De ustabile fjellsidene i Stampa – Flåm, Aurland kommune

Sammenstilling, scenario, risiko og anbefalinger

30
2013

RAPPORT

De ustabile fjellsidene i Stampa – Flåm, Aurland kommune

Sammenstilling, scenario, risiko og anbefalinger

Norges vassdrags- og energidirektorat
2013

NVE Rapport nr. 30 - 2013

Tittel De ustabile fjellsidene i Stampa – Flåm, Aurland kommune: Sammenstilling, scenario, risiko og anbefalinger

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfatter: Lars Harald Blikra (ÅTB), Reginald Hermanns (NGU) og Hallvard Berg (NVE)

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: opplag

Forsidefoto: www.norgei3d.no (øverst), Reginald Hermanns, NGU (venstre), Lars H. Blikra, ÅTB (høyre)

ISNN/ISBN: 1501-2832/978-82-410-0898-6

Sammendrag:

Rapporten gir en oppsummering av sammenstillingen som er gjort i forbindelse med oppfølgingen av de ustabile fjellpartiene i Stampa – Flåm. Dette inkluderer en risikoklassifisering og anbefalinger for fremtidig håndtering. En fullstendig dokumentasjon av dette er gitt i NVE rapport 35 - 2013. Det vurderte fjellpartiet er karakterisert av relativt små bevegelser uten tegn til økt deformasjon i måleperioden, og en oppfølging i form av en revisjon av dagens måleprogram er vurdert å være tilstrekkelig for å håndtere risikoen i området ved Stampa. Basert på den relativt lave risikoen knyttet til de største scenarioene og den begrensa kunnskapen om de hydrologiske forholdene i fjellet, er det i dagens situasjon ikke anbefalt å initiere sikring i form av større dreneringstiltak. Denne konklusjonen er i tråd med råd gitt av den internasjonale ekspertgruppa.

Emneord: Risiko, skredfare, overvåking, stabilitet, skred, fjellskred, tsunami

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

August 2013

Innhold

Forord **4**

Sammendrag **5**

1 Innledning **6**

2 Det ustabile fjellet **7**

3 Scenario **10**

3.1 Scenario 1 11
3.2 Scenario 2 11
3.3 Scenario 3 11

4 Risiko **11**

5 Anbefalinger **12**

5.1 Geologiske undersøkelser og måling av bevegelser 12
5.2 Sikring 14
5.3 Arealplanlegging og fareområder 14

6 Referanser **14**

Forord

NVE har det overordna ansvaret for statlige forvaltningsoppgaver innen forebygging av flomskader og skredulykker. Dette innebærer å yte hjelp til kommuner og samfunnet ellers med kompetanse og ressurser til kartlegging, arealplanoppfølging, sikring, overvåking, varsling og beredskap. Dette inkluderer kartlegging av fare for store fjellskred og risikoklassifiseringen slik det er gjort for området Flåm-Stampa. Det har i lang tid vært en bekymring for risikoen knyttet til de bratte og ustabile fjellsidene langs Flåmsdalen og Aurlandsdalen, både fra innbyggerne i området, Aurland kommune, Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, Sogn og Fjordane fylkeskommune og fra statlige etater. Spesiell fokus har vært rettet mot risikoen knyttet til utløsning av store fjellskred som kan føre til ødeleggende flodbølger mot bebygde områder. Før det blir besluttet kostnadskrevende tiltak har NVE sett behovet for en sammenstilling av all tilgjengelig kunnskap. Det er utarbeidet en engelskspråklig rapport som gir en full sammenstilling av alle eksisterende undersøkelser og forskning som har vært utført i området Flåm-Stampa, og som gir anbefalinger for oppfølging. Rapporten her gir en oppsummering på norsk av den engelskspråklige rapporten (NVE Rapport 35 – 2013).

Det er et mål for NVE at disse rapportene skal være en god plattform for håndtering av skredrisikoen i området

Oslo, august 2013

Per Sanderud
vassdrags- og
energidirektør

Anne Britt Leifseth
avdelingsdirektør

Sammendrag

De ustabile fjellskråningene innerst i Aurlandsfjorden (Stampa- Flåm) representerer et av de største aktive fjellskredområdene i Norge. Store avsetninger etter fjellskred er kartlagt i fjorden, og aktive bevegelser på omkring 1 cm/år er dokumentert fra deler av det ustabile området. Aurland kommune, Fylkesmannen, Fylkeskommunene i Sogn og Fjordane og statlige fagetater har vært bekymret for stabilitetsforholdene over flere år.

