

NGU Rapport 2008.026

Kartlegging av mulig ustabile
fjellpartier, Sogn og Fjordane

Rapport nr.: 2008.026		ISSN 0800-3416		Gradering: Åpen	
Tittel: Kartlegging av mulig ustabile fjellpartier, Sogn og Fjordane					
Forfatter: Henderson, I.H.C., Saintot, A., Böhme, M. & Henriksen, H.			Oppdragsgiver: Sogn og Fjordane Fylkeskommune		
Fylke: Sogn & Fjordane			Kommune:		
Kartblad (M=1:250.000)			Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 114 Pris: 855kr Kartbilag: Nei		
Feltarbeid utført:		Rapportdato:		Prosjektnr.:	
07.07		07.05.08		310100	
				Ansvarlig: <i>Lars H. Blihus</i>	
<p>Sammendrag:</p> <p>Denne rapporten gir en beskrivelse og oppsummering av arbeid utført av NGU i forbindelse med fjellskredundersøkelser i Sogn og Fjordane. Prosjektet er en del av en nasjonal satsing på fjellskredundersøkelser for å kartlegge potensielle ustabile fjellpartier. I samarbeid med fylkesgeologen har NGU identifisert 37 potensielle ustabile fjellpartier. De fleste av disse lokalitetene ble befart i løpet av den første feltsesongen i 2007. En prioritering har blitt gjennomført av de lokalitetene som viser klarer tegn til ustabilitet og som fremdeles er interessante for videre undersøkelse. Av de 37 lokalitetene har vi satt ut GPS punkt på 8 lokaliteter; Flåm i Aurland, Viddalen, Tussen, Oppigardshyrna, Gråberget, Stopelen, Lifjellet og Strandanipa. Flåm, Stopelen og Oppigardshyrna har flere års målinger og her kan vi si noe om bevegelse. Ved Flåm har det vært utført kartlegging tidligere. I 2005 ble det etablert et omfattende GPS-nettverk med 22 punkter. Det finnes to års måleserier på de fleste av punktene. Resultatene viser bevegelse i punktene i et større område med opp til 40mm horisontalt, men mindre vertikalt. Volumet kan være mellom 70-120 millioner m³. Områdene som er i bevegelse representerer trolig det største potensielle ustabile fjellpartiet som er registrert i Norge. GPS målingene her må fortsette flere år fremover, men vi anbefaler også igangsetting av et oppfølgende arbeid som integrerer flere undersøkelsesmetoder. Et års måleserie fra både Stopelen og Oppigardshyrna viser tvetydig resultater. Målingene må fortsette her i flere år og suppleres med resultater fra andre undersøkelsesmetoder. Nye GPS punkter har blitt satt ut på Lifjellet Øst og Lifjellet Vest, Tussen, Viddalen og Strandanipa. Første års måleserie forventes i løpet av 2008 på disse lokalitetene. Analyser av satellittdata (InSAR) skal tas i bruk i løpet av 2008 og vil gi bedre mulighet for å identifisere bevegelse i de ustabile fjellpartiene på fylkesbasis. Både bakkebasert LIDAR, for å kartlegge detaljer i overflatedeformasjon, og flybåren LIDAR i fyllitt området ved Aurland skal gi en økt mulighet for å bedre kunne dokumentere og forstå de ustabile fjellpartiene. Feltarbeidet skal fortsette i 2008 med en kombinasjon av geologisk kartlegging, oppfølging av InSAR analysene og LIDAR skanning på utvalgte lokaliteter.</p>					
Emneord: fjellskredkartlegging		GPS målinger		strukturgeologi	
InSAR		Ustabil fjellparti		flodbølge	

INNHold

1	INNLEDNING.....	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Regional sammenstilling	5
1.3	Metodikk	12
2	POTENSIELLE USTABILE FJELLPARTI	17
2.1	Innledning.....	17
2.2	Lokalitet 1: Flåm	17
2.3	Lokalitet 2: Vidme	19
2.4	Lokalitet 3: Viddalen.....	20
2.5	Lokalitet 6: Tirskardskreda (Vadheimsfjorden).....	25
2.6	Lokalitet 7: Oppigardshyrna.....	26
2.7	Lokalitet 8: Strandanipa	33
2.8	Lokalitet 9-10: Vik	35
2.9	Lokalitet 11: GjØringbØfjellet.....	38
2.10	Lokalitet 12: Hallandsberget	39
2.11	Lokalitet 13: Stopelen	42
2.12	Lokalitet 14: RustØyane (Oldenvatnet)	46
2.13	Lokalitet 15: Terakamben (Indre Aurland)	48
2.14	Lokalitets 5 og 16: Tussen	50
2.15	Lokalitet 17-23: Hjøllane	55
2.16	Lokalitet 21: Lifjellet	62
2.17	Lokalitet 21c: Katlanovi.....	68
2.18	Lokalitet 22: Gråberget	69
2.19	Lokalitet 24: Steggjaberget	73
2.20	Lokalitet 25: Byttejuvet.....	75
2.21	Lokalitet 26: Kleppura	77
2.22	Lokalitet 27-29: NærØydalen	79
2.23	Lokalitet 30: Utladalen.....	80
2.24	Lokalitet 31: Finnefjorden.....	82
2.25	Lokalitet 32: Jølstravatnet	83
2.26	Fjærlandsfjorden rekognosering.....	85
2.27	Lokalitet 36: Lånefjorden.....	88
3	ANBEFALING FOR VIDERE ARBEID.....	92
3.1	Videre arbeid på eksisterende lokaliteter	92
3.2	UndersØkølsøer pÅ nye lokaliteter	94
3.3	ViderefØring av GPS-mÅlinger.....	100
3.4	InSAR-undersØkølsøer	100
3.5	Laser-skanning	100
4	KONKLUSJONER.....	102
5	REFERANSER.....	105

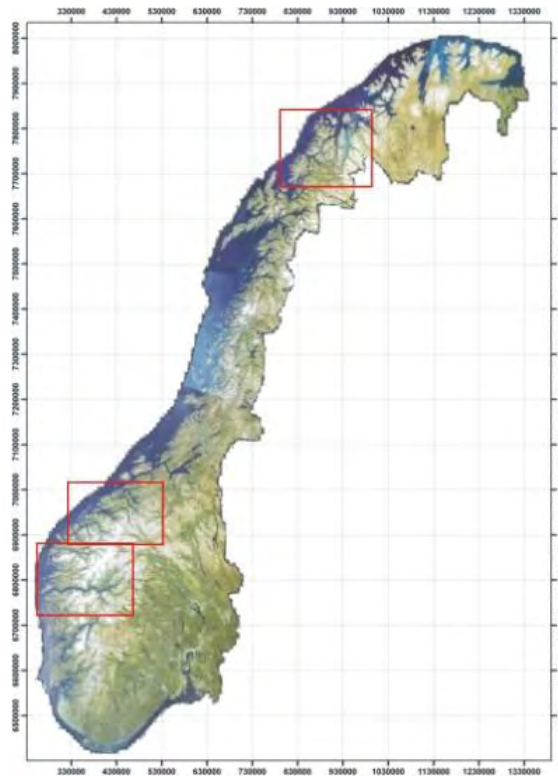
1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Denne rapporten inneholder av en beskrivelse og oppsummering av arbeid utført av NGU i forbindelse med fjellskredundersøkelser i Sogn og Fjordane. Prosjektet er et samarbeidsprosjekt med Sogn og Fjordane Fylkeskommune og har som hovedmål å dokumentere muligheten for større fjellskredutløsninger som kan føre til store ødeleggelser av eiendom og/eller store tap av liv.

Dette prosjektet er en del av en nasjonal satsing på fjellskredundersøkelser for å kartlegge potensielle ustabile fjellpartier (Figur 1). I tillegg til Sogn og Fjordane er lignende prosjekter også i gang i Møre og Romsdal (Henderson et al., 2007a) og Troms (Henderson et al., 2007b og Henderson et al., 2008). Dette prosjektet er basert på intense feltøkter og var påbegynt sommeren 2007. Resultatene av det første feltarbeidet er presentert her. Ettersom fylket er stort og lokalitetene meget spredt geografisk, ble feltarbeidet stort sett utført med helikopter. Dette arbeidet har flere hovedmål, listet under:

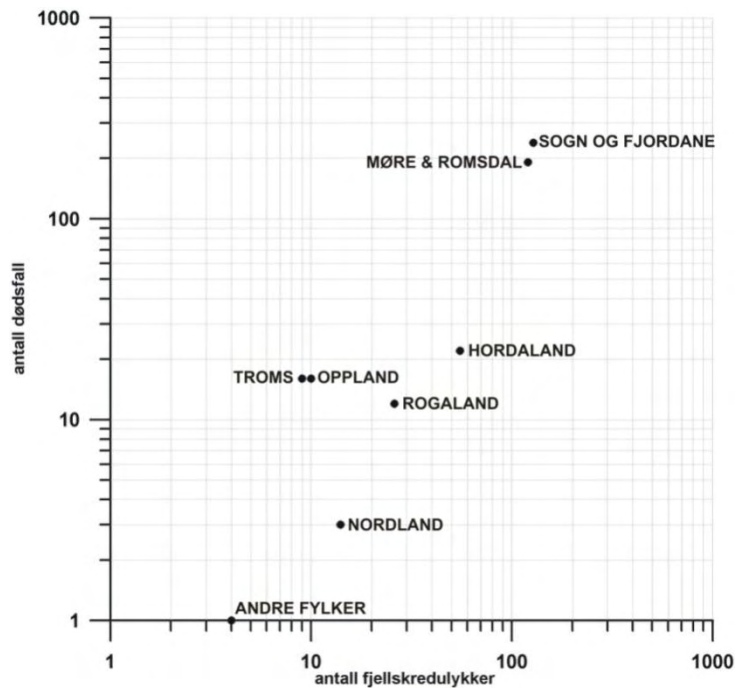
- Identifisering og kartlegging av mulig fjellutglidninger
- Fastsette geometri, prosesser og volum av de ulike ustabile fjellpartiene
- Dokumentere forholdet mellom regionale strukturer og bergrunnsgeologi
- Bidra til aktsomhetskartlegging
- Å skaffe en bedre forståelse av utglidningsprosessene
- Å forstå den regionale fordelingen av skredlokaliteter
- Å prioritere områder for utsetting av måleutstyr for å få kvantitative data i tillegg til feltobservasjoner



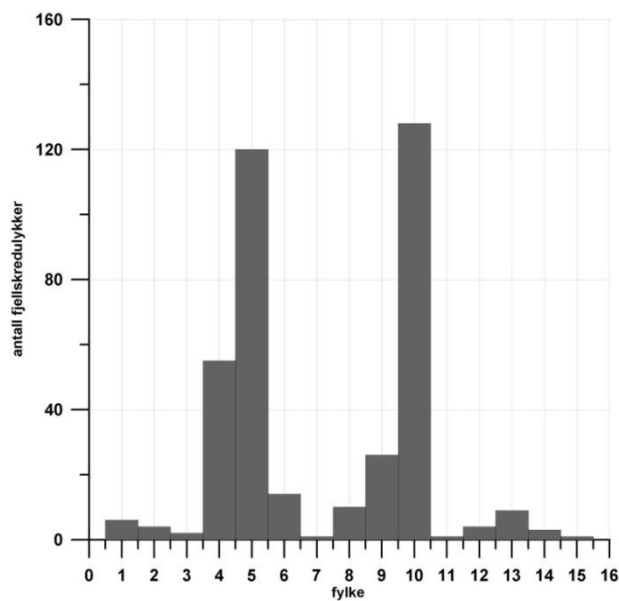
Figur 1: Kart over Norge som viser hvor NGU driver med fjellskredkartleggingsprosjekter som del av en nasjonal satsing.

1.2 Regional sammenstilling

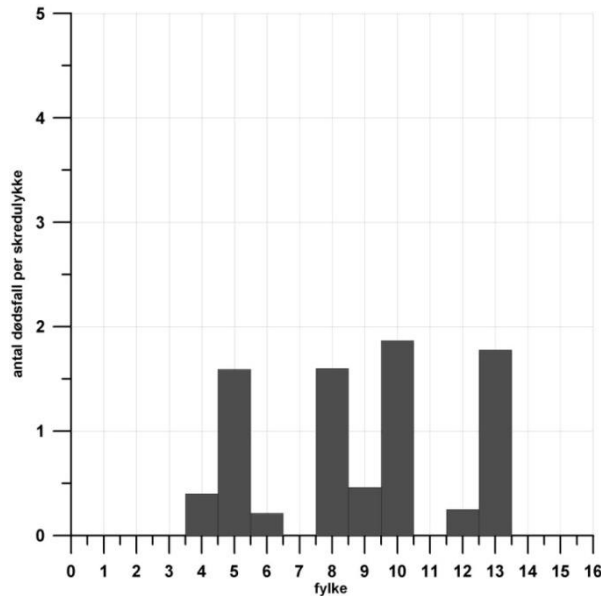
For å vise hvor viktig det er å få gjennomført en systematisk kartlegging er det først nødvendig å sette fjellskredbildet i Sogn og Fjordane inn i en historisk og nasjonal sammenheng. Figur 2 viser en fylkesvis fremstilling avregistrerte skredulykker med dødsfall i Norge. Denne viser at det (bortsett fra Troms og Oppland) er en korrelasjon mellom antall ulykker og antall dødsfall. Sammen med Møre og Romsdal er Sogn og Fjordane det desidert største fylke med hensyn til både antall skredulykker og dødsfall. Figur 3 viser også at Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal ligger langt over de andre fylkene med hensyn til dødsfall, og derfor skredfare. Derfor er Sogn og Fjordane et viktig fylke å gjennomføre systematiske studier på fjellskredsannsynlighet og risiko. Figur 4 viser antall dødsfall per skredulykke og forsterker Sogn og Fjordane sin posisjon som et viktig fylke på nasjonal basis med hensyn til satsing på å øke undersøkelsesnivået.



Figur 2: Antall dødsfall relatert til totalt antall fjellskredulykker på fylkesbasis over hele Norge. Data fra *skrednett.no*.



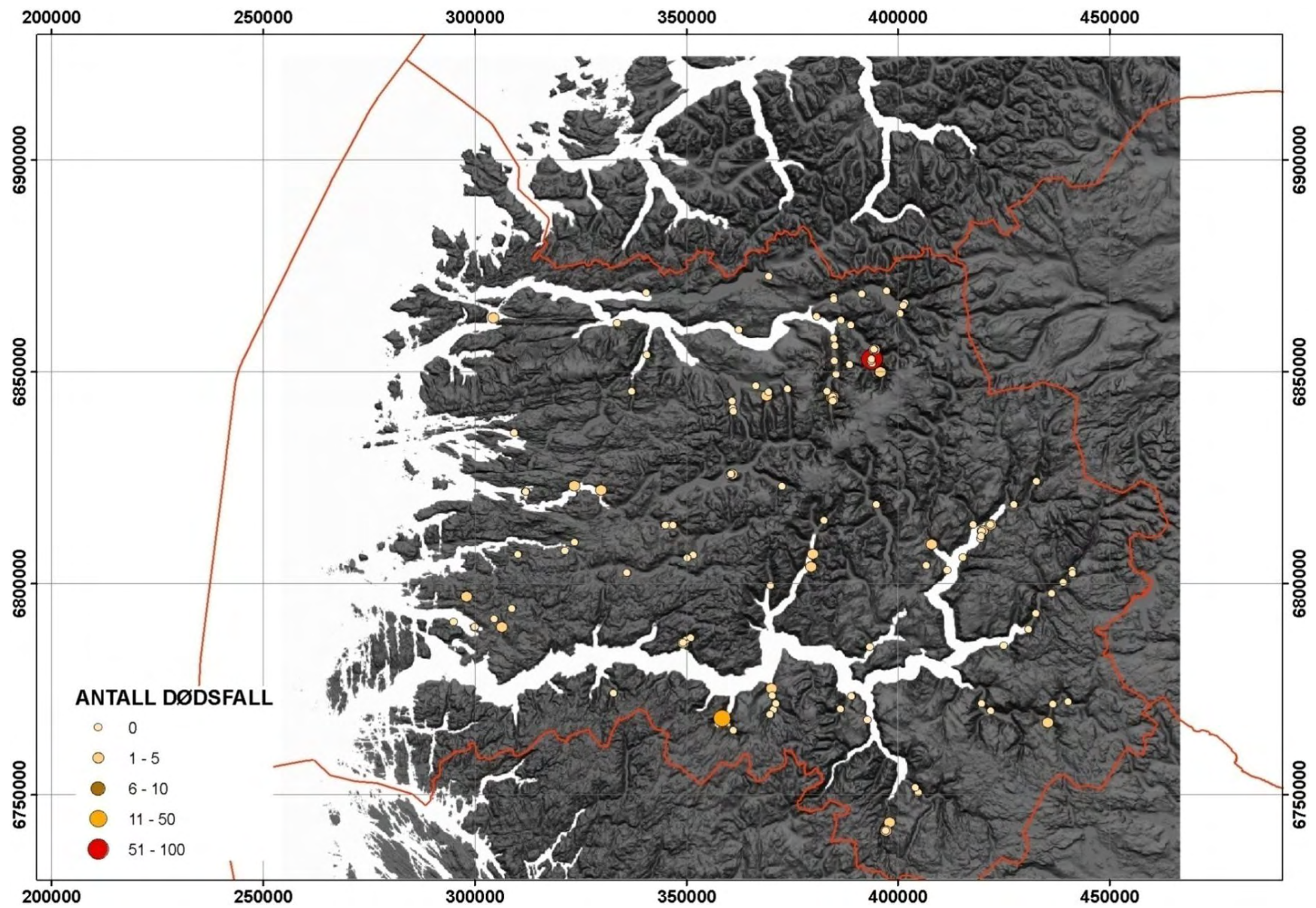
Figur 3: Fylkesvis framstilling av antall dødsfall i fjellskredulykker basert på historiske data. 1- Aust Agder, 2- Buskerud, 3- Finnmark, 4- Hordaland, 5- Møre & Romsdal, 6- Nordland, 7- Nord Trøndelag, 8- Oppland, 9- Rogaland, 10- Sogn og Fjordane, 11- Sør Trøndelag, 12- Telemark, 13- Troms, 14- Vest Agder, 15- Vestfold. Sogn og Fjordane samt Møre og Romsdal har klart flest dødsfall. Data fra *skrednett.no*.



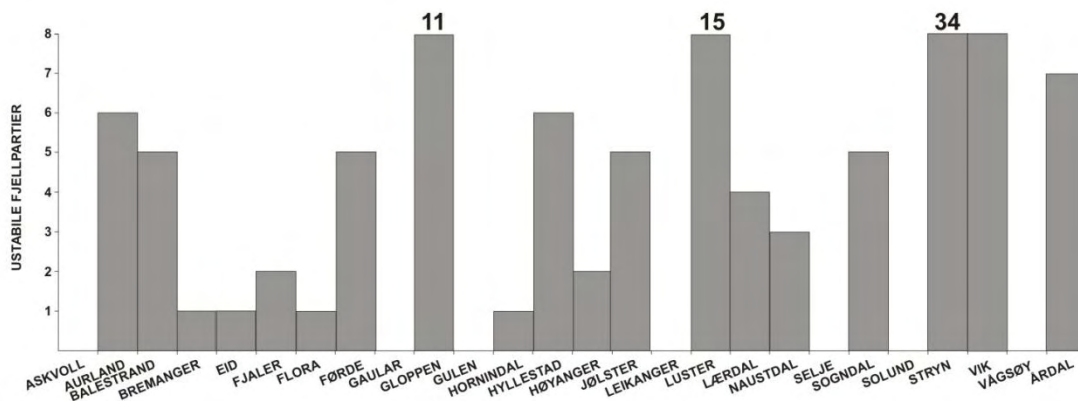
Figur 4: Antall dødsfall per fjellskredhendelse i Norge framstilt fylkesvis. 1- Aust Agder, 2- Buskerud, 3- Finnmark, 4- Hordaland, 5- Møre & Romsdal, 6- Nordland, 7-Nord Trøndelag, 8- Oppland, 9- Rogaland, 10- Sogn og Fjordane, 11- Sør Trøndelag, 12- Telemark, 13- Troms, 14- Vest Agder, 15- Vestfold. Sogn og Fjordane samt Møre og Romsdal har det største antall fjellskredhendelser. Data fra *skrednett.no*

Figur 5 viser en oversiktskart over hele fylket med de historiske hendelser som er dokumentert. Dette viser at skredhendelser er spredt ut over hele fylket. Derimot er det noen områder hvor hendelser har vært hyppigere. For eksempel, i området som dekker Oldevatnet, den østligste delen av Nordfjorden og Lovatnet er det en mye høyere frekvens av skredhendelser. Dette høyfrekvens-området er nemlig der hvor de fleste tap av liv har skjedd; to hendelser i 1693 (6 dødsfall) og 1733(5 dødsfall) i Oldevatnet og to hendelser i Lovatnet i 1905 (61 dødsfall) og i 1936 (74 dødsfall). Det er også en tendens for mindre fjellskredhendelser mot vest i retning kysten, og en gradvis økning av hendelser innover mot øst. De kan ha noen sammenheng med den kaledonske skyvefronten som skjærer gjennom Årdalen fra NØ-SV. Det er et tredje mønster i fordeling av fjellskredhendelsers som burde utpekes, og det er at hovedfjorden, Sognefjorden, er relativt fri for skredhendelser; men disse konsentreres derimot på sekundære fjordsystemer som Årdalsfjorden, Nærøydalen, Lustrafjorden of Fjærlandsfjorden.

Med hensyn til oppdeling av historiske skredhendelser, er det en stor variasjon i skredfrekvens med hensyn til kommuner (Figur 6). Fire kommuner peker seg ut med høy fjellskredfrekvens. Disse er Gloppen, Luster, Vik og Stryn. Aurland, Balestrand, Førde, Hyllestad, Jølster, Sogndal og Årdal.



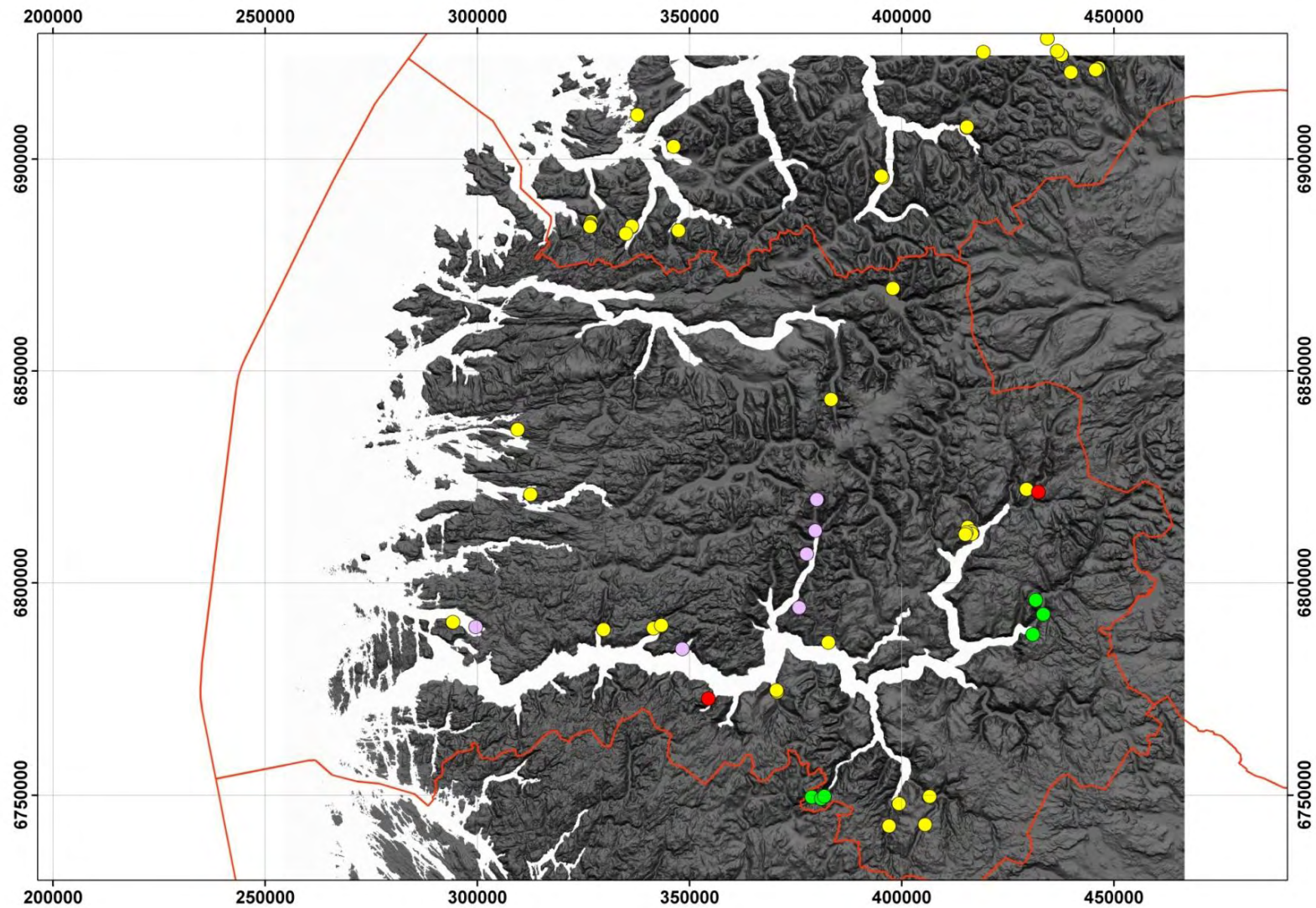
Figur 5: Oversiktskart over Sogn og Fjordane som viser historiske data angående antall dødsfall per skredhendelse.



Figur 6: Frekvensdiagram som viser hyppigheten av dokumenterte historiske fjellskredhendelser på kommunebasis. Dataene er hentet fra *skrednett.no* og består av data fra nåtiden tilbake til c. 1300.

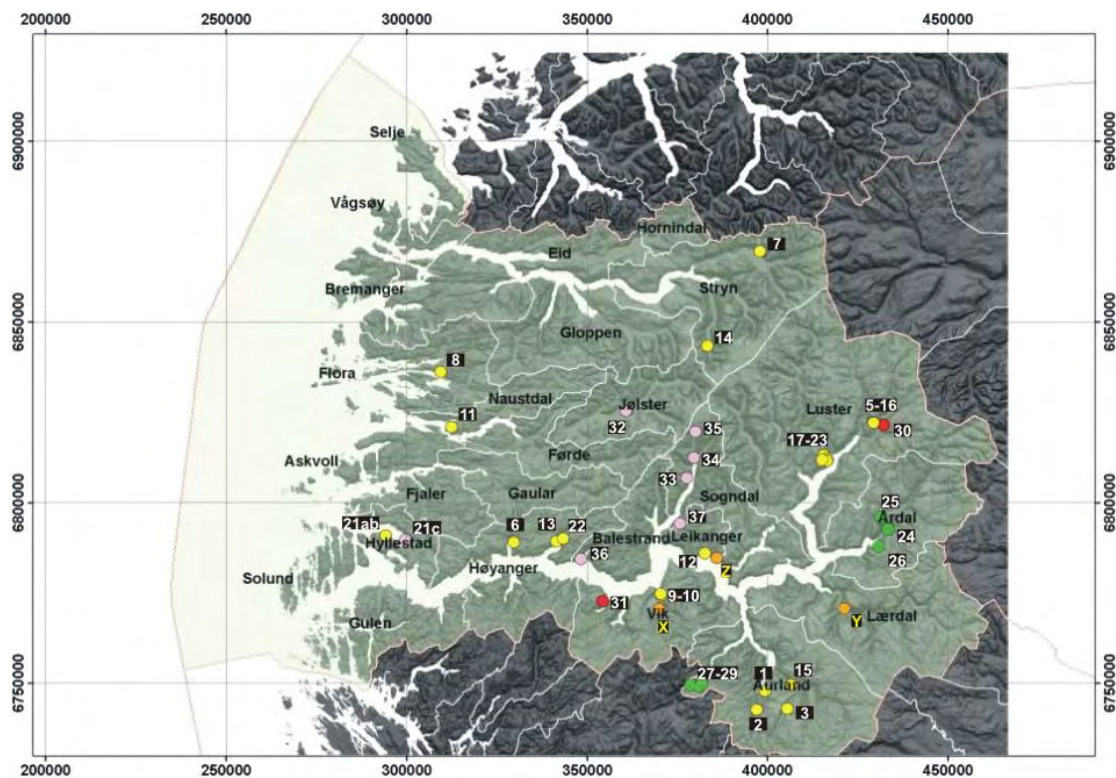
Figur 7 viser lokalitetene som ble identifisert fra forskjellige kilder som mulige ustabile fjellpartier. Lokalitetene er presentert i en mer detaljert form i Vedlegg 1. Vi har identifisert disse lokalitetene fra analyse av flyfoto på NGU over flere år (se Vedlegg 6), tidligere helikopter rekognoseringsarbeid, fra lokale kjentfolk, fra supplerende informasjon fra fylkesgeologen og fra *skrednett.no*. Vi har derfor identifisert i alt 37 lokaliteter som danner utgangspunktet for undersøkelsene i dette prosjektet.

Figur 5 er forskjellig fra Figur 7 og viser de fjellpartiene hvor alt har tidligere rast ut (historiske hendelser). Figur 7 viser ustabile fjellpartier som fortsatt ligger opp på fjellsidene og som muligens truer samfunnet. Fordeling av disse objektene er noe annerledes en de historiske hendelsene. Figur 7 viser at de fleste ligger i sekundær-daler til Sognefjorden, med en litt hyppigere fordeling i øst. Resultatene av de første undersøkelsene på de utpekte lokalitetene presenteres i kapittel 2.

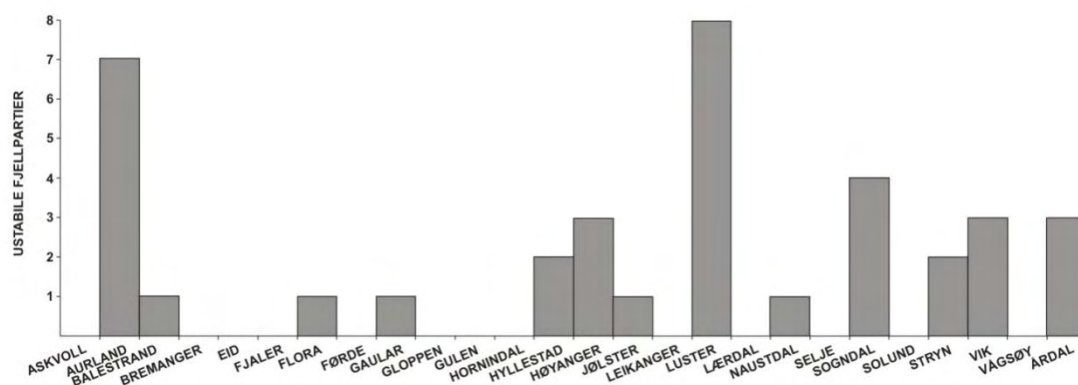


Figur 7: Oversiktskart over Sogn og Fjordane som viser de forskjellige lokaliteter som vi har plukket ut fra forskjellige kilder som krevde feltundersøkelser. I gult er de som er identifisert fra flyfoto eller helikopter-rekognosering, i grønt er de som er identifisert fra fylkesgeologen som høyprioritet, i rødt er de som var identifisert med satellitt og digitalt ortofoto rett for feltsesongen begynte og i lilla er de som var identifisert etter feltarbeid var på begynt.

Figur 8 viser en oversikt over hvor disse nylig identifiserte ustabile fjellpartier ligger med hensyn til de forskjellige kommuner. Dette viser et forskjellig bilde fra de historiske hendelsene. Figur 9 viser et frekvensdiagram av dataene fra Figur 8. Det er stort sett Aurland, og Luster kommune som har det største antallet ustabile fjellpartier (men de som er kartlagt i Luster kommune er i et begrenset område og kan anses som samme lokalitet). Hyllestad, Høyanger, Sogndal, Vik og Årdal har noen lokaliteter.



Figur 8: Oversiktskart over Sogn og Fjordane fylke som viser aktuelle lokaliteter med lokalitetsnummer som ble undersøkt i feltsesongen 2007.



Figur 9: Mulige ustabile fjellpartier identifisert fra forskjellige kilder fordelt på kommuner.

Lokalitetene presentert i Figur 7 danner et utgangspunkt for påbegynnelsen av feltarbeidet i 2007. For at en lett skal kunne referere til de forskjellige lokalitetene på kartet og i rapporten gis de forskjellige lokalitetsnummer (Figur 8).

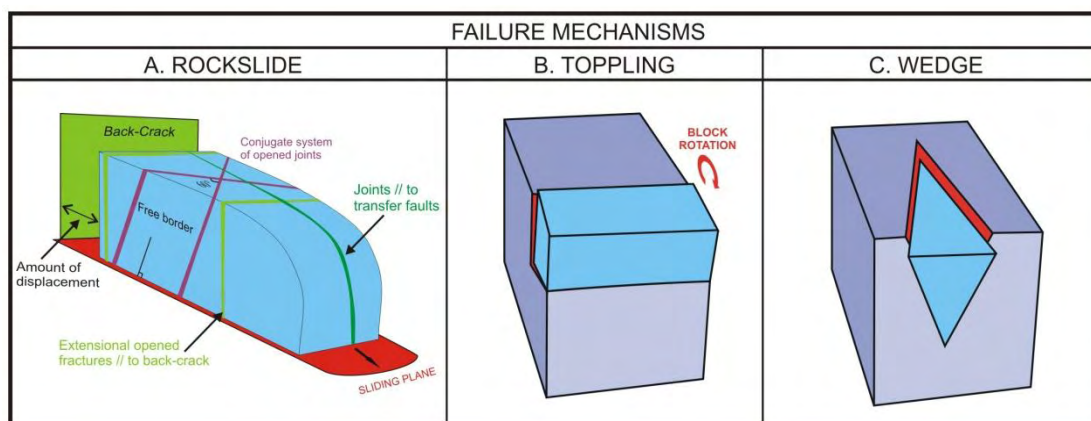
1.3 Metodikk

1.3.1 Strukturgeologi

Strukturgeologi, dvs. studien av sprekker og glideplan og hvordan de utvikler seg, er brukt som et verktøy til å fastsette:

- den geometriske kombinasjonen av strukturer nødvendig for utglidning, dvs et lavvinklet glideplan, en baksprekke som utløser blokken og en sideveis struktur som utløser blokken på siden
- direkte bevis i felt for at det har vært bevegelse i deler av fjellsiden og at bevegelsen er nylig

Figur 10 viser noen klassiske eksempler på hovedgeometrier som kan føre til utløsning. Disse tre typene er anerkjent både nasjonalt ut ifra det arbeidet som vi har allerede gjennomført i andre deler av landet (f. eks. Henderson et al., 2006), og internasjonalt. Figur 10a viser den første og mest utbredte geometrien som kalles 'utglidning'. Her utløses blokken på et lavvinklet ($20-35^\circ$) skjærplan nederst i blokken. Steilstående sideveis forkastninger må også være tilstede for å utløse blokken. Den andre type geometri er vist i Figur 10b og er en veltegeometri. Her er det ingen utglidning, men nær vertikale plater eller flak som velter ut under rotasjonsbevegelse nedover fjellsiden. Figur 10c viser den siste type av utløsingsmekanisme og er en kile-geometri. Dette er en utløsingsmekanisme som består av to skjærplan i bunnen av blokken og hvor deres skjæringslinje tilsvarer bevegelsesretningen. Alle disse tre strukturtyper er sett i mer eller mindre grad i Sogn og Fjordane. Hybride geometrier kan oppstå hvor en eller flere modeller er aktiv på en viss lokalitet.



Figur 10: Eksempler på typiske strukturer og geometrier tilknyttet ustabile fjellpartier: A- Utglidning. B- Velting. C-Kile. Modifisert fra Henderson et al., 2006.

Feltbefaringer som ble utført i løpet av sommeren har stort sett handlet om å beskrive de forskjellige strukturene på hver lokalitet, å finne bevis for bevegelse og finne overbevisende informasjon om denne bevegelsen har skjedd nylig. Ut ifra disse observasjoner var det bestemt på hver lokalitet om det skulle settes ut GPS punkter for å måle bevegelsen over flere år. Dette diskuteres under.

1.3.2 GPS målinger

GPS antenner har blitt brukt av NGU siden 2003 for bestemmelse av bevegelse i enkelte punkter på fjellsiden. Arbeidet utføres og dataene prosesseres i samarbeid med Trond Eiken ved UiO (Eiken 2007). Flere antenner plasseres ut på de ustabile fjellpartiene med enten et eller to fastpunkter utenfor det ustabile fjellpartiet som referansepunkt. Det er vanlig å bruke opp til 5 GPS antenner på en lokalitet (i Flåm i Aurland har det blitt brukt 22 punkter på grunn av størrelsen på fjellpartiet). I første omgang måles nøyaktig posisjon av alle punktene samtidig. Målingen pågår i ca. 1 time. Vanligvis ventes det et år før neste måleperiode. Den samme prosedyren skjer i den andre måleperioden, slik at en ny posisjon beregnes for hvert punkt. Prosesseringen av dataene i etterkant kan derfor vise om det har vært bevegelse mellom punktene.

Alle målepunkter for GPS er markert med bolter som er boret og limt fast i fjellet. GPS-antennen ved måling kan skrues direkte på boltene med minimale feil i sentring. Normalt er antenna satt på en "trefot" (Figur 11). Boltene måles med sprayfarge i etterkant så at den lett kan finnes igjen i terrenget. GPS dataene presenteres i Vedlegg 2 til Vedlegg 5.

