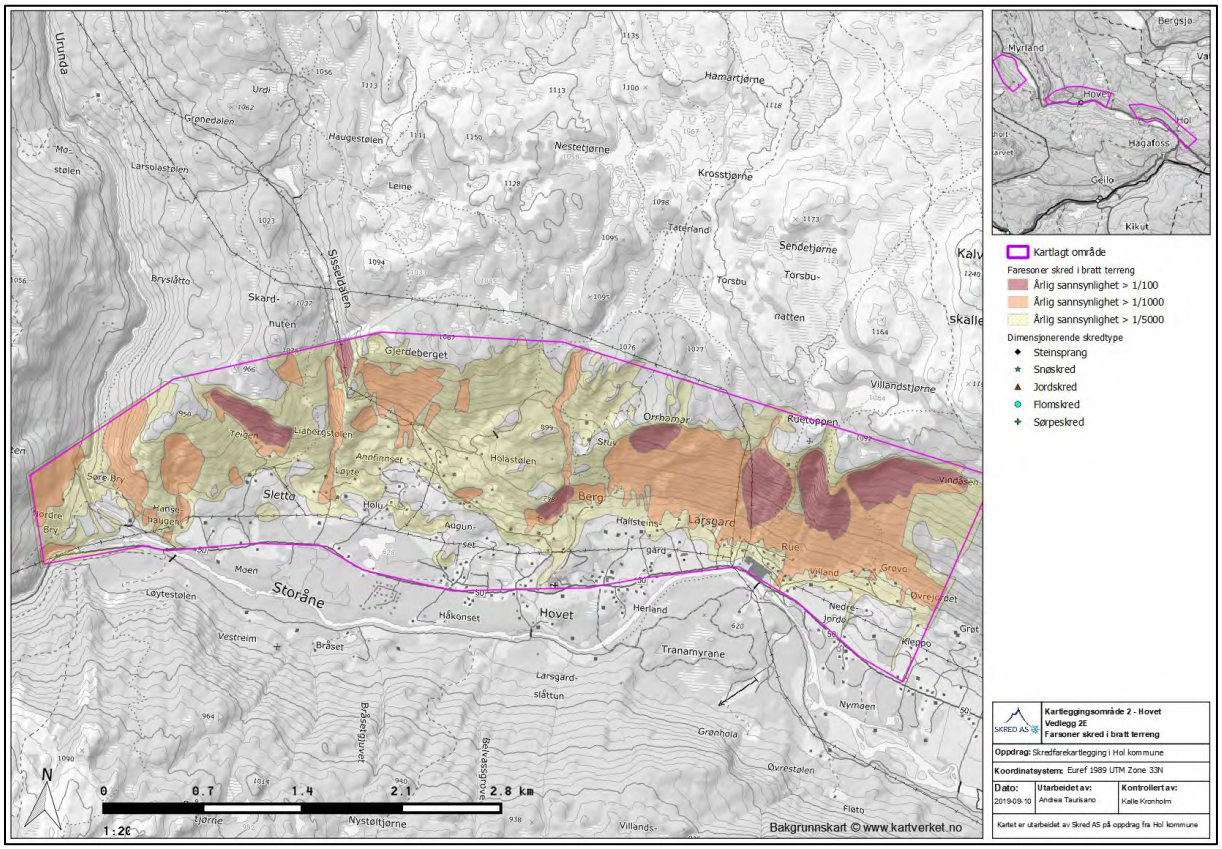
Stabiliteten av de aktuelle tippene er derfor ikke vurdert i detalj i denne rapporten. Vi kan imidlertid registrere at foten av tippene flere steder ligger i bunnen av trange og bratte bekkedaler, noe som gjør tippene potensielt utsatt for erosjon ved flom. Lignende steintipper andre steder i landet har vært utsatt for erosjon under flomhendelser, med påfølgende skader og beredskapssituasjoner.

Tippene i dette kartleggingsområdet har antakelig stått siden midten av 1900-tallet, etter det vi vet, uten skader. Vi vil likevel anbefale at faren for erosjon som kan true stabiliteten av tippene, vurderes i en egen utredning, om ikke dette er gjort tidligere.

Faresonene i de aktuelle områdene tar bare høyde for naturlige skredprosesser, og ikke for eventuell utrasing av masser fra steintippene.

6.8.6 Faresoner for skred

Alle skredtyper er dimensjonerende for faresonene på ulike strekninger i dette kartleggingsområdet. Faresonene er presentert i Figur 26 og mer i detalj i Vedlegg 2E.



Figur 26: Faresoner for skred i kartleggingsområde 2 - Hovet.

6.8.7 Skogens betydning for faresonene

Skogen som dekker store deler av dalsiden, gjør snøskred lite relevant som problemstilling, da de aller fleste potensielle løsneområdene, grunnet tett skog, har svært liten utløsningssannsynlighet. Ved flatehogst kan nye løsneområder for snøskred oppstå. Avhengig av hvor hogstfelt blir aktuelle og hvor store de er, kan nye løsneområder få relevans for 5000 års-skredfaresonen eller for flere faresoner. Skogen med denne funksjonen er i praksis all skog innenfor de områdene markert med farge i helningskartet (Vedlegg 2B), altså terreng brattere enn 25°. Dersom flatehogst utføres der terrenget er slakere enn 25°, har det ikke betydning for faren for snøskred. Dette fordi den begrensede bremsende funksjonen av skogen i forhold til snøskred fra eksisterende løsneområder, er neglisjert i beregningene.

Skogen i terreng brattere enn 25° har også en forebyggende funksjon i forhold til utløsning av jordskred, og der skogen ligger nedenfor fjellskrenter kan den også bremse ned steinsprangblokker opptil 1 – 2 m^3. Flatehogst i terreng brattere enn 25° kan derfor også øke faren for jordskred og steinsprang.

Alt tatt i betraktning vurderer vi at faresonene vil bli litt større dersom flatehogst foretas over store arealer, spesielt om disse er der terrenget er brattere enn 25 - 30°. Nye skogsveger i så bratt terreng kan for øvrig også øke faren for jordskred.

6.8.8 Mulighet for å redusere faresonene

Det er 8 bolighus og noen mindre bygninger innenfor faresonen for skred med årlig sannsynlighet større enn 1/1000 i dette kartleggingsområdet. Ingen bygninger ligger innenfor faresonen for skred med årlig sannsynlighet større enn 1/100.

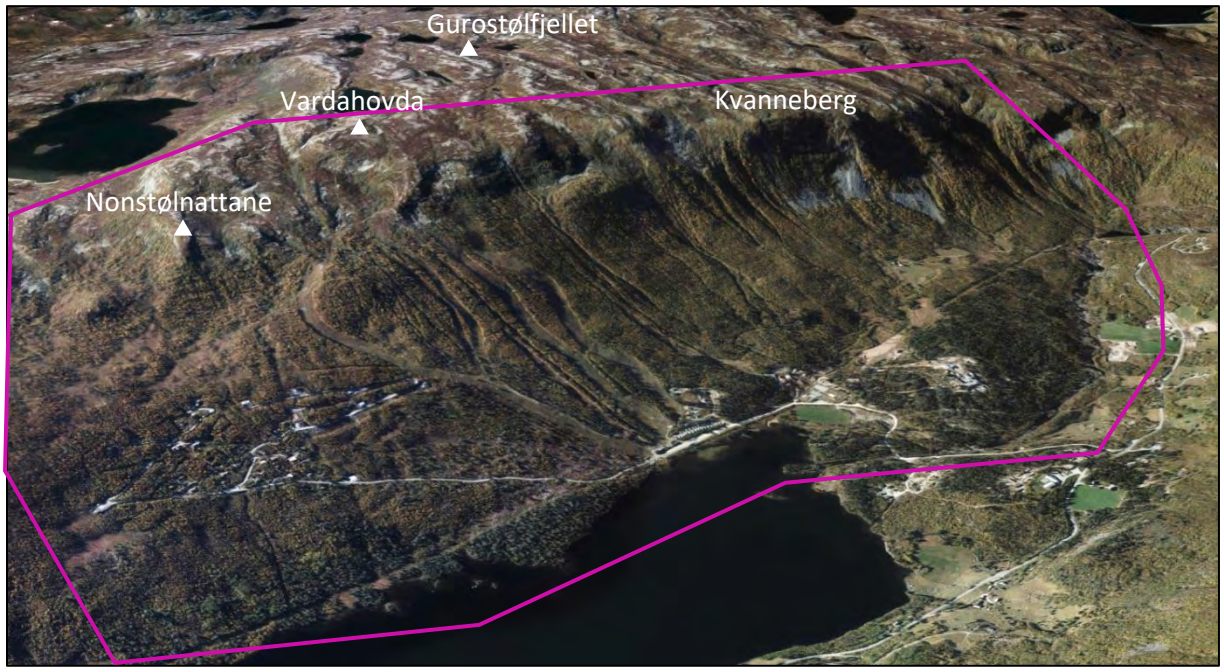
Dersom en ønsker å redusere sannsynligheten for skred der er tegnet faresoner, er det mulig å vurdere fysiske sikringstiltak.

Voller bygd med løsmasser og/eller gabioner, samt fanggjerder, er de mest aktuelle sikringsløsninger. Eventuelle sikringstiltak må detaljprosjekteres.

7 Område 3 - Sudndalen

7.1 Topografi

Det kartlagte området er 3,7 km langt og strekker seg på vestsiden av Sudndalsfjorden fra Holmeslåtta i sør til Kvanneberg i nord, med alpinanlegg og større hyttefelt i den sørlige og midtre delen av området. Dette er vist i Figur 27. Helningsforholdene er bedre illustrert i Figur 28, og mer detaljert i Vedlegg 3B.



Figur 27: Kartleggingsområde 3 – Sudndalen i et flybilde fra www.norgeibilder.no.

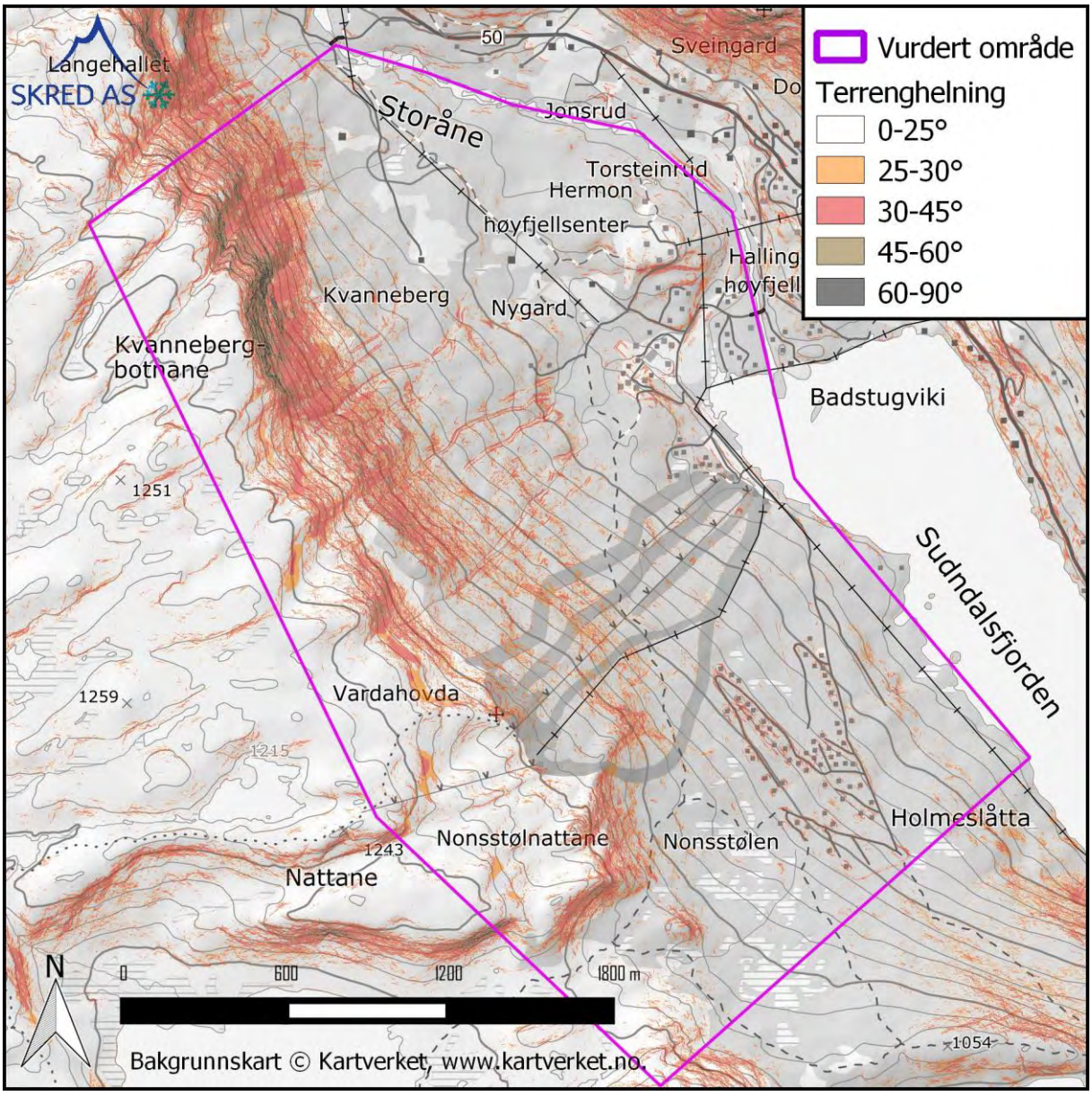
Fjellsiden i og ovenfor kartleggingsområdet er nordøstvendt og stiger fra 731 moh. nede ved Sundalsfjorden opptil 1300 moh. (Gurostølfjellet). Flere lokale topper på mellom 1200 – 1250 moh., som Kvanneberg og Vardahovda, er i praksis fortopper av Gurostølfjellet, men har større relevans for vurderingene i denne rapporten.

