
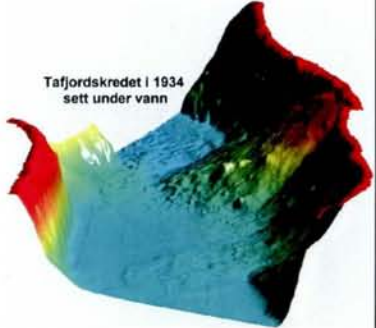


NGU Rapport 99.120

Fjellskredprosjektet i Møre og Romsdal:  
Status og planer

Rapport nr.: 99.120		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Fjellskredprosjektet i Møre og Romsdal: Status og planer			
Forfatter: Lars H. Blikra, Einar Anda og Oddvar Longva		Oppdragsgiver: NGU, Statens naturskadefond og Møre og Romsdal fylkeskommune	
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune:	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 21	Pris: 140,-
Feltarbeid utført: 1997-1999		Rapportdato: 09.12 1999	Prosjektnr.: 2689.00
		Ansvarlig: Bjørn Bergstrøm	
<p>Sammendrag:</p> <p>Enkelte områder i Møre og Romsdal ligger svært utsatt til for store fjellskred og tilhørende flodbølger. Disse områdene er trolig de mest skredfarlige områdene i Norge.</p> <p>I et samarbeidsprosjekt med Møre og Romsdal fylkeskommune og Statens naturskadefond, har NGU foretatt undersøkelser i Møre og Romsdal for å komme frem til metoder som kan estimere den reelle faren for fjellskred og flodbølger. Geologisk kartlegging og forståelse og dokumentasjon av hele skredhistorien etter siste istid er nødvendig for en evaluering av dette faremomentet.</p> <p>Fjordundersøkelser foretatt i 1999 med innsamling av detaljerte dybde data og seismikk viser at dette gir informasjon om lokalisering av fjellskred, volum, rekkevidde og alder. Dataene er velegnet for tredimensjonale presentasjoner og er viktige for å kunne simulere potensielle flodbølger. Foreløpige tolkninger viser at indre deler av Tafjorden fra Fjøra til Tafjord sentrum, har hatt en hyppighet på omlag et stort fjellskred hvert 1000 år. Siden konsekvensene av slike store skred er svært alvorlige, representerer dette en høy risiko.</p>			
			
		<p>Befaringer langs fjellsider kan gi en oversikt over utglidninger etter tidligere fjellskred. Detaljundersøkelser er nødvendig for en nærmere vurdering av stabilitetsforholdene. En geologisk detaljkartlegging er foretatt på et ustabil fjellplatå på Børa i Romsdalen. Et 2 km langt og 300 m bredt område er svært oppsprukket. Store fjellskred som har gått tidligere viser at skred fra platået har potensiale til å krysse dalen. Det er foreløpig konkludert med at det er lite sannsynlig at større deler av platået vil rase ut i en hendelse. Det er likevel klart at partier ytterst ut mot Romsdalen vil rase ut, og det må vurderes om disse er store nok til å kunne krysse dalbunnen. En renivellering av et trigonometrisk punkt på Børa har ikke påvist noen målbar bevegelse de siste 36 år.</p>	
<p>Prosjektet anbefales ført videre og arbeidet i Møre og Romsdal kan brukes som en modell også i andre fylker. Det bør også satses på modellering av flodbølger. Man må vurdere potensialet til stabilitetsanalyser, herunder effekten av store jordskjelv. Videre mener vi at Statens naturskadefond bør ta initiativ til en bred gjennomgang av ansvarsforholdene i forbindelse med forskning og kartlegging av skredfare.</p>			
Emneord: Skred	Fjellskred	Skredfare	
Risiko			
		Fagrapport	

## INNHold

<b>1. INNLEDNING .....</b>	<b>4</b>
<b>2. KARTLEGGING AV FJELLSKRED PÅ LAND (1996-1998) .....</b>	<b>6</b>
2.1 KARTLEGGING AV FJELLSKRED.....	6
2.2 DETALJERTE UNDERSØKELSER .....	7
2.3 HISTORISKE REGISTRERINGER .....	8
2.4 OPPSUMMERING.....	9
<b>3. FJORDUNDERSØKELSER (1999).....</b>	<b>9</b>
<b>4. UNDERSØKELSER AV LØSNEOMRÅDER OG USTABILE FJELLSIDER (1999).....</b>	<b>12</b>
<b>5. VIDERE PLANER .....</b>	<b>17</b>
5.1 MARKEDSFØRING OG BRUKERKONTAKT.....	17
5.2 RAPPORTERING OG PUBLISERING .....	17
5.3 VIDERE UNDERSØKELSER .....	18
5.3.1 Videre undersøkelser på land.....	18
5.3.2 Fjorder .....	18
5.3.3 Ustabile fjellsider .....	18
5.3.4 Flodbølger.....	18
5.3.5 Jordskjelv .....	19
<b>6. SAMARBEID, FINANSIERING OG ANSVARFORHOLD .....</b>	<b>19</b>
<b>7. KONKLUSJONER.....</b>	<b>20</b>
<b>8. REFERANSER .....</b>	<b>21</b>

## 1. INNLEDNING

Fjellskred har forårsaket flere store ulykker i historisk tid. Enkelte soner i Møre og Romsdal ligger svært utsatt til for store fjellskred og tilhørende flodbølger, og utgjør trolig noen av de mest skredfarlige områdene i Norge. I denne sammenhengen vil innspill om skredfare først og fremst rette seg mot bebygde områder og arealer for ny byggegrunn. Derfor er det også viktig å relatere historiske skredulykker til skred som har truffet bygninger med tilhørende nærområder, se Tabell 1.