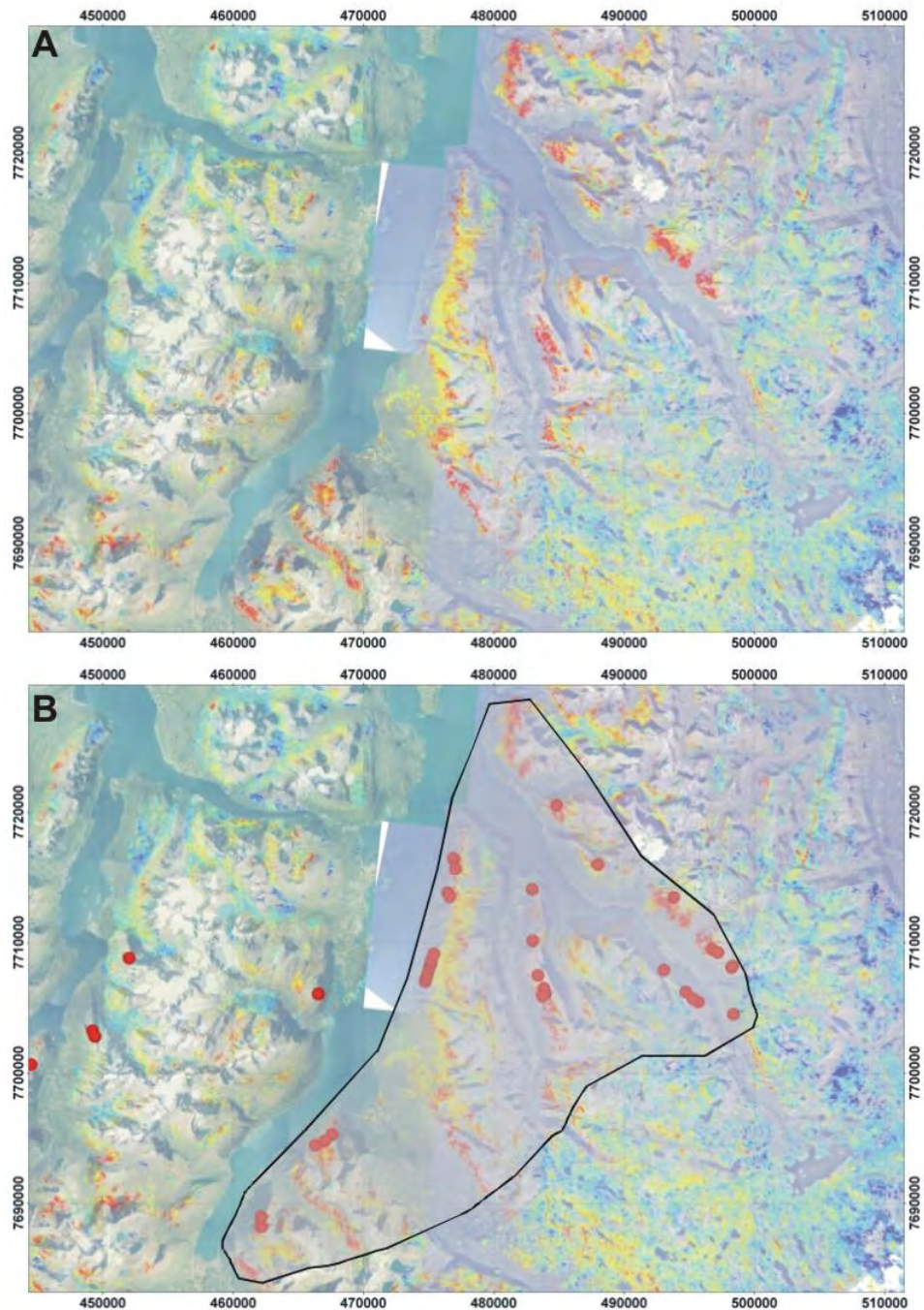


Figur 11: Eksempel på en GPS antenna montert på en trefot. Trefoten er montert på en bolt som er boret og limt fast i fjellet.

1.3.3 InSAR

Dette er en ny metode som har så vidt blitt tatt i bruk i Norge for undersøkelse av skredfare. InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) handler om avstandsmålinger fra satellitter til reflekterende punkter på bakken og har en nøyaktighet ned til noen få millimeter. Fra målinger tatt over flere år muliggjør en beregning av høydeforskjell på samme punkt. På den måte er det mulig å konstruere et regionalt bilde av områder med variasjon i innsynkning. Figur 12 viser et eksempel fra Troms (Henderson et al., 2008) hvor InSAR data har blitt brukt i feltsongen i 2007. Figur 12a viser området øst for Lyngen halvøya med InSAR dataene integrert med digitale ortofoto. Områdene som har relativ innsynkning vises i gult og rødt. De områdene som synker inn mest er i rødt (opp til 10mm per år). 13 år med bildeserier er benyttet fra 1992 til 2005. En tilsvarende måleserie er anskaffet for Sogn og Fjordane.

Figur 12b viser at det er mulig å avgrense områder som gjennomgår regional innsynkning. I Troms viser det seg at de fleste potensielle ustabile fjellpartiene som har blitt pekt ut med konvensjonell flyfototolkning ligger innenfor området identifisert med InSAR metoden.



Figur 12: Eksempel fra Troms på praktiske bruk av InSAR satellitt teknologi i fjellskredkartlegging. A- InSAR data kombinert med digitale ortofoto. B- Avgrenset område hvor det er regional nedsynkning relatert til det regionale forkastningsmønstrer. Lokalisering av de fleste skredlokalitetene i det nedsunkne området. Data hentet fra Henderson et al., 2008.



Available ERS and ENVISAT ASAR images from www.simcat.it (courtesy of TRE Tele-Rilevamento Europa).

Figur 13: Oversiktsbilde som viser dekning av InSAR satellittbilder. Hele fylket er dekket av InSAR.

Bruk av InSAR i Troms erfares som et kvantesprang i forståelse av regionalfordeling av skredlokaliteter. De nødvendige dataene har nå blitt anskaffet for Sogn og Fjordane (Figur 13) og dekker hele fylket. Disse skal prosesseres i løpet av våren 2008 og tas i bruk for å bistå feltarbeidet i 2008.

1.3.4 LIDAR skanning

LIDAR (Light Detection and Ranging) er en relativt ny metode som bruker laser-skanning for å danne en 3D-modell av et objekt. Metoden har millimeter-nøyaktighet og har blitt brukt i flere år av NGU for å skanne ustabile fjellpartier for å bygge opp detaljerte 3D terreng modeller av mulig skredlokaliteter. Det er to hovedmål med dette arbeidet:

- Å bedre forstå de strukturene som opptrer i det ustabile fjellpartiet
- Å utføre skanninger over flere år. Sammenligning av modellene kan avsløre områder som er i aktiv bevegelse

Laserskanning utføres med en bærbar maskin som har blitt anskaffet av NGU i løpet av vinteren 2007/2008. Den skal tas i bruk i feltsesongen 2008 for å skanne de mest interessante lokalitetene fra våre rekognoseringsarbeid utført i 2007.

2 POTENSIELLE USTABILE FJELLPARTI

2.1 Innledning

Feltarbeidet i 2007 markerte starten av undersøkelsene på fylkesbasis. 12 arbeidsdager var brukt i slutten av juni og begynnelsen av juli. De fleste av feltdagene var gjennomført med helikopter siden fylket er geografisk veldig stor og lokalitetene er spredt over hele fylket. Feltbasen var i Førde hvor det var lett tilgang til flyplassen og *AIRLIFT A/S* sine helikoptertjenester. Vi beskriver i det følgende de lokalitetene som ble undersøkt i feltsesongen 2007. Som ikke uvanlig med et slikt stort prosjekt, er noen ekstra lokaliteter blitt foreslått i ettertid. Disse lokalitetene diskuteres i avsnitt 3.2.

2.2 Lokalitet 1: Flåm

Denne lokaliteten ligger i indre fjordregionen av Sognefjorden rett ovenfor tettstedet Flåm ved enden av Aurlandsfjorden (1 på Figur 8). Det er foretatt kartlegging i dette området i et tidligere forskningsprosjekt i samarbeid mellom NGI, NGU, Spilde Entreprenør, Oslo Energi og Aurland kommune (Domaas m.fl., 2000; Blikra m.fl, 2000, 2002, 2006; Braathen m.fl 2004; Olesen m.fl 2000, 2004). Konklusjonen var at flere områder i Flåm er karakterisert av ustabil fyllitt som kan gi opphav til store utglidninger. Det ble anbefalt å følge opp med detaljkartlegging av ustabile parti og instrumentering for bevegelsesmålinger. Lokaliteten er diskutert i en mer detaljert rapport (Henderson & Blikra, 2008) ifølge ønske fra Aurland Kommune. Her oppsummerer vi kun hovedtrekkene.

2.2.1 Geologiske undersøkelser

På grunn av tidsbegrensninger og omfattende kartlegging som alt er gjort, har det ikke blitt foretatt noe feltarbeid i Flåm i 2007. Arbeidet med denne rapporten i begynnelsen av dette nye prosjektet har vært å fremskaffe informasjon om nye lokaliteter. Det blir økt undersøkelsesnivå fremover i tid på denne lokaliteten.

2.2.2 GPS målinger

Det ble satt ut 20 GPS punkter i 2005 (Figur 14 og Vedlegg 2), hvorav tre punkter er plassert i fast fjell og 17 punkter i områder med potensiell bevegelse. Dette nettet ble målt om i 2006 og 2007. I 2006 ble to ekstra punkter sett ut og målt på Furekamben etter ønske fra Flåm Utvikling/NGI. Disse er bare målt om i 2007.

Figur 14 viser resultatene av de nye målingene gjort i 2007. Det er mange punkter som har en signifikant horisontal endring i måleperioden 2005-2007, men ingen punkter med klart signifikante endringer i høyden. 11 punkter viser signifikante horisontale endringer større enn 1cm, som er AU-7, AU-8, AU-9, AU-10, AU-12, AU-13, AU-14, AU-15, AU-16, AU-19 og AU-21.

Målingene indikerer at det er horisontale bevegelser i punkt AU-19 (1.9cm) i uren ved sjøen, men dette punktet er plassert i en blokk ved et bilverksted, og det er litt usikkert om det er representativt for et større område eller om lokale endringer er årsaken.

I området fra Joasete til Furekamben er det klare tegn på bevegelse. De største horisontale endringene er i punktene AU-14 (2.8cm) nord for Joasete og AU-12 (3.8cm) på stupkanten vest for Joasete. Endringene i de andre punktene mellom Joasete og Furekamben er ca. 1cm/år, og viser klar signifikant bevegelse. De to punktene som ble satt ut i 2006 i området der det planlegges taubane fra Flåm til Furekamben viser klare tegn på bevegelse.

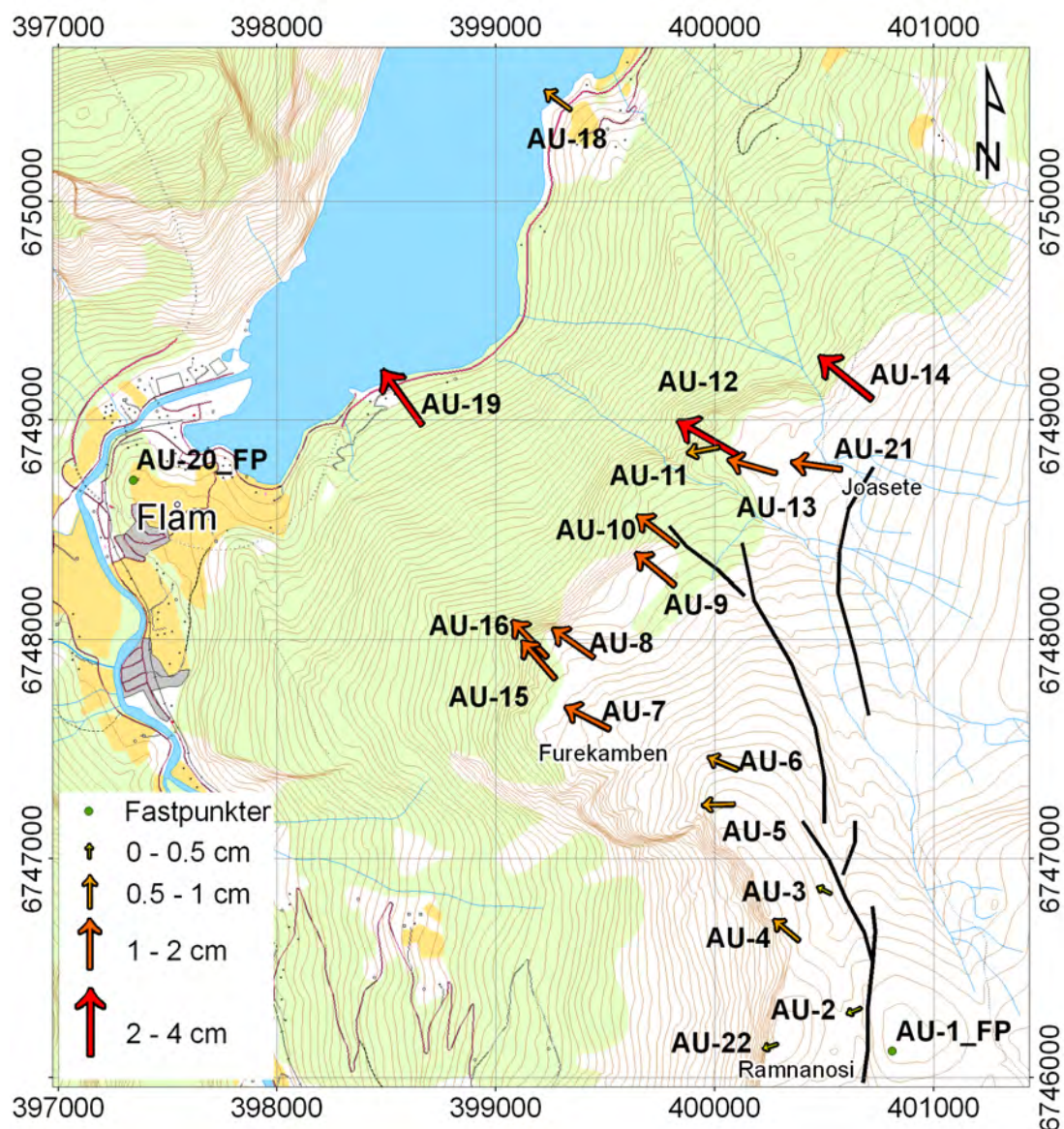
Retningsdataene peker på at de horisontaldataene er til å stole på siden retning er nesten likt i alle punkter som antyder en veldig konsekvent bevegelse.

I området fra Furekamben til Ramnanosi viser tre punkter (AU-4, AU-5, AU-6) signifikante horisontale bevegelser, men her er endringene mindre enn 1cm/år.

Områdene som ser ut til å bevege seg utover og ned i dalsiden mot vest er beregnet til anslagsvis over 70 til 120 millioner m³. Det representerer trolig det største potensielle ustabile fjellpartiet som er registrert i Norge.

2.2.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

- GPS målinger viser at det er betydelige bevegelser i området fra Joasete til Furekamben
- I betraktning av den høye risikoen som er knyttet til det ustabile området fordi det ligger rett ovenfor Flåm og Aurlandsfjorden anbefales det videre arbeid og instrumentering for bevegelsesmålinger i området
- Ved siden av å fortsette med årlige GPS-målinger er det nødvendig å gjennomføre andre målinger for å vurdere informasjonen fra GPS-målingene. Mulige metoder er InSAR, LIDAR-skanning eller ekstensjonsbolter
- Det skal også følges opp med strukturell detaljkartlegging av det ustabile området
- Området som beveger seg har et volum mellom 70-120 millioner m³ og er det største registrerte ustabile fjellpartiet i Norge.



Figur 14: Oversikt over det ustabile fjellområdet ved Flåm. Piler indikerer bevegelsesretning og størrelse av bevegelser i måleperioden 2005-2007 som vist i tegnforklaringen.

2.3 Lokaltet 2: Vidme

Denne lokaliteten ligger i Flåmsdalen sør for Flåm (2 på Figur 8). Området ble først identifisert fra flybilder som en mulig ustabil fjellside. Området ble bare observert fra helikopter i feltsesongen 2007 og på grunn av tidsbegrensninger ble det ikke foretatt feltarbeid i Vidme i 2007. Området må undersøkes i 2008.

2.3.1 Geologiske undersøkelser

Den store skrenten i fjell nedenfor Vidme er tolket som en eldre utglidningskant (Figur 15a). Fremkanten av det ustabile området viser nylig aktivitet (Figur 15b). Like ovenfor skrenten går det en tydelig struktur parallelt skrenten i nordlig retning (Figur 15a). Dette er en klar sprekk eller en gravitasjonsforkastning. Det er flere innsynkningsgroper langs denne kanten, noe som er typisk for sprekker som er i

bevegelse. Løsmasser har kollapset ned i disse gropene, og oppsitterne på gården mener det har vært unge bevegelser eller endringer i terrenget i dette området. Sprekken avgrensner et område som er 50m bredt og over 200m langt. Regner en med en vertikal tykkelse på 50 til 100m vil dette representere et volum på 0,5-1mill m³. Området ligger i fyllitiske bergarter og foliasjonen faller mot dalen. Strukturene er derfor ideelle for utvikling av et betydelig fjellskred.

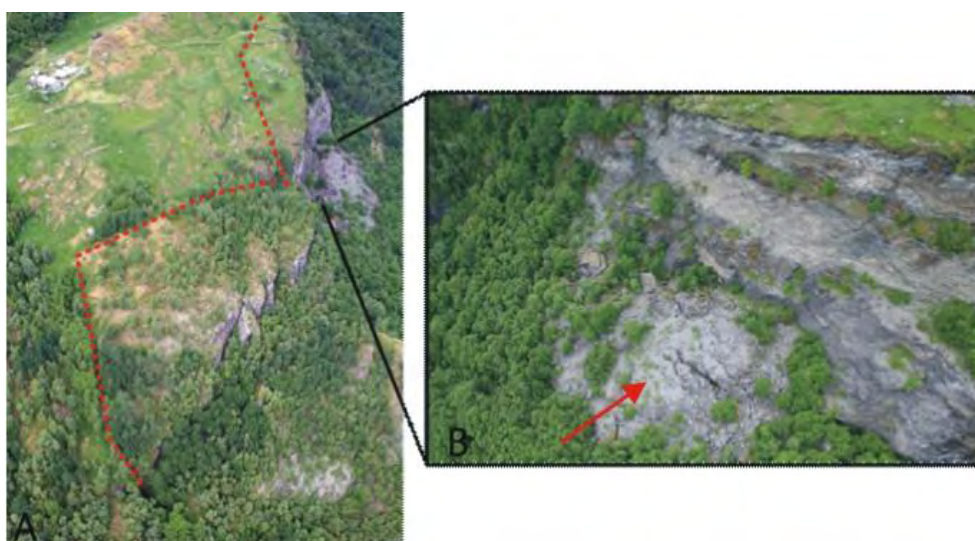
Området bør kartlegges i større detalj i 2008 for å eventuelt dokumentere glideplan i nedre deler, og det bør vurderes overvåkingstiltak for å følge med i eventuelle bevegelser.

2.3.2 GPS målinger

Det er ikke enda vurdert å sette ut GPS punkter her. Mer feltarbeid bør utføres i 2008.

2.3.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

- De observerte strukturene antyder at området er ustabil. Dybden av det ustabile området er usikker siden ingen glideplan er observert
- Aktivitet på fremkanten
- Mer feltarbeid kreves i 2008



Figur 15: Det ustabile fjellområdet nedenfor Vidme. A) Overblikk over det ustabile området. Det er flere strukturer som antyder at området er ustabil. B) Fersk aktivitet på fremkanten vises med rødt pil.

2.4 Lokalitet 3: Viddalen

Denne lokaliteten opptrer i svake fyllittbergarter på østsiden av Fretheimsdalsvatnet i Indre Aurland i en høyde av c. 1300m over havet (3 på Figur 8). Området har blitt studert tidligere av geologer fra *E-CO Vannkraft A/S* som kjører et parallelt arbeid med dette. NGU ser på dette arbeidet som kompatibel med det som *E-CO Vannkraft*

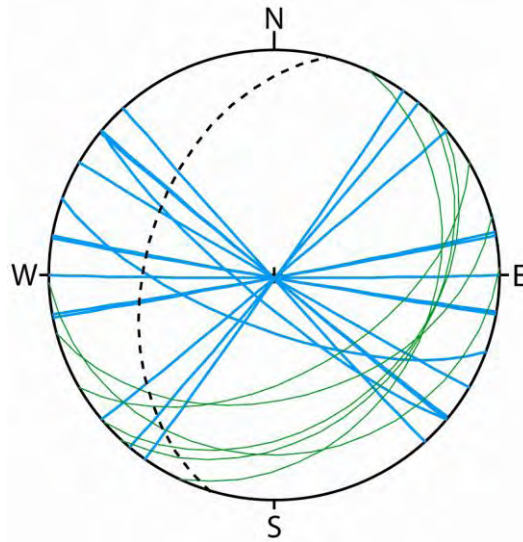
A/S utfører siden NGU kommer inn i bildet med et annet perspektiv på det regionale bildet.

2.4.1 Geologiske undersøkelser

En 200m lang sprekk er sett i bakkanten av en blokk som kan være opp til 100m bred (Figur 16). To forskjellige sprekkeretninger er observert (Figur 17). Disse er NØ-SV, som er retningen til hovedbaksprekken, og VNV-ØSØ som er stort sett de sekundære strukturer som deler opp blokken. Baksprekken har en kompleks utforming som består av begge retninger (Figur 16). Basert på helikopterobservasjoner av det mulige glideplanets utgående antar vi en sprekkedybde på ca. 100m for baksprekken. Det utgir et relativt stort foreløpig volum på c. 1-2 millioner m³. Derimot faller foliasjonen inn mot fjellet (Figur 17), noe som skulle forebygge mot glidning. Baksprekken er ca. 10m bred men viser lite tegn på nylig bevegelse.

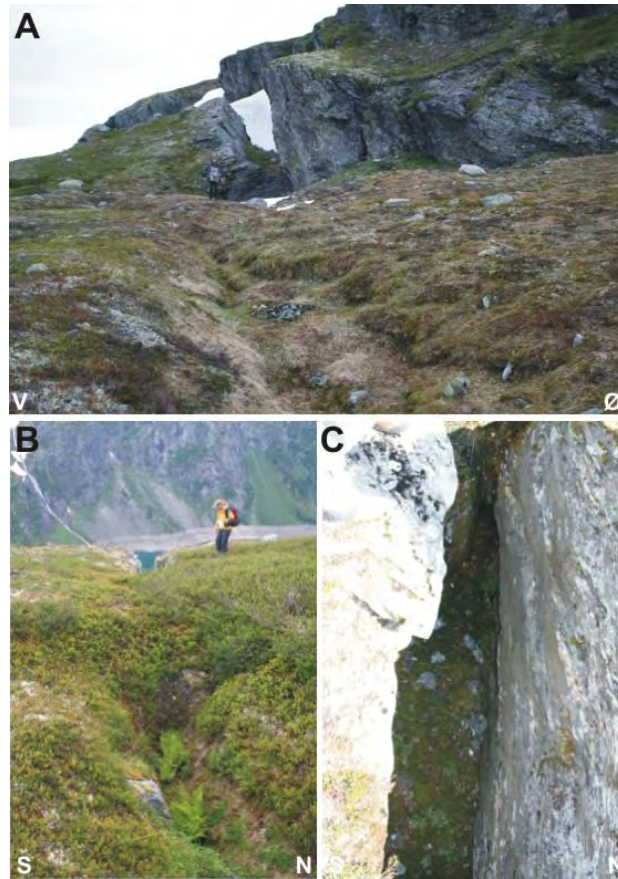


Figur 16: Oversiktsbildet fra helikopter som viser baksprekken, den delvis utløste blokken og de to sprekkeretningene som deler blokken opp i mindre blokker.

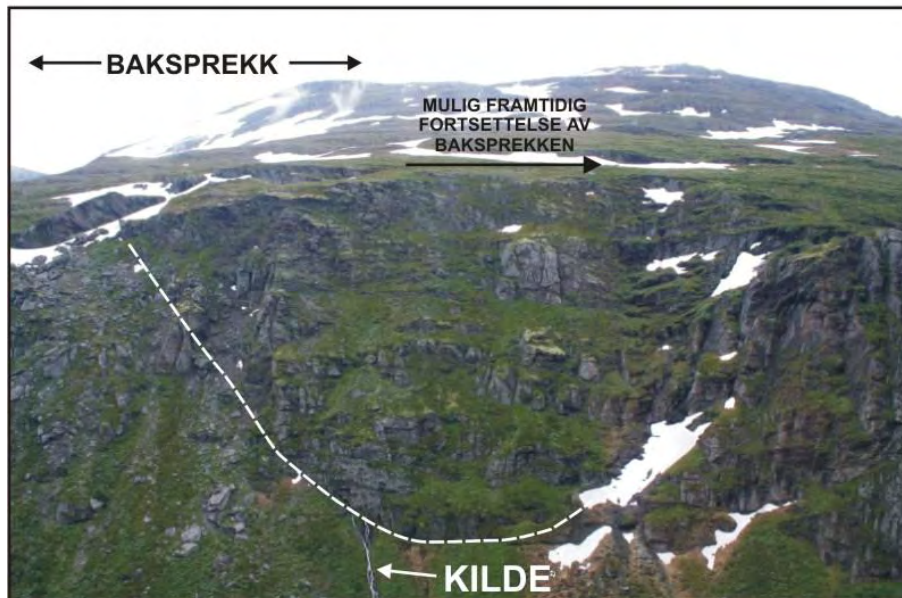


Figur 17: Stereonet data fra Viddalen som viser at foliasjonen som faller mot fjellet og de to sprekkeretningene. Den stiplede linjen viser gjennomsnitt for skråningshelning.

Den brede baksprekken ser ut til å minske i størrelse mot sør og å dø ut i terrenget (Figur 18a). De interne sprekkene som deler opp blokken viser også lite tegn til nylig bevegelse siden de er gjengrodd med mose og gress (Figur 18b og c). Det er derimot observert en kilde som kommer ut fra fjellsiden under blokken (Figur 19). Denne demonstrerer at sprekkene og glideplanet er åpne mot dypet, noe som kan bety at det er mulighet for utglidning.



Figur 18: Detaljerte observasjoner på sprekke på Viddalen. A- Hovedsprekken dør ut mot sør. B- en av de Ø-V sprekke som er igjengrodd på overflaten. C- Detaljert bilde av sprekkeoverflaten og sprekkebunnen som antyder lite tegn til aktiv bevegelse.

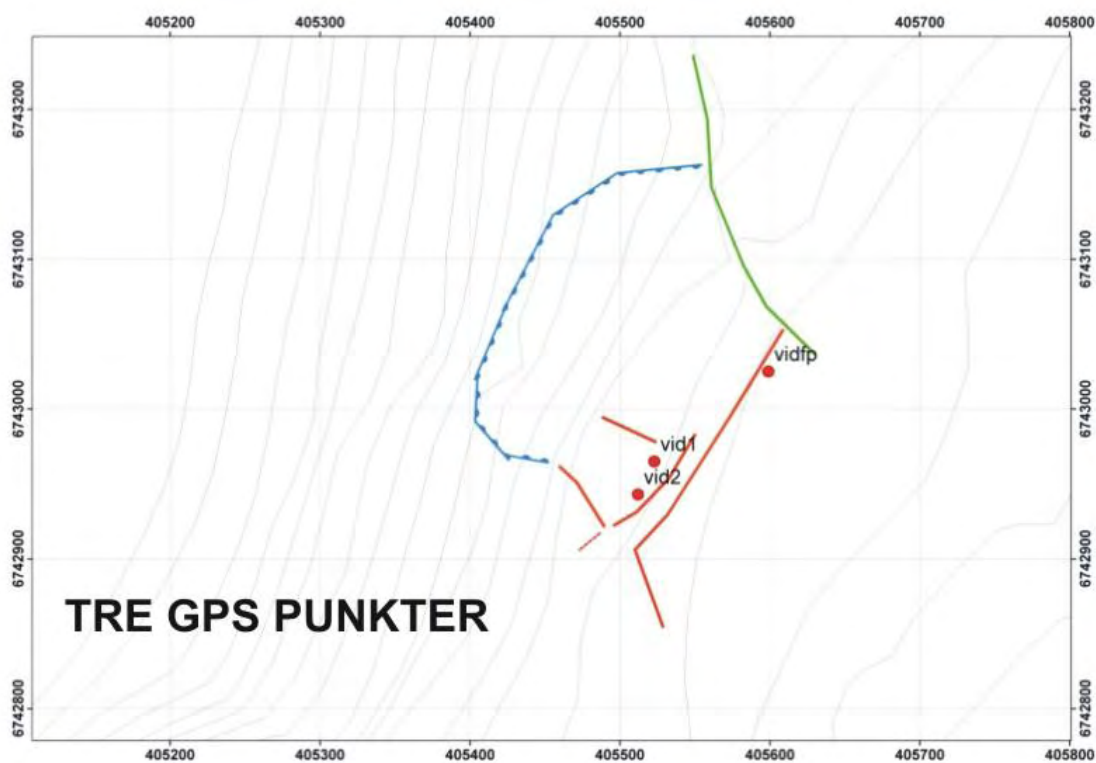


Figur 19: Oversiktsbilde fra helikopter som viser fremsiden av fjellet parallelt med antatt bevegelsesretning.

Figur 19 også viser at det ved kilden er et tydelig åpent plan som kan fungere som glideplan. Hvis baksprekken propagerer (vokser) mot sør, som er antydning ut ifra at den dør ut mot sør, har den hittil klart å nå halvveis i blokken som ligger ovenfor det mulige glideplanet (Figur 19). Derfor er blokken ikke helt utløst fra fjellsiden. Dette er å anse som positivt med hensyn til faren for en større utglidning. Observasjonen at hovedblokken er delt opp i mindre blokker er positivt siden dette gjør det mindre sannsynlig for at blokken skal rase ut som én enkel blokk.

2.4.2 GPS målinger

Selv om hovedsprekken ser ut til å være inaktiv er det noen små tegn til aktivitet på fremsiden av blokken. Det er derfor tvetydig om dette utstabile fjellparti er i bevegelse. En utglidning herfra vil kunne føre til en betydelig flodbølge i vannmagasinet. Grunnet de mulige konsekvensene av denne, bestemte vi oss for å sette ut GPS punkter likevel. Dette vises i Figur 20 og Vedlegg 5.



Figur 20: GPS punkter satt ut på Viddalen i feltesongen 2007. 3 punkter er satt ut og første måleserie forventes i løpet av 2008.

Vi har lagt ut tre punkter på denne lokaliteten; et fastpunkt øst for baksprekken og 2 punkter på blokken. Flere punkter var ikke satt ut siden det var mangel på fjellblottninger egnet for boring. Det kan vise seg at geometrien av GPS nettet er dårlig av samme grunn. Vi forventer de første måleserieresultater i løpet av 2008.

2.4.3 Oppsummering

- En blokk har løsnet fra fjellsiden langs en sprekk som er ca. 200m lang og 100m bred. Sprekken ser ut til å dø ut mot sør, noe som betyr at blokken ikke er helt utløst fra fjellsiden
- Orienteringen av foliasjonen ligger ikke til rette for utglidning mot vannet
- Hovedblokken er delt opp i flere blokker. Fronten av blokken er aktiv
- Utgående kilder fra bunnen av fjellsiden tyder på at sprekkene og glideplanene er åpne.
- Sprekkene ser ut til å være gamle og gjengrodde av mose. Observasjonen er meget subjektiv og uavhengige målinger trengs her
- Vi har satt ut 3 GPS punkter for å måle bevegelse. Et fastpunkt og to på blokken. De første resultater er forventet i 2008
- Volumet av blokken er estimert til ca. 1-2 millioner m³.

2.5 Lokaltet 6: Tirskardskreda (Vadheimsfjorden)

Denne lokaliteten ligger på østsiden av Vadheimsfjorden (6 på Figur 8). Det har gått et ras her i 1974 (Figur 21) og det var derfor bestemt å befare området for å vurdere muligheten for ytterligere rasfare.

2.5.1 Geologiske undersøkelser

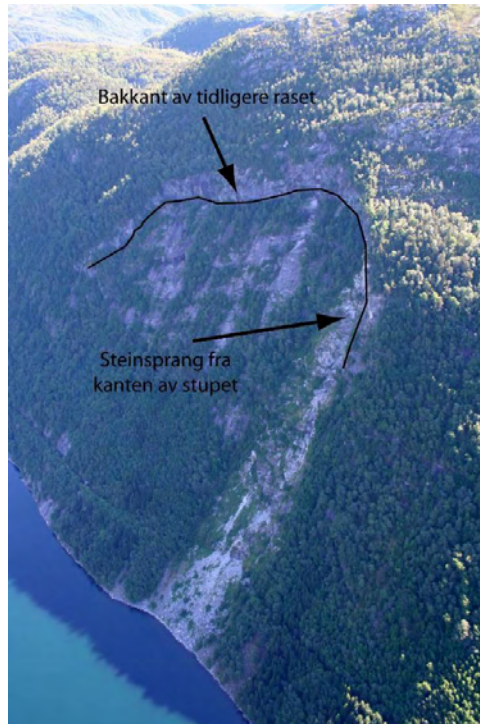
Det er tegn til noe aktivitet i den sørlige delen av bakkanten hvor det tidligere raset ble utløst. Området ligger i gneis og foliasjonen er omtrent vertikal med N-S strøkretning. Vi har ikke observert flere sprekker som kan utvikle seg til videre fjellskred, og derfor ble dette området bestemt til å ha lav prioritet. Følgelig ble det bare utført en enkel geologisk tolkning fra luften som vises i Figur 21. Det ble ikke foretatt feltarbeid.

2.5.2 GPS målinger

På grunn av lav prioritering ble det ikke satt ut GPS punkter.

2.5.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

- Det er ingen sprekker eller strukturer i bakkanten av stupet
- Det er mindre ferske steinsprang i en begrenset del av bakkanten til det gamle raset
- Ingen GPS punkter er satt ut, og området betegnes som lavprioritet



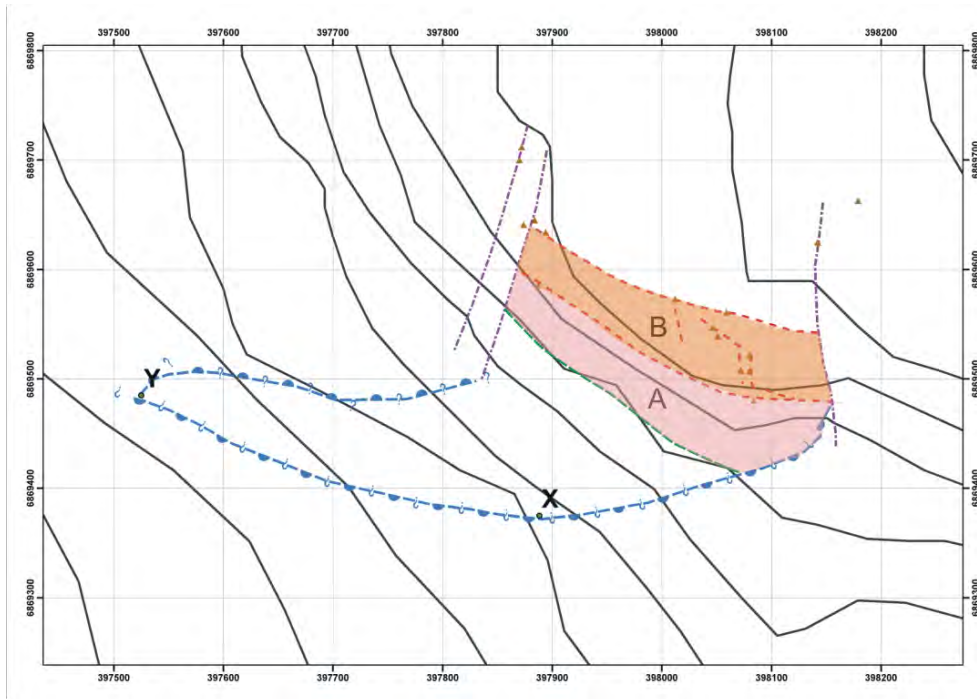
Figur 21: Lokaltet 8 på Vadheim. Bakkanten hvor det tidligere raset ble utløst er synlig. Det er mindre ferske steinsprang i sørlige delen av bakkanten til det gamle raset.

2.6 Lokaltet 7: Oppigardshyrna

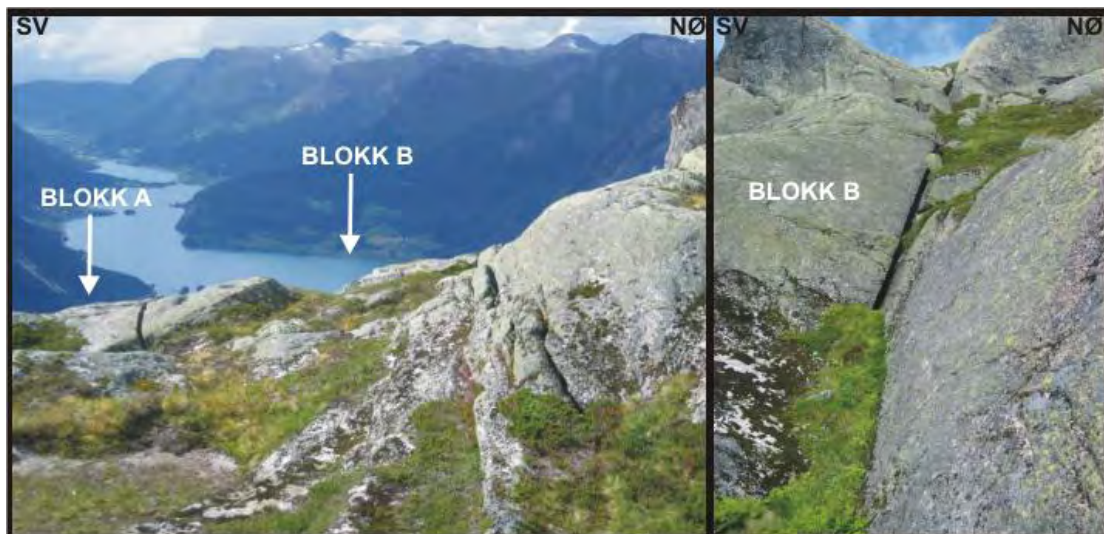
Oppigardshyrna er et sørvestvendt område på nordsiden av Oppstrynsvannet (lokalitet 7 på Figur 8). Lokalteten ble befart sommeren 2006 med helikopter for å kartlegge omfanget av sprekker, å fastsette om disse viste tegn til nylig bevegelse, og for å regne ut volumet av det potensielt ustabile området.

2.6.1 Geologiske undersøkelser

To hovedsprekker ble kartlagt (Figur 22) som er gjennomgående langs hele fjellsiden. Disse er parallelle med en VNV-ØSØ retning og det er ca.20-50m avstand mellom sprekkene. De begrenser to blokker: Blokk A og Blokk B (Figur 22 og Figur 23). Sprekkene er steiltstående og faller mot NØ, parallelt med den duktile foliasjonen i vertsgneisen. Enkelte bevegelsesvektorer fra disse sprekkene viser at fallretningen av blokkene er nedover og utover mot SV (mot dalen) og er derfor bekreftet som en gravitasjonsbevegelse (Figur 24). Sprekkeoverflatene er gjengrodde, noe som tyder på at bevegelsen ikke er nylig (Figur 25). I tillegg viser jernbolter som ble satt ut i 1951 på Blokk A ingen tegn til bevegelse de siste 60 år (Figur 26). Derfor bekrefter både feltobservasjoner og boltobservasjoner at fjellsiden i all sannsynlighet er inaktiv. Men når man tar hensyn til bebyggelsen som ligger under Oppigardshyrna og muligheten for en stor flodbølge ble det bestemt å sette ut GPS punkter. Disse er diskutert i avsnitt 2.6.2.



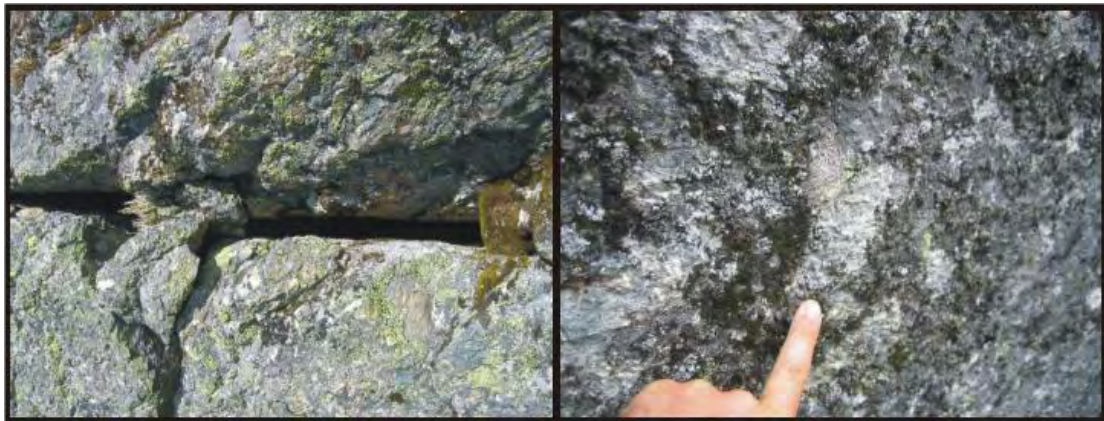
Figur 22: Geologisk kart over Oppigardshyrna ut ifra rekognoseringsarbeidet i 2006. To blokker (A og B) er begrenset av to Ø-V sprekker (rødt). Strøklengden av disse er begrenset av N-S sideveis sprekker (lilla). En mulig lavvinklet skjærsone (se Figur 27) ser ut til å fungere som glideplan under blokk A (blått). Geologiske observasjonspunkter er brune trekkanter. Punkt X og Y er den høyeste og laveste målt GPS punkt på glideplanet gjort fra helikopter.



