



RAPPORT

Undredal, Aurland kommune

DETALJERT FARESONEKARTLEGGING

DOK.NR. 20150027-01-R

REV.NR. 0 / 2015-06-11



Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

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.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

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: Undredal, Aurland kommune
Dokumenttittel: Detaljert faresonekartlegging
Dokumentnr.: 20150027-01-R
Dato: 2015-06-11
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Aurland kommune
Kontaktperson: Jan Olav Åsarmoen Møller
Kontraktreferanse: Oppdragsbekreftelse signert 07.01.2015

for NGI

Prosjektleder: Frode Sandersen
Utarbeidet av: Frode Sandersen
Kontrollert av: Ulrik Domaas

Sammendrag

NGI har vurdert faren for alle typer skred og utarbeidet faresoner for skred med årlig sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000 for et avgrenset område i Undredal i Aurland kommune. Steinsprang og jordskred er de mest aktive skredtypene i området. Ingen del av den eksisterende bebyggelsen er vurdert å ligge innenfor faresonen 1/1000 som definerer kravet til sikkerhet for bolighus.

Kommunen har definert to aktuelle områder for utbygging innenfor det kartlagte området, og faresonen 1/1000 berører den nordligste delen av området lengst nord.

Innhold

1	Innledning	5
2	Lovverkets sikkerhetskrav mht skred	6
3	Topografisk og klimatisk beskrivelse	8
3.1	Topografi	8
3.2	Klima	10
4	Kort beskrivelse av aktuelle skredtyper i området	12
4.1	Snøskred	12
4.2	Sørpeskred	13
4.3	Steinskred og steinsprang	13
4.4	Jordskred	13
4.5	Flomskred	13
4.6	Mest aktuelle skred i det kartlagte området	13
5	Tidligere undersøkelser og skredhendelser	14
5.1	Aktsomhetskart	14
5.2	Tidligere skredhendelser	15
5.3	Historiske skredhendelser	18
5.4	Tidligere rapporter	19
6	Skredfarevurdering	20
6.1	Steinsprang	20
6.2	Flom- og sørpeskred	22
6.3	Snøskred	22
6.4	Jordskred	23
6.5	Andre skredtyper som ikke er vurdert	23
7	Faresoner	23

Vedlegg

Vedlegg A Modellering av steinsprang med Rockyfor 3D

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NGI har vurdert faren for alle typer skred innenfor et definert område i Undredal i Aurland kommune (figur 1).



Figur 1 Oversiktskart som viser det undersøkte området med blå sirkel

Vi har gjennomført en kartlegging av faresoner for skred med årlig sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000, tilsvarende kravene til sikkerhet beskrevet i Byggteknisk forskrift (TEK 10, §7.3).

Alle typer skred er vurdert, bortsett fra undersjøiske skred og store fjellskred. NGI har ikke opplysninger som indikerer at disse skredtypene utgjør noen trussel for det kartlagte området.

NGI gjennomførte en befaring av området 17. april 2015. Under befaringen var vi i kontakt med lokal kjentmann Jan Inge Magnussen for å få informasjon om skredhendelser i området.

Som bakgrunn for våre vurderinger har vi benyttet:

- Terrengmodell basert på FKB data (tillatelse til bruk gitt av Aurland kommune)
- Geologiske kart (NGU)

- ↗ Aktsomhetskart (NVE)
- ↗ Nasjonal skredatabase (NGU)
- ↗ Meteorologiske data fra met.no (e-klima)
- ↗ Tidligere skredrapport fra NGI
- ↗ Modell for beregning av steinsprangutløp (Rockyfor 3D)
- ↗ Erfaring fra prosjekter under lignende forhold

2 Lovverkets sikkerhetskrav mht skred

Plan- og bygningsloven med tilhørende forskrift stiller krav til sikkerhet mot skred for byggverk (TEK10, med endringer fra 01.04.2014):

1. Byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område.
2. For byggverk i skredfareområde skal sikkerhetsklasse for skred fastsettes. Byggverk og tilhørende uteareal skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred, herunder sekundærvirkninger av skred, slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabell 1 ikke overskrides.

Tabell 1. Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde (Direktoratet for byggekvalitet, 2012)

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	liten	1/100
S2	middels	1/1000
S3	stor	1/5000

Sikkerhetsklasse S1

Sikkerhetsklasse S1 omfatter tiltak der et skred vil ha liten konsekvens. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt ikke oppholder seg personer og der det er små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser.

Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er

- ↗ garasje, uthus og båtnaust
- ↗ mindre brygger
- ↗ lagerbygning med lite personopphold

Sikkerhetsklasse S2

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.

Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er

- enebolig, tomannsbolig og eneboliger i kjede/rekkehus/boligblokk/fritidsbolig med maksimum 10 boenheter
- arbeids- og publikumsbygg/brakkerigg/overnattingssted hvor det normalt oppholder seg maksimum 25 personer. Byggverk der det er nødvendig å kreve et høyere sikkerhetsnivå ut fra hensynet til personsikkerhet inngår i sikkerhetsklasse S3, eksempelvis sykehjem, skole og barnehage.
- driftsbygning i landbruket
- parkeringshus og havneanlegg

For bygninger som inngår i sikkerhetsklasse S2 kan kravet til sikkerhet for tilhørende uteareal reduseres til sikkerhetsnivået som er angitt for sikkerhetsklasse S1 (1/100). Dette fordi eksponeringstiden for personer og dermed faren for liv og helse normalt vil være vesentlig lavere utenfor bygningene.

Sikkerhetsklasse S3

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

For bygninger som inngår i sikkerhetsklasse S3 kan det vurderes å redusere kravet til sikkerhet for tilhørende uteareal til sikkerhetsnivået som er angitt for sikkerhetsklasse S2 (1/1000), dersom dette vil gi tilfredsstillende sikkerhet for tilhørende uteareal. Momenter som må vurderes i denne sammenheng er eksponeringstiden for personer, antall personer som oppholder seg på utearealet, mv.

Skred, eksempelvis store fjellskred, kan føre til flodbølger i fjorder og innsjøer som kan få store konsekvenser for mennesker og miljø. Fra store skred i bratt terreng kan det forekomme skadelige lufttrykkvirkninger. Kravene gjelder også for slike sekundærvirkninger av skred.