Tabell 1. Antall tap av liv i skred mot bygninger m/nærområder for 1900-tallet.:

	Fjellskred	Andre skred	Sum
<b>Møre og Romsdal</b>	40 (62 %)	25 (38 %)	65
<b>Nordvestlandet</b> (Møre og Romsdal + Nordfjord)	174 (85 %)	30 (15 %)	204

Kilde: Furseth (1998)

Den ene fjellskredulykken i Møre og Romsdal (Taffjorden, 40 omkomne) krevde flere liv enn de mange ulykkene med «andre» skred på 1900-tallet (9 hendelser, 25 omkomne). Ser vi Nordvestlandet under ett dominerer fjellskred enda mer (85 % av alle omkomne). I århundrene før dette, hadde de «andre» skredtypene, særlig snøskred, vesentlig høyere tapstall (Furseth, 1998). Dette skyldes i første rekke et annet bosettingsmønster. Mange gårdsbruk som ble truffet av skred er fraflyttet. Det var også flere store snøskred på denne tiden, noe som skyldes et kaldere og snørikere klima («den lille istiden»). Vi tror derfor at tallene for 1900-tallet er mest representativt for framtidens risiko. For fjellskred har utviklingen i bosettingsmønsteret trolig hatt den motsatte effekten, ved at flere utsatte områder er bygd ut i løpet av 1900-tallet. De historiske dataene om skredulykker indikerer altså at fremtidige store fjellskred med tilhørende flodbølger representerer en større risiko enn de andre skredtypene til sammen. Statistisk kan en forvente flest ulykker av de «andre» skredene, men fjellskredulykkene vil få større totale tapstall.

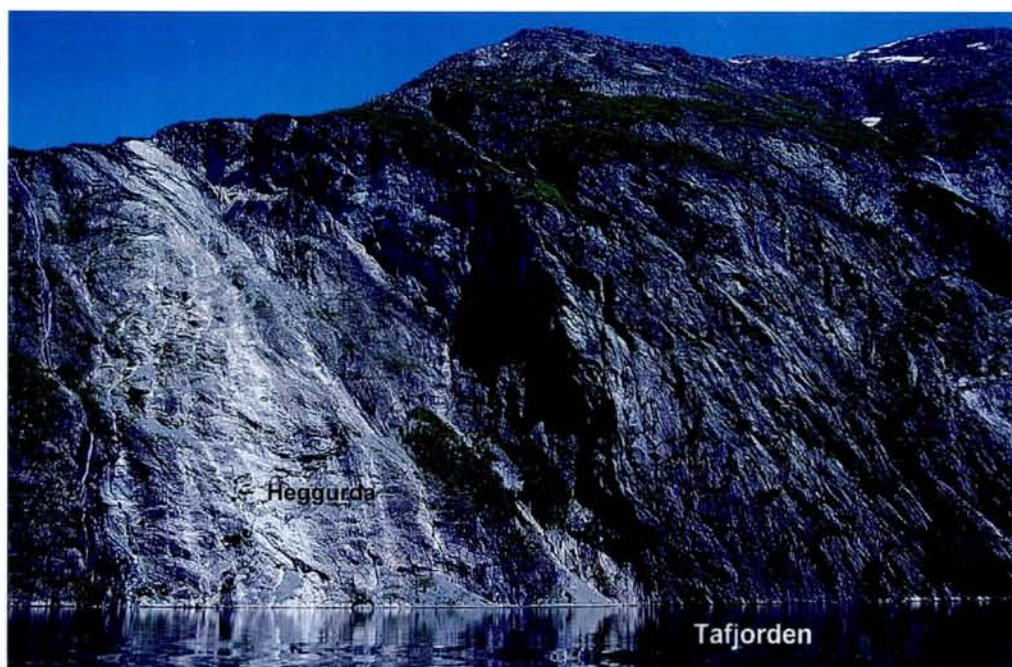


Fig. 1. Heggurda i Taffjord. Såret i fjellsida etter at Langhammaren raste ut i 1934 er ennå tydelig.

NGU har i samarbeid med fylkeskommunen i Møre og Romsdal og Statens naturskadefond foretatt undersøkelser i Møre og Romsdal for å komme frem til **metoder som bedre kan estimere den reelle faren for fjellskred**. Historiske hendelser tilsier at en i regionen fra indre Romsdal til indre Nordfjord har en frekvens av slike store skred på 2-3 pr. 100 år. I løpet av de siste 300 år har ca. 230 mennesker omkommet i dette området ved slike skred. Tafjordulykka i 1934 som krevde 40 menneskeliv (Furseth, 1985) er den siste store ulykka i Møre og Romsdal. Tre millioner m<sup>3</sup> raste ut i fjorden og genererte store flodbølger (Fig. 1).

Prosjektet er finansiert av NGU, Møre og Romsdal fylkeskommune og Statens naturskadefond. Statens vegkontor i Møre og Romsdal har finansiert og utført GPS posisjonsmålinger på Børa i Romsdalen. Hovedfagsstudent Silje Berg har foretatt kartlegging på Børa i Romsdalen. Sjøkarverket har på oppdrag fra NGU utført nye sjøbunnsmålinger i indre deler av Storfjorden og Fjellanger Widerøe AS har laget et nytt detaljkart på Børa i Romsdalen. I prosjektet har NGU også hatt samarbeid med Wojtek Nemeč og Atle Nesje ved Universitetet i Bergen. Astor Furseth (Norrdal kommune) har gjort en imponerende innsats for å samle inn data om fjellskred i fylket (Furseth 1998).

Det blir her gitt en kort oversikt over hva som er foretatt av undersøkelser i prosjektet tidligere og hva som er gjort i 1999. Videre gir rapporten en kort gjennomgang om hva som bør prioriteres og følges opp videre.

Rapporten er forsøkt gjort mest mulig lettfattelig og er ikke ment å erstatte mer detaljerte og faglige rapporter.

## 2. KARTLEGGING AV FJELLSKRED PÅ LAND (1996-1998)

NGU har sammen med fylkeskommunen i Møre og Romsdal foretatt skredgeologisk forskning i fylket siden 1990. Det ble satt spesielt fokus på store fjellskred fra 1996.

### 2.1 Kartlegging av fjellskred

I Møre og Romsdal er det gjort en omfattende kartlegging og registrering av eldre fjellskred (Nesje m.fl., 1994; Blikra & Anda, 1997; Aarseth m.fl., 1997; Anda & Blikra, 1998). Kartleggingen omfatter skred med volum over  $100\,000\text{ m}^3$ . Det viste seg at det var mange flere store fjellskred enn det en tidligere var klar over (Bugge, 1937). Disse er kartfestet og gitt et foreløpig volumanslag (Fig. 2). Disse dataene viser at fjellskredene opptrer i bestemte soner, og indikerer at en slik registrering kan brukes til å skissere regionale faresoner. Områder på land hvor det opptrer mange fjellskred er i Eikesdalen, Romsdalen, Innfjorden og Norangsdalen. Fjordområden fra Tafjord til Stranda og videre inn Sunnlyvsfjorden og Geirangerfjorden synes å være mest utsatt for store flodbølger.