Figur 23: Bilde av sprekken på Oppigardshyrna sett mot VNV. Blokk A ligger lengst SV mot kanten av stupet ned til Oppstrynsvannet. Sprekken i bakkanten av Blokk A (som viser en åpning på opp til 10cm) er målt fra før (se Figur 26) med jernbolter av NGI. Ingen bevegelse er påvist. Sprekken bak blokk B har også en Ø-V retning men er ikke åpen langs hele strøklengden.



Figur 24: Bildet til venstre viser utglidningsmekanismen på Oppigardshyrna. Steilstående, NØ-fallende åpne sprekker er dannet p.g.a. bevegelse mot SV på lav- til moderatvinklede skjærplane (selve sprekken er parallell med foliasjonen). Disse skjærplanene skjærer på tvers av den NØ-fallende foliasjon. Bildet til høyre viser at de store sprekkenes også kutter på tvers av foliasjonen og har en anastomerende (forgrenet) form.

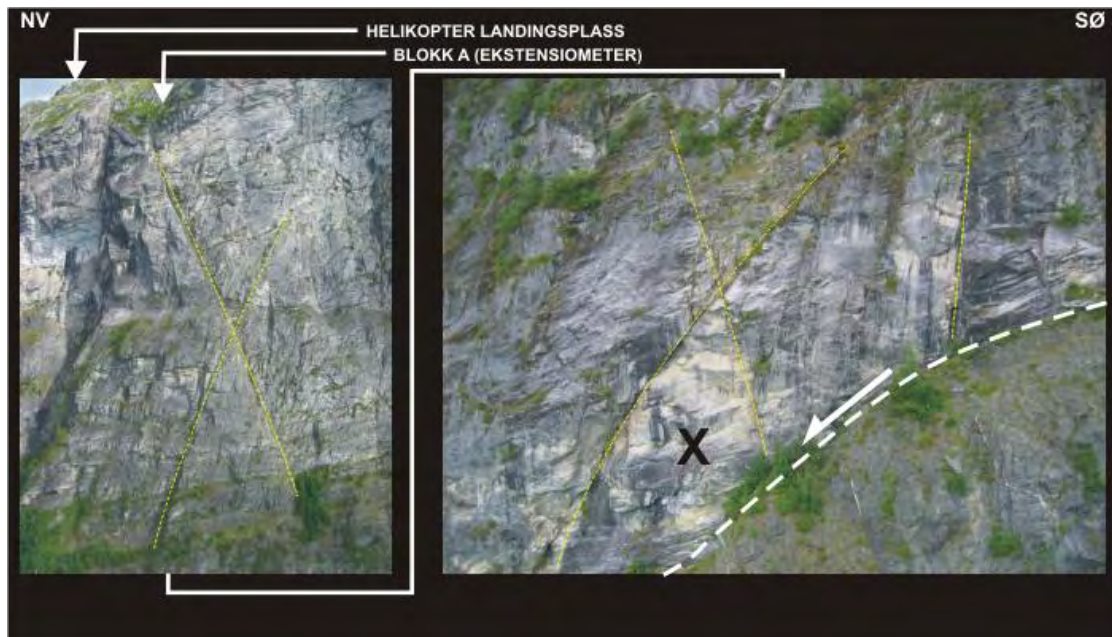


Figur 25: Bevis fra sprekkeoverflatene på sprekken bak Blokk A (til venstre) som viser vekst av mose i sprekken og (til høyre) vekst av lav på sprekkeoverflaten. Dette tyder på at sprekken er inaktiv.



Figur 26: Gamle jernbolter for måling av bevegelse på sprekken i bakkanten av Blokk A. Til venstre- den vestligste bolt er ødelagt. Til høyre- den østligste bolten viser ingen bevegelse, selv om den var satt opp i 1951.

Observasjoner fra helikopter av stupet utenfor det to blokkene viser flere steilstående lineamenter (Figur 27). Disse har en VNV-ØSØ retning og har en konjugert geometri. Ingen av disse ser ut til å bli åpne bortsett fra den som begrenser bakkanten av Blokk A (Figur 27a). Vi tolker et lavvinklet plan (Figur 27b) som et mulig utglidningsplan som kunne ha forårsaket åpningen av de steilstående sprekken. Område X i Figur 27b viser i tillegg at det er tegn på nylig steinsprang tilknyttet disse strukturene. Hvis det antatte glideplanet har forårsaket sprekkeåpningen, er det mulig å estimere et volum for blokken ned til utglidningsplanet. Dette gir et volum for Blokk A på 300m x 50m x 300m, dvs 4,5 millioner m³. Volumet for Blokk B er vanskeligere å fastslå, ettersom det er ikke tilknyttet noen utglidningsplan direkte mot denne strukturen. Den har en like bred overflategeometri som Blokk A og sannsynligvis et litt dypere glideplan. Derfor må 4,5 millioner m³ anses som et minimum for Blokk B.

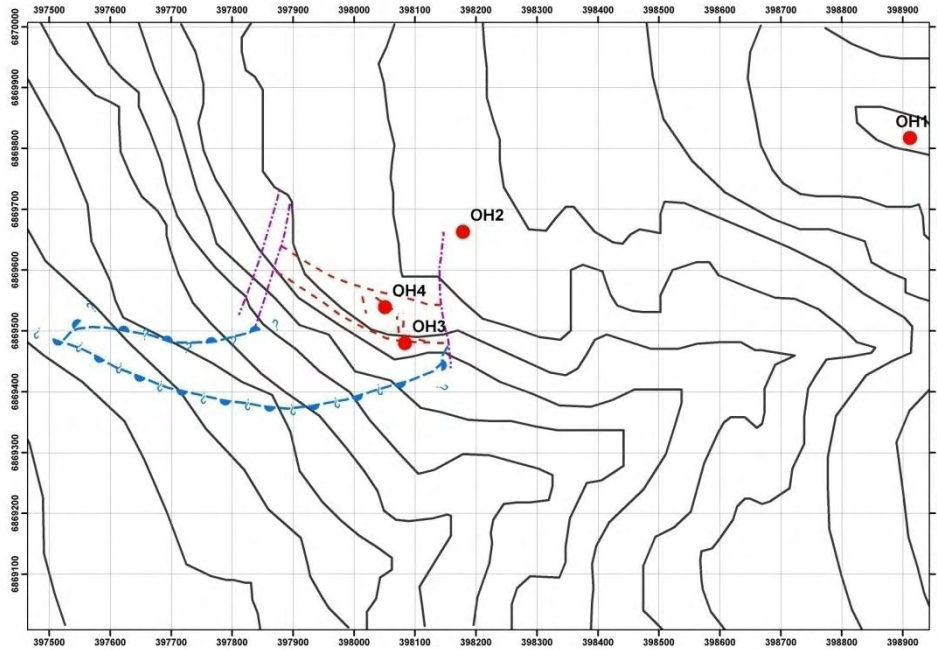


Figur 27: Observasjoner av frontveggen av fjellsiden under sprekken. Til venstre ses hvor sprekken bak Blokk A skjærer veggen. Det ser ut som sprekken er flere hundre meter dyp og sannsynligvis er tilknyttet glideplanet (til høyre) som er sett lengre nede i dalen. Mange steilstående forkastninger er sett i fjellveggen. Disse er sannsynligvis reaktiverte og tilknyttet områder hvor det har vært nylig steinsprang (markert X). Bildet til høyre er lengre nede i fjellsiden enn til venstre.

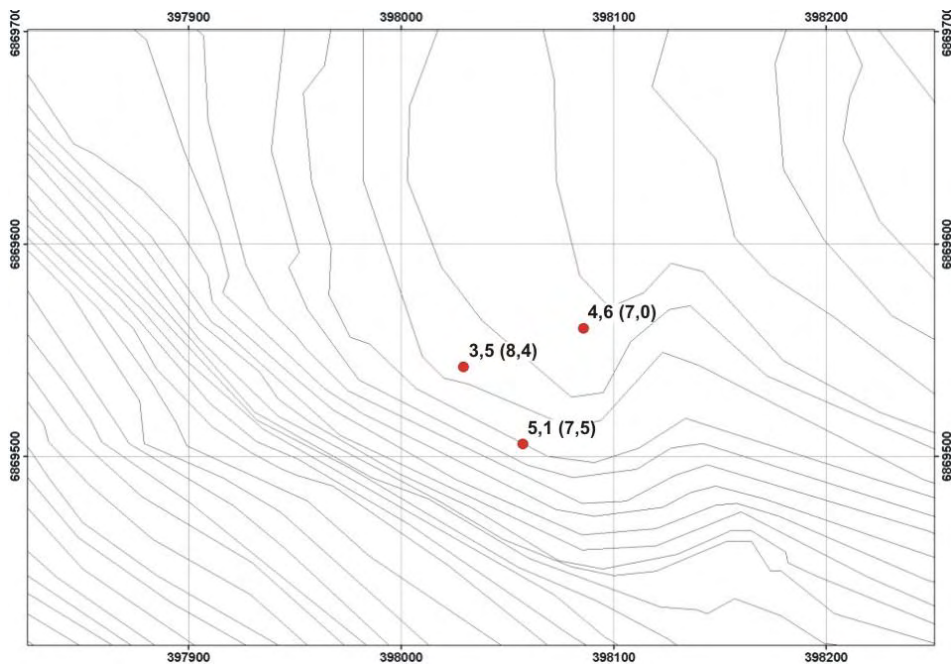
2.6.2 GPS målinger

Selv om fjellsiden ser inaktiv ut, var det bestemt at GPS målinger skulle gjennomføres grunnet bebyggelsen som ligger i nærheten av fjellsiden og konsekvensene av en potensielle flodbølge. Figur 28 viser mønstret av de punktene lagt ut i 2006. Dataene er også presentert i Vedlegg 3. Punkter OH-3 og OH-4 var lagt ut på Blokk A og Blokk B. Fastpunktet ligger på fjelltoppen (OH1). Punktene var målt inn igjen i 2007 og resultatene av horisontal og vertikal målinger vises i Figur 29. De tre punkter viser horisontal bevegelser i størrelsesorden 3,5-5,1mm som er forholdsvis begrenset bevegelse som er nær signifikansgrense for GPS-utstyret. Vertikalbevegelsen er større og ligger mellom 7,0-8,4mm, noe som er mer signifikant. Bevegelsesretnings dataene viser resultater som ikke er helt til å stole på (Figur 30) siden bevegelsesretning i alle tre punkter er mot SØ, noe som er parallelt med sprekkeretningen. Observasjoner på sprekken i felt demonstrerer at sprekken åpner i en SV-NØ retning, som er den naturlige retningen hvis blokkene faller med gravitasjon. Retning påvist fra GPS-dataene er derfor 90 grader feil og viser åpning parallelt med sprekken (dvs sideveis bevegelse), noe som ikke er påvist i felt.

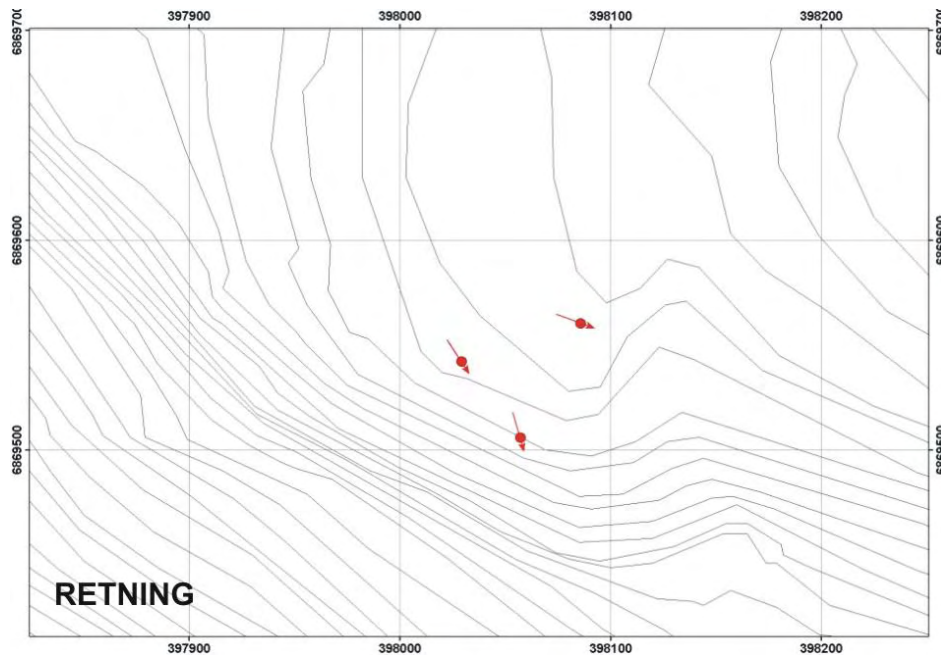
Disse motstridende observasjonene viser at GPS-dataene fra Oppigardshyrna fortsatt er tvetydige. Det trengs flere år til med måleserier slik at bevegelsen kan kartlegges bedre.



Figur 28: Kart som viser plassering av GPS punkter og strukturene på Oppigardshyrna.



Figur 29: Horisontal og vertikal (i parentes) bevegelse fra den første måleserien av GPS punktene på Oppigardshyrna. Alle bevegelser er i millimeter.



Figur 30: Bevegelsesretningsdata fra den første måleserien av GPS punktene på Oppigardshyrna. Disse viser en forskjellig retning fra bevegelsesretningen påvist fra sprekkeobservasjoner og derfor er GPS dataene tvilsomme.

2.6.3 Oppsummering

- Oppigardshyrna viser to hovedsprekker med VNV-ØSØ retning.
- Sprekkene er stort sett åpne over hele strøklengden men viser ikke særlige tegn til nylig bevegelse. Sprekkene begrenser to blokker (A og B).
- Jernbolter satt ut i 1951 og målt inn igjen i 1981 av NGI viser ingen bevegelse. Alt tyder på at sprekkene ikke har åpnet seg i det hele tatt de siste 60 år.
- Et mulig glideplan er blitt sett fra helikopter i bunnen av fjellsiden hvor det er begrenset steinssprangsaktivitet. Dette tillater en grov begrenning av volumet for blokkene til 4,5 millioner m³ for Blokk A og minimum 4,5 millioner m³ for Blokk B.
- 4 GPS punkter lagt ut i 2006 var målt inn igjen i 2007. Det foreligger derfor et års måleserie.
- Dataene er tvetydige siden bevegelsesretningen er rettet mot SØ. Dette strir mot både gravitasjonen og retningsvektoren observert fra feltarbeidet som viser at bevegelsesretningen er SV. Flere års måleserier er nødvendig å trekke en fornuftig konklusjon her.

2.7 Lokaltet 8: Strandanipa

Dette ustabile partiet ligger i det sentrale kystområdet i Sogn og Fjordane, på en 70m høy klippe, 620m over Eikefjorden (lokalitet 8 på Figur 8). Området ble observert fra helikopter og enkelt feltarbeid ble gjort i 2007.

2.7.1 Geologiske undersøkelser

Strandanipa ligger i fyllittiske bergarter og foliasjonen faller inn mot fjellet (mot nord). Det ustabile området er delt opp i flere mindre blokker. Volumet er maksimalt 50000m³ (30x30x50m), men de enkelte blokker har et volum på maksimalt 5000m³ (10x10x50m). Det er åpne sprekker og innsynkninger på overflaten, men ingen tydelige sprekker er synlige på utsiden av klippen (Figur 31). Dybden er derfor meget usikker. Fjellet viser uregelmessig lagdeling og brudd som øker med dypet (Figur 31c). Vi konkluderer derfor med at det mest sannsynlig vil bli flere små hendelser med ubetydelige volum. Det finnes litt steinsprangaktivitet på fremkanten, men sprekken virker inaktive.

Det ligger flere hus og en vei nedenfor dette ustabile området, og det er mulig at små utglidninger kan nå fram til disse.

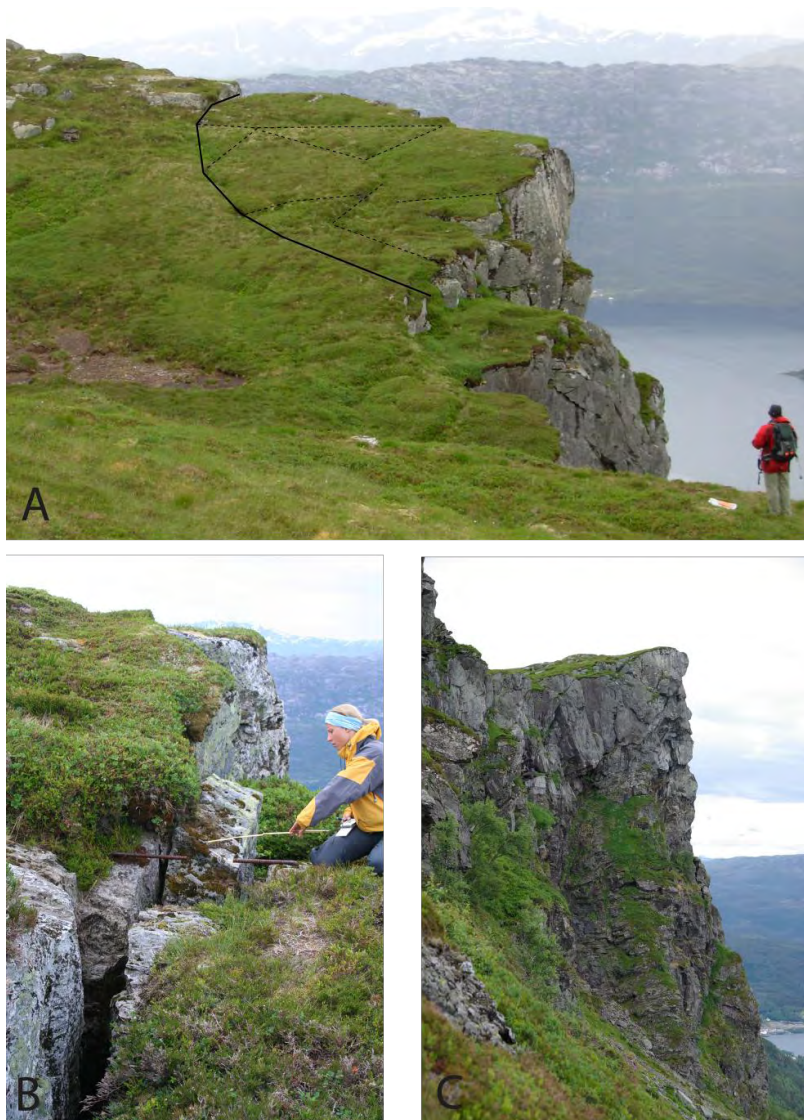
Det er satt ut gamle bolter på Strandanipa (Figur 31b). Vi trenger å vite opprinnelig posisjon eller gamle avlesninger på disse.

2.7.2 GPS målinger

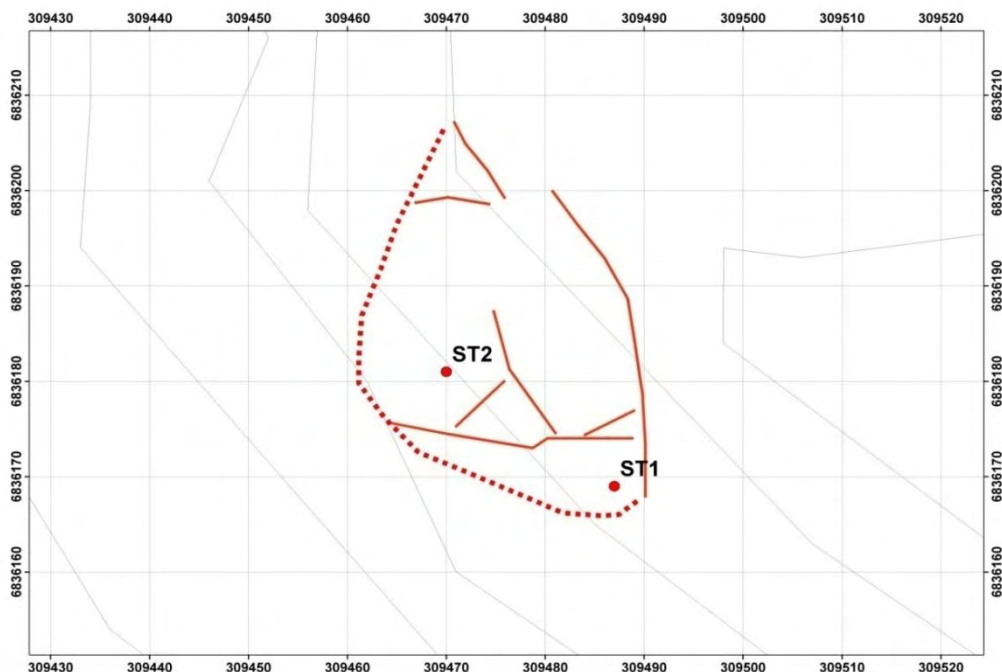
Tre GPS punkter ble satt ut i høsten 2007. Første resultater forventes i 2008. GPS mønstret vises i Figur 32 og i Vedlegg 5.

2.7.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

- Det er åpne sprekker og innsynkninger på overflaten som avgrensar flere blokker
- Ingen tegn til nylig bevegelse
- GPS punkter ble satt ut i 2007



Figur 31: Det ustabile området Strandanipa. A) Overblikk. Den svarte linjen markerer det ustabile området og den stiplede linjen viser åpne sprekker eller innsynkninger som deler det ustabile området i flere blokker. B) Den åpne sprekken som skiller det ustabile området i øst. C) det ustabile området sett fra siden. Hele fjellet er kraftig oppsprukket og derfor relativt ustabil.



Figur 32: Kart som viser de hovedsprekken på Strandanipa og plassering av GPS punktene på de forskjellige blokker. Fastpunktet vises ikke.

2.8 Lokalitet 9-10: Vik

Denne lokaliteten ligger rett øst for tettstedet Vikøyri (9-10 på Figur 8) på sørsiden av Sognefjorden (Figur 33). Før feltarbeidet i 2007 var denne lokaliteten ansett som et høyprioritets objekt. NGU har derfor brukt flere dager med på å undersøke objektet.

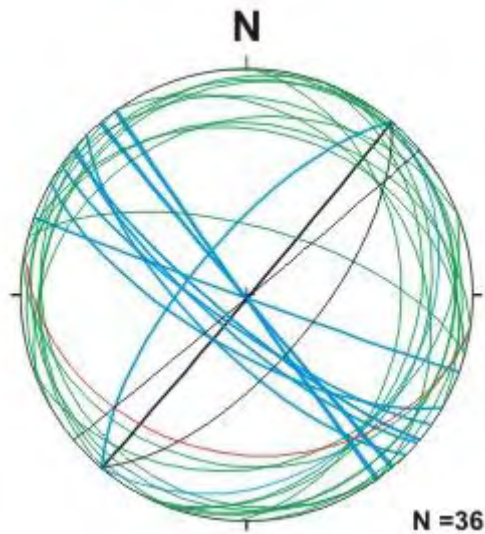
2.8.1 Geologiske undersøkelser

Lokalitetene opptrer i en kaledonsk fyllitt som er en forholdsvis svak bergart. Foliajonen faller enten svakt mot dalen eller svakt inn i fjellet (Figur 34). Det er i de delene av fjellsiden hvor foliasjonen faller ut mot dalen at det kan være større utglidninger. Det er lite bevis for nylig aktivitet i fjellsiden. Den nordligste delen viser mindre steinsprangsaktivitet med ferske overflater (Figur 35a). Den sørligste delen viser noe mindre steinsprangsaktivitet og en mindre sprekk med en veltegeometri. Denne kan ikke utløse noen vesentlig volum (Figur 35b).

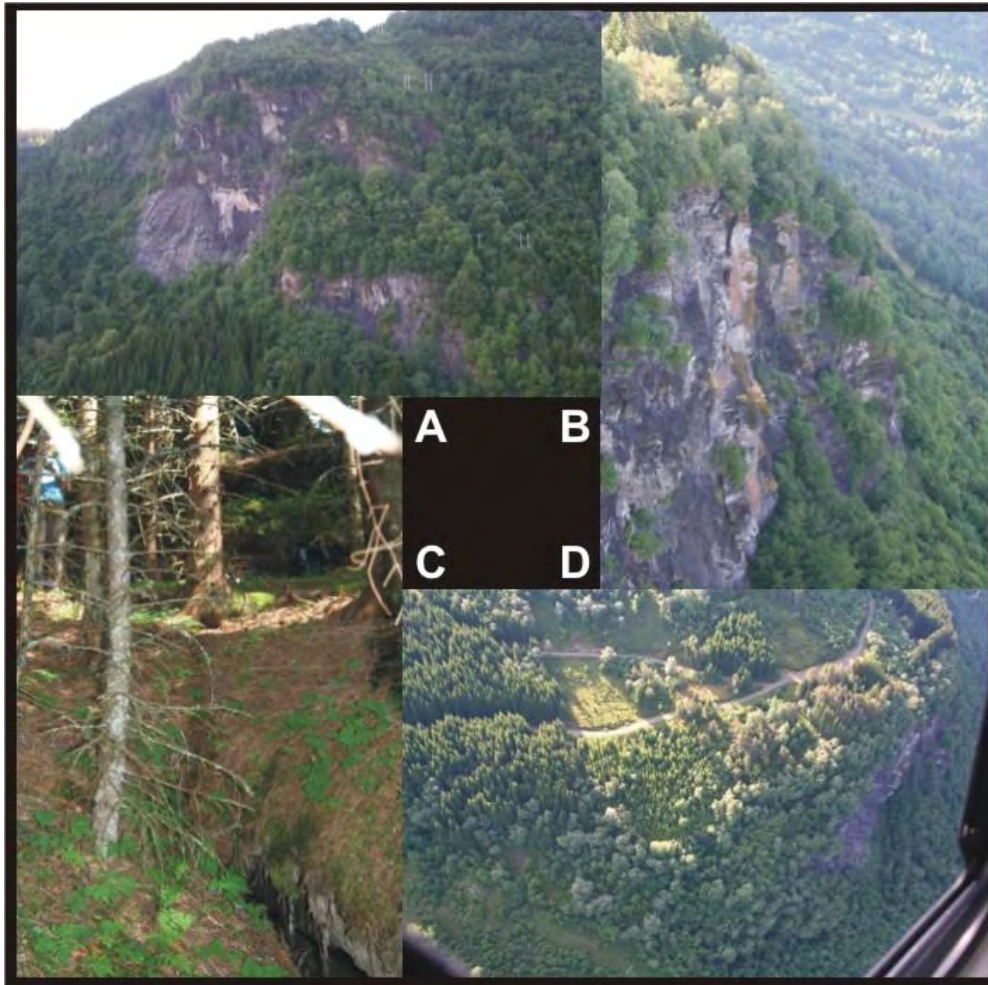
Et tidligere ras har gått fra den nordligste delen av lokaliteten (Figur 33). Det viser seg at det var en utglidning som var utløst på den svake foliasjonen som faller ut mot dalen. Delen av fjellsiden som er gjenværende på fjellsiden sør fra det tidligere utraste området vist på Figur 33 ligger også over samme svakhetssonen. Derimot er det utviklet en begrenset baksprekk i bakkanten av blokken som strekker seg kun 10m før den dør ut (Figur 35c). Dette betyr at denne delen av fjellsiden er langt ifra løst fra fjellsiden. Heller ikke fra luften ser man noen tegn til en åpen sprekk (Figur 35d).



Figur 33: Ortofoto over Vik som viser den nordligste delen hvor det har gått et gammelt ras, og den sørligste delen hvor det er en markert skrent.



Figur 34: Stereonett data for Vik. Skjærsonen i bunnen av fjellet er vist i rødt. Foliasjonen er vist i grønt. Sprekkene i fjellet er vist i blått. Det viser at i noen deler av fjellsiden stuper foliasjonen ut mot dalen.



Figur 35: Bildebevis fra Vik. A- Den nordligste delen med mindre steinsprangsaktivitet. B- Den sørligste delen med noen mindre steinsprangsaktivitet og en mindre sprekk med veltegeometri (sprekken er åpen). C- Baksprekken som dør ut etter ca. 10m. D- Den sørligste delen sett fra luften. Ingen sprekker er sett.

2.8.2 GPS målinger

De fleste strukturer ligger til rette for et betydelig ras, men det er ikke observert en baksprekk. Vi konkluderer derfor med at det ikke er behov for måleinstrumenter her. Der er også en meget stort praktisk problem å sette ut GPS punkter her hvor det ikke er blottlagt fastfjell og for mye skog til å motta satellittdekningen. Bruk av bevegelsesdata fra InSAR eller LIDAR laserskanning er mye bedre alternativer i dette tilfellet. I det tilfellet hvor InSAR viser utvetydig bevegelse, kan man vurdere å sette opp målingsutstyr, sannsynligvis med reflektorer i fjellveggen.

2.8.3 Oppsummering

- Vik har et tidligere ras som er utløst langs lavvinklet og dalrettet foliasjon

- Objektet befinner seg i svak fyllitt som er ideell for å danne utglidninger. Det tidligere raset har utløst seg langs en lavvinklet skjærsone
- Det er ingen tegn til blokker som er i ferd med å løsne. Dette kan ikke utelukke et betydelig ras herfra i fremtiden
- Det var bestemt å ikke sette ut GPS punkter her siden det er ingen tegn til utvikling av et ras. Det er heller ikke mulig å sette ut GPS punkter. Hvis dette området blir betegnet som viktig i fremtiden, så kan det skannes med LIDAR. Det bør undersøkes hvis InSAR målingene viser tegn til bevegelse

2.9 Lokalitet 11: Gjøringbøfjellet

Gjøringbøfjellet ligger ved Førdefjorden (11 på Figur 8) og ble tidligere registrert av Moxnes (2002). Området ble observert fra helikopter og enkelt feltarbeid ble utført i 2007.

2.9.1 Geologiske undersøkelser

Det ustabile området ligger i gneis og granitt, og foliasjonen faller inn mot fjellet (mot øst). I veggen er det identifisert en sprekk som er maksimalt 0.5m bred og ca. 50m høy. Sprekken dør ut mot dypet (Figur 36A). Det er ingen åpne sprekker eller tegn til fersk bevegelse på overflaten (Figur 36B). Lengden på sprekken er ukjent siden det ikke utgjør noen entydig uttrykk på overflaten. Vi vurderer blokken til å ha et maksimalt volum på 30000m³.

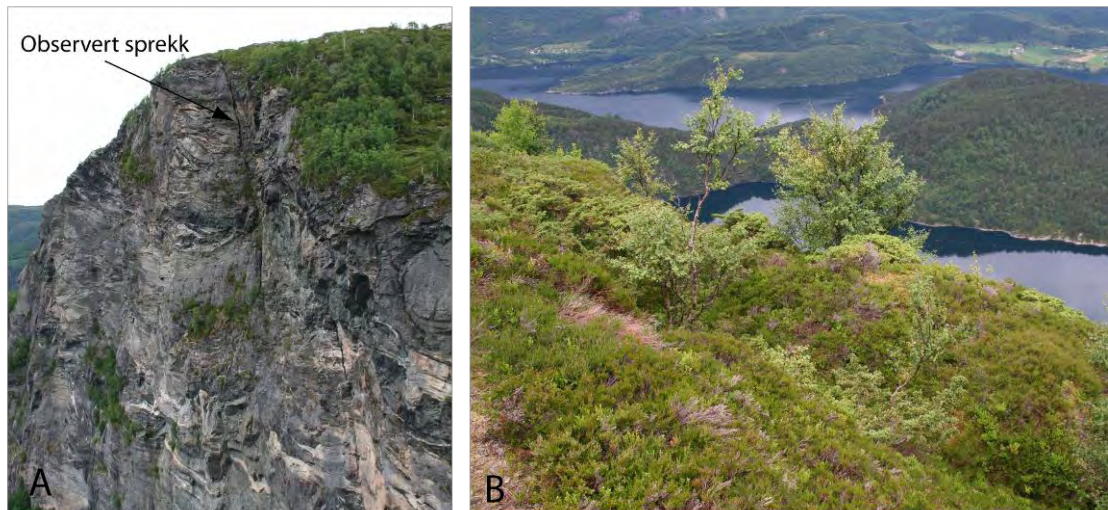
På grunn av det lille volumet og dårlig definerte strukturer ble dette området bestemt til å ha liten prioritet.

2.9.2 GPS målinger

På grunn av den lav prioriteringen ble det ikke satt ut GPS punkter.

2.9.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

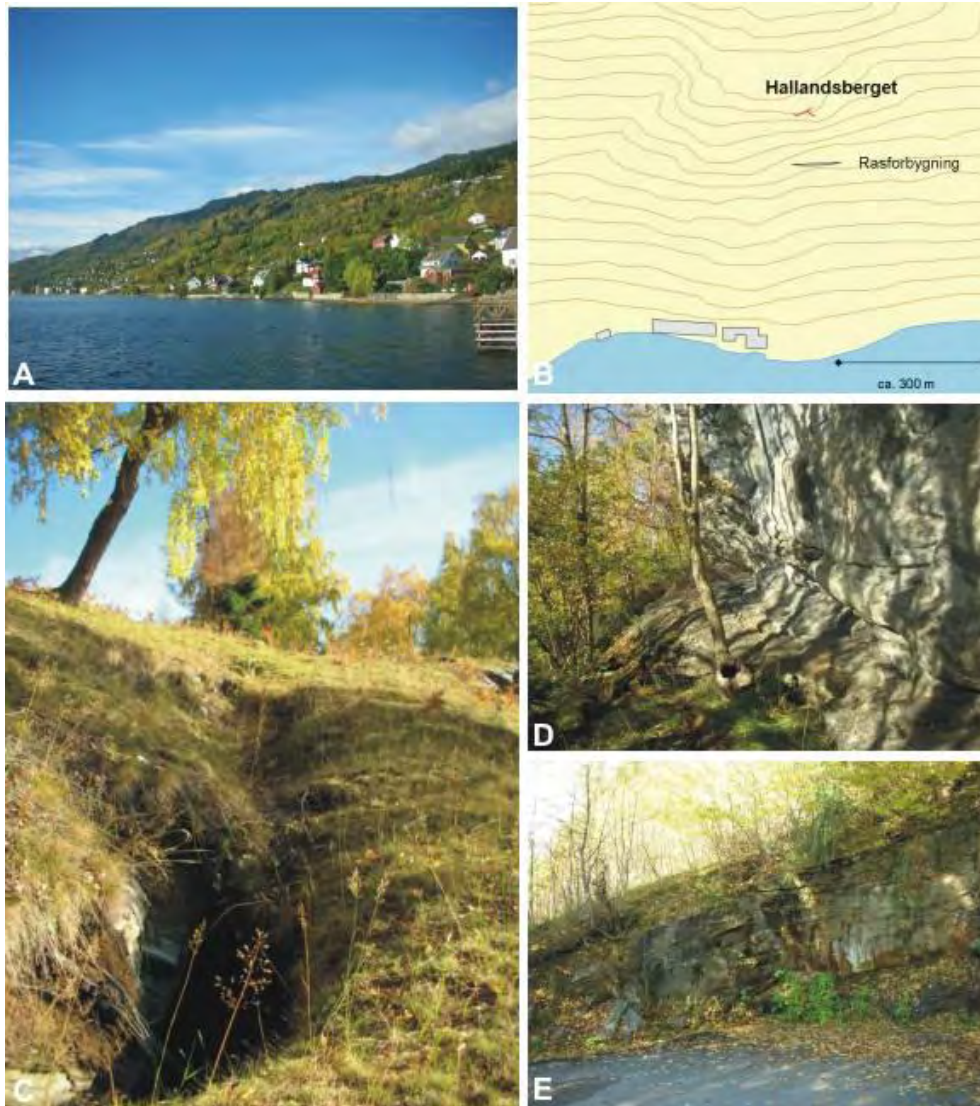
- Det er ingen sprekker eller strukturer synlige på overflaten. Sprekken som ble observert på veggen, dør ut mot dypet
- Antatt volum er meget lite
- Ingen GPS-punkter er satt ut og dette området betegnes som lavprioritet



Figur 36: Det ustabile området ved Gjøringbøfjellet. A) Sprekken som ble observert på veggen, dør ut mot dypet. B) Det er ingen sprekker eller strukturer synlig på overflaten.

2.10 Lokaltet 12: Hallandsberget

Hallandsberget er en sprekkeavgrenset fjellhammer der hovedblokken har et areal på om lag 1000 m². Området, som ble lokalisert på satellittbilde og senere undersøkt med feltbefaring, ligger i fjordsiden i ca. 260 meters høyde over kirken og det tidligere fylkesadministrasjonsbygget på Leikanger.



Figur 37: Bilder fra feltbefaring på Hallandsberget: a) beliggenheten og b) oversiktskart for område 12; c) viser åpen og delvis jordfylt del av baksprekken på Hallandsberget, d) viser nær flattliggende skjærplan under hammeren på Hallandsberget og e) svakt hellende foliasjon ut mot fjordsiden i fyllonitten fra nedre deler av området.

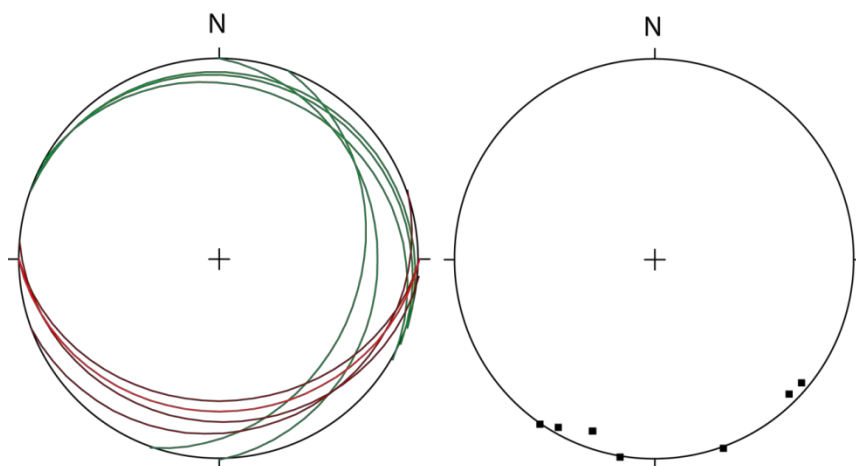
2.10.1 Geologiske undersøkelser

Bergartene i området er mylonittisk gneis og fyllonitt. Foliasjonen har varierende orientering i de øverste deler av området (Hallandsberget, Berghammeren). Nærmere fjorden, i sør, er strøkretningen mer konstant øst-vest og foliasjonen faller svakt mot sør med om lag samme, eller litt svakere helning enn terrengoverflaten (Figur 37e og Figur 38).