Sikring mot skred

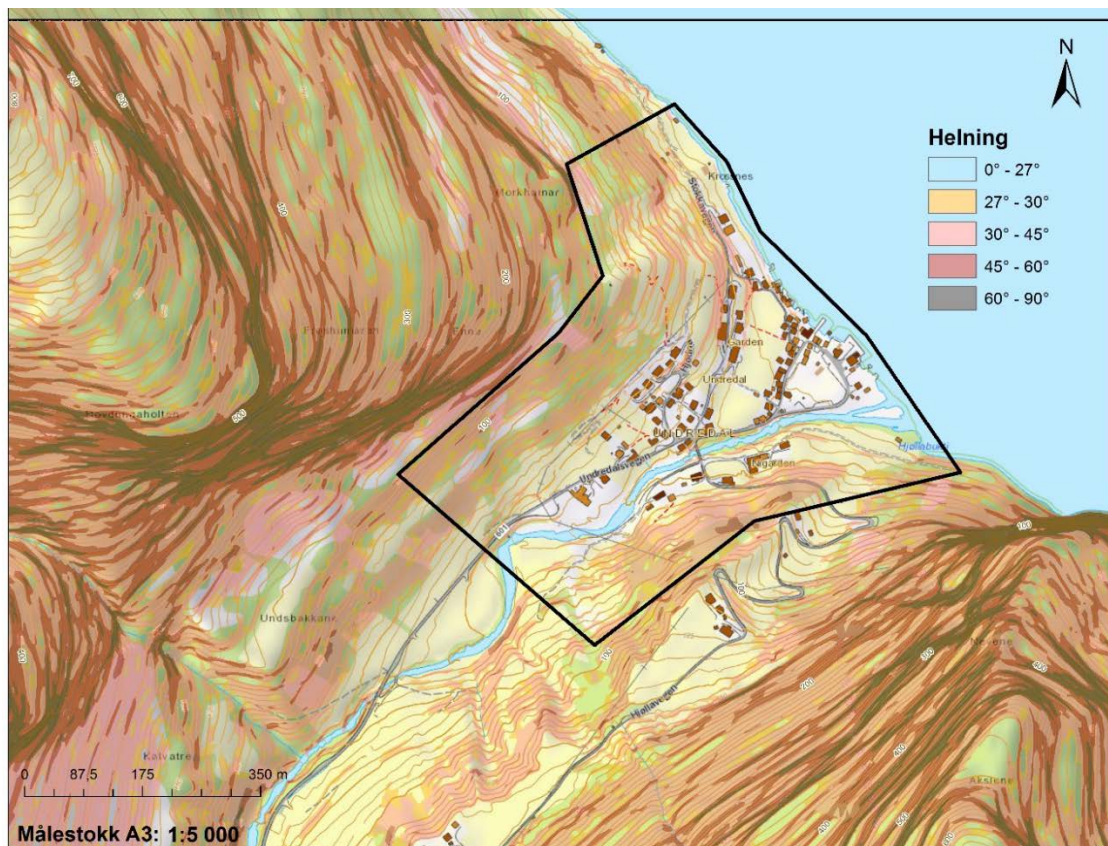
Byggverk som reguleres av sikkerhetskravene i § 7-3 (Direktoratet for byggkvalitet, 2012) annet ledd, kan plasseres i områder der sannsynligheten for skred er større enn minstekravet i forskriften. Forutsetningen er at det gjennomføres sikringstiltak som reduserer sannsynligheten for skred mot byggverket og tilhørende uteareal til det nivå som er angitt i forskriften.

3 Topografisk og klimatisk beskrivelse

3.1 Topografi

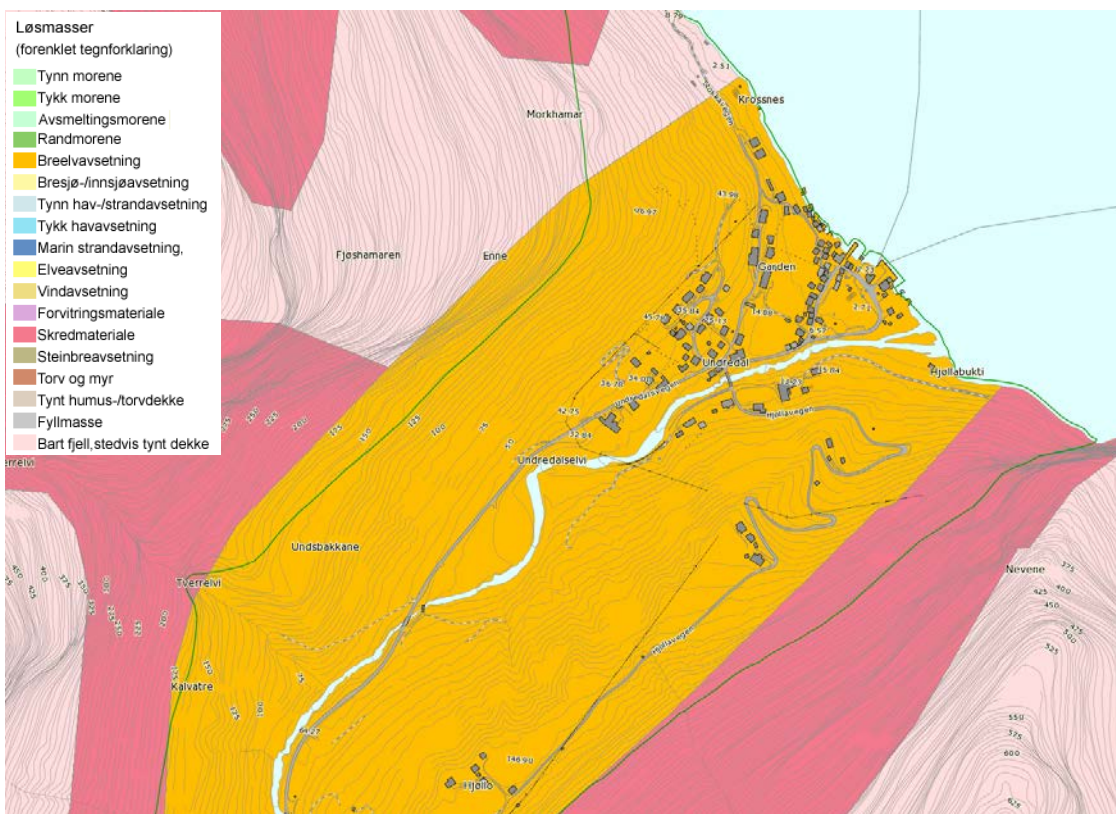
Bebyggelsen i Undredal ligger på utflatinger nede ved fjorden under bratte og rundt 1000 m høye fjellside på begge sider. Øverst i fjellsidene på begge sider av dalen er det flere skrentpartier, særlig i øvre deler av nordlige fjellside.