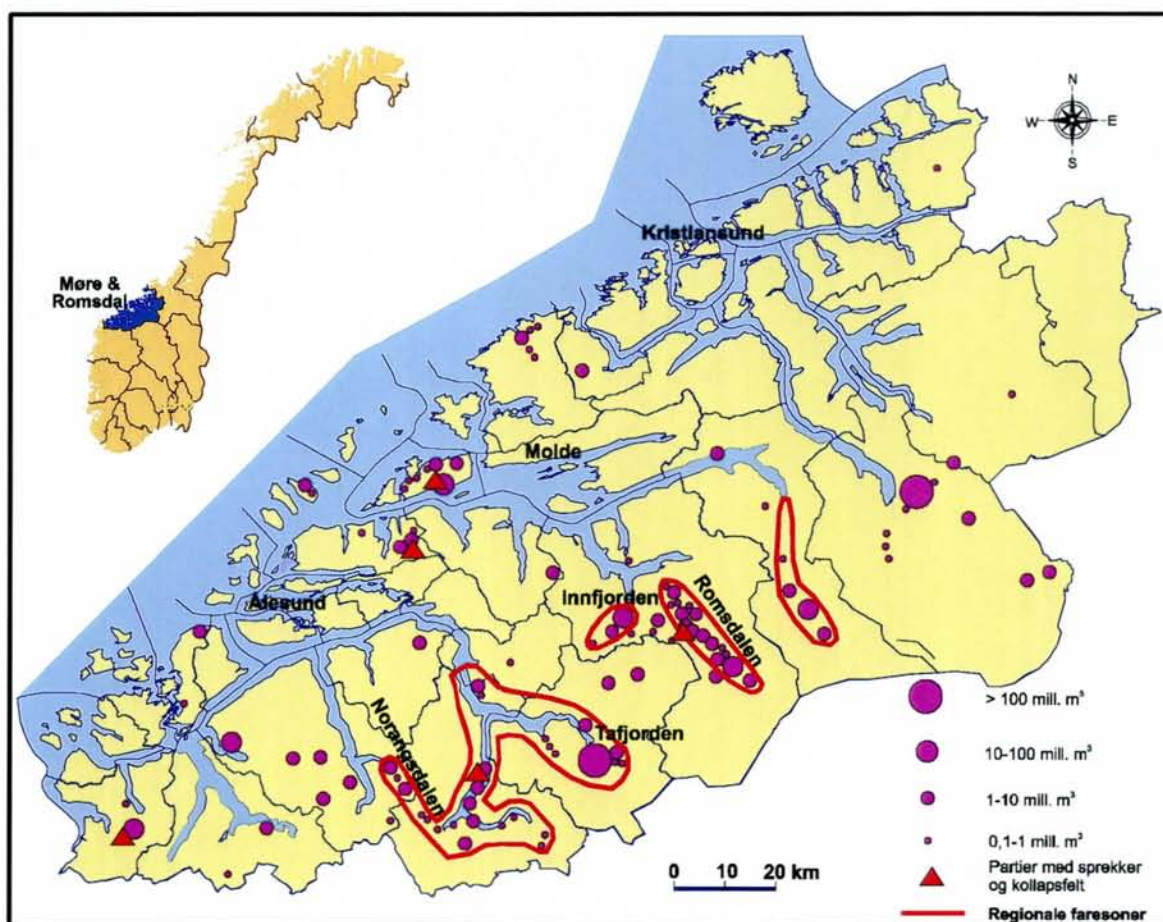


Fig. 2. Lokalisering og registreringskart som viser store fjellskred i Møre og Romsdal. Estimerte volum er angitt. Fjellskred som er kartlagt i indre Storfjord i 1999 er ikke med i denne oversikten. Regionale faresoner som foreløpig peker seg ut til å ha en høy risiko for fjellskred og flodbølger er lagt inn.

Fjellskred med tilhørende avsetninger kan se svært forskjellig ut i terrenget, alt fra klassiske blokkrike tunger (Fig. 3A) til store områder med hauger, rygger og blokker (Fig. 3B). Ofte er avsetningene dyrket og kan være vanskelig å kartlegge (Fig. 3B).