Den nordlige halvparten av fjellsiden, dvs. fra Vardahovda og videre nordover, er vesentlig brattere enn den sørlige halvparten (Figur 27 og Figur 28).

I den nordlige halvparten av fjellsiden er terrenget slakere enn 25° opptil ca. 850 – 930 moh. Derfra og opptil 1150 – 1200 moh. er det nesten sammenhengende brattere enn 25 - 30°, og flere steder (spesielt ved Kvanneberg) mellom 45° og vertikalt. Over 1150 – 1200 moh. flater terrenget ut igjen til helninger godt under 25°.

I den sørlige halvparten av fjellsiden er terrenget i all hovedsak slakere enn 25 - 30°, men det finnes lokale partier som er brattere. Disse ligger spesielt på Vardahovda mellom ca. 1070 – 1170 moh. og rundt Nonstølnattane.

Felles for hele kartleggingsområdet er at terrenget over ca. 1200 moh. består av store, slake høyfjellsområder med mange lokale topper og store konkave partier, inkl. tjern og myrområder. Disse dreneres av bekker som kommer ned i kartleggingsområdet.



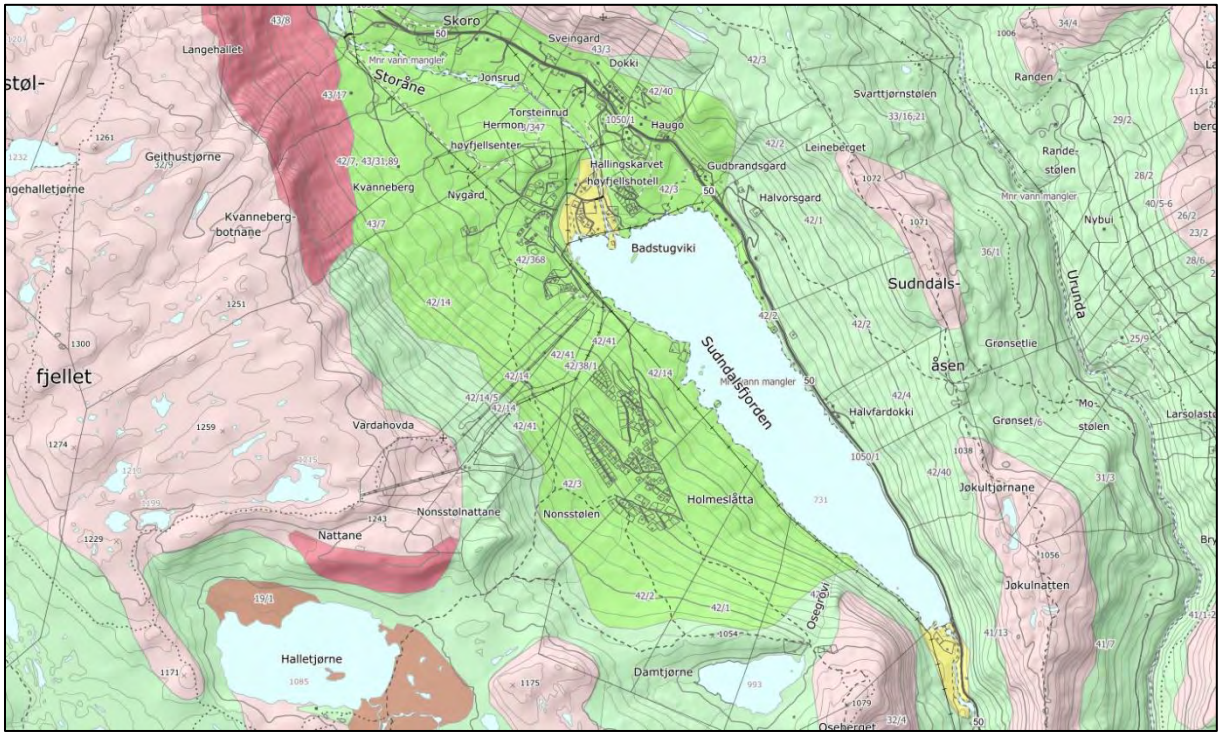
Figur 28: Kart med terrenghelning i fjellsiden over kartleggingsområde 3 - Sudndalen.

7.2 Geologi

Berggrunnen i fjellsiden er kartlagt i målestokk 1:50 000 og består ifølge NGUs berggrunnsdatabase av granitt (NGU, 2019a).

Ifølge NGU løsmassekart (NGU, 2019b), er det tykt morenedekke i stort sett hele den nedre delen av dalsiden (mørkegrønn farge i Figur 29). Morenen blir tynnere i den midtre delen av fjellsiden (lysegrønn farge), og videre oppover er det bart fjell (lyserosa farge). I de brattere

delene av dalsiden i nord er det også kartlagt skredavsetninger (mørkerosa farge). Disse ligger antakelig over den tynne morenen som er kartlagt litt lenger sør.



Figur 29: Utsnitt av NGUs løsmassekart for fjellsiden over kartleggingsområde 3 – Sudndalen (fra www.ngu.no).

7.3 Vegetasjon

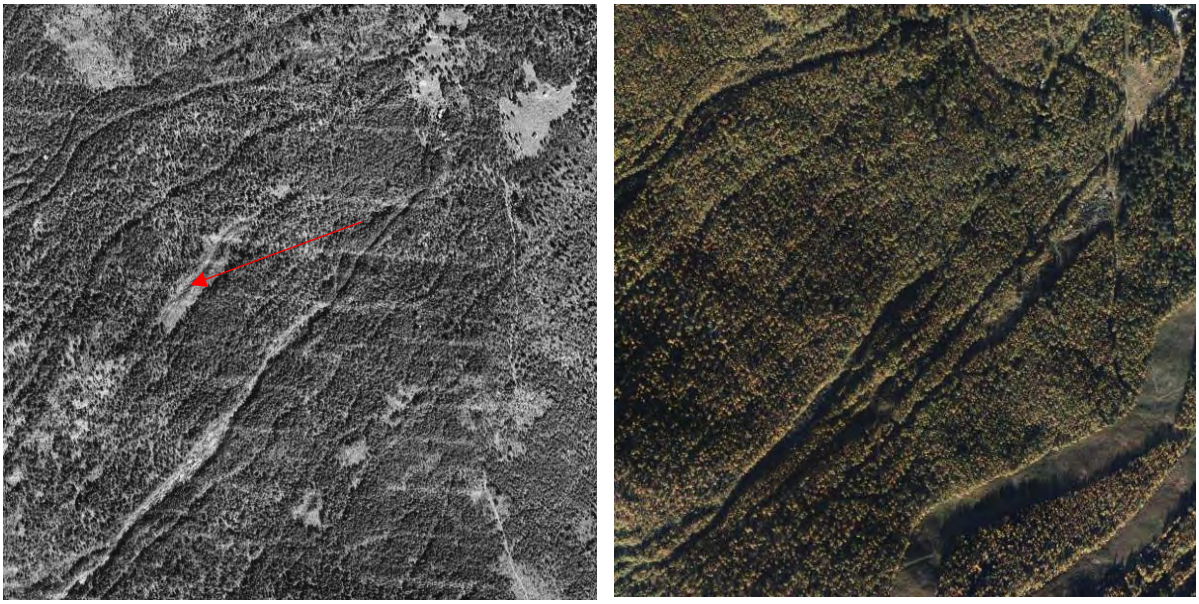
Fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet er dekket av bjørkeskog opptil ca. 1000 moh. Mye av dalsiden ligger imidlertid nær skoggrensen, og skogen er derfor relativt glissen, med mange lysninger og myrområder i tillegg til områder der skogen er fjernet ifb. etablering av alpinanlegg og hytteutbygging.

Sammenligning av flyfoto fra perioden 1963 – 2014, tilgjengelige på www.norgeibilder.no, viser minimale endringer når det gjelder skogen, utover hogst foretatt ifb. utbygging av hytter og alpinanlegg.

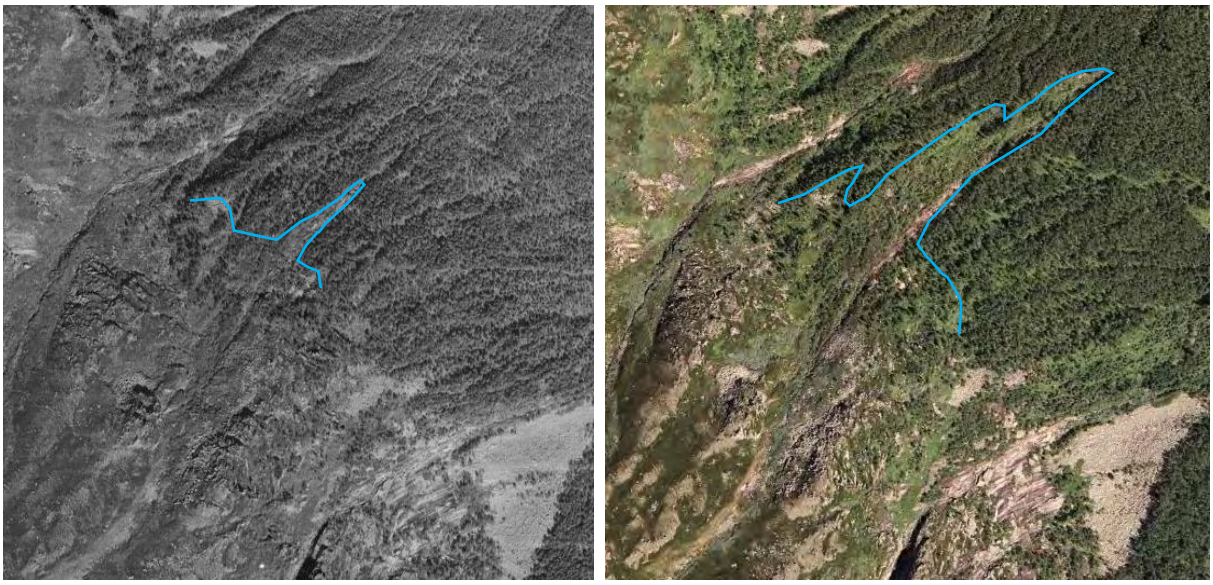
Flybildene er også gjennomgått for å avdekke tegn på skred. Denne analysen viser at et lite jordskred i midten av 1900-tallet skal ha gått i skråningen rett nord for alpinanlegget, på ca. 900 moh. (Figur 30). Tidspunktet for dette skredet er anslått basert på at skredet synes relativt gått i flybilder fra 1963 og er gjengrodd i bilder fra 2006 – 2014.

Flyfotoanalysen (Figur 31) viser også tegn på at snøskred fra Kvanneberg, like ved kartleggingsområdets nordlige grense, en vinter like før 2006 skal ha hatt litt lenger utløp enn vanlig.

De to skredene nevnt ovenfor er ikke blant de som er nevnt i avsnitt 7.4.



Figur 30: Lite jordskred like nord for alpinanlegget (ca. 900 moh.) i flybilder fra 1963 og 2014 (www.norgeibilder.no)



Figur 31: Skog skadet av snøskred i et flybilde fra 2006 (til høyre). Bildet fra 1963 (til venstre) viser bare tegn etter snøskred med kortere utløp (www.norgeibilder.no).

7.4 Registrerte skredhendelser

I NVE Atlas (NVE, 2019) er det registrert 4 skredhendelser i fjellsiden ovenfor dette kartleggingsområdet. Samtlige var mindre snøskred utløst av turgåere/skikjørere og har derfor liten relevans for dette arbeidet. De er derfor ikke vist i figur eller kommentert videre.

7.5 Tidligere rapporter

Skred AS har tidligere utført en skredfarevurdering ved Smiubakken, på østsiden av Sudndalen (Skred AS rapport nr. 15067). Grunnet ulike skredforhold er den utredningen lite relevant for denne rapporten.

Skred AS har også hatt tilgang til en rapport tidligere utarbeidet av NGI (NGI, 2008), med faresoner for Sudndalslia. Den rapporten omfatter to ulike delområder, som til sammen dekker over halvparten av kartleggingsområdet som er aktuelt i denne rapporten. NGIs rapport, for begge delområder, presenterer faresoner for skred med årlig sannsynlighet større enn 1/1000. Det nordlige delområdet er ifølge NGI kartlagt på oversiktsnivå, mens det sørlige (ovenfor alpinanlegget og hytteområdet) er kartlagt på detaljert nivå. For ingen av dem utførte NGI imidlertid modellering av skredutløpet, siden dynamiske modeller for beregning av skredutløp kun ble tilgjengelige i senere tid. Forskjellen mellom måten de to delområdene ble håndtert i NGIs rapport på, er derfor at det nordlige delområdet ble skjønnsmessig kartlagt litt grovere og mer konservativt enn det sørlige delområdet. Av denne grunnen betrakter vi NGIs rapport som oversiktskartlegging for begge delområder.