Figur 2 viser et helningskart som viser at store deler av fjellsidene er brattere enn 30° som er nedre grense for utløsning av snøskred og jordskred, mens steinsprang vanligvis blir utløst fra helninger brattere enn 45°.

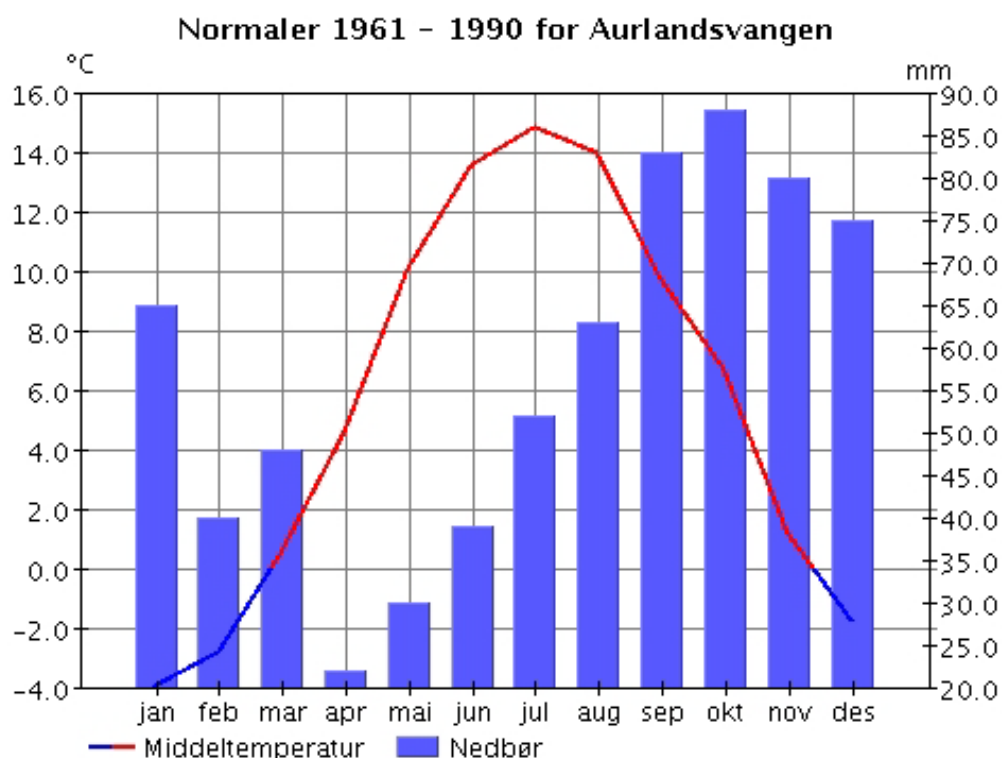


Figur 2 Helningskart. Kartleggingsområdet er vist som svart polygon.

Nedenfor skrentområdene, særlig på nordsiden av dalen, ligger det stedvis urmasser som tyder på at det har foregått hyppige utfall av stein etter at isen trakk seg tilbake. Marin grense (øvre grense for hvor høyt havet har stått) ligger på rundt 125 m oh., og under denne grensen er det breelvavsetninger som i dag for en stor del er beitemark. Ovenfor marin grense er det bart fjell eller tynt løsmassedekke utenfor områder dekket med ur (figur 3). Det ligger to relativt markerte terrasser i terrenget som representerer tidligere havnivå.



Figur 3 Løsmassekart utgitt av NGU

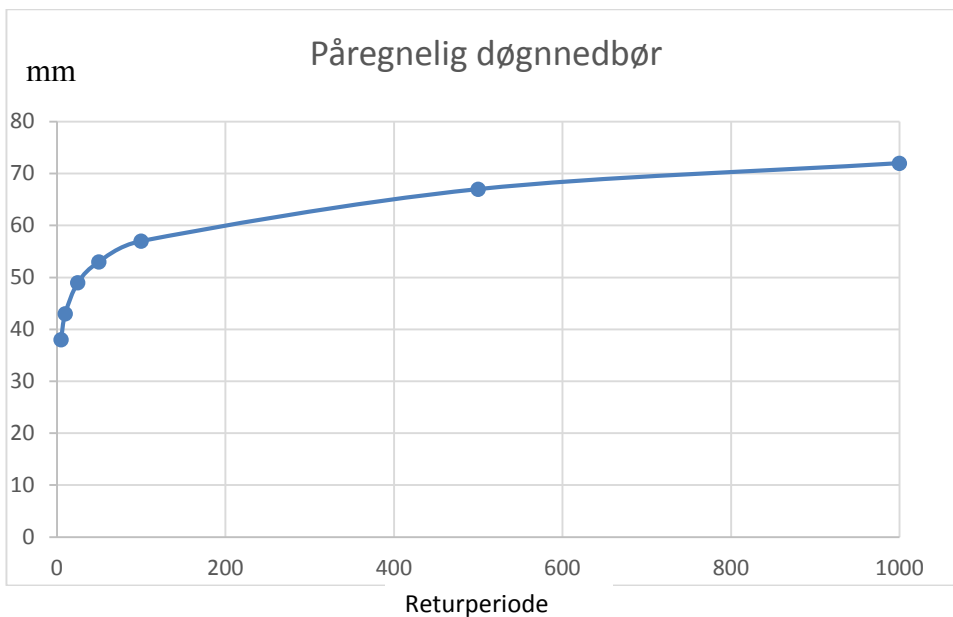


Figur 5 Månedsnormaler for stasjonen Aurlandsvangen

Tabell 2 Maksimal observert døgnnedbør Aurland (stasjonsnummer 53700) pr. måned (1957-2014)

Måned	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des
Maks	53,5	42,9	45	23,9	22	30,6	30,6	35,5	43,2	50,6	48,9	40,6
Årstall	1957	1993	1990	1984	2009	1971	2008	1983	2005	1991	1999	1966

Basert på statistisk ekstremverdianalyse vil døgnnedbøren kunne nå 70 mm i løpet av en tusenårsperiode (Figur 6). Under slike forhold må det forventes utløsning av jord- og flomskred. Kommer det så store nedbørmengder som snø vil det kunne gå store snøskred. Elva som renner gjennom Underdal ble utsatt for store flomskader i forbindelse med uværet 28-29. oktober 2014, og flere jord- og flomskred ble også utløst i nærområdet. Målt nedbør viser stor lokal variasjon, og ut fra senorge.no kan det ha kommet opp mot 200 mm nedbør i fjellområdene disse to dagene. Store skader ble observert i Flåmvassdrager ca. 5 km sørøst for Undredal og langs Undredalselvi.