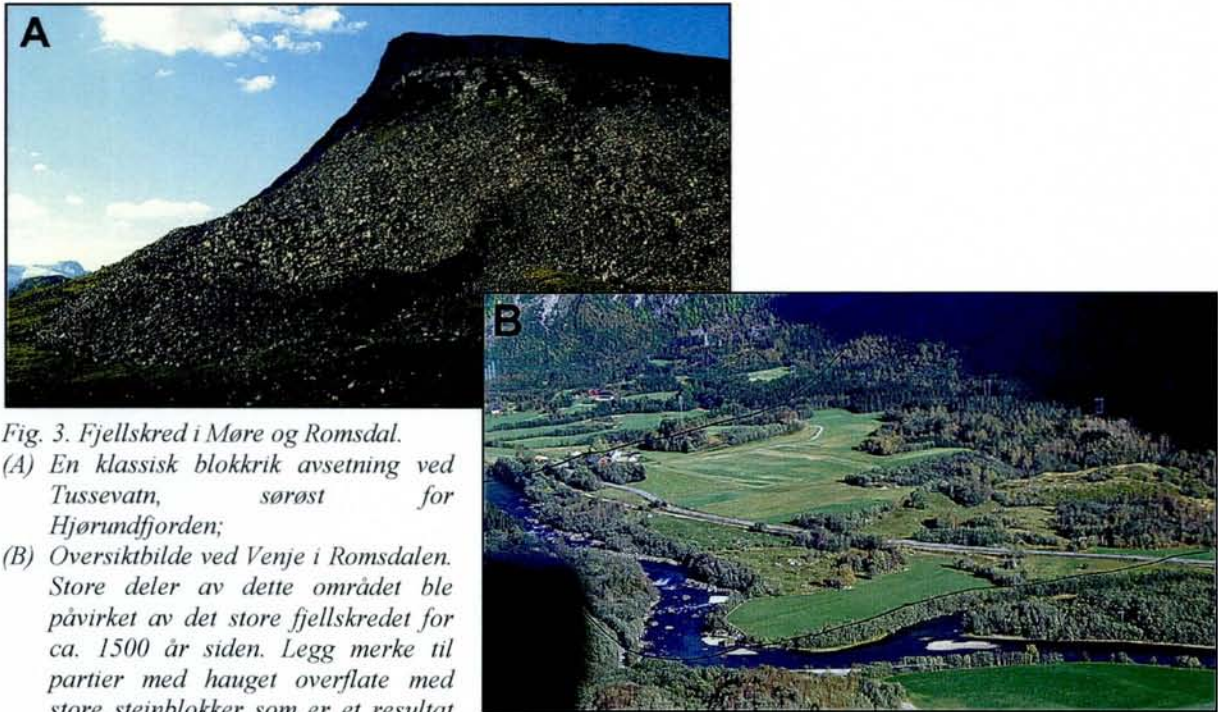


Fig. 3. Fjellskred i Møre og Romsdal.

- (A) En klassisk blokkrik avsetning ved Tussevatn, sørøst for Hjørundfjorden;
- (B) Oversiktbilde ved Venje i Romsdalen. Store deler av dette området ble påvirket av det store fjellskredet for ca. 1500 år siden. Legg merke til partier med hauget overflate med store steinblokker som er et resultat av et stort etterskred utløst av selve nedslaget av stor mengder fjell. Utbredelsen av skredet er vist med tynn strek.

## 2.2 Detaljerte undersøkelser

Det er gjort detaljundersøkelser av enkeltskred for å belyse alder, skreddynamikk og utløpsrekkevidder. En rekke gravinger og geofysiske undersøkelser er foretatt i denne forbindelsen (Mauring m.fl., 1997, 1998; Elvebakk & Blikra, 1999).

En generell konklusjon er at fjellskredene har uventet lange rekkevidder i forhold til volumet av skredene, også i forhold til publiserte modeller for skredrekkevidder (Scheidegger, 1973; Dade & Huppert, 1998). Grunnen til dette er at det blir satt i gang store løsmasseskred når fjellmassene treffer en dalbunn med mye løsmasser (Fig. 4). Slike etterskred går ofte tvers over dalene. Videre er det påvist at store fjellskred kan deformere løsmassene ned mot ganske store dyp (20 til 30 m). Mange av skredene er mye yngre enn det en tidligere har antatt. Det har vært en alminnelig oppfatning at de fleste store fjellskredene ble utløst rett etter siste istid på grunn av avlastningseffekten når de store isbreene forsvant. Dette synes å være tilfelle på kysten, men i indre strøk har det vært en vedvarende skredaktivitet opp mot vår tid. Mange av skredene som er datert viser seg å være fra siste halvdel av tida etter siste istid (yngre enn 5000 år).

For eksempel er et stort forhistorisk fjellskred ved Venje i Romsdalen, som strekker seg over hele dalbunnen (Fig. 3B), datert til å være omtrent 1500 år gammelt (Anda & Blikra, 1998). Detaljundersøkelsene har klart påvist at fjellskred opptrer opp mot vår tid i mange områder, noe som er et signal om at en må ta hensyn til denne faretypen.

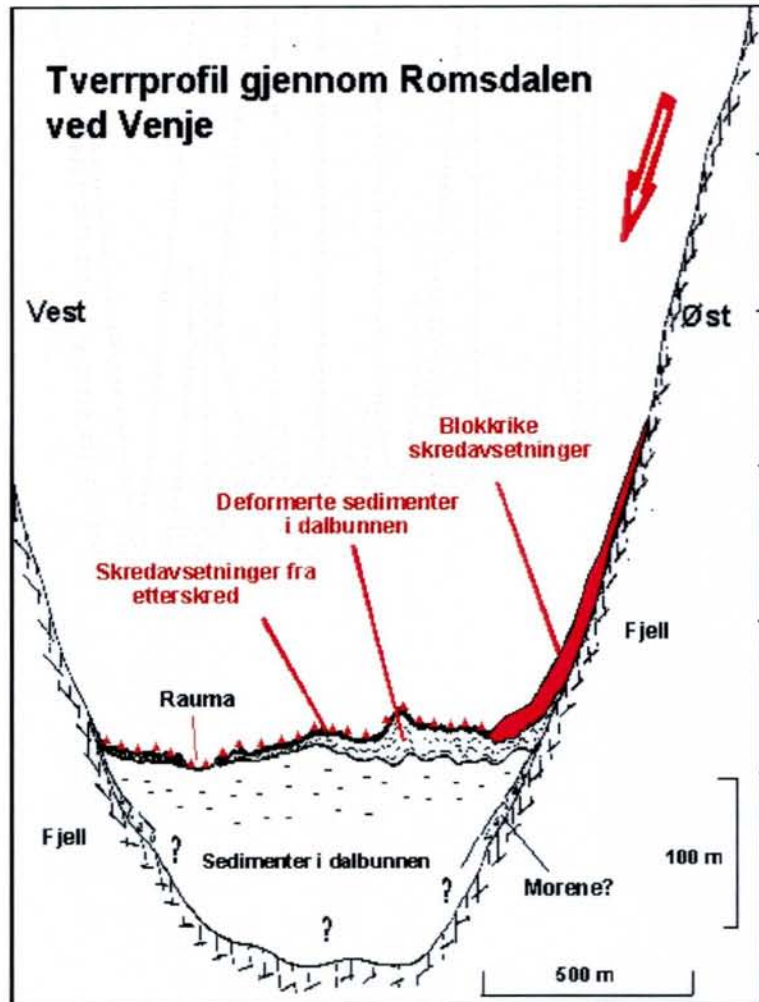


Fig. 4. Skjematisk tverrprofil i Romsdalen ved Venje. Den viser hvordan det 1500 år gamle fjellskredet har lagt igjen skredmasser og deformert og skubba opp løsmassene i dalen. Etterskredet som ble utløst gikk tvers over dalen.

### 2.3 Historiske registreringer

Astor Furseth har foretatt en innsamling av historiske skredhendelser i Norge (Furseth, 1998). Dette arbeidet er viktig for utarbeidelse av faresoner for fjellskred. For eksempel indikerer flere historiske fjellskred i fjordområdene inn mot Stranda, Tafjord og Geiranger at dette er soner som ligger utsatt til for fjellskred og flodbølger. Et utdrag fra en hendelse i denne databasen er gitt under.

