



RAPPORT

Skredvurdering Grytnes Balestrand

UTREDNING AV SKRED I BRATT TERRENG

DOK.NR. 20250312-01-R

REV.NR. 0 / 2025-06-18

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



Prosjekt

Prosjekttittel: Skredvurdering Grytnes Balestrand
Dokumenttittel: Utredning av skred i bratt terreng
Dokumentnr.: 20250312-01-R
Dato: 2025-06-18
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgivar

Oppdragsgivar: Harald Ulvestad
Kontaktperson:
Kontraktreferanse: Oppdragsbekreftelse signert 07.05.2025 og stadfesting via e-post 08.02.2025.

for NGI

Prosjektleder: Sunniva Skuset
Utarbeida av: Sunniva Skuset
Kontrollert av: Heidi Hefre

Føreord

Plan- og bygningslova (pbl) og Byggteknisk forskrift (TEK 17, kap. 7.3) stiller krav til tryggleik mot naturfare. For reguleringsplan og byggesak/-tiltak, søknadspliktig eller ikkje, må det difor dokumenterast at tilstrekkeleg tryggleik mot skredfare vil bli oppnådd i høve desse tryggleikskrava.

Denne utgreiinga er utført av fagkyndig personell og følgjer NVE sin rettleiar *Sikkerhet mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak¹*, og vil dermed kunne dokumentere om tryggleikskrava er oppfylt.

Skredtypane snø-, jord-, flam-, sørpe-, steinskred og steinsprang er utgreia.

¹ <https://www.nve.no/veileder-skredfareutredning-bratt-terreng>

Samandrag

NGI har på oppdrag frå Harald Ulvestad vurdert skredfare for området Grytnes, Sogndal kommune (Figur 2-1).

Bakgrunnen for oppdraget er at ein ny reguleringsplan for fritidsbustadar ligg innanfor faresoner med gjentaksintervall 1/100 og 1/1000 (steinsprang) og områda tilfredsstillar dermed ikkje dagens krav til å sette opp slike fritidsbustadar (som fell innanfor sikkerheitsklasse S2). Faresonene er utarbeida i ein rapport frå 2014 av NGI på oppdrag for NVE. Ettersom denne rapporten no er over 10 år gamal er oppdragsgjevar tilrådd av NVE at det gjerast ei ny vurdering av området.

Området er i dette oppdraget kartlagt i høve til tryggleiksklassar skildra i TEK17 for skred med gjennomsnittleg årleg nominelt sannsyn på høvesvis 1/100 (S1) og 1/1000 (S2).

Som bakgrunn for vurderingane er det gjennomført synfaring, simuleringar av steinsprang, flaumskred, sørpeskred og snøskred, samt studie av detaljert terrengmodell, nye og historiske flyfoto, tidlegare rapport og historiske hendingar. Synfaring av terrenget i og ovanfor kartleggingsområdet (påverkingsområdet) vart utført av Sunniva Skuset 2025-05-13.

Alle relevante skredtypar i bratt terreng er inkludert i vurderinga; snøskred, steinsprang, steinsprang, jordskred, flaumskred og sørpeskred. Fastsetting av faresonene er basert på innhenta data og samla faglege skjønsmessige vurderingar.

Dominerande faretype i området er steinsprang, som vurdert i 2014, verken snøskred eller flaum-/sørpeskred er vurdert å ha betydning for sikkerheitsklasse S1 eller S2 i kartleggingsområdet. Faresonene for steinsprang er vurdert å ha noko mindre utstrekning enn vurdert i 2014.

Om oppdraget

Oppdragsgjevar:	Harald Ulvestad
Utførande føretak:	Norges Geotekniske Institutt
Skredfareutredning for:	Reguleringsplan, område spesifisert i kartutsnitt
Følgjande tiltak og sikkerheitsklassar er planlagt på eigedomen/planområdet:	S2
Synfaring gjennomført, eventuelt hvorfor ikke:	Ja
Synfaring gjennomført av og når:	Sunniva Skuset, 2025-05-13

Innhald

1	Innleiing	8
1.1	Atterhald	8
2	Områdebeskrivelse	9
2.1	Topografi, geologi	10
2.2	Vegetasjon	14
3	Grunnlagsmateriale	15
3.1	Digitale terrengmodellar (DTM)	15
3.2	Flyfoto	15
3.3	Historiske skredhendingar	15
3.4	Eksisterande sikringstiltak	17
3.5	Skog	17
3.6	Klimatologiske data	19
3.7	Bruk av modellar	22
3.8	Synfaring/registreringskart	23
4	Skredfareutredning per skredtype	24
4.1	Steinsprang	24
4.2	Steinskred	32
4.3	Snøskred	32
4.4	Jordskred	35
4.5	Flaumskred og sørpeskred	35
4.6	Kva er den samla skredfaren?	44
4.7	Avvik frå tidlegare skredfareutgreiingar	45
5	Konklusjon	45
6	Referanser	46

Vedlegg

Vedlegg A	Modellbeskrivelser
Vedlegg B	Egenerklæringsskjema

Kontroll- og referanseside

1 Innleiing

NGI har på oppdrag fra Harald Ulvestad vurdert skredfare for området Grytnes, Sogndal kommune (Figur 2-1). Området/tomta ligger på austsida av Vetlefjorden, nord for Balestrand.

Bakgrunnen for oppdraget er at område på Grytnes er sett av til fritidsbustadar og det skal utarbeidast ein reguleringsplan for å kunne dele opp tomter og få bygd. Delar av denne reguleringsplanen ligg innanfor faresoner med gjentakintervall 1/100 og 1/1000 (steinsprang) og områda tilfredsstiller dermed ikkje dagens krav til bygg i klasse S1 og S2. Fritidsbustadar kjem i klasse S2.

Rapporten som skildrar utarbeiding av faresonene er laga i 2014 av NGI på oppdrag for NVE (NGI, 2014). Ettersom denne rapporten no er over 10 år gamal er oppdragsgjevar tilrådd av NVE at det gjerast ei ny vurdering av området.

Området er kartlagt i høve til tryggleiksklassar skildra i TEK17 dvs. for skred med gjennomsnittleg årleg nominelt sannsyn på høvesvis 1/100 (S1) og 1/1000 (S2).

Som bakgrunn for vurderingane er det gjennomført synfaring, simuleringar av steinsprang, flaumskred, sørpeskred og snøskred, samt studie av detaljert terrengmodell, nye og historiske flyfoto, tidlegare rapport og historiske hendingar. Synfaring av terrenget i og ovanfor kartleggingsområdet (påverkingsområdet) vart utført av Sunniva Skuset 2025-05-13.

Alle relevante skredtypar i bratt terreng er inkludert i vurderinga; snøskred, steinsprang, jordskred, flaumskred og sørpeskred. Fastsetting av faresonene er basert på innhenta data og samla faglege skjønnsmessige vurderingar.

1.1 Atterhald

Vurderinga er gjort på bakgrunn av dagens terreng- og vegetasjonsforhold. Klimaendringar og menneskelege inngrep i terreng og vegetasjon i det tilgrensande området til kartleggingsområdet, for eksempel etablering av skogsveg, snauhogst og skogplanting, kan endre føresetnadane for vurderingane. Dette gjeld særleg i områder brattare enn 30°.

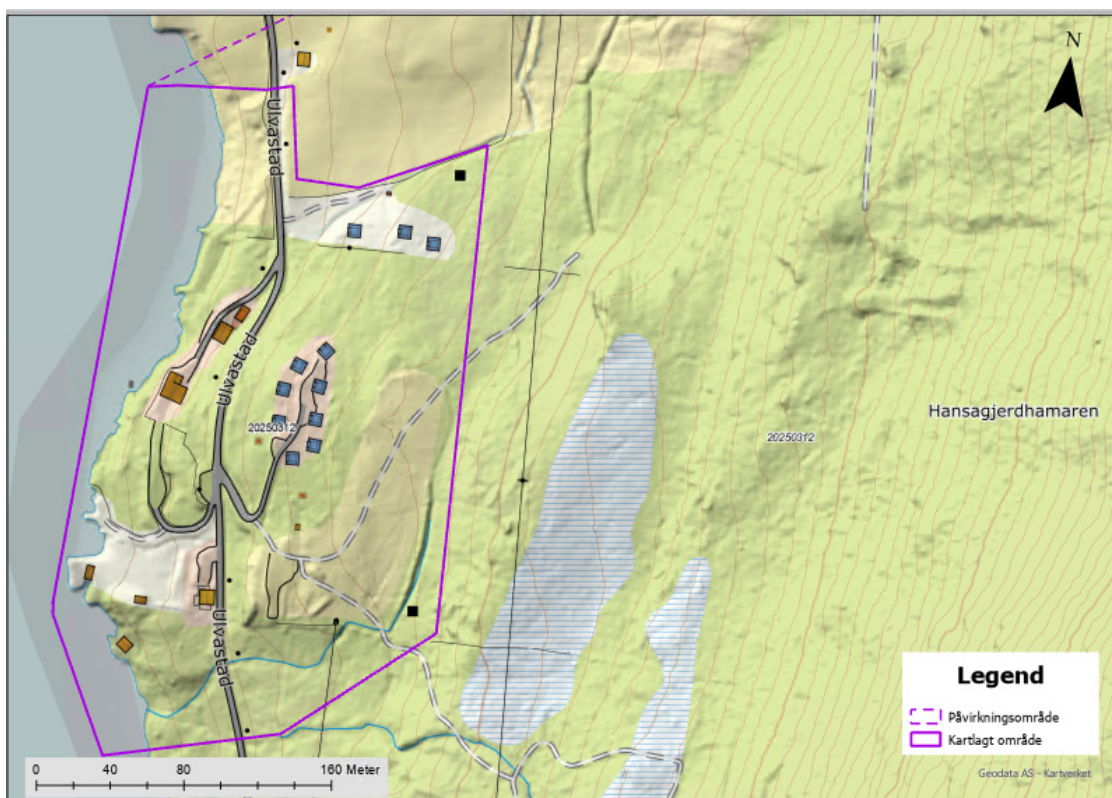
Metodikken for å bestemme skredfaresoner omfattar til dels kvalitative vurderingar i tillegg til kvantitative berekningsmetodar og kan generelt ikkje oppfattast som endelege, men kan bli endra i lys av nye opplysingar og kunnskap.

2 Områdebeskrivelse

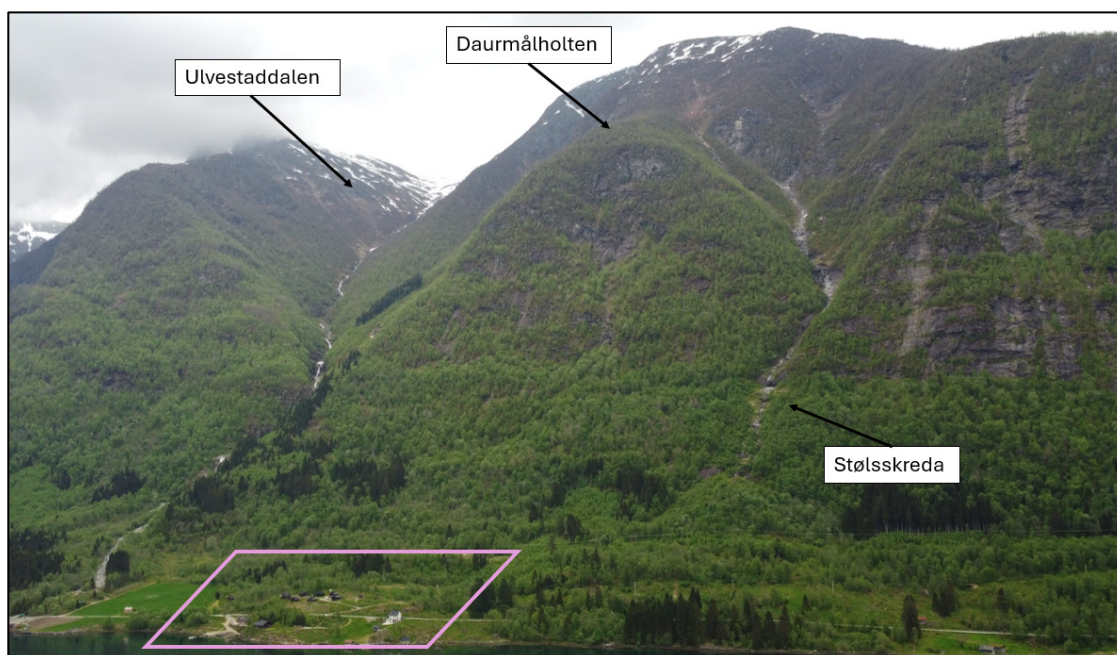
Området ligg langs austsida av Vetlefjorden, eit par km sør for fjordbotn. Vetlefjorden ligg nord for Balestrand, i Sogndal kommune, og er ein parallell fjord til Fjærlandsfjorden. Kartleggingsområdet er ca. 0,1 km², og ligg om lag 10-30 moh. Busetnaden består hovudsakeleg av fritidsbustadar som ligg på oversida av FV 5606. Kartleggingsområdet ligg på eit lite nes, Grytnes, som er relativt flatt men heller svakt ned mot fjorden. Det er litt vegetasjon der, i form av lauvskog primært, og elles små hagar rundt hyttene.

Påverkingsområdet er ei bratt vestvendt side rett aust. Nord og sør for denne fjellsida ligg der to dalsøkk/gjel.

Oversiktskart er vist i Figur 2-1 og oversiktsbilete i Figur 2-2.



Figur 2-1 Oversikt over kartleggingsområdet.



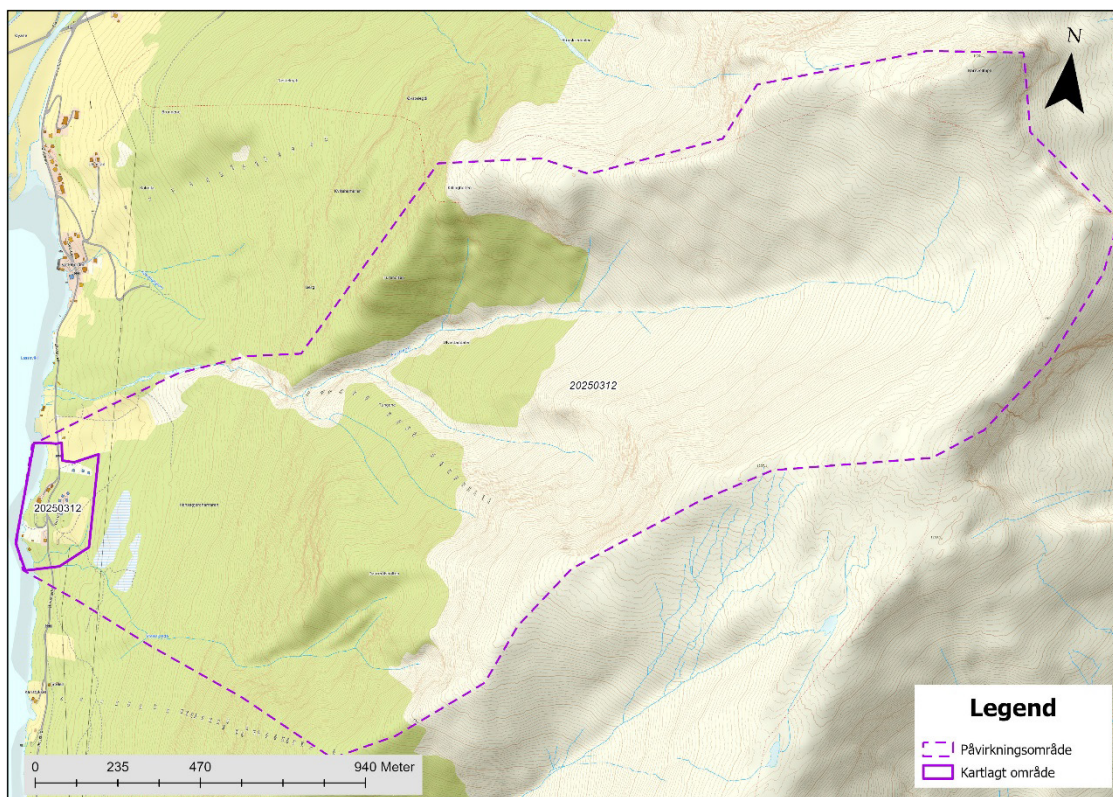
Figur 2-2 Oversiktsbilde over Grytnes, med nokre viktige stadsnamn brukt i rapporten samt kartleggingsområde i lilla.