Rapporten gir en oppsummering av sammenstillingen som er gjort i forbindelse med oppfølgingen av de ustabile fjellpartiene i Stampa – Flåm. Dette inkluderer en risikoklassifisering og anbefalinger for fremtidig håndtering. En fullstendig dokumentasjon av dette er gitt i NVE rapport 35 - 2013. Arbeidet er gjort i et tett samarbeid med personer og institusjoner som har utført undersøkelser i området. Sammenstillingen har vært basis for en internasjonal evaluering og rapportene vil være viktige dokument for den fremtidige håndteringen av skredrisikoen i området.

Det vurderte fjellpartiet er karakterisert av relativt små bevegelser uten tegn til økt deformasjon i måleperioden, og en oppfølging i form av en revisjon av dagens måleprogram er vurdert å være tilstrekkelig for å håndtere risikoen i området ved Stampa.

Basert på den relativt lave risikoen knyttet til de største scenarioene og den begrensa kunnskapen om de hydrologiske forholdene i fjellet, er det i dagens situasjon ikke anbefalt å initiere sikring i form av større dreneringstiltak. Denne konklusjonen er i tråd med råd gitt av den internasjonale ekspertgruppa.

1 Innledning

De ustabile fjellpartiene i området langs Flåmsdalen og videre nordover langs østsiden av Aurlandsfjorden har vært kjent i lang tid, og representerer et av de største aktive fjellskredområdene i Norge. Lokalbefolkningen, Aurland kommune, Sogn og Fjordane fylkeskommune, Fylkesmannen i Sogn og Fjordane og de statlige institusjonene har vært oppmerksom på risikoen knyttet til det ustabile fjellet i området, spesielt faren for store fjellskred som kan generere flodbølger og true bebygde områder og infrastruktur. Det har også vært en sterk medieinteresse knyttet til denne problemstillingen.

Det har siden år 2000 blitt utført en rekke undersøkelser og forskning knyttet til det ustabile fjellet i bergarten fyllitt. Dette inkluderer et større forskningsprosjekt fra 2000 til 2003 (Aurland kommune, Norges geotekniske institutt (NGI), Norges geologiske undersøkelse (NGU), Institutt for energiteknikk (IFE), Spilde Entreprenør), kartlegging og måling av bevegelse gjennom et fjellskredprosjekt i Sogn og Fjordane (Sogn og Fjordane fylkeskommune og NGU) og senere gjennom det statlige kartleggingsprogrammet (NVE, NGU). Videre har NGI og SINTEF foretatt enkeltundersøkelser og evaluering av stabiliteten i området. Høgskulen i Sogn og Fjordane har hatt forskningsaktivitet på grunnvann. NGU og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) har gjennomført et dr.grads prosjekt med fokus på geologi og stabilitet. Videre har det i regi av Eco Energi og Aurland kommune blitt presentert konkrete planer for dreneringstiltak for å redusere risikoen knyttet til det ustabile fjellområdet. De ulike undersøkelsene og initiativene har resultert i mange rapporter og utredninger der konklusjonene ikke har vært helt samstemt.

På denne bakgrunn har NVE tatt initiativ til en ny sammenstilling og gjennomgang av alt tilgjengelig materiale for å få en ny evaluering av risikobildet og en vurdering av behov for tiltak. Dette arbeidet er sammenstilt i NVE rapport 35 - 2013 (Blikra m.fl. 2013). Alle aktører som har vært involvert med undersøkelser i området har bidratt i denne sammenstillingen. Dette har også inkludert et fagseminar i Flåm 24-25 september 2012 der et utkast til rapport ble presentert og diskutert. Rapporten og seminaret har dannet grunnlag for en evaluering fra et internasjonalt ekspertpanel. Denne gruppen har i flere år vært benyttet som rådgivere av NVE og Åknes/Tafjord Beredskap i forbindelse med overvåking av store fjellskred. Rapporten er revidert i henhold til anbefalingene fra ekspertpanelet og er et samstemt dokument fra fagmiljøet.

Rapporten her gir en kort oppsummering av NVE rapport 35 - 2013, og presenterer de anbefalinger som blir gitt for den videre håndtering og oppfølging av risikoen knyttet til de ustabile fjellpartiene.