**1731.** Stranda. Den 8. februar om kvelden. Ramnefjell vart endra til Skafjellet i 1731. Neset og garden Uren rett under fjellet, forsvann, **17 miste liv** av fjellskredet, mellom desse alle fem småborna på Uren. Flodbølgjene gjorde store materielle skader på Stranda, m.a. på kyrkja som etter dette måtte rivast, og på naust/båtar på strandgardane. Ei jekt vart kasta heilt opp i kyrkjegarden. Etter ei reiseskildring av franske Latocnaye i 1799, skal bølgjene ha vore 100 fot høge. Skredsåret er enno tydeleg, på ferje strekninga Gravaneset-Stranda. Ved ferjeleiet på Stranda er reist bautastein til minne om hendinga. (Iflg. Hans Strøm 29 år etterpå, sjå også A.Helland. Romsdal amt s. 192., Stranda sogelag, Latocnaye, o.a)



## 2.4 Oppsummering

Undersøkelsene og kartleggingen av fjellskred på land viser at følgende data er viktige:

- **Geologisk kartlegging av alle store fjellskred.** Dette viser de soner som er mest utsatte og optimaliserer oppfølgende studier i prioriterte områder.
- **Detaljstudier av et utvalg fjellskred.** Dette er viktig for å kunne si noe om dynamikk, rekkevidder og alder på enkeltskred og om slike skred opptrer opp mot vår tid i en region. Undersøkelsene vil kunne omfatte gravinger, dateringer og geofysiske målinger.
- **Historisk oversikt over kjente skred.** Slike data er viktig sammen med geologisk kartlegging av skred for å kunne vurdere risikosoner.

## 3. FJORDUNDERSØKELSER (1999)

Det er i 1999 samlet inn detaljerte dybde data ved bruk av multistråleekkolodd (multistrålebatymetri) i et område av Storfjorden som strekker seg fra innerst i Tafjord og nesten ut til Stordal. Videre er det målt et stykke inn i Sunnlyvsfjorden (se Fig. 5). Arbeidet er utført av Sjøkartverket på oppdrag fra NGU. Det samme området er kartlagt ved bruk av seismikk med ulik oppløsning. Dette er foretatt av NGUs fartøy "Seisma". Dataene er behandlet og prosessert ved NGU. 3D visualisering og tolkning er utført ved bruk av programmet ER Mapper (se eksempel i Fig. 6). Tilsvarende studier er for øvrig foretatt i forbindelse med kartlegging av fare for skred i finkornige sedimenter i strandsonen i Nord Norge (Longva m.fl., 1999).

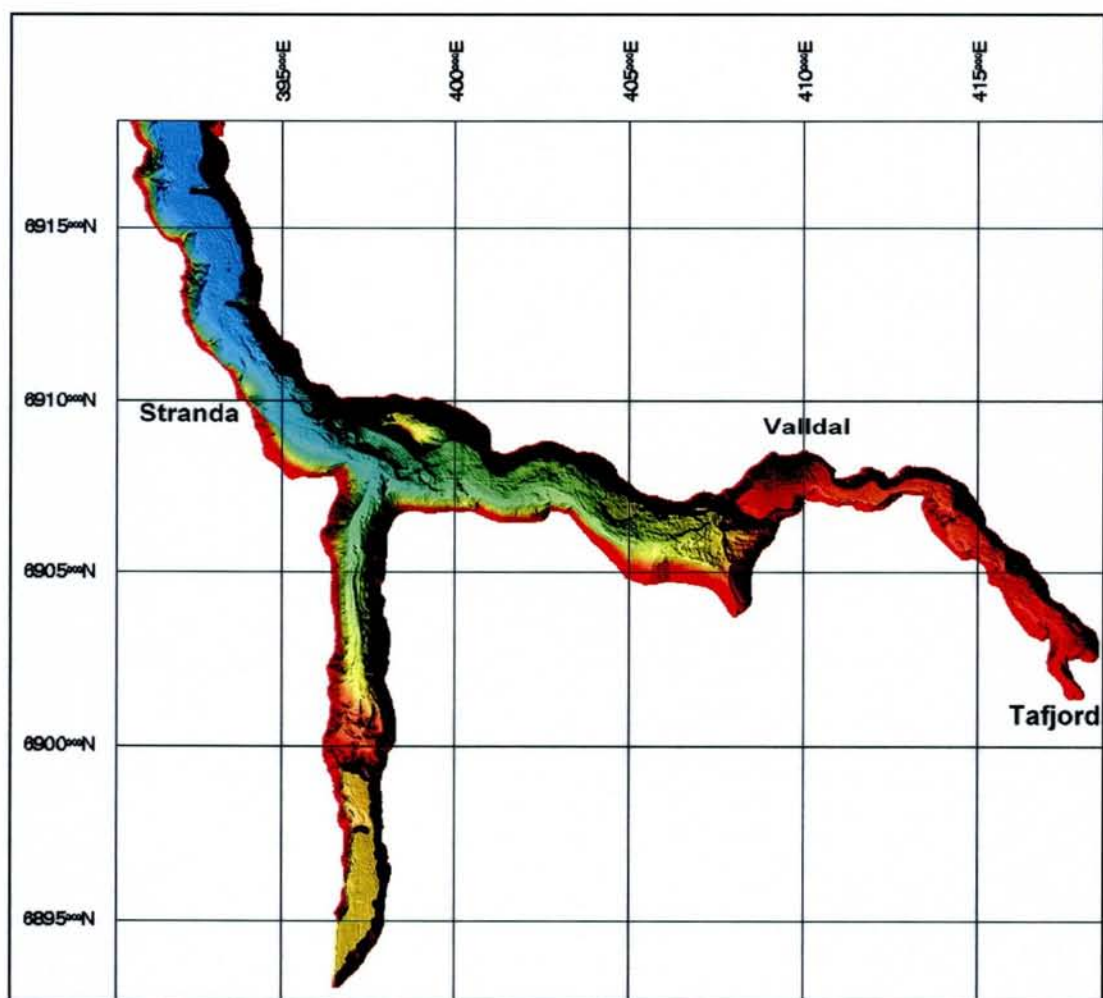


Fig. 5. Oversikt over måling ved bruk av multistråleekkolodd utført av Sjøkartverket i 1999. Hver grid rute er på 5 x 5 km.