Figur 6 Påregnelig døgnedbør basert på nedbørdata fra Aurlandsdalen

Vintrene har normalt hyppige innslag av mildvær som fører til at snømengdene er begrensete nede ved kysten, men i fjellområdene kan det ligge flere meter snø. Til tross for at nedbørmengdene er såpass lave, kan området utsettes for store snøskred der terrenget ligger til rette for det, men hyppigheten er begrenset i forhold til lignende områder lenger ut mot kysten. I dalføret sør og ovenfor sentrumsområdet er det flere kjente snøskredbaner hvor det kommer snøskred ned til vegen relativt ofte.

4 Kort beskrivelse av aktuelle skredtyper i området

4.1 Snøskred

Snøskred utløses vanligvis der terrenget er mellom 30° og 50° bratt. Der det er brattere, glir snøen ut i små porsjoner uten at det dannes større snøskred. Fjellsider som ligger i le for de vanligste nedbørførende vindretninger er mest utsatt for snøskred. Likeledes går det oftest skred i skar, bekkedaler og andre forsenkninger fordi det samles opp mest snø på slike steder.

Fjellrygger og fremstikkende knauser blåses som regel frie for snø. Hvis skogen står tett i fjellsiden vil dette hindre utløsning av snøskred. Forutsetningen er at trærne er så høye at de ikke snør ned. Som regel må det komme fra 0,5-1 m snø i løpet av to til tre døgn sammen med sterk vind for at store snøskred skal bli utløst. Markerte temperaturstigninger kan også føre til at det går snøskred.

4.2 Sørpeskred

Sørpeskred er en spesiell type snøskred der snøen inneholder så mye vann at den blir flytende. Skredene følger helst bekke- og elvedrag, og kan starte i myrområder, vann eller slake forsenkninger. Sørpeskred kan løsne og utvikle seg i slake partier (helt ned mot 10-5°) hvor vann får bygge seg opp i snødekket eller nedenfor utløp av snødemte vann og myrer hvor vann bryter seg gjennom snøen og drar med seg snø videre i løpet. Sørpeskredene kan forekomme i ulike terrengetyper og kan være vanskelig å forutsi. Sørpeskred kan nå langt selv i slakt terreng. Størst fare har en når snøen er grovkornet og løst lagret snø og ligger på frossen grunn eller sva (impermeabel grunn), slik at vann ikke drener ned under snødekket.

4.3 Steinskred og steinsprang

Steinskred og steinsprang forekommer vanligvis i bratte oppsprukne fjellpartier der terrenghelningen er større enn 45°. Steinsprangene utløses fra steile sprekker og overheng som kan ha utviklet seg over lang tid. Det vanligste er mindre utfall på noen få kubikkmeter, men større steinskred kan også tidvis forekomme. Steinsprang forekommer helst om våren og høsten, ofte som følge av frysing/tinging eller pga. store nedbørmengder som fører til høyt vanntrykk i sprekke i fjellet. Rotsprengning kan også løse ut steinsprang. Også frittliggende blokker kan bli satt i bevegelse av prosessene nevnt over.

4.4 Jordskred

Jordskred utløses helst i bratte fjellsider der det ligger løsmasser og hvor terrenget er brattere enn 25-30°. Løsmasser med stort finstoffinnhold som for eksempel i leire, kan bli utløst i enda slakere terreng. Oftest er nedbør årsaken til at jordskred utløses.

4.5 Flomskred

Flomskred som følger bekker og elver utløses når vannhastigheten blir tilstrekkelig stor, og bekken/elva begynner å erodere i sedimentene i og langs løpet. I bekker har en erfaringsmessig flomskred i løp med helning ned mot 15°. I elver vil en få samme transportmekanisme av sedimenter når vannhastigheten blir stor nok. Jord- og flomskred blir gjerne utløst etter langvarig nedbør, eller etter korte, men intense regnskyll. Sterk snøsmelting kan også føre til utløsning av slike skred, men da oftest i kombinasjon med regn.

4.6 Mest aktuelle skred i det kartlagte området

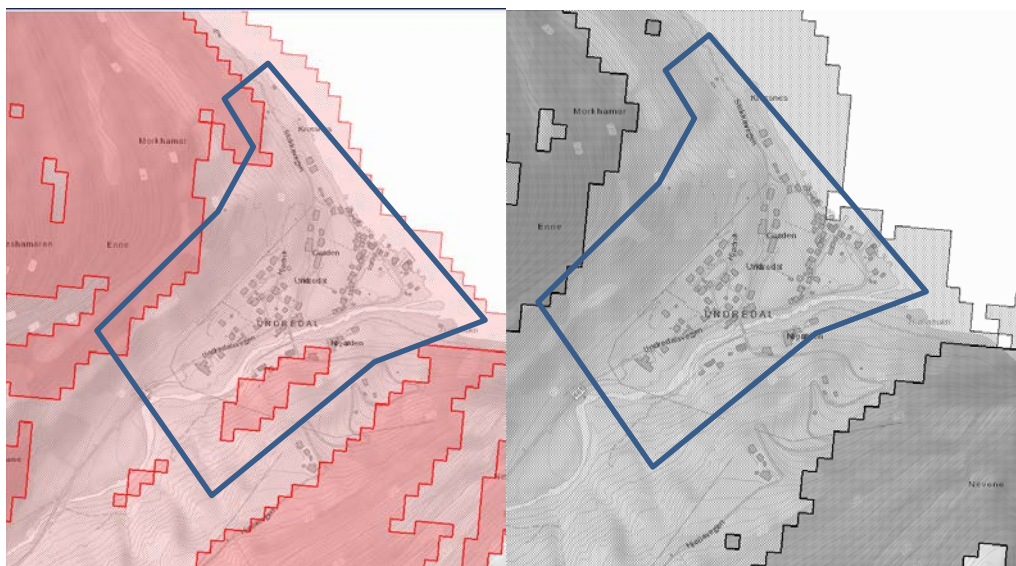
De topografiske forholdene fører til at det er steinsprang som er dominerende skredtype i Underdal. Under uværet i oktober 2014 gikk det i tillegg flere flomskred langs bekkeløp som viser at også denne skredtypen er aktiv under ekstreme nedbørsituasjoner. Mindre

snøskred kan også forekomme fra områder over skoggrensen, men det finnes ikke typiske terrengformasjoner som gir opphav til store snøskred med lang rekkevidde.