2.1 Topografi, geologi

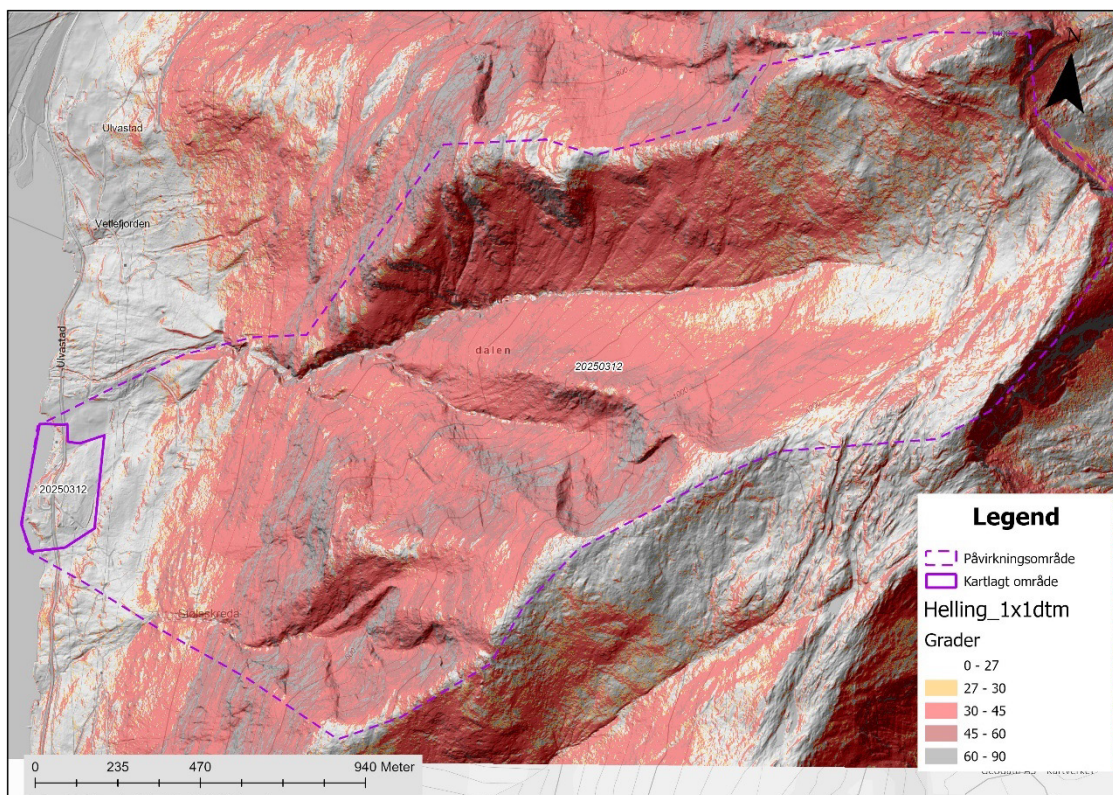
Kartleggingsområdet er omtrent 0,1 km² og ligg nede ved austsida av Vetlefjorden ved Balestrand. Området består i hovudsak på ei liten konveks formasjon, under 20 grader helling. Lengst nord og sør går terrenget inn i søkk. Området er lett vegetert og noko hage rundt hyttene.

Påverkingsområdet er ei bratt vestvendt fjellside opp mot Daurmålsholten på om lag 700 moh. (Figur 2-3). Fjellsida blir gradvis brattare, frå 20-30 grader frå og med 100 moh., til over 60 grader i toppen. Sør for Daurmålsholten ligg det ein konkav formasjon med fleire bratte skåler, 37-60 grader, opp til 950 moh. Nord for Daurmålsholten ligg Ulevstaddalen, med Harevollnipa i nord (1400 moh), Bjørnaeggi i aust (ca. 1300 moh.) og ein ikkje namngitt topp i sør (1299 moh). Mellom toppane er det ei stor skål med helling frå 20-45 grader, brattast i nedre del mot utløpet. Det er også fleire brattare nordvendte skåler i dalformasjonen.

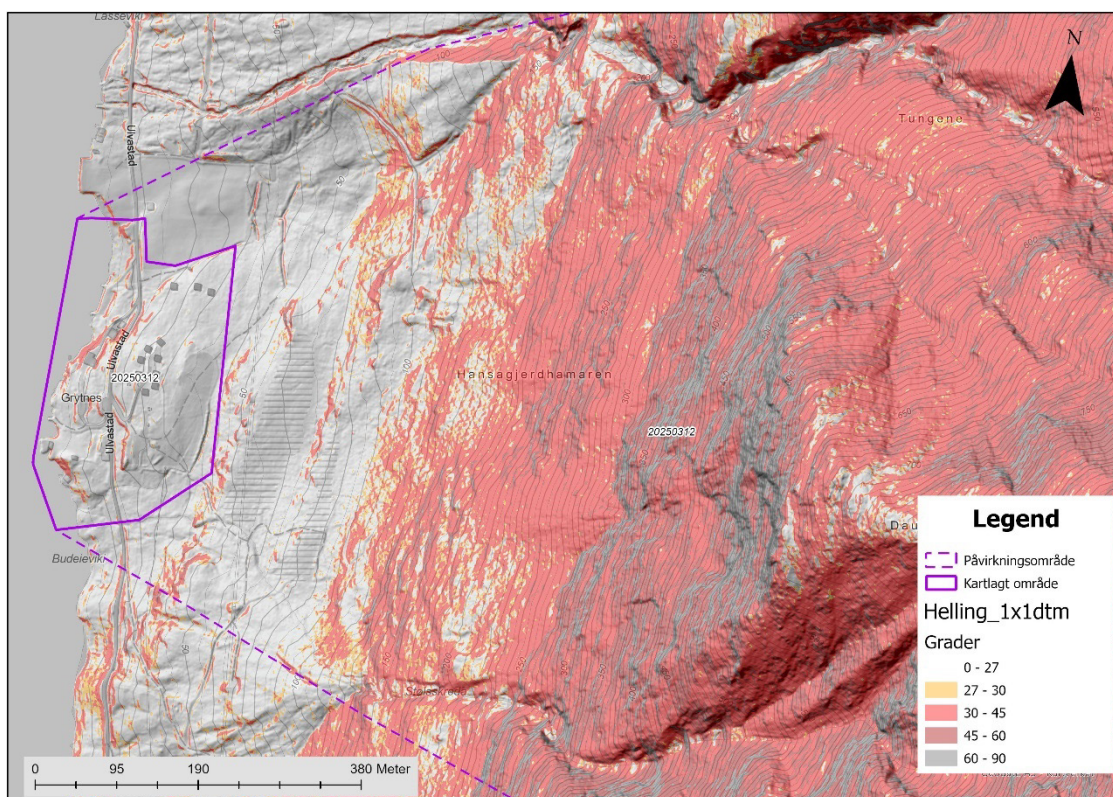
Ut i frå begge gjela, nord og sør for Daurmålsholten, kjem det vifter, ei litt brattare ut frå Stølskreda, og ei slakare ut i frå Ulvestaddalen. Hellingskart er vist i Figur 2-4 og Figur 2-5.



Figur 2-3 Oversiktskart kartleggingsområde og heile påverkingsområdet.

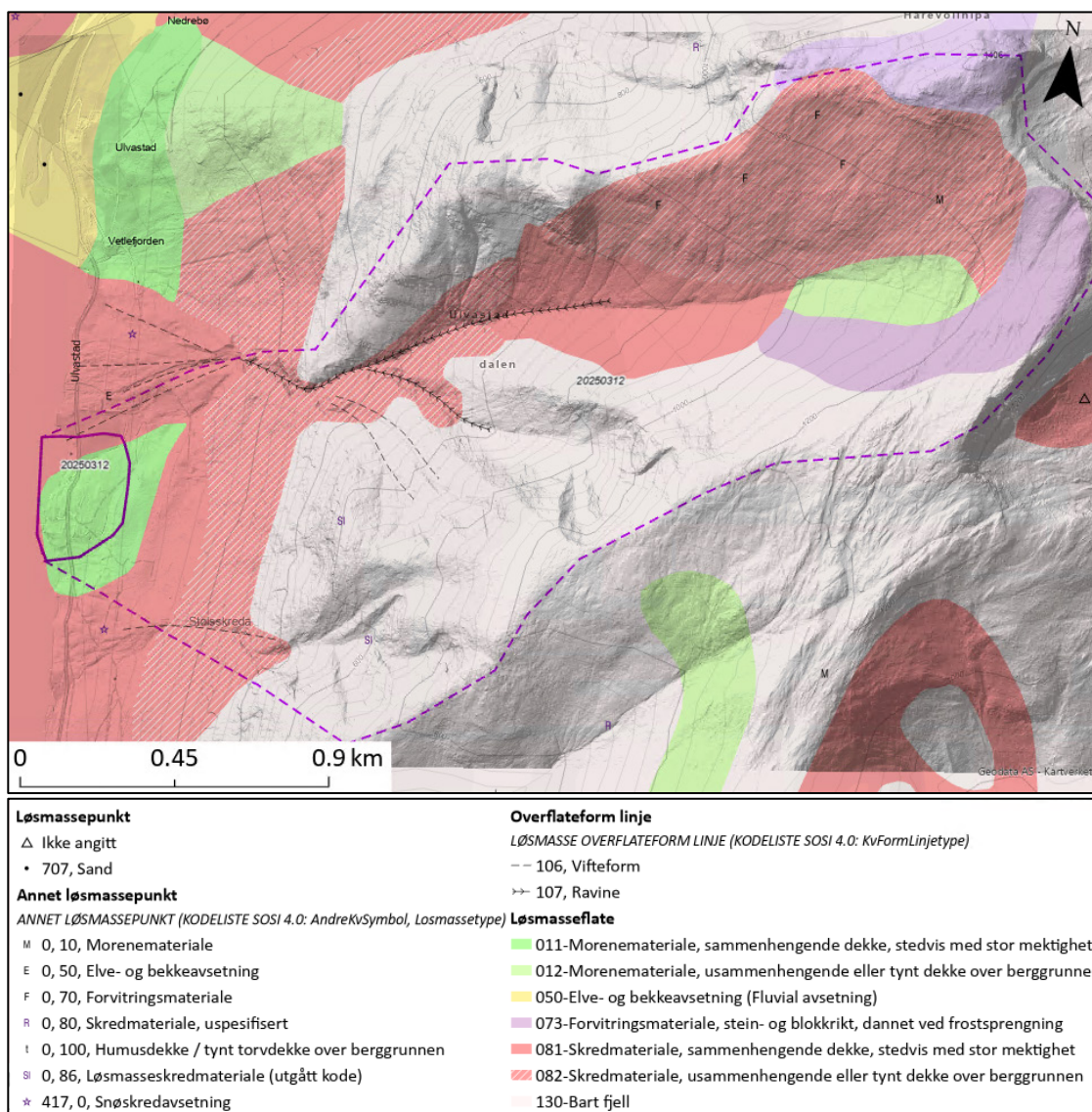


Figur 2-4 Hellingskart, oversikt. Raude/oransje områder er bratte nok for utløsning av snøskred (med mindre dei er skogdekt), mørkeraude/grå områder er bratte nok for utløsning av steinsprang.



Figur 2-5 Hellingskart, mindre utsnitt. Raude/oransje områder er bratte nok for utløysing av snøskred (med mindre dei er skogdekt), mørkerøde/grå områder er bratte nok for utløysing av steinsprang.

Berggrunnskart frå NGU (målestokk 1:250 000) viser at området består av migmatitt (gneis). Lausmassekarta frå NGU (målestokk 1:50 000) viser morenemateriale i hele kartleggingsområdet. Over og nord/sør for kartleggingsområdet er det registrert skredavsetningar, og over omtrent 3-400 moh. er det bart fjell. I Ulvestaddalen er det i stor grad skredmaterial, samt et område med morene og forvittringsmateriale. Elles er det registrert bart fjell. Ut i frå Ulvestaddalen er det markert ravinar, som tyder på nedskjering i bakken frå skredaktivitet og/eller meir vassrelaterte prosessar. Lenger nede, på vifta er det registrert snøskredavsetningar. Dette gjeld også ut i frå gjelet ved Stølsskreda (Figur 2-6).



Figur 2-6 Lausmassekart frå NGU (målestokk 1:50 000).

2.2 Vegetasjon

NIBIO sitt AR5 datasett viser at fjellsida primært består av lauvskog, og enkelte områder med barskog. Noko som stemmer med observasjonar i felt. Nedre del av fjellsida er vidare registrert som «produktiv skog». Dette ser ikkje ut til å vere tilfelle.

3 Grunnlagsmateriale

3.1 Digitale terrengmodellar (DTM)

Som grunnlag for terrenganalysar i denne rapporten er det nytta nasjonal høgdemodell 1 m oppløysing. Terrengmodellen er laga basert på LiDAR data frå siste oppdatering. Detaljerte helling- og skuggekart er generert på bakgrunn frå terrengmodellen, og nytta i vidare analysar. Skuggekart gir eit relieffkart av terrenget som blir brukt for geomorfologisk kartlegging, for å identifisere urer, lausmassevifter, andre skredavsetningar, og avgrense skredbaner, utløysingsområder, osb.

3.2 Flyfoto

Det finnst historiske flyfoto for området frå 1966, 1972, 1981, 2006, 2010, 2017, 2018 og 2024 (Norgebilder.no). Desse er gjennomgått for å sjå på mellom anna vegetasjonsforhold og spor etter skredhendingar.

3.3 Historiske skredhendingar

I skreddatabasen er det registrert nokon skredhendingar nord for, men ikkje i sjølve, registreringsområdet, sjå Tabell 3-1. Lenger sør, mellom Kyrkjeteigen og Meneset, er det svært mange registreringar. Dette dreiar seg mest om snøskred, steinsprang men også enkelte jordskred. Antakelegvis er nokre av desse også sørpeskred. Ettersom ein openbert har mange registreringar i området, kan dette indikere at underrapportering moglegvis ikkje er eit problem i kart- og påverkjingsområdet, og at mindre skredaktivitet i kartleggingsområdet er reelt.

I NGI (2014) er det notert ned ein del hendingar i Vettlefjorddalen. Dette er hovudsakeleg knytt til snøskred og sørpeskred, men også enkelte jordskred og fjellskred. Området ved Balestrand har hatt ein del sørpeskred, som viser at dette er ein aktuell prosess her, t.d. mange skred i 1928 og eitt i 2011 som tok livet av to personar i hus. I rapporten er det nemnt eit snøskred med ein omkome på garden Ulvestad (1864), akkurat kvar skredet har gått er uvisst, men det er det som kjem nærast kartleggingsområdet i føreliggande rapport.

Hytteigar (brukt store delar av sommaren på hytta siste 3 år) kunne fortelje at ho ikkje hadde høyrte nokre andre skredhendingar enn eitt steinsprang vest for gjelet ved Stølsskreda (i 2024).

Tabell 3-1 Skredhendinger i nærleiken av kartleggingsområdet (skredregistrering.no).

Skredtype	Sted	Tidspunkt	Kommentar
Jordskred	Utløp Ulvastaddalen	16.12.2023	Jord/løsmasse på FV5606 løsnet fra fjell/dalside >200m. Anslått skredvolum på veg: <100m ³ . Blokkert veglengde: 50-100m. Stengt for all trafikk på FV5606 mellom 01.01.0001 kl. 00:00 og 01.01.0001 kl. 00:00. Kilde: Ikke gitt. Kompetansenivå: Helt ukjent kompetanse.
Sørpeskred	Utløp Ulvastaddalen	16.12.2023	Sørpeskred i Ulvastaddalen, Balestrand. Registrert i RegObs "Sørpeskred gikk i fylkesveg og ut i fjorden på ettermiddagen den 16. desember. Nøyaktig tidspunkt er usikkert. Trolig startet som flakskred i høyden opp mot Harevollnipa når mildvær gikk opp i høyden. Observerte mye is i bekkeløp/forsenking i skredløpet, men så ikke løснеområder på grunn av tåke". Ukjent løsnepunkt og lengde på skredbane. Farevarsel fra NVE (16.12.23): Sørpeskred: oransje (3) varsel. Det er utført en kvalitetskontroll av denne skredhendelsen.
Steinsprang (under ~100 m ³)	Utløp Ulvastaddalen	31.10.2024	Stein på FV5606 løsnet fra fjell/dalside 50-200m. Anslått skredvolum på veg: <100m ³ . Blokkert veglengde: 10-50m. Stengt for all trafikk på FV5606 mellom 31.10.2024 kl. 10:03 og 01.01.0001 kl. 00:00.
Steinsprang (under ~100 m ³)	Utløp Ulvastaddalen	23.10.2023	Stein på FV5606 løsnet fra fjell/dalside 50-200m. Anslått skredvolum på veg: <100m ³ . Blokkert veglengde: Kun i grøft.