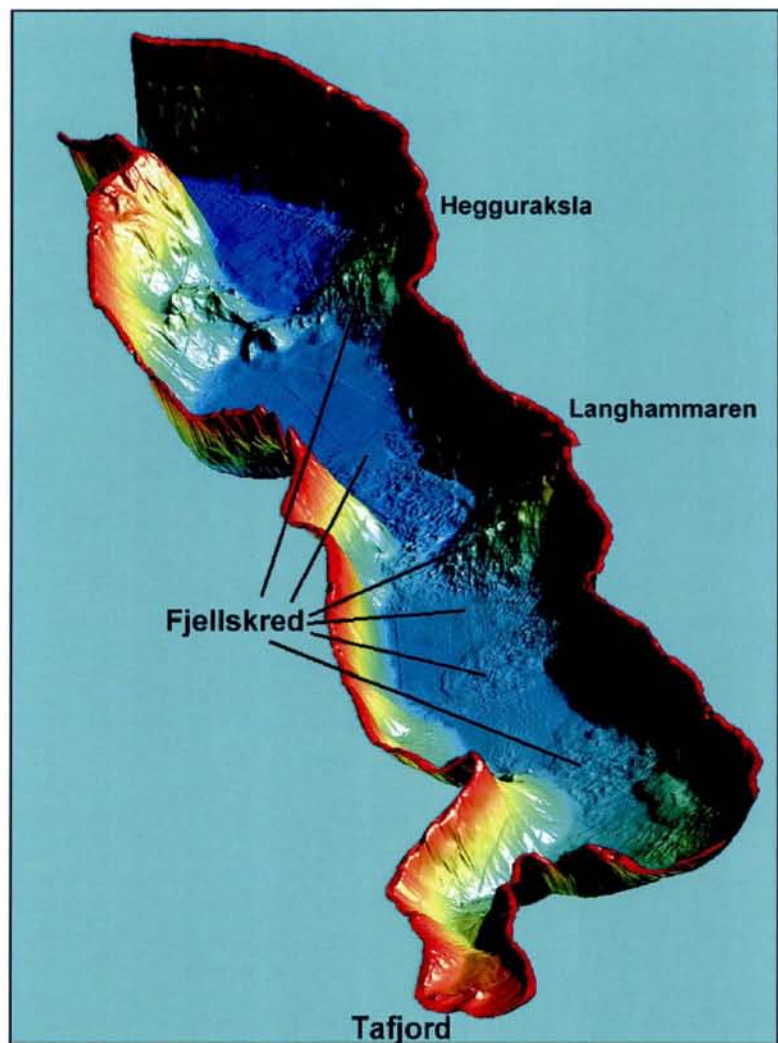


Fig. 6. Tredimensjonal modell av sjøbunnen i indre deler av Tafjord. Legg merke til at det er spor etter mange store fjellskred i fjorden.

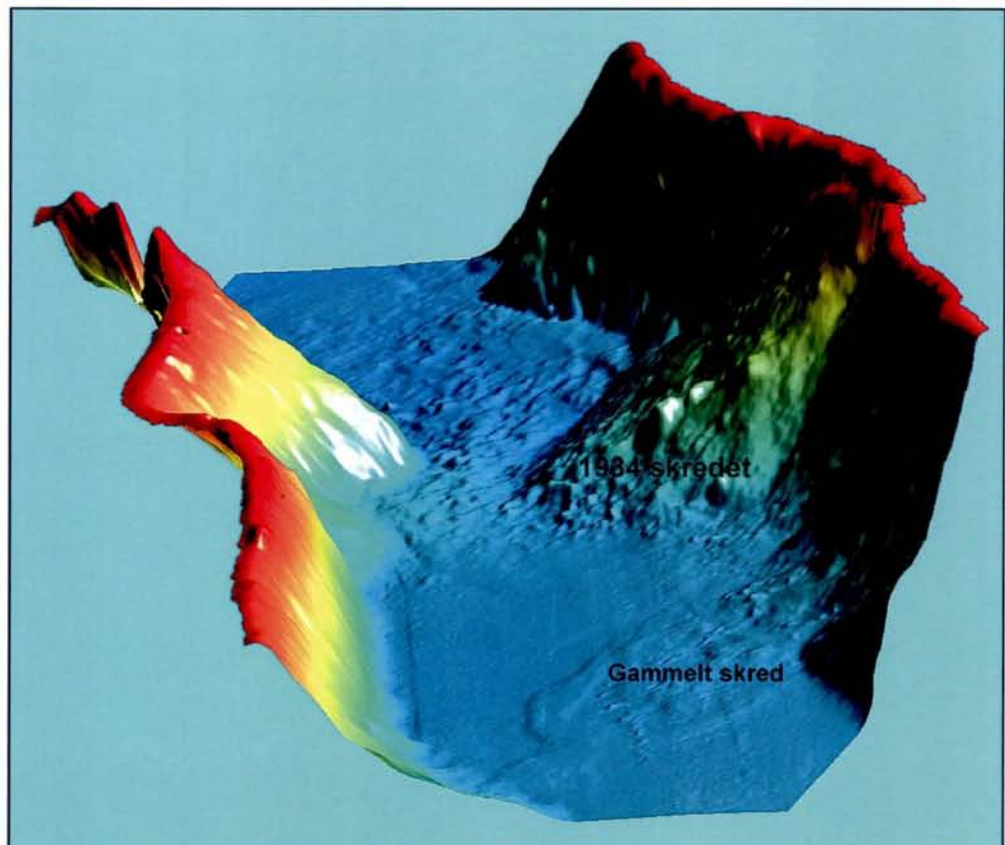


Fig. 7. Fjorden under Heggurda i Tafjord. Store mengder skredmasser med kjempeblokker ble ført ut i fjorden i 1934. Legg også merke til de sirkulære deformasjonen i sedimentene i forbindelse med raset like sør for 1934 raset.

