



RAPPORT

Flåm sentrum

FARESONER FOR REGULERINGSPLAN

DOK.NR. 20160249-01-R

REV.NR. 0/ 2016-06-10

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: Flåm sentrum
Dokumenttittel: Faresoner for reguleringsplan
Dokumentnr.: 20160249-01-R
Dato: 2016-06-1030
Rev.nr. / Rev.dato: 0/

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Aurland kommune
Kontaktperson: Jan Olav Møller
Kontraktreferanse: Oppdragsbekreftelse 31.03.2016

for NGI

Prosjektleder: Ulrik Domaas
Utarbeidet av: Ulrik Domaas, Peter Gauer
Kontrollert av: Frode Sandersen

Sammendrag

I fra fjellsiden nord og vest for reguleringsområdet i Flåm er snøskred, flomskred og steinsprang relevante faretyper. Flere situasjoner med snøskred, flomskred og steinsprang er kjent i området, og NGI har tidligere utført vurderinger i tre områder innenfor reguleringsområdet. I tillegg er det utført nye beregninger av snøskred med en dynamisk beregningsmodell (RAMMS) for å vurdere rekkevidden av snøskred for ulike returperioder. Vi har også gjennomført en ny evaluering av steinsprangrekkevidden med nyere versjon av Rocfall (versjon 5.0). Faresoner for returperioder på 100, 1000 og 5000 år er vist på Kart nr. 02.

For de sørligste delene av feltet er snøskred dominerende faretype, mens steinsprang dominerer den nordlige delen. I tillegg kan det bli utløst flomskred i tilknytning til bekkeløp flere steder i området. Samlet sett er det få og små områder som har tilfredsstillende sikkerhet for ny bebyggelse nord og vest for Flåmselva.

Innhold

1	Innledning	5
2	Lovverkets krav til sikkerhet	5
2.1	Sikkerhetsklasser for skred (utdrag)	5
3	Beskrivelse av klimatiske forhold	7
4	Beskrivelse av terrengforhold	10
5	Områdebeskrivelse	11
6	Kort beskrivelse av skredfaretyper	12
6.1	Steinskred og steinsprang	12
6.2	Flomskred	12
6.3	Snøskred	12
6.4	Jordskred	12
6.5	Sørpeskred	12
7	Tidligere skredhendelser	13
7.1	Hendelser registrert på hovedvei fra sørvest mot tunnel i nordøst	14
7.2	Andre steinsprangobservasjoner	14
8	Beskrivelse av hvilke metoder som er benyttet	15
9	Vurdering av snøskredfare	15
9.1	Snøskred i Norpa	15
9.2	Snøskred nedover Sitjane	16
9.3	Snøskred i Haragjuvet	17
10	Flomskredfare	18
11	Steinsprangfare	19
12	Referanser	19

Kart

Kart nr. 01	Utløsningsområder for snøskred med beregninger av skredhastighet (RAMMS-modell)
Kart nr. 02	Faresoner TEK10 §7.3

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Aurland kommune arbeider med en reguleringsplan fra Flåm sentrum (Kart nr. 01) og trenger en skredfarevurdering relatert til sikkerhetsklassene S1, S2 og S3 (returperiodene 100, 1000 og 5000 år) for dette området.

NGI har utført skredfarevurderinger i sentrumsområdet tidligere (NGI-rapport 20120056-01-R og 20081045-1) og resultatene fra disse vurderingene er brukt som grunnlag for å trekke faregrensene i denne rapporten. Det er utført sikringsarbeider på to steder ovenfor (nord for) bebyggelsen (Campingplass og Vandrarheim). Effekten av disse tiltakene relatert flomskred og snøskred er ikke kjent og er heller ikke vurdert i det foreliggende arbeidet. For å vurdere sikringseffekten av disse tiltakene trenger vi nøyaktig dimensjoner eller plassering av tiltakene.

NGI har arbeidet med tiltak ved en kommunal lagerplass vest i det aktuelle reguleringsområdet og har i den sammenheng utført beregninger og vurdert returperioder på skred knyttet opp mot foreslåtte tiltak (NGI-prosjekt 20160240).

2 Lovverkets krav til sikkerhet

Arbeidet skal leveres med kart som viser alle sikkerhetsklasser i TEK10 §7.3. For komplett tekst se link: <http://dibk.no/no/byggeregler/tek/2/7/7-3/>.

2.1 Sikkerhetsklasser for skred (utdrag)

Ved plassering av byggverk i skredfarlige områder er det i § 7-3 annet ledd definert tre sikkerhetsklasser for skred, inndelt etter sannsynlighet for og konsekvens ved skred. Sikkerhetskravene i de tre klassene er satt ut i fra at sikkerheten skal ivaretas både for menneskeliv og for materielle verdier.

Tilfredsstillende sikkerhet mot skred er angitt som en største nominell årlig sannsynlighet for skred. Sannsynligheten i tabellen angir den årlige sannsynligheten for skredskader av betydning, dvs. skred med intensitet som kan medføre fare for liv og helse og/eller større materielle skader. Dette innebærer at en for de fleste skredtyper kan redusere utløpsområdet i forhold til det maksimale utløp til skred med den aktuelle sannsynligheten.

Kravet i forskriften er formulert ut i fra at desto større konsekvensen av skred kan være, desto lavere nominell sannsynlighet for skred kan aksepteres. Dette gjenspeiles i de tre sikkerhetsklassene for skred.

I vurderingen av hvilken sikkerhetsklasse byggverket kommer i, må det tas hensyn til konsekvenser for liv og helse, samt økonomiske verdier.

Sikkerhetskravene i § 7-3 annet ledd kan oppnås enten ved å plassere byggverket utenfor skredfarlig område, ved sikringstiltak som reduserer sannsynligheten for skred mot byggverket og tilhørende uteareal eller ved å dimensjonere og konstruere byggverket slik at det tåler belastningene et skred kan medføre. Der det er praktisk mulig bør en velge det første alternativet, dvs. plassere byggverket utenfor området hvor det er skredfare.

Retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for skred:

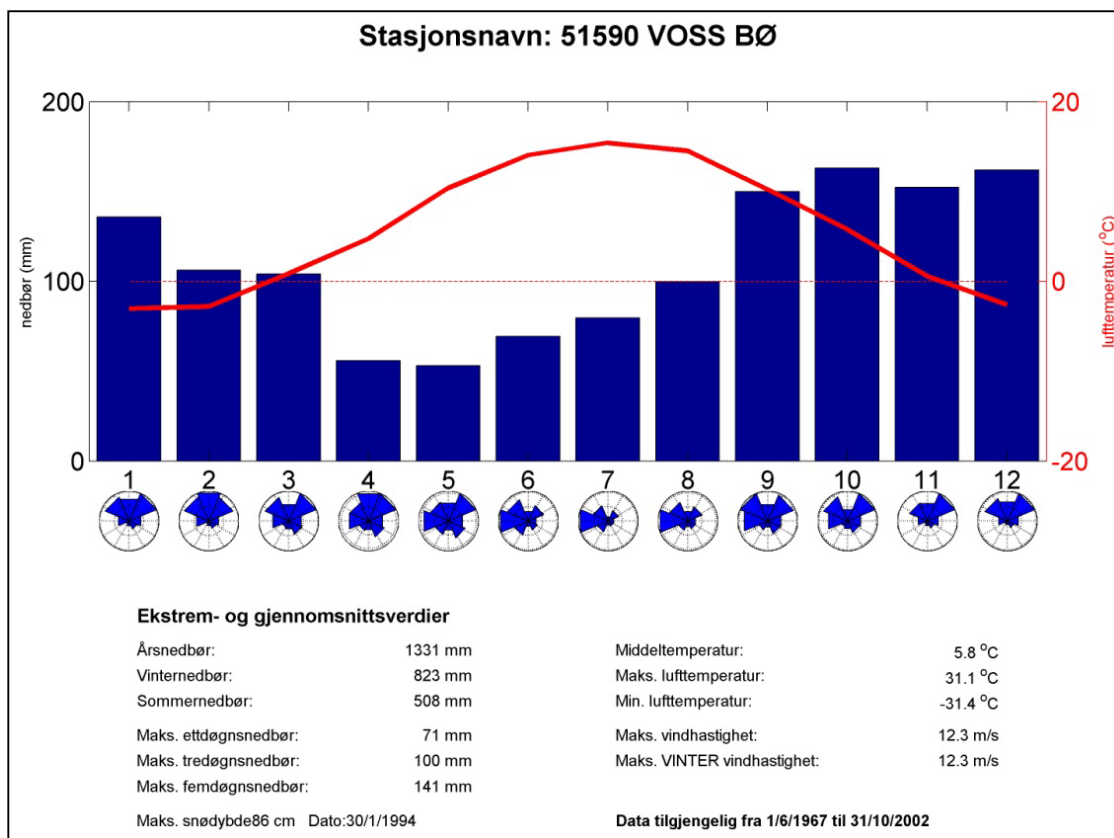
- Sikkerhetsklasse S1 (årlig sannsynlighet 1/100) omfatter tiltak der et skred vil ha liten konsekvens. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt ikke oppholder seg personer og der det er små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er garasje, uthus og båtnaust, mindre brygger, lagerbygning med lite personopphold. Enkelte mindre tilbygg, påbygg, ombygginger og bruksendringer er omfattet av sikkerhetsklasse S1, se tredje ledd.
- Sikkerhetsklasse S2 (årlig sannsynlighet 1/1000) 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 eller overnattingssted hvor det normalt oppholder seg maksimum 25 personer. 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 (årlig sannsynlighet 1/5000) 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.

Sikring mot skred

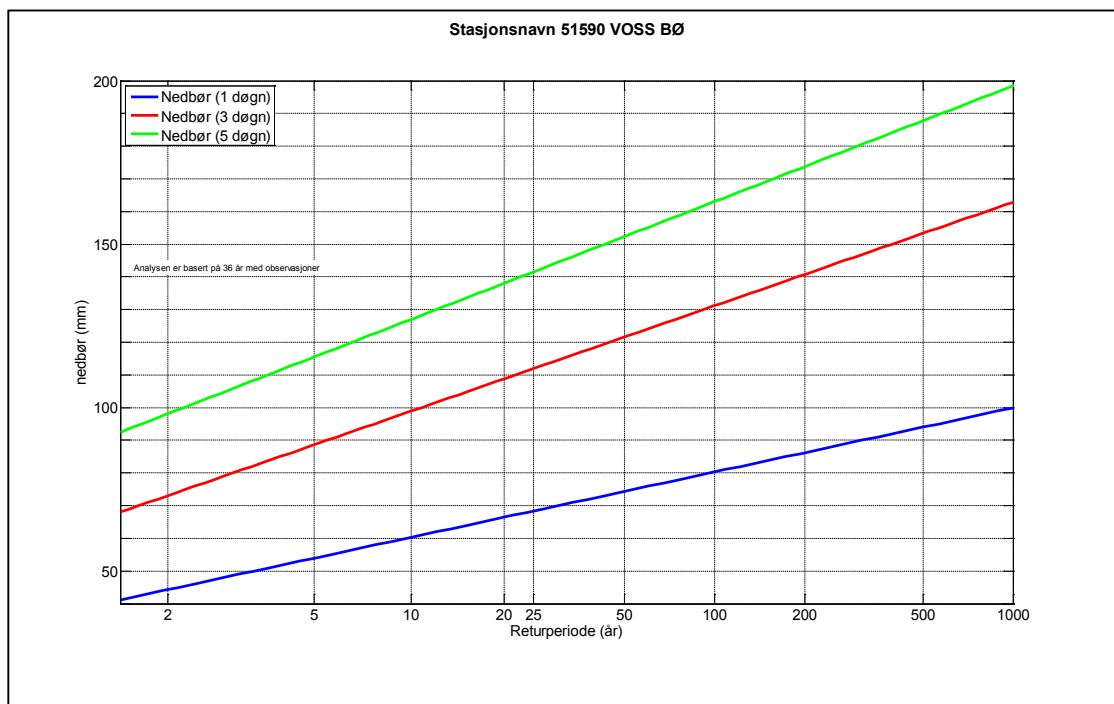
Byggverk som reguleres av sikkerhetskravene i § 7-3 annet ledd kan plasseres i områder der sannsynligheten for skred er større enn minstekravet i forskriften. Forutsetningen er at det gjennomføres sikringstiltak som reduserer sannsynligheten for skred mot byggverket og tilhørende uteareal til det nivå som er angitt i forskriften. Bygninger kan dimensjoneres til å tåle krefter fra skred dersom skredlastene ikke er for store. Maksimal skredlast bør ikke være større enn anslagsvis 50 kPa-60 kPa.