Gjennomgang av historiske flyfoto viser nokre få teikn til skredaktivitet i gjela ved Stølsskreda og Ulvestaddalen (Figur 3-1).



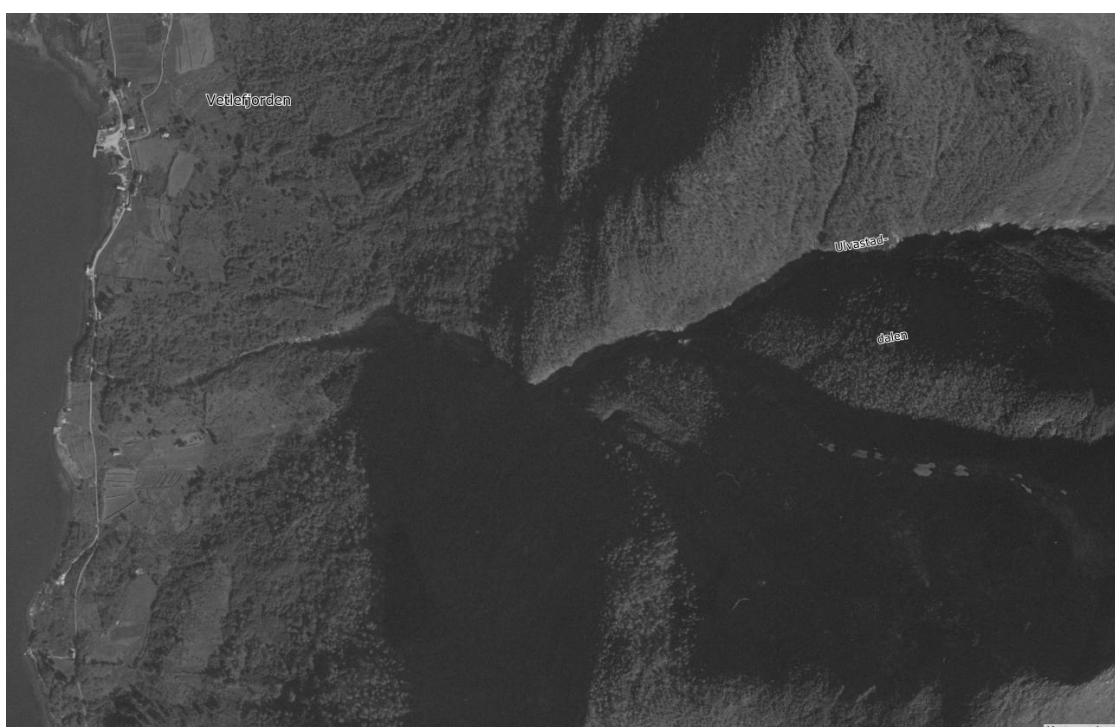
Figur 3-1 Avsetning etter mindre skred frå gjelet ved Stølsskreda.

3.4 Eksisterende sikringstiltak

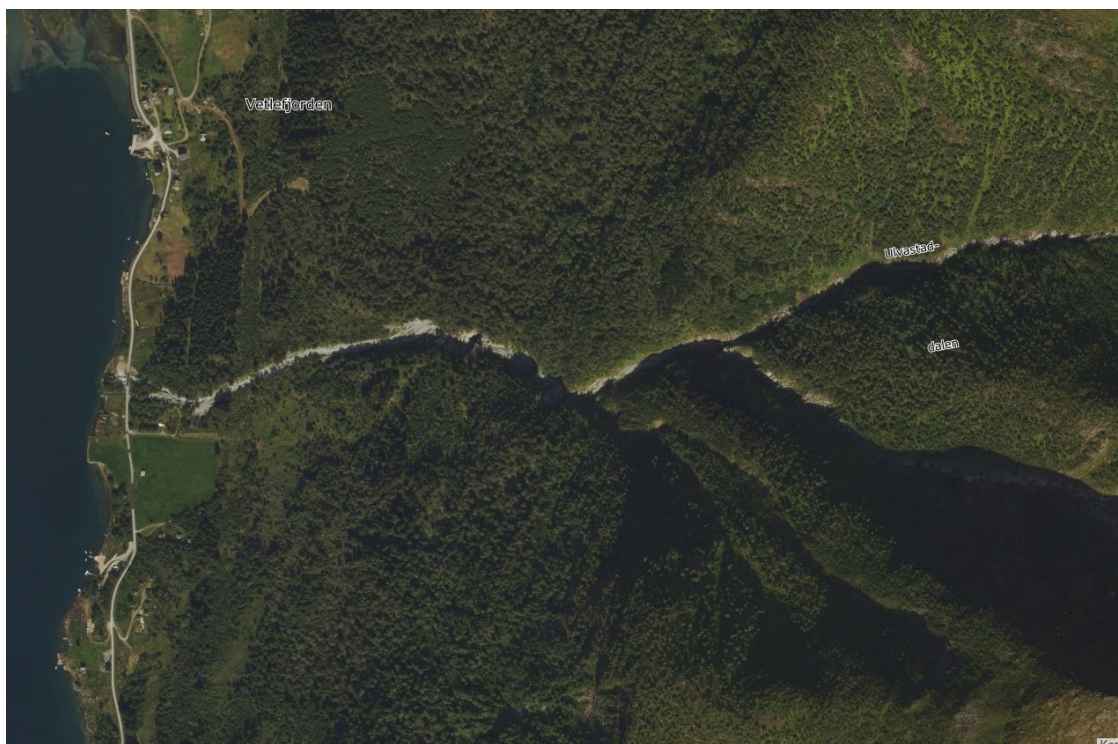
Det er ikkje registrert sikringstiltak i NVE Atlas, og ikkje funne tiltak under synfaringa.

3.5 Skog

Gjennomgang av historiske flyfoto viser at vegetasjonsforholda på 60-70-talet ikkje var så ulikt slik det er i dag. Med unntak av nede i fjellsida, der det kan sjå ut til at det var meir dyrka mark tidlegare (Figur 3-2 og Figur 3-3).



Figur 3-2 Flyfoto 1972 (Norgebilder.no).



Figur 3-3 Flyfoto 2024 (Norgebilder.no).

Figur 3-5 til Figur 3-6 viser vegetasjonsforhold under feltarbeidet 2025-05-13.



Figur 3-4 Vegetasjonsforhold under feltarbeid 2025-05-13.



Figur 3-5 Vegetasjonsforhold under feltarbeid 2025-05-13.



Figur 3-6 Vegetasjonsforhold under feltarbeid 2025-05-13.

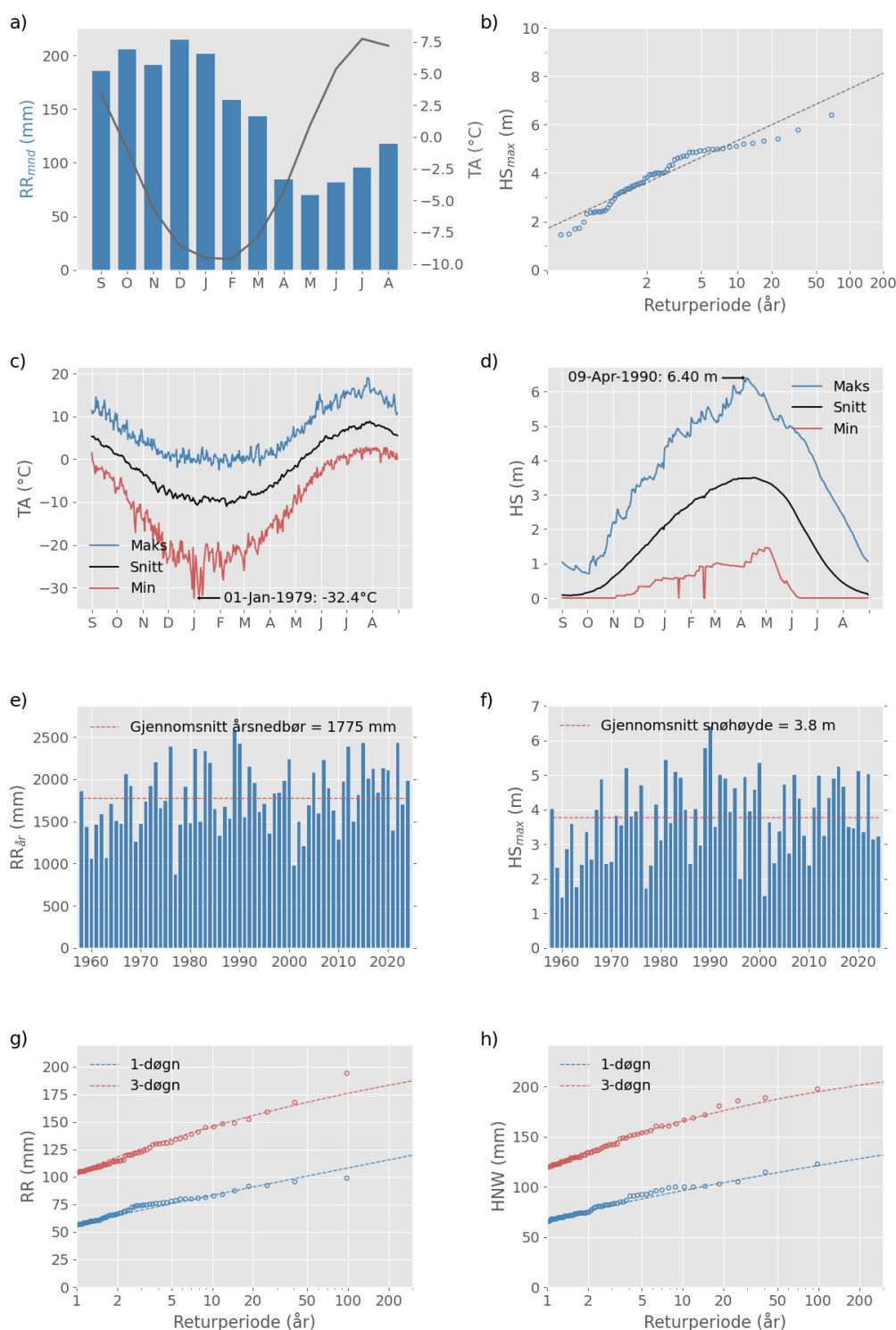
3.6 Klimatologiske data

Interpolerte klimadata frå SeNorge-datasettet (Lussana et al., 2016; Saloranta, 2014) for normalperioden 1991 - 2020 viser at normal årsnedbør i det undersøkte området er ca. 1715 mm, der ca. 632 mm kjem om vinteren (DJF). Årsmiddeltemperatur i området er -1.7 °C og døgnmiddeltemperaturen varierer normalt frå -22.0 °C til 13.9 °C. Gjennomsnittleg årsmaksimal snøhøgde er 381 cm og maksimal snøhøgde siste 60 år er 640 cm (Figur 3-7).

Ved å bruke dei maksimale nedbør- og snøhøgdeverdiene i dei interpolerte dataene kan ein estimere forventa 1000-års nedbør og 300-års snøhøgde for området. I dette området er 300-års snøhøgde berekna å vere 6.5 meter, og 1000-års nedbør 124 mm/døgn (basert på Dyrødal A.). Dette er estimat basert på korte observasjonsperiodar og statistiske usikkerheiter.

Klimaframskrivingar (Hanssen-Bauer et al., 2015) for Norges fastland fram mot år 2100 viser at ein kan forvente ei auke i nedbørsmengdene på mellom 13 % (scenario 1, RCP 4.5) og 23 % (scenario 2, RCP 8.5). Aukinga om vinteren er høvesvis 8 % og 24 % for dei to scenarioa. Temperaturen vil auke med mellom 2.6 °C og 4.2 °C. Dette har også ein effekt på snødekket, som er forventa å minke med mellom 53 % og 74 %. Tal dagar med snø på bakken er venta å bli redusert med høvesvis 96 og 157 dagar for dei to scenarioa.

Endringa er relativt til referanseperioden 1971-2000. Høgde på valt gridcelle er 1285 moh.



UTM33 51717E, 6825613N, 1285moh

Figur 3-7 a) Månedsnedbør og -lufttemperatur, b) returverdiar (gumbelfordeling) for årleg maks snøhøgde. Dagleg minimum, maksimum og gjennomsnittleg lufttemperatur (c) og snøhøgde (d). Tidsseriar av årsnedbør (e) og årleg maks snøhøgde (f). Returverdiar (peak over threshold) for 1- og 3-døgns nedbør (g) og nysnøtilvekst (h). Dataperiode: 1958 – dagens dato. Gjennomsnitt er berekna over heile perioden.

3.6.1 Vinndata

Vinndata er henta frå NGI (2014) då det antakelegvis ikkje er store endringar i dette sidan rapporten var skriven.

Her er det brukt målestasjonane 55290 Sognefjell, 57170 Førde og 55820 Fjærland Bremuseet. Nedbør og vind i området er sterkt prega av retninga til fjorden, og nærleiken til breen. Det er skildra at målestasjonane i Førde og Fjærland er såpass påverka av korleis dalane fører vinden, at dei ikkje eignar seg så godt å bruke. Målestasjonen på Sognefjellet viser tydeleg at nedbør frå vestleg sektor gir dei største nedbørsmengdene (NGI, 2014).

3.7 Bruk av modellar

Berekningsmodellar er eit viktig supplement når endeleg plassering av faregrensene skal avgjerast. Viktigaste kjelde til fastsetting av faregrenser vil vere fagleg skjønn basert på erfaring og observasjonar gjort under synfaringa og opplysningar om tidlegare skredhendingar. Modellkøyningar vil vere eit hjelpemiddel for å vurdere om det er behov for justering av grensene.

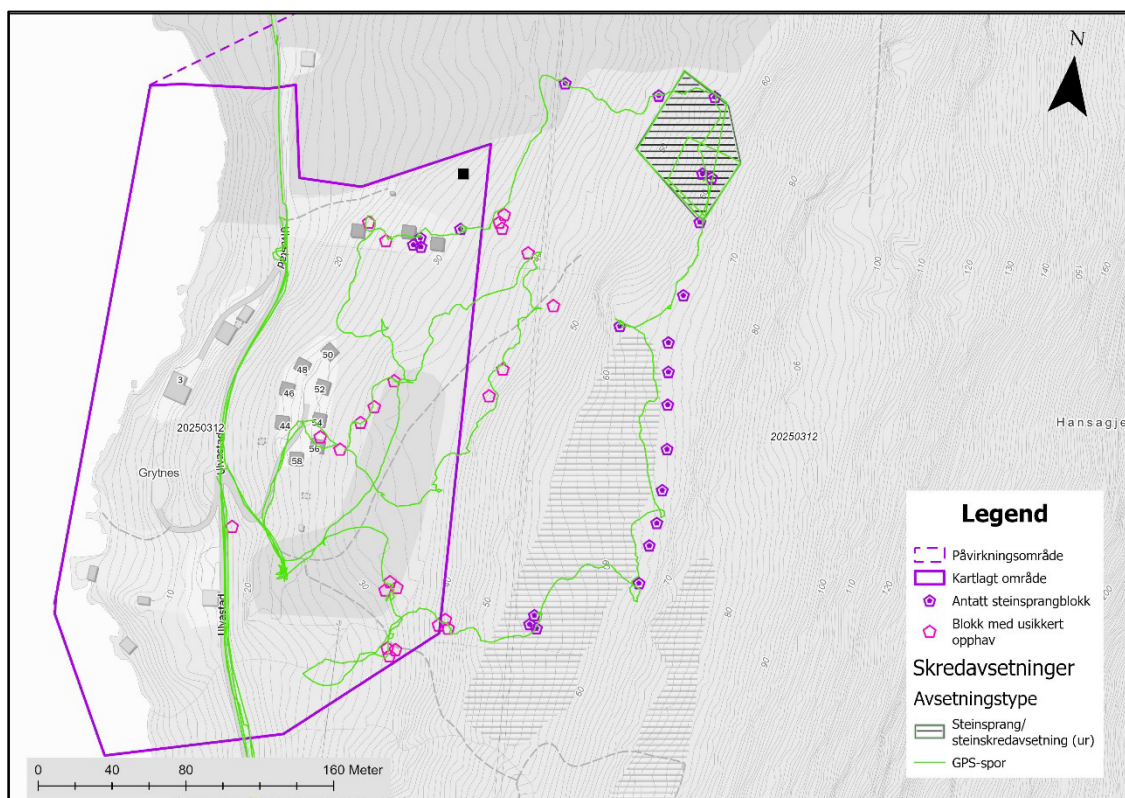
Nytta modellar er angitt i Tabell 3-2. Beskrivelse av modellane er gitt i Vedlegg A.