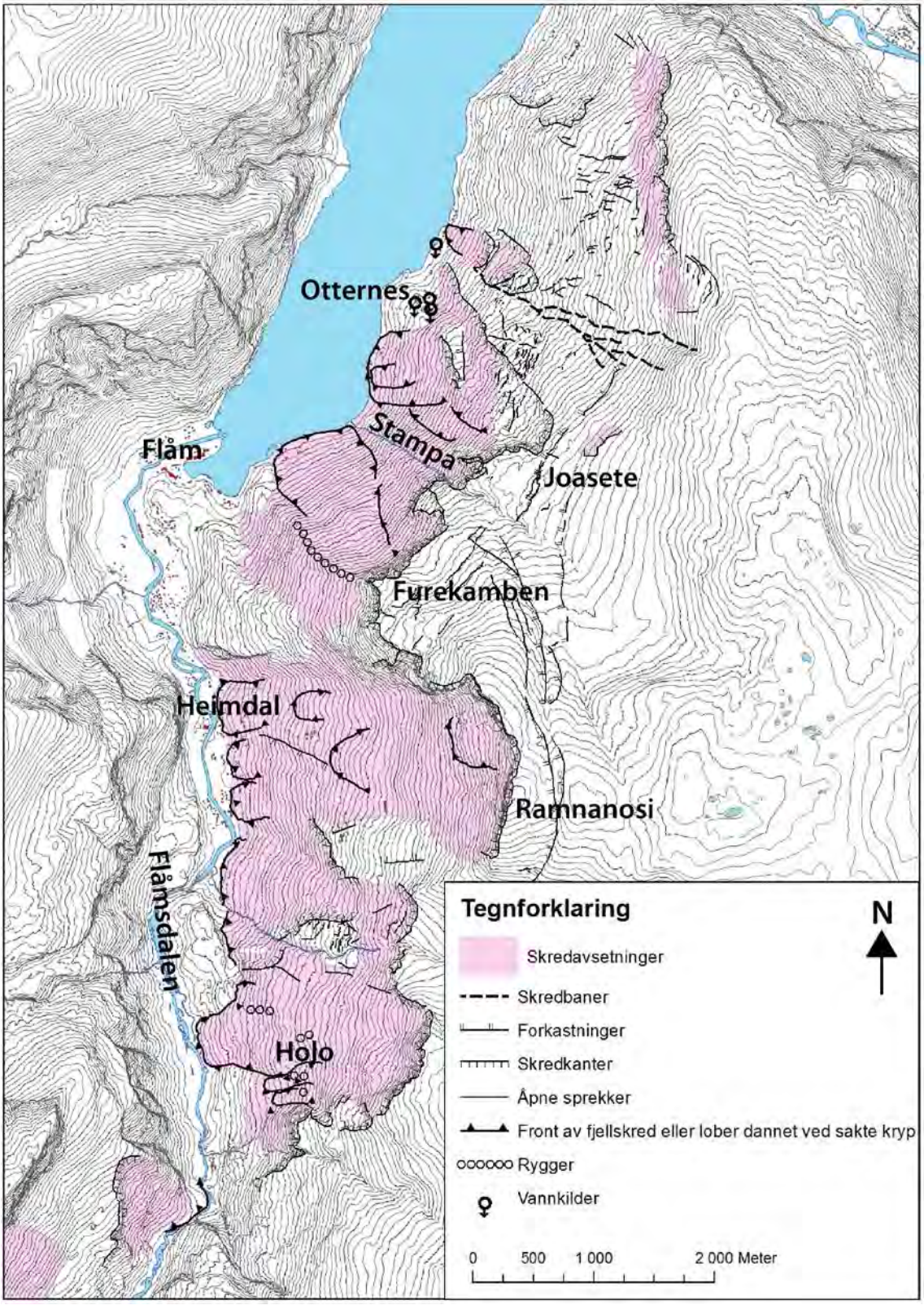
2 Det ustabile fjellet

De ustabile fjellpartiene langs Flåmsdalen og Aurlandsfjorden er knyttet til bergarten fyllitt, som generelt er en svak bergart som ofte er utsatt for skred. Det er kartlagt store deformasjoner og sprekker i et stort område som også strekker seg fra de bratte fjellsidene og langt inn på fjellplatået i øst (Figur 1 og 2). Dette vitner om at store volum en gang har vært i bevegelse. Store skredavsetninger er dokumentert i fjorden under og viser at store fjellskred er en problemstilling. Store deler av områdene som viser spor etter deformasjoner har små aktive bevegelser i dag (Figur 3). Imidlertid er det målt bevegelser på omkring 1cm/år i noen mindre områder helt ytterst på fjellplatået like nord for elva Stampa. Målingene viser altså generelt at fjellplatåene er relativt stabilt med små deformasjoner, men at de ytterste deler har noe større bevegelser.