3 Beskrivelse av klimatiske forhold

Værforholdene i fjellet for Flåm er vurdert ut fra værdata og analyser fra Voss (Figur 1 og Figur 2) og Reimegrend (Figur 3 og Figur 4).



Figur 1 Månedsnormaler for Voss.

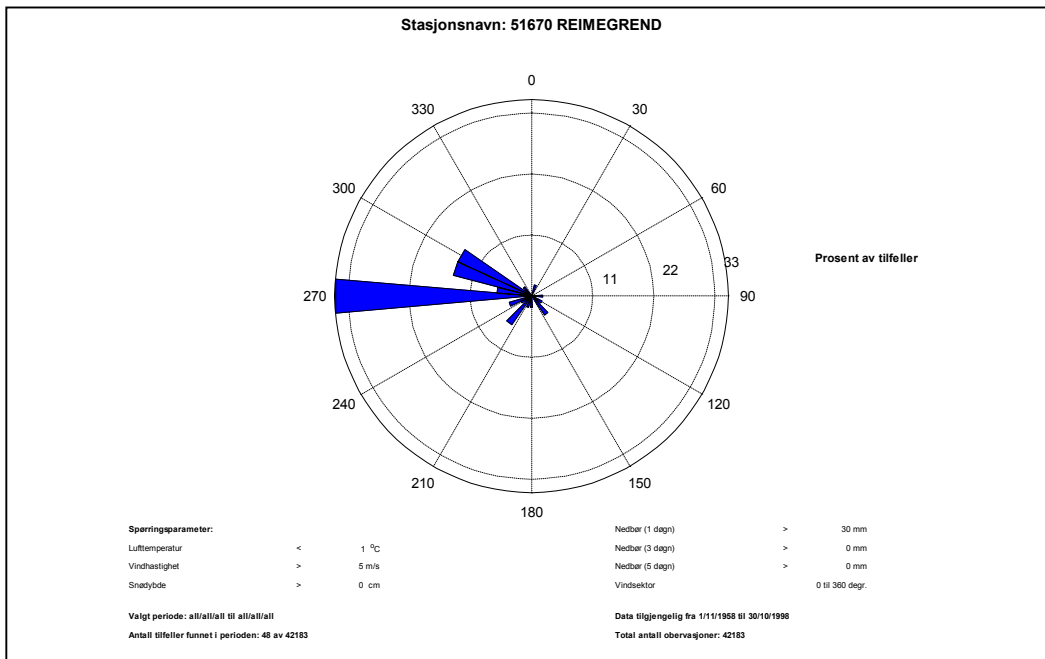


Figur 2 Nedbørsummer for ett, tre og fem døgn relatert returperiode for Voss. Ekstrapoleringen skjer ut fra 36 år med målinger og usikkerheten øker med returperioden.

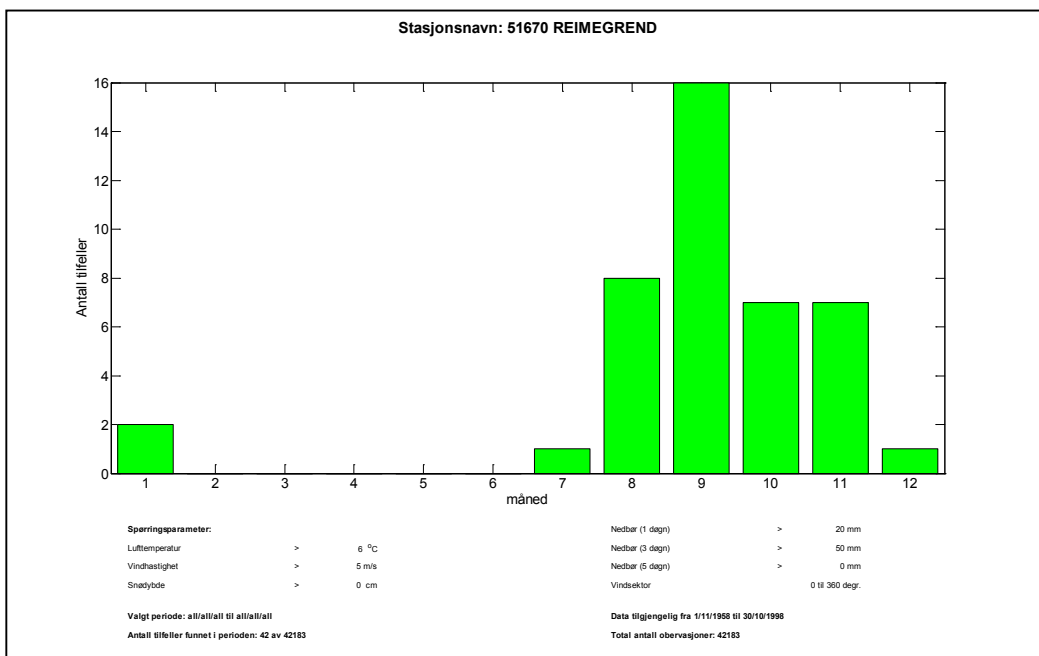
Målingene fra Voss og Reimegrend tyder på at fjellområdene nord for Flåm i sjeldne tilfeller kan få relativt store nedbørmengder (Reimegrend er imidlertid mer nedbøruitsatt enn Flåm).

For Reimegrend har vi sett på hvilke vindretninger som dominerer med nedbør som snø og vind over 5m/s. Forholdene her vil trolig også være representative for fjellet nord for Flåm sentrum. Det er oftest under vestlig, vestnordvestlig og av og til med sørlige vinder at det faller nedbør som snø. Når det er mildværsinnslag med mye regn er det tilsvarende vest til sørlige vindretninger som dominerer.

Fjellsiden ovenfor Flåm sentrum ligger le for vind fra sektoren fra sørvest til nord. Fjellsiden øverst danner en smal rygg mot Frondalen i vest og nord, og det er lite areal der vinden kan ta tak og føre snø ut i den aktuelle fjellsiden. Det vil likevel legge seg tilstrekkelig snømengder ved sterk vind til at snøskred kan bli utløst, men da mest sannsynlig med begrenset størrelse.