Tabell 3-2 Oversikt over modellverktøy brukt for skredsimuleringar i denne rapporten.

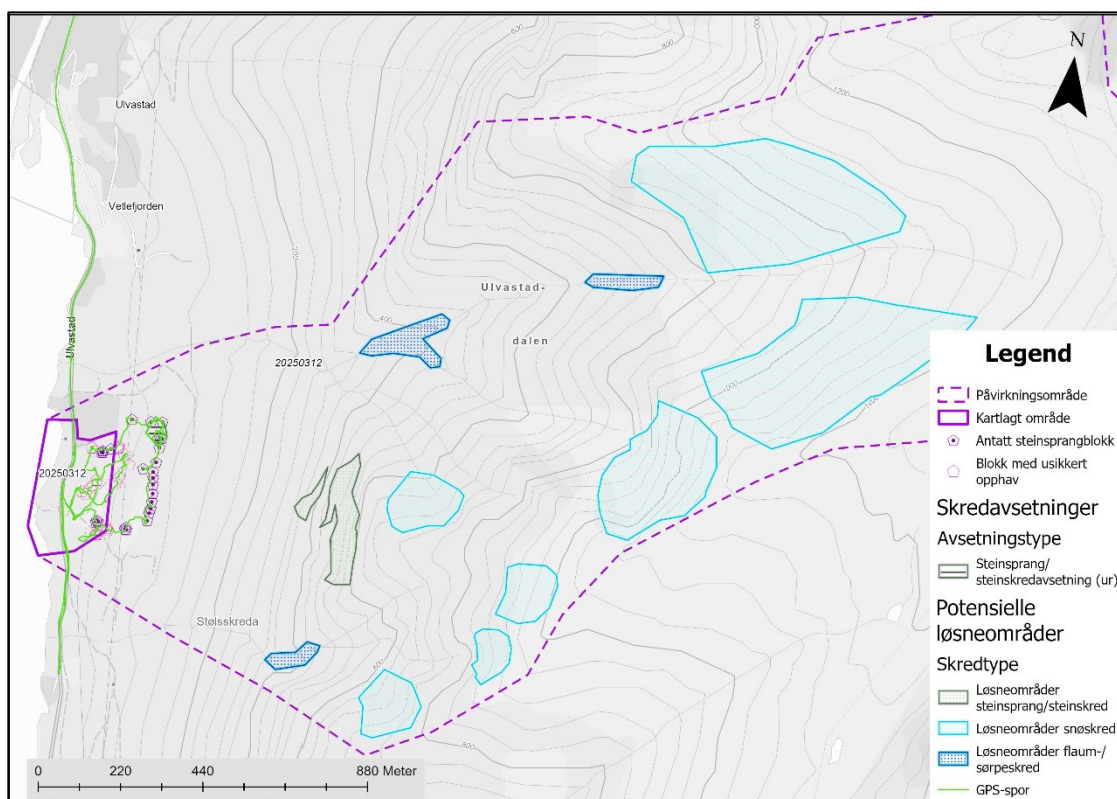
Skredtype	Dynamiske modeller	Topografiske/statistiske modeller	Oppløysing DTM
Snøskred	RAMMS Avalanche		5x5
Steinsprangev	Rockyfor3D	Forhold mellom maks. utløp og løsnepunkt, topp ur og høyde av fjellside	2x2 og 5x5
Flomskred	RAMMS Debris Flow		2x2
Sørpeskred	RAMMS Debris Flow		2x2

3.8 Synfaring/registreringskart

Synfaring vart gjennomført av Sunniva Skuset den 2025-05-13. Figur 3-8 og Figur 3-9 viser registreringskart, som oppsummerar relevante funn i felt.



Figur 3-8 Registreringskart med fokus på kartleggingsområdet.



Figur 3-9 Registreringskart, med heile påverkningsområdet.

4 Skredfareutredning per skredtype

4.1 Steinsprang

4.1.1 Er steinsprang ein aktuell prosess i påverkingsområdet?

I påverkingsområdet er det ei bratt fjellside, Hansagjerdhammaren, under Daurmålsholten, med fleire parti over 45 grader med bart fjell. Steinsprang er ein aktuell prosess i området.

4.1.2 Utgreiing av utløysingsområde og utløysingssannsyn

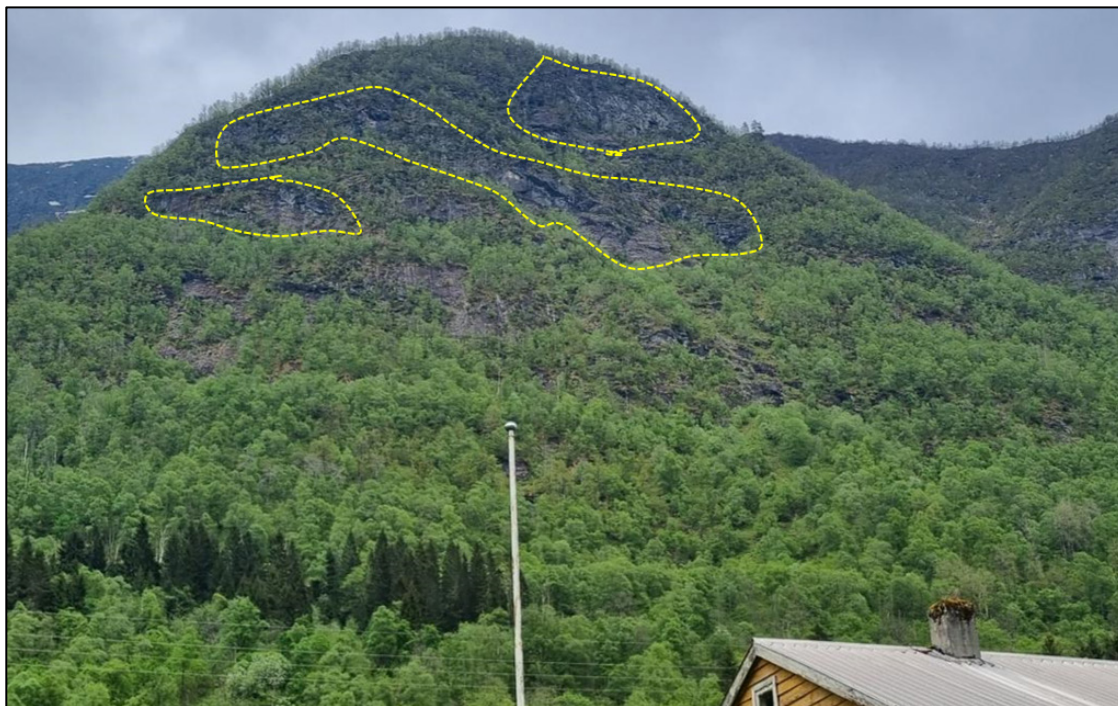
Figur 4-1 viser grovt innteikna aktuelle utløysingsområder for steinsprang i gult, kalt Hansagjerddammaren. I kvitt er det markert to spor etter steinsprang, mogleg noko medrivning av jord. I følge hytteeigar gjekk eitt av desse i fjor (2024). Desse er utanfor påverkningsområdet.

I nedre del av Hansagjerdhammaren verkar fjellet å vere relativt kompakt, utan tydelege sprekkeplan. Vi meiner difor at utløysingssannsynet er svært lågt. I midtre og øvre del er det meir oppsprekking, og ser difor på desse som mest relevante i denne samanheng

(Figur 4-2). Sprekkesystema i midtre del gir antakelegvis litt større blokker, medan i øvre del er det mogleg med noko mindre blokker. Det er ikkje tydelege teikn til store nylege utfall (større lyse områder), men studie med kikert viste at der er ein del mindre områder med skarpe kantar, som tyder på relativt nylege utfall. Det vart ikkje funne nokon ferske steinsprangblokker i terrenget som vart synfart.



Figur 4-1 Aktuelle utløysingsområder for steinsprang markert i gult. Kartleggingsområde grovt innteikna med lilla. Kvit markering viser spor etter to steinsprang.



Figur 4-2 Mest relevante utløysingsområder for steinsprang.

Under feltarbeidet vart det ikkje funne nokon ferske utfall, det er heller ingen tydeleg ur å sjå. Det ligg ein god del antatte steinsprangblokker i påverkings- og kartleggingsområdet (sjå registreringskart Figur 3-8), desse er dekkja med mose, sjå eksempel i Figur 4-3 og Figur 4-4. Mose kan etablerast i løpet av relativt kort tid, men fråvær av aktiv ur viser også til sjeldnare utfall. Ein del av blokkene er såpass avrunda at dei også kan stamme frå morene (t.d. Figur 4-5). Samla sett vurderer vi på at steinsprang ikkje er ein aktiv og hyppig prosess. Fråvær av ur og nylege hendingar tyder på at utløysings-sannsynet for utløysingsområda er lågare enn 1/100, men vurderast å vere høgare enn 1/1000.



Figur 4-3 Eksempel på typisk gjengrodde/mosedekte blokker.



Figur 4-4 Eksempel på typisk gjengrodde/mosedekte blokker.



Figur 4-5 Eksempel på typisk mosegrodd blokk, noko avrunda.

4.1.3 Utgreiing av utløp

Under feltarbeidet vart det funne blokker relativt langt ned i terrenget (sjå registreringskart). Mange blokker er i størrelsesorden 5-10 m³. Dei fleste er rektangulære eller litt skiveforma. I nordaustleg retning for kartleggingsområdet vart det funne større ansamlingar av blokker, truleg gamal ur.

Tett vegetasjon gjorde det noko vanskeleg å få oversikt over om ur var til stade under dei bratte skrentane, men samtidig vitnar vegetasjonsdekket om mindre hyppige utfall.

Som nemnt tidlegare kan ein ikkje garantere at alle desse blokkene kjem frå steinsprangaktivitet, grunna avrunda form. Det er likevel enkelte relativt sikre steinsprangblokker, for eksempel dei som ligg ved dei øvste hyttene lengst nord (Figur 4-6 og Figur 4-7). Desse blokkene har dimensjonar (d1-d2-d3) mellom 150x120x100 cm til 190x180x180 cm (ca. 1-3 m³). Elles ligg dei fleste sikre steinsprangblokkene på oppsida av den myrete flata ovanfor hyttene. Plassering av desse ulike blokkene visast i registreringskart.

Det er antatt at større blokker er knytt til lågare returperiode enn relevant i dette oppdraget.



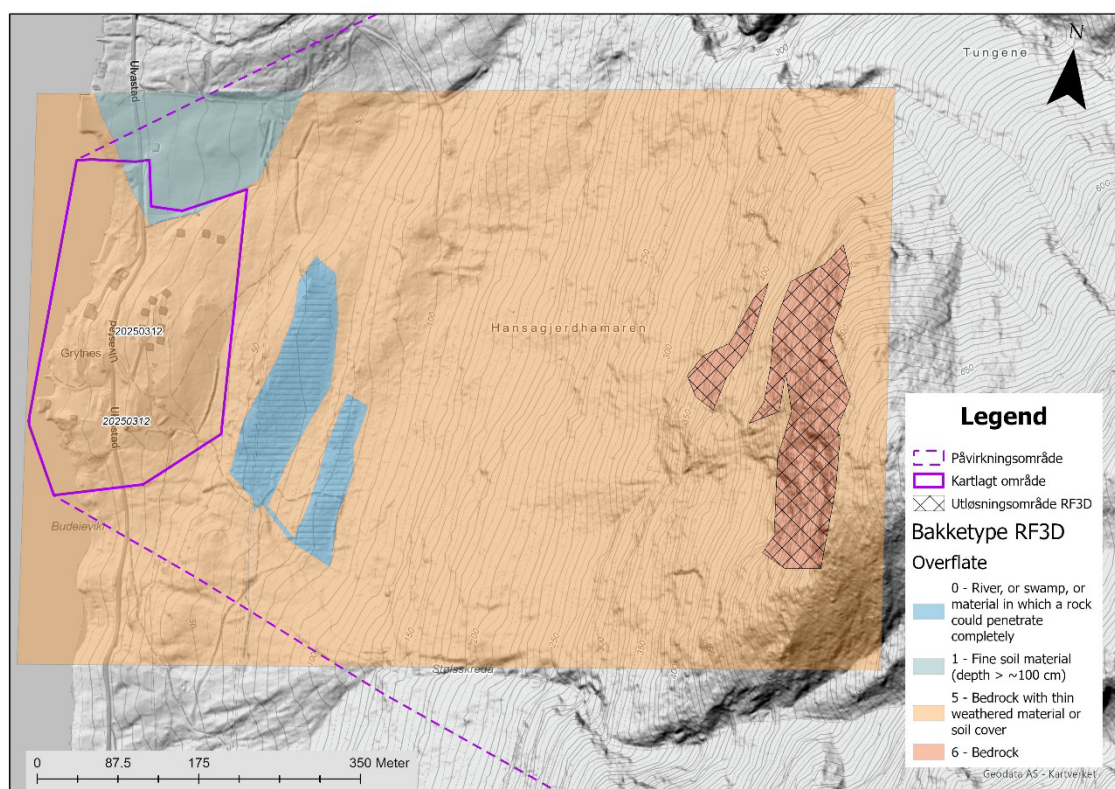
Figur 4-6 Steinsprangblokk (ca. 3 m³) ved øvste hytte lengst nord.



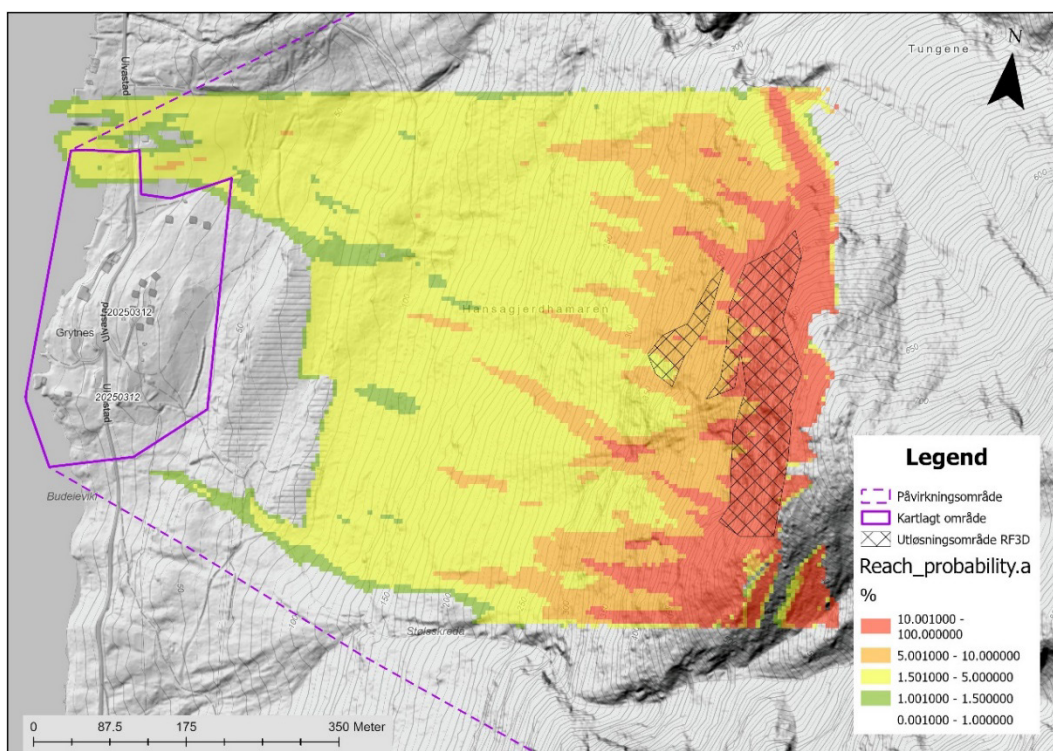
Figur 4-7 Plassering av steinsprangblokker (ca. 3 m³) rundt hyttene lengst nord.