På Hallandsberget avgrenser et system med åpne ca. NØ-SV sprekker og jordfylte forsenninger (Figur 37c) to mindre blokker med samlet størrelse på ca. 1000 m². Sprekkesystemet er sammensatt av lange, sub-parallele NØ-SV sprekker som er sammenkoblet av betydelig kortere ØSØ-VNV sprekker (Figur 38). Dybden av disse strukturene er liten, anslagsvis inntil 5 m. Samlet volum av det mulig ustabile området

er antatt å være rundt 5000 m³. Systemet synes lite aktivt og sprekkene er de fleste steder gjenfylte med jord og løv. Det er også åpne sprekker i området øst for hovedblokken (Figur 37b).

I fronten, under Hallandsberget, er foliasjonen ofte nær flattliggende eller har lav helningsvinkel (Figur 37d og Figur 38). Lokalt forekommer det mer distinkte skjærplan (Fig. 37d), parallelt med foliasjonen, men det er ikke funnet klare tegn til sprø bevegelser langs disse. Kjerneboringer utført av GEOTEAM (Bergh-Christensen, 1974) antyder en dyperegående sleppe med ca. 30 graders helning mot sør (ut fjorden). Utgående av denne sleppen er ikke observert.



Figur 38: Til venstre vises stereografisk plott av foliasjon ved Hallandsberget (grønn), foliasjon i nedre del av området (brun) og dalsidens helning (rød). Stereonettet til høyre viser poler til tensjonsstrukturene på Hallandsberget.

Hallandshammeren har tidligere vært undersøkt av NGI (Grimstad og Larsen, 1996), og siden 1970 har det vært utført målinger i 7 målepunkt på baksprekken og i 3 målepunkt på løsblokker øst for den faste blokken. Målingene utført av Leikanger kommune fram til 1988, viser en gjennomsnittlig bevegelse på inntil 3-4 mm/år på tvers av baksprekken. Bevegelsen varierer i baksprekkens lengderetning og en noe raskere bevegelse den siste tiårsperioden er også indikert. Boltene mellom målepunktene er nå i dårlig forfatning, og kommunen vurderer å sette ut nye GPS-punkt.

NGI har vurdert målingene og gjort stabilitetsanalyser av det sprekkavgrensede fjellpartiet. Det foreligger i alt seks rapporter fra NGI, og en rapport fra GEOTEAM (Bergh-Christensen, 1974) om kjerneboringer. NGI (Grimstad & Larsen, 1996) konkluderer med at bevegelsen av hovedblokken er meget begrenset, og at faren for at bevegelsen skal akselerere er meget liten. Blokken vil eventuelt ikke gli ut som én enkel enhet, men episodisk som mindre blokker på noen hundre m³. En sikringsvoll dimensjonert til å ta imot rasmasser fra Hallandshammeren ble bygget i 1974. Vollen anses av NGI som tilfredsstillende for å fange opp de blokkstørrelsene som er mest sannsynlig kan komme fra Hallandsberget.

2.10.2 GPS- målinger

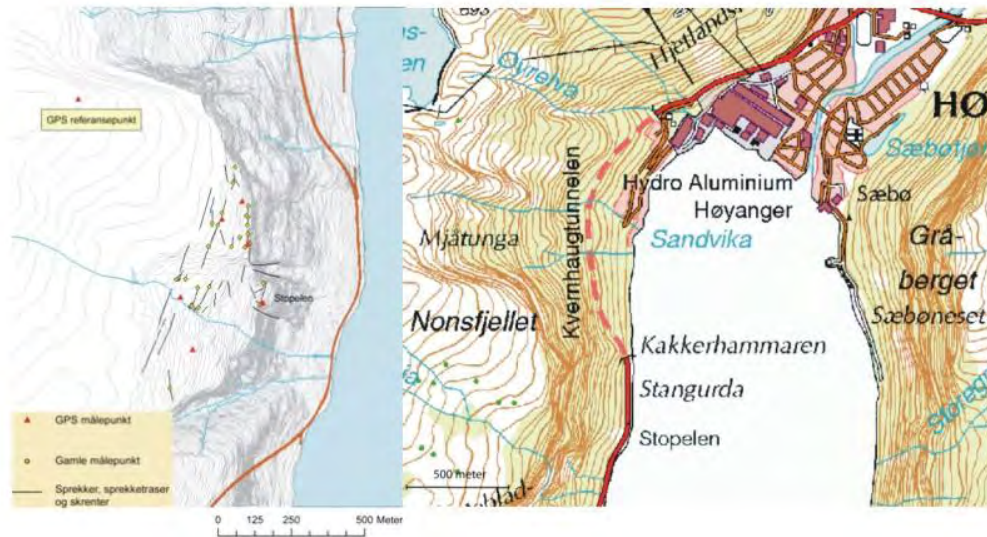
Bevegelsene ligger nær signifikansgrensen for GPS- målinger, og dette anbefales ikke i første omgang. Før det eventuelt plasseres ut GPS- målepunkt anbefaler vi å avvente resultater fra InSAR analysen for å se hvor aktivt fjellpartiet og området i øst har vært de siste 15 årene.

2.10.3 Oppsummering

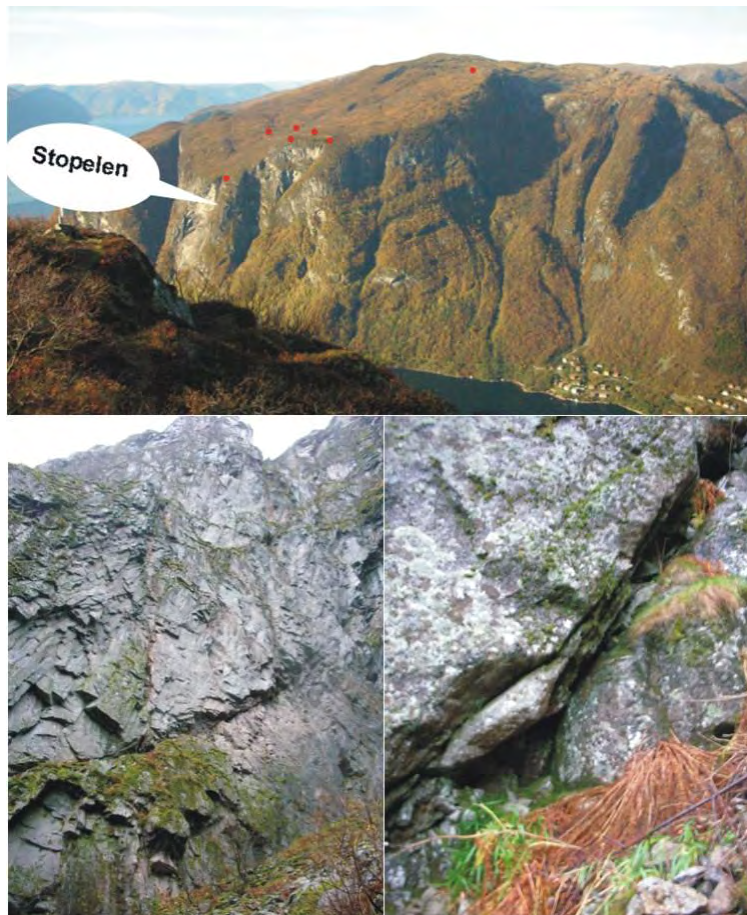
- Det mulig ustabile området har et lite volum, rundt 5000 m³
- En eventuell utglidning vil trolig skje episodisk som mindre blokker
- En rasvoll er dimensjonert for å fange opp rasblokker
- Med unntak av målingene er det ingen direkte feltbevis for aktive bevegelser på noen av strukturene som avgrensner hovedblokken
- Det er ikke registrert klare utglidningsplan i skråningen under Hallandsberget
- I de øvre deler av området har foliasjonen liten fallvinkel. Fallretningen er varierende, og også inn i fjordsiden
- Lengre nede faller foliasjonen ut fjordsiden, men fallvinkelen er liten (< 30°)
- Vi prioriterer ikke utsetting av GPS- punkt på nåværende tidspunkt
- Vi anbefaler resultat av InSAR analysen før det vurderes å sette ut GPS-punkt

2.11 Lokalitet 13: Stopelen

Fjellpartiet ved Stopelen på vest siden av Høyangerfjorden (13 på Figur 8) ble kartlagt i 2005 og det er utarbeidet egen rapport med kartbilag fra dette arbeidet (Henriksen 2005). GPS-målepunkt (Figur 39) ble satt ut høsten 2005 og målt opp første gang 12. september 2007.



Figur 39. Oversiktskart for Stopelen (øverst) og detaljkart (nederst) med viktige sprekkesoner og GPS målepunkt.



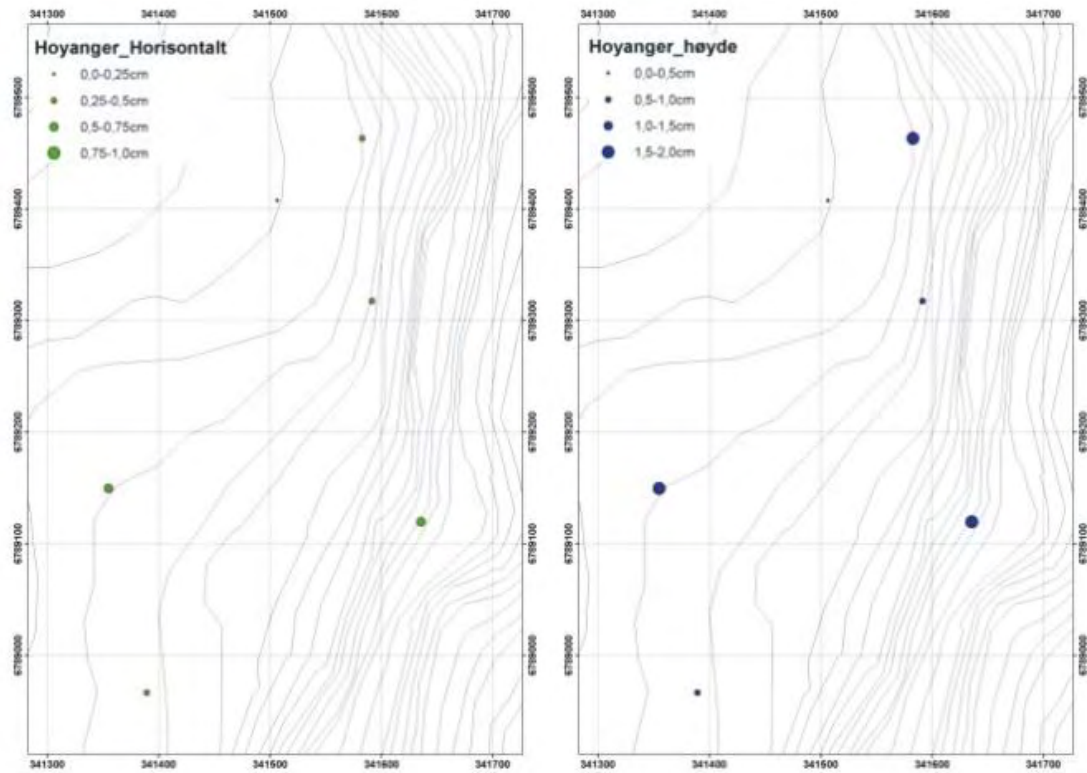
Figur 40: Bilde av Stopelen fra Gråberget (lokalitet 22). Røde symboler viser GPS-målepunkt. Underst: b) bruddsone i den vertikale nordveggen av Stopelen, og c) detaljbilde av bruddsonen

2.11.1 Geologiske undersøkelser

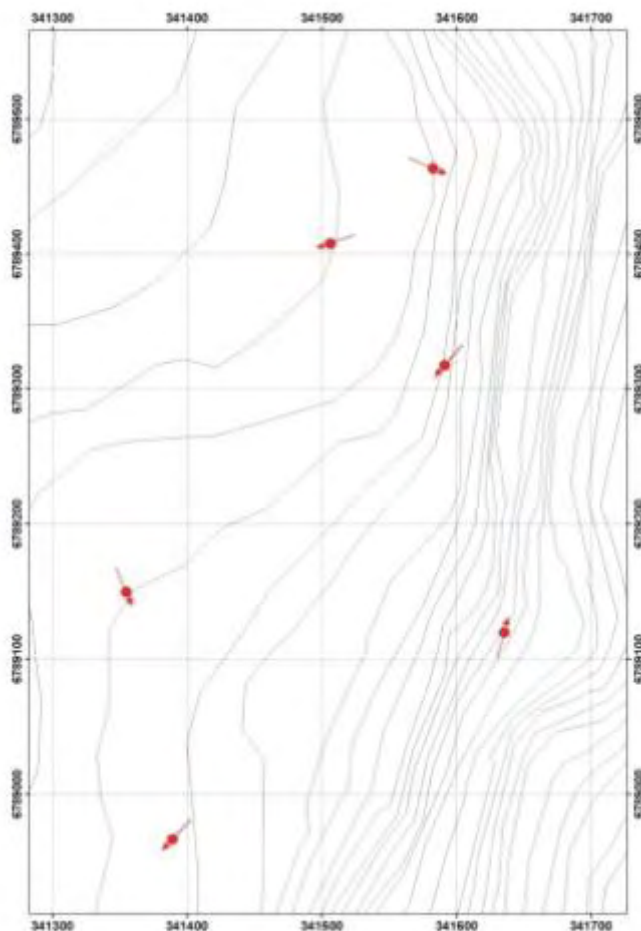
I tillegg til en rekke langsgående baksprekker er det flere tversgående sprekker og en langsgående bruddsone med østlig fall ut fra fjellsiden (Figur 40b, c). Men de ulike strukturene synes ikke å være koblet sammen i et dynamisk (aktivt) system. Dette er heller ikke indikert av bevegelsesmålingene. Området er ca. 500 langt og 250 bredt. Hvis en antar en dybde av blokken på ca. 100m, utgjør dette et volum på c. 12,5 millioner m³. Ut ifra det diskontinuerlige sprekkesystemet og tvetydighet i GPS-dataene er det usannsynlig at dette skulle utgjør et realistisk volum.

2.11.2 GPS-målinger

Resultatene fra GPS målingene etter nesten to år er presentert i Vedlegg 4. GPS-målepunktene viser relativt store høydeendringer i form av heving (Figur 41). Eventuelle oppadrettede bevegelser av blokker i området kan ikke forklares ut ifra strukturgeologiske og hydrogeologiske arbeidsmodeller. På grunnlag av nåværende data anses likevel faktiske bevegelser av målepunktene som minst sannsynlig. Flere GPS-målinger fra år til år vil kunne avgjøre om de vertikale bevegelsene i området er reelle. Endringer i horisontalplanet er ikke signifikante (Figur 41). Retningsdataene viser heller ikke noe entydig bilde for fjordrettet bevegelse og bekrefter problemene sett i høydedataene (Figur 42). Vi anbefaler flere års måleserier her for å vurdere om det er noe signifikant pålitelige resultater å hente fra disse dataene. For nærmere diskusjon og detaljer angående prosessering av data vises til Eiken (2007). Siden det ser ut til å være noe problemer med de første GPS målingene gis dette objektet høy prioritet for InSAR undersøkelse i løpet av 2008.



Figur 41: GPS-målepunktene viser relativt store høydeendringer i form av heving. Eventuelle oppadrettede bevegelser av blokker i området kan ikke forklares ut ifra strukturgeologiske og hydrogeologiske arbeidsmodeller. På grunnlag av nåværende data anses likevel faktiske bevegelser av målepunktene som minst sannsynlig. Flere GPS-målinger fra år til år vil kunne avgjøre om de vertikale bevegelsene i området er reelle. Endringer i horisontalplanet er ikke signifikante. For nærmere diskusjon og detaljer angående prosessering av data vises til Eiken (2007).



Figur 42: Retning av bevegelsene på GPS punktene på Stopelen. Dette viser at det er en stor variasjon i retning og at dataene er langt i fra entydig. Denne variasjonen bekrefter usikkerheten i dataene fremvist i Figur 41 for de vertikale dataene. Flere års måleserier er nødvendig før pålitelige konklusjoner kan trekkes frem fra disse dataene.

2.11.3 Oppsummering

- Gamle målinger (1935-2005) og de nye GPS-baserte endringsmålingene 2005-2007 tilsier at det er ingen signifikante endringer på Stopelen
- Bruddsonene er ikke koplet sammen i et dynamisk system
- GPS- målingene vil eventuelt kunne fange opp om en slik framtidig kopling skulle finne sted. På det nåværende tidspunktet viser ikke GPS dataene et entydig bilde av bevegelse
- Dette objektet er en god kandidat for undersøkelse med InSAR

2.12 Lokaltet 14: Rustøyane (Oldenvatnet)

Det ustabile området ligger ovenfor den sørlige enden av Oldevatnet (14 på Figur 8) og ble tidligere dokumentert av NGI (Lied, 1975). NGI har gjennomført

bevegelsesmålinger mellom målebolter med stål-målebånd fra 1973 til 1975. Total bevegelsen i dette tidsrommet er svært små med 0,5-3,0mm. NGI konkluderte at det ikke var noen signifikante bevegelser i området, og variasjonene i målinger kan muligens forklares med manglende nøyaktighet.

Det ble likevel gjennomført feltarbeid i 2007 siden forrige målinger ligger relativt langt i tid tilbake.

2.12.1 Geologiske undersøkelser

Området er karakterisert av vekselvis bratte trinn og relativt jevne overflater (Figur 43a). På de jevne overflatene finnes det flere åpne og dype sprekker (Figur 43b). Hovedsprekken er knapt 100m lang og dør ut i begge retninger. Sprekken ser ut til å være gammel og inaktiv på grunn av mye vegetasjon inne i sprekken (Figur 43c). Det ble observert et mulig glideplan nedenfor blokken (Figur 43e og f) som avgrenser et volum på maksimalt 90000m³ (100x30x30m). Glideplanet har utviklet seg langs foliasjonen og faller mot vannet (Figur 43d). Blokken er ikke fullstendig avgrenset fra fjellet og det mangler sideveis strukturer som kan utløse blokken på siden.

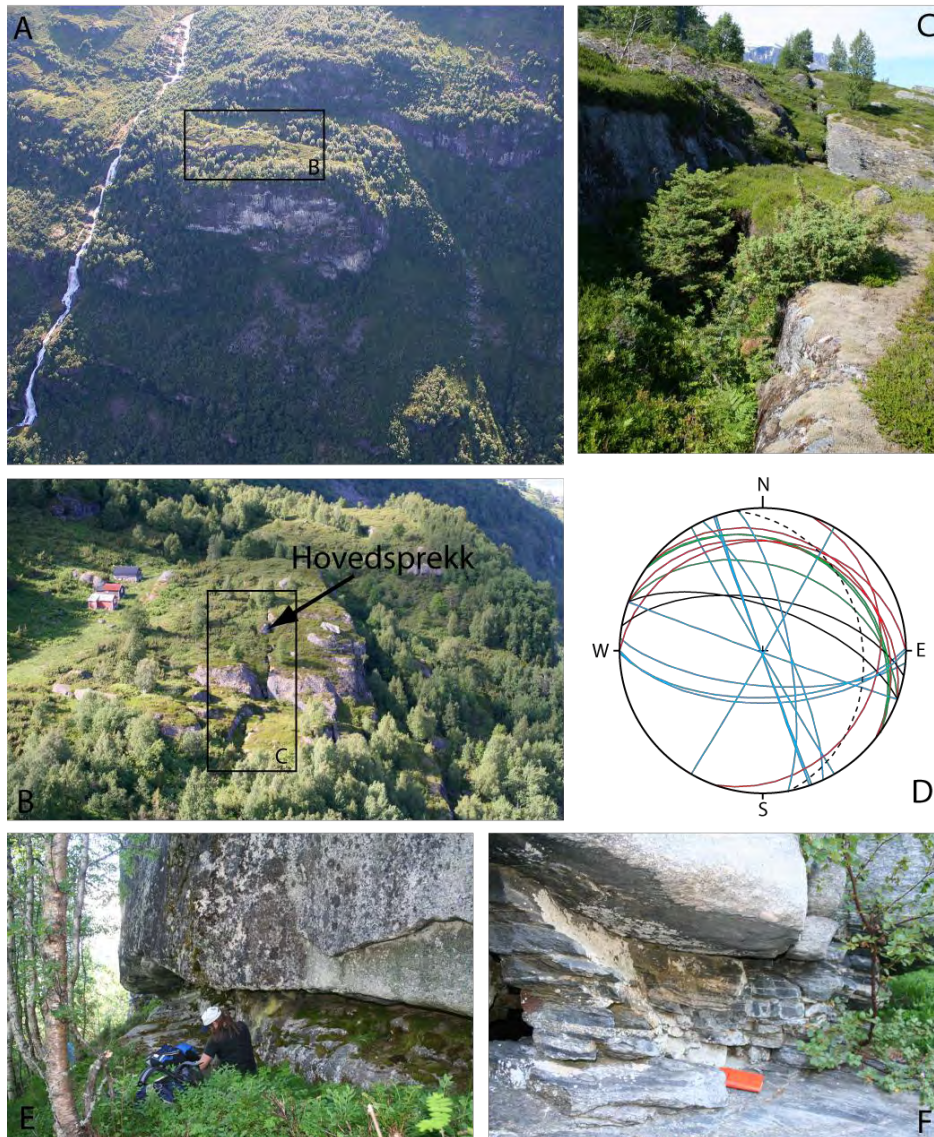
Det er bra utviklede strukturer i dette området og det ser ut som det har vært bevegelser tidligere. Etter detaljerte undersøkelser i felt konkluderer vi med at området ikke er aktivt, men en potensiell fare for fjellskred på lenger sikt kan imidlertid ikke utelukkes.

2.12.2 GPS malinger

På grunn av manglende tegn på aktivitet og derfor lav prioritering ble det ikke satt ut GPS-punkter.

2.12.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

- Området viser tydelige utviklede strukturer som kan bidra til utvikling av fjellskred
- Det er ingen tegn til at området er aktivt. Det bør avventes resultater fra InSAR-analysen for å se om området har vært aktivt i de siste 15 årene. Hvis det er mulig å få informasjoner om bevegelsesmålinger fra NGI, kan målinger eventuelt blir gjentatt for å finne ut om det har vært bevegelser siden 1975
- Ingen GPS-punkter ble satt ut



Figur 43: Det ustabile området ovenfor Rustøyane. A) Overblikk over området. B) Overblikk over det detaljundersøkte området. C) Hovedsprekken med mye vegetasjon. D) Stereonett. Grønn: foliasjonen. Blå: sprekker. Rød: glideplan. Svart: tensjonsbrudd. Svart, stiplet: trend av bakken. E+F) Mulig glideplan nedenfor blokken.

2.13 Lokalitet 15: Terakamben (Indre Aurland)

Terakamben ligger ovenfor Vassbygdevatnet i Aurland kommunen (15 på Figur 8) og ble tidligere dokumentert av NGI (Lied, 1989). Aurland kommune har gjennomført bevegelsesmålinger fra 1992 til 1996 (Moxnes, 2002). Total bevegelse i tidsrommet av 4 år var 3mm. Det gir et årlig bevegelse på 0.75mm.

Området ble bare observert fra helikopter i 2007 og det har ikke blitt utført feltarbeid.

2.13.1 Geologiske undersøkelser

Det ustabile området består av en loddrett vegg med flere åpne sprekker (Figur 44). Noen av disse viser litt tegn til nylig aktivitet, men generelt ser området lite aktivt ut med trær som gror i sprekken.

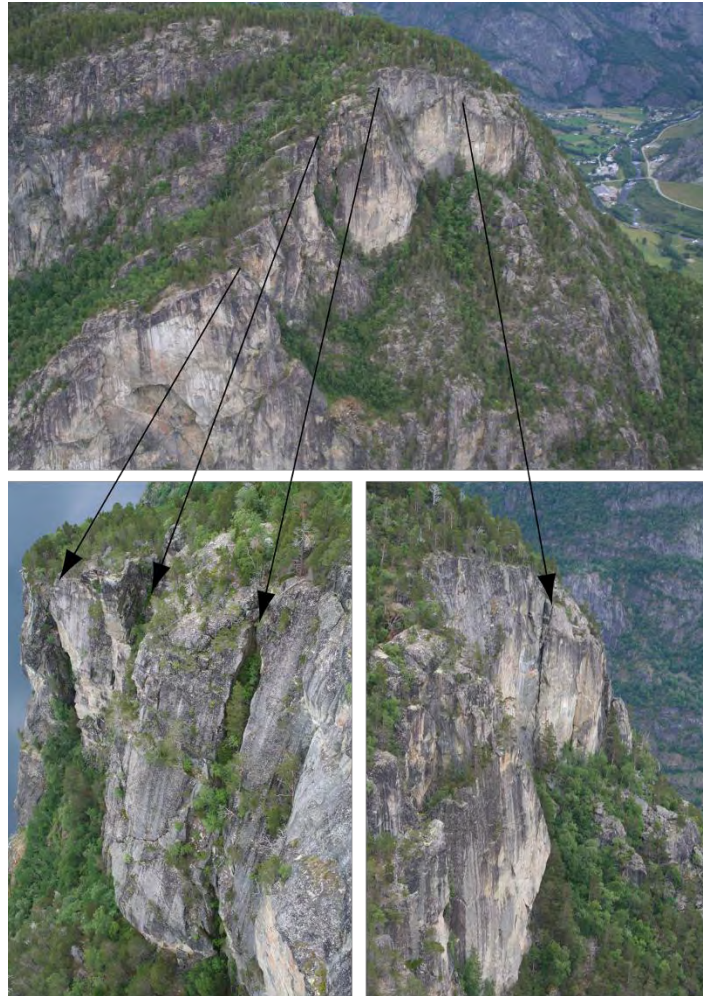
Hele volumet som er avgrenset av de innerste sprekkeene ble vurdert til omtrent 0,25 millioner m³ (80m x 20m x 150m høy). Denne blokken er delt opp i minst tre små blokker av sekundære strukturer og disse del-blokkene utgjør derfor mindre volum.

2.13.2 GPS målinger

På grunn av den vanskelige adkomsten ble det ikke satt ut GPS punkter her. Det blir anbefalt å avvente resultater fra InSAR data for å se om området har vært aktivt i de siste 15 årene. Eventuelt kan området bli målt med LIDAR.

2.13.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

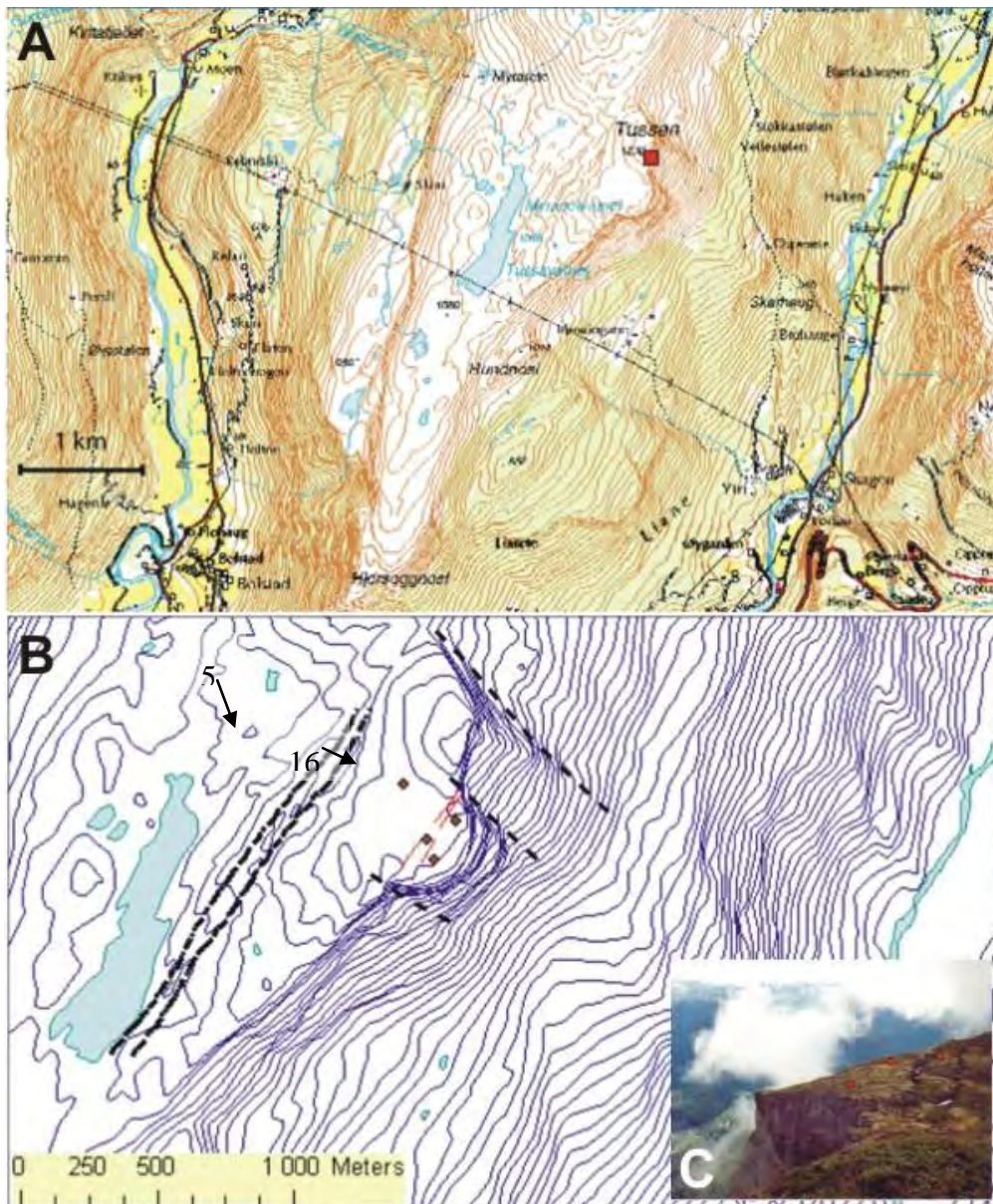
- Flere åpne sprekker, men lite tegn til aktivitet
- Volumet av ustabile blokker er relativt lite
- Ingen GPS-punkter ble satt ut



Figur 44: Det potensielt ustabile området Terakamben. A) Overblikk over området. B+C) Markante sprekker som er synlig i veggen.

2.14 Lokalitets 5 og 16: Tussen

Tussen ligger i fjellpartiet mellom Mørkrisdalen og Fortunsdalen ved enden av Lustrafjorden (5 og 16 Figur 8). Det undersøkte området er en del av fjellplatået som vender ut mot Fortunsdalen (Figur 45). Bergartene i området er vekslende soner med mylonittisk gneis, fyllonitt, fyllitt og kvartsskifer.



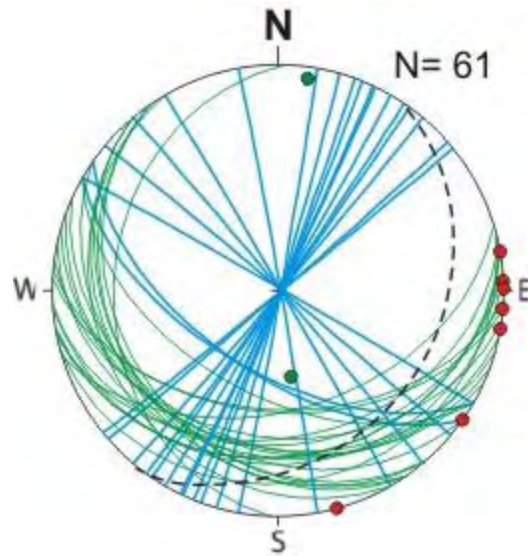
Figur 45: Lokalisering av området på Tussen (øverst) og detaljkart med hovedstrukturer og GPS-målepunkt (midterst). Den minste (østligste) grabenstrukturen er markert med røde stiplede linjer, c) bilde av det ytterste partiet og den små grabenstrukturen som avgrenser det antatt ustabile området Tussen 2. Tre av GPS-målepunktene er også markert.

2.14.1 Geologiske undersøkelser

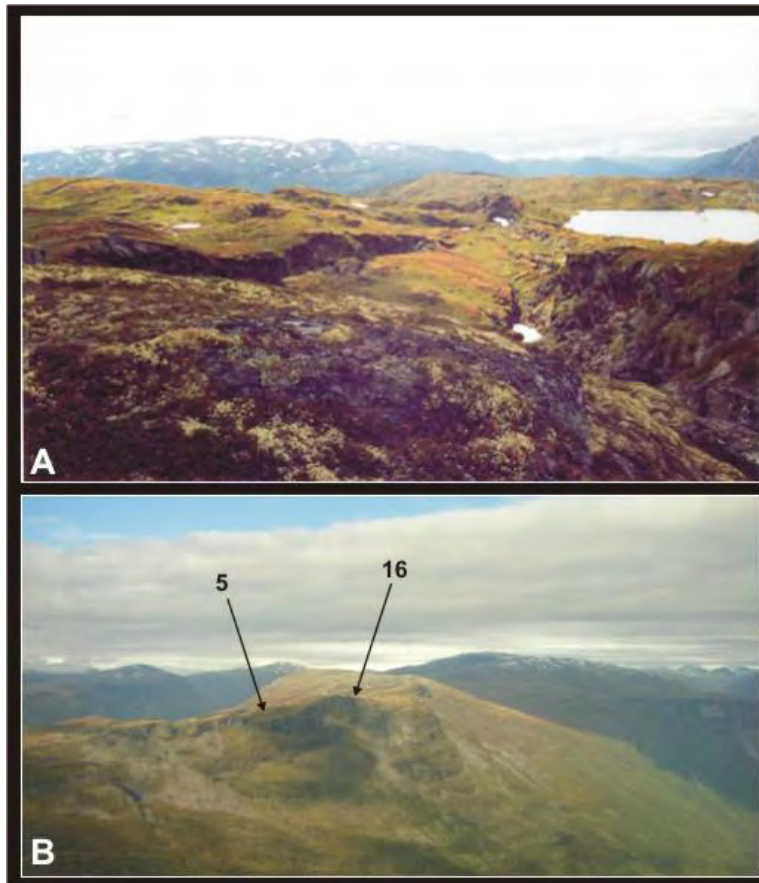
Det mulig ustabile området Tussen 2 ligger øst for en mindre grabenstruktur (Figur 45b, c). Graben-området er del av et system med NNØ-SSV åpne sprekker, opptil noen titalls meter dype.

NNØ-SSV strukturene opptrer ofte i et typisk en-echelon mønster, der parallelle NNØ-SSV sprekker er koblet sammen gjennom betydelig kortere NV-SØ sprekker (Figur 46). Dette kan skje idet NNØ-SSV sprekkenes utvikles mot hverandre og koples

sammen gjennom dannelse av overføringsforkastninger, eller ved at veksten av NNØ-SSV sprekkene lokalt har skjedd langs eldre NV-SØ tektoniske sprekker i dette området (Figur 45b). Bevegelsesvektorer, en relativt høy sprekkfrekvens og åpenbar konnektivitet mellom enkeltsprekker tyder på at det har vært aktive utadrettede strekkbevegelser i området. Det er imidlertid ingen entydige bevis på nylig aktivitet. Foliasjonen i bergartene har hovedstrøkretning NV-SØ, med slakt til moderat fall mot SV. Foliasjonen i fjellsiden under Tussen 16 har slakt fall mot SV. Så langt er det ikke registrert potensielle bevegelsesplan/utglidningsplan i fjellsiden (Figur 47b). Dette området er beregnet til c. 300m x 100m x 100m og har et volum på rundt 3 millioner m³.



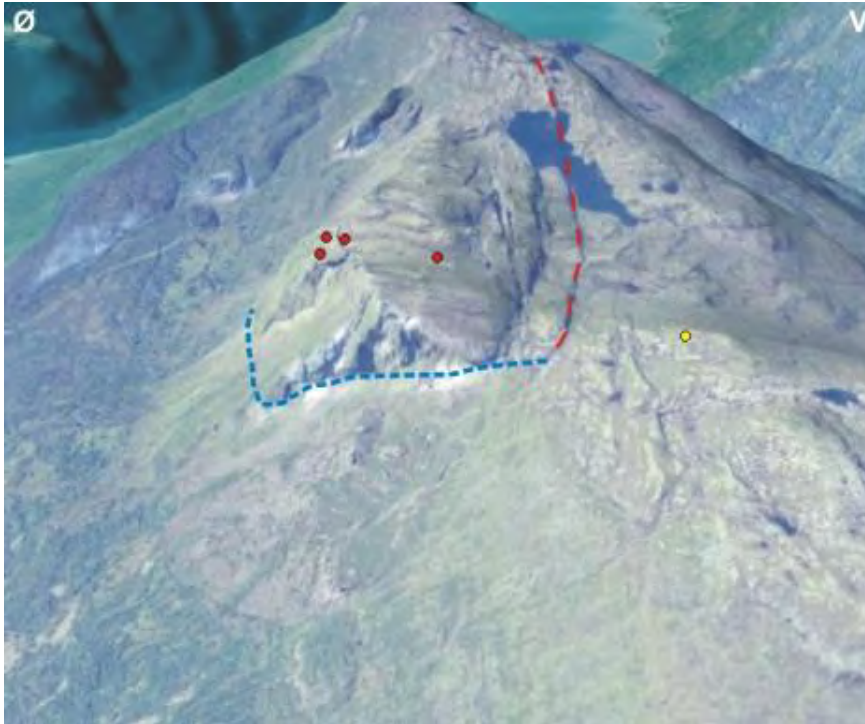
Figur 46: Stereonett data for Tussen som viser en entydig SV-fallende foliasjon (grønt) som faller inn mot fjellet. To hovedsprekkeretninger er observert (blått) NV-SØ og NNØ-SSV. Noen småfolder observert i foliasjonen er rettet NNØ-SSV (de grønne prikker). Vektorer målt fra sprekkene viser bevegelse ned mot dalen (de røde prikker) mot øst og SØ. Den stiplede linjen viser gjennomsnitts skråningshelning mot SØ.



Figur 47: Oversikts bilder fra Tussen. a) Den NNØ-SSV grabenstrukturen i området ved Tussen 5. I bakgrunnen ses Tussavatnet; b) Tussen 5 og Tussen 16 sett fra øst. En ser også et aktivt utveltingsområde langt til venstre på bildet, og et gammelt utløsningsområde like til venstre for pilen som markerer Tussen 16. Foliajonen heller nedover fjellsiden, men med liten helningsvinkel. Det ses ingen tydelige utglidningsplan.

Det er i tillegg en rekke (gamle) vertikale NV-SØ tektoniske sprekker som kan ta opp horisontale bevegelser i området (Figur 45b). Det er et gammelt utløsningsområde like sørvest for Tussen 16 og pågående utvelting av mindre blokker skjer en rekke steder (Figur 47b).

Vest for Tussen 16 ligger Tussen 5 som er en minst 2 km lang og 10 -50 meter bred graben-lignende struktur med en tilsynelatende innsynkning på inntil 10 meter (Figur 45b, Figur 47a). Opprinnelse og eventuell betydning av denne strukturen er uklar. Nærmere undersøkelser er nødvendig i feltsesongen 2008.



Figur 48: 3D bilde av Tussen tatt fra 'Norge i 3D' som viser de fire GPS punkter lagt ut i løpet av 2007. Dette 3D bildet viser at det er strukturer lenger mot vest (rød) som kan ligge opp på et svakt øst-fallende glideplan (blå). Dette skulle bety at området er mye større enn opprinnelig antatt. Dette må undersøkes videre i 2008. De nåværende GPS punkter er de røde prikkene. Et nytt punkt må settes ut bak de store sprekkene i vest (det gule punktet).