Figur 3 Vindrose som viser hvilke vindretninger som dominerer under nedbør og kjølig vær ved Reimegrend



Figur 4 Antall mildværsinnslag (over +6°C) med kraftig regn (over 20mm og 50mm på hhv ett og fem døgn) fordelt på månedene i året (Reimegrend).

Figur 4 viser også at høsten er mest utsatt for kraftig nedbør ved Reimegrend, men det inntreffer slike situasjoner også i desember og januar. Når det samtidig er snø på bakken kan mildværet utløse våte snøskred eller sørpeskred. Ellers i året kan kraftig nedbør forårsake flomskred, slik det skjedde ved Haugen gård lengre inn i Flåmsdalen under stormen Dagmar (desember 2011). Flåm er også kjent med at flomskred nylig har kommet ned på E16 over lengre strekninger.

Det er verdt å merke seg at det er stor forskjell på nedbørmengdene vinterstid i området. Det kan komme mye snø i fjellet i løpet av noen få dager, mens det sjelden er særlig snødybde ned ved fjorden. Årsnedbøren i Flåm er rundt 500-600 mm, mens det trolig kommer mer enn det dobbelte i fjellet. Ved Myrdal lengre inn i fjellet er årsnedbøren over tre ganger så stor som i Flåm.

4 Beskrivelse av terrengforhold

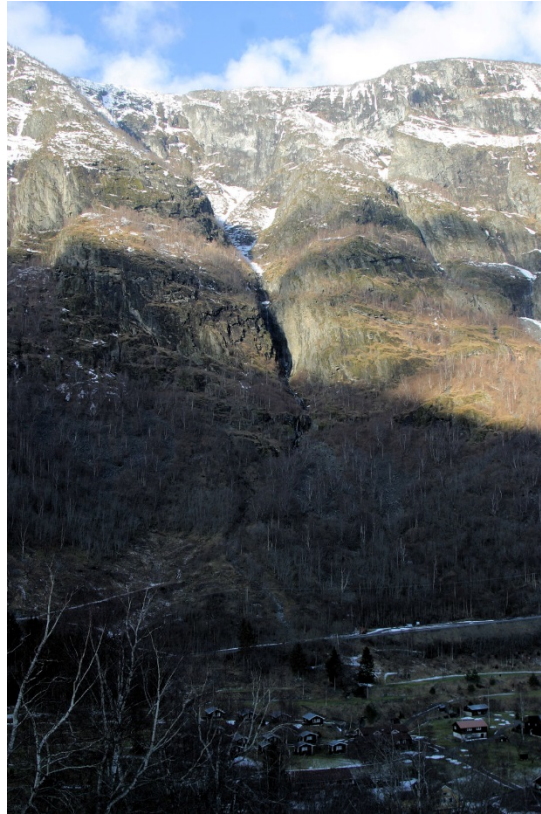
Vanligvis dokumenteres følgende forhold i rapporter:

- ↗ Helningsforhold
- ↗ Terrengformer (utløsningsområdet, skredløpet og utløpsområdet)
- ↗ Vegetasjon
- ↗ Løsmasseforhold
- ↗ Geologi

Vi kan om ønskelig beskrive disse forholdene nærmere i endelig rapport.

5 Områdebeskrivelse

Undersøkellesområdet ligger på elveletten i Flåm lengst sør i Aurlandsfjorden som er en del av Sognefjorden. Området ligger ved foten av den øst- og sørvendte fjellsiden av Midtnosi. Dette er en SV-NØ-gående fjellrygg som i området når opp til mellom 1100 og 1300 moh. (Figur 5). Toppen av ryggen er smal, et par hundre meter bred på det meste, og går over i Frondalen mot nord. Fjellsiden er svært bratt i de øvre delene, med til dels vertikale skrentområder som stedvis er 200 m høye. Det dype skaret Harajuvet preger fjellsiden. En del mindre terrasseringer i fjellsiden gjør at vegetasjonen får feste til dels høyt i fjellsiden.



Figur 5 Bildet viser Flåm Camping med fjellsiden mot nordvest.

I foten av de bratte områdene går fjellsidene over i bratte urer med grov stein (Figur 6 Bildet viser et eksempel på en grovblokkig ur inntil foten av den bratte delen av fjellsiden nord for Flåm Camping.). I de slakere områdene utenfor urene ligger det løsmasseavsetninger fra jordskred, flomskred og avsetninger som er kommet ned med våtsnø- og sørpeskred. I dag skjærer EV 16 seg gjennom disse avsetningene i de nedre delene ovenfor bebyggelsen i Flåm. Utplanering og terrassering nedenfor vegen har fjernet spor av avsetninger fra skred. En større stein bak Vandrarheimen ligger inne i løsmasse-dekket, og kan ha blitt fraktet ned med jordskred.



Figur 6 Bildet viser et eksempel på en grovblokkig ur inntil foten av den bratte delen av fjellsiden nord for Flåm Camping.

6 Kort beskrivelse av skredfaretyper

6.1 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 har utviklet seg over lang tid grunnet forvitring. Det vanligste er mindre utfall på noen fåtalls kubikkmeter, men større steinskred kan også tidvis forekomme. Steinsprang forekommer helst om våren og høsten, ofte som følge av frysing/tining 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.

6.2 Flomskred

Denne skredtypen følger bekker og elver, og kan bli utløst i løp med helning helt ned mot 10-15°. Jord- og flomskred blir gjerne utløst etter langvarig nedbør, eller etter korte, men intense regnskyl. Sterk snøsmelting kan også føre til utløsning av slike skred, men da oftest i kombinasjon med regn.

6.3 Snøskred

Snøskred utløses vanligvis der terrenget er mellom 30° og 55° 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.

6.4 Jordskred

Jordskred utløses helst i bratte fjellsider der det ligger løsmasser og der terrenget er brattere enn 25-30°. Løsmasser med stort finstoffinnhold som for eksempel leire, kan bli utløst i enda slakere terreng. Oftest er nedbør årsaken til at jordskred utløses. Steinsprang kan også utløse jordskred dersom steinblokker treffer vannmetta løsmasser i bratt terreng, og setter disse i bevegelse.