Skred AS har også hatt tilgang til et notat utarbeidet av Asplan Viak (Asplan Viak, 2013), med skredfarevurdering for fire nylig utgravde tomter i hyttefeltet rett sør for alpinanlegget. Utredningen gjelder imidlertid fare for utglidning av løsmasser, stein og snø fra skjæringene bak tomtene. Ettersom denne rapporten gjelder skredfare i bratte, naturlige skråninger, er Asplan Viaks rapport fra 2013 lite relevant.

7.6 Aktsomhetsområder

Kartleggingsområdet ligger delvis innenfor NVEs aktsomhetssoner for snøskred, for steinsprang og for jord- og flomskred (NVE, 2019). Dette gjelder spesielt den nordlige halvparten av kartleggingsområdet, der fjellsiden er brattere. NGIs aktsomhetskart for stein- og snøskred er ikke utarbeidet for dette området.

7.7 Eksisterende skredsikringstiltak

NVE Atlas (NVE, 2019) viser ingen sikringstiltak i det kartlagte området.

Under befaringen har vi ikke observert sikringstiltak, utover lokale erosjonssikringer i bekker gjennom hytteområdet i tilknytting alpinanlegget.

7.8 Skredfarevurdering

7.8.1 Snøskred

Store deler av dalsiden er brattere enn 27 - 30°, dvs. bratt nok til å potensielt kunne gi snøskred. Dette gjelder spesielt i den nordlige delen av kartleggingsområdet, men også i den sørlige delen, rundt Vardahovda og Nonstølnattane. De bratte skråningene ligger i stor grad over den øvre skoggrensen og vender mellom NØ – Ø – SØ, hvilket betyr i le for fremherskende vinder ved større snøfall. Disse forholdene gjør at mange terrengpartier i dalsiden representerer reelle løsneområder for snøskred (Figur 32 og Figur 33). Disse terrengpartiene er vist i registreringskartet i Vedlegg 3C.

Spesielt i den nordlige delen av dalsiden, ved Kvanneberg, er det flere terrengpartier som i tillegg er konkave, dvs. noe gryteformet. Nedenfor flere av disse løsneområdene viser vegetasjonen tegn etter hyppige snøskred med relativt kort rekkevidde. Minst et av disse løsneområdene, helt nord i kartleggingsområdet, har i minst en anledning gitt snøskred med lenger utløp (Figur 31).

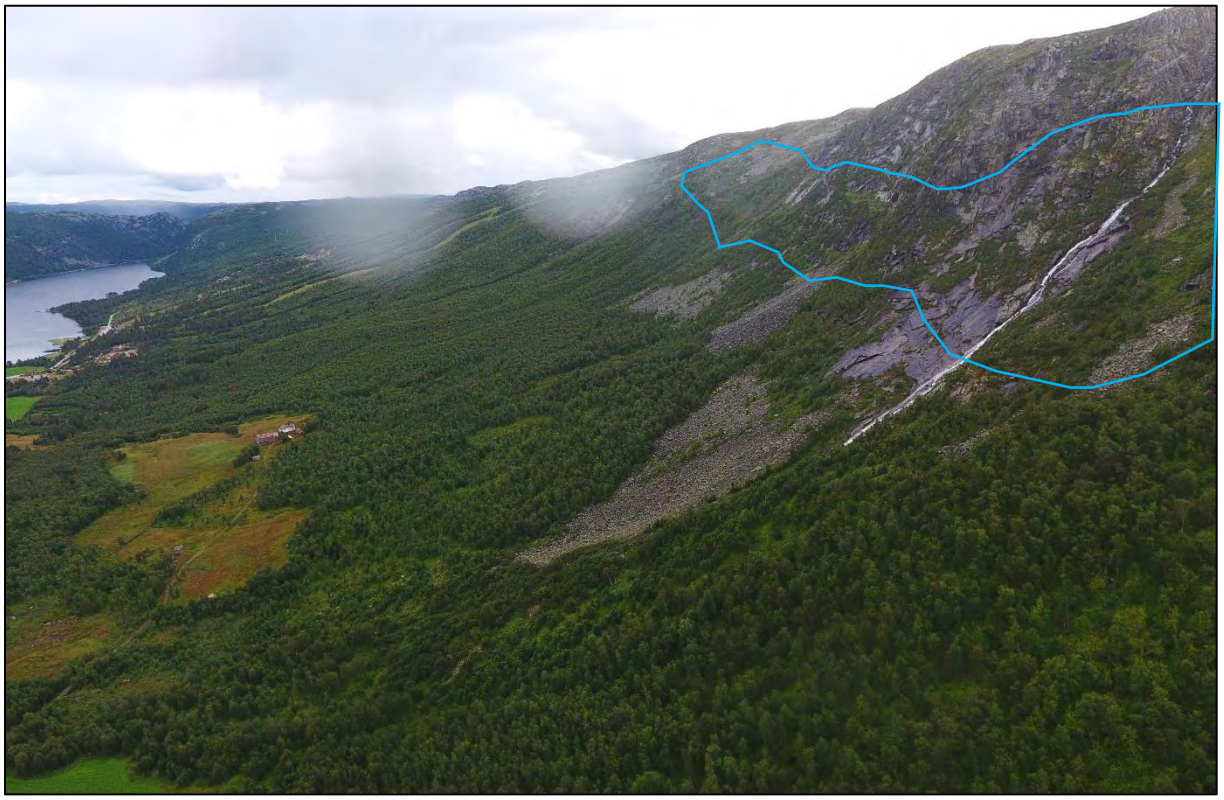
Sannsynligheten for at snøskred løses ut vurderes i samtlige løsneområdene å være større enn 1/100. De hyppige snøskred har kort utløp (mer av betydning for turgåere og skiløpere enn for faresonene), men sjeldne skred ventes å kunne gå vesentlig lenger.

Terrengprofilet i den nordlige delen av fjellsiden, med gradvis avtakende helning som gir skredbanene en parabol-lignende form (Figur 32), ligger til rette for snøskred med langt utløp.

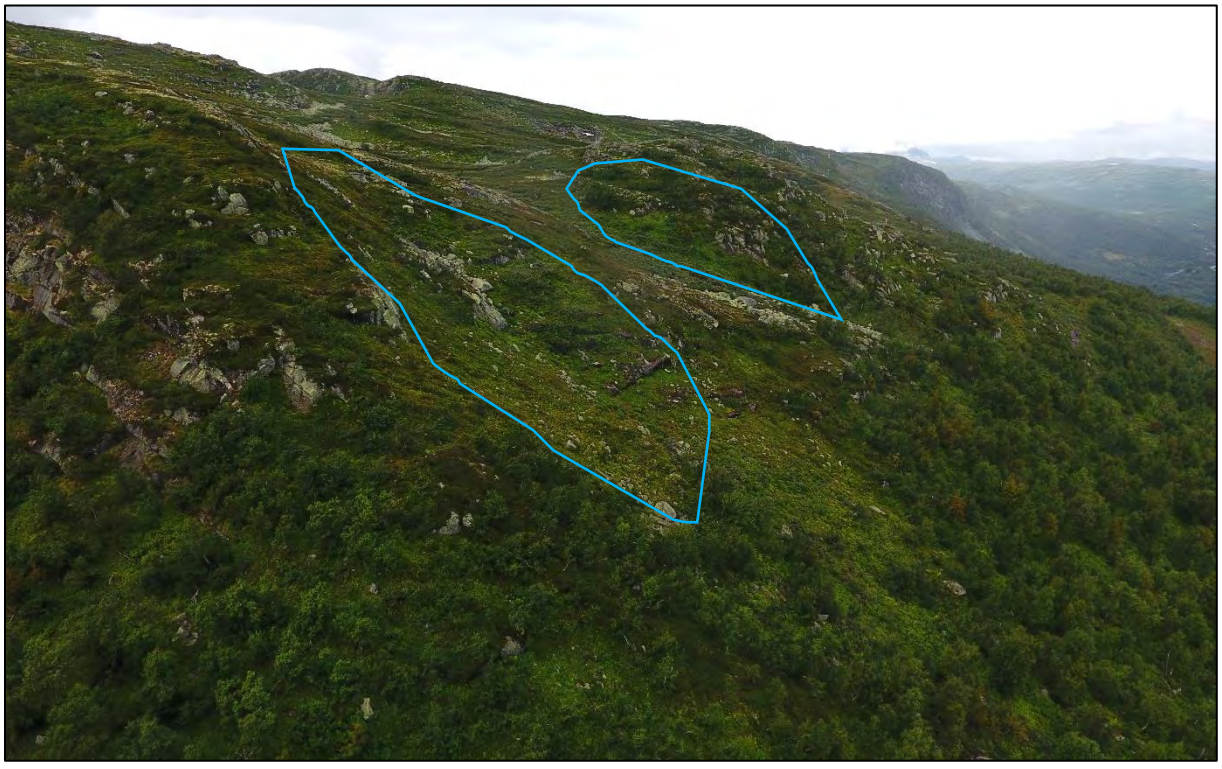
For alle løsneområdene er det utført beregninger av snøskredutløp med den vel utprøvde programvaren RAMMS (Christen m.fl., 2010). Det er anvendt forskjellige bruddkanthøyder for ulike scenarioer: 1 m for snøskred med antatt 100 års gjentaksintervall; 1,5 m for snøskred med antatt 1000 års gjentaksintervall; 2 m for snøskred med antatt 5000 års gjentaksintervall. Spesielt for scenarioene med størst gjentaksintervall vurderes løsneområdene å kunne gi store snøskred, for enkelte løsneområder med volumer oppi ca. 100.000 m^3. Øvrige forutsetninger for modelleringsarbeidet er som diskutert i avsnitt 3.8.

Utvalgte resultater av modelleringsarbeidet er vist i Vedlegg 3D1. Resultatene viser forventet utløp for snøskred med antatt årlig sannsynlighet større enn 1/5000, men mindre enn 1/1000.

Vår totalvurdering i dette kartleggingsområdet er at snøskred er høyst relevant, og de fleste steder er den mest aktuelle skredtypen. Snøskred dimensjonerer faresonene i Vedlegg 2 E. Snøskred med årlig sannsynlighet større enn 1/1000 vurderes imidlertid ikke å kunne nå eksisterende bebyggelse, bortsett fra Kvanneberg.



Figur 32: Fjellsiden ved Kvanneberg. Flere løsneområder for snøskred ligger i delen av fjellsiden markert i blått. Noen snøskredskader i skogen vises også.



Figur 33: Fjellsiden ved Nonstølnattane, med løsneområder for snøskred markert i blått.

7.8.2 Sørpeskred

Fjellsidene over dette kartleggingsområdet har flere bekkeløp der sørpeskred teoretisk kan inntreffe. Typiske løsneområder og løp for sørpeskred er bekker som drenerer relativt store høyfjellsområder preget av slakt, lokalt myrlendt og konkavt terreng over skoggrensen. Slikt terreng, som er vanlig i dette kartleggingsområdet, egner seg godt til å akkumulere store snø- og vannmengder. Dette gjør slike bekker til mulige løsneområder og løp for sørpeskred. Dette gjelder spesielt for de følgende bekkene:

- To bekker som drenerer området rundt Halletjørne, og renner ned mot Nonstølen og Holmeslåtta
- To – tre bekker som drenerer Kvannebergbotnane og deler av Gurostølfjellet, og renner ned like ved kartleggingsområdets nordlige grense

Sørpeskred kan imidlertid utløses etter forskjellige mekanismer, også som en videreutvikling eller sideeffekt av (våt)snøskred i bratt terreng. Sørpeskred kan således ikke utelukkes helt noen steder i dette kartleggingsområdet. Det er ikke utenkelig at sporene i vegetasjonen i Figur 30 representerer tegn på mindre sørpeskred utløst ifb. våtsnøskred i den bratte fjellsiden mellom Vardahovda og Kvanneberg.

Siden snøskred allerede er dimensjonerende for relativt store faresoner i det området og ellers i kartleggingsområdet, og sannsynligheten for sørpeskred utløst som sideeffekt av snøskred er mindre enn den for sørpeskred utløst i bekkesystemer, har vi valgt å kun tegne de mest plausible løsneområder for sørpeskred (Vedlegg 3C), dvs. de ifb. bekker som drenerer slake høyfjellsområder.

For hvert aktuelt løp er det utført modellering av mulig sørpeskredutløp ved hjelp av RAMMS::Debris Flow. Det er forutsatt utløst volumer på mellom 2.000 og 5.000 m^3. Som nevnt i avsnitt 5.8.2 er disse volumene relativt små i forhold til de tidligere registrert ved store sørpeskred i Norge, men bruk av konservative friksjonsparametere gir lange beregnede utløp og kompenserer derfor for det. Øvrige forutsetninger og inngangsparametere er diskutert i avsnitt 3.9. Utvalgte resultater er presentert i Vedlegg 3D3.

De modellerte sørpeskredutløpene må ses i sammenheng med den årlige sannsynligheten for at sørpeskred faktisk utløses i de enkelte løpene, som vurderes å være større enn 1/1000. Det betyr at sørpeskred dimensjonerer faresonen for 1000 års-skred der de fire bekkene listet ovenfor kommer ned mot dalbunnen.

7.8.3 Løsmasseskred

Relativt store deler av dalsiden er bratte og i stor grad dekket av morene og/eller skredmaterialer.