Figur 48 viser et 3D bilde over Tussen som var undersøkt etter feltsesongen og etter at GPS-punktene var satt ut. Dette viser at ekstensjonsstrukturene lenger mot vest (tussen 5, Figur 47a) kan ligge over et svakt øst-fallende glideplan (blått). Dette skulle bety at området er mye større enn opprinnelig antatt og at et GPS-punkt til er nødvendig lenger vest. Dette bør utføres i 2008. Dette større området gir anslagsvis et volum opp til 100 millioner m³ og er dermed et av de største mulig ustabile fjellpartier registrert i Norge.

2.14.2 GPS- målinger

4 GPS-punkter ble utplassert i september 2007 og vises på (Figur 45c, Figur 48 og Vedlegg 5). To punkter ligger på den ytterste blokken og et punkt ligger i grabenstrukturen. Første intervallmålinger blir ferdig i løpet av sommeren 2008. Vi trenger et ekstra fastpunkt lenger bak på fjellsiden i 2008 siden vi tror at blokken er mye større enn først antatt (det gule punktet på Figur 48).

2.14.3 Oppsummering

- Arealet av blokken Tussen 16 øst for det små grabenet er ca. 50 000 m²
- Volumet av et mulig skred, gitt at et glideplan er til stede, anslås til ca. 3 millioner m³.

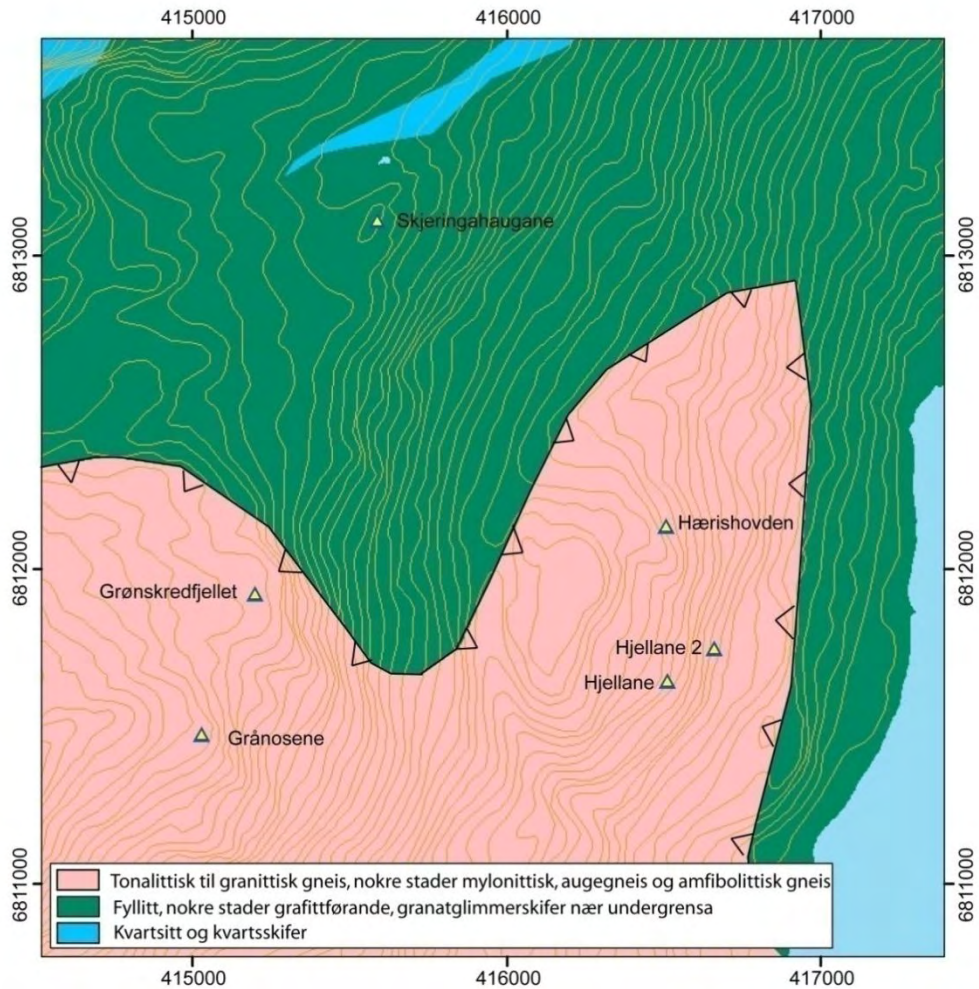
- Fire GPS-punkter er satt ut på denne lokaliteten og vi forventer den første måleserien i løpet av 2008
- Eldre, vertikale NV-SØ sprekker kan ha potensiale til å ta opp horisontale bevegelser
- Foliasjonen faller svakt mot SV, inn mot fjellet
- Området vest for den blokken hvor de nåværende GPS punkter er satt ut bør undersøkes
- Potensielt utglidningsplan er ikke observert i fjellsiden under, men dette bør undersøkes nærmere

2.15 Lokalitet 17-23: Hjellane

Dette er et meget stort område på vestsiden av Lustrafjorden (17-23 på Figur 8) som har blitt identifisert fra flyfoto og ligger inne i NGUs skreddatabase. Totalt er det 6 forskjellige områder ved Hjellane som er befart i løpet av 2007.

2.15.1 Geologiske undersøkelser

Totalt er det 6 forskjellige lokaliteter som har blitt rapportert i NGU sin database over mulig ustabile fjellsider. (Figur 49). Før feltsesongen i 2007 har de kun vært observert på flybilde eller som tegn til ustabile områder fra helikopter. De fleste av disse lokalitetene ligger i prekambriske bergarter (under et tynt kaledonsk skyvedekke) som består av tonalittisk til granittisk gneis, øyegneis og amfibolittisk gneis. Kontakten mellom de svake tektoniserte bergartene og underliggende prekambriske bergarter faller mot øst i retning mot fjorden. Vi antar at denne kontakten ligger i nærheten av de fleste av lokalitetene. Det er tydelig at en slik tektonisk situasjon har ledet til en forsvaking av bergartene i nærheten av skyvekontakten og dermed økt forbedret potensial for utglidninger. Lokalitetene på Figur 49 er Hærishovden, Grønskredfjellet, Grånosene, Hjellane og Hjellane 2.



Figur 49: Lokaliseringskart som viser de enkelte lokaliteter med mulig ustabile skråninger. ved Hjellane.

Den nederste delen av skråningen viser tre mulig ustabile fjellpartier. Disse er Hjøllane, Hjøllane 2 og Hærishovden (se Figur 49). Alle lokalitetene viser mulige utveltingsblokker, samtlige med maksimum volum på ca. 10000m^3 (Figur 50) og er derfor uvesentlige med hensyn til store fjellskred.



Figur 50: Eksempler på ustabile fjellpartier assosiert med utveltingsblokkgeometri ved Hærishovden. A- Utsikt mot nord fra helikopteret. B- utsikt mot nordøst.

Lokaliteten ved Skjeringahaugane ligger i fyllitt og granatglimmerskifer over skyvekontakten. Det er et markert brudd i bakkanten av området og et blokkfelt i forkant (Figur 51). Opp til 10m bred sprekker er observert. Dybden på sprekken er ukjent, men siden sprekkesystemene er observert til å dø ut langs strøket og ikke er kontrollert av en dyp sideveis avgrensende sprekk, (Figur 52) antar vi at strukturene i området er ganske grunne og at deformasjonen har dannet tynne flak på overflaten. Selv om området med ustabile fjellpartier kan være forholdsvis stort (c. 250 000 m².) peker de geologiske geometrier på en ganske overflatenær ustabilitet.



Figur 51: A- Oversiktsbilde mot nord av de ustabile fjellpartiene på skråningen ved Skjeringahaugane. Legg merke til de store blokkene ved bunnen av skråningen. B- Utsikt mot sørvest av en stor NØ-SV sprekk på toppen av Skjeringahaugane. C- Utsikt mot nordøst av den store NØ-SV sprekk på toppen av Skjeringahaugane.

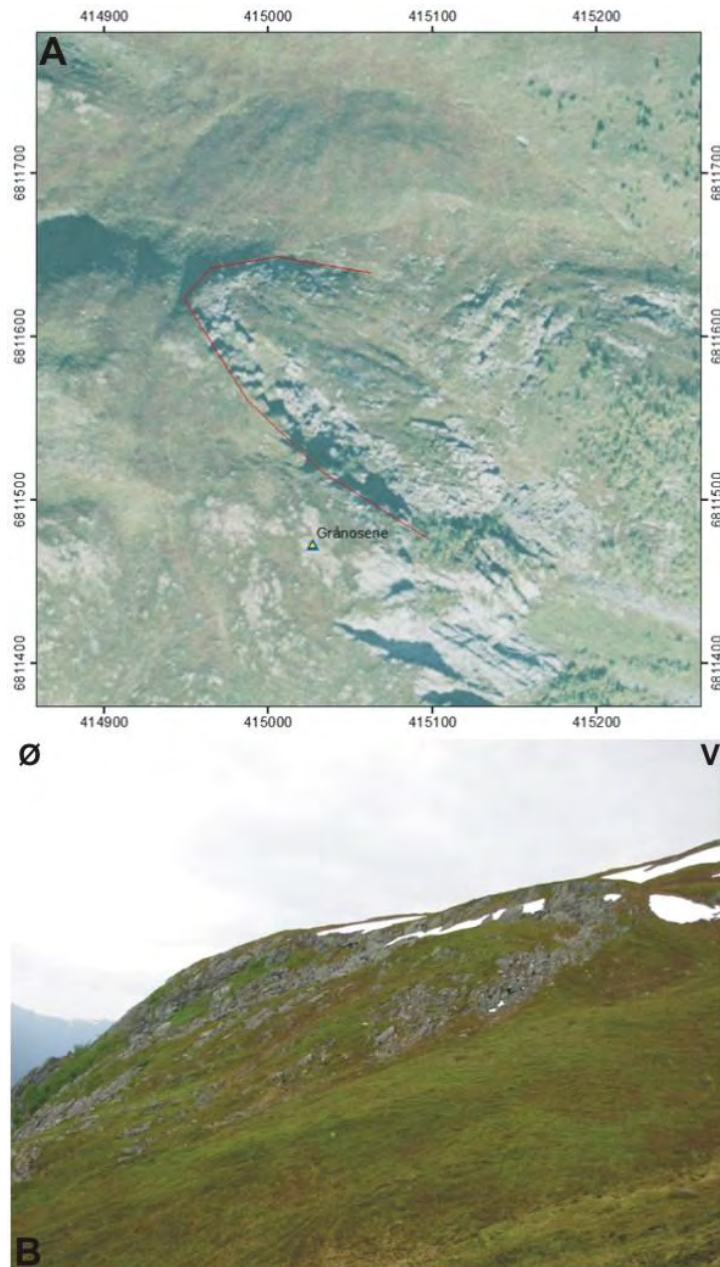


Figur 52: Til venstre: Eksempel på en av sprekkene ved Skjeringahaugane. Til høyre: Sprekken dør ut langs strøket uten å avslutte i en sideveis struktur. Dette antyder at blokkene er tynne flak på overflaten.

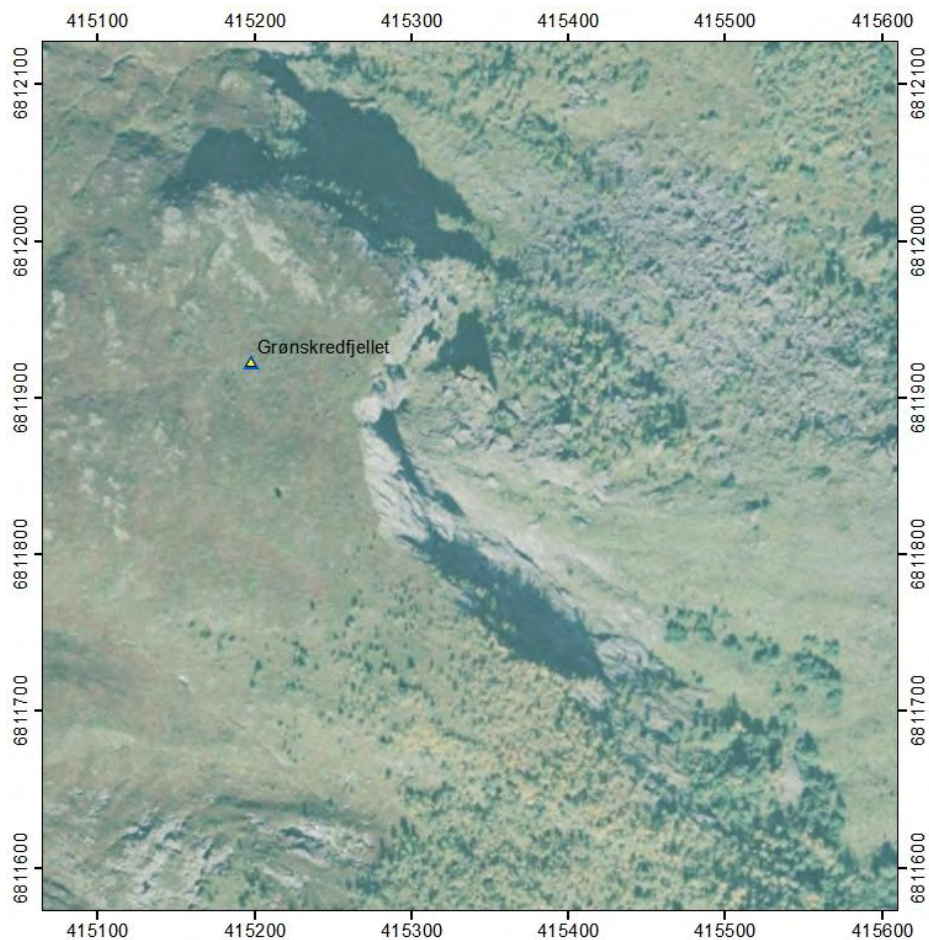
Grånosene er del-området lengst sør i området i de prekambriske bergartene (Figur 49). Det er et grunt skredområde med en meget desintegret overflate som kan være

opp til 1 million m³ (Figur 53). Området viser en oval avgrensning (Figur 53a). Observasjonene i felt tyder på at området består av en sammenhengende blokk som alt har beveget seg opp til 20m, samtidig som den har blitt delt opp i mange små blokker slik at det ikke lenger består av et sammenhengende mulig ustabile fjellparti, men kan i sin nåværende tilstand betegnes nesten som stein løsmasse eller ur.

Grønskredfjellet ligger noe lengre nord en Grånosene på kanten av plataet der skråningen begynner å falle ned mot øst og Lustrafjorden (Figur 49). Figur 54 viser tegn til at det har gått fjellskred her tidligere. Det er et ustabil fjellstup hvor det er en stor hyppighet av steinsprang. Vi finner ingen tegn til større ustabilitet i form av sprekker bak kanten av stupet som kan utløse et vesentlig fjellvolum.



Figur 53: A. Ortofoto av Grånosene (tatt fra www.norgei3d.no) som viser den ovale geometrien til det ustabile fjellpartiet. B. Utsikt til Grånosene mot sør som viser at bunnen av skredet er meget grunt



Figur 54: Ortofoto av Grønskredfjellet (tatt fra www.norgei3d.no). Skråningen viser hyppige steinsprangsepisoder.

2.15.2 GPS målinger

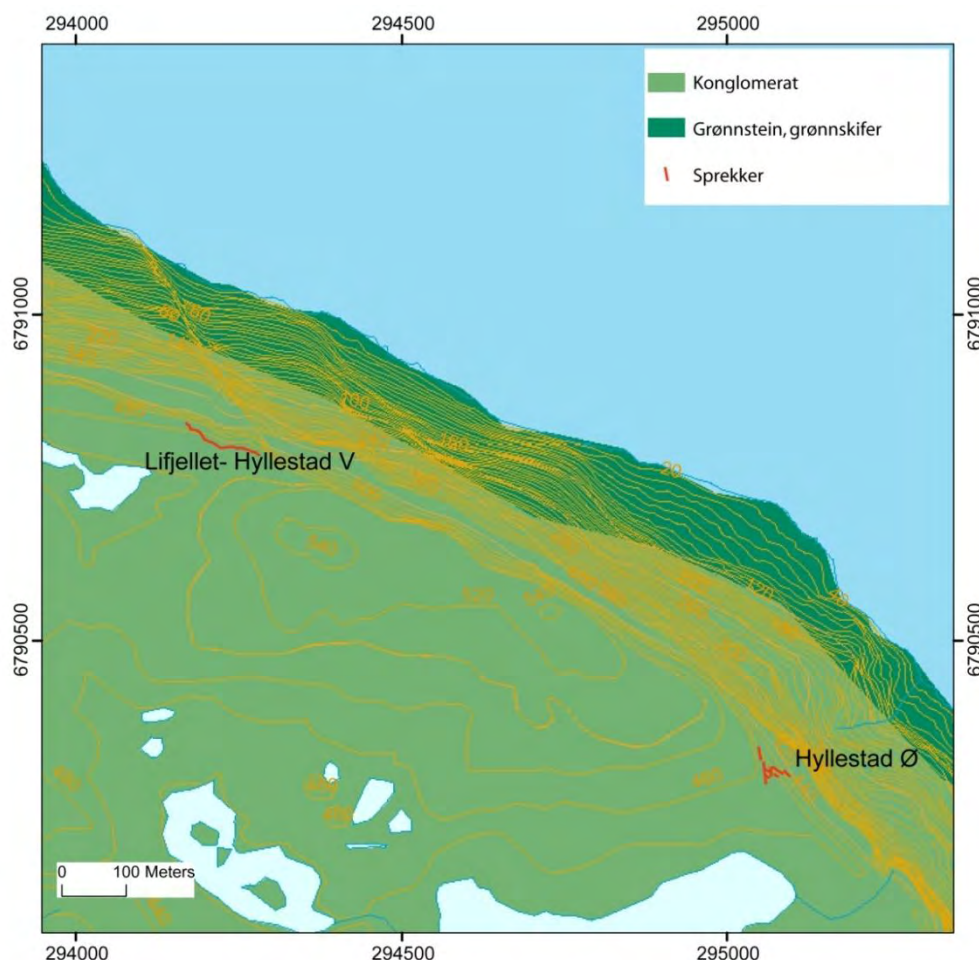
Siden området anses til å bestå av mindre volumer, og områder som ser ikke ut til å være i bevegelse og som danner overflatenær flak, ble det bestemt å ikke sette ut GPS-punkter her i første omgang.

2.15.3 Oppsummering

- I de øvre skråninger er det mindre avskjæringer som er begrenset i dybden
- I de nedre skråninger er det flere utveltingsblokker og mindre utglidninger som allerede har funnet sted
- Siden overflate-området er stort anbefaler vi at dette området granskes visere med InSAR

2.16 Lokalitet 21: Lifjellet

Et fjellskred har gått i nyere tid fra Lifjellet i februar 1992 (21 på Figur 8). Det ble ikke registret bølger på nordsiden av fjorden. Volumet var da beregnet til 40 000 m³ (Harbitz & Domaas, 1999). To ustabile fjellpartier ligger på kanten av stupet som går vertikalt ned mot sjøen. Disse områdene ligger 450- 500 m over havet (Figur 55) og ligger innenfor devonske konglomerat. I dette området er konglomeratet veldig massivt og det var ikke mulig å fastsette helningsvinkelen til lagdelingen. Begge områdene ble befart i 2007 og resultatene er rapportert her.



Figur 55: De to mulige ustabile fjellpartiene ved Lifjellet. Lifjellet øst har tidligere vært undersøkt av NGI (Harbitz og Domaas, 1999). Lifjellet vest har ikke tidligere vært undersøkt. Begge områdene ligger i devonske konglomerat.

2.16.1 Geologiske undersøkelser

2.16.1.1 Lokalitet 21a: Lifjellet Øst

Dette området består av flere mulig ustabile utveltingsblokker med flere titals tusen kubikk. Det totalt volumet overstiger ikke 100000m³ (Figur 56). Stupet utenfor Lifjellet øst viser betydelig tegn til ferske steinsprang som kommer fra disse utveltingsblokkene (Figur 57a). Bruddene som utløser steinspranget er stort sett åpne (Figur 58).

Hyllestad kommune etablerte målepunkter på Lifjellet Øst i 1999. Det er kun på to plasser at det ble satt ut punkter (tre punkt på en plass og et punkt på et annet sted). Sprekk A og B i tabellen nedenfor er på lokaliteten "Lifjellet Øst" og sprekk C er ca. 200m lengre mot øst. Det er ikke etablert målepunkt på "Lifjellet Vest". Målingene gir resultater som er vist i Tabell 1.

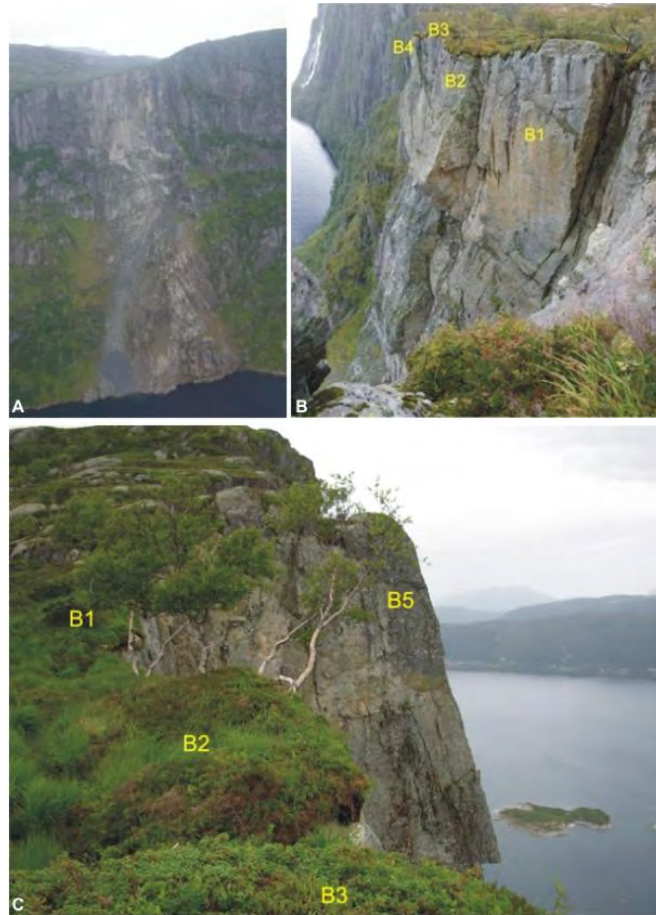
Dato:	Sprekk A, pkt.vest:	Sprekk A, pkt.øst:	Sprekk B (sidesprekk til A)	Sprekk C: (ca.200meter øst for sprekk A)
11.mai 1999	615mm	548mm	1247mm	-
03.juni 2003	616mm	549mm	1247mm	-
08.juni 2007	635mm	570mm	-	105,5mm (nyetablert)

Tabell 1: Måledata fra bolter satt ut av Hyllestad Kommune på Lifjellet Øst. Data fra Erling Varlid i Hyllestad Kommune.

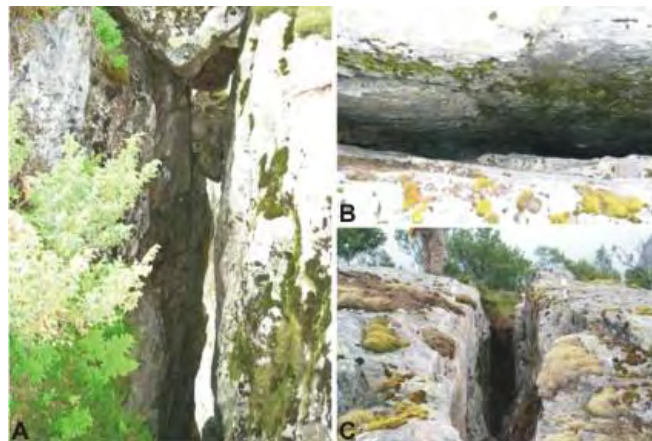
Tabell 1 viser kun horisontale endringer mellom punktene på hver side av sprekken. Det er ikke registrert vertikale bevegelser. Det er klare tegn til bevegelse i det vestlige punktet på sprekk A. Denne ser ut til å ha økt i den siste måleperioden til ca. 2cm i løpet av 4 år. Derimot er det ingen tegn til bevegelse på sprekk B. Punkt C var nyetablert i 2007 og trenger å bli målt inn i fremtiden. Selv om det er påvist bevegelse i de to punktene på sprekk A, er en slik bevegelse av opp til 20mm på fire år opp imot signifikansgrensen til en mulig utplassering av GPS målepunkter. Det er likevel satt ut tre GPS-punkter her. Disse er vist i Figur 59.



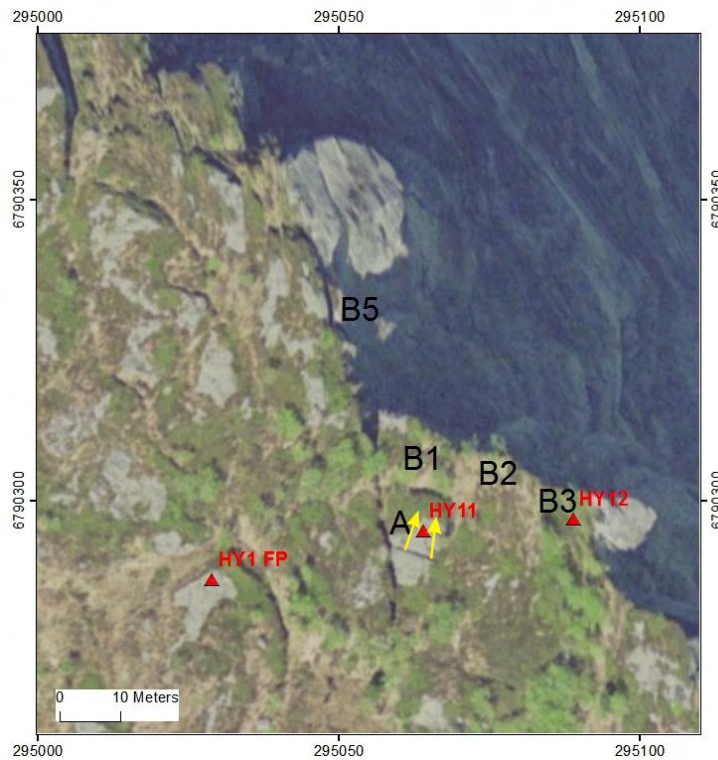
Figur 56: Bilder av det ustabile området ved Lifjellet Øst. Flere utveltingsblokker er kartlagt (A, B1, B2, osv). De røde linjene viser store brudd. Mange av disse er åpne.



Figur 57: A. Utsikt mot stupet ved Lifjellet øst med nylig steinsprang. B. Utsikt mot veggen fra nord av de ustabile områder. C: Utsikt mot de forskjellige utveltingsblokker fra Lifjellet øst (samme tegnforklaring som på Figur 56).



Figur 58: A- N160 strykende åpent brudd på den vestlige grensen av blokk A og B1. B- Fersk sprekkeoverflate på Ø-V bruddet som ligger bak blokk A (se Figur 56). Bolter på tvers av det Ø-V bruddet bak blokk A (se Figur 56).



Figur 59. Lokalisering av GPS punktene satt ut i 2007 (i rødt). Vektorene målt av NGU mellom boltene satt ut av Hyllestad kommune er vist med gule piler. (samme tegnforklaring som i Figur 56) Ortofoto er fra www.norgebilder.no).

2.16.1.2 Lokalitet 21b: Lifjellet Vest

Dette er et større området med en lang vertikale åpen sprekk som er observert fra begge helikopter og flybilde (Figur 60a og Figur 60b). Området ligger ca. 800m vest for Lifjellet øst (Figur 55). Det viser en velutviklet sprekk som har løsnet en blokk ca. 30m bred og 120m lang (Figur 60a og Figur 60b) med et volum på ca. 0,5 millioner m³. Denne er en grov beregning siden utgangen av sprekkens på dypet er ukjent slik at det er vanskelig å beregne høyden på blokken og derfor volumet. En viktig observasjon med denne blokken er at den består av kun en blokk med ingen internoppdeling (som f. eks. Viddalen; avsnitt 2.4). Dette betyr at muligheten for at blokken skal utløses i et stort volum er større. Sprekken ser i midlertidig lite aktiv ut (Figur 60C og D).

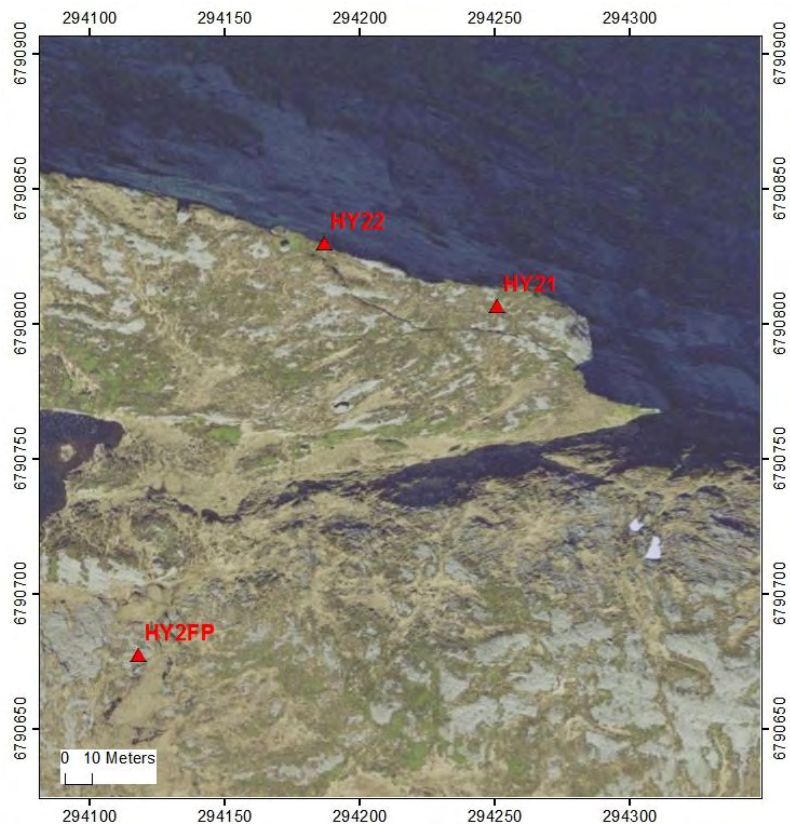


Figur 60. Bilder av det mulig ustabil fjellpartiet ved Lifjellet Vest. A- Utsikt mot øst av det enkelte, store bruddet som avgrenser ustabiliteten. B- Bilder av det samme bruddet fra øst. C og D- Sprekken er åpen men viser lite tegn til fersk bevegelse (ifølge tilstanden til vegetasjonen som vekser i sprekken).

2.16.2 GPS målinger

På Lifjellet Øst er det satt ut tre GPS-punkter som vil gi første serie av data i løpet av feltsesongen i 2008 (Figur 59 og Vedlegg 5).

På Lifjellet Vest er det satt ut tre GPS-punkter som vil gi de første måleserie data i løpet av feltsesongen i 2008 (Figur 61 og Vedlegg 5). To punkter er satt ut nord for sprekken på det mulig ustabile fjellpartiet og et fastpunkt lenger sør som tolkes som fast fjell.



Figur 61. Lokaliseringen av de tre GPS punkter satt ut i 2007 på Lifjellet Vest for årlige målinger (ortofoto fra www.norgebilder.no).

2.16.3 Oppsummering

- To forskjellige områder med sannsynligvis forskjellige aktivitet på de observerte brudd og forskjellige volum er identifisert på Lifjellet
- Lifjellet Øst er relativt lite (c. 30m x 20m x 50-100m høy) og utgjør et volum på ca. 30000-60000m³.
- Tidligere arbeid utført av NGI anslår at dette kan initiere en vesentlig flodbølge
- Sprekkene på Lifjellet Øst ser ut til å være aktive og vi har satt ut tre GPS-punkter. Dataene fra måleboltene satt ut av Hyllestad Kommune viser tegn til bevegelse. De første resultatene på GPS-målingene forventes i 2008.
- Lifjellet Vest utgjør et vesentlig volum (120m x 30m x 100m høy) som tilsvarer ca. 0,5 millioner m³.
- Dette volumet kan forårsake en betydelig flodbølge men størrelsen på bølgen er ukjent. Dette kan undersøkes men krever detaljbatymetri av

fjorden og en flodbølge-analyse (utføres av NGI) som koster rundt 300000kr.

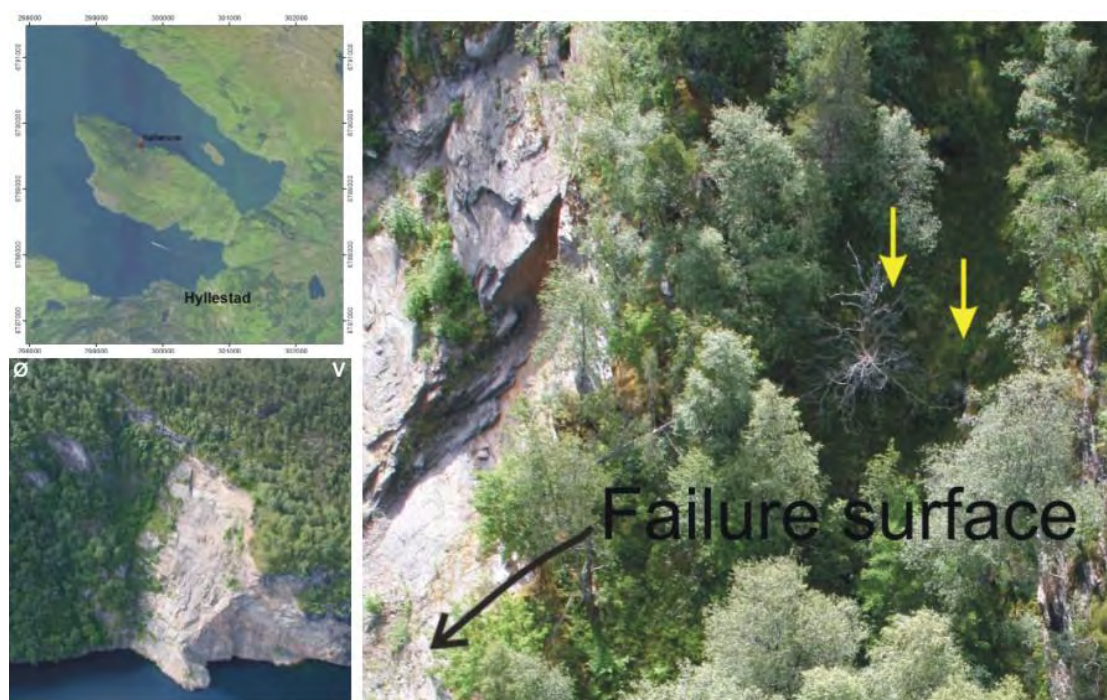
- På Lifjellet vest er det satt ut tre GPS punkter som vil gi de første data i 2008.

2.17 Lokalitet 21c: Katlanovi

Denne lokaliteten ligger på nordsiden av fjorden fra Lifjellet Vest (21c på Figur 8). Det gikk et ras her den 19. mars 1998 (Figur 62). Dette ble undersøkt av Harbitz og Domaas (1999). Skredet utløste ingen flodbølge. På grunn av dette tidligere raset og de tidligere undersøkelsene ble det bestemt å befare området for å vurdere muligheten for fremtidig rasfare.

2.17.1 Geologiske undersøkelser

Vi observerte en nord-fallende foliasjon som faller mot fjorden. Strukturene er ideelle for utvikling av et betydelig fjellskred. Det er tydelig at det raset som allerede har gått ble utløst på foliasjonen. Flere sprekker bak utløsningskanten kan utvikle nye hendelser. Det viser seg at det er et par tilsynelatende åpne sprekker i bakkanten av stupet, men disse er meget små og utgjør et ubetydelig volum (Figur 62).



Figur 62: Lokalitet 21c Katlanovi sett fra luften. (til venstre) det nylig utraste området. (til høyre) mindre sprekker bak utløsningskanten til det utraste partiet.

2.17.2 GPS målinger

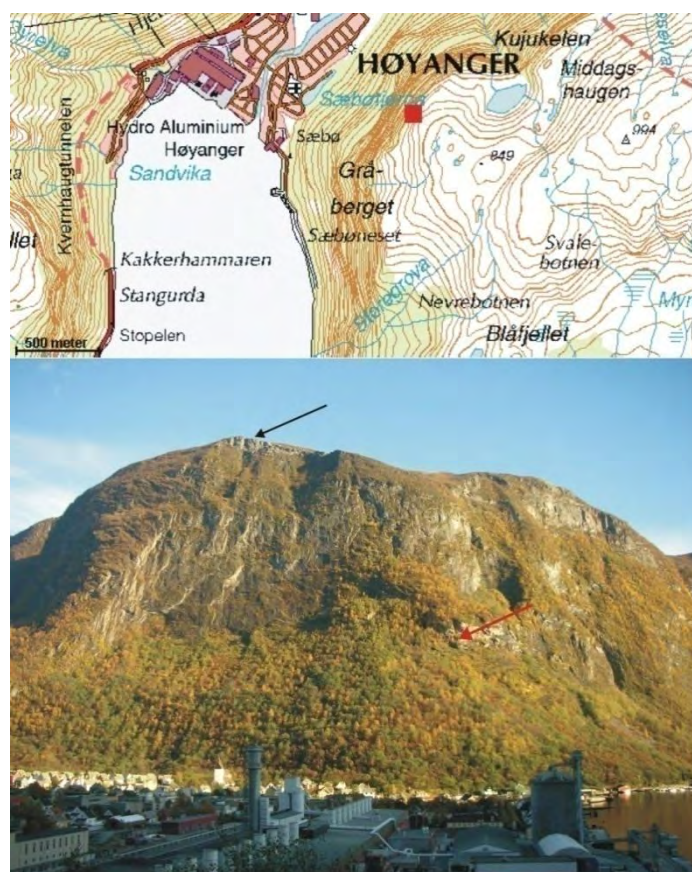
Det er ikke vurdert å sette ut GPS punkter her etter vår rekognoseringsarbeid. Området er betegnet som lavprioritet.