Som supplement til vurderingane er det gjort ei simulering med RockyFor3D (RF3D). Til simuleringa er det nytta blokkstorleik $4,7 \text{ m}^3$ ($2,5 \times 2,0 \times 1,8 \text{ m}$) og bakketypar som vist i Figur 4-8. Det vart simulert 1000 blokker frå kvar celle, utan ekstra fallhøgde.

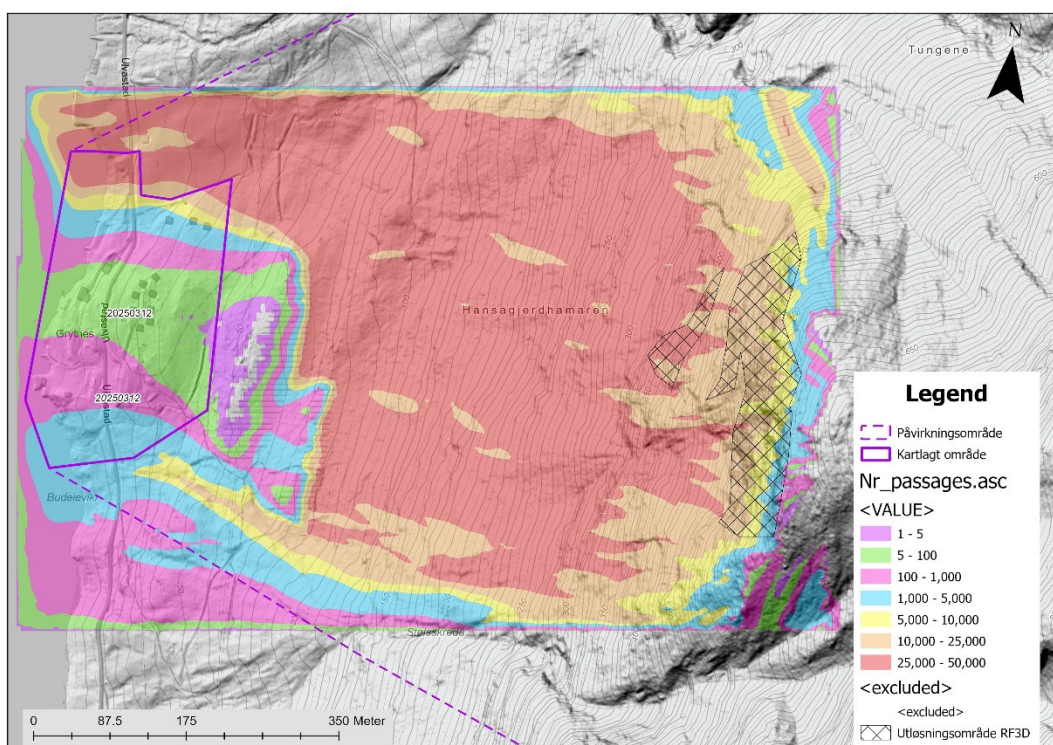
Resultat av slike simuleringar kan ikkje nyttast direkte, men hjelper å tolke hovudtrekk på aktuelle steinsprangbaner og utløp, saman med observasjonar i felt og andre vurderingar. Figur 4-9 og Figur 4-10 viser eksempel på resultat frå simuleringa, og stemmer dels godt med observasjonar i felt.



Figur 4-8 Bakke (inngangsparameter) brukt i RF3D-simulering.



Figur 4-9 Resultat frå simuleringane med blokker på om lag 5 m^3 . Figuren viser kvar det er meir og mindre sannsynleg at blokker stoppar.



Figur 4-10 Resultat frå simuleringane med blokker på om lag 5 m^3 . Figuren viser kor flest blokker tek vegen.

Vegetasjonen i utløpsområdet og skredbane er vurdert å ikkje ha utprega betydning for utløp av større blokker (sjå bilete i kapittel 0). Der terrenget flatar ut, rundt 70 moh., er bakken i stor grad myrlendt og mjuk, og antakelegvis vil dette ha ein bremsande effekt på steinsprang. Ettersom alderen på blokkene som er funne i felt antakelegvis er svært gamle, kan desse ha gått før myrområdet vart etablert.

4.1.4 Når steinsprang inn i kartleggingsområdet?

Funn av sprekkesystem i potensielle utløysingsområdet og steinsprangblokker viser at det har gått og kan gå steinsprang inn i kartleggingsområdet. Det er likevel ikkje gjort funn som tilseier at dette er verken ein hyppig eller aktiv prosess. Simuleringsresultat støttar vår vurdering av terreng og underlag i at steinsprang med aktuell returperiode ikkje vil nå langt inn i kartleggingsområdet under noverande forhold. Faresone 1/1000 for steinsprang er vurdert å nå inn lengst nord i kartleggingsområdet. Faresonekart er vist i Figur 4-21.

4.2 Steinskred

4.2.1 Er steinskred ein aktuell prosess i påverkingsområdet?

Det er ikkje strukturar tilstade som antyd at det er større avløyste parti i påverkingsområdet. Fare for steinsprang utgreiast ikkje vidare.

4.3 Snøskred

4.3.1 Er snøskred ein aktuell prosess i påverkingsområdet?

Det er fleire parti i fjellsida som er over 25 grader, som har for lite dekning av skog for å forhindre snøskred. Det er omfattande snøskredhistorikk i nærleiken av området.

4.3.2 Utgreiing av utløysingsområde og utløysingssannsyn

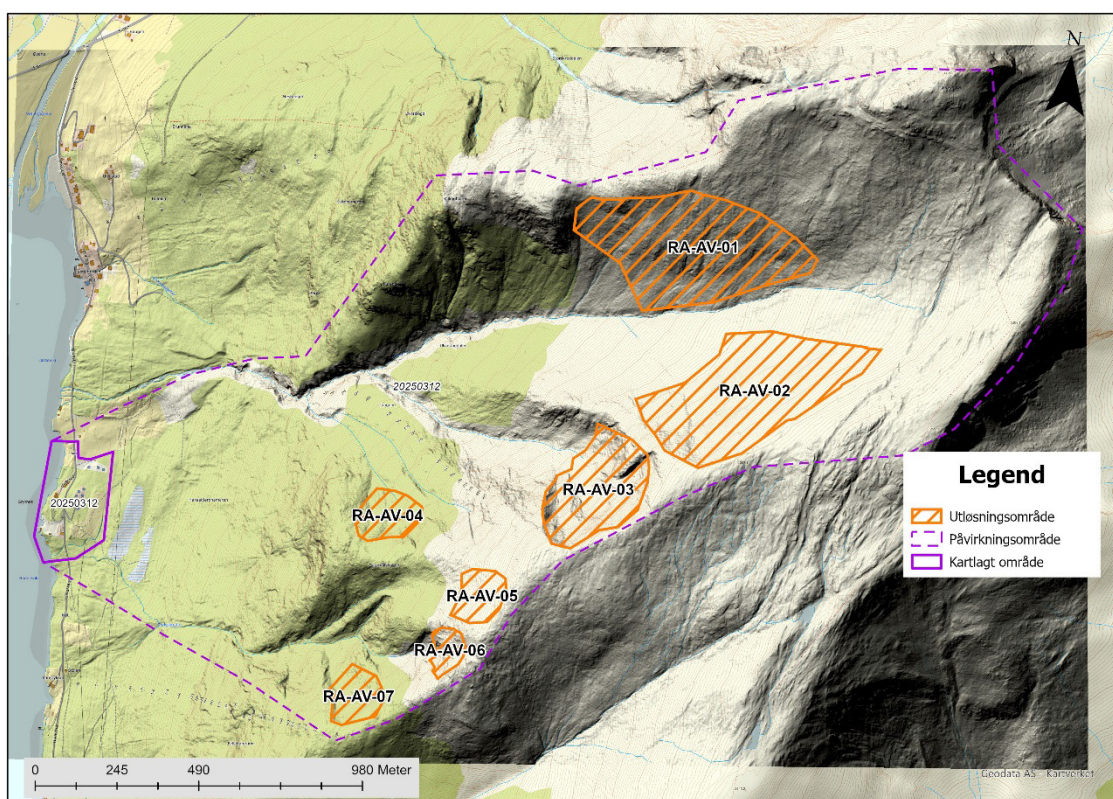
Snøskred er hovudsakeleg aktuelt i Ulvestaddalen og skålformene over Stølsskreda. Her er det bratte nok områder som kan samle snø. I følgje vindanalyse ligg dei meir eller mindre i lo for nedbørsførande vindretning, men på grunn av skålforma kan dei få kryss-innlasting for eksempel på sørvestlege vindretningar, som også erfaringsmessig gir ein del snønedbør i Sogndalsområdet. Innlasting av snø kan også skje utan nedbør, og ved austleg vind kan ein ha tørre forhold som gir moglegheit for ein del snø tilgjengeleg for transport. I tillegg viser omfattande snøskredhistorikk lenger ute i fjorden på same side, at fjellsider med denne himmelretninga ofte gir skred.

Store skred med utløp langt ned på viftene er venta å ha eit utløysingssannsyn på mellom 1/100-1/1000.

Når det kjem til områda under Hansagjerddammaren med aktuell hellingsvinkel er dagens vegetasjon venta å vere tilstrekkeleg for å hindre utløysing av snøskred i særleg grad (Figur 3-6). Mindre utglidingar kan skje, men desse er venta å stoppe i fjellsida.

4.3.3 Utgreiing av utløp

Ettersom kartleggingsområdet ligg relativt nære viftene ut frå gjela, er det valt å køyre simuleringar med ein dynamisk modell for å nærare undersøkje korleis skred brer seg utover i terrenget. Utløysingsområde brukt i modellkøyringane er vist i Figur 4-11. Det er testa ulike brothøgder og ulike kombinasjonar av utløysingsområde i same køyring.



Figur 4-11 Utløysingsområder brukt for simulering av snøskred.

Brothøgda er basert på ei vurdering av klimatiske data, saman med erfaring og skjønn.

Ifølge klimaanalyse i kapittel 3.6 er tre døgn's nysnøtilvekst (HNW) for ein returperiode på 100 år og 200 år omtrent 200 mm. Det er ikkje anbefalt å ekstrapolere data meir enn tre gonger lengda på måleserien, som er om lag 65 år. I tillegg er ei «1000-års»-hending samansett av fleire faktorar. Denne nysnøtilveksten er korrigert etter Salm et al., 1990 (Tabell 4-1). Tabell 4-2 viser brothøgder brukt i simulering, som tek utgangspunkt i D0 og vurderast saman med skjønn, modellen sine avgrensingar (den tek ikkje med erosjon for eksempel), osv.

Nokre utvalde simuleringresultat, som vi meiner er relevante, er vist i Figur 4-12.

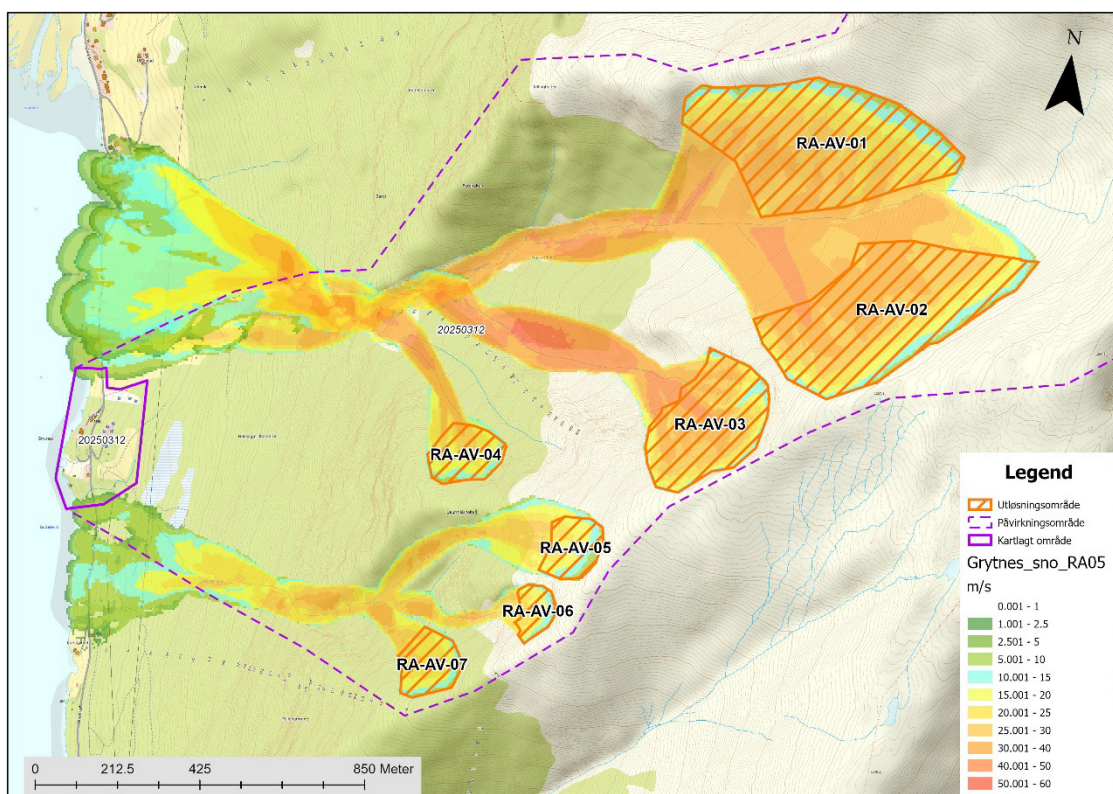
Vegetasjonen i utløpsområdet er ikkje venta å ha betydning for utløpslengde.

Tabell 4-1 Utløysningsområder brukt i simulering.

Utløysings- område	Helling (°)	Projisert grunnareal (m ²)	D0 for returperiode 100/200 år (HNW 3Døgn korrigert etter Salm et al., 1990)	Tettleik (kg/m ³)
RA-AV-01	Ca. 37	168 068	0.6	300
RA-AV-02	Ca. 42	157 986	0.7	300
RA-AV-03	Ca. 47	73 893	0.6	300
RA-AV-04	Ca. 47	22 788	0.4	300
RA-AV-05	Ca. 40	19 387	0.5	300
RA-AV-06	Ca. 47	10 778	0.5	300
RA-AV-07	Ca. 47	20 952	0.6	300

Tabell 4-2 Ulike simulerte scenario.

Utløsnings- område	Brothøgde (m)	Utløsningsvolum	Globale parameter	Kommentar
RA-av-01	0,5-1	168 068 * brothøgde	L100	
RA-AV-02	0,5-1	157 986* brothøgde	L100	
RA-AV-03	0,5-1	73 893* brothøgde	L100	
RA-AV-04	0,5-0,8-1	22 788* brothøgde	S100/M100	
RA-AV-05	0,5-0,8-1	19 387* brothøgde	S100/M100	Ved stor brotkant- høgde klatrar skredet over den nordlege kanten ved utgangen av gjelet, og skapar skredmassar lenger nord, noko vi meiner er urealistisk
RA-AV-06	0,5-0,8-1	10 778* brothøgde	S100	
RA-AV-07	0,5-0,8-1	20 952* brothøgde	S100	



Figur 4-12 Simuleringsresultat snøskred. Utløsningsområder i Ulvestaddalen har brothøgde 1 m, og over Stølsskreda 0,8 m.

4.3.4 Når snøskred inn i kartleggingsområdet?

Basert på mellom anna tolking av terreng og simuleringsresultat, saman med utløsnings-sannsyn vurderer vi at snøskred ikkje vil råke kartleggingsområdet med årleg nominelt sannsyn høgare enn 1/1000.

4.4 Jordskred

4.4.1 Er jordskred ein aktuell prosess i påverkningsområdet?

Lausmassane i fjellsida består i hovudsak av steinsprangmassar, desse er grove og antatt godt drenerte. Det vart ikkje funne tydelege raviner i relevante områder i terrenget under synfaring eller andre teikn til jordskred. Vi antek difor at jordskred ikkje er ein aktuell prosess i området.