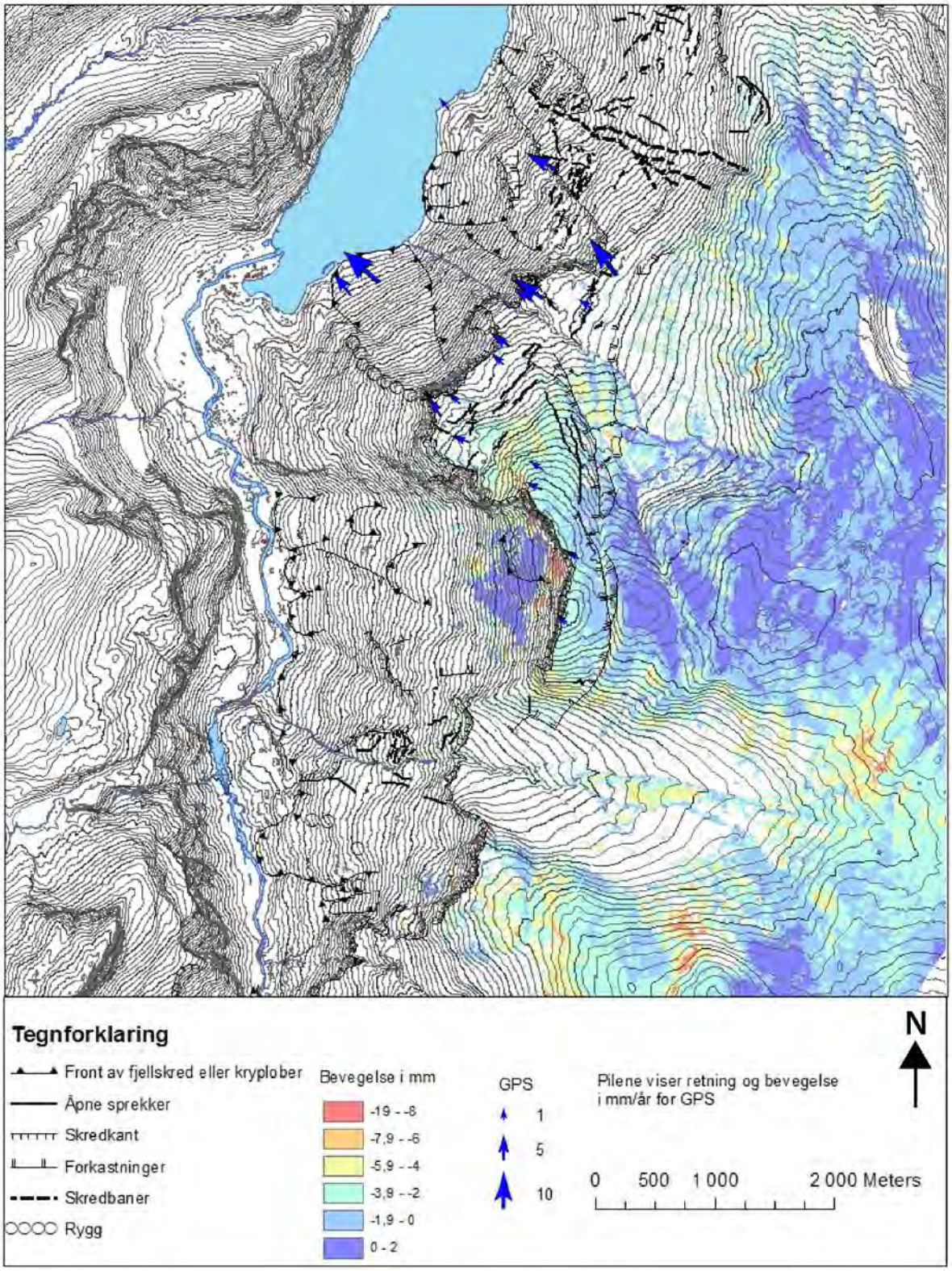
Figur 1. Oversikt over området. Fra Norkart (www.norgei3d.no).

De åpne sprekkene oppe på platået ved Joasete fører til at vann blir fanget opp og drenert ned i disse. De geofysiske dataene indikerer at grunnvannsnivået i de mest utsatte områdene helt ytterst på fjellplatået ligger relativt dypt, sannsynligvis nærmere 100 m under overflaten.

Det er påvist en del bevegelser i skredavsetningene som ligger nede i fjellsiden. Disse områdene kan være ustabile og forårsake mindre skred og utglidninger. I tillegg kan de kollapse dersom mindre eller større fjellskred blir utløst i overkant, noe som vil føre til at skredet får økt volum og mulig lengre rekkevidde.