Dybdemålingene viser at det har gått mange store fjellskred ned i fjordene som er undersøkt (Fig. 5 og 6). Eksempel på disse dataene blir gitt fra fjordbassenget i Tafjord (Fig. 6, 7 og 8). Overflatetopografien viser syv store fjellskred i dette området, og mange av de har gått tvers over fjordbunnen. Skredene kommer også fram på de seismiske dataene som i tillegg viser om det er unge skred eller gamle skred som er begravd av yngre sediment (Fig. 8).

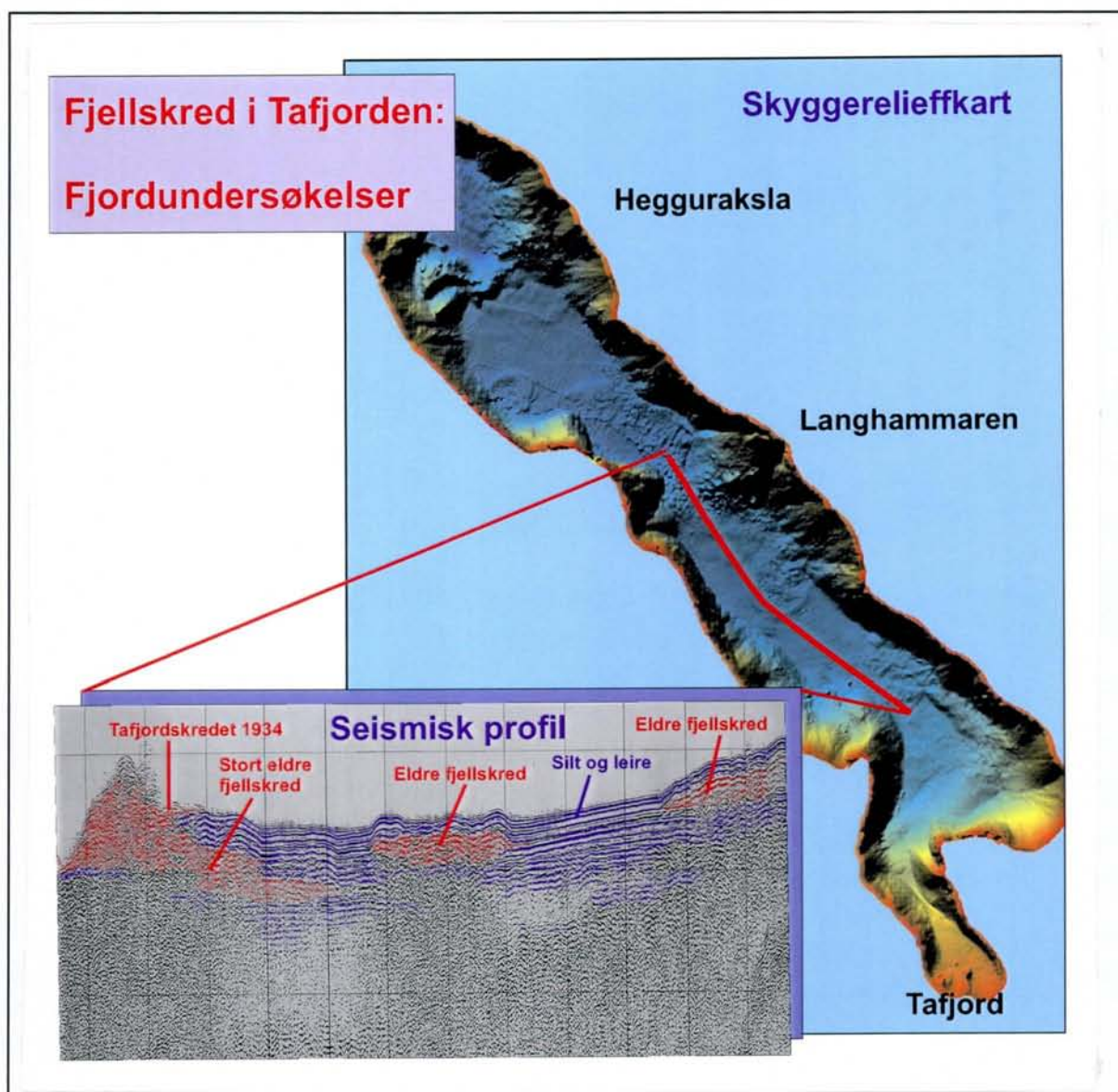


Fig. 8. Skyggerelieffkart over Tafjorden (sol fra nordvest). Legg merke til alle fjellskredene med en kupert overflate. Et eksempel på seismisk profil viser at det ligger skredavsetninger også dypere nede. To av skredene ser ut til å være kommet på plass på samme tidspunkt (de to sørligste skredene på profilet). Skredet lengst sør er trolig fronten av det store fjellskredet som ble utløst i Kallskaret, sør for Tafjord sentrum.

Tafjordskredet i 1934 vises tydelig som en vifte med store steinblokker i overflata (Fig. 7 og 8). Deler av raset har fortsatt mot nord på fjordbunnen i en strekning på om lag 1 km. Området under Heggurda, kildeområdet for Tafjordraset i 1934, viser seg å ha vært utsatt for flere store skred. Både detaljtopografien og seismikken viser at 1934-skredet ligger over to eldre skred som er noe større. Det eldste kan bare gjenkjennes på de seismiske dataene. Flere skred i området har deformert og skubbet på eldre sedimenter i fjorden, noe som vises på bunntopografien som sirkulære rygger i front av skredmassene (Fig. 7 og 9). Et svært stort

fjellskred har engang blitt utløst fra Hegguraksla, 2 km nord for Heggurda (Fig. 6, 8 og 9). Store skredmasser som Tafjord sentrum ligger på i dag, ble dannet av et fjellskred utløst fra Kallskaret. Dette er det største fjellskredet i Norge og er trolig et av de største kjente i verden. De seismiske dataene viser at skredmassene har gått ut i fjorden og fulgt den 3 km utover. Skredet ser ut til å være mellom 2000 og 4000 år gammelt (se det sørligste skredet på seismisk profil i figur 8). Fjellskredene i Tafjord ser ut til å forekomme hyppigst de siste 5000 år, altså i siste halvdel av perioden etter siste istid, og demonstrerer at slike skred opptrer like hyppig i dag som like etter siste istid.

Foreløpige tolkninger av dataene indikerer en frekvens av store fjellskred i indre deler av Tafjorden på 1 skred pr. 1000 år.