Spesielt i den midtre og nordlige delen av kartleggingsområdet viser skyggekartet tegn som vi tolker som spor etter tidligere jordskred og flomskred (Vedlegg 3C). Dette tilsier at potensialet for flere løsmasseskred i dette kartleggingsområdet er tilstede.

Siden store snøskred er vurdert som mulige i store deler av dalsiden, og sørpeskred er vurdert å være mulig i flere bekkesystemer, vurderes det ikke nødvendig med spesifikk modellering av jord- og flomskredutløp. Dette fordi store sjeldne snøskred erfaringsmessig kan gå betydelig lenger enn jordskred, i en fjellside som den aktuelle. På samme måte er det modellerte utløpet for sørpeskred erfaringsmessig dekkende for det mulige utløpet av flomskred i de samme bekkene.

Vår totalvurdering er at løsmasseskred kun i veldig små deler av kartleggingsområdet er dimensjonerende for skredfaresonene. Dette gjelder et mindre område med bratt terreng ovenfor Nygard, som ligger lenger ned ift. det forventede utløpet av snøskred.

7.8.4 Skred i fast fjell

Utfall av steinblokker krever skrenter med blottet fjell og helning over 40 - 45°.

Det er mange skrenter som er bratte nok til å kunne gi steinsprang nord i kartleggingsområdet, ved Kvanneberg og flere mindre områder.

Steinsprang forventes imidlertid ikke å kunne få utløp som kommer lenger ned enn det som er modellert for snøskred dimensjonerende for faresonene på 1/1000 og 1/5000.

Vår totalvurdering er derfor at steinsprang ikke er dimensjonerende skredtype, og har en sekundær relevans ift. andre skredtyper, i dette kartleggingsområdet.

7.8.5 Faresoner for skred

Alle skredtyper bortsett fra steinsprang er dimensjonerende for faresonene i dette kartleggingsområdet. Faresonene er presentert i Figur 34 og mer i detalj i Vedlegg 3E.

7.8.6 Skogens betydning for faresonene

Skogen vurderes å ha veldig marginal betydning for faresonene i dette kartleggingsområdet. Ved flatehogst kan nye løsneområder for snøskred oppstå nedenfor løsneområdene vist i registreringskartet (Vedlegg 3C). Eventuelle snøskred fra de nye løsneområdene vil imidlertid ikke få lenger rekkevidde enn det som er vurdert mulig for store, sjeldne snøskred fra allerede eksisterende løsneområder. Skogen er på den andre siden ikke tatt i betraktning ved beregning av snøskredutløp, ettersom store snøskred ventes å kunne gå langt ned til tross for skogen.

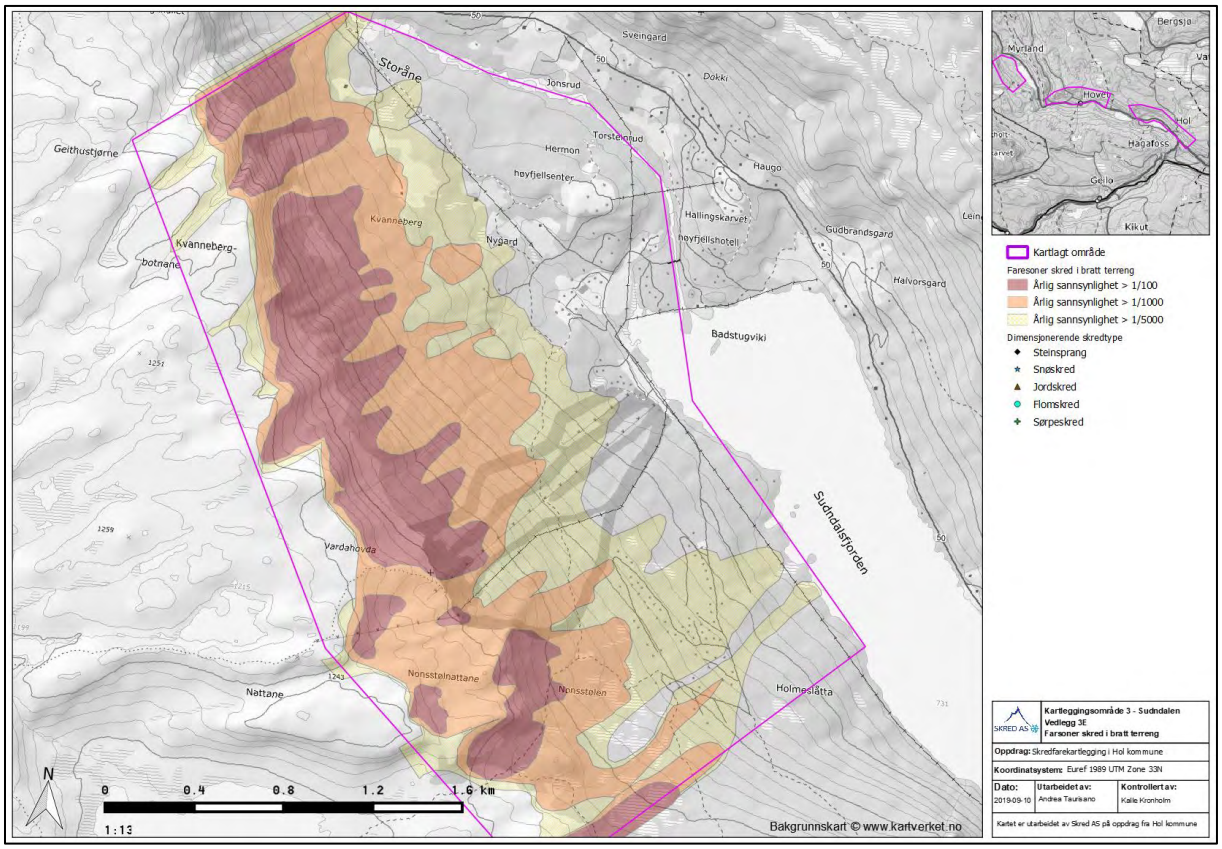
Siden andre skredtyper som jordskred og steinsprang har noe sekundær betydning i det totale farebildet, vurderer vi at faresonene ikke vil bli merkbart større etter eventuell flatehogst i fjellsiden.

7.8.7 Mulighet for å redusere faresonene

Det er kun et par hus/fritidsboliger innenfor faresonen for skred med årlig sannsynlighet større enn 1/1000 i dette kartleggingsområdet. Disse ligger ved Kvanneberg. Ingen bygninger ligger innenfor faresonen for skred med årlig sannsynlighet større enn 1/100.

Dersom en likevel skulle ønske å redusere sannsynligheten for skred der er tegnet faresoner, for eksempel ifb. ny utbygging, er det mulig å vurdere fysiske sikringstiltak.

Voller bygd med løsmasser og/eller gabioner er de mest aktuelle sikringsløsninger. Eventuelle sikringstiltak må detaljprosjekteres og ventes å bli omfattende og kostbare.



Figur 34: Faresoner for skred i kartleggingsområde 3 - Sudndalen.

8 Referanseliste

Asplan Viak, 2013. Hol, Sudndalen – Fare for skred og mulige tiltak for fire tomter. Notat nr. 533068.

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

Christen, M., et al., 2012. RAMMS: Integral hazard management using a unified software environment: numerical simulation tool 'RAMMS' for gravitational natural hazards. 12th Congress INTERPRAEVENT 2012 – Grenoble / France, Conference Proceedings.

DiBK, 2019. Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17). Hjemmeside. URL http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/

Dorren, L.K.A., 2015. Rockyfor3D (v5.2) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model, ecorisQ paper.

NGI, 2008. Skredfarevurdering, Sudndalslia, Hol. Rapport nr. 20081639-01-R.

NGI, 2012. Skog og Skred. Forslag til kriterier for vernskog mot skred – Del 1. Rapport nr. 20120078-01-R.

NVE, 2015. «Oppsummeringsrapport for skog og skredprosjektet». NVE rapport nr. 92/2015.

NGU, 2004. «Skredfarekartlegging i Vestfjorddalen». NGU rapport 2004-023.

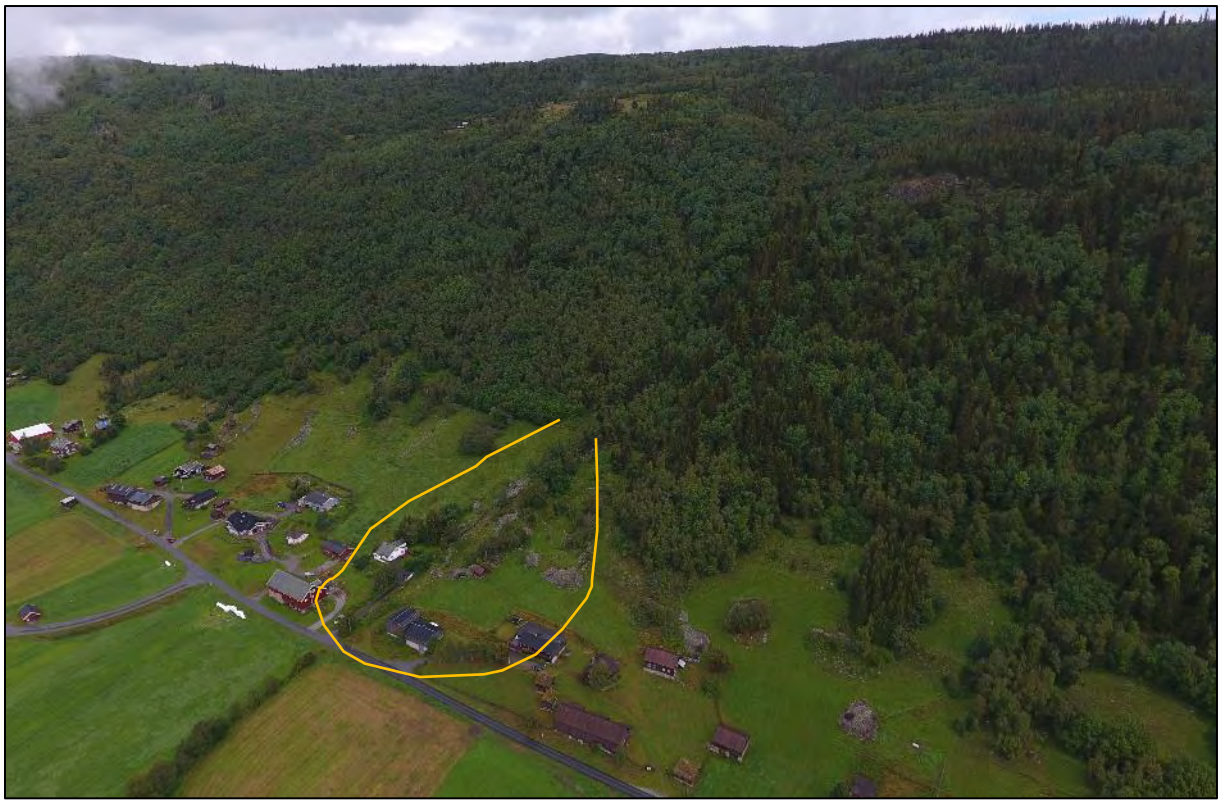
NGU, 2019a. Nasjonal berggrunnsdatabase. Hjemmeside. URL http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/

NGU, 2019b. Nasjonal løsmassedatabase. Hjemmeside. URL http://geo.ngu.no/kart/losmasse/

NVE, 2019. Skredatlas. Hjemmeside. URL http://skredatlas.nve.no

VEDLEGG 1A – Fotobilag område 1,

Hol.



Figur 1. Fjellsiden ovenfor Nestagard, Øvremyro, med markert skredvifte.



Figur 2. Bekken i fjellsiden ovenfor Nestagard og Øvremyro. Skredvifta i figuren ovenfor ligger i utløpet av denne bekken.



Figur 3. Den bratte fjellsiden ovenfor Nedremyro og videre sørøstover mot Søndrol, Lunde, osv.



Figur 4. Den bratte skråningen ovenfor Holsfjordvegen.