2.17.3 Oppsummering

- Det gikk et ras her i 1998 som utviklet seg langs gunstige orienterte strukturer
- Noen små tilsynelatende åpne sprekker begrenser kun små volumer som ligger igjen bak stupet
- Disse volumene er ubetydelige
- Ingen GPS-punkter er satt ut og dette området betegnes som lavprioritet

2.18 Lokaltet 22: Gråberget

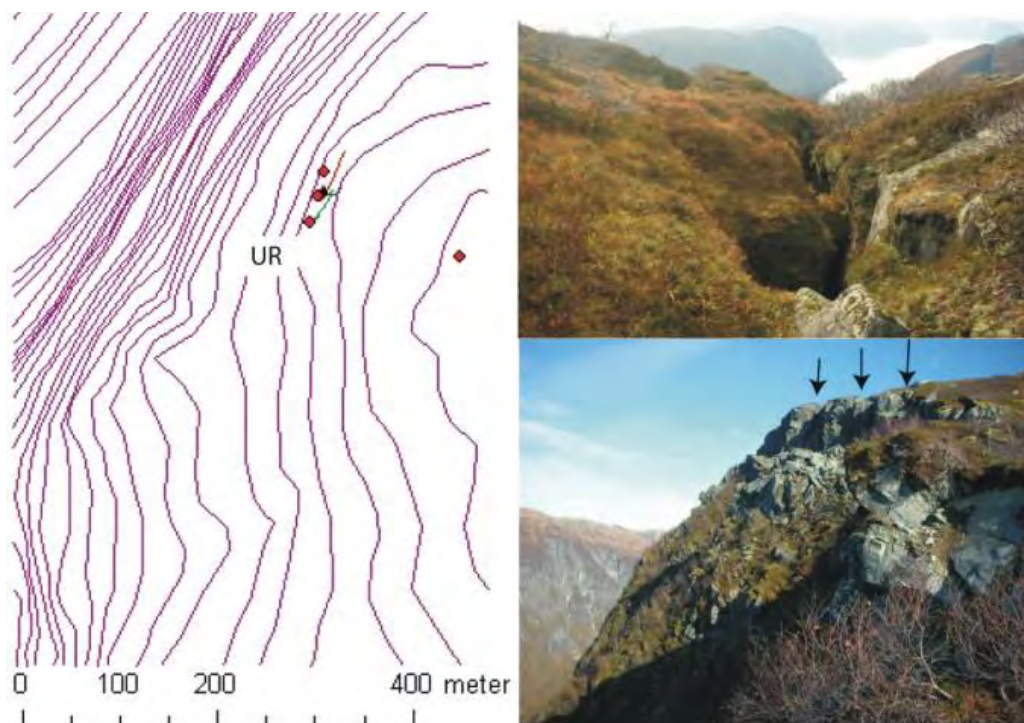
Området ligger i 700-800 meters høyde på fjellplatået like øst for Høyanger sentrum (22 på Figur 8). Det har vært undersøkt med helikopter og senere feltbefaring. Det er fra før (1955) satt ut 4 målebolter. På en fjellhammer i et lavereliggende område er det plassert 8 målebolter (Figur 63). Dette området har spesielt vært vurdert av NGI, og har ikke vært undersøkt i forbindelse med fjellskredprosjektet.



Figur 63: Oversiktskart (øverst) som viser det vurderte området (rød firkant) på Gråberget. Fjellhammeren som er vurdert av NGI er vist med rødt pil.

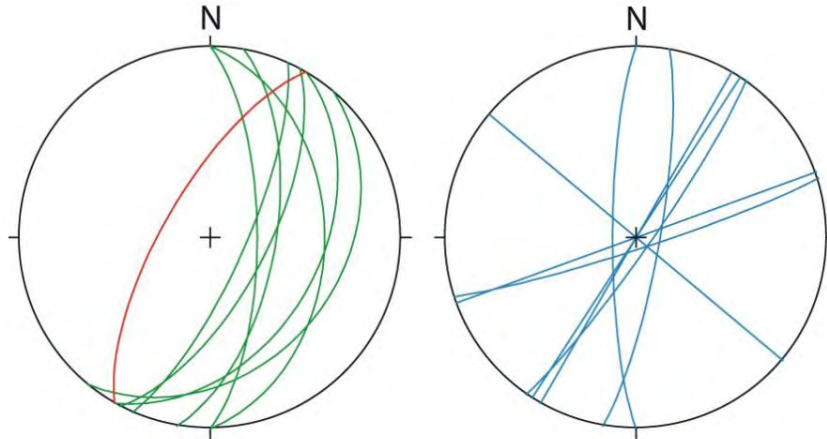
2.18.1 Geologiske undersøkelser

Bergarten i området er en svakt foliert granitt/øyegneis. Foliasjonens strøk i gjennomsnitt orientert parallelt dalsiden, men med varierende fall. Innenfor det vurderte området faller foliasjonen mot øst, innover i fjellsiden.



Figur 64: A- Kart over det undersøkte området. GPS- målepunkter er vist med røde symboler, B- Bakerste sprekk (den grønne på kartet). Bildet nederst til høyre c) viser utgående av de tre N-S sprekkene med akkumulerings-området for ur like under. Legg merke til gneisfoliasjonen (i forgrunnen på det nederste bildet) som faller inn i fjellsiden

I området forekommer det tre større, åpne og vertikale NNØ sprekker parallelt med dalsiden. Den ytterste og lengste av sprekkene er om lag 150 meter lang. Sprekkeåpning og sprekkedyp er størst i sør, med sprekkeåpninger på inntil 0,6 meter og et maksimalt sprekkedyp på inntil 20 meter. Både sprekkedyp og bredde avtar mot nord. I tillegg til de tre hovedsprekkene fins en rekke mindre sprekker og forsenkninger av samme type og retning. Spesielt de mindre sprekkene er segmenterte og knyttet sammen med korte VNV sprekker. Ingen av disse danner gjennomsettende strukturer som for eksempel typiske overføringsforkastninger.



Figur 65: Figuren til venstre viser stereografisk projeksjon av foliasjon (grønn) og dalsideoverflaten (rød). Til høyre vises orienteringen av åpne sprekker og forsenkninger.

Sprekkene er delvis fylte med jord og vegetasjon. Med unntak av den sørlige delen av den ytterste sprekken (Figur 64) er det ikke registrert aktivitet/ bevegelse på sprekken. Fra denne sprekken falt det ut en blokk på ca. 50m³ sent i 2006 eller tidlig i 2007 (Figur 66). Det er ikke registrert tverrsprekker eller mulige utglidningsplan i fjellsiden under Gråberget.

Området ser ut til å være et aktivt avskallings/toppling- område der blokker faller ut og akkumuleres på et platå ca. 30 meter under selve utfallsområdet. Dette platået er kontrollert av foliasjonen i gneisen, som heller ca. 30-40 grader i gjennomsnitt mot øst (Figur 64, Figur 65). Hovedfaren ligger i at store blokker kan ta med seg de som ligger der fra før, og at neste blokk kan være rimelig stor (opp til flere tusen kubikk).



Figur 66: Bildet viser området langs den ytterste sprekken som sank inn og lagde et hull på ca. 4x4 meter i terrenget. Under innsynkningen desintegrerte blokken trolig til mindre blokker som akkumulerte i uren under.

2.18.2 GPS målinger

Det ble den 26. oktober 2007 plassert ut 4 GPS-punkt i dette området; to på ytterste blokk, et på den imellom og et fastpunkt. Disse vises i Figur 64a og Vedlegg 5.

2.18.3 Oppsummering

- Tre åpne, nær vertikale sprekker parallelt dalsiden
- Foliasjonen heller innover dalsiden (mot øst)
- Ingen potensielle utglidningsplan eller overføringsforkastninger er registrert
- Det er 4 målebolter fra 1955. Målehistorikken strekker seg kun fram til 1963. Data fra målingene lar seg ikke tolke
- Mulig aktivt avskallings/toppling- område. Blokker akkumuleres på et platå (ur) ca. 30 meter under utfallsområdet. Siste utfall i fjor (blokk ca. 50 m³)
- Det er plassert ut 4 GPS-punkter på Gråberget i 2007. Første resultater avventes i 2008
- En fjellhammer lengre nede i fjellsiden ble vurdert av NGI (1995) som konkluderer med at det er ingen “overhengende fare” for fjellskred i området, men at blokker eller partier av blokker kan løsne

2.19 Lokalitet 24: Steggjaberget

Dette er en av lokalitetene som ble plukket ut av Årdal kommune og fylkesgeologen med en høy prioritet for undersøkelse (24 på Figur 8). På grunn av dette har NGU betraktet denne lokaliteten med høy prioritet i forhold til befaringen i løpet av feltsesongen i 2007.

De tre lokalitetene i Årdalen som er diskutert her (Steggjaberget, Kleppura og Byttejuvet) ligger på et belte av mafiske bergarter (pyroksengranulitt, gabbroisk til kvartsmangerittisk gneis) som er parallelt med fjorden. Alle lokalitetene viser ferske tegn til steinsprang, med små volum. Ingen store åpne brudd er identifisert. Vi presenterer først Steggjaberget som en god eksempel på denne type steinsprangsaktivitet og på samspillet mellom tektonisk miljø og bratte skråninger.

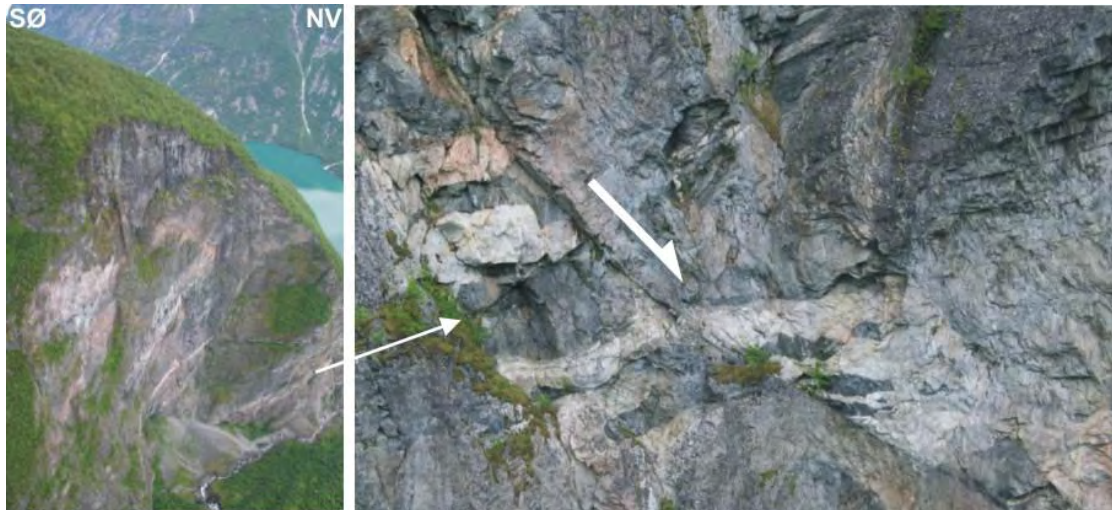
2.19.1 Geologiske undersøkelser

Steggjaberget er en bratt fjellvegg som er svært aktiv men som ikke har noen kontrollerende strukturer bak stupet (Figur 67a). Steinsprangene kommer sannsynligvis fra veggene på mindre strukturer.

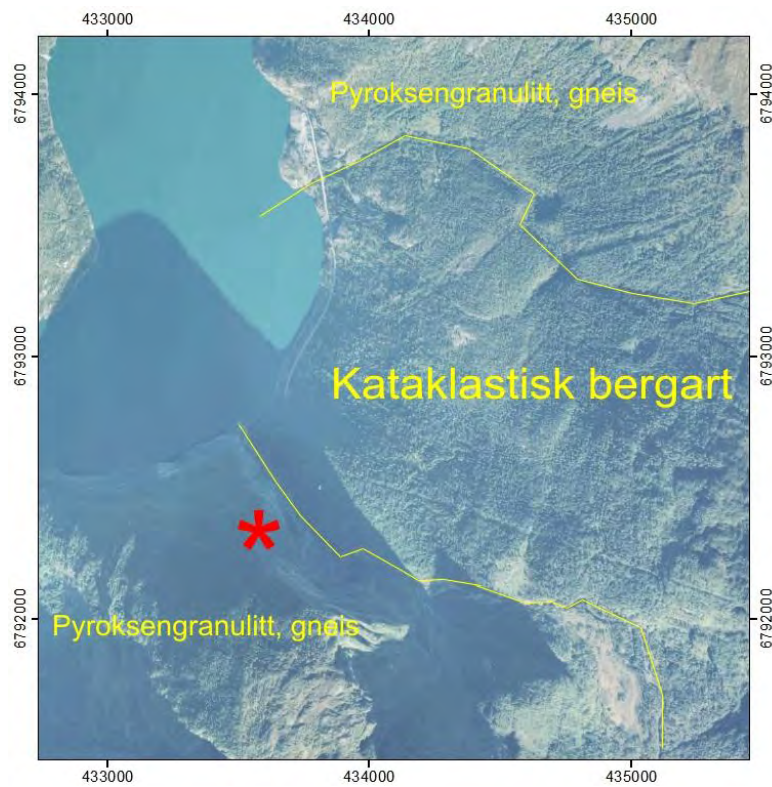
Det store relieffet på denne lokaliteten er et resultat av kontrasten i bergartstype mellom vertsbergarten (pyroksengranulitt) og den store forkastningssonen med kataklastiske bergarter som følger fjordføre (Figur 68). De eroderende prosesser som har skapt den dype dalen har konsentrert seg på kontakten mellom gneisen og den svake kataklasitten. Ustabiliteten av denne veggen har også økt på grunn av en intens nettverk av eksisterende forkastninger, som sikkert er relatert til hovedforkastningen som ligger i dalen. Derfor er det pre-eksisterende tektoniske mønstret og den sterke kontrasten mellom de ulike bergartene årsaken til det økte relieffet og ustabiliteten i fjellveggen, som igjen gjenspeiler seg i ferske og hyppige steinsprang.

Hyppige steinsprang uten noe storskala kontrollerende strukturer som utløser blokker betyr at det er ingen mulighet for GPS-målinger med hensyn til store fjellskred. Dette er et mulig sikringsobjekt for Vegvesenet. Rapporter foreligger som viser at 5 målebolter ble satt ut i 1968 og målt inn igjen i 1972 (Selmer-Olsen, 1972). Det viser at der er mer eller mindre ingen avvik i de fleste punktene, men litt avvik i punkt 3 som viser variasjon mellom mindre enn 1mm og 2mm. Dette er det eneste punktet som ligger utenfor tunnelen, og disse endringene ble foreslått (Selmer-Olsen, 1972) som resultat av temperatur variasjon og ikke nødvendigvis bevegelse.

Det finnes strukturer som kan utvikle seg til fjellskred fremover i tiden som fjellskreds objekter, men disse ser ikke ut til å danne åpne sprekker nå (Figur 67b). Disse strukturene er ekstensjonsforkastninger som ser ut til å falle mot VNV. Selmer-Olsen (op.cit.) konstaterer også at det finnes *'undersleppe-soner'* som går i forlengelse av raset som gikk fra dette området i 1948. Disse er sikkert av samme type som de som er observert fra luften (Figur 67b).



Figur 67: A- Oversiktsbilde av Steggjåberget fra helikopter som viser en meget bratt fjellvegg med tegn til steinsprangsaktivitet men ingen sprekker bak stupet på plataet. B- Ekstensjonsforkastninger, sannsynligvis av devonsk i alder, faller mot VNV. Disse kan danne utglidninger i fremtiden men ingen av dem ser ut til å være åpne nå.



Figur 68: Stor målestokk bilde over Årdalen som viser de hoved-tektoniske grensene mellom bergartene. Steggjåberget er vist med en rød stjerne.

2.19.2 GPS-målinger

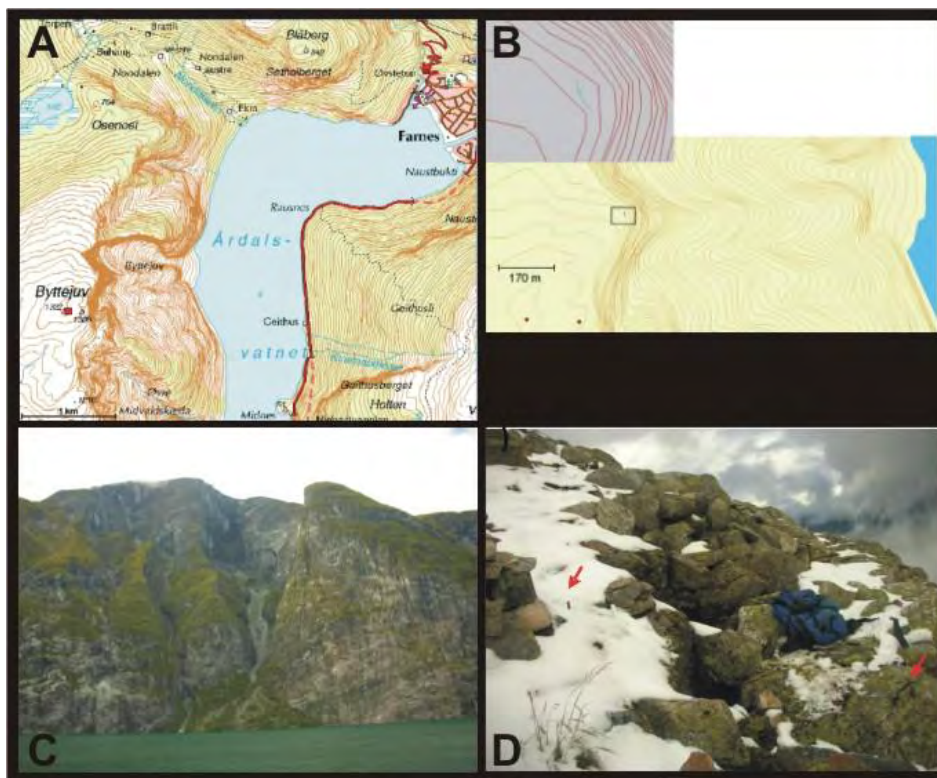
Det ble bestemt å ikke sette ut GPS-punkter på denne lokaliteten basert på de observasjonene nevnt ovenfor.

2.19.3 Oppsummering

- Det er en bratt fjellvegg som er aktiv med hensyn til steinsprang, men viser ingen kontrollerende strukturer bak stupet som kan lede til et større fjellskred. Steinsprang kommer fra veggen på mindre strukturer
- Dette gir ingen mulighet for GPS-målinger, og lokaliteten er et mulig sikringsobjekt for Vegvesenet
- Det er strukturer som kan utvikle seg fremover i tiden som fjellskred, men danner ingen åpne sprekker nå.

2.20 Lokalitet 25: Byttejuvet

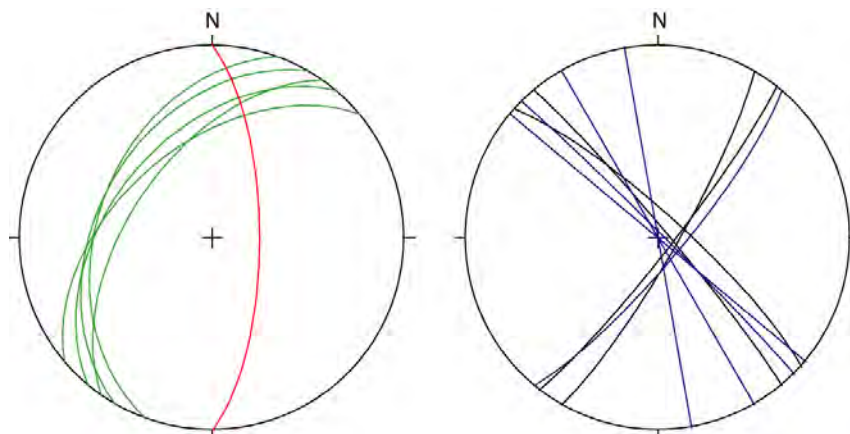
Dette området ligger på fjellet Byttejuvet (25 på Figur 8) i 1300 meters høyde på vestsiden av Årdalsvatnet (Figur 69). Det er undersøkt ved helikopter og senere feltbefaring. Her ble det alt i 1937 satt ned to sett med målebølter over en sprekk (Figur 69d). Det har vært utført målinger i 1957 (Jørstad, 1957) og 1987 uten at det har vært registrert signifikante avvik.



Figur 69: Oversikts bilder fra Byttejuvet. a) kart som viser lokalisering av Byttejuvet og b) detaljkart av det undersøkte området. Nederst c) vises Byttejuvet sett fra Geithus ved Årdalsvatnet. Til høyre d) den NV- gående sprekk med måleboltene fra 1937.

2.20.1 Geologiske undersøkelser

Bergarten i området er pyroksengranulitt/båndet gneis. Gneisfoliasjonen/båndingen har retning nordøst, med moderat til steilt fall mot nordvest. Dette er på tvers av dalsideretningen (Figur 70).



Figur 70: Stereonett som viser orienteringen av foliasjonen (grønn farge) og dalsideretningen (rød farge) i stereonettet til venstre. Til høyre vises orienteringen av gamle tektoniske sprekker (svart farge) og yngre åpne sprekker (blå farge).

Den åpne vertikale sprekken er 50 – 60 meter lang struktur med nordvestlig retning (Figur 69b, d). Den er maksimalt 0.5 m bred, og minst 20 meter dyp i sør. Sprekkens bredde og dyp avtar i nordlig retning, noe som tyder på at sprekken er hengslet i nord. Sprekkens strøkretning dreier gradvis mot nord nordover langs sprekketrasen. Det er også en mindre sprekk med retning NØ som går ut fra hovedsprekken. De unge, åpne sprekkene har samme orientering som eldre tektoniske sprekker, og kan muligens være dannet ved reaktivering av disse (Figur 70). Sprekken har ikke utgående mot juvet i nord. Volumet av massivet mellom sprekken og fjellsiden anslås til ca. 10-20000m³.

Sprekken er delvis dekket av ur, og det er ingen tegn til aktivitet (Figur 69d). Det er ikke observert andre sprekker i bakkant av hovedsprekken eller mulige glideplan i fjellsiden under.

2.20.2 GPS- målinger

Området er ikke på det nåværende tidspunktet prioritert for GPS målinger.

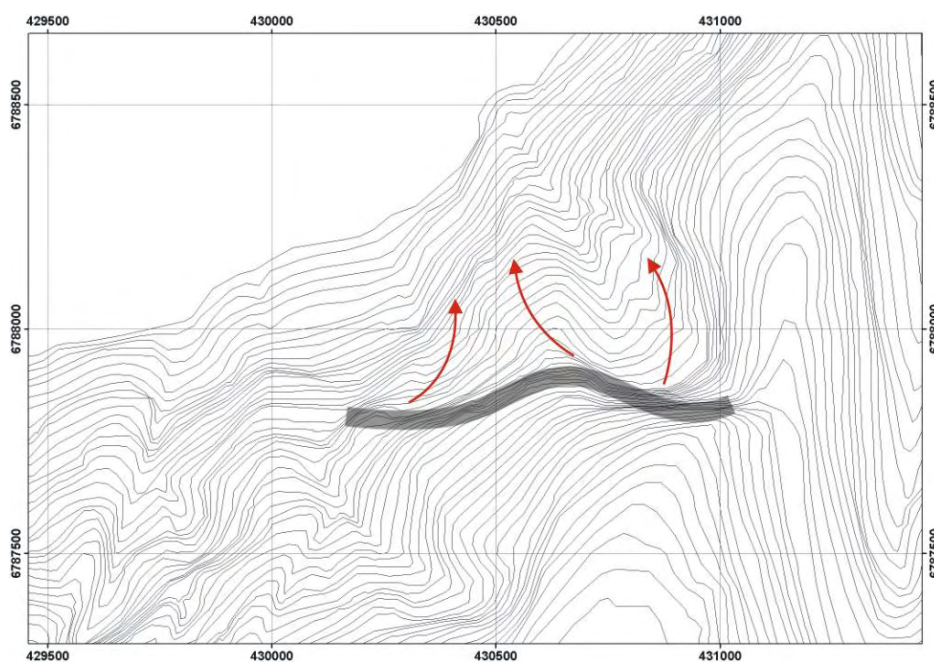
2.20.3 Oppsummering

- En NV-SØ gående åpen sprekk har lengde på 50-60 meter og er hengslet i nord
- Volumet mellom sprekken og fjellsiden er maksimalt 20000 m³
- Foliasjonen i området er gunstig orientert i forhold til stabilitet av fjellsiden

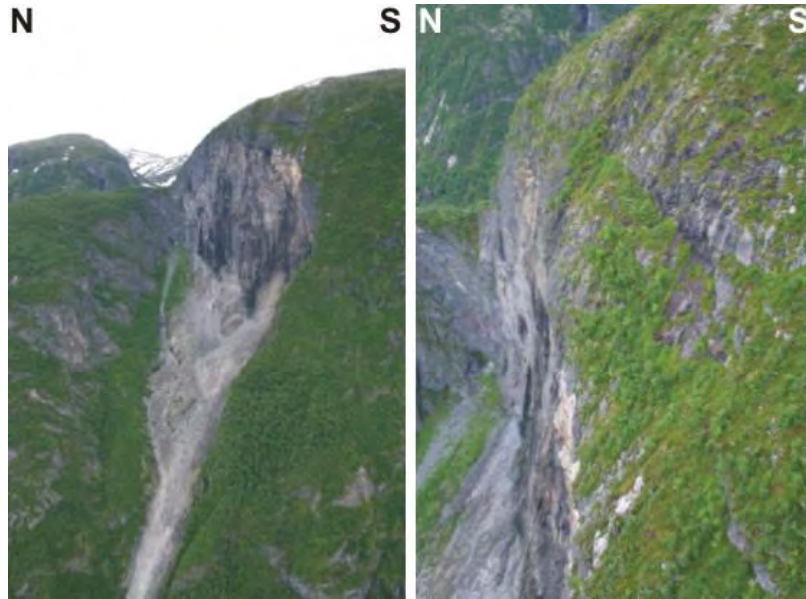
- Det er ikke observert potensielle utglidningsplan i fjellsiden under
- Over en periode på 50 år har det ikke vært registrert målbare bevegelser på sprekken
- Mindre blokker kan rase ut
- Det ble ikke satt ut GPS punkter her

2.21 Lokalitet 26: Kleppura

Dette er en av lokalitetene som ble plukket ut av Årdal kommune og fylkesgeologen med en høy prioritet for undersøkelse (26 på Figur 8). Dette området likner Steggjaberget (avsnitt 2.19) hvor det er en bratt fjellvegg som er svært aktiv men som ikke har noen kontrollerende strukturer bak stupet. På grunn av to skred som gikk 6. juli og 18. august 1983 har området vært undersøkt av NGI. Lied (1984) gransket muligheten for en flodbølge fra fjellveggen og Lied (1987) så nærmere på strukturene i fjellveggen. Resultat av den senere undersøkelsen konkluderte med at det ikke eksisterte noe store gjennomgående strukturer i fjellsiden, og at ytterligere fjellskred etter de i 1983, skulle *'neppe overstige 10000m³'*. På grunn av oppmerksomheten rundt lokaliteten har NGU gitt dette området høy prioritet i forhold til befaringen i løpet av feltsesongen i 2007.



Figur 71: Oversiktskart på lokalitet 26. Den grå linjen viser området hvor fjellstupet er brattest og mulig utrasingsmuligheter.



Figur 72: Bilder fra helikopter-befaring av lokalitet 26 Kleppura tatt fra vest.

2.21.1 Geologiske undersøkelser

Figur 72a viser et oversiktsbilde av området og viser en meget aktiv, bratt vegg med mange ferske avsetninger på bunnen av vegg og tegn til ferske steinsprang fra en mange hundremeter høy, vertikal fjellvegg. Derimot er det ingen tegn til aktive strukturer i bakkanten av stupet (Figur 72b) som kan utløse et betydelig større fjellskred.

Vi anser at denne lokaliteten først og fremst har en vanskelig steinsprangsproblematikk, der hyppige episoder av steinsprang skjer konstant uten noen kontrollerende store strukturer. Dette kan være et sikringsobjekt for Vegvesenet.

2.21.2 GPS-målinger

På grunn av manglende kontrollerende strukturer i bakkanten av stupet og den tydelig steinsprangs situasjonen ble det bestemt å ikke sette ut GPS-punkter her.

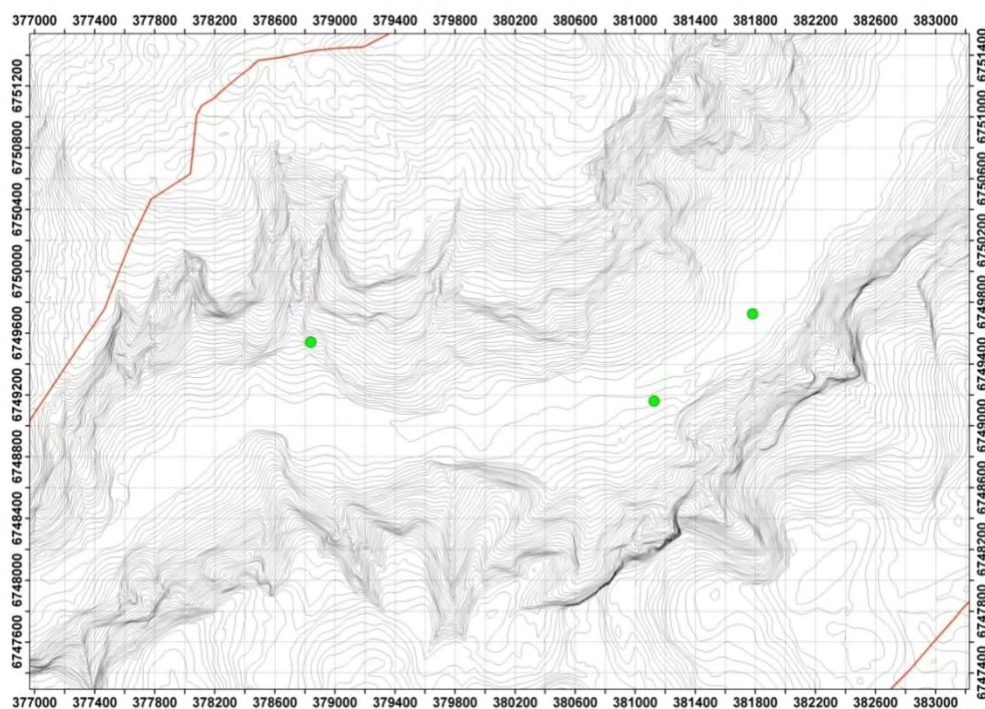
2.21.3 Oppsummering

- Området er betegnet som aktivt og derfor av høy prioritet fra kommunen og fylkesgeologen
- Området ble befart med helikopter i feltsesongen 2007
- Det er mange tegn til at fjellveggen er aktiv med hensyn til steinsprang men det er ingen kontrollerende, store strukturer i bakkanten av stupet som kan forårsake et betydelig fjellskredhendelse
- Våre observasjoner av strukturene i fjellsiden er i samsvar med de gjort av NGI (Lied, 1987)

- Derfor vurderer vi ikke dette området ut ifra fjellskredproblematikk, men snarere som et steinsprangs-område.

2.22 Lokalitet 27-29: Nærøydalen

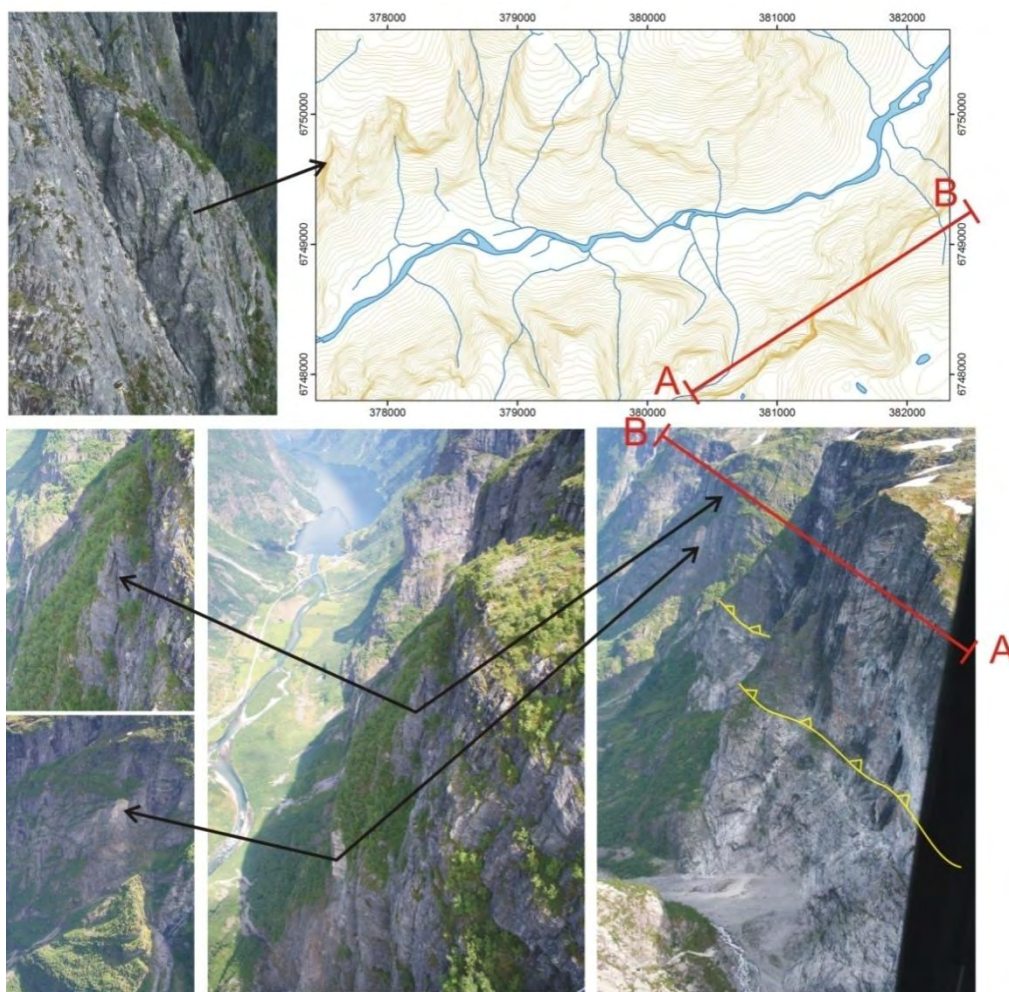
Et område innerst i Nærøydalen ble plukket ut av fylkesgeologen for nærmere undersøkelse av NGU (27-29 på Figur 8). Tre mulige lokaliteter er vist på Figur 73.



Figur 73: De tre lokalitetene utpekt av fylkesgeologen.

2.22.1 Geologiske undersøkelser

Området som dekker de tre lokalitetene nevnt ovenfor og et større område som omfatter dalen lenger mot sørvest og nordøst ble undersøkt med helikopterbefaring i feltsesongen 2007. (Figur 74). Nærøydalen har noe av de bratteste dalsidene i hele fylket. Den nordvestlige siden av dalen viser ingen store ustabiliteter eller sprekker. Et ustabil område med en utveltingsblokkgeometri er observert. Dette området er begrenset og har et maksimalt volum på ca. 0,5 millioner m³. Et mulig utløsningsplan faller med 60° mot dalen (Figur 74; øverst) men det er begrensede tegn til nylig bevegelse her. Den sørøstlige siden av dalen viser mange tegn til ferske steinsprang. (Figur 74; nederst). Bergartene er meget forvitret, særlig i nærheten av en tektonisk kontakt (Figur 74; nederst) Dette kan være viktig med hensyn til desintegrasjon av fjellveggen og utløsning av mange små blokker og kan være grunnen til hyppigheten av steinsprang fra denne siden av dalen. I midlertidig er det ikke sett noe større sprekker som kan utløse store fjellskred.



Figur 74: Øverst: Mulig velteblokk på nordsiden av Nærøydalen og lokaliseringskart. Nederst: Flere bilder fra sørøstsiden av dalen som viser ferske steinsprang og en mulig velteblokk med begrenset volum. Det ser også ut som velteblokken er løst ut langs en tydelig hovedtekonisk kontakt (i gult).

2.22.2 GPS-målinger

Siden det ikke ble funnet vesentlige strukturer som kan utløse fjellskred på det nåværende tidspunktet var det ikke satt ut GPS-punkter i Nærøydalen.

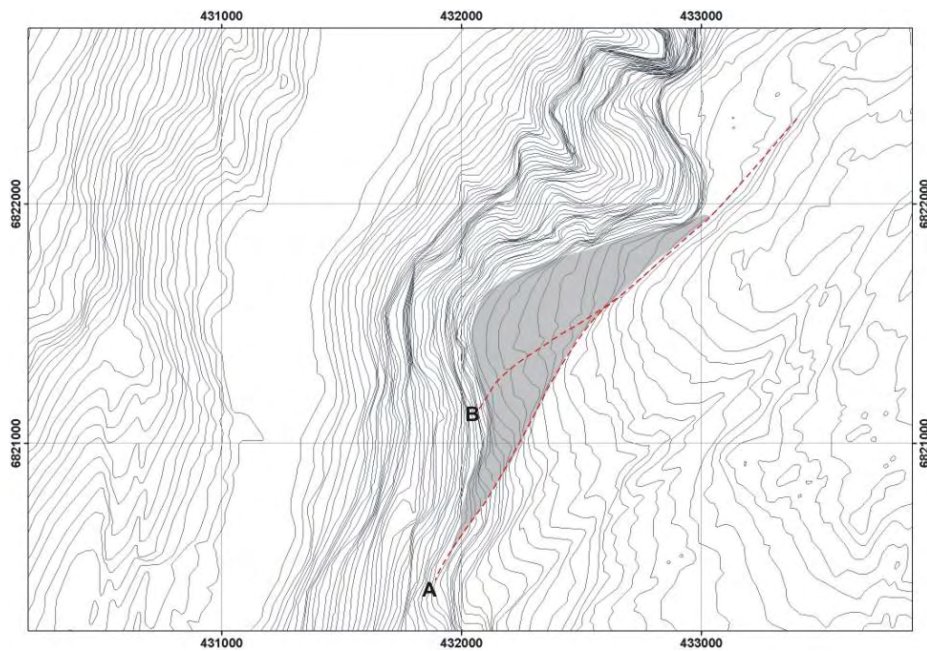
2.22.3 Oppsummering

- Vi finner mange loddrette, bratte fjellvegger med tegn til steinsprangsaktivitet
- Vi finner derimot ingen tegn til store kontrollerende strukturer som kan gi opphav til vesentlige fjellskredsutglidninger

2.23 Lokalitet 30: Utladalen

Dette området ligger i Utladalen på fjellsiden Steinanosi (30 på Figur 8) ble ikke identifisert tidligere som en mulig sprekk fra NGU sin database. Det var i

kontorarbeidet før feltsesongen i 2007 at området ble plukket ut som et mulig fjellskredområde.



Figur 75: Oversiktskart over et mulig ustabilt fjellparti i Utladalen med de to mulige strukturene sett fra ortofotoene.

2.23.1 Geologiske undersøkelser

En tolkning av flyfoto og topografien er vist i Figur 75. To NØ-SV strukturer er sett som kan ha noe betydning for fjellskred. Feltbefaring med helikopter (Figur 76) viser at disse strukturer kun er tilsynelatende lineamenter som har ingen sprekkeutvikling eller åpning. Lagdelingen i fjellsiden også faller mot SØ i motsetningen til en mulig utglidningen mot NV.



Figur 76: Bilde av det mulig ustabile fjellpartiet i Utladalen sett fra helikopteret.

2.23.2 GPS-målinger

Dette området betegnes som uinteressant med hensyn til store fjellskred og derfor er ingen GPS-punkter satt ut på dette stedet, på grunn av at strukturer faller mot fjellet og gir derfor lav sannsynlighet for fjellskred.