6.5 Sørpeskred

Sørpeskred er en spesiell type snøskred der snøen inneholder så mye vann at den blir flytende. Skredene følger helst bekke- og elvedrag som myrområder, vann eller slake

forsenkninger. Sørpeskred kan løsne i slake partier (helt ned mot 5°). Der vann bygger seg opp i snødekket eller nedenfor utløp av vann og myrer kan vann bryter seg gjennom snøen og danne sørpeskred. Disse kan forekomme i ulike terrengtyper og kan være vanskelig å forutsi. De utløses helst når snøen er løs og lett, i nysnø eller grovkornet løs snø som ligger på frossen grunn eller sva, som følge av sterkt regn eller snøsmelting. Sørpeskred kan nå langt selv i slakt terreng. Sørpeskred kan forekomme i de samme bekke- og elvedragene som flomskred, og det kan i noen tilfeller være vanskelig å skille mellom disse to vannbårne skredtypene.

7 Tidligere skredhendelser

Kjente skredhendelser beskrevet i den nasjonale skredtabasen er vist i Figur 7.



Figur 7 Utsnitt fra skredatals.nve.no for Flom sentrum. Det er kun registrert hendelser med jord og stein i skredatlasen til NVE.

7.1 Hendelser registrert på hovedvei fra sørvest mot tunnel i nordøst

Sitjane (på E16 vest for campingplassen):

- ↗ Løsmasseskred, uspesifisert 26.11.2009 02:47:00
- ↗ Løsmasseskred, uspesifisert 27.11.2011 06:30:00
- ↗ Steinskred, uspesifisert 23.11.2009 17:50:00

Hokjen (på E16 nordvest for Hokjen gårdsbebyggelse):

- ↗ Steinskred, uspesifisert 13.01.1997 02:13:00
- ↗ Løsmasseskred, uspesifisert 26.12.2011 00:00:00
- ↗ Løsmasseskred, uspesifisert 28.10.2014 00:00:00
- ↗ Flomskred 07.03.2015 00:00:00. Skredbeskrivelse:
 Flomskred (vann+stein+jord) på ev. 16 løsnet fra fjell/dalside >200m over veg.
 anslått skredvolum: 100m^3. blokkert veglengde: kun i grøft. Tidspunkt for skredhendelsen kan være usikkert.

På E16 nord for fotballbane:

- ↗ Løsmasseskred, uspesifisert 27.11.2011 07:00:00
- ↗ Løsmasseskred, uspesifisert 26.12.2011 00:00:00

Nord for boligfelt (like før tunnel):

- ↗ Steinskred, uspesifisert 14.11.2010 09:00:00
- ↗ Steinskred, uspesifisert 05.09.2012 00:00:00
- ↗ Løsmasseskred, uspesifisert 28.10.2014 00:00:00
- ↗ Flomskred 07.03.2015 00:00:00. Skredbeskrivelse:
 Flomskred (vann+stein+jord) på ev. 16 løsnet fra fjell/dalside >200m over veg.
 anslått skredvolum: 10m^3. blokkert veglengde: kun i grøft. tidspunkt for skredhendelsen kan være usikkert.
- ↗ Steinsprang (100m^3) 29.01.2016 09:00:00. Skredbeskrivelse: Stein på ev. 16 løsnet fra fjell/dalside. anslått skredvolum: 1m^3. blokkert veglengde: >100m. Tidspunkt for skredhendelsen kan være usikkert.

7.2 Andre steinsprangobservasjoner

INGI-rapport 20081045-1 hvor steinsprangfaren ble vurdert for Hokjen gård er følgende informasjon gitt om steinsprang:

"Steinsprang har ved et par tilfeller nådd ned i området nord for Hokjen gård. En stein nådde midt ut på fotballbanen i ca. 1970, en steinblokk stanset i nordøstre hjørne av fotballbanen i 1992, og en stanset ovenfor gården Hokjen eller like nord for tomt Gnr/Bnr.: 49/2 i 2008. En del steinblokker ble observert ovenfor EV 16 nord og nordvest for gården.

For de øvrige områdene har vi i tillegg til synfaringen vurdert rekkevidde ut fra en empirisk modell som er basert på en analyse av 120 steinsprangområder rundt om i Norge. Resultatene er justert til en returperiode på 1/1000 pr tomt (tomtebredde - 30m). Resultatene av denne vurderingen tilsier at steinsprang kan nå nesten ned til EV 16 (hovedveien) ovenfor Flåm Camping fram til der gardsveien går opp på hovedveien. Grensa forsetter på skrå ned på eiendommen mot øst og over fotballbanen."

8 Beskrivelse av hvilke metoder som er benyttet

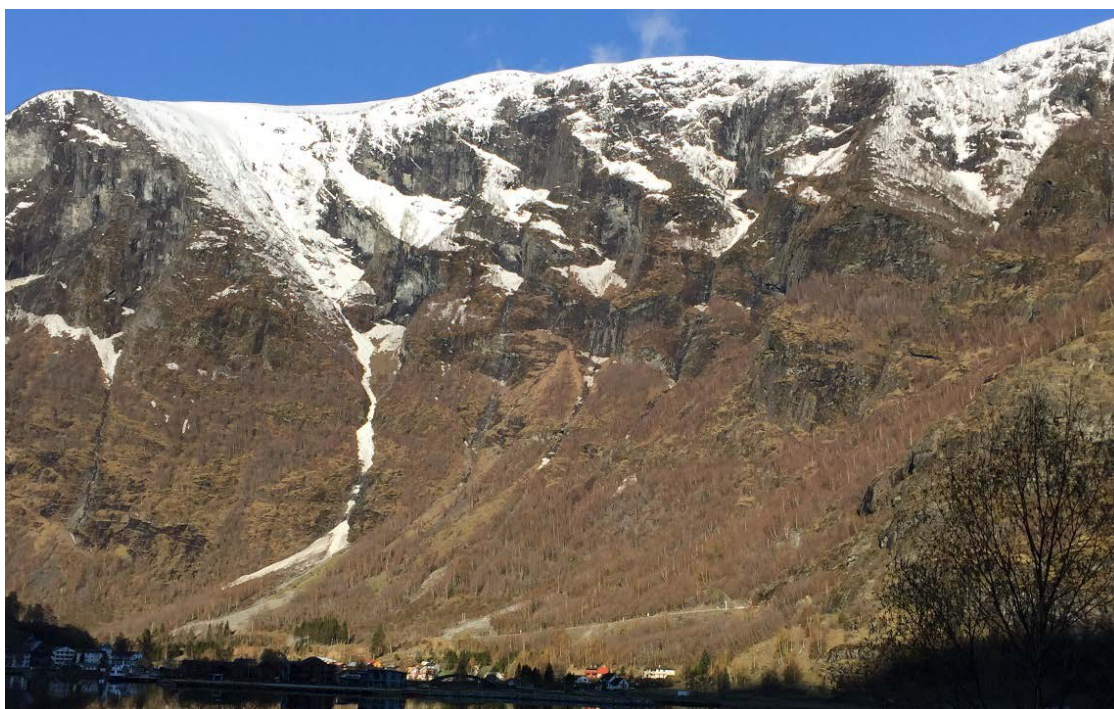
Vi har sjekket ulike kilder etter historiske opplysninger om alle typer skred, og gått gjennom tidligere rapporter fra området. I tillegg har vi benyttet skredmodellen RAMMS for å simulere utbredelsen av snøskred (Christen m.fl., 2010). Vi har også gjennomført en ny evaluering av steinsprangrekkevidden med nyere versjon av Rocfall (<http://www.roscience.com/products/12>). Slike modeller er basert på forenklinger, og faresonene er basert på en subjektiv sammenstilling av vurderingene.