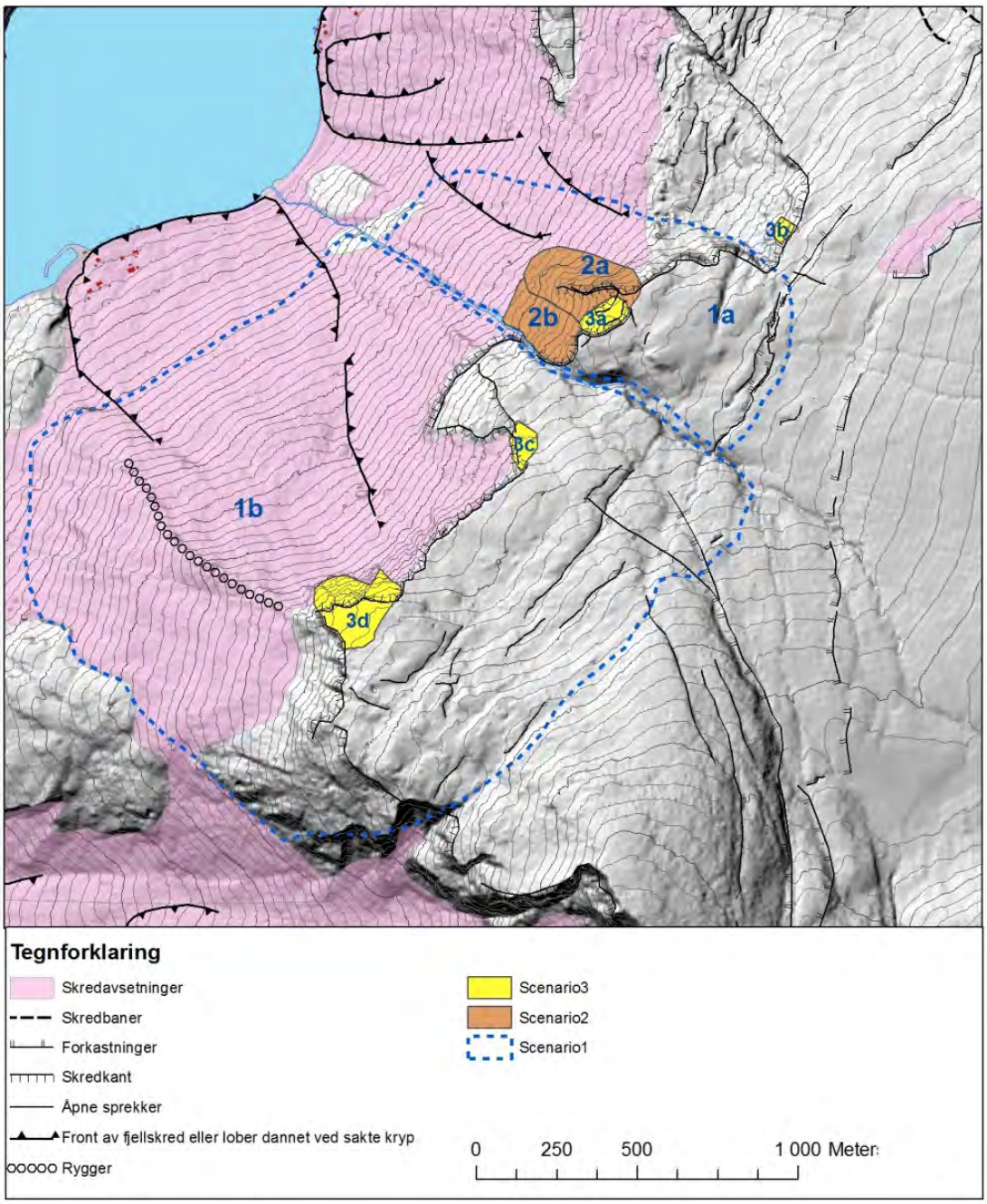
Figur 2. Oversikt over de ustabile fjellpartiene i Flåmsdalen og østsiden av Aurlandsfjorden.



Figur 3. Oversikt over bevegelser målt med periodisk GPS (mm/år) og radarmålinger fra satellitt (mm/år).

3 Scenario

Området som er vurdert er stort og komplekst og det har vært en utfordring å komme frem til realistiske geologiske modeller for hvordan fjellet og de ustabile områdene er satt sammen. Sammenstillingen presenterer imidlertid tre hovedscenario (1, 2 og 3), med inndeling i delområder (Figur 4). Disse scenarioene har vært basis for risikoklassifiseringen og planen for den videre oppfølging.



Figur 4: Oversikt over de ulike scenario som har vært brukt i forbindelse med risikoklassifiseringen.

3.1 Scenario 1

Dette er de største scenarioene som vil involvere store deler av det ustabile området og kunne føre til fjellskred med volum på flere titalls millioner kubikkmeter (scenario 1a og 1b, figur 4). Målinger av bevegelse siden 2004 viser at det er små bevegelser mot vest-nordvest. En markert økning i bevegelse er nødvendig før en kan få et stort skred.

3.2 Scenario 2

Dette inkluderer scenario der en stor del av det ytre platået vest for Joasete og nord for Stampa kan føre til et stort fjellskred (scenario 2a og 2b, figur 4). Innenfor dette området er det dokumentert bevegelse på ca. 1cm/år og relativt store bevegelser i skredmassene nedenfor. Det er estimert volum for scenario 2 på fra 2 til 4 millioner m^3, noe som også inkluderer kollaps av skredavsetningene som ligger i ura nedenfor.