2.23.3 Oppsummering

- Det er et markert lineament observert fra flyfoto i forarbeidet i 2007
- Dette viser seg å være bare ett lineament. Ingen sprekke eller utglidning er observert.
- Derfor er denne lokaliteten uinteressant
- Ingen GPS-punkter er nødvendig å sette ut

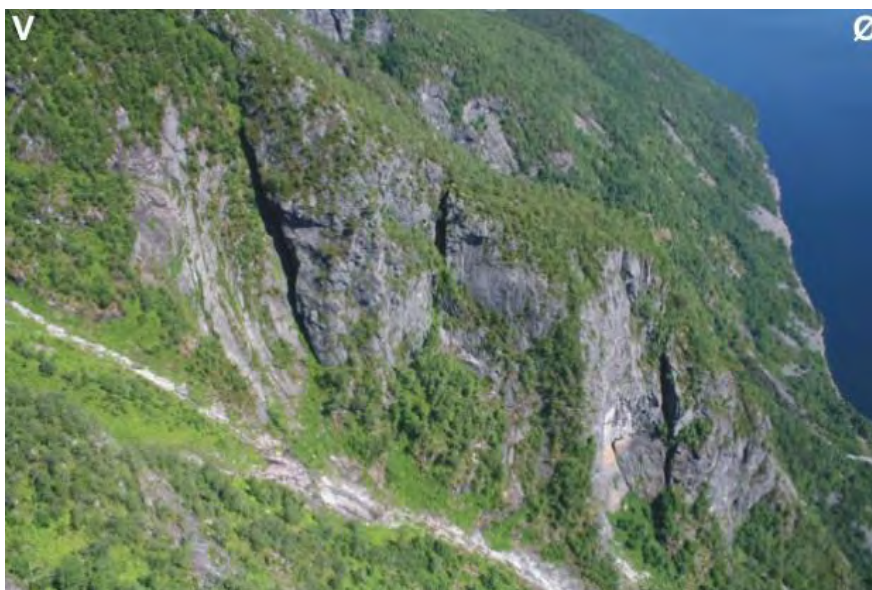
2.24 Lokalitet 31: Finnefjorden

Denne lokaliteten ligger på vestsiden av Finnefjorden (31 på Figur 8) og ble først identifisert under kontoranalyse av flyfotoene før feltsesongen i 2007. På denne lokaliteten identifiserte vi flere N-S, fjord-parallele lineamenter. Disse ble undersøkt nærmere i felt i 2007.

2.24.1 Geologiske undersøkelser

Denne lokaliteten er vist i Figur 77. Tre N-S lineamenter som allerede var identifisert fra flyfoto er sett i terrenget. De viser seg ikke å være sprekker og har ingen åpning.

Det er heller ikke tegn til bevegelse eller ferske fjellskred avsetninger. Denne lokaliteten betegnes som uinteressant med hensyn til fjellskredsproblematikk.



Figur 77: Rekognoseringsbilde av lokalitet 31 på vestsiden av Finnefjorden sett fra helikopter. Dette viser tre N-S lineamenter identifisert fra flyfoto i terrenget. Strukturene er lukket og er ikke åpne sprekker.

2.24.2 GPS målinger

På bakgrunn av rekognoserings-observasjonene ble det ikke vurdert å sette ut GPS-punkter her. Området betegnes som uinteressant.

2.24.3 Oppsummering

- Tre N-S gående lineamenter ble først observert fra flyfotoanalyse før feltsesongen i 2007. Det ble bestemt at disse måtte undersøkes i felt i 2007
- Rekognosering av denne lokaliteten fra helikopteret viser seg at disse lineamenter ikke er åpne sprekker. De viser ingen tydelige uttrykk i topografien
- Det er heller ikke tegn til bevegelse eller ferske fjellskred avsetninger
- Vi betegner dette området som uinteressant med hensyn til store fjellskred

2.25 Lokalitet 32: Jølstravatnet

Denne lokaliteten ligger på sørsiden av Jølstravatnet (32 på Figur 8) og er et område som ble observert av L.H. Blikra og H. Henriksen men kun fra bakkenivå. Siden ingen observasjoner er gjort fra luften ble det bestemt at dette området skulle undersøkes nærmere i 2007.

2.25.1 Geologiske undersøkelser

Her er det en loddrett fjellvegg hvor det er tydelig tegn til at det har gått skred tidligere (Figur 78). Foliasjonen faller mot vannet utover dalsiden og det ligger derfor til rette for utglidningsprosesser. Deler av veggen viser ferske steinsprang. Derimot er det ingen tegn i bakkanten av stupet til at det er kontrollerende strukturer som kan forårsake en vesentlig utglidning. Dette området betegnes derfor som relativt uinteressant med hensyn til store fjellskred og er derfor lavt prioritert.



Figur 78: Oversiktsbilde av lokaliteten på sørsiden av Jølstravatnet tatt fra helikopter.

2.25.2 GPS-målinger

Dette området viser tegn til ferske steinsprang men det er ingen kontrollerende strukturer i bakkanten av stupet. Det gis derfor lav prioritet og ingen GPS-punkter ble satt ut her.

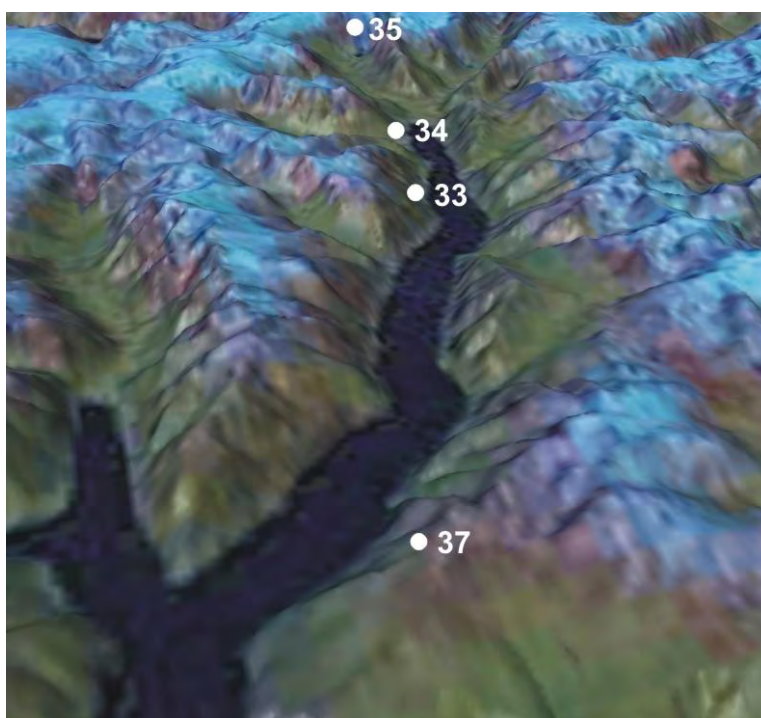
2.25.3 Oppsummering

- Området er kjent fra før som en aktiv fjellvegg hvor det har gått mye steinsprang
- Vi observerer tegn til ferske steinsprang men ser ingen kontrollerende sprekker bak stupet som kan utløse store blokker

- Vi gir dette området liten prioritet og på det nåværende tidspunktet er det uinteressant med hensyn til store fjellskred

2.26 Fjærlandsfjorden rekognosering

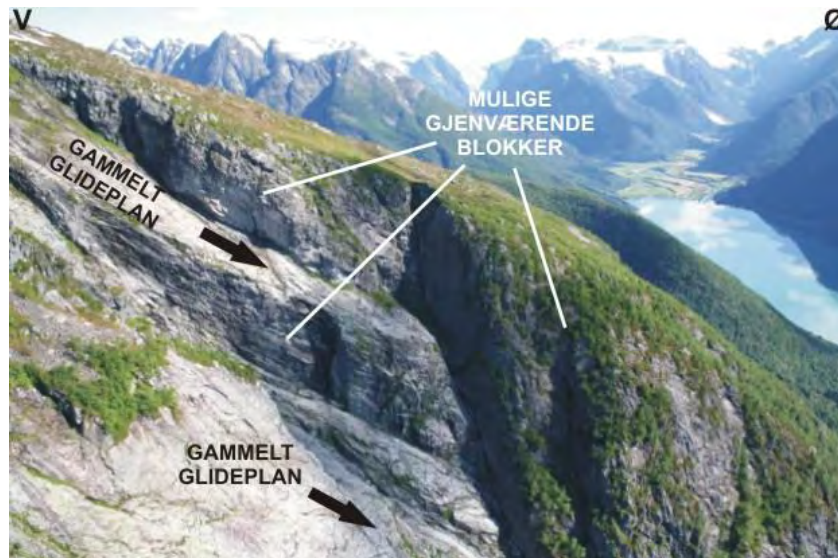
Fjærlandsfjorden er med hjelp av seismikk mye undersøkt med hensyn til gamle skredavsetninger som nå ligger på fjordbunnen (Andersen & Vernang, 2001). Derimot er det begrenset kunnskap om potensielle ustabile fjellpartier som ligger igjen i fjellsiden. Oppgaven her består av å gjennomføre en første rekognosering av hele fjordsystemet i første omgang for å identifisere områder som kan være av interesse. Figur 79 er et 3D utsnitt fra Norge i 3D (www.norgei3d.no) og viser lokalitetene som ble identifisert etter en helikopterrekognosering av området.



Figur 79: 3D satellittbilde (hentet fra www.norgei3d.no) av Fjærlandsfjorden som viser lokalitetene identifiserte fra rekognoseringsfeltarbeid fra helikopter.

2.26.1 Lokalitet 33: Hatlestad

Denne lokaliteten ligger på vestsiden av fjorden like ovenfor Hatlestad (33 på Figur 8). Her er det bevis for gamle utglidninger (Figur 80) og det er observert minst to forskjellige glideplan. Foliasjonen faller svakt mot fjorden og forholdene ligger til rette for utglidningsprosesser. Det ligger flere blokker over de gamle glideplanene. Derimot er det ingen bevis for nydannete sprekker slik at blokkene ikke har begynt å løsrives fra fjellsiden. Dette området må derfor betegnes som inaktivt på det nåværende tidspunktet. Lokaliteten er derfor uinteressant med hensyn til framtidig skredfare.



Figur 80: Oversiktsbilde tatt fra helikopteret av lokalitet 33. Det viser flere gamle glideplan hvor tidligere ras har utløst seg. Flere gjenværende blokker ligger over glideplanene men det er ingen aktivitet eller tegn til sprekker i bakkant av blokkene.

2.26.2 Lokalitet 34: Stølen

Denne lokaliteten ligger helt ved enden av fjorden på vestsiden av dalen ovenfor Stølen (34 på Figur 8). Et gammelt ras er tydeligvis utløst på et lavvinklet glideplan fjordfallende foliasjon). Det er også steiltstående lineamenter som kan opptre som sprekker, men disse viser ingen tegn til åpning.

Det er ingen tegn til sprekker, bevegelse eller ustabilitet i den gjenværende blokken. Dette området betegnes derfor som inaktivt på det nåværende tidspunkt.



Figur 81: Oversiktsbilde tatt fra helikopteret av lokalitet 34. Det viser et gammelt glideplan hvor et tidligere ras har gått ut. En gjenværende blokk ligger over det samme glideplanet men viser ingen aktivitet selv om det er lineamenter som kan opptre som ekstensjonsbrudd.

2.26.3 Lokalitet 35: Almenipa

Denne lokaliteten ligger ved enden av Bøyadalen ved Almenipa (35 på Figur 8). Lokaliteten ligger ca. 1300m ved siden av Bøyabreen og er 100% blottet. Det kan observeres et gammelt glideplan som stuper ca. 50° mot sør (Figur 82). Det har engang tydelig gått et stort skred her og det ligger en gjenværende blokk over det samme glideplanet. Det er tegn til en liten åpning (noen få centimeter) mellom glideplanet og blokken over. Derimot ser det ikke ut til å ha vært noe bevegelse på rest blokken. Noen løse blokker er observert langs glideplanet helt øverst og kan bety at det er noe bevegelse.

Dette er en lokalitet som er vanskelig å instrumentere med hensyn til GPS-utstyr siden den er meget utilgjengelig. Den kan være en utmerket lokalitet til å undersøke med InSAR satellittdataene som skal tas i bruk i sommeren 2008.



Figur 82: Oversiktsbilde tatt fra helikopter av lokalitet 35. Det viser et gammelt glideplan hvor et tidligere ras har gått ut. En restblokk ligger over samme glideplanet og det er tegn på noe åpning på glideplanet og løse blokker langs strukturen. Dette kan bety at det er tegn til bevegelse.

2.26.4 Lokalitet 37: Berrfjøttene

Dette området ligger på østsiden av Fjærlandsfjorden, lengst sør (37 på Figur 8). Det har gått et meget stort skred her i historiske tider. Dette vises tydelig på seismikken (Andersen & Vernang, 2001). Skredvolumet antas til å være mange millioner kubikk. Det var derfor nødvendig å undersøke kildeområdet til dette store skredet for å bestemme om fjellsiden er fortsatt ustabil. Kildeområdet er godt definert i topografien (Figur 83) som en skålformet depresjon. Det er derimot ingen hengende blokker i fjellsiden og ingen sprekker i bakkanten av fjellet på plataet. Dette området må anses som fritt for fjellskredfare i den nærmeste fremtid og er derfor relativt uinteressant med hensyn til fremtidig utvikling av store fjellskred.



Figur 83: Oversiktsbilde tatt fra helikopter av lokalitet 37 ved Berrfjøttene. Det viser et skålførmert område i topografien som sannsynligvis er det gamle rasområdet. Det er ingen strukturer eller sprekker som ligger bak stupet på platået. Dette betyr at området er uinteressant med hensyn til store fjellskred.

2.26.5 Oppsummering

- Seismikk og historiske data viser at det har gått ras i fjorden tidligere
- Det er tegn til dette i fjellsiden som rester etter store utglidninger
- De fleste av disse områdene viser ingen tegn til at gjenværende blokker er på vei ut og nedover
- Det er kun lokalitet 35 som viser tegn til mulig fremtidig ustabilitet
- Berrfjøttene gir ingen grunn til bekymring siden det ikke er sprekker i bakkanten av stupet
- I sin helhet er Fjærlandsfjorden et relativt stabilt område

2.27 Lokalitet 36: Lånefjorden

Skråningene i Lånefjorden (36 på Figur 8) ble undersøkt med rekognoseringsarbeid fra helikopter i feltsesongen 2007. Tre mulige ustabile fjellpartier ble observert. Disse ligger på vestsiden av Lånefjorden ved utgangen til Sognefjorden. Bergartene i området er prekambrisk granittisk ortogneis.

2.27.1 Geologiske undersøkelser

2.27.1.1 Lokalitet 36a (UTM32 348366, 6785839)

Her er det tegn til et gammelt glideplan hvor det har gått et betydelig skred tidligere. Glideplanet faller 30° mot fjorden og er utviklet parallelt med foliasjonen i

vertsbergarten. Det er tegn på et volum som har allerede gått i sjøen som har eksponert det gamle glideplanet (den gule linjen på Figur 84). Dette gamle skredet var sannsynligvis mindre enn 0,5 millioner m³.

En gjenværende blokk ligger på det samme glideplanet. Det er ingen tegn til utløsning av blokken siden det ikke er brudd i topografien (se Figur 84). Det kan dreie seg om et volum på ca. 1,5 millioner m³ som ligger på det samme glideplanet. Blokken er avgrenset med røde linjer på Figur 84. Blokken er i tillegg delt opp i flere delblokker. Derimot er det lite tegn til nåværende aktiv bevegelse. Bevegelse er begrenset til steinsprangsaktivitet på den sørligste vegg. Det er behov for utvidete feltundersøkelser på denne lokaliteten.

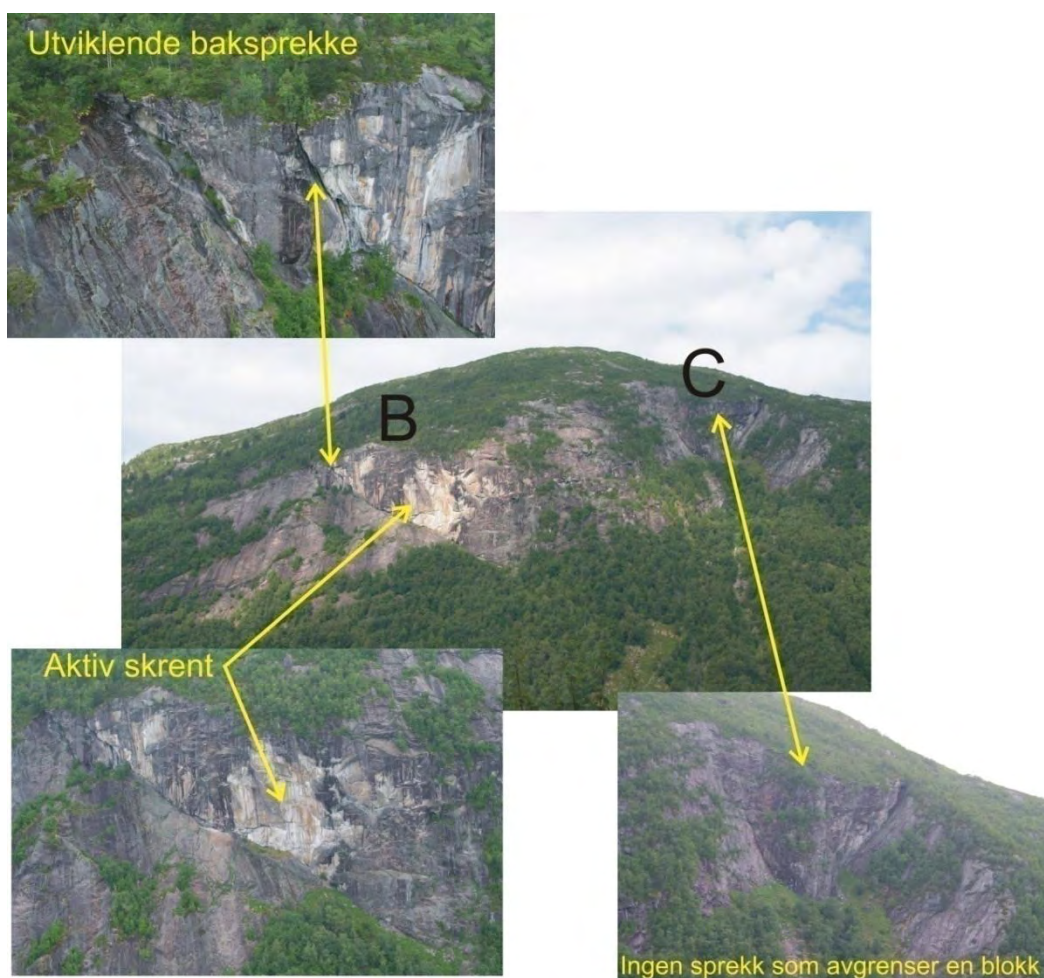


Figur 84: Vestsiden av Lånefjorden. A- Lokalitet 36a sett mot vest som viser et stort gjenværende volum som ligger over et mulig glideplan. Den gule linjen viser hvor et gammelt ras har gått på det samme glideplanet. De røde linjer avgrenser den mulig ustabile skråningen som ligger over glideplanet og noen mulige oppdelingsblokker. B- Skisse som viser utsikten av skråningen mot nord med det eksisterende glideplanet og volumet som ligger over dette.

2.27.1.2 Lokalteter 36b og 36c (UTM32 348373, 6785041 og 348272, 6785266)

Lokalitet 36b er en aktiv fjellvegg som har en høy frekvens av steinsprang. (Figur 85). Et lavvinklet glideplan er observert ved foten av den aktive skrenten. Vi antar at den aktive skrenten er bevis for at det er bevegelse på glideplanet. Dette antyder at det er mulighet for en betydelig utglidning her i fremtiden men det ingen klare tegn til utløsning av blokken fra fjellsiden på det nåværende tidspunktet.

Lokalitet 36c viser verken betydelige sprekker eller indikasjoner på fersk steinsprangsaktivitet selv om geometrien av skråningen med hensyn til fjordfallende foliasjon er lik det som er sett på lokalitet 36b og det i tillegg har gått et betydelig skred her tidligere. På det nåværende tidspunktet er dette delområdet inaktivt.



Figur 85: Flere bilder av lokalitetene 36b og 36c på vestsiden av Lånefjorden sett fra helikopter.

2.27.2 GPS-målinger

Basert på rekognoseringsarbeidet er det foreløpig ikke bestemt å sette ut GPS punkter på denne lokaliteten. Videre arbeid må gjøres i løpet av sommeren 2008 for å klargjøre om det er behov for GPS-punkter.

2.27.3 Oppsummering

- Lokaliteter A og B viser tegn til mindre ferske steinsprang
- Ingen av disse tre lokaliteter viser noen tegn til utløsning av en stor blokk på det nåværende tidspunktet
- Ingen GPS-punkter er satt ut

- Det er behov for videre feltarbeid i 2008

3 ANBEFALING FOR VIDERE ARBEID

3.1 Videre arbeid på eksisterende lokaliteter

3.1.1 Flåm

Ut fra konklusjonene om de geologiske forholdene og bevegesmålingene fra GPS (Vedlegg 2) blir det anbefalt å følge opp de ustabile fyllittområdene i mer detalj som høyeste prioritet. Kartlegging av detaljtopografi ved bruk av flybåren og bakkebasert laser (LIDAR) bør gjøres for å gi bedre forståelse av deformasjonsstrukturer som dannes på overflaten, og vil gi en økt forståelse av geometrien av de enkelte områder. Mer detaljert feltarbeid bør utføres for å få en bedre forståelse av strukturene på bakken. Prosessering av satellittdata (InSAR) må utføres for å kartlegge bevegesmønster og innsynkning skal bli ferdig før feltsesongen begynner i 2008. Videre geologiske feltundersøkelser for å lage en bedre geologisk modell er også nødvendig. Det bør fortsettes med periodiske GPS-målinger siden det kun er to års måleserier. Det burde finnes minst fem måleserier for å kunne konkludere sikkert om bevegesmønstret. Bruk av geofysikk er også en mulighet for å få en bedre 3D geologisk og geometrisk modell. Eventuelt kunne boringer utføres for undersøkelser av glideplanet. Til slutt må det utføres kontinuerlige målinger av bevegelse kombinert med etablering av en værstasjon for å få bedre kontroll med klima- og værstyrte prosesser være viktig.

Disse arbeidene krever en betydelig større innsats enn den som kan ytes fra fylkes prosjektet og det bør vurderes om et eget prosjekt skal opprettes for å gjennomføre disse tiltakene.

3.1.2 Viddalen

Dette området har et vesentlig volum og det er tegn til tidligere bevegelse. Det er foreløpig ukjent om området beveger seg i dag. GPS-punkter er satt ut og den første måleserien skal innhentes i løpet av 2008. Bestemmelse om videre detaljarbeid må gjøres ut ifra de resultatene. I mellomtiden er dette området en god kandidat for InSAR-analyse siden det er begrenset med vegetasjon. LIDAR-skanning bør også tas i bruk i løpet av feltsesongen i 2008. Et tettere samarbeid med *E-CO Vannkraft A/S* bør etableres, og det bør arrangeres en felles feltbefaring i løpet av sommeren 2008.

3.1.3 Stopelen

Stopelen har kun ett års måleserie og dataene er meget tvetydige (Vedlegg 4). De gamle boltene tyder på ingen eller meget begrenset bevegelse. GPS-dataene viser tegn til bevegelse, men retningsdataene er ikke pålitelige og vertikaldataene viser kun heving i alle punktene. Det er anbefalt at de periodiske GPS-målingene fortsettes slik at det kan etableres en mer pålitelig dataserie over flere år. Området bør være en god kandidat for InSAR-analyse siden det er lite vegetasjon. Det bør også vurderes om avstanden er kort nok slik at fjellveggen kan skannes fra veien med LIDAR.

3.1.4 Gråberget

I dette området er det påvist nylig bevegelse med ferske steinsprang og lokalkjennskap om utvidelse av sprekken. Selv om volumet er lite er konsekvensene

for beboere i Høyanger store. Det må avventes med flere års måleserier fra de periodiske GPS målingene her. I mellomtiden kan InSAR bildene fra dette området analyseres for å fastsette om det er nåværende bevegelser. Bakkebasert LIDAR-skanning kan gjøres i et begrenset området på fjelltoppen.

3.1.5 Lifjellet

To lokaliteter er identifisert på Lifjellet; Lifjellet Øst og Lifjellet Vest. Lifjellet Øst er identifisert tidligere og har målebolter som viser bevegelse. Ingen målinger er tidligere gjort på Lifjellet Vest. GPS-punkter var satt ut på begge steder i 2007. Det bør etableres et tettere samarbeid mellom Hyllestad Kommune og NGU med tanke på sammenligning av dataene fra de to forskjellige målemetodene. GPS-målingene blir gjort igjen i 2008. Begge lokaliteter er gode kandidater for InSAR-analyse siden det er begrenset vegetasjon. Lifjellet Vest er best egnet for bakkebasert LIDAR-skanning fra fjellet. Muligheten for å skanne begge lokaliteter fra havsnivået bør undersøkes.

3.1.6 Tussen

Dette området viser betydelige sprekker og tegn til bevegelse på et område som er på anslagsvis 3 millioner m³. Fire GPS punkt er satt ut her for å bestemme om området beveger seg. Målingene bør fortsette i 2008 og flere år fremover. Et mulig større område som ligger bak det forrige nevnte området har et volum på ca. 100 millioner m³. Et nytt fastpunkt må settes ut lenger bak på fjellsiden mot øst for å fastsette om dette området beveger seg. Videre geologisk kartlegging bør gjøres på denne lokaliteten. Dette området er en god kandidat for InSAR-analyse siden det er såpass stort og har begrenset med vegetasjon.

3.1.7 Terakamben

Terakamben er definert som en mulig utveltingsblokk med et betydelig volum. Det er sannsynligvis begrenset muligheter for å sette ut GPS-punkter på grunn av vanskelig terreng og skog. Terakamben er en god kandidat for InSAR analyse og muligens laserskanning hvis avstanden fra veien er kort nok.

3.1.8 Vik

I dette området ligger strukturene til rette for en mulig utglidning, men det er ingen bevis for at det er en ny utvikling av sprekkesystemer. Det er ikke praktisk mulig å sette ut GPS-måleutstyr. Dette området kan være en kandidat for InSAR, og kanskje LIDAR-skanning, dersom det er ønskelig.

3.1.9 Strandanipa

Dette området utgjør et lite volum men et ras her vil ha betydelige konsekvenser for de som bor i nærheten av et mulig utfallsområde. GPS-målepunkter satt ut i 2007 bør måles om igjen for å skaffe flere års pålitelige måleserier. Området kan også analyseres fra InSAR-dataene. Det kan også vurderes om dette området bør skannes med LIDAR.

3.1.10 Oppigardshyrna

Et års måleserie eksisterer for Oppigardshyrna (Vedlegg 3). Dataene viser vesentlig bevegelse på alle tre punkter men dataene stemmer ikke med feltobservasjonene på bevegelsesvektorer. Det bør gjøres flere års måleserier før noe kan konkluderes om bevegelsesmønstret.

3.1.11 Vidme

Dette området ble kun observert fra luften i feltsesongen 2007. Det bør undersøkes videre i 2008 med basiskartlegging og muligens InSAR-analyse før det kan trekkes konklusjoner.

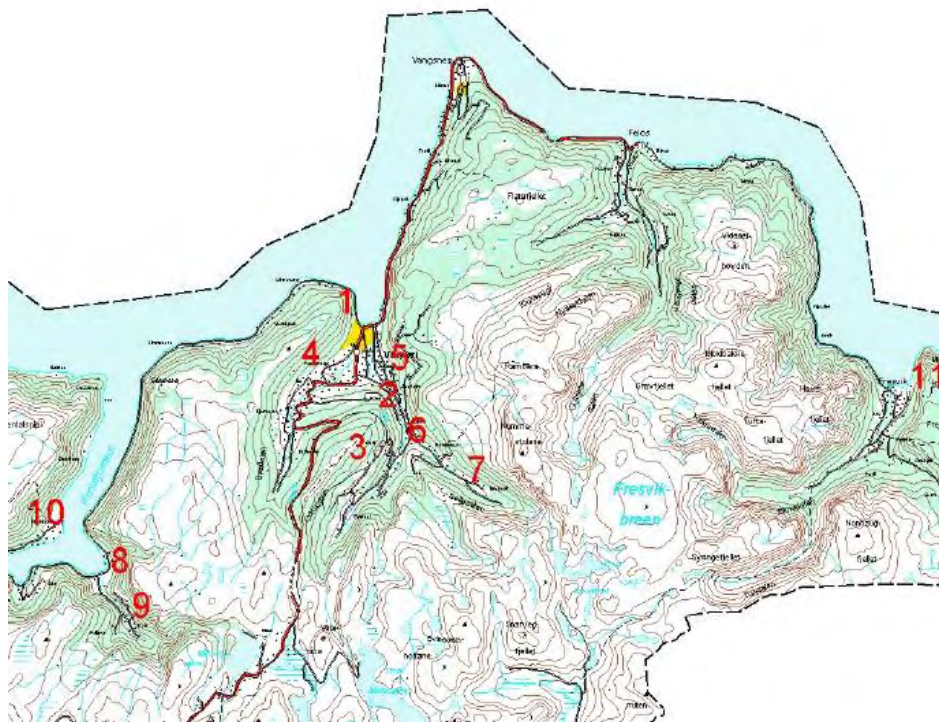
3.1.12 Steggjaberget

De gamle målebolter som er nevnt av Selmer-Olsen (1972) bør sjekkes både innenfor og utenfor tunnelen ved veien under Steggjaberget for å bedre kartlegge disse 'slepestrukturene' og for sammenligning med de strukturene vi har observert i dagen. De kan også vurderes om dette er et område hvor det bør utføres laserskanning.

3.2 Undersøkelser på nye lokaliteter

3.2.1 Vikøyri

Figur 86 viser et kartutsnitt levert av fylkesgeolog, B.F. Russenes med forslag til nye lokaliteter i Vik kommune. Disse er mulige kandidater for undersøkelse i løpet av feltsesongen 2008.



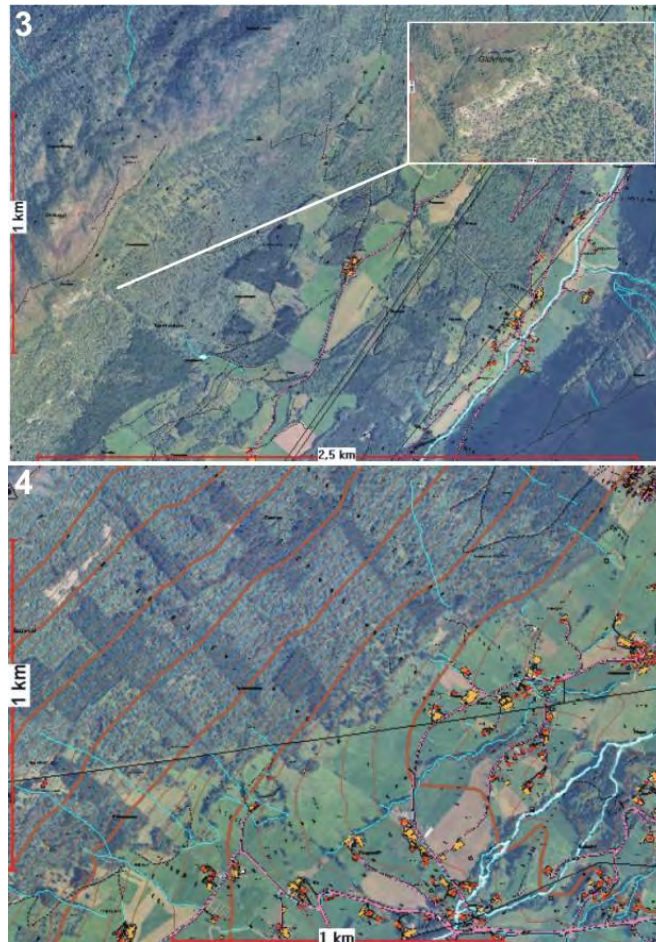
Figur 86: Mulige lokaliteter som kan undersøkes i feltsesongen 2008. Kart fra B.F. Russenes, fylkesgeolog i Sogn og Fjordane.

Figur 87 viser to kartutsnitt fra Vikdalen hvor lokaliteter 1 og 2 er vist. Ingen videre informasjon forekommer om Lokalitet 1, men ved Lokalitet 2 har det vært ferske og hyppige steinsprang (se bildet).



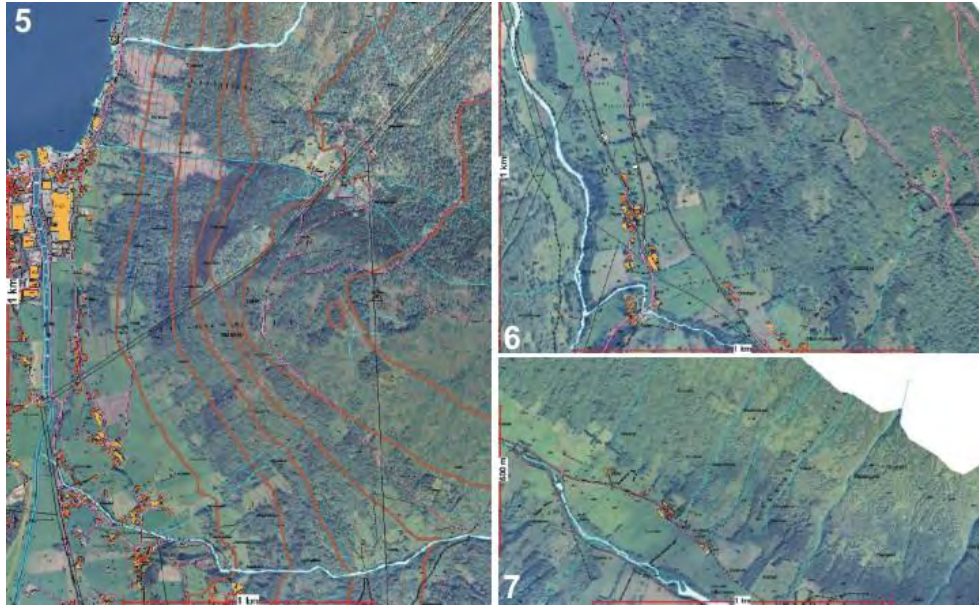
Figur 87: Kartutsnitt av lokaliteter 1 og 2 i Vikdalen som er vist på Figur 86. Lokalitet 1 er Hamna, Kroppedalen. Lokalitet 2 er Hagen/Hove.

Figur 88 viser to kartutsnitt av lokalitetene 3 og 4. Lokalitet 3 fra Ovrisdalen viser en betydelig baksprekk i fjellsiden (se detaljert bilde). Det foreligger ingen tilleggsinformasjon om Lokalitet 4 (Skjørvo). Begge steder må undersøkes nærmere.



Figur 88: Kartutsnitt av lokalitetene 3 og 4 i Vikdalen som er vist på Figur 86. Lokalitet 3 er Ovrisdalen og lokalitet 4 er Skjørvo.

Figur 89 viser lokalitetene som er utpekt som interessante på østsiden av Vikdalen. Dette er lokalitetene 5, 6 og 7. Lokalitet 5 er ved Sagaflaten-Steimselvi og ser ut til å være litt lengre sør enn lokaliteten vi studerte i Vik i feltsesongen 2007 (Lokalitet 9-10; se avsnitt 2.8). Ingenting er umiddelbart interessant fra flyfoto men området bør granskes nærmere. Lokalitet 6 er Fosse som er lengre sørøst i dalen. Her er det mulig tegn på en rekke mindre Ø-V strukturer som bør undersøkes nærmere.

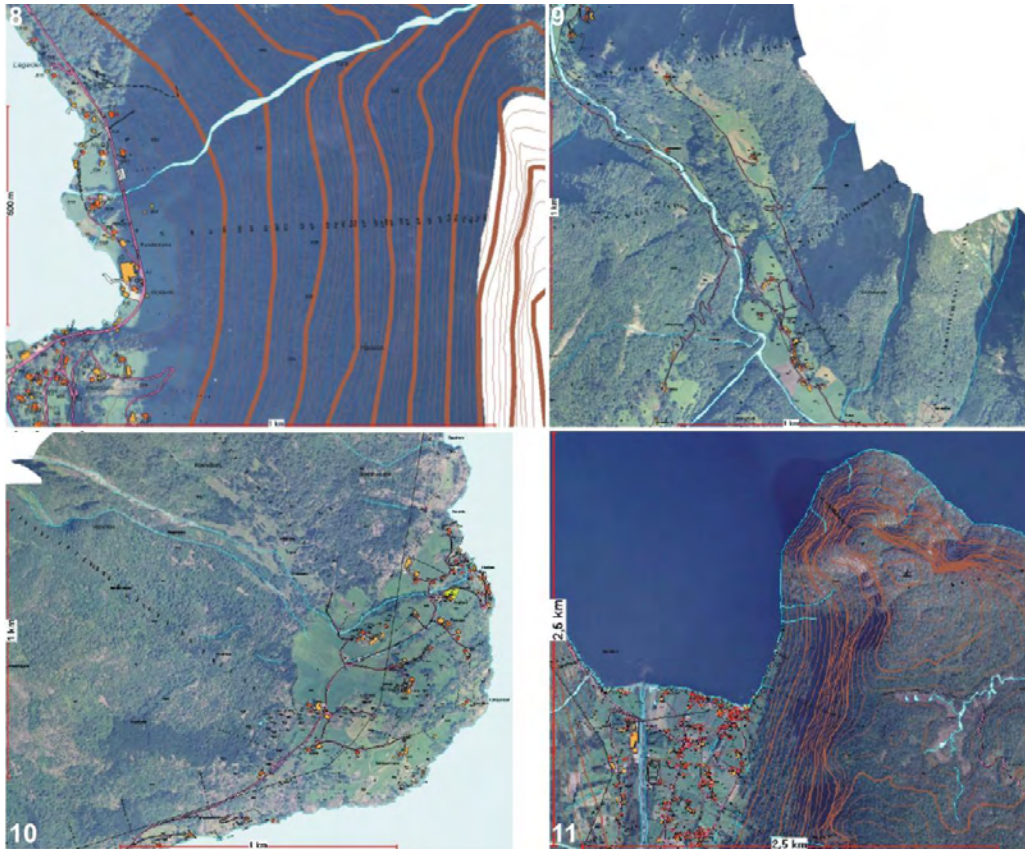


Figur 89: Kartutsnitt av lokaliteter 5, 6 og 7 i Vikdalen som er vist på Figur 86. Lokalitet 5 er Sagaflaten-Steimselvi. Lokalitet 6 er Fosse. Lokalitet 7 er Myrkaskog-Bruavoll.

Lokalitet 7 er ved Myrkaskog-Bruavoll lengst sørøst i dalen. Her er det muligens en mindre sprekk, som sett fra flyfoto er orientert NV-SØ, parallelt med dalsiden.

Lokalitetene 8, 9, og 10 ligger i Arnafjorden og er vist på Figur 90. Lokalitet 8 ved Framfjorden er tydeligvis i området ved mølla. Det er vanskelig å tolke ut fra bildet i Figur 90, men området bør rekognoseres. Lokalitet 9 ligger ved Lee-Dale, som også er i enden av Arnafjorden. Her er det muligens en mindre NNV-SSØ sprekk som er parallell med dalsiden. Denne bør undersøkes. Lokalitet 10 (Figur 90) ligger på vestsiden av dalen. Her gikk det et stort skred på 1800 talet. SSV for bygda er det på flyfotoet tegn til kurvete sprekker i terrenget som bør rekognoseres.