9 Vurdering av snøskredfare

Det er i hovedsak to skredområdene Norpa og Harajuvet som er av betydning for Flåm reguleringsområde. I de mellomliggende områdene er det flere mindre skredområder som vi basert på inntrykk fra befaringen antar er av mindre betydning for områdene nedenfor vegen. På Kart 01 er en rekke mindre utløsningsområder for snøskred vist, og vi har kun utført beregninger for de størst og mest betydningsfulle områdene for å se hvor langt ut i dalbunnen disse skredene kan forventes å nå.

9.1 Snøskred i Norpa

Snøskred har i nyere tid gått ned til vegen som følger elvebredden på nordsiden av elva, rundt 1975 – 1980. Fra lokalt hold er det ikke kjennskap til andre snøskred som har nådd så langt ut i dalen eller har nådd nærmere Flåm Camping. Skredet Norpa løsner under toppen ved kote 1240, og kan løsne i flere hundre meters bredde. Skredet kan løsne over et areal på opptil ca 50.000 m². Utløsningsområdet ligger hovedsakelig i le for nedbørførende vind fra sørvest til nordvest. Dette er de mest nedbørførende vindretningene, og er dermed den eksposisjonen som også gir hyppigst snøskred i området. Det er normalt med nær årvisse skred i dette faret og tidvis flere ganger hver vinter. Imidlertid er det vanligste våte snøskred som stanser opp på den kjegleformede vifta ovenfor vegen som vi ser på (Figur 8).



Figur 8 Et mindre våtsnøskred gikk i Norpas skredfar vinteren 2008. Dette er det største skredområdet med Flåm Camping og ses lengst til venstre på bildet.

Skredbanen er godt kanalisert, og dette vil medvirke til at skredsnøen holdes samlet inntil den når toppen av løsmasseviften der skredmassene får muligheter til å spre seg sideveis. Dette fører til at skredsnøen kan nå inn på området til Flåm Camping. Vi har ikke vurdert rekkevidde nærmere ettersom dette ikke er av betydning for reguleringsområdet, men vi antar at skred kan nå lengre enn skredet i 1975 – 1980. Det betyr at skred antas å kunne krysse elva i dalbunnen i sjeldne tilfeller.

9.2 Snøskred nedover Sitjane

Fjellsiden ovenfor Sitjane bærer preg av svært bratte parti under fjellryggen Skutane. Det kommer ned tre små bekkeløp hvor det sørligste går inn i Norpas skredfar, mens de to neste kommer ned langs to bekkeløp som har retning mot campingplassen sør for Hokjen.

9.3 Snøskred i Haragjuvet

I skredbanen til Haragjuvet er det hovedsakelig tre utløsningsområder for snøskred. Disse er vesentlig mindre enn i Norpa, men kan bli opp mot 20.000 m². Områdene ligger lengre ned i fjellsiden hvor det blir mindre fokksnøavlagring. Skred herfra kan anslagsvis bli mindre enn halvparten så store som i Norpa. Skredene karakteriseres som moderate til små i størrelse og vil også nå kortere enn større snøskred. Etter at skredene kommer ut av skaret og når ut på løsmasseviften, vil de følge en forsenkning som er ca 10 m bred og 7 – 8 m dyp i øvre deler. Høyden på sidekantene avtar nedover viften og blir ubetydelige ovenfor vegen (Figur 9).



Figur 9 Bildet viser kanalen som vann og skred har gravd ut nedstrøms Haragjuvet.

Det normale er at selv om det løsner relativt mye skredsnø i fjellet er det små muligheter for medrivning av ny snø nedover i fjellsiden. Lite snø i skredbanen gir større motstand. Vi ser ikke bort fra at det kan ligge løs snø nedover mot bebyggelsen som kan redusere friksjon mot underlaget. Likevel er det vår oppfatning at skred ikke vil ha spesielt stor rekkevidde ut fra Haragjuvet.

Vi har sett på fjellsiden i Haragjuvet i profil og beregnet rekkevidden ut fra en empirisk og statistisk modell som er laget ut fra en analyse av mer enn 200 snøskred i Norge (Lied og Bakkehøi, 1980). I tillegg er det vurdert flere faktorer som påvirker rekkevidden. Bruk av modeller danner grunnlaget for våre vurderinger, men i tillegg må alle beregninger diskuteres og etterprøves ut fra den erfaring vi besitter. Våre konklusjoner vil derfor også vurderes ut fra subjektivt skjønn.

Den mest sannsynlige rekkevidden til snøskred med årlig sannsynlighet på 1/1000 øst for Hokjen gård basert på RAMMS-beregninger og skjønn blir mellom byggene og på skrå ned mot fotballbanen (Kart nr. 01).