3.3 Scenario 3

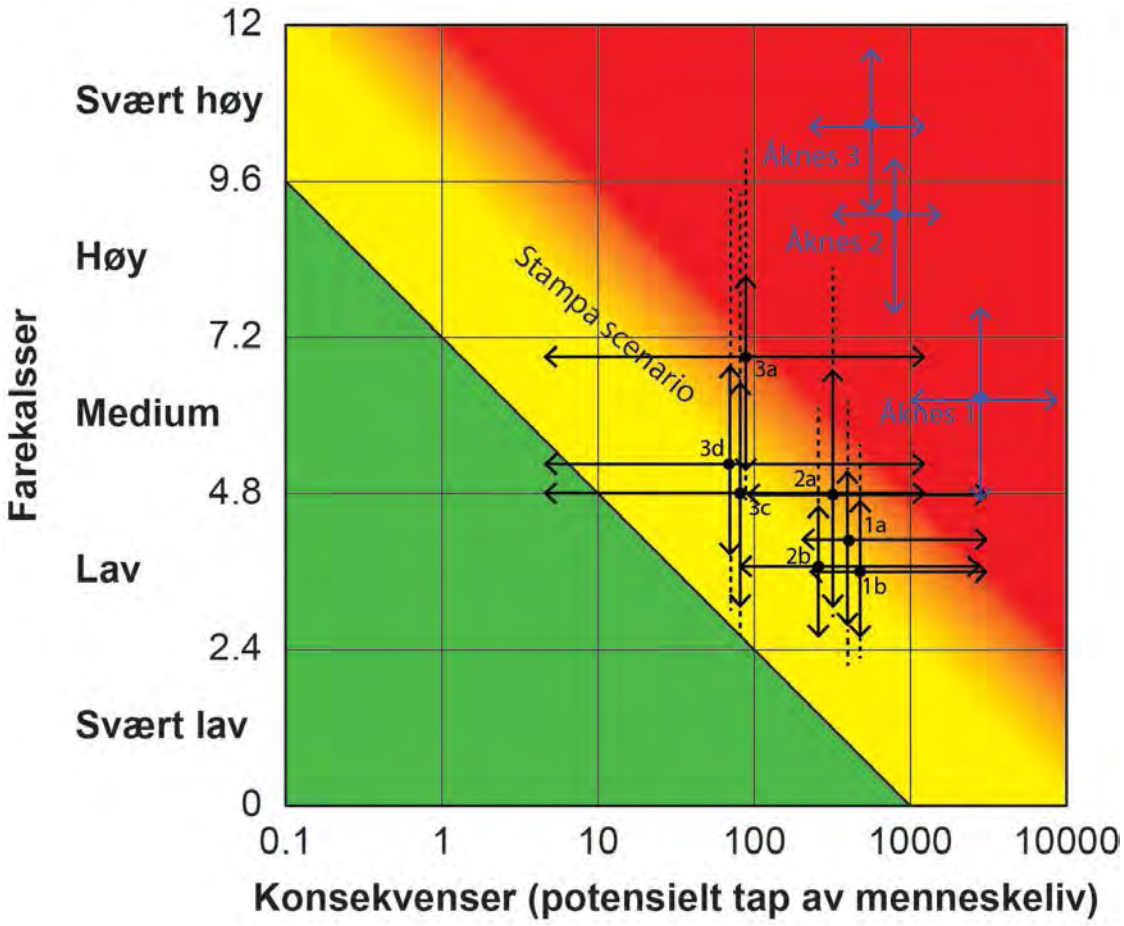
Scenario 3 inkluderer en kollaps av klart definerte blokker med mindre volum med dokumentert bevegelse på rundt 1 cm/år (scenario 3a, 3b, 3c og 3d, figur 4). Volum er estimert til å kunne være mellom 0,5 og 1 million m^3, inkludert skredavsetningene i dalsida nedenfor som kan bli tatt opp av skredet.

4 Risiko

Risikoklassifiseringen er utført etter en metode som er beskrevet i NGU rapport 2012.029. Basis for klassifiseringen av området Flåm-Stampa er de presenterte scenarioer. Dette inkluderer også en analyse av utløpsdistanse, tsunamimodelleringer og en analyse av mulige konsekvenser i form av tap av menneskeliv.

Det hefter en del usikkerheter med modellering av tsunami, spesielt hastighet og formen til et stort fjellskred. De foreløpige analysene som er gjort indikerer at en kan få oppskyllingshøyder i Flåm på 40-80 m for scenario 1 (40 mill. m^3), 20-40 m for scenario 2 (5 mill. m^3) og 3-4 m for scenario 3 (0,2 mill. m^3).