Figur 5. Fjellsiden ovenfor Myljo Slåtto



Figur 6. Fjellskrenter og bekk i fjellsiden ovenfor Myljo Slåtto



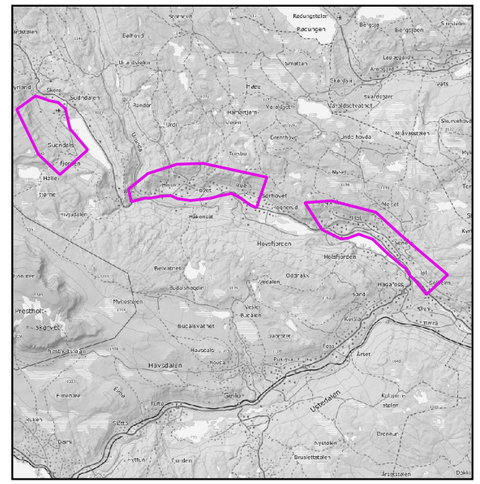
Figur 7. Bekken som drenerer Damtjørne ned mot Slåtto



Figur 8. Bekken som drenerer Damtjørne ned mot Slåtto



Figur 9. Fjellskrenten og steinura ovenfor Ellingplassen, Bergheim og Rudningen



Kartlagt område

Terrenghelning

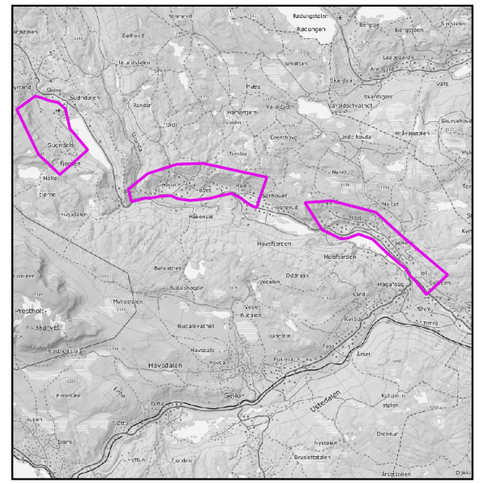
- 0-25°
- 25-30°
- 30-45°
- 45-60°
- 60-90°

N

0 0.7 1.4 2.1 2.8 km

Bakgrunnskart © www.kartverket.no

SKRED AS	**Kartleggingsområde 1 - Hol** **Vedlegg 1B** **Helningskart**	
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2019-09-10	**Utarbeidet av:** Andrea Taurisano	**Kontrollert av:** Kalle Kronholm
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune		



- Kartlagt område
- Skredvifte
- Løsneområder snoskred
- Løsneområder sørpeskred
- Uravsetning
- Steinsprangblokker utenfor steinura
- Bekker
- Raviner
- Bruddkant jordskred
- GPS-spor dronebefaring
- GPS-spor bakkebefaring

Skredhendelse (NVE Atlas)

- Steinsprang/steinskred
- Snøskred
- Sørpeskred
- Løsmasseskred

N

0 0.7 1.4 2.1 2.8 km

1:21000

Bakgrunnskart © www.kartverket.no

SKRED AS

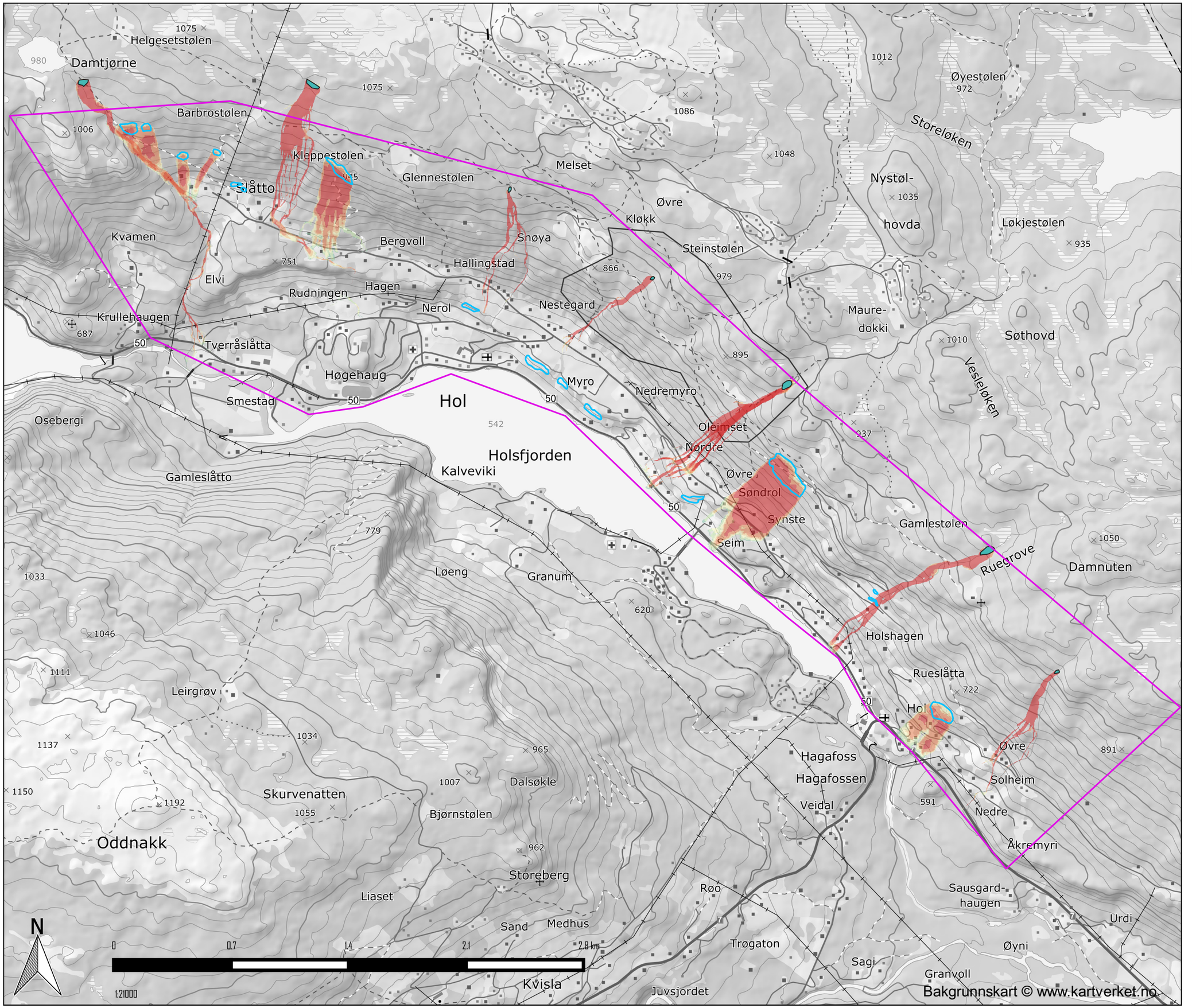
Kartleggingsområde 1 - Hol
Vedlegg 1C
Registreringskart

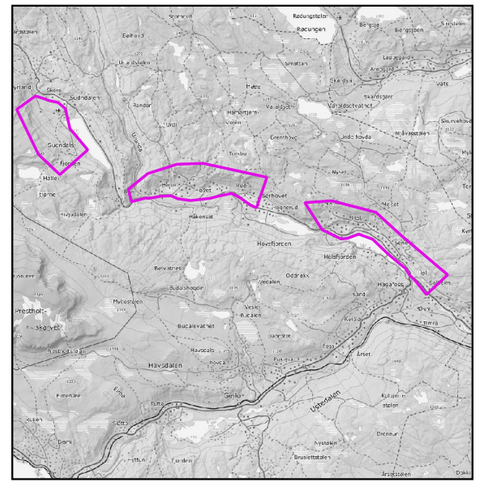
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune

Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N

Dato:	**Utarbeidet av:**	**Kontrollert av:**
2019-09-10	Andrea Taurisano	Kalle Kronholm

Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune



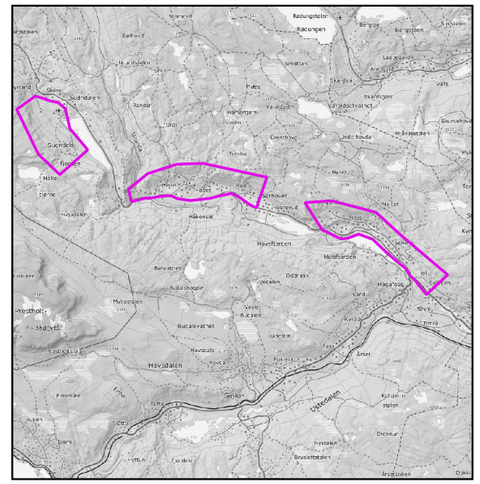


Kartlagt område
Løsneområder sørpeskred
Løsneområder snøskred

RAMMS snøskred + sørpeskred, Maks.trykk (kPa)

- <1: Skader ikke sannsynlig
- 1-3: Vinduer og dører kan slås inn
- 3-10: Skader på trehus
- 10-20: Skader på murhus
- 20-30: Skader på betonghus
- 30-60: Skader på forsterket betonghus
- >60: Store ødeleggelser

SKRED AS	**Kartleggingsområde 1 - Hol** **Vedlegg 1D_1** **RAMMS-resultater (snø-/sørpeskred)**	
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2019-09-10	**Utarbeidet av:** Andrea Taurisano	**Kontrollert av:** Kalle Kronholm
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune		



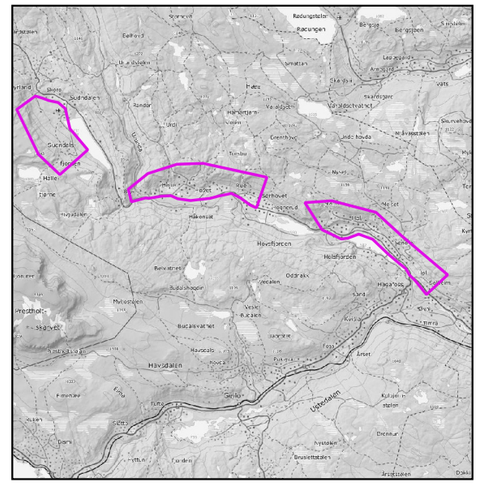
Kartlagt område

Rf3d_Reach_probability (2m3 blokker)

- <= 5
- 5 - 10
- 10 - 100
- 20 - 30
- 30 - 100

SKRED AS	**Kartleggingsområde 1 - Hol** **Vedlegg 1D_2** **Rockyfor3D-resultater (steinsprang)**	
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2019-09-10	**Utarbeidet av:** Andrea Taurisano	**Kontrollert av:** Kalle Kronholm
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune		

Bakgrunnskart © www.kartverket.no



Kartlagt område

Løsneområder sørpeskred

RAMMS sørpeskred, Maks.trykk (kPa)

- <1: Skader ikke sannsynlig
- 1-3: Vinduer og dører kan slås inn
- 3-10: Skader på trehus
- 10-20: Skader på murhus
- 20-30: Skader på betonghus
- 30-60: Skader på forsterket betonghus
- >60: Store ødeleggelser

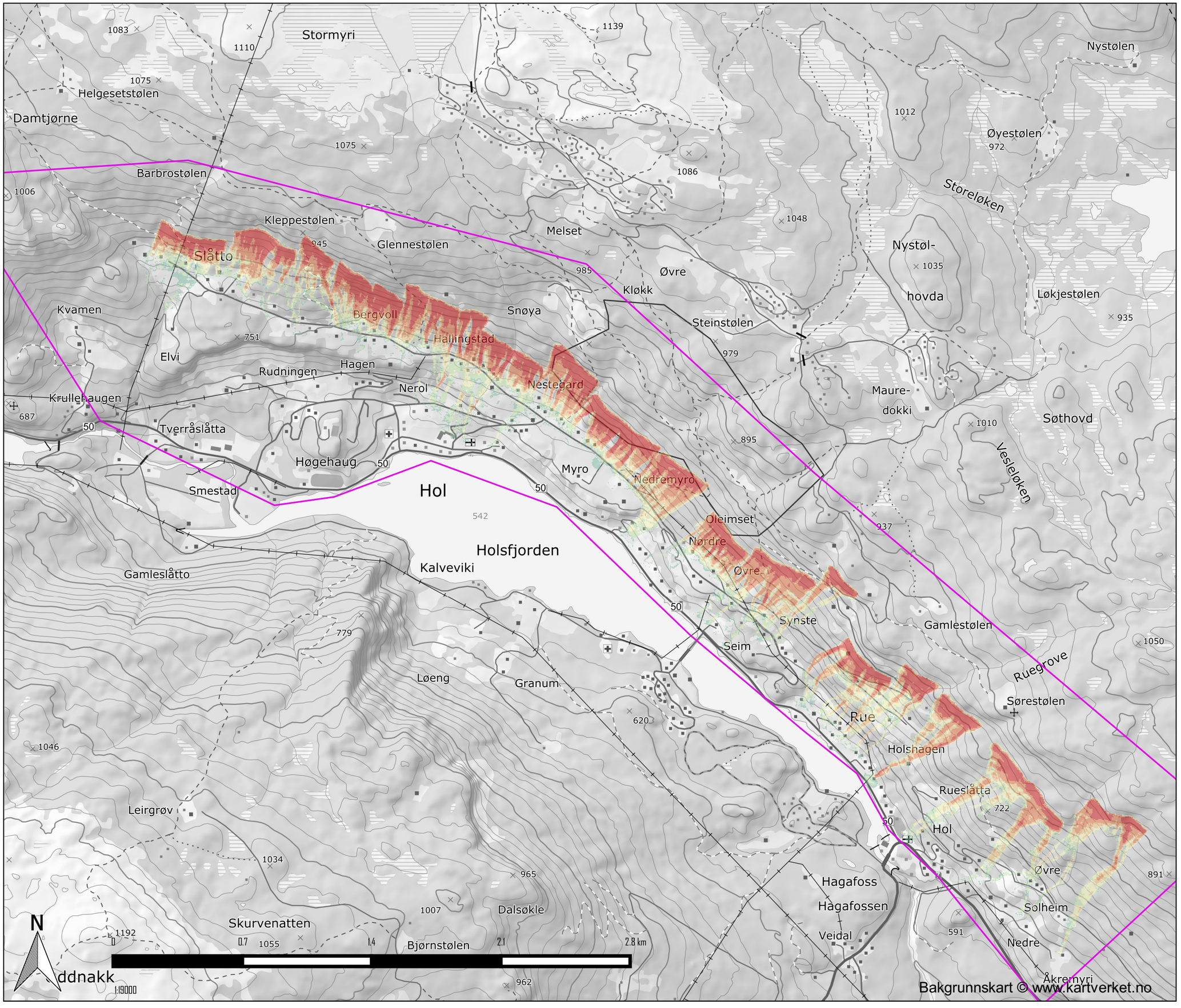
SKRED AS	**Kartleggingsområde 1 - Hol** **Vedlegg 1D_3** **RAMMS-resultater (sørpeskred)**	
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2019-09-10	**Utarbeidet av:** Andrea Taurisano	**Kontrollert av:** Kalle Kronholm
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune		