10 Flomskredfare

I slutten av desember 2011 kom det ned flere flomskred ned vest for bebyggelsen i Flåm i forbindelse med nedbør og mildvær under stormen Dagmar. Flomskredene i Flåm var relativt store i volum. Disse massene ble erodert av regnvann som har strømmet inn i løsmasseavsetningene inntil foten av den bratte fjellsida. Erosjonen gjorde at skredene vokste ned seg store ovenfor E16. Løsmassene er ryddet opp i en voll langsetter og på nedsiden av E16. Det kom ikke ned flomskredmasser ved boligfeltet lengst øst i området i denne perioden.

Det er noe mindre løsmasseavsetninger i fjellsiden ovenfor vegen ved boligfeltet lengst øst i området, slik at flomskred i noe mindre grad kan mobilisere løsmasser av samme størrelse som lengre vest. Flomskred som kommer ned ved boligfeltet vil dermed være mindre i volum enn det som er erfaringen med flomskredene sist vinter, også delvis fordi vegen vil fange opp noe av løsmassene og noe vil akkumuleres på løsmassevifta ovenfor bebyggelsen.

Det er etablert en liten grøft ovenfor boligfeltet i dag (Figur 10), men den er vurdert til å være for liten til å lede vann og løsmasser til side for husene i alle flomsituasjoner.



Figur 10 Ovenfor boligfeltet lengst øst i Flåm er det laget en grøft som er rundt en meter dyp. Denne kan lede vann og mindre flomskred.

11 Steinsprangfare

Steinsprang har ved et par tilfeller nådd ned i området nord for Hokjen gård. En stein nådde midt ut på fotballbanen i ca. 1970, en steinblokk stanset i nordøstre hjørne av fotballbanen i 1992, og en stanset ovenfor gården Hokjen eller like nord for tomt Gnr/Bnr.: 49/2 i 2008. En del steinblokker ble observert ovenfor EV 16 nord og nordvest for gården.

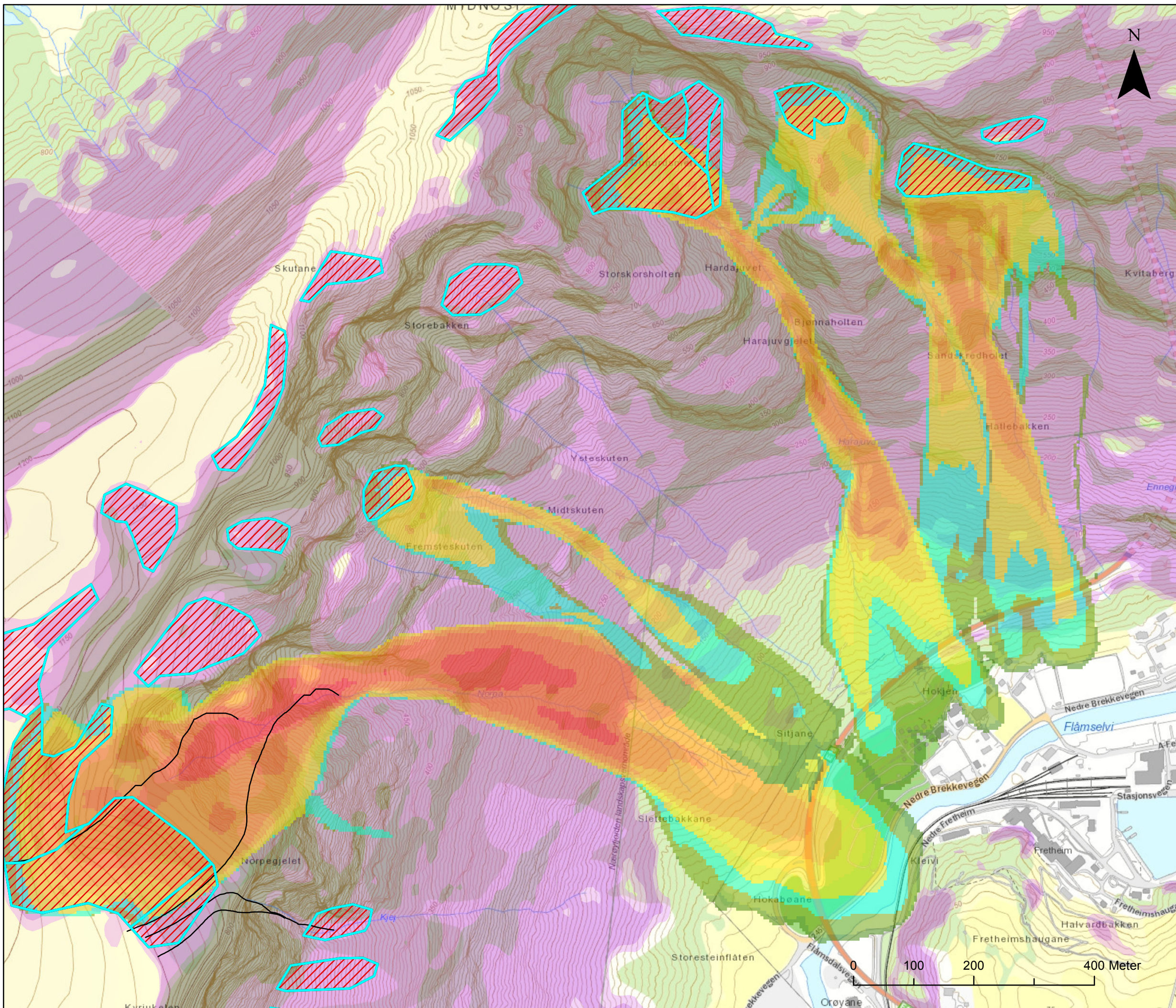
For de øvrige områdene har vi i tillegg til synfaringen vurdert rekkevidde ut fra en empirisk modell som er basert på en analyse av 120 steinsprangområder rundt om i Norge. Resultatene er justert til en returperiode på 1/1000 pr tomt (tomtebredde - 30m). Resultatene av denne vurderingen tilsier at steinsprang kan nå ned til E16 ovenfor Flåm Camping fram til der gardsveien går opp på hovedveien. Grensa forsetter på skrå ned på eiendommen mot øst.