5 Tidligere undersøkelser og skredhendelser

5.1 Aktsomhetskart

NVE har utarbeidet et automatisk generert aktsomhetskart for ulike skredtyper for hele landet basert på en grov terrengmodell (25x25 m) uten å ta hensyn til vegetasjon eller klima. Disse kartene er i hovedsak konservative og utstrekningen av aktsomhetssonene kan som regel reduseres ved nærmere kartlegging. Figurene 6-9 viser aktsomhetskartene over Undredal (<http://skredatlas.nve.no>).



Figur 7 Aktsomhetskart for snøskred til venstre og steinsprang til høyre (NVE). Mørk farge er utløsningsområder, lys farge utløpsområder.



Figur 8 Aktsomhetskart jord- og flomskred til venstre og NGIs faresonekart for snø- og steinskred til høyre. Mørk farge er utløsningsområder, lys farge utløpsområder.

Som det fremgår av kartene ligger hele det kartlagte området på Undredal i sin helhet innenfor aktsomhetssonene for snø- og steinskred. Mindre deler blir også berørt av aktsomhetssoner for jord- og flomskred. NGIs kart som viser faresoner for snø- og steinskred ble utarbeidet rundt 1990 og er basert på feltbefaring og klimaanalyser. Disse kartene er derfor mer "nøyaktige" enn de andre aktsomhetskartene, og NVE har uttalt på sine hjemmesider:

"For de arealer som dekkes av aktsomhetskart snø- og steinskred (NGI) kan disse brukes i stedet for det nasjonalt dekkende aktsomhetskartet for snøskred og aktsomhetskartet for steinsprang" (<http://www.nve.no/no/Flom-og-skred/Farekartlegging/Aktsemdkart-for-sno--og-steinskred-NGI/>).

Deler av bebyggelsen ligger innenfor aktsomhetssonen også for denne kartserien.

5.2 Tidligere skredhendelser

5.2.1 Observasjoner under befaringen

Urmasser og observasjoner av skredblokker viser at steinsprang er en aktiv prosess i området. Utbredelsen av observerte skredblokker er benyttet som et viktig grunnlag for å bestemme utbredelsen av faresonen. Det ble ikke observert ferske utfall ned mot bebygde områder, og dette tyder på at bebyggelsen ikke ligger utsatt for stor steinsprangfare. Eksempel på en relativt fersk skredblokk er vist i figur 9.



Figur 9 Fersk skredblokk observert lengst sørvest i det undersøkte området på en utflating ovenfor bebyggelsen lengst vest i det kartlagte området.

Et fersk flomskred ble også observert ned til veien som går inn til Hjøllø like utenfor det kartlagte området (figur 10). Dette skredet ble utløst under flommen 28-29. oktober 2014.

Det renner ikke større bekker med spor etter erosjon innfor det kartlagte området, og vi vurderer at faren for jordskred er liten. Undredalselvi som renner i dalbunnen gjorde vesentlige skader langs løpet under flommen i 2014. NVE gjennomfører omfattende sikringsarbeider langs elva som har bidratt til at faren for fremtidige skader er vesentlig redusert. NGI har ikke vurdert faren for flom og erosjon langs Undredalselvi i dette prosjektet.



Figur 10 Flomskred utløst i forbindelse med flommen i slutten av oktober 2014 med utløp ned til veien som går inn til Hjøllo.

5.3 Historiske skredhendelser

NGU har samlet opplysninger om tidligere skredhendelser i en nasjonal skreddatabase. Disse hendelsen er vist på landsdekkende kart (<http://skredatlas.nve.no/SilverlightViewer/?Viewer=NVEAtlas>), se figur 11.



Figur 11 Registrerte skredhendelser i den nasjonale skreddatabasen markert med firkanter.

Opplysninger om hendelsene kan også hentes fra denne karttjenesten. De fleste hendelsene er definert som steinsprang (grå firkanter), men eksakt beliggenhet av hendelsene er svært usikker. I tillegg er det et jordskred (brun firkant) og et snøskred (hvit firkant):

- Den 28. oktober 1777, eller nokre dagar før, omkom Mons Olssen frå Undredal. "blev ihjelslagen af steene."
- Undredal, gnr. 51. Ein mann frå bruk 4 i Undredal vart 20. juli 1843 drepen av eit steinsprang. Dette var den 29 år gamle Ivar Ellingson Undredal. Det er ikkje kjent kva dette skjedde. "Ramt i fjeldet af nedstyrtende steene." Kartreferansen er vilkårlig plassert i fjellside ved Undredal.

- Den 23. september 1855 omkom Lars Jensen, 50 år, av eit steinsprang. "Thielslaet af en nedstyrtende steenskred." Der er ikkje nærare kjent akkurat kvar dette skjedde i Undredal. Kartreferanse er vilkårleg plassert i fjellside i Undredal.
- I 1957 omkom ein 25 år gamal vegarbeidar frå Undredal då dei freista å byggje tunnel frå Undredalen til Flåm. Dei skulle til på den første tunnelen då mannen vart råka av ein stein som fall ned. Vegprosjektet langs fjorden vart deretter lagt lagt ned. Anleggulykke. Kartreferansen er plassert vilkårleg ved fjorden vest for Undredal.
- Gnr. 50 Hjøllo ligg på ein hjell 100 m oh, og nokre hundre meter sør for garden Undredal. Ein kveld i mars 1990 gjekk eit stort jordskred høgt oppe frå fjellsida og nedover mot husa på bnr. 2. Jordmassane slo heilt ned mot stovehuset og fylte kjellarane, men husa vart ståande, og verken folk eller dyr fekk skade. Volum var ca. 5000 m³.
- Snøskred, uspesifisert. 2000-03-16 02:10:10. Kom ned på veien gjennom dalen ca. 200 m ovenfor bebyggelsen.