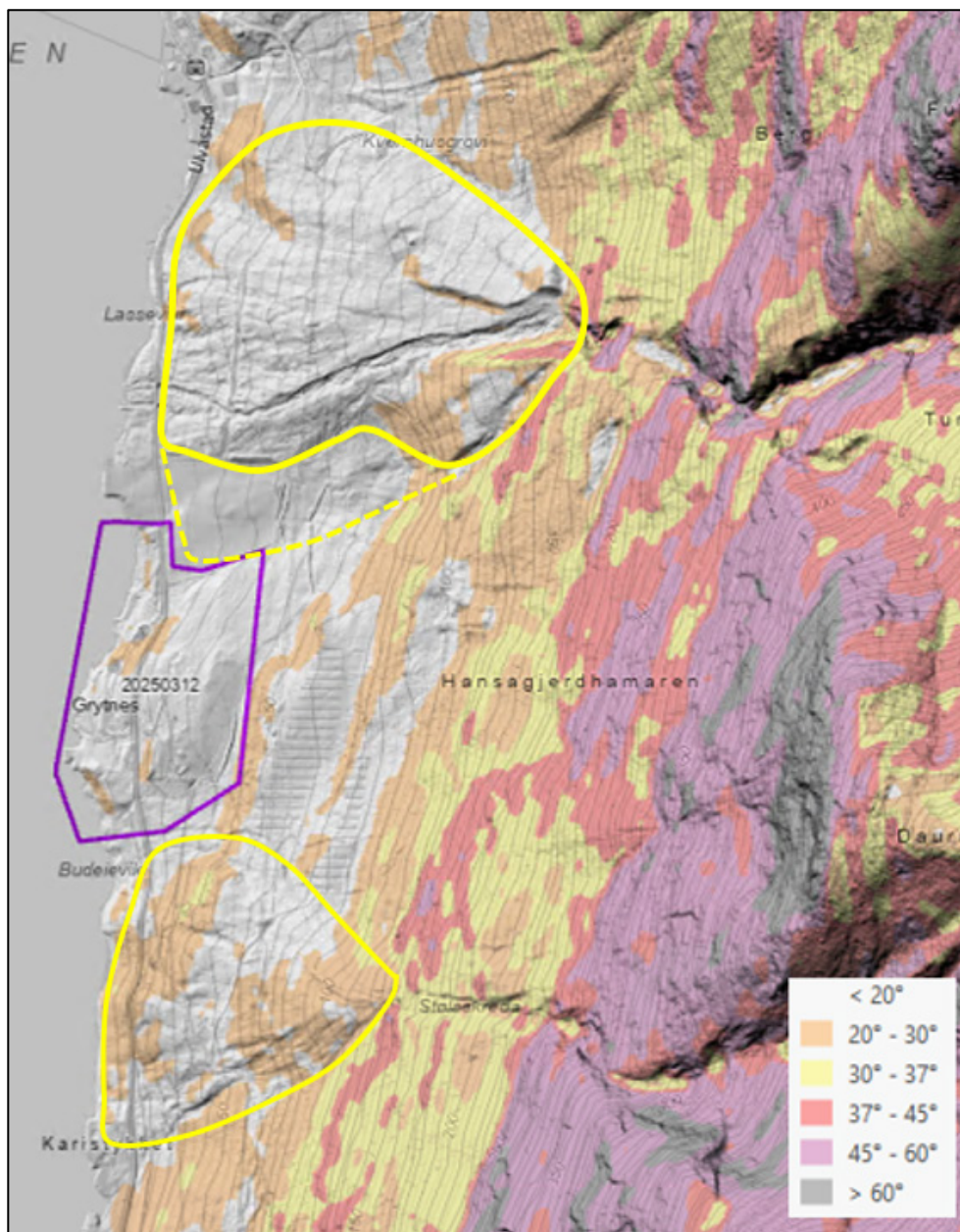
4.5 Flaumskred og sørpeskred

4.5.1 Er flaumskred og sørpeskred aktuell prosess i påverkningsområdet?

Både elveløpa ut av Ulvestaddalen og ved Stølsskreda kan vere aktuelle områder for flaumskred og sørpeskred. Begge to har skredvifter ved utgangen av gjelet, som truleg

delvis har opphav frå slike prosessar (Figur 4-13). På vifta frå Ulvestadgjelet er det også tydeleg nedskjært i terrenget i den aktive delen av vifta.

Kartleggingsområdet ligg heilt i grensa til desse viftene (Ulvestaddalen-vifta ser ut til å delvis ha blitt fjerna til fordel for dyrka mark, stipla linje i figur).



Figur 4-13 Vifter ut frå gjela nord og sør for kartleggingsområde merket i gult.

4.5.2 Utgreiing av utløysingsområde og utløysingssannsyn

Under feltarbeidet vart det observert noko lausmasse stadvis i bekkeløpa, men i stor grad var dei på bart fjell (Figur 4-14-Figur 4-16). Det er antakelegvis noko tilførsel av lausmasse til begge bekkeløpa, men med tanke på at det truleg er relativt ofte snøskred i skålformasjonane ved begge gjela er det nok hyppigare tilførsel av snø som kan gi sørpeskred i samband med vassføring i elvene.

Figur 4-17 viser utgangen av elva frå Ulvestaddalen, nede ved vegen. Observasjonen viser at det har vore noko aktivitet i bekkeløpet i det siste.

Vi vurderer at det nok relativt hyppig går mindre flaum- og sørpeskred ut i frå gjela. Desse vil i stor grad stoppe før dei nærmar seg kartleggingsområde. For store flaum- og sørpeskred, relevante for kartleggingsområde er antatt utløysingssannsyn rundt 1/1000.



Figur 4-14 Gjelet ved Stølsskreda. Det ligg noko tilgjengeleg lausmasse i gjelet, mellom anna frå noko som ser ut som eit steinsprang litt til venstre i bilete.



Figur 4-15 Gjelet ut av Ulvestaddalen. I stor grad bart fjell per no.



Figur 4-16 Gjelet ut av Ulvestaddalen. I stor grad bart fjell per no.



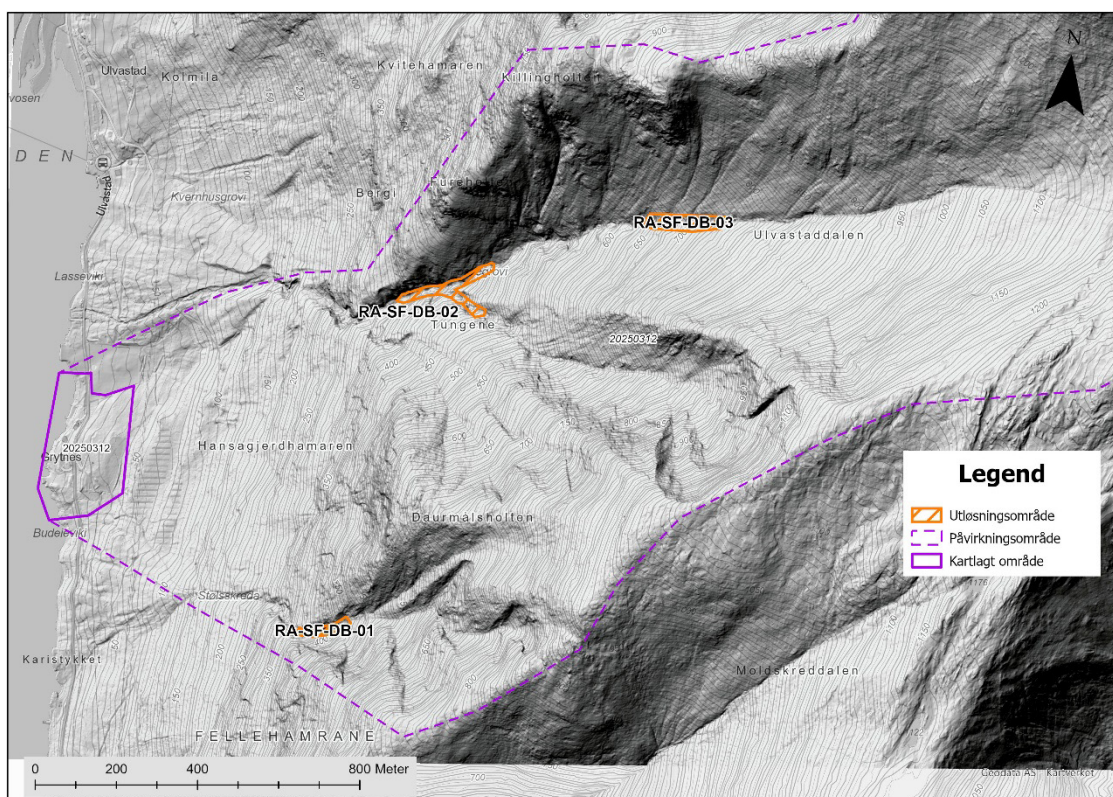
Figur 4-17 Teikn til noko skredaktivitet nedst i elveløpet frå Ulvestaddalen, der elva går under bilvegen (utanfor kartleggingsområdet).

4.5.3 Utgreiing av utløp

Skreda vil i hovudsak følgje lågaste punkt i terrenget, og ut i frå Ulvestaddalen vil truleg skreda følgje elveløpet heilt ned til vegen (utanfor kartleggingsområdet). Ut frå gjelet ved Stølsskreda er ikkje bekkeløpet like tydeleg, og kan kome til å spreie seg meir utover vifta.

Som eit supplement til vurderingane er det køyrt dynamiske modellar for å studere korleis skred eventuelt vil breie seg nedover i terrenget. Utløysingsområder brukt i simuleringane er vist i Figur 4-18. Inngangsparameter er vist i Tabell 4-3 og Tabell 4-4.

Eit utval representative simuleringar er vist i Figur 4-19 og Figur 4-20.



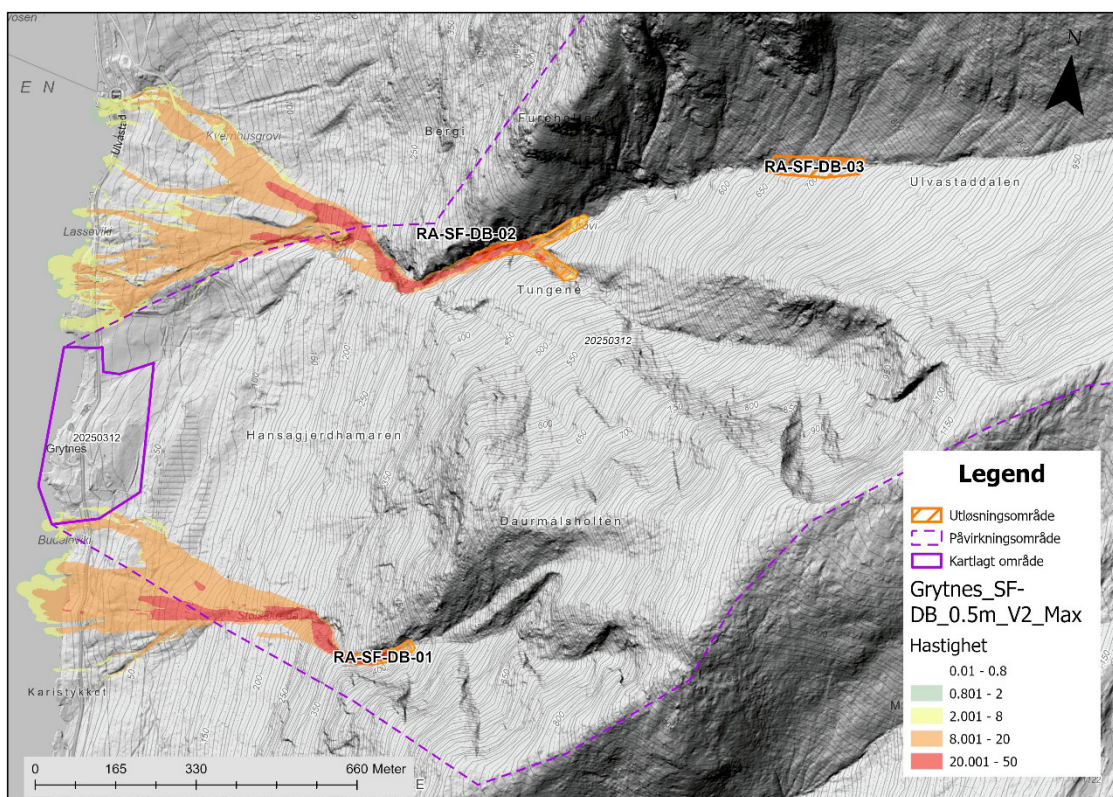
Figur 4-18 Utløysingsområder brukt for simulering av flaum- og sørpeskred.

Tabell 4-3 Parameter for modellkøyring flaumskred.

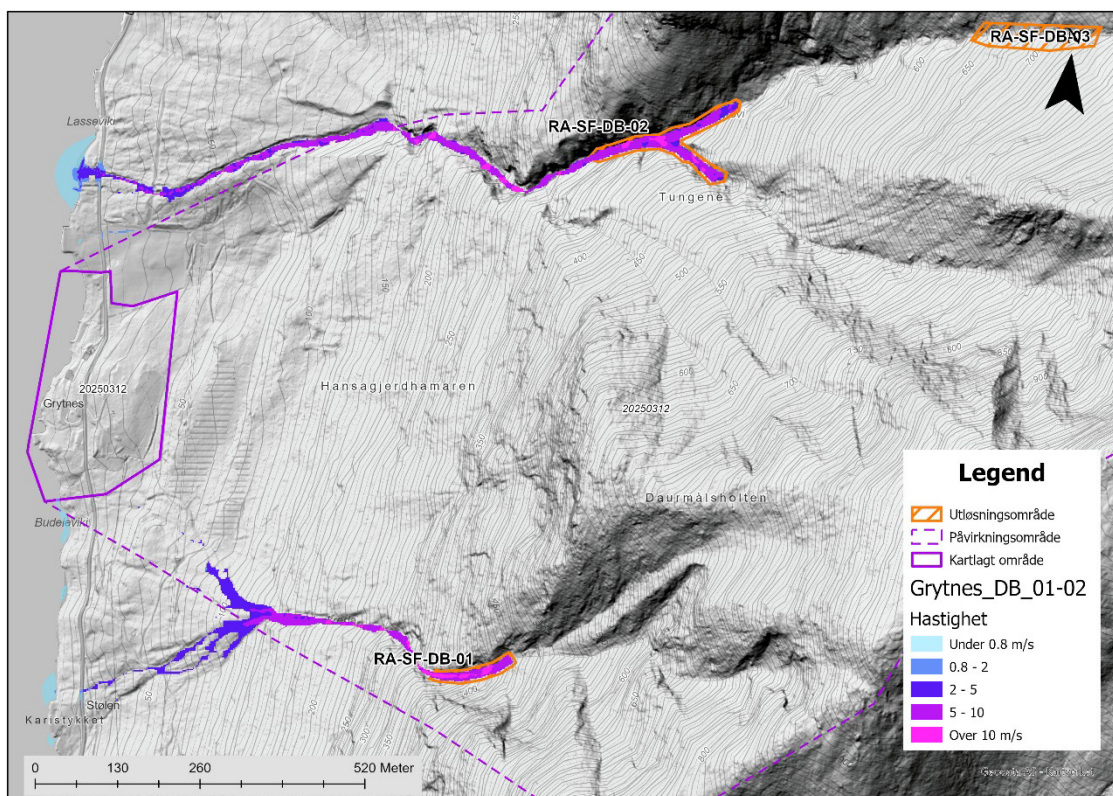
Utløysingsområde	Projisert areal (m ³)	Type terreng	Friksjonsparameter (My / Ksi)	Volum	Medrivning
RA-SF-DB-01	2680	Gjel	0,1 / 200	1340	Nei
RA-SF-DB-02	7610	Gjel	0,1 / 200	3805	Nei
RA-SF-DB-03	6873	Gjel	0,1 / 200	3437	Nei

Tabell 4-4 Parameter for modellkøyring sørpeskred.

Utløysingsområde	Projisert areal (m ³)	Type terreng	Friksjonsparameter (My / Ksi)	Volum	Medrivning (m)
RA-SF-DB-01	2680	Gjel	0,05 / 2000	2680 / 1340	0,2
RA-SF-DB-02	7610	Gjel	0,05 / 2000	7610 / 3805	0,2
RA-SF-DB-03	6873	Gjel	0,05 / 2000	6873	0,2



Figur 4-19 Eksempel på simulering av sørpeskred, brothøgde 0,5 m.