Risikoklassifiseringen er vist i figur 5 sammen med en lignende klassifisering av det ustabile fjellområdet ved Åknes i Møre og Romsdal. Analysen viser at Stampa scenarioene plotter en del lavere enn scenarioene fra Åknes, men scenario 3a og delvis 2a plotter i overgangssonen mellom middels risiko (gul) og høy risiko (rød). Risikoklassifiseringen er ment å være et hjelpemiddel for prioritering av videre undersøkelser og en basis for beslutninger om implementering av overvåking og varsling for områder med høy risiko. Risikoklassifiseringen av de ustabile fjellområdene i Flåm-Stampa viser derfor at noen av scenarioene bør følges opp, også for å redusere usikkerhetene i risikoanalysen. Dette gjelder spesielt scenario 2a og 3a.



Figur 5. Risikoklassifiseringen for scenario fra Stampa sammenlignet med klassifiseringa av 3 scenario fra Åknes.

5 Anbefalinger

Anbefalingene er gjort ut fra den geofaglige sammenstillingen og de råd som er gitt fra det internasjonale ekspertpanelet. Klassifiseringen av scenario fra Stampa viser at risikoen er markert lavere enn for fjellskred fra Åknes i Møre og Romsdal. Alle scenarioene er klassifisert som medium risiko, men usikkerhetene er store, og scenario 3a plotter nært opp til høy risiko (Figur 5 og 6). Også scenario 2a plotter relativt høyt i overgangssonen mellom medium og høy risiko.

5.1 Geologiske undersøkelser og måling av bevegelser

Det er anbefalt videre oppfølging i form av geologiske undersøkelser for å skaffe mer kunnskap og for å redusere usikkerhetene i risikoklassifiseringen. Dette vil særlig gjelde for scenario 2a og 3a. De geologiske undersøkelsene vil bli ivaretatt gjennom NVEs statlige kartleggingsprogram på fjellskred som blir gjennomført av NGU. Dette inkluderer også videre analyser ved bruk av radar fra satellitt for å følge med i bevegelsene i hele området. Det er også anbefalt at Høgskulen i Sogn og Fjordane fortsetter sine undersøkelser, spesielt rettet mot en bedre kartlegging og forståelse av grunnvannsforholdene.

I dagens situasjon med relativt små bevegelser og uten synlige tegn på økte deformasjoner, konkluderes det med at en revisjon av de bevegelsesmålinger som er gjort er tilstrekkelig for å håndtere risikoen i Stampa området. Dette vil inkludere periodiske GPS målinger i de mest kritiske områdene og en lengre målekampanje med bakkebasert radar (InSAR). Dette vil også gi ny kunnskap som vil brukes til oppdatering av risikovurderingene for scenario 2a og 3a. NVE vil ta hånd om gjennomføringen av dette i dialog med NGU og Åknes/Tafjord Beredskap.

Figur 6. Utsikt mot fjellpartiet for scenario 3a. GPS punkt 12 beveger seg med ca. 1 cm/år med retning ned fjellsida.

5.2 Sikring

I dagens situasjon anbefales det ikke å sette i gang operativ overvåking og beredskap knyttet til fjellsidene i Flåm-Stampa. En revisjon av dagens måleopplegg med fokus på scenario 2a og 3a er vurdert til å være tilstrekkelig for å håndtere denne risikoen. En ny vurdering av dette behovet bør gjøres etter at de oppfølgende undersøkelser og målinger av bevegelse er analysert.

Fysisk sikring i form av storskala drenering for å senke grunnvannsnivået vil muligens ha en effekt på de største scenarioene. Den presenterte sammenstillingen viser imidlertid at disse scenarioene er karakterisert av komplekse geologiske strukturer og små bevegelser med liten sannsynlighet for utløsning av et fjellskred. Kunnskapen er også for liten til å kunne evaluere effekten av dreneringstiltak. Det internasjonale ekspertpanelet er klare i sine anbefalinger på dette punktet, og mener at det foreslåtte dreneringstiltaket var dårlig fundert, og stilte også et spørsmålstegn til om et slikt tiltak ville gi noen effekt i form av økt stabilitet. Det er derfor ikke anbefalt tiltak i form av drenering med mindre det kommer ny kunnskap som tilsier en annen konklusjon.

5.3 Arealplanlegging og fareområder

Det er viktig at Aurland kommune bruker den nye kunnskapen som er fremlagt, og tar høyde for dette i sin arealplanlegging.

Det er spesielt viktig å fokusere på områdene med sakte kryp og deformasjoner i nedre deler av skråningene. Dette er områder med sakte deformasjon i skredmasser. Glideplanene for disse er trolig for slake til at de kan føre til hurtige fjellskred. En må imidlertid regne med at bevegelsene i disse områdene fortsetter og kan føre til mindre utglidninger og skred i perioder med mye nedbør og stor snøsmelting. I flere av områdene er det også spor etter grunne skred som har forårsaket jordskred med lengre rekkevidde.