5.4 Tidligere rapporter

NGI har kjennskap til to rapporter fra det aktuelle området:

- Skredfarevurdering for bustadfelt og industriområde i Undredal – Aurland utarbeidet av fylkesgeolog Bjørn Falck Russenes i Sogn og Fjordane fylkeskommune i 1981
- Skredfare for planlagt bolig Gnr/Bnr 51/113 i Undredal, Aurland. Teknisk notat datert 12. september 2011 utarbeidet av NGI

I førstnevnte rapport blir det konkludert med at steinsprang truer deler av områdene med planlagt bustadfelt ved Oppigarden/Hjødna. Ovenfor denne delen ble det satt opp et wirenett for å sikre bustadfeltet (figur 12). Også to andre områder ble definert som mulige fareområder for steinsprang.

Den sistnevnte rapporten omhandler skredfaren for en enkelttomt på Krossnes (Gnr/Bnr 51/113) lengst nordøst i foreliggende prosjekt. Tomta ble vurdert til å tilfredsstille kravene til sikkerhet for sikkerhetsklasse S2, dvs. årlig sannsynlighet for skred er lavere enn 1/1000.



Figur 12 Wirenett satt opp ved Hjødna for å stanse eventuelle steinsprang

6 Skredfarevurdering

6.1 Steinsprang

Flere stupbratte skrentpartier kan gi opphav til steinsprang. Basert på observasjoner og forekomsten av ur synes aktiviteten å være høyest på nordsiden av dalen øst for eksisterende bebyggelse (figur 13). Men flere av uravsetningene består av rundet materiale som tyder på at deler kan bestå av utvasket morene. Det ble heller ikke observert mange ferske blokker langs foten av urene. Dette indikerer at hyppigheten av utfall er begrenset. Oppsprekkingsmønsteret tyder på at de fleste utfall skjer ved at blokker velter ut og i liten grad glir ut langs sprekkeplan, og dette bidrar også til at utfallshyppigheten er lav.

Foruten de store skrentpartiene øverst i fjellsiden finnes det også mindre og lavere skrenter nede i fjellsiden som kan gi opphav til lokal steinsprangfare. For eksempel finnes det et relativt aktivt skrentområde rundt kote 110-120 lengst nord i det kartlagte området (figur 14).



Figur 13 Det er særlig skrentpartiene på nordsiden av dalen lengst øst som kan gi opphav til steinsprang ned i det i det kartlagte området

De fleste steinsprang vil stanse der det ligger urmasser. Terrasseflatene som stedvis finnes i to nivåer vil også fange opp eventuelle steinsprang. For øvrig vil også skogen, der den står tett, virke som et effektivt vern mot lange utløp.

Ovenfor de sentrale deler av undersøkelsesområdet på nordsiden av dalen har terrenget en markert ryggform som vil medvirke til at blokken vil spres sideveis og ledes ned på begge sider av ryggen.

Det ble ikke observert mange blokker i nedre deler av fjellsiden i nærheten av bebyggelsen, og dette tyder på at sannsynlighet for at blokker skal nå eksisterende bebyggelse er liten. Det må tas forbehold mot at blokker er fjernet eller sprengt nede på innmarka.

Heller ikke den lokale kjentmannen Jan Inge Magnussen hadde kjennskap til at skredblokker hadde nådd bebyggelsen.

For å vurdere rekkevidden av steinsprang med ulik returperiode har vi foruten observasjoner ute i felt også benyttet en dynamisk modell kalt RockyFor3D. Modellen er nærmere beskrevet og et eksempel på en simulering er vist i Vedlegg A.



Figur 14 Lokal skrent ved kote 110-120 ovenfor Krossnes lengst nord i undersøkelsesområdet med spor etter tidligere utfall

6.2 Flom- og sørpeskred

Eneste bekkeløp der flom- og sørpeskred kan tenkes å utgjøre et faremoment for det kartlagte området er bekkeløpet kalt Skreda som kommer ned på Hjøllavegen 300 m nordøst for gården Hjøllø. Skredmasser med årlig sannsynlighet 1/1000 vurderes å kunne nå ned til Undredalselvi i dalbunnen, men skredmasser vil i liten grad kunne nå inn i det kartlagte området.

6.3 Snøskred

De topografiske forholdene og skogen fører til at faren for utløsning av snøskred er liten. Mindre utglidninger av snø fra bratte svaberg kan forekomme lokalt, men størrelsen er så liten at rekkevidden blir svært begrenset. NGI vurderer at sannsynligheten for at snøskred skal nå inn i det kartlagte område er mindre enn 1/5000 pr. år.

6.4 Jordskred

Under feltbefaringen ble det ikke observert spor etter tidligere jordskred. VI har heller ikke fått opplysninger om at det skal ha gått jordskred innenfor det kartlagte området. Vi vurderer derfor at den årlige sannsynligheten for jordskred er lavere enn 1/1000. Lengst sørvest i kartleggingsområdet er det en bratt løsmasseskråning som er vurdert å kunne gi opphav til mindre overflateskred med årlig sannsynlighet på 1/5000.