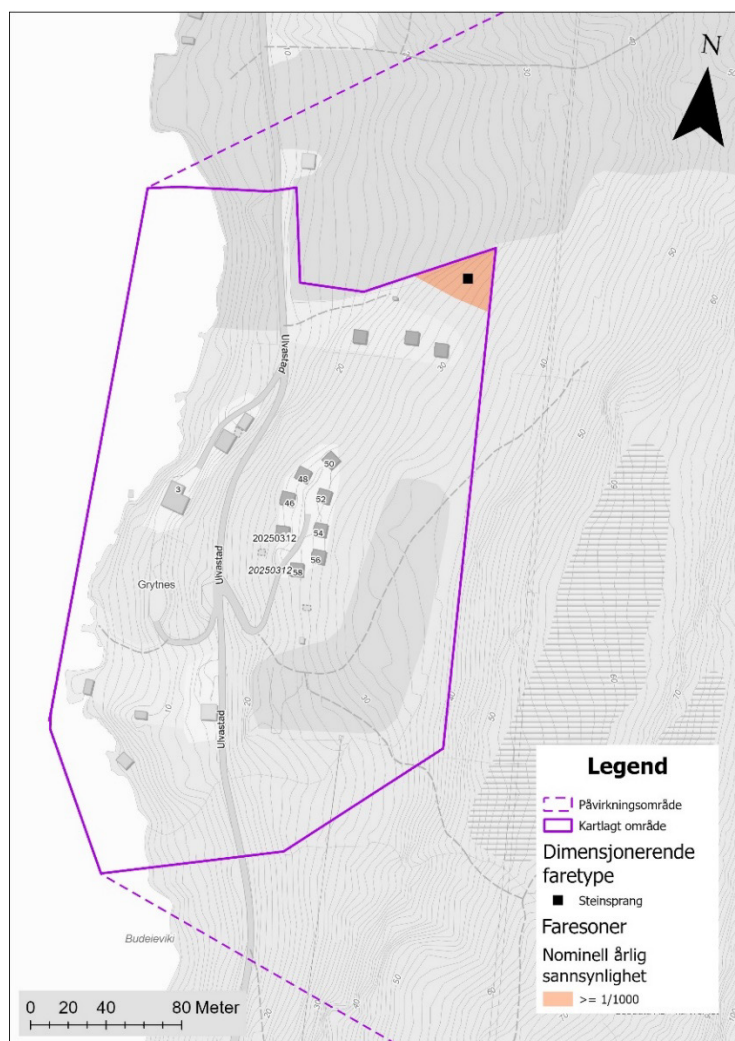
Figur 4-20 Eksempel på simulering flaumskred, brothøgde 0,5 m.

4.5.4 Når flaumskred inn i kartleggingsområdet?

Basert på mellom anna tolking av terreng og simuleringsresultat, saman med utløysings-sannsyn vurderer vi at flaum- og sørpeskred ikkje vil råke kartleggingsområdet med sannsyn høgare enn 1/1000.

4.6 Kva er den samla skredfaren?

Funn av sprekkesystem i potensielle utløysingsområdet og steinsprangblokker viser at det har gått, og kan, gå steinsprang inn i kartleggingsområdet. Det er likevel ikkje gjort funn som tilseier at dette er ein hyppig prosess. Simuleringsresultat støttar vår vurdering av terreng og underlag i at steinsprang med aktuell returperiode i liten grad når inn i kartleggingsområdet under noverande forhold. Snø-, flaum- og sørpeskred vurderast som aktuelle faretypar på viftene nord og sør for kartleggingsområdet, men vil ikkje nå inn kartleggingsområdet med sannsyn 1/1000 per år eller høgare. Jordskred vurderast å ikkje vere ein aktuell skredtype i området. Faresoner er vist i Figur 4-21.



Figur 4-21 Faresonekart med dominerande skredtype.

4.7 Avvik frå tidlegare skredfareutgreiingar

Dette området vart kartlagt i 2014 av NGI på oppdrag for NVE i samband med statleg skredfarekartlegging for Balestrand kommune. Denne rapporten skildrar i liten grad bakgrunn for faresonevurderinga ved Grytnes, slik at det er såleis vanskeleg å vurdere argumentasjonen.

Vurderinga i føreliggande rapport viser mindre utstrekning av faresonene. Merk at faresone 1/5000 er ikkje vurdert i føreliggande rapport.

5 Konklusjon

NGI har på oppdrag frå Harald Ulvestad vurdert skredfare for området Grytnes, Sogndal kommune. Området er kartlagt i høve til tryggleiksklassar skildra i TEK17 med gjennomsnittleg årleg nominelt sannsyn på høvesvis 1/100 (S1) og 1/1000 (S2).

Som bakgrunn for vurderingane er det gjennomført synfaring, simuleringar av steinsprang, flaumskred, sørpeskred og snøskred, samt studie av detaljert terrengmodell, nye og historiske flyfoto, tidlegare rapport og historiske hendingar. Synfaring av terrenget i og ovanfor kartleggingsområdet (påverkingsområdet) vart utført av Sunniva Skuset 2025-05-13.

Alle relevante skredtypar i bratt terreng er inkludert i vurderinga; snøskred, steinsprang, jordskred, flaumskred og sørpeskred.

Dominerande faretype i området er vurdert å vere steinsprang, same som i 2014. Det er ikkje gjort funn som tilseier at steinsprang er ein hyppig eller aktiv prosess. Vidare støttar simuleringsresultat vår vurdering av terreng og underlag i at steinsprang med aktuell returperiode ikkje vil nå langt inn i kartleggingsområdet under noverande forhold. Faresonene for steinsprang er vurdert å ha noko mindre utstrekning enn vurdert i 2014. Det er vanskeleg å vurdere argumentasjonen for utstrekning av faresoner i på den gamle rapporten, opp mot den føreliggande rapporten.

Verken snøskred, steinskred, jordskred eller flaum-/sørpeskred er vurdert å ha betydning for sikkerheitsklasse S2 i kartleggingsområdet.

6 Referanser

Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. & Ådlandsvik B. (Red.) (2015). *Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015*. NCCS report no. 2/2015.

Lussana C., Tveito O.E. & Uboldi F. (2016). *seNorge v2.0: an observational gridded dataset of temperature for Norway*. MET-report 14/2016.

Saloranta T. (2014). New version (v.1.1.1) of the seNorge snow model and snow maps for Norway. NVE Report 06/2014.

NGI (2014). Skredfarekartlegging Balestrand commune. Utarbeidelse av detaljert faresonekart. NGI dokumentnr. 20130593-01-R.

Salm, B., Burkard, A. og Gubler, H. (1990). *Berechnung von Fliesslawinen: eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen*. Mitteilung 47, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF.

Disclaimer

Skredfarevurderingene gjeld så lenge vesentlege endringar i føresetnadane for vurderingane ikkje førekjem (eksempel på vesentlege endringar er endringar i Plan og Bygningslova sine krav, nye opplysninger om historiske eller nyare skred, endringar i klima, terreng eller vegetasjon, anlegg av ny infrastruktur, etc.). Oppdragsgjevar må til ei kvar tid vurdere om føresetnadane er endra, for i så fall å få utført ei revidert kartlegging.

Vedlegg A

MODELLBESKRIVELSE

Innhold

A1	Modeller for beregning av skredutbredelse og rekkevidde av steinsprang	2
A1.1	RockyFor3D	2
A1.2	Empiriske modeller for steinsprangutløp	3
A2	Modeller for beregning av skredutbredelse og rekkevidde av snøskred	5
A2.1	RAMMS	5
A3	Beregning av skredutbredelse og rekkevidde av flom- og sørpeskred	7

A1 Modeller for beregning av skredutbredelse og rekkevidde av steinsprang

Beregningsmodeller er et viktig supplement ved plassering av faregrenser. Den viktigste kilde til fastsettelse av faregrenser er faglig skjønn basert på erfaring og observasjoner gjort under befarings og opplysninger om tidligere skredhendelser.

A1.1 RockyFor3D

På NGI har vi mange års erfaring med bruk av steinsprangmodellen Rockyfor3D i prosjekter hvor vi utfører faresonekartlegging. Rockyfor3D av ecorisQ simulerer enkeltblokkers bevegelse i tre dimensjoner ved å kombinere fysiske, deterministiske algoritmer med stokastiske tilnærminger^{1,2}. Modellen gir 3D-utbredelse av blokker, og er nyttig for å studere skredbaner med ulike sannsynligheter. Resultatene brukes gjerne som en støtte for våre vurderinger av utløp, rekkevidde og relativ sannsynlighet for skred på de ulike stedene i kartleggingsområdet.

Modellen inkluderer blokkform og -volum, og utløpsberegningene kan ta høyde for interaksjon med sikringstiltak og vegetasjon. Modellen og informasjon om modellutvikling er tilgjengelig for medlemmer av organisasjonen ecorisQ (se www.ecorisq.org for oversikt over publiserte artikler og presentasjoner på internasjonale konferanser).

Parametere som må inkluderes i modellen er kort beskrevet under:

- Terrengmodell
 - Terrengmodellen (raster) som ønskes brukt
- Beregningsområde
 - Et polygon som definerer hvilket område beregningene skal kjøres for
- Bakketype
 - Det er åtte forskjellige forhåndsdefinerte bakketyper som kan velges, for å beskrive de ulike underlag i skredbanen. Bakketypen gir elastisiteten til underlaget og er direkte knyttet til verdier for normalrestitusjon av modellen.
- Kildeområde
 - Ett eller flere polygon som angir potensielle kildeområder for steinsprang. Form og mål (lengde x bredde x høyde) på blokker må defineres for hvert kildeområde.
- Overflateruhet
 - Terrengets overflateruhet. Denne "ruheten" skal representere høyden på skredblokker som ligger i terrenget og utgjør hindringer i skredbanen. Ruheten angis som høyden (i meter) på hindringene over terrengoverflaten, representativ for 70%, 20% og 10% av det definerte bakketypepolygonet,

¹ Dorren L.K.A., 2012. Rockyfor3D (v5.1) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model. ecorisQ paper. URL [\[www.ecorisq.org\]](http://www.ecorisq.org) : 31p.

² Dorren L.K.A., 2016. Rockyfor3D (v5.2) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model. ecorisQ paper. URL [\[www.ecorisq.org\]](http://www.ecorisq.org) : 33p.

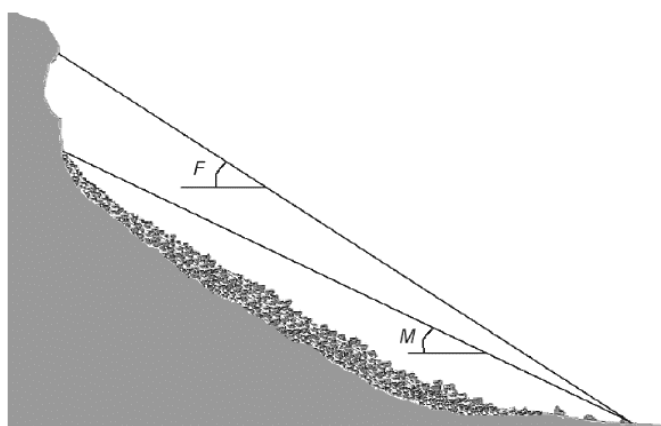
sett i blokkas fallretning. Dette måles objektivt, da programmet tar hensyn til blokkas størrelse i forhold til hindringene i terrenget. Overflateruheten brukes i modellen til å beregne tangentiell restitusjonskoeffisient, og denne parameteren bestemmer derfor energitap under støt med overflaten. Modellen er sensitiv til denne parameteren, og den må derfor undersøkes og bestemmes i felt.

- Antall simuleringer per celle
 - Antall blokker som simuleres fra hver celle i kildeområdet
- Variasjon av blokkvolum (%)
 - Gir mulighet til å legge inn variasjon av forhåndsdefinert blokkvolum
- Ekstra startfallhøyde (m)
 - Blokker kan gis ekstra oppstartsenergi ved å gi dem ekstra fallhøyde i starten

A1.2 Empiriske modeller for steinsprangutløp

Empiriske modeller er generelt basert på forhold mellom topografiske faktorer og rekkevidden av observerte steinsprang, og kan også kalles statistiske modeller. Disse kan brukes som grove anslag for maksimal rekkevidde for steinsprang.

To mye brukte sammenhenger er vinklene *Fahrböschung* (F) og *Minimum shadow angle* (M), som er vinkelen fra hhv. toppen av løsneområdet og uren (talus apex) ned til ytre steinsprangblokk Figur 1-1. Det er viktig at vinkelen måles i falllinjen til blokken. Vinkelen vil avhenge av underlag, hvor jevne/glatte underlag vil gi flatere vinkel.



Figur 1-1 *Fahrböschung* (F) og *Minimum shadow angle* (M)³

Fahrböschung (F) ble foreslått av Heim allerede i 1932⁴. Noen vanlige estimater for F , og resultater fra ulike studier:

³ Dorren, L.K.A. 2003. A review of rockfall mechanics and modelling approaches, Progress in Physical Geography 27,1 (2003) pp. 69–87

⁴ Heim, A. (1932) Der Bergsturz und Menschenleben. Fretz und Wasmuth Verlag, Zürich, 218 p.

$F = 28-40^\circ$, hvor 95% stopper innen 32° ⁵

$F = 28,5^\circ$ ⁶

$F = 32^\circ$ ⁷

$F \geq 31^\circ$ for fjellsider 100 - 350 m høye⁸

$F \geq 35^\circ$ for fjellsider 350 - 650 m høye⁸

$F \sim 30^\circ$ (tommelfingerregel, NGI)

Minimum Shadow angle (M): Ved en sammenligning av flere studier ligger M vanligvis innenfor:

$M = 22-30^\circ$ ^{9,10,11,12}

$M = 28-30^\circ$ ¹¹

$M = 27,5^\circ$ ¹²

$M = 26,5^\circ$ ¹³

$M \sim 25^\circ$ (tommelfingerregel, NGI)

Runout ratio model er en sammenheng mellom maksimal rekkevidde for steinsprang og høyde på fjellsiden som ble funnet etter en studie av fjellsider og urer i Norge der mer enn 120 enkeltsprang ble studert, med hensikt å komme fram til geometriske metoder for beregning av rekkevidde for steinsprang¹⁴. Basert på dette studiet ble det funnet en sammenheng mellom rekkevidden S_1 relatert til høyden av fjellsiden H_{tot} : $S_1 = 1/3 H_{tot} + 25 \text{ m}$, der terrenget utenfor urfot (γ) er slakere enn 12° og høyden på fjellsiden H_{tot} er $> 100 \text{ m}$, se Figur 1-2.

⁵ Evans, S.G., Hungr, O., 1993. The Assessment of rockfall hazard at the base of talus slopes. *Canadian Geotechnical Journal*, 1993, 30(4): 620-636.

⁶ Toppe, R. (1987) Terrain models: a tool for natural hazard mapping, in: *Avalanche formation, movement and effects*, edited by: Salm, B. and Gubler, H., International Association of Hydrological Sciences, Wallingford, UK, 162, 629–638.

⁷ Onofri, R. and Candian, C. (1979): Indagine sui limiti di massima invasione di blocchi rocciosi franati durante il sisma del Friuli del 1976, Reg. Aut. Friuli – Venezia Giulia, Cluet, 42 pp., 1979 (in Italian).

⁸ Domaas, U. 1994. Geometrical methods for calculating rockfall range. NGI rapport 585910-1.

⁹ Rapp, A. (1960). Recent Development of Mountain Slopes in Kärkevagge and Surroundings, Northern Scandinavia. *Geografiska Annaler* Vol. 42, No. 2/3 (1960), pp. 65-200.

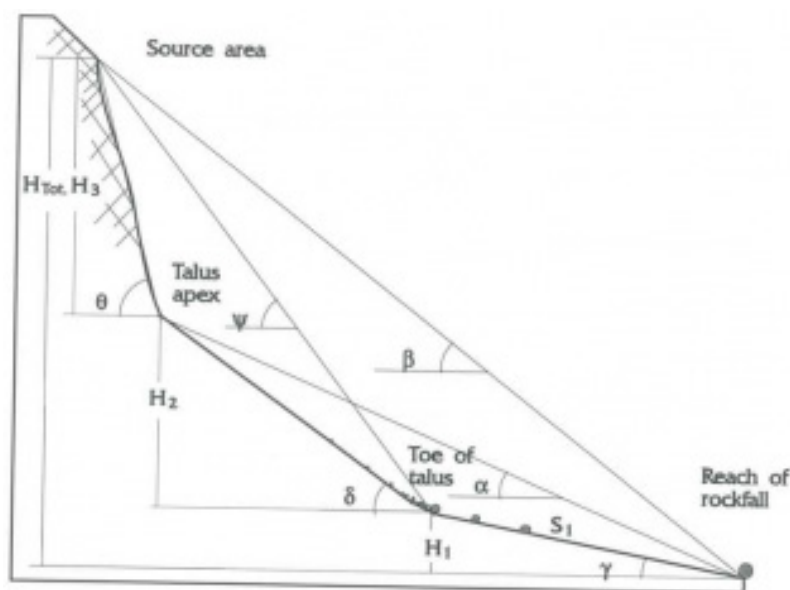
¹⁰ Govi, M. (1977). Photo-interpretation and mapping of the landslide triggered by the Friuli earthquake (1976). *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 15: 67-72.