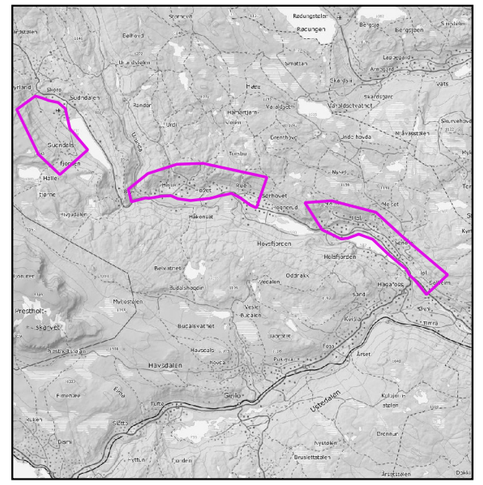
Bakgrunnskart © www.kartverket.no

N

1:19000

0.7 1.4 2.1 2.8 km



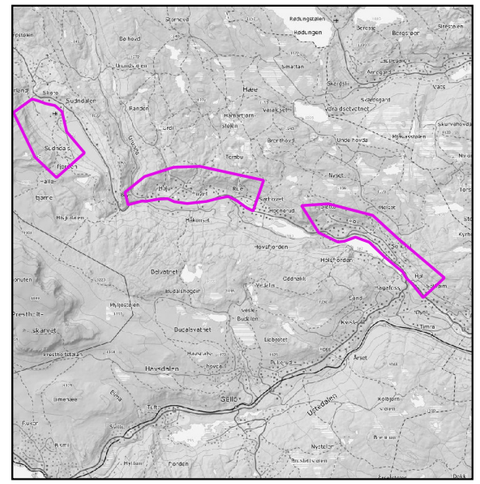


Kartlagt område

RAMMSjord-/flomskred, Maks.trykk (kPa)

- <1: Skader ikke sannsynlig
- 1-3: Vinduer og dører kan slås inn
- 3-10: Skader på trehus
- 10-20: Skader på murhus
- 20-30: Skader på betonghus
- 30-60: Skader på forsterket betonghus
- >60: Store ødeleggelser

SKRED AS	**Kartleggingsområde 1 - Hol** **Vedlegg 1D_4** **RAMMS-resultater (jord-/flomskred)**	
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2019-09-10	**Utarbeidet av:** Andrea Taurisano	**Kontrollert av:** Kalle Kronholm
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune		



Kartlagt område

Faresoner skred i bratt terreng

- Årlig sannsynlighet > 1/100
- Årlig sannsynlighet > 1/1000
- Årlig sannsynlighet > 1/5000

Dimensjonerende skredtype

- Steinsprang
- Snøskred
- Jordskred
- Flomskred
- Sørpeskred

N

0 0.7 1.4 2.1 2.8 km

1:20000

Bakgrunnskart © www.kartverket.no

SKRED AS	**Kartleggingsområde 1 - Hol** **Vedlegg 1E** **Farsoner skred i bratt terreng**	
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2019-09-10	**Utarbeidet av:** Andrea Taurisano	**Kontrollert av:** Kalle Kronholm
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune		

VEDLEGG 2A – Fotobilag område 2,

Hovet.



Figur 1. Fjellskrenten og steinura ovenfor Grøvo og Veslestølen, helt øst i kartleggingsområdet.



Figur 2. Fjellsiden ovenfor Grøvo og Veslestølen, helt øst i kartleggingsområdet.



Figur 3. Fjellsiden Orrhamar, med fjellskrenter og steinur.



Figur 4. Bekken Senda, ovenfor Søre Larsgard, med mulige løsneområder for snøskred der skogen er mest glissen.



Figur 5. Fjellskrentene ved Bergsbergi, ovenfor Berg.



Figur 6. Fjellsiden ovenfor Trøen og Holastølen, med mulige løsneområder for snøskred i lysningene i skogen. Steintippen ved Øvsteli er synlig i bakgrunnen.



Figur 7. Steintippen ovenfor kraftstasjonen på Rue



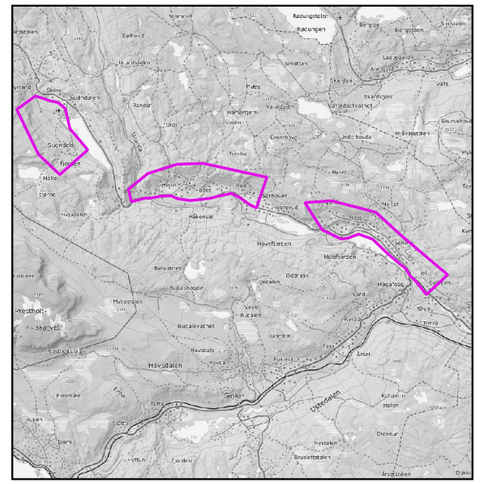
Figur 8. Oppsprukne fjellskrenter ovenfor bekken som renner ut av Sisseldalen og ned mot Søre Sletto. Steinsprang mater over tiden bekkeløpet med steinmaterialer.



Figur 9. Gryteformet terreng like ovenfor Hansehaugen, med mulige løsneområder for snøskred.



Figur 10. Fjellskrenter og steinsprangavsetninger ovenfor Søre Bry.



Kartlagt område

Terrenghelning

- 0-25°
- 25-30°
- 30-45°
- 45-60°
- 60-90°

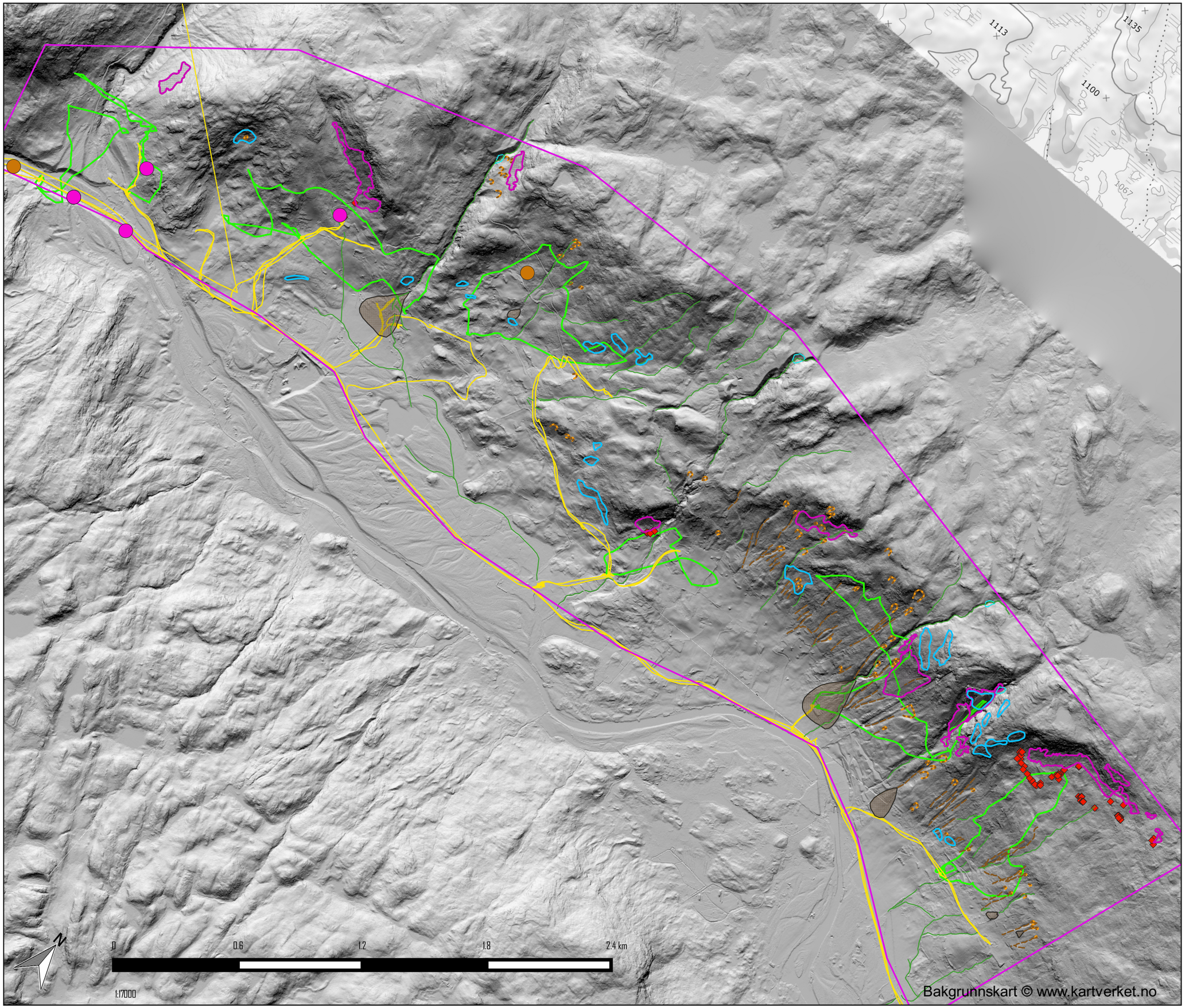
N

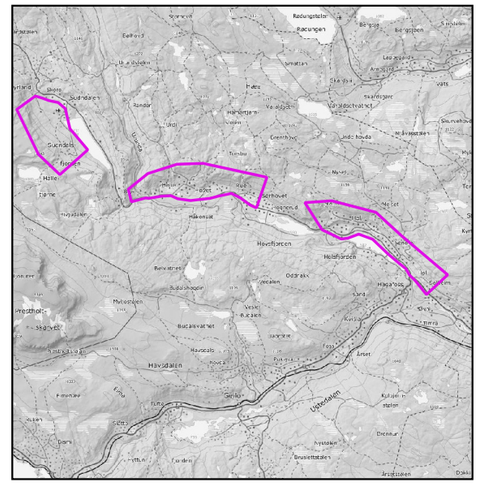
0 0.7 1.4 2.1 2.8 km

1:19000

Bakgrunnskart © www.kartverket.no

SKRED AS	**Kartleggingsområde 2 - Hovet** **Vedlegg 2B** **Helningskart**	
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2019-09-10	**Utarbeidet av:** Andrea Taurisano	**Kontrollert av:** Kalle Kronholm
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune		





Kartlagt område
Skredvifte
Løsneområder snoskred
Løsneområder sørpeskred
Uravsetning
Steinsprangblokker utenfor steinura
Bekker
Raviner
Bruddkant jordskred
GPS-spor dronebefaring
GPS-spor bakkebefaring

Skredhendelse (NVE Atlas)

Steinsprang/steinskred
Snøskred
Sørpeskred
Løsmasseskred

SKRED AS

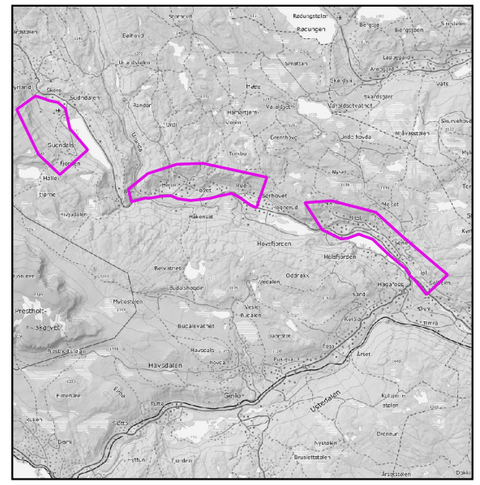
Kartleggingsområde 2 - Hovet
Vedlegg 2C
Registreringskart

Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune

Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N

Dato:	**Utarbeidet av:**	**Kontrollert av:**
2019-09-10	Andrea Taurisano	Kalle Kronholm

Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune



Kartlagt område
Løsneområder sørpeskred
Løsneområder snøskred
RAMMS snøskred + sørpeskred, Maks.trykk (kPa)
<1: Skader ikke sannsynlig
1-3: Vinduer og dører kan slås inn
3-10: Skader på trehus
10-20: Skader på murhus
20-30: Skader på betonghus
30-60: Skader på forsterket betonghus
>60: Store ødeleggelser

N
0 0.7 1.4 2.1 2.8 km
1:19000

Bakgrunnskart © www.kartverket.no

SKRED AS

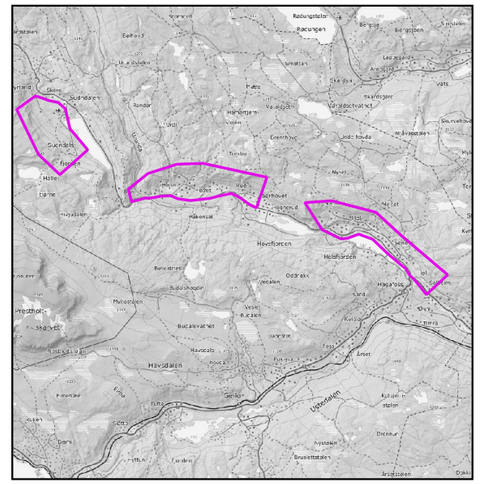
Kartleggingsområde 2 - Hovet
Vedlegg 2D_1
RAMMS-resultater (snø-/sørpeskred)

Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune

Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N

Dato:	**Utarbeidet av:**	**Kontrollert av:**
2019-09-10	Andrea Taurisano	Kalle Kronholm

Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune



Kartlagt område

Rf3d_Reach_probability (2m3 blokker)

- <= 5
- 5 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 100

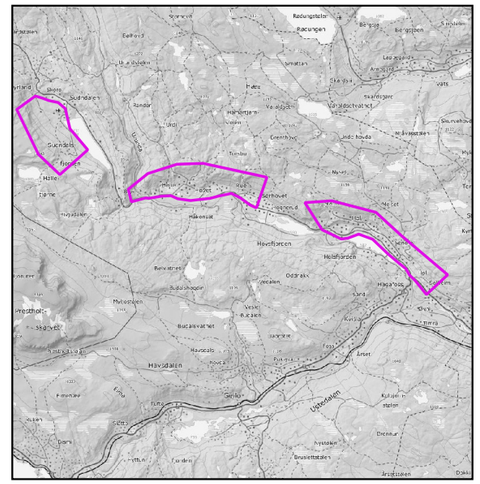
N

0 0.6 1.2 1.8 2.4 km

1:18000

Bakgrunnskart © www.kartverket.no

SKRED AS	**Kartleggingsområde 2 - Hovet** **Vedlegg 2D_2** **Rockyfor3D-resultater (steinsprang)**	
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2019-09-10	**Utarbeidet av:** Andrea Taurisano	**Kontrollert av:** Kalle Kronholm
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune		



Kartlagt område

Løsneområder sørpeskred

RAMMS sørpeskred, Maks.trykk (kPa)

- <1: Skader ikke sannsynlig
- 1-3: Vinduer og dører kan slås inn
- 3-10: Skader på trehus
- 10-20: Skader på murhus
- 20-30: Skader på betonghus
- 30-60: Skader på forsterket betonghus
- >60: Store ødeleggelser

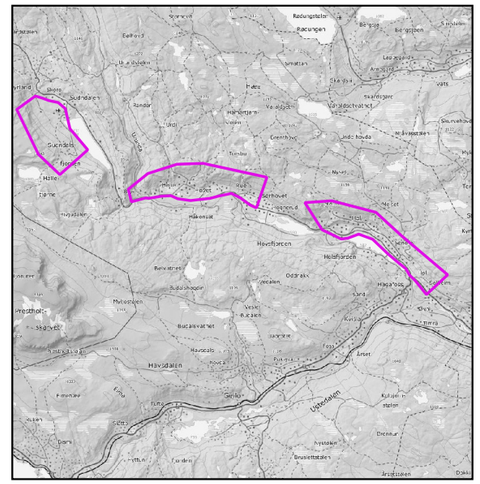
N

0 0.6 1.2 1.8 2.4 km

1:18500

Bakgrunnskart © www.kartverket.no

SKRED AS	**Kartleggingsområde 2 - Hovet** **Vedlegg 2D_3** **RAMMS-resultater (sørpeskred)**	
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2019-09-10	**Utarbeidet av:** Andrea Taurisano	**Kontrollert av:** Kalle Kronholm
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune		



Kartlagt område

RAMMSjord-/flomskred, Maks.trykk (kPa)

- <1: Skader ikke sannsynlig
- 1-3: Vinduer og dører kan slås inn
- 3-10: Skader på trehus
- 10-20: Skader på murhus
- 20-30: Skader på betonghus
- 30-60: Skader på forsterket betonghus
- >60: Store ødeleggelser

0 0.6 1.2 1.8 2.4 km

1:18500

Bakgrunnskart © www.kartverket.no

SKRED AS

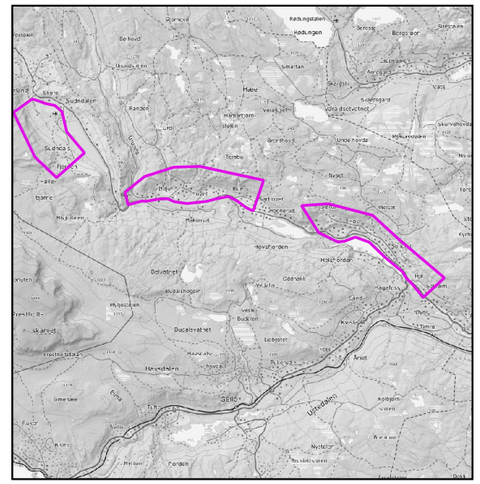
Kartleggingsområde 2 - Hovet
Vedlegg 2D_4
RAMMS-resultater (jord-/flomskred)

Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune

Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N

Dato:	**Utarbeidet av:**	**Kontrollert av:**
2019-09-10	Andrea Taurisano	Kalle Kronholm

Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune



Kartlagt område

Faresoner skred i bratt terreng

- Årlig sannsynlighet > 1/100
- Årlig sannsynlighet > 1/1000
- Årlig sannsynlighet > 1/5000

Dimensjonerende skredtype

- Steinsprang
- Snøskred
- Jordskred
- Flomskred
- Sørpeskred

SKRED AS	**Kartleggingsområde 2 - Hovet** **Vedlegg 2E** **Farsoner skred i bratt terreng**	
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2019-09-10	**Utarbeidet av:** Andrea Taurisano	**Kontrollert av:** Kalle Kronholm
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune		

N

0 0.7 1.4 2.8 km

1:20500

Bakgrunnskart © www.kartverket.no

VEDLEGG 3A – Fotobilag område 3,

Sudndalen.



Figur 1. Fjellsiden ovenfor Nonstøllie.



Figur 2. Fjellsiden ovenfor Nonstøllie.



Figur 3. Fjellsiden ved Nonstølnattane, ovenfor Nonstøllie og alpinanlegget.



Figur 4. Øvre del av Nonstølnattane (til venstre) og Vardahovda, fjellsiden ovenfor alpinanlegget.



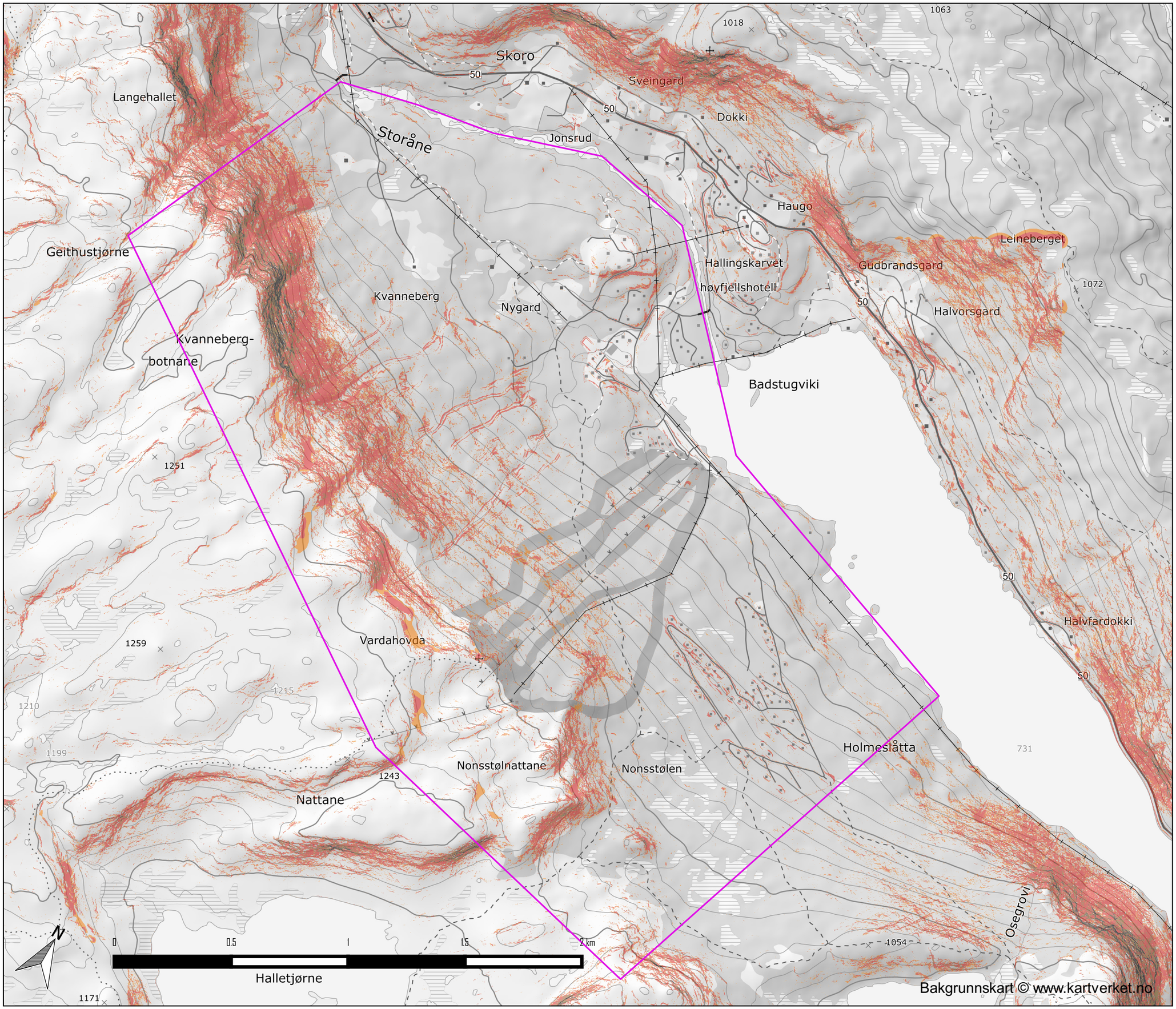
Figur 5. Fjellsiden ved Kvanneberg, nord i kartleggingsområdet.

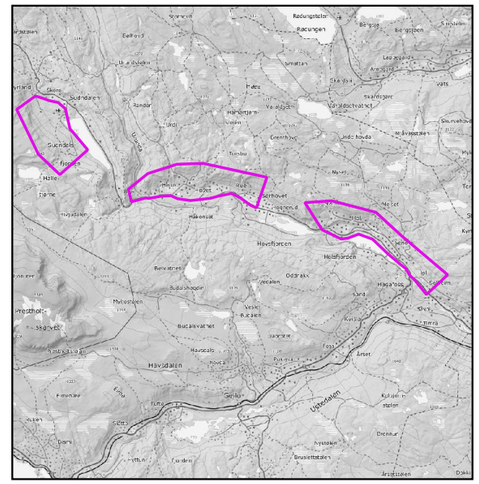


Figur 6. Skog skadet av snøskred ved Kvanneberg, nord i kartleggingsområdet.



Figur 7. Fjellsiden ved Kvanneberg, nord i kartleggingsområdet.



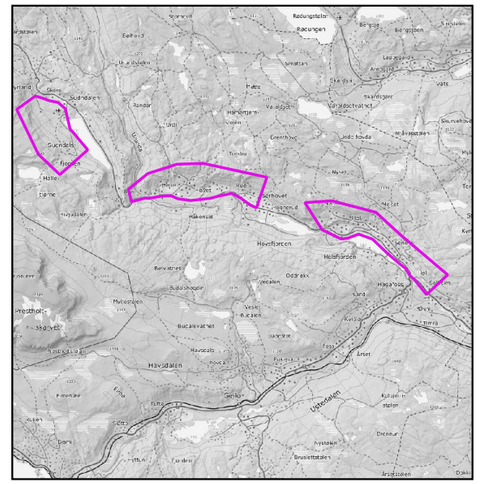


Kartlagt område

Terrenghelning

- 0-25°
- 25-30°
- 30-45°
- 45-60°
- 60-90°

SKRED AS	**Kartleggingsområde 3 - Sudndalen** **Vedlegg 3B** **Helningskart**	
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2019-09-10	**Utarbeidet av:** Andrea Taurisano	**Kontrollert av:** Kalle Kronholm
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune		



- Kartlagt område
- Skredvifte
- Løsneområder snoskred
- Løsneområder sørpeskred
- Uravsetning
- Steinsprangblokker utenfor steinura
- Bekker
- Raviner
- Bruddkant jordskred
- GPS-spor dronebefaring
- GPS-spor bakkebefaring

Skredhendelse (NVE Atlas)

- Steinsprang/steinskred
- Snøskred
- Sørpeskred
- Løsmasseskred

N

0 0.5 1 1.5 2 km

1:14000

Bakgrunnskart © www.kartverket.no

SKRED AS

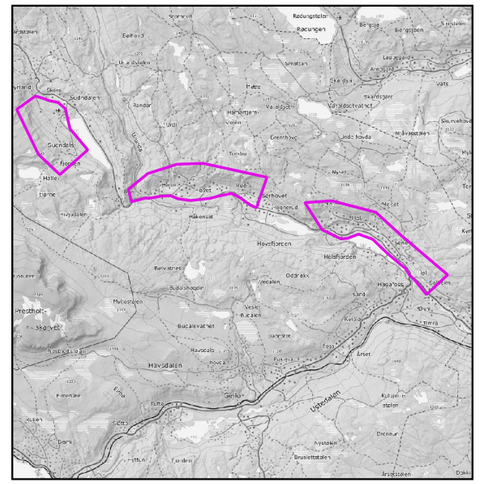
Kartleggingsområde 3 - Sudndalen
Vedlegg 3C
Registreringskart

Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune

Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N

Dato:	**Utarbeidet av:**	**Kontrollert av:**
2019-09-10	Andrea Taurisano	Kalle Kronholm

Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune



Kartlagt område
Løsneområder sørpeskred
Løsneområder snøskred
RAMMS snøskred + sørpeskred, Maks.trykk (kPa)
<1: Skader ikke sannsynlig
1-3: Vinduer og dører kan slås inn
3-10: Skader på trehus
10-20: Skader på murhus
20-30: Skader på betonghus
30-60: Skader på forsterket betonghus
>60: Store ødeleggelser

Langehallet
Storåne
Sveingard
Dokki
Torsteinrud
Haugo
Leineberget
Geithustjørne
Hallingskarvet
høyfjellshotell
Gudbrandsgard
Kvanneberg
Nygard
Halvorsgard
Kvanneberg-
botnane
Badstugviki
1251
1259
Vardahovda
1215
1199
1243
Nattane
Nonsstølnattane
Nonsstølen
Holmeslåtta
731
1054
Osegrovi
1072
50
0
0.5
1
1.5
2 km
1:14000
N
Bakgrunnskart © www.kartverket.no

SKRED AS

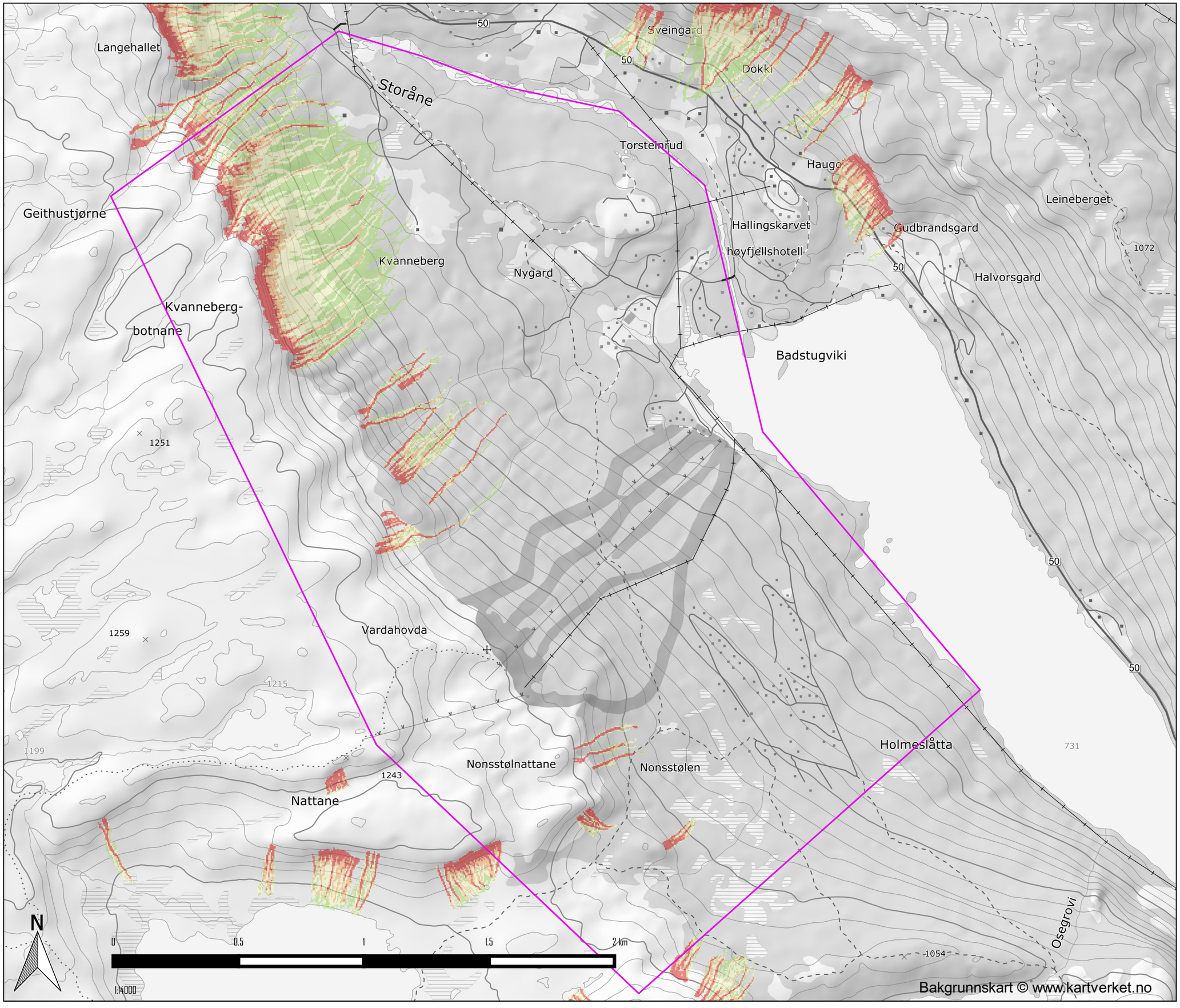
Kartleggingsområde 3 - Sudndalen
Vedlegg 3D_1
RAMMS-resultater (snø-/sørpeskred)

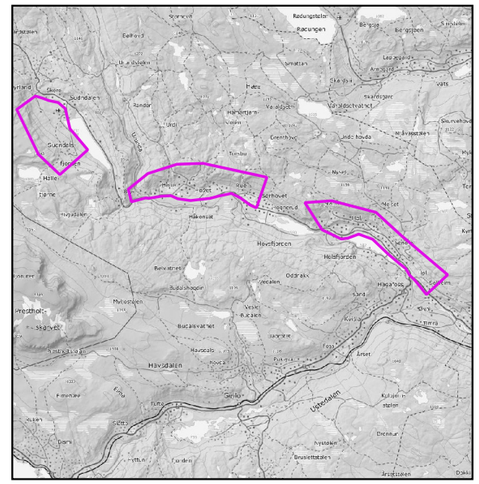
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune

Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N

Dato:	**Utarbeidet av:**	**Kontrollert av:**
2019-09-10	Andrea Taurisano	Kalle Kronholm

Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune



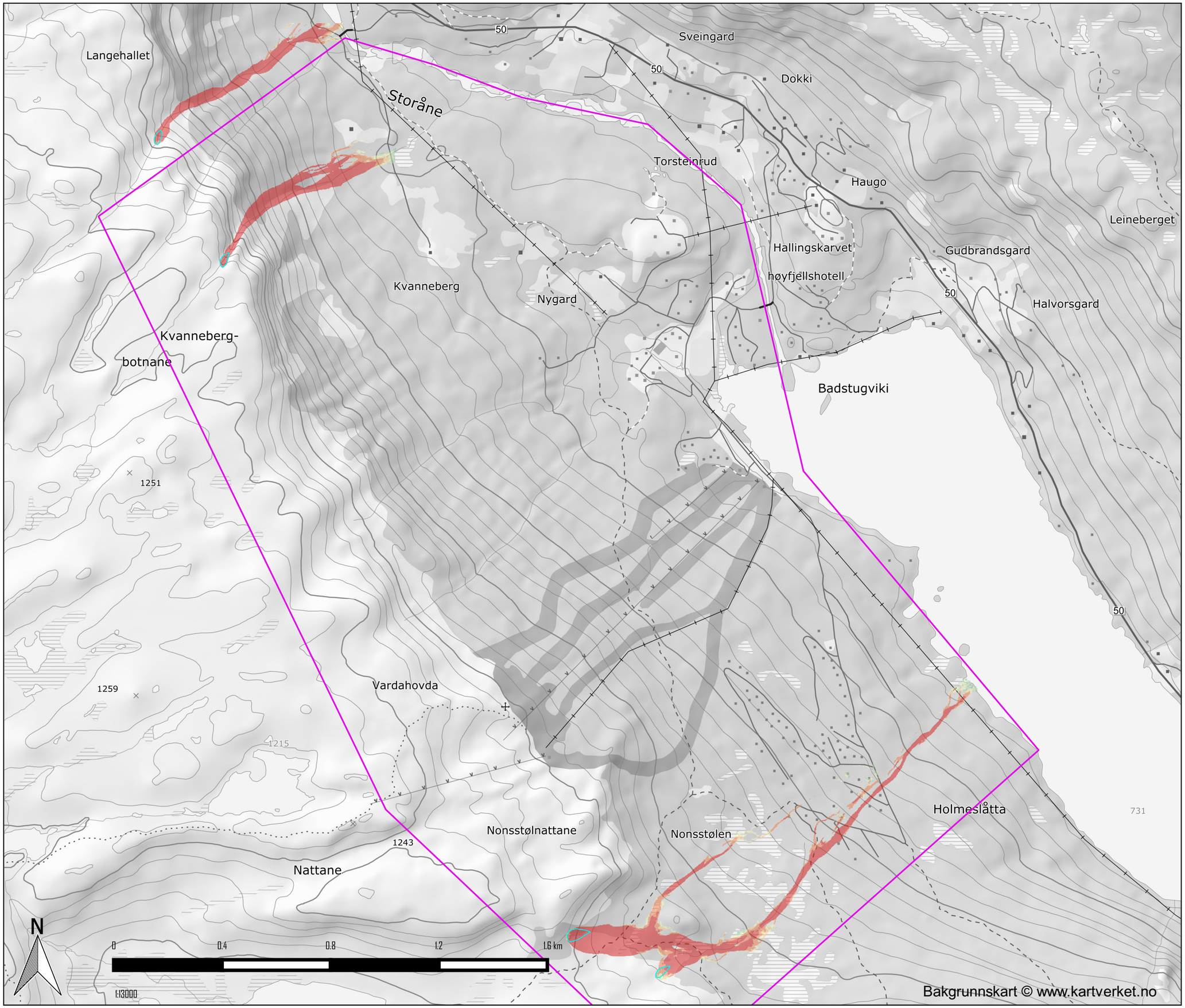


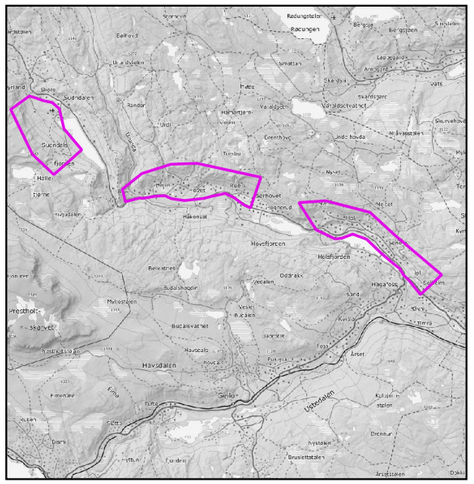
Kartlagt område

Rf3d_Reach_probability (2m3 blokker)

- <= 5
- 5 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 100

SKRED AS	**Kartleggingsområde 3 - Sudndalen** **Vedlegg 3D_2** **Rockyfor3D-resultater (steinsprang)**	
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2019-09-10	**Utarbeidet av:** Andrea Taurisano	**Kontrollert av:** Kalle Kronholm
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune		





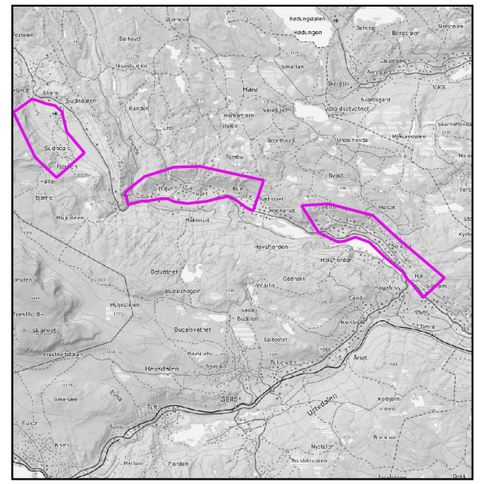
Kartlagt område

Løsneområder sørpeskred

RAMMS sørpeskred, Maks.trykk (kPa)

- <1: Skader ikke sannsynlig
- 1-3: Vinduer og dører kan slås inn
- 3-10: Skader på trehus
- 10-20: Skader på murhus
- 20-30: Skader på betonghus
- 30-60: Skader på forsterket betonghus
- >60: Store ødeleggelser

SKRED AS	**Kartleggingsområde 3 - Sudndalen** **Vedlegg 3D_3** **RAMMS-resultater (sørpeskred)**	
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2019-09-10	**Utarbeidet av:** Andrea Taurisano	**Kontrollert av:** Kalle Kronholm
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune		



Kartlagt område

Faresoner skred i bratt terreng

- Årlig sannsynlighet > 1/100
- Årlig sannsynlighet > 1/1000
- Årlig sannsynlighet > 1/5000

Dimensjonerende skredtype

- Steinsprang
- Snøskred
- Jordskred
- Flomskred
- Sørpeskred

N

0 0.4 0.8 1.2 1.6 km

1:13000

Bakgrunnskart © www.kartverket.no

SKRED AS	**Kartleggingsområde 3 - Sudndalen** **Vedlegg 3E** **Farsoner skred i bratt terreng**	
Oppdrag: Skredfarekartlegging i Hol kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2019-09-10	**Utarbeidet av:** Andrea Taurisano	**Kontrollert av:** Kalle Kronholm
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra Hol kommune		