6.5 Andre skredtyper som ikke er vurdert

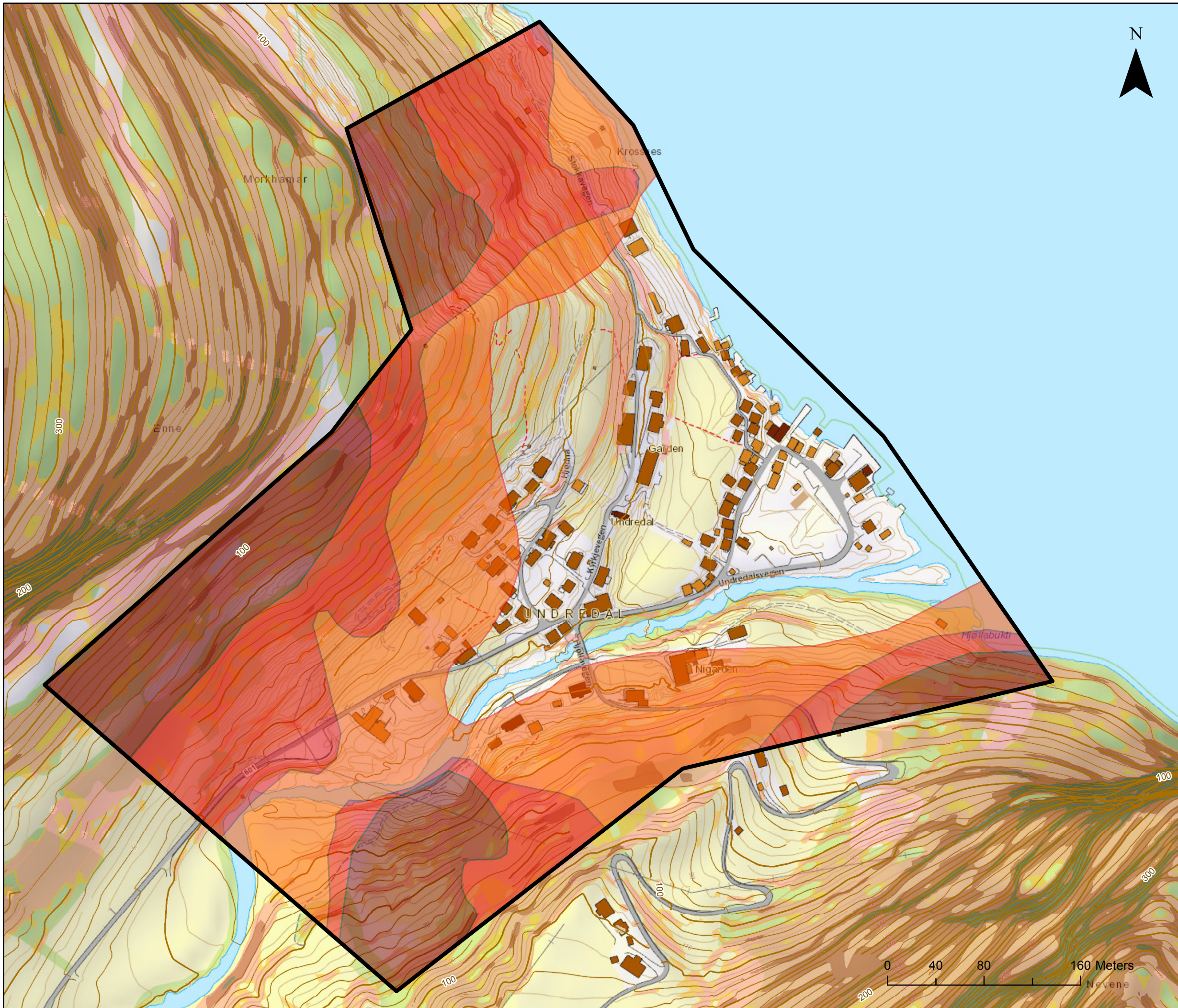
Faren for større fjellskred og undersjøiske skred er ikke vurdert i foreliggende rapport. Vi har ikke opplysninger eller gjort observasjoner som skulle tilsi at disse faretypene utgjør fare for det kartlagte området. Utglidninger i strandsonen er som regel utløst som følge av menneskelig aktivitet (utfyllinger).

7 Faresoner

Faresoner for utbredelse av skred med årlig sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000 er vist på Kart 01 på neste side. Ingen eksisterende bebyggelse ligger innenfor faresonen 1/1000 som er kravet til sikkerhet for bolighus (S2).

Steinsprang er dimensjonerende faretype i de aller fleste tilfellene.

Faresonene er vurdert ut fra dagens vegetasjonsforhold. Skogen vil ha en bremsende effekt på skred, og vil dessuten binde snødekket og hindre utløsning av snøskred. Eventuell uttak av skog bør derfor skje kontrollert uten at det skjer flatehogst over store arealer.



Tegnforklaring

Kartlagt område

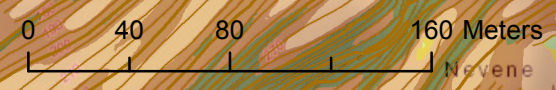
Faresoner

Årlig sannsynlighet

- $\geq 1/5000$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/100$

Målestokk (A3): 1:3 000

Aurland kommune		
Undredal	Prosjektnr. 20150027	Kart nr. 01
Faresoner	Utført FS	Dato 2015-06-08
	Kontrollert UD	Godkjent FS



Vedlegg A

MODELLERING AV STEINSPRANG MED ROCKYFOR3D

Innhold

A1 Beskrivelse av RockyFor3D modellen 2

Kart A-01: Resultat av en simulering med modellen

A1 Beskrivelse av RockyFor3D modellen

For å beregne rekkevidden av steinsprang har vi benyttet Rockyfor 3D. Rockyfor3D er en modell som beregner utløp av steinsprang (som enkeltblokker) ved hjelp av deterministiske og stokastiske algoritmer. Modellen kan inkludere interaksjon med vegetasjon og sikringstiltak.

Modellen er utviklet av Luuk Dorren og Frédéric Berger og er tilgjengelig for medlemmer av organisasjonen ecorisQ. NGI har et samarbeid med denne organisasjonen og har fått tillatelse til å benytte den både i forsknings- og oppdragsvirksomhet. NGI har jevnlig kontakt med utviklerne og gir tilbakemeldinger på praktisk bruk. Algoritmene i modellen er utviklet gjennom ulike forskningsprosjekt og deler er beskrevet i artikler og presentert på internasjonale konferanser. For en oversikt over artikler, se www.ecorisq.org. Algoritmene oppdateres regelmessig og informasjon om dette sendes ut til medlemmene i ecorisQ.

Algoritmene er implementert i MATLAB og modellen kjøres ved hjelp av en runtime lisens. Det er ikke tilgang til kildekoden, men modellen er utmerket beskrevet i dokumentet "Rockyfor3D revealed, Transparent description of the complete 3D rockfall model", som følger med modellen:

(http://www.ecorisq.org/docs/Rf3D_v5_1_EN.pdf).