Fjellsiden ovenfor boligfeltet øst for fotballbanen har bratte skrenter i ulike høyder opp til rundt kote 900 (20120056). Beregninger av skredhastighet ble utført med steinsprangprogrammet Rocfall. Vi la til grunn størrelser på steinblokker i beregningene ut fra funn av steinblokker ovenfor boligfeltet. De store steinblokkene som ble observert i området er fra 2 – 4 m³. Hvorvidt det har ligget større steinblokker ned mot elva som er fjernet er ukjent.

Vi har utført en ny evaluering av steinsprangrekkevidden med nyere versjon av Rocfall (versjon 5.0) for å sjekke bedre beregningen med blokkform og størrelser som er observert i ura ovenfor bebyggelsen. Nye beregninger viser at steinsprang beregningsmessig kan nå Flåmselva i sjeldne tilfeller. Returperiodene kan være som beskrevet i rapport 20120056-01-R. Merk at det er flomskred som kan gå ned i boligområdet og som bestemmer utbredelsen av faresonen på Kart 02.

12 Referanser











- 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.
- 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.




Tegnforklaring

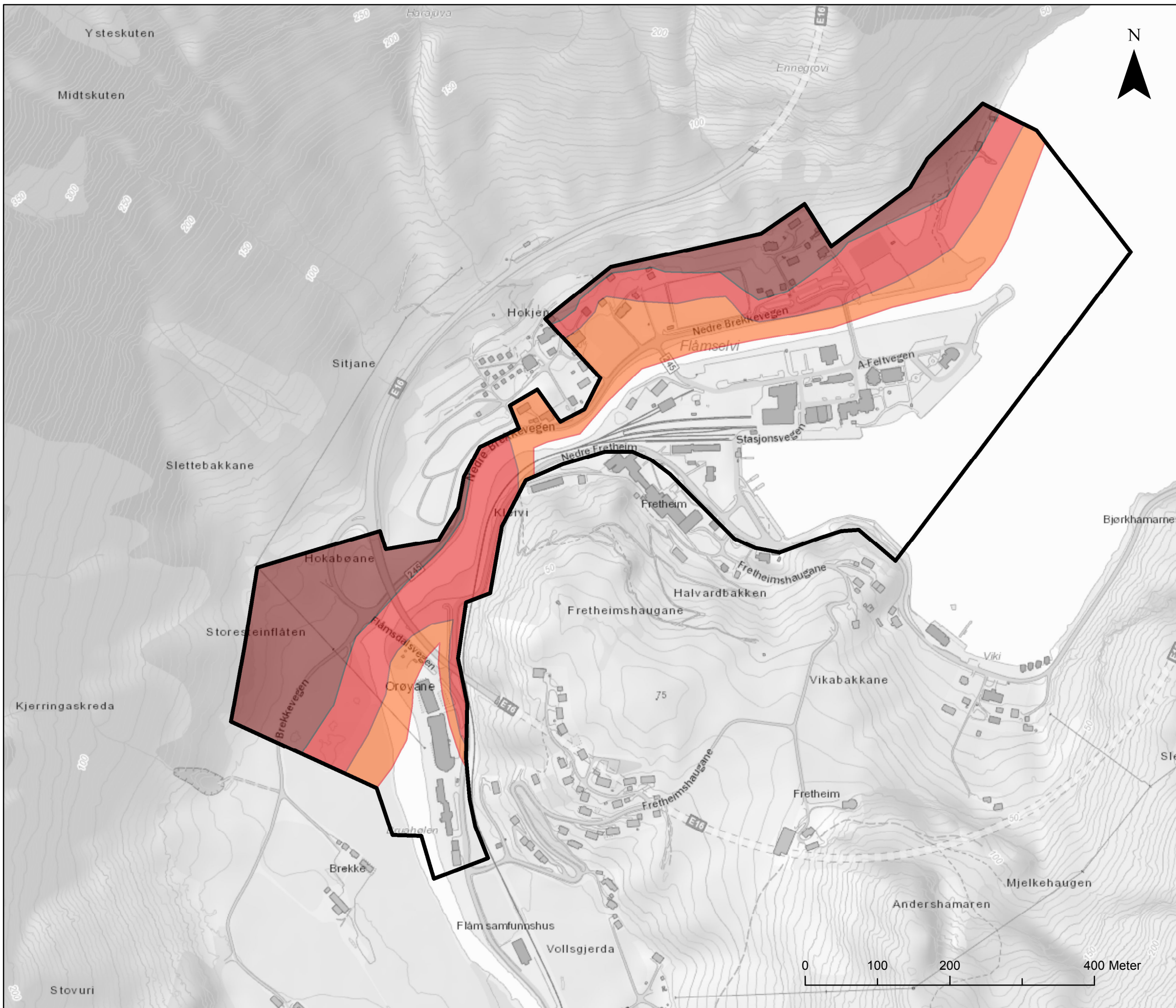
 Utløsningsområder

Skredhastighet (m/s)

-  0 - 2.5
-  2.5 - 5
-  5 - 10
-  10 - 15
-  15 - 20
-  20 - 25
-  25 - 30
-  30 - 40
-  40 - 50
-  50 - 60

Målestokk (A3): 1:6.000

Aurland kommune		
Flåm reguleringsområde	Prosjektnr. 20160249	Kart nr. 01
	Utført PG	Dato 2016-05-27
Utløsningsområder for snøskred med beregning av hastighet (RAMMS-modell).	Kontrollert UD	Godkjent UD
		



Tegnforklaring

Faresone

Nominell årlig frekvens

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

Målestokk (A3): 1:5.000

Aurland kommune		
Flåm reguleringsområde	Prosjektnr. 20160249	Kart nr. 02
	Ulfert FS	Dato 2016-05-27
Faresoner TEK107.3 Returperioder: 100, 1000 og 5000 år	Kontrollert UD	Godkjent UD

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Faresoner for reguleringsplan.		Dokumentnr./Document no. 20160249-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Aurland kommune	Dato/Date 2016-06-1030
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		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 Snøskred, flomskred, steinsprang		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Sogn og Fjordane	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Aurland	Feltnavn/Field name
Sted/Location Flåm	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	2016-05-27 Ulrik Domaas	2016-05-30 Frode Sandersen		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 10. juni 2016	Prosjektleder/Project Manager Ulrik Domaas
--	-----------------------------------	--

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