Det anbefales at NVE og Aurland kommune fører en dialog for å koordinere og sammenstille data om faresoner for alle typer skred. Dette må i tilfelle skje i samsvar med prioriteringene i NVEs plan for skredfarekartlegging (Bargel, 2011; Devoli, 2011).

6 Referanser

Bargel, T. (red.) 2011: Plan for skredfarekartlegging – Delrapport jordskred og flomskred. Norges vassdrags- og energidirektorat Rapport 16/2011.

Blikra, L.H., Böhme, M., Dehls, J., Hermanns, R., Oppikofer, T., Redfield, T., Rønning, J.S., Yungis Molina, F., Domaas, U., Pfaffhuber, A., Henriksen, H., Hole, J. & Kristensen, L. 2013: The unstable phyllitic rocks in Stampa-Flåm, western Norway: Compilation, scenarios, risk and recommendations. Norges vassdrags- og energidirektorat rapport 35 - 2013, 55s.

Devoli, G. (red.) 2011: Plan for skredfarekartlegging – Delrapport steinsprang, steinskred og fjellskred. Norges vassdrags- og energidirektorat Rapport 15/2011.

Hermanns, R.L., Oppikofer, T., Anda, A., Blikra, L.H., Böhme, M., Bunkholt, H., Crosta, G.B., Dahle, H., Devoli, G., Fischer, L., Jaboyedoff, M., Loew, S., Sætre, S. & Molina, F.Y. (2012): Recommended hazard and risk classification system for large unstable rock slopes in Norway. Geological Survey of Norway Report 2012.029. 53 s.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Rapportserien i 2013

Nr. 1 Roller i det nasjonale arbeidet med håndtering av naturfarer for tre samarbeidende direktorat
Nr. 2 Norwegian Hydrological Reference Dataset for Climate Change Studies. Anne K. Fleig (Ed.)
Nr. 3 Anlegging av regnbed. En billedkavalkade over 4 anlagte regnbed
Nr. 4 Faresonekart skred Odda kommune
Nr. 5 Faresonekart skred Årdal kommune
Nr. 6 Sammenfatning av planlagte investeringer i sentral- og regionalnettet for perioden 2012-2021
Nr. 7 Vandringshindere i Gaula, Namsen og Stjørdalselva
Nr. 8 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. Ellen Skaansar (red.)
Nr. 9 Energibruk i kontorbygg – trender og drivere
Nr. 10 Flomsonekart Delprosjekt Levanger. Kjartan Orvedal, Julio Pereira
Nr. 11 Årsrapport for tilsyn 2012
Nr. 12 Report from field trip, Ethiopia. Preparation for ADCP testing (14-21.08.2012)
Nr. 13 Vindkraft - produksjon i 2012
Nr. 14 Statistikk over nettleie i regional- og distribusjonsnettet 2013. Inger Sætrang
Nr. 15 Klimatilpasning i energiforsyningen- status 2012. Hvor står vi nå?
Nr. 16 Energy consumption 2012. Household energy consumption
Nr. 17 Bioenergipotensialet i industrielt avfall
Nr. 18 Utvikling i nøkkeltall for strømnettselskapene
Nr. 19 NVEs årsmelding
Nr. 20 Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft i 2012
Nr. 21 Naturfareprosjektet: Delprosjekt Kvikkleire. Utstrekning og utløpsdistanse for kvikkleireskred basert på katalog over skredhendelser i Norge
Nr. 22 Naturfareprosjektet: Delprosjekt Kvikkleire. Forebyggende kartlegging mot skred langs strandsonen i Norge Oppsummering av erfaring og anbefalinger
Nr. 23 Naturfareprosjektet: Delprosjekt Kvikkleire. Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG) – forundersøkelse
Nr. 24 Flom og skred i Troms juli 2012. Inger Karin Engen, Graziella Devoli, Knut A. Hoseth, Lars-Evan Pettersson
Nr. 25 Capacity Building in Hydrological Services. ADCP and Pressure Sensor Training Ministry of Water and Energy, Ethiopia 20th – 28th February 2013
Nr. 26 Naturfareprosjektet: Delprosjekt Kvikkleire. Vurdering av kartleggingsgrunnlaget for kvikkleire i strandsonen
Nr. 27 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. Ellen Skaansar (red.)
Nr. 28 Flomberegninger for Fedaelva, Kvinesdal kommune, Vest-Agder (025.3A1) Per Alve Glad
Nr. 29 Beregning av energitilsig basert på HBV-modeller. Erik Holmquist
Nr. 30 De ustabile fjellsidene i Stampa – Flåm, Aurland kommune. Sammenstilling, scenario, risiko og anbefalinger.

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no