Parametere som må inkluderes i modellen er kort beskrevet under:

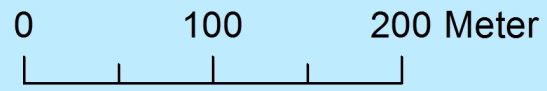
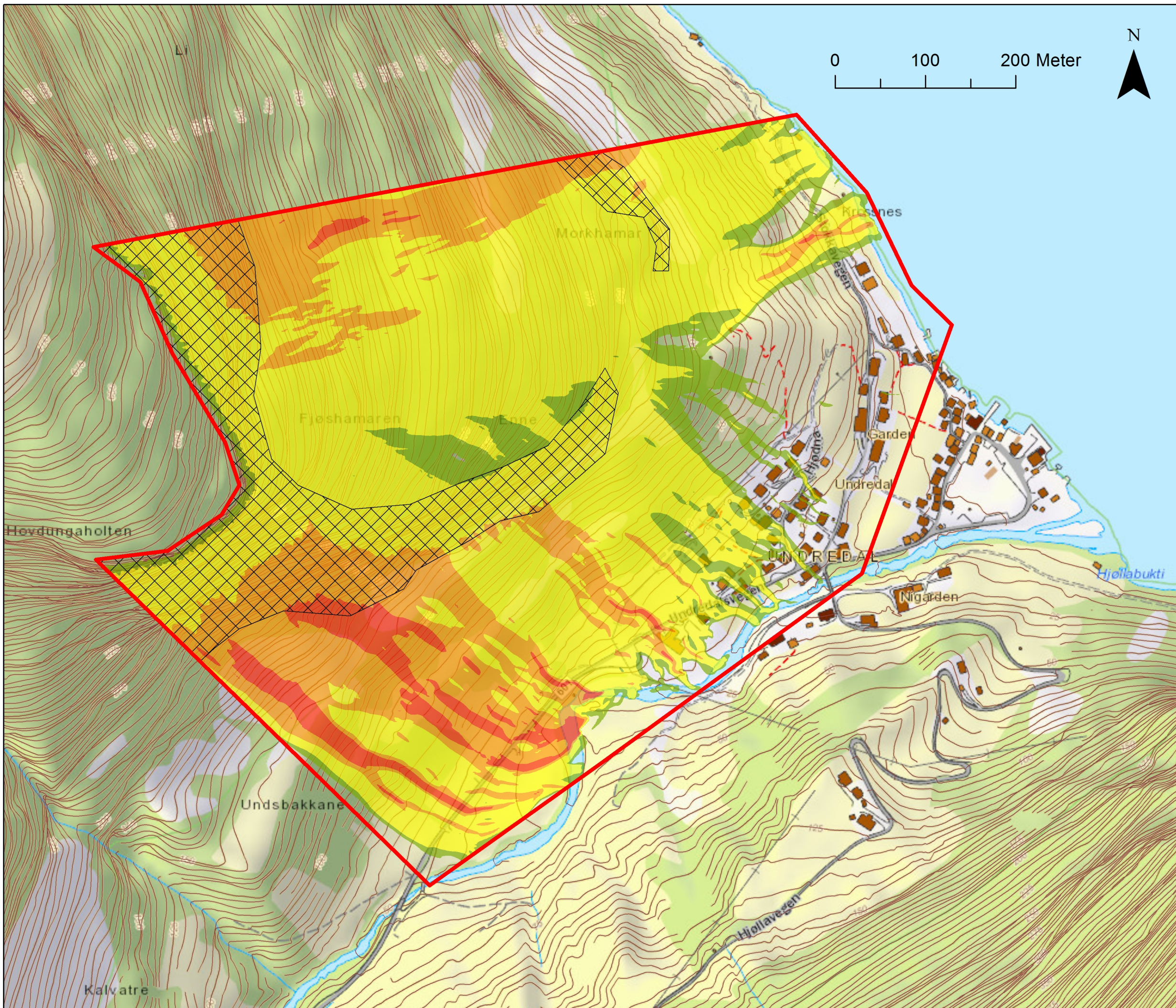
- ↗ Antall simuleringer per celle
 - Antall blokker som simuleres fra hver celle i terrengmodellen.
- ↗ Variasjon av blokkvolum (%)
 - Gir mulighet til å legge inn variasjon av forhåndsdefinert blokkvolum
- ↗ Ekstra start fallhøyde (m)
 - Blokker kan gis ekstra oppstartsenergi ved å gi dem ekstra fallhøyde i starten
- ↗ Terrengmodell
 - Terrengmodellen (raster) som ønskes brukt.
- ↗ Beregningsområde
 - En polygon som definerer hvilket område beregningene skal kjøres for. En enkelt polygon må være selektert.
- ↗ Bakketype
 - Laget med definisjoner for bakketyper. Det er 0 – 6 forskjellige forhåndsdefinerte bakketyper som kan velges mellom.
- ↗ Løsneområde
 - Laget med definisjoner av potensielle utløsningsområder for steinsprang. Form og mål (lengde x bredde x høyde) på blokker må defineres for hvert løsneområde.

↗ Ruhet


- Laget med definisjoner av terrengets ruhet.

Rockyfor3D er i Undredal kjørt med blokkstørrelse 5 m^3 . Videre har vi kjørt simulering med 100 utfall fra hvert grid ($5 \times 5 \text{ m}$) i løseområdene. Resultatet av modellen gir en indikasjon på hvordan terrenget bremses opp, sprer (eller styrer) blokkene og hvor langt de kan nå.






Starthastighet for alle blokker er 5 m fall.




Tegnforklaring

 Løsneområde

Antall passeringer

-  0 - 500
-  501 - 1 000
-  1 001 - 5 000
-  5 001 - 10 000
-  10 001 - 40 000

Målestokk (A3): 1:4 000

Aurland kommune		
Undredal	Prosjektnr. 20150027	Kart nr. A-01
RockyFor3D	Utført FS	Dato 2015-06-05
	Kontrollert UD	Godkjent FS
		

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Detaljert kartlegging av faresoner i Undredal		Dokumentnr./Document no. 20150027-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Distribusjon/Distribution Begrenset/Limited	Dato/Date 2015-06-11
		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 / 2015-06-11
Oppdragsgiver/Client Aurland kommune		
Emneord/Keywords Skredfare, Faresonekartlegging		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Sogn og Fjordane	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Aurland	Felt navn/Field name
Sted/Location Undredal	Sted/Location
Kartblad/Map 1416 IV Aurland	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone 32 E397244 N6758845	

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	2015-06-11 Frode Sandersen	2015-06-11 Ulrik Domaas		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 11. juni 2015	Prosjektleder/Project Manager Frode Sandersen
--	-----------------------------------	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