¹¹ Lied, K. (1977): Rockfall problems in Norway, in: *Rockfall dynamics and protective work effectiveness*, ISMES, Bergamo, 90, 51–53.

¹² Evans, S.G., Hungr, O., 1993. The Assessment of rockfall hazard at the base of talus slopes. *Canadian Geotechnical Journal*, 1993, 30(4): 620-636.

¹³ Hestnes, E. (1978) Forsøk med steinsprang. NGI-rapport 54702-2. Oslo: Norges geotekniske institutt.

¹⁴ Keylock, C. og Domaas, U. (1999) Evaluation of Topographic Models of Rockfall Travel. Distance for Use in Hazard Applications. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, Vol. 31, No 3. 312 – 320.



Figur 1-2. Definisjon av topografiske parametere som beskriver terrengprofilen¹⁵

A2 Modeller for beregning av skredutbredelse og rekkevidde av snøskred

Modellene som oftest blir brukt for utløpsberegninger av snøskred i Norge er den topografisk statistiske α/β -modellen¹⁶, blokkmodellen PCM¹⁷ og strømningsmodellen RAMMS¹⁸ som beskriver utbredelsen av skredet i to horisontale dimensjoner.

A2.1 RAMMS

Utløpslengden av skred er vurdert med den dynamiske modellen RAMMS^{19,20}. RAMMS-modellen for simulering av utbredelse av skredets tette del har gått gjennom en lang prosess med uttesting og kalibrering mot målinger og observasjoner av snøskred i Alpene. I tillegg har NGI utført en del kalibreringer mot målinger fra NGIs forsøksfelt Ryggfonn på Strynefjellet.

¹⁵ Domaas, U. 1994. Geometrical methods for calculating rockfall range. NGI rapport 585910-1.

¹⁶ Lied, K. og Bakkehøi, S. (1980). Empirical Calculations of Snow-Avalanche Run-Out Distance Based on Topographic Parametres. Journal of Glaciology, 26 (94), 165-177.

¹⁷ Perla, R.I., Cheng, T.T. og McClung, D.M. 1980. A Two-Parameter Model of Snow-Avalanche Motion. Journal of Glaciology Vol. 26, No. 94, 197-207.

¹⁸ Christen, M.; Kowalski, J. og Bartelt, P. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. Cold Regions Science and Technology 63(1-2), 1-14.

¹⁹ Christen, M.; Kowalski, J. og Bartelt, P. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. Cold Regions Science and Technology 63(1-2), 1-14.

²⁰ RAMMS Manual Ver 1.4.1. Det sveitsiske institutt for snø- og snøskredforskning (WSL-SLF), Davos Dorf, Sveits.

Som friksjonsparametre på nye steder er standardverdiene for sjeldne og store skred i Sveits benyttet, korrigert for høyde over havet. Parameterne er avhengig av skredstørrelse, antatt returperiode og terrengforhold som helning og kanalisering av skredbanene (RAMMS Manual Ver. 1.4.1²¹). Friksjonsparameterne ξ og μ svarer til store skred (Large) med 300 års gjentakintervall. Tabell 2-1 gjengir verdier for store og middels skred. Der skredbaner i modellene er beregnet med hensyn til skog er friksjonsparametere tilpasset til skogstetthet og stammediameter. Disse friksjonsparameterne fraviker fra den som er gitt i Tabell 2-1. I anvendt modell er erosjon og medriving av snø i skredbanen ikke inkludert (entrainment). Beregningene tar generelt ikke hensyn til bebyggelse. Skredvolumet i simuleringsmodellen er en direkte funksjon av løснеarealet. I botner kan dette gi svært store teoretiske løснеområder. Generelt sett gjengir modellen skredenes utløpsdistanse godt, men studier viser at RAMMS har en tendens til å undervurdere hastigheten av skredets front, som består av et fluidisert lag med betydelig redusert tetthet (Schaerer og Salway, 1980; Bozhinskiy og Losev, 1998; Issler m.fl., 1996; Issler, 2003; Gauer m.fl., 2008; Issler og Gauer, 2008).

Tabell 2-1: Friksjonsparametere for RAMMS snø avhengig av returperiode, skredvolum og kanaliseringsgrad

RAMMS::Avalanche 1.1

Friction Parameters

Large avalanche (> 60'000 m ³)		300-Year		100-Year		30-Year		10-Year	
	Altitude (m.a.s.l.)	μ	ξ	μ	ξ	μ	ξ	μ	ξ
unchannelled	above 1500	0.155	3000	0.165	3000	0.17	3000	0.18	3000
	1000 - 1500	0.17	2500	0.18	2500	0.19	2500	0.2	2500
	below 1000	0.19	2000	0.2	2000	0.21	2000	0.22	2000
channelled	above 1500	0.21	2000	0.22	2000	0.225	2000	0.235	2000
	1000 - 1500	0.22	1750	0.23	1750	0.24	1750	0.25	1750
	below 1000	0.24	1500	0.25	1500	0.26	1500	0.27	1500
gully	above 1500	0.27	1500	0.28	1500	0.29	1500	0.3	1500
	1000 - 1500	0.285	1350	0.3	1350	0.31	1350	0.325	1350
	below 1000	0.3	1200	0.315	1200	0.33	1200	0.345	1200
flat	above 1500	0.14	4000	0.15	4000	0.155	4000	0.165	4000
	1000 - 1500	0.15	3500	0.16	3500	0.17	3500	0.18	3500
	below 1000	0.17	3000	0.18	3000	0.19	3000	0.2	3000
Medium avalanche (25'000 - 60'000)		300-Year		100-Year		30-Year		10-Year	
unchannelled	above 1500	0.195	2500	0.205	2500	0.215	2500	0.225	2500
	1000 - 1500	0.21	2100	0.22	2100	0.23	2100	0.24	2100
	below 1000	0.23	1750	0.24	1750	0.25	1750	0.26	1750
channelled	above 1500	0.25	1750	0.26	1750	0.27	1750	0.28	1750
	1000 - 1500	0.27	1530	0.28	1530	0.285	1530	0.295	1530
	below 1000	0.28	1350	0.29	1350	0.3	1350	0.31	1350
gully	above 1500	0.32	1350	0.33	1350	0.34	1350	0.35	1350
	1000 - 1500	0.33	1200	0.34	1200	0.35	1200	0.36	1200
	below 1000	0.36	1100	0.37	1100	0.38	1100	0.39	1100
flat	above 1500	0.17	3250	0.18	3250	0.19	3250	0.2	3250
	1000 - 1500	0.19	2900	0.2	2900	0.21	2900	0.22	2900
	below 1000	0.21	2500	0.22	2500	0.23	2500	0.24	2500
forested area (mu=delta, xi=fix)		0.02	400	0.02	400	0.02	400	0.02	400

SLF, December 2007

²¹ RAMMS Manual Ver 1.4.1. Det sveitsiske institutt for snø- og snøskredforskning (WSL-SLF), Davos Dorf, Sveits.

Small avalanche (5 - 25'000 m ³)		300-Year		100-Year		30-Year		10-Year	
	Altitude (m.a.s.l.)	μ	ξ	μ	ξ	μ	ξ	μ	ξ
unchannelled	above 1500	0.235	2000	0.245	2000	0.25	2000	0.26	2000
	1000 - 1500	0.25	1750	0.26	1750	0.265	1750	0.275	1750
	below 1000	0.265	1500	0.275	1500	0.285	1500	0.295	1500
channelled	above 1500	0.28	1500	0.29	1500	0.3	1500	0.31	1500
	1000 - 1500	0.3	1350	0.31	1350	0.315	1350	0.325	1350
	below 1000	0.31	1200	0.32	1200	0.33	1200	0.34	1200
gully	above 1500	0.37	1200	0.38	1200	0.39	1200	0.4	1200
	1000 - 1500	0.38	1100	0.39	1100	0.4	1100	0.41	1100
	below 1000	0.4	1000	0.41	1000	0.42	1000	0.43	1000
flat	above 1500	0.215	2500	0.225	2500	0.23	2500	0.24	2500
	1000 - 1500	0.23	2250	0.24	2250	0.245	2250	0.255	2250
	below 1000	0.245	2000	0.255	2000	0.26	2000	0.27	2000

Tiny avalanche (< 5'000 m ³)		300-Year		100-Year		30-Year		10-Year	
	Altitude (m.a.s.l.)	μ	ξ	μ	ξ	μ	ξ	μ	ξ
unchannelled	above 1500	0.275	1500	0.28	1500	0.285	1500	0.29	1500
	1000 - 1500	0.29	1400	0.295	1400	0.3	1400	0.305	1400
	below 1000	0.3	1250	0.31	1250	0.32	1250	0.33	1250
channelled	above 1500	0.31	1250	0.32	1250	0.33	1250	0.34	1250
	1000 - 1500	0.33	1180	0.34	1180	0.345	1180	0.355	1180
	below 1000	0.34	1050	0.35	1050	0.36	1050	0.37	1050
gully	above 1500	0.42	1050	0.43	1050	0.44	1050	0.45	1050
	1000 - 1500	0.43	1000	0.44	1000	0.45	1000	0.46	1000
	below 1000	0.44	900	0.45	900	0.46	900	0.47	900
flat	above 1500	0.26	1750	0.265	1750	0.27	1750	0.275	1750
	1000 - 1500	0.27	1600	0.275	1600	0.28	1600	0.285	1600
	below 1000	0.28	1500	0.285	1500	0.29	1500	0.295	1500

forested area (mu=delta, xi=fix)	0.02	400	0.02	400	0.02	400	0.02	400
----------------------------------	------	-----	------	-----	------	-----	------	-----

A3 Beregning av skredutbredelse og rekkevidde av flom- og sørpeskred

Spredning og rekkevidde av flom- og sørpeskred er vurdert blant annet med den dynamiske modellen RAMMS^{22,23}. Hensikten er ikke å dimensjonere, men å finne terrengets sprednings- og avsetningsegenskaper. Den numeriske modellen er identisk med snøskredmodellen, og ved å redusere Mu of Xi verdiene, oppnås hastigheter og flythøyder tilpasset vannbårne skred. Det vil si at Mu settes til 0,2 og Xi til 300 - 700. Mu-verdien påvirker sterkt lengden på retardasjonsområdet/oppbremsingsområdet, og gir i realiteten utbredelsen av skredmassene. For sørpeskred vil Xi kunne bli mye høyere, samtidig er effektiv Xi betydelig mindre og har tilsvarende egenskap som for vann. Mu-verdier brukt for sørpeskred er 0,05-0,08 og Xi-verdier mellom 1000-3000. På lange utløp med store høydeforskjeller vil sørpeskred kunne endre egenskaper fra sørpe til vann og flomskred. For antatt sørpeskred er det benyttet en tetthet på 1000 kg/m³ mens det for reinere flomskred er benyttet 1400 kg/m³.

Det er benyttet en bruddhøyde på 0,5 m for flomskred og 0,5-1,0 m for sørpeskred.

Erosjonsmodulen er brukt ikke for flomskred på grunn av lite løsmasser i bratte deler av gjelene. Erosjonsmodulen er brukt for sørpeskred, med inngangsparmeter vist i Figur 3-1. Maks erosjonsdjup er sett til 0,5-1,0 m.

²² Christen, M.; Kowalski, J. og Bartelt, P. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *Cold Regions Science and Technology* **63**(1–2), 1–14.

²³ RAMMS Manual Ver 1.4.1. Det sveitsiske institutt for snø- og snøskredforskning (WSL-SLF), Davos Dorf, Sveits.

EROSION PARAMETERS


Erosion Shapefile Properties





Erosion density (kg/m3):

Erosion rate (m/s): Loose, wet sediment

Pot. erosion depth (per kPa): deep

Critical shear stress (kPa): low

Max erosion depth (m):

Figur 3-1 Inngangsparameter erosjon sørpeskred.



Egenerklæringsskjema for kompetanse

EGENERKLÆRINGSSKJEMA FOR KOMPETANSE – IHT. VEILEDER SIKKERHET MOT SKRED I BRATT TERRENG – KARTLEGGING AV SKREDFARE I REGULERINGSPLAN OG BYGGESAK

Utførende foretak vil med utfylling av egenerklæringsskjema erklære seg skikket til å utføre utredning av skredfare i bratt terreng og at utførende fagpersoner innehar nødvendig kompetanse i henhold til veilederen. Hvert foretak involvert i oppdraget fyller ut eget skjema, også ev. underleverandører.

EGENERKLÆRING OM UTFØRENDE FORETAKS KOMPETANSE	JA	NEI	KOMMENTAR
Ansvarlig for å utføre skredfaglige utredninger er godt kjent med gjeldende forskrifter ¹ , veiledere ² , retningslinjer ³ og fagnormer som gjelder for å utføre skredfareutredninger.	X		
Minst to kvalifiserte fagpersoner blir benyttet i oppdraget, en som utførende og en som sidemannskontrollør. De to påkrevde fagpersonene må ha minst 5 og 3 års netto erfaring med tilsvarende oppdrag, samt relevant utdanning som definert i veilederen. Personell med mindre enn 3 års erfaring kan benyttes i oppdraget i tillegg til de to med påkrevd erfaring.	X		
Foretaket har kunnskap om og tilgang på dynamiske skredmodeller der slike er kommersielt tilgjengelig.	X		
Foretaket har ansvarsforsikring som minst tilsvarer krav i NS 8401/8402 (prosjekterings- og rådgivningsoppdrag).	X		

¹ Byggteknisk forskrift (TEK17) og Plan- og bygningsloven (pbl)

² NVE veileder Sikkerhet mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak

³ NVE retningslinjer Flaum- og skredfare i arealplanar – Revidert 22.mai 2014

Firma: Norges Geotekniske Institutt AS

Org.nr.: 932089114MVA

Signatur:

Navn med blokkbokstaver: **Heidi Hefre**

Dato: 2024-11-28

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Utredning av skred i bratt terreng		Dokumentnr./Document no. 20250312-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Harald Ulvestad	Dato/Date 2025-06-18
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords skredfarevurdering, snøskred, steinsprang, jordskred, flomskred og sørpeskred		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Noreg, Vestland	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Sogndal	Feltnavn/Field name
Sted/Location Vetlefjorden, Balestrand	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: Nord:	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2025-05-27 Sunniva Skuset	2025-05-25 Heidi Hefre		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 18. juni 2025	Prosjektleder/Project Manager Sunniva Skuset
--	-----------------------------------	--

NGI – Norges Geotekniske Institutt - er et uavhengig forskningsinstitutt innen geoteknikk og andre ingeniørrettede geofag.

Vi kombinerer geokunnskap og teknologi for å utvikle smarte og bærekraftige løsninger innen infrastruktur på land og til havs, innen miljøteknologi, forurensset grunn og naturfarer som jord- og snøskred. Forskningen vår leverer kunnskap som bidrar til å løse noen av de viktigste utfordringene verden står overfor innenfor klima, miljø, energi og samfunnssikkerhet.

Samfunnsoppgaven vår er å utvikle geofagene og fremskaffe kunnskapsgrunnlaget for å bygge, bo og ferdes på sikker grunn. Dette løser vi ved å la forskning og rådgivning gå "hånd i hånd" og være brobygger mellom akademia, næringsliv og det offentlige.

Vi har kontorer i Norge, USA og Australia og vi har internasjonalt anerkjente laboratorier

www.ngi.no

NGI – The Norwegian Geotechnical Institute – is an independent research centre in the field of geotechnical engineering and the engineering geosciences.

We combine geotechnical knowledge and technology to develop smart and sustainable solutions in infrastructure on land and at sea, in environmental technology, contaminated soil and natural hazards such as landslides and avalanches. Our research provides knowledge that contributes to solve some of the most important challenges the world faces with regards to climate, the environment, energy and societal security.

Our societal mission is to develop the geosciences and produce the knowledge basis to build, live and travel on safe ground. We solve this by combining research and consulting hand-in-hand and being a bridge-builder between academia, industry and the public sector.

We have offices in Norway, the US and Australia, including internationally recognised laboratories.

www.ngi.no