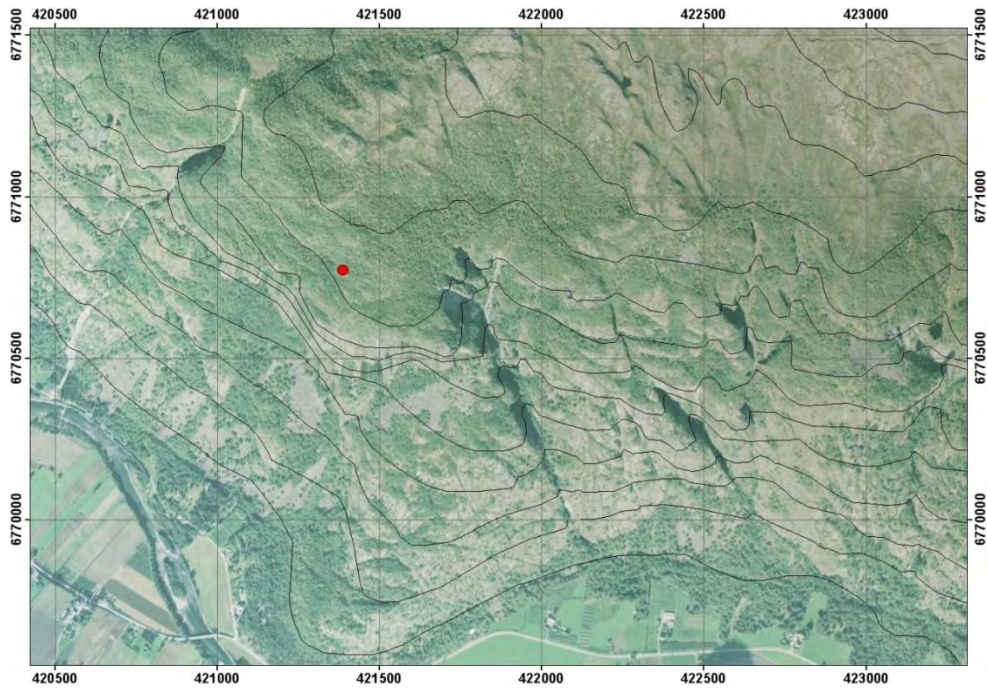
Lokalitet 11 er Jukulen i Fresvik som også er vist på Figur 90. Her er det ikke sett tegn til ras eller sprekker fra flyfoto, men området bør granskes med flyfoto og deretter med rekognosering.



Figur 90: Kartutsnitt av lokalitetene 8-11 som er vist på Figur 86. Lokalitet 8 er Framfjorden i Arnafjorden. Lokalitet 9 er Lee-Dale, også i enden av Arnafjorden. Lokalitet 10 er Nese (på vestsiden av Arnafjorden) og Lokalitet 11 er Jukulen i Fresvik.

3.2.2 Lærdalen: Kvitaberget

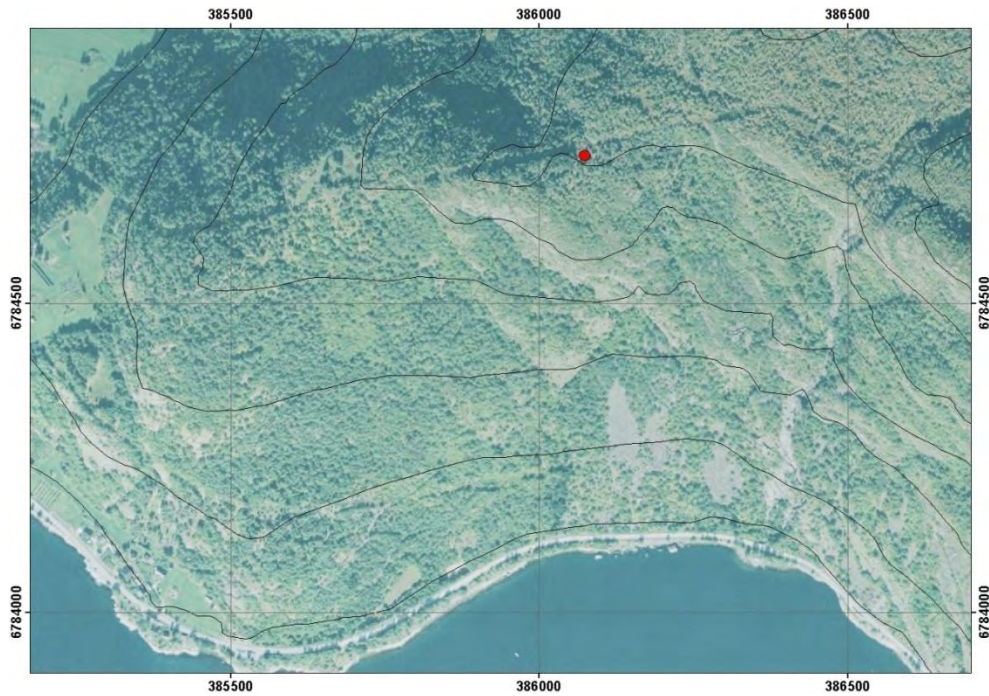
Denne lokaliteten er ikke tidligere undersøkt av NGU og ligger på nordsiden av Lærdalen ved koordinater UTM32 421385, 6770773. Undersøkelsen av ortofotoet i Figur 91 viser ikke spesielle tegn til strukturer assosiert med ustabilitet. Det er et fåtalls NNV-SSØ lineamenter som kan opptre som sideveis sprekker, men det er ingen tegn til motsvarende åpne brudd normalt på disse lineamentene. Området bør rekognoseres i løpet av feltsesongen i 2008.



Figur 91: Oversiktskart i Lærdalen som viser lokaliteten ved Kvitaberget.

3.2.3 Leikanger: Andhovden

Denne lokaliteten er ikke tidligere undersøkt av NGU og ligger i nærheten av Leikanger ved koordinater UTM32 386074, 6784739. Undersøkelsen av ortofotoet i Figur 92 viser ikke tegn til strukturer assosiert med ustabilitet i denne målestokken. En kort befarings ble gjort av to av forfatterne (Henderson og Henriksen) basert på observasjoner fra veien. Det var tegn på hyppige steinsprang, men kildeområdet ble ikke observert. Området bør rekognoseres i løpet av feltsesongen i 2008.



Figur 92: Oversiktskart som viser lokaliteten ved Andhovden i Leikanger.

3.3 Videreføring av GPS-målinger

To års måleserier er gjort i Flåm. Dette området er studert lengst med GPS i hele Sogn og Fjordane. Stopelen i Høyanger og Oppigardshyrna i Oppstrynsvannet har kun et års måleserie. De andre stedene (Tussen, Gråberget, Viddalen, Strandanipa og Lifjellet) er først målt inn i 2007 og de første måleseriene forventes i løpet av sommeren 2008. Prosesseringen av data skal finne sted i løpet av høsten-vinteren 2008. Av de tre stedene med måleserier er det kun Flåm som viser betydelige og entydige tegn til bevegelse. Målinger på alle av disse stedene må forsette i årene fremover og i minst 5 måleserier for å danne et utvetydig bilde av bevegelsesmønstret.

3.4 InSAR-undersøkelser

Som allerede diskutert i avsnitt 1.3.3, skal InSAR analyse tas i bruk i løpet av våren 2008. NGU er i ferd med å avslutte prosesseringen av alle nødvendige data og det bør finnes ferdig prosessert data ved utgangen av våren 2008. Dataene må deretter tolkes slik at det blir opprettet flere målområder før feltsesongen begynner i 2008. Vi regner med at InSAR-dataene bekrefter noen av de lokalitetene som vi alt har undersøkt. Vi forventer også at noen av de lokalitetene kan avkrefte som ustabile på grunn av InSAR dataene. InSAR-analysene kan også føre til at nye lokaliteter som ikke var kjente fra før. Vi regner med at når InSAR-dataene er tatt i bruk, så vil dette bety et kvantesprang for forståelsen av fordeling og gjenkjenning av skredlokaliteter i Sogn og Fjordane.

3.5 Laser-skanning

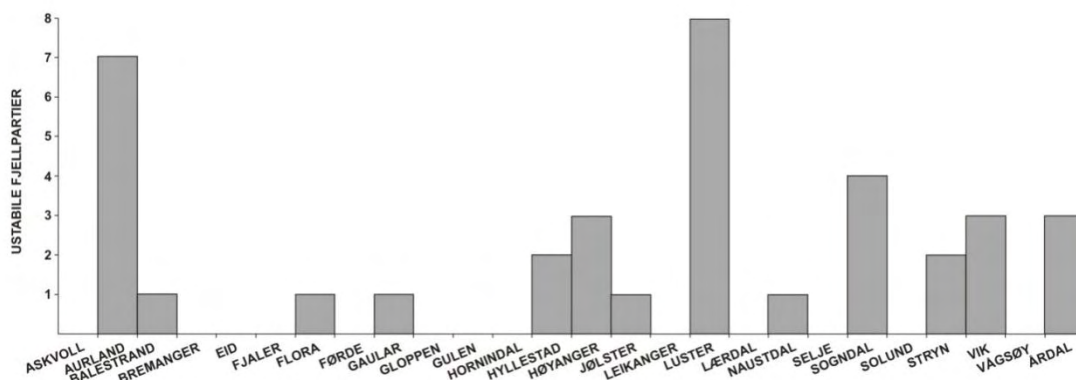
Laser Skanning eller LIDAR bør tas i bruk på de lokaliteter som er utpekt som høyprioritet. Det vil si at Flåm, Viddalen, Stopelen, Lifjellet, Tussen, Gråberget og

Strandanipa bør skannes med laser i 2008. Dette vil kunne danne et nøyaktig 3D bilde av de ustabile områdene. Videre skanning i løpet av feltsesongen 2009 burde lage et bilde av de områdene som beveger seg og hvordan bevegelsesmønstret er.

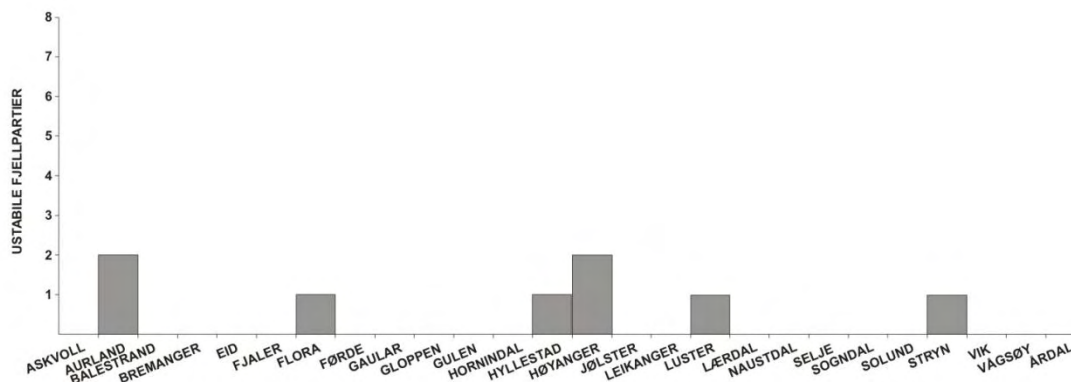
Andre områder hvor det bør brukes laserskanning er Vik, hvor det er påvist glideplanstrukturer men ingen tegn til nylig bevegelse og hvor det er dårlige muligheter for å sette ut GPS-målingsutstyr. Et annet sted som burde vurderes for LIDAR er Terakamben, hvor det er påvist en delvis utløst velteblokk med betydelig volum, og som heller ikke er egnet for utsetting av GPS-punkter.

4 KONKLUSJONER

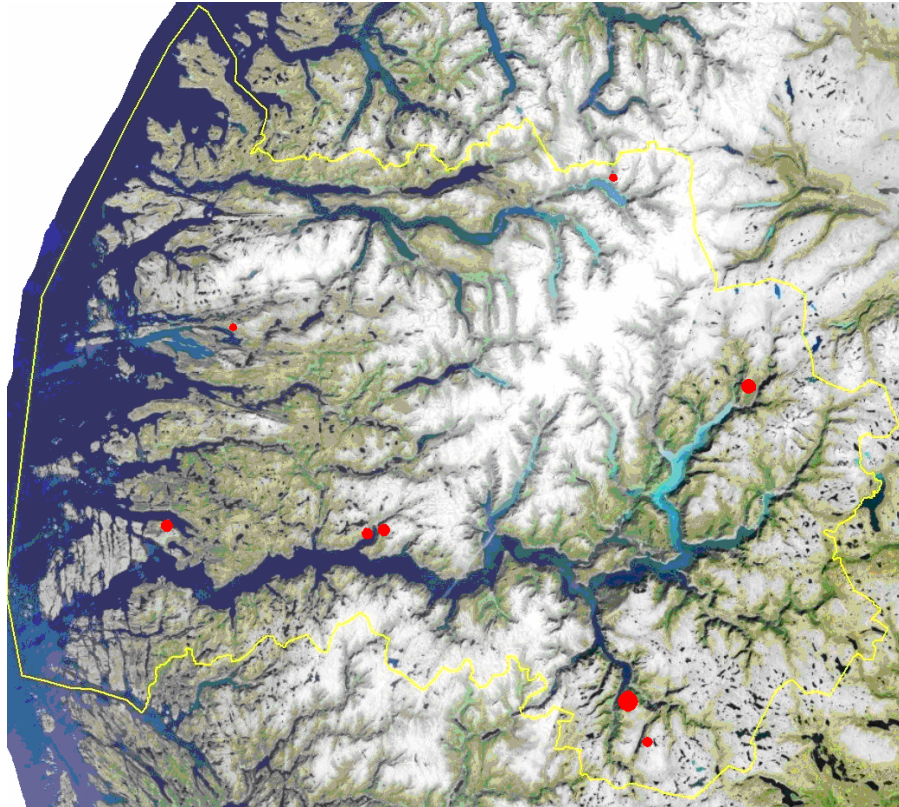
Fra utgangspunktet i starten av prosjektet i 2007 har fylkesgeologen og NGU identifisert 37 potensielle ustabile fjellpartier. Frekvensen av disse lokaliteter med hensyn til kommunene er vist i Figur 93. De fleste av disse lokalitetene er befart i løpet av den første feltsesongen i 2007, og en prioritering er blitt gjennomført av de lokalitetene som viser klare tegn på ustabilitet og som fremdeles er interessante for videre undersøkelser. Disse lokalitetene er vist i Figur 94. Det er tydelig at mange av de lokalitetene som var ansett som viktige før feltarbeidet har falt ut når det første rekognoseringsarbeidet har blitt gjennomført. En full vurdering av de forskjellige lokalitetene og aktivitetsplan for videreføring av arbeidet er vist i Vedlegg 1.



Figur 93: Antall mulige ustabile fjellpartier identifisert fra flere kilder før påbegynnelsen av feltarbeidet i 2007.



Figur 94: Antall mulige gjenværende ustabile fjellpartier identifisert etter feltarbeidet i 2007.



Figur 95: Oversikts-satellittbilde over Sogn og Fjordane fylke som viser kun de lokaliteter som har utplasserte GPS punkter.

LOKALITET		STATUS AKTIVITETER								
ID	NAVN	FLYFOTO	REKOG-NOSERING	STRUKTUR KARTLEGGING	VIDERE FELT ARBEID	GEO FYSIKK	ÅRLIG GPS SIDEN	INSAR PRIORITET	LIDAR PRIORITET	FLYBÅREN LIDAR
1	Aurland/Flåm			2008			2008	1	1	1
2	Vidme			2008				2	?	2
3	Viddalen					?	2007	1	2	2
6	Tirskardskreda									
7	Oppigardshyrna				?		2008	2		
8	Strandanipa				?		2007	2		
9-10	Vik							2	2	
11	Gjøringbøfjellet							3	3	
12	Hallandsberget							3		
13	Stopelen				?		2005	1		
14	Rustøyane							3		
15	Terakamben			2008?	?			2	2	2
5-16	Tussen						2007 ¹	1	3	
17-23	Hjellane							3		
21a	Lifjellet Ø.					batymetri ?	2007	1	2	
21b	Lifjellet V.					batymetri ?	2007	1	2	
21c	Katlanovi									
22	Gråberget						2007	2	3	
24	Steggjåberget			2008				2	3	
25	Byttejuvet							3		
26	Kleppura							3		
27-29	Nærøydalen									
30	Utladalen									
31	Finnefjorden									
32	Jølstravatnet									
33	Hatlestad									
34	Stølen									
35	Almenipa			?	?			2		
36a	Lånefjorden			2008				3		
36b	Lånefjorden			2008				3		
36c	Lånefjorden			2008				3		
37	Berrfettene									

Figur 96: Aktivitetsstatus for de lokalitetene studerte i 2007. De grønne feltene viser der arbeid ble startet i 2007. De røde feltene viser der mer arbeid bør gjøres. InSAR og LIDAR prioriteringene vises til høyre.

Figur 95 viser de høyeste prioriterte lokalitetene hvor det er nå satt ut GPS-punkter. Disse lokalitetene er Flåm, Viddalen, Tussen, Gråberget, Stopelen, Lifjellet (Øst og Vest), Strandanipa og Oppigardshyrna. Lokalitet 15 (Terakamben), hvor det ikke var mulig å sette ut GPS punkter, men hvor det fremdeles er interessant å fortsette med undersøkelser med LIDAR og InSAR bør også vurderes. Andre områder som ikke var befart, bortsett fra observasjoner fra luften, bør også undersøkes. Disse områdene er Lånefjorden, Almenipa, Vidme og Steggjåberget (hvor en befaring av boltene i tunnelen må gjøres). En forenklet potensiell aktivitetsplan for 2008 er vist i Figur 96. En utvidet tabell ligger i Vedlegg 1.

Søkelyset må konsentreres på Flåm. Dette området er et av de største ustabile fjellområdene i Norge og viser entydige tegn til bevegelse. En mer omfattende og integrert studie bør settes i gang her.

5 REFERANSER

Andersen, R.S. & Vernang, T.M. 2001. Skred i Fjærland. *Kandidat Oppgave, Ressurs og Miljøgeologi*. Høgskulen i Sogn og Fjordane. 67s.

Blikra, L.H., Dehls, J.F., and Olesen, O. 2000. Gravitational-slope features from Odda in Hardanger to Aurland in Sogn, western Norway. 2000.01, Norges Geologiske Undersøkelse.

Blikra, L.H., Braathen, A., Anda, E., Stalsberg, K., and Longva, O. 2002. Rock avalanches, gravitational bedrock fractures and neotectonic faults onshore northern west Norway: Examples, regional distribution and triggering mechanisms. 2002.016, Norges geologiske undersøkelse.

Blikra, L.H., Longva, O., Braathen, A., Anda, E., Dehls, J.F., and Stalsberg, K. 2006. Rock slope failures in Norwegian fjord areas; examples, spatial distribution and temporal pattern, NATO Science Series. Series IV, Earth and Environmental Sciences, 49: 475-496.

Braathen, A., Blikra, L.H., Berg, S.S., and Karlsen, F. 2004. Rock-slope failures in Norway; type, geometry, deformation mechanisms and stability, Norsk Geologisk Tidsskrift, 84: 67-88.

Domaas, D., Blikra, L.H., Rosenvold, B.S., Læg Reid, O., Gunleiksrud, O. And Grimstad, E. 2000. Studie av fjellskred og dalsidestabilitet i fyllittområder. Årsrapport 2000. Rapport 20001132-1, Norges Geotekniske Institutt.

Eiken, T. 2007: Rapport om deformasjonsmålinger i potensielle fjellskred Sogn og Fjordane 2005-07. *Rapport Institutt for Geofag, UiO*, 22s.

Harbitz, C.B. & Domaas, U. 1999. Vurdering av skredfare og bølgehøyder i Åfjorden. *NGI Rapport, 981014-1*. 21s.

Henderson, I.H.C., Saintot, A. & Derron, M.H. 2006: Structural mapping of potential rockslide sites in the Storfjorden area, western Norway: the influence of bedrock geology on hazard analysis. NGU Rapport, 2006.052. 86s.

Henderson, I.H.C. & Saintot, A. 2007a: Fjellskredundersøkelser i Møre og Romsdal. NGU Rapport, 2007.043. 74s.

Henderson I.H.C., Saintot, A., Venvik-Ganerød, G & Blikra, L.H. 2007b: Fjellskredkartlegging i Troms. NGU Rapport, 2007.041. 107s.

Henderson, I.H.C. & Blikra, L.H. 2008: Ustabile fjellparti i fyllittområdene i Flåm – Aurland. *NGU Rapport 2008.033*, 16s.

Henderson, I.H.C., Osmundsen, P.T., Redfield, T. & Blikra, L.H. 2008: ROS Fjellskred i Troms: Statusrapport 2007. NGU Rapport, 2008.025. 13s.

Henriksen, H. 2005: Fjellskredprosjektet Sogn og Fjordane. Geologiske undersøkelser på Stopelen, Høyanger. Rapport Høyanger kommune/Sogn og Fjordane Fylkeskommune, 14 s. + vedlegg.

Jørstad, F. 1957. Steinsskredfare i Årdal, Sogn og Fjordane. NGI Rapport S.56.S.141. 1s.

Moxnes, A.B. 2002. Fjellskred i Sogn og Fjordane: Registrering og kartlegging. Unpublished master's thesis. Høgskolen i Sogn og Fjordane.

Lied, K. 1975. Vurdering av steinsskredfare for byggetomter på Rustøyen, Stryn"; *NGI Rapport 75422-1*.

Lied, K. 1984. Vurdering av fare for flodbølge ved skred i Kleppura *NGI Rapport 83483-1*. 26s.

Lied, K. 1987. Vurdering av skredfare ved Kleppura. *NGI Rapport, 86495-1*. 14s.

Lied, K. 1989. Kyrkjedøri, Terakamben; Aurland kommune, Sogn og Fjordane; Vurdering av faren for fjellskred"; *NGI Rapport 85465-1*.

Olesen, O., Blikra, L.H., Braathen, A., Dehls, J.F., Olsen, L., Rise, L., Roberts, D., Riis, F., Faleide, J.I., and Anda, E. 2004. Neotectonic deformation in Norway and its implications: A review, *Norwegian Journal of Geology*, 84: 3-34.

Olesen, O., Dehls, J.F., Bungum, H., Riis, F., Hicks, E., Lindholm, C., Blikra, L.H., Fjeldskaar, W., Olsen, L., Longva, O., Faleide, J.I., Bockmann, L., Rise, L., Roberts, D., Braathen, A., and Brekke, H. 2000. Neotectonics in Norway, final report. 2000.002, Norges geologiske undersøkelse.

Selmer-Olsen, R. 1972. Steggjaberget riksveg 53, Årdal. *Oppdragsrapport 46-S30*, Veglaboratoriet 15s.

Jøsang, O. 1970. Registrering av mulige bevegelser langs sprekker i fjellet på forskjellige steder i Steggjatunnelen ved Årdalsvatnet. Vegvesenet Rapport.

Vedlegg 1: Mulige skredlokaliteter: målområder for feltarbeid. X= Arbeidet utført, strekkene = ikke utført.

LOKALITET				STATUS AKTIVITETER										ANDRE INFORMASJON				
ID	NAVN	UTM ØST	UTM NORD	FLYFOTO	REKOG-NOSERING	STRUKTUR KARTLEGGING	VIDERE FELT ARBEID	GEO FYSIKK	ÅRLIG GPS SIDEN	MÅLE BOLTER (ÅR)	INSAR PRIORITET	LIDAR PRIORITET	FLYBÅREN LIDAR	ANTATT VOLUM (Mm ³)	TYPE	NEDSLAGS FELT	FØLGER EVT. RISIKO	
1	Aurland/Flåm	399401	6747901	x	x	x	x	x	2006	?	1	1	1	70-100	UTGLIDNING	terreng/vann	by, vei, elv, fjord	
2	Vidne	397090	6742664	-	x	2008	x	-	-	-	2	?	2	?	HYBRID	?	?	
3	Viddalen	405514	6743022	-	x	x	x	?	2007	15 (2005)	1	2	2	0,5-1,0	HYBRID	vann	reservoar nedenfor	
6	Tirskardskreda	329763	6789040	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	Oppigardshyrna	397949	6869536	x	x	x	?	-	2006	2 (1951)	2	-	-	4,5-9,0	UTGLIDNING	vann	fjord	
8	Strandanipa	309511	6836212	x	x	x	?	-	2007	2 (????)	2	-	-	< 0,05	VELTE	vann?	gård nedenfor	
9-10	Vik	370514	6774723	x	x	x	-	-	-	-	2	2	-	-	UTGLIDNING	terreng	by	
11	Gjøringbøfjellet	312547	6820912	x	x	x	-	-	-	-	3	3	-	< 0,03	VELTE	vann	tsunami	
12	Hallandsberget	382731	6785993	x	x	x	-	-	-	10 (1970)	3	-	-	-	UTGLIDNING	-	-	
13	Stopelen	341579	6789315	x	x	x	?	-	2005	27 (1935)	1	-	-	12,5	UTGLIDNING	vann	fjord	
14	Rustøyane	383391	6843354	x	x	x	-	-	-	?	(1973)	3	-	0,09	UTGLIDNING	-	-	
15	Terakamben	406601	6749620	-	x	2008?	?	-	-	?	(1972)	2	2	2	0,25	VELTE	-	-
5-16	Tussen	429287	6822200	x	x	x	x	-	2007 ¹	-	1	3	-	3,0 (150)	UTGLIDNING	terreng	vei/elv/hoen hus	
17-23	Hjellane	415934	6812169	x	x	x	-	-	-	-	3	-	-	?	HYBRID	-	-	
21a	Lifjellet Ø.	295071	6790290	x	x	x	x	batymetri	2007	2 (1999)	1	2	-	< 0,09	VELTE	vann	tsunami	
21b	Lifjellet V.	294232	6790807	x	x	x	x	batymetri	2007	1	1	2	-	< 0,25	VELTE	vann	tsunami	
21c	Katlanovi	299673	6789681	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22	Gråberget	343768	6790339	x	x	x	x	-	2007	4 (1955)	2	3	-	< 0,05	VELTE	terreng/vann	by/vei/elv/fjord	
24	Steggjåberget	433412	6792621	x	x	2008	x	-	-	6 (1968)	2	3	-	-	STEINSPRANG	vei/vann	vei, tsunami	
25	Byttejuvet	431642	6795996	x	x	-	-	-	-	2 (1937)	3	-	-	-	VELTE	vei/vann	vei/by/tsunami	
26	Kleppura	430926	6787851	x	x	-	-	-	-	-	3	-	-	-	STEINSPRANG	vei/vann	vei, tsunami	
27-29	Nærøydalen	380522	6749552	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	STEINSPRANG	vei	vei	
30	Uttadalen	432274	6821510	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
31	Finnefjorden	354430	6772758	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
32	Jølstravatnet	309502	6836197	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	STEINSPRANG	vei	vei	
33	Hatlestad	377642	6806850	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	?	UTGLIDNING	fjord	tsunami	
34	Stølen	379652	6812397	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	?	UTGLIDNING	fjord	tsunami	
35	Almenipa	380056	6819692	x	x	?	?	-	-	-	2	-	-	?	UTGLIDNING	fjord	tsunami	
36a	Lånefjorden	348320	6784458	x	x	2008	x	-	-	-	3	-	-	?	UTGLIDNING	fjord	tsunami	
36b	Lånefjorden	348320	6784458	x	x	2008	x	-	-	-	3	-	-	?	UTGLIDNING	fjord	tsunami	
36c	Lånefjorden	348320	6784458	x	x	2008	x	-	-	-	3	-	-	?	UTGLIDNING	fjord	tsunami	
37	Berrøttene	375866	6794205	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Vedlegg 2: GPS data fra 2005 til 2007 for Flåm i Aurland. Alle målinger er i meter og koordinater i UTM Sone 32.

PUNKT	År	N	E	H	σ_N	σ_E	σ_H	dN	dE	Avst.	Retn.	dH
AU-1_FP	2007	6746120.071	400810.160	1430.775								
AU-20_FP	2007	6748724.838	397342.010	112.695								
AU-23_FP	2007	6753117.920	400831.245	69.876								
AU-2	AU-05	6746302.890	400635.204	1395.285	0.001	0.001	0.002					
AU-2	AU-06	6746302.890	400635.205	1395.281	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	122.84	-0.004
AU-2	AU-07	6746302.890	400635.202	1395.283	0.001	0.001	0.002	-0.001	-0.002	0.002	274.63	-0.002
AU-3	AU-05	6746854.943	400502.458	1336.851	0.001	0.001	0.002					
AU-3	AU-06	6746854.943	400502.458	1336.847	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	100.00	-0.004
AU-3	AU-07	6746854.944	400502.455	1336.846	0.002	0.001	0.003	0.001	-0.002	0.003	329.52	-0.005
AU-4	AU-05	6746671.388	400327.808	1402.179	0.001	0.001	0.002					
AU-4	AU-06	6746671.388	400327.807	1402.173	0.001	0.001	0.002	0.000	-0.001	0.001	283.05	-0.005
AU-4	AU-07	6746671.392	400327.804	1402.179	0.002	0.001	0.003	0.004	-0.004	0.006	344.37	0.000
AU-5	AU-05	6747245.891	400014.137	1359.293	0.002	0.001	0.003					
AU-5	AU-06	6747245.891	400014.135	1359.288	0.001	0.001	0.002	0.001	-0.002	0.002	321.43	-0.006
AU-5	AU-07	6747245.890	400014.129	1359.287	0.001	0.001	0.002	0.000	-0.008	0.008	297.55	-0.006
AU-6	AU-05	6747430.422	400035.470	1298.826	0.002	0.001	0.003					
AU-6	AU-06	6747430.423	400035.467	1298.822	0.001	0.001	0.002	0.001	-0.003	0.003	315.00	-0.004
AU-6	AU-07	6747430.425	400035.464	1298.828	0.001	0.001	0.002	0.003	-0.006	0.007	325.65	0.002
AU-7	AU-05	6747642.217	399417.638	1079.215	0.002	0.001	0.003					
AU-7	AU-06	6747642.217	399417.636	1079.223	0.001	0.001	0.002	0.000	-0.002	0.002	300.00	0.008
AU-7	AU-07	6747642.222	399417.629	1079.223	0.002	0.001	0.003	0.005	-0.009	0.010	329.79	0.008
AU-8	AU-05	6747983.511	399353.216	986.141	0.002	0.001	0.003					
AU-8	AU-06	6747983.512	399353.214	986.156	0.001	0.001	0.002	0.001	-0.002	0.002	328.16	0.015
AU-8	AU-07	6747983.518	399353.206	986.150	0.002	0.001	0.003	0.007	-0.010	0.012	338.88	0.009
AU-9	AU-05	6748316.313	399728.820	948.507	0.002	0.001	0.003					

PUNKT	År	N	E	H	σ_N	σ_E	σ_H	dN	dE	Avst.	Retn.	dH
AU-9	AU-06	6748316.312	399728.822	948.509	0.001	0.001	0.003	-0.001	0.002	0.002	128.16	0.002
AU-9	AU-07	6748316.320	399728.812	948.514	0.002	0.001	0.003	0.007	-0.008	0.010	343.44	0.006
AU-10	AU-05	6748491.269	399738.189	885.830	0.002	0.001	0.003					
AU-10	AU-06	6748491.271	399738.187	885.834	0.001	0.001	0.003	0.002	-0.002	0.003	351.72	0.004
AU-10	AU-07	6748491.279	399738.176	885.834	0.002	0.001	0.003	0.010	-0.013	0.016	341.91	0.003
AU-11	AU-05	6748861.222	399946.491	870.507	0.004	0.004	0.008					
AU-11	AU-06	6748861.223	399946.499	870.504	0.003	0.003	0.005	0.000	0.009	0.009	97.11	-0.003
AU-11	AU-07	6748861.221	399946.484	870.511	0.004	0.003	0.007	-0.002	-0.007	0.007	285.49	0.005
AU-12	AU-05	6748917.255	399966.050	863.241	0.003	0.003	0.006					
AU-12	AU-06	6748917.274	399966.036	863.246	0.004	0.004	0.009	0.019	-0.014	0.024	359.79	0.004
AU-12	AU-07	6748917.273	399966.017	863.261	0.003	0.002	0.006	0.019	-0.033	0.038	332.76	0.020
AU-13	AU-05	6748787.920	400171.019	936.538	0.002	0.001	0.003					
AU-13	AU-06	6748787.921	400171.019	936.538	0.001	0.001	0.003	0.002	0.000	0.002	386.08	0.000
AU-13	AU-07	6748787.923	400171.007	936.551	0.002	0.001	0.003	0.003	-0.012	0.012	317.08	0.013
AU-14	AU-05	6749194.460	400596.517	907.358	0.002	0.001	0.004					
AU-14	AU-06	6749194.471	400596.511	907.346	0.001	0.001	0.003	0.011	-0.006	0.012	366.04	-0.012
AU-14	AU-07	6749194.478	400596.495	907.352	0.002	0.001	0.004	0.018	-0.022	0.028	343.80	-0.006
AU-15	AU-06	6747908.428	399194.558	964.698	0.001	0.001	0.003					
AU-15	AU-07	6747908.437	399194.550	964.693	0.002	0.001	0.004	0.009	-0.008	0.012	354.49	-0.005
AU-16	AU-06	6748001.825	399154.002	928.213	0.001	0.001	0.003					
AU-16	AU-07	6748001.834	399153.994	928.203	0.002	0.001	0.005	0.009	-0.009	0.013	351.76	-0.011
AU-18	AU-05	6750457.911	399281.200	58.253	0.002	0.002	0.005					
AU-18	AU-06	6750457.913	399281.202	58.273	0.002	0.001	0.003	0.002	0.002	0.003	44.23	0.019
AU-18	AU-07	6750457.915	399281.195	58.242	0.002	0.001	0.004	0.004	-0.005	0.006	341.37	-0.011
AU-19	AU-05	6749100.085	398572.871	82.103	0.003	0.002	0.007					
AU-19	AU-06	6749100.092	398572.866	82.131	0.002	0.001	0.003	0.007	-0.005	0.008	359.51	0.027
AU-19	AU-07	6749100.111	398572.853	82.107	0.002	0.001	0.004	0.025	-0.018	0.031	360.39	0.004

PUNKT	År	N	E	H	σ_N	σ_E	σ_H	dN	dE	Avst.	Retn.	dH
AU-21	AU-05	6748789.763	400464.093	959.693	0.002	0.001	0.003					
AU-21	AU-06	6748789.765	400464.093	959.698	0.001	0.001	0.002	0.002	0.000	0.002	386.79	0.004
AU-21	AU-07	6748789.764	400464.083	959.710	0.002	0.001	0.003	0.001	-0.010	0.010	308.68	0.017
AU-22	AU-05	6746140.253	400254.687	1469.005	0.001	0.001	0.002					
AU-22	AU-06	6746140.253	400254.689	1469.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.002	0.002	92.96	-0.005
AU-22	AU-07	6746140.252	400254.684	1469.003	0.001	0.001	0.002	-0.001	-0.003	0.004	280.61	-0.002

Vedlegg 3: GPS målinger 2006-2007 for Oppigardshyrna. Alle målinger er i meter og koordinater i UTM Sone 32.

PUNKT	ÅR	N	E	H	σ N	σ E	σ H	dN	dE	Avstand	Retning	dH
OH1_FP	2006	6869816.043	398879.184	1452.176								
OH1_FP	2007	6869816.043	398879.184	1452.176								
OH-2	2006	6869560.317	398085.823	1039.146	0.0002	0.0001	0.0004					
OH-2	2007	6869560.315	398085.827	1039.139	0.0009	0.0006	0.0018	-0.002	0.004	0.005	122.68	-0.007
OH-3	2006	6869505.951	398057.366	1011.937	0.0002	0.0001	0.0004					
OH-3	2007	6869505.946	398057.367	1011.930	0.0009	0.0005	0.0015	-0.005	0.001	0.005	182.62	-0.008
OH-4	2006	6869542.181	398029.448	1021.025	0.0002	0.0001	0.0004					
OH-4	2007	6869542.178	398029.450	1021.017	0.0008	0.0005	0.0014	-0.003	0.002	0.003	163.08	-0.008

Vedlegg 4: GPS målinger 2005-2007 for Stopelen. Alle målinger er i meter og koordinater i UTM Sone 32.

PUNKT	ÅR	N	E	H	σ_N	σ_E	σ_H	dN	dE	Avst.	Retn.	dH
HO-1_FP	2005	6789840.161	341036.941	819.850								
HO-2	2005	6789407.814	341506.396	643.986	0.001	0.000	0.002					
HO-2	2007	6789407.814	341506.394	643.988	0.001	0.001	0.002	-0.001	-0.002	0.002	279.52	0.002
HO-3	2005	6789463.321	341582.874	630.393	0.001	0.000	0.002					
HO-3	2007	6789463.320	341582.877	630.410	0.001	0.001	0.002	-0.001	0.003	0.003	125.28	0.017
HO-4	2005	6789317.474	341591.497	610.950	0.001	0.001	0.001					
HO-4	2007	6789317.472	341591.495	610.959	0.001	0.001	0.002	-0.002	-0.002	0.003	245.11	0.009
HO-5	2005	6789149.514	341355.049	606.201	0.001	0.001	0.002					
HO-5	2007	6789149.509	341355.051	606.218	0.001	0.001	0.002	-0.006	0.002	0.006	174.63	0.017
HO-6	2005	6788966.407	341389.238	600.550	0.001	0.001	0.002					
HO-6	2007	6788966.404	341389.236	600.560	0.001	0.001	0.002	-0.003	-0.003	0.004	247.73	0.010
HO-7	2005	6789119.754	341635.593	501.035	0.002	0.001	0.004					
HO-7	2007	6789119.760	341635.595	501.054	0.002	0.002	0.003	0.006	0.002	0.006	17.42	0.019

Vedlegg 5: GPS punkter fra de lokalitetene satt ut i 2007. ST = Strandanipa, TU = Tussen, VID = Viddalen, HY1 = Lifjellet Øst, HY2 = Lifjellet Vest og GB = Gråberget. Alle målinger er i meter og koordinater i UTM Sone 32.

PUNKT	ÅR	N	E	H	σ_N	σ_E	σ_H
ST-FP	2007	6836273.8000	309542.9750	719.5210			
ST-1	2007	6836168.0906	309486.6487	707.6257	0.0002	0.0002	0.0004
ST-2	2007	6836179.7416	309469.9052	705.1839	0.0002	0.0002	0.0004
TU-FP	2007	6822301.2480	429225.2960	1216.7640			
TU-1	2007	6822219.7057	429472.8782	1223.1937	0.0002	0.0002	0.0005
TU-2	2007	6822066.7185	429422.9782	1199.9809	0.0002	0.0002	0.0005
TU-3	2007	6822174.0656	429391.8670	1211.5597	0.0002	0.0002	0.0005
VID-FP	2007	6743025.4880	405599.5580	1289.9330			
VID-1	2007	6742965.9807	405522.9921	1264.3921	0.0006	0.0004	0.0011
VID-2	2007	6742943.2368	405512.2838	1264.2349	0.0006	0.0004	0.0011
HY1_FP	2007	6790287.0174	295029.1021	506.1030			
HY2_FP	2007	6790678.0630	294117.7750	526.8480			
HY1-1	2007	6790290.4195	295068.9904	505.9616	0.0007	0.0003	0.0010
HY1-2	2007	6790292.9952	295094.6499	503.8095	0.0007	0.0003	0.0010
HY2-1	2007	6790833.9323	294213.2702	546.3372	0.0006	0.0003	0.0008
HY2-2	2007	6790829.5325	294187.1085	544.4012	0.0006	0.0003	0.0008
GB-FP	2007	6790310.1320	343922.4480	873.7920			
GB-1	2007	6790339.2160	343768.4041	814.0781	0.0005	0.0003	0.0009
GB-2	2007	6790370.8483	343776.3309	820.6508	0.0004	0.0003	0.0008
GB-3	2007	6790401.7612	343789.2385	816.3847	0.0004	0.0003	0.0009

Vedlegg 6: Kart som viser flyfotodekning over Sogn og Fjordane Fylke.