Den foreløpige gjennomgangen av fjordundersøkelsen som er foretatt viser at detaljerte dybdata kombinert med høyoppløselig seismikk gir god oversikt over følgende viktige data:

- **Hvor fjellskred opptrer**
- **Rekkevidder**
- **Volum**
- **Aldre**
- **Hvor hyppig de opptrer**

Dette er data som direkte kan brukes til modellering av flodbølger. Det konkluderes med at kombinasjonen av detaljerte dybdata og seismikk sammen med modellering av flodbølger gir det viktigste fundamentet for utarbeidelse av faresoner for skredgenererte flodbølger.

Videre bearbeiding og tolking av dataene fra fjordene vil bli utført i løpet av våren 2000.

#### **4. UNDERSØKELSER AV LØSNEOMRÅDER OG USTABILE FJELLSIDER (1999)**

Områder med mange fjellskred bør følges opp med undersøkelser av mulige ustabile fjellsider. Det er ikke foretatt noen systematisk kartlegging så langt, med i noen områder er det registrert store fjellparti som er gjennomslått av dype sprekker og som har vært i bevegelse (se Fig. 2). Langs deler av fjordstrekningene mellom Tafjord og Åkerneset i Synnulfsvfjorden er det foretatt en rask befarings tur med båt for å få en registrering over mulige utglidningsområder fra tidligere fjellskred. Det var mulig å finne løsneområdene til mange av de store fjellskredene som ble kartlagt i fjorden. Kilden til det store skredet under Hegguraksla i Tafjord vises tydelig som et stort innhogg i fjellsida (Fig. 9). Flere av skredene synes å være knyttet til det samme system av svakhetssoner med en underliggende bratt skliflate som er svært oppklistret. Steile sprekker i flere retninger skjærer så av denne sonen.

Et fjellområde på Børa ved Marstein i Romsdalen ble vurdert til å kunne være i fare for å rase ut på grunn av store og dype sprekker på fjellplataet, og at det er kartlagt store eldre fjellskred under dette fjellet (Elvebakk & Blikra, 1999), figur 10. Som en oppfølging er det laget et nytt digitalt detaljkart og "ortofoto" over området (Fig. 11), og det er gjort en detaljkartlegging av sprekker og strukturgeologi. I samarbeid med Statens vegvesen er det også sett opp 9 nye fastpunkter som er GPS posisjonert (Nygaard, 1999). Disse skal i første omgang måles opp på nytt i år 2000 for å se om deler av fjellplataet fremdeles er i bevegelse. Et trigonometrisk punkt som ble målt inn i 1963 er målt på nytt. Dette viser at denne delen ikke har hatt noen målbar bevegelse innenfor en usikkerhet på 15 cm.

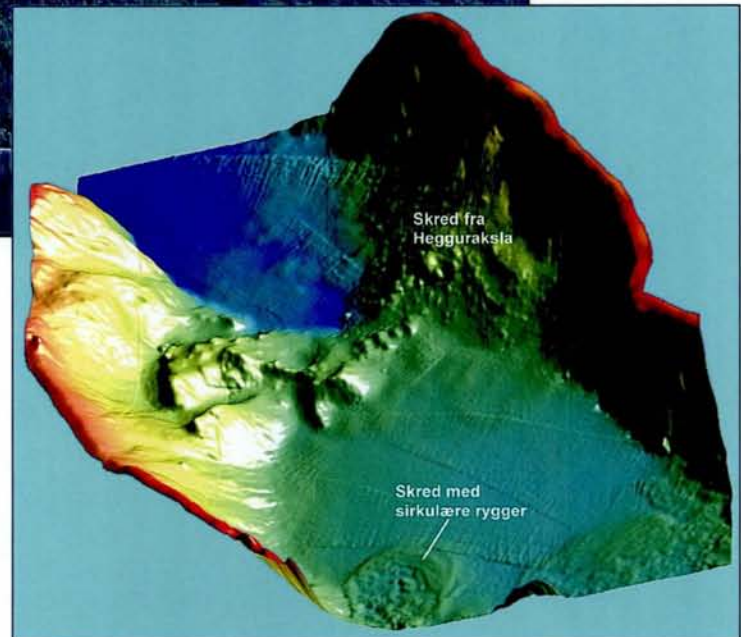


Fig. 9. Oversiktsbilde over Hegguraksla i Taffjord, ca. 2 km nord for Heggurda. Litt til venstre for midten av bildet sees tydelig skredkanten etter det store fjellskredet som er kartlagt på bunnen av fjorden. 3D figuren til høyre viser hvordan skredet ser ut på fjordbunnen. Områdene videre sørover bør vurderes men hensyn til mulige utglidninger.

Kartleggingen viser at fjellsiden og plataået er meget tett oppsprukket i en lengde på over 2 km (Fig. 10, 11, 12 og 13). Sprekkene varierer fra å være svært dype (Fig. 13B) til bare å være mindre oppsprekninger eller revner i løsmassedeckket. Enkelte sprekker ser ut til å være så aktive at vegetasjonen ikke får feste seg (Fig. 13 C og D). Sprekkene er orientert med et nærmest loddrett fall parallelt med lagdelingen i bergartene (foliasjonen i gneisen). Det er ikke observert store vertikale sprang mellom ulike partier. I et område ser det ut til at en morenerygg er forskjøvet noen få meter ut mot dalsiden. Det er svært vanskelig å påvise mulige glideplan eller soner pga. stor overdekning av skredmasser nede i dalsiden. Det er observert tegn til noe utglidning i et mindre parti ut mot stupet ned mot Romsdalen. Strukturene som er kartlagt tyder på at de ulike fjellblokkene som er oppdelt av sprekker ikke glir i særlig stor grad ("sliding"), men beveger seg ved å bikke ut mot Romsdalen ("toppling"). Vi konkluderer foreløpig med at det ikke er overhengende fare for at store deler av fjellområdet på Børa skal gli ut i en hendelse, men sannsynligvis vil lokale partier falle eller velte ut. Flere soner ute på kanten av plataået er svært ustabile (Fig. 12 og 13B). Kartleggingen i Romsdalen viser at flere store skred har blitt utløst fra området på Børa (Fig. 10). Det største har gått tvers over dalen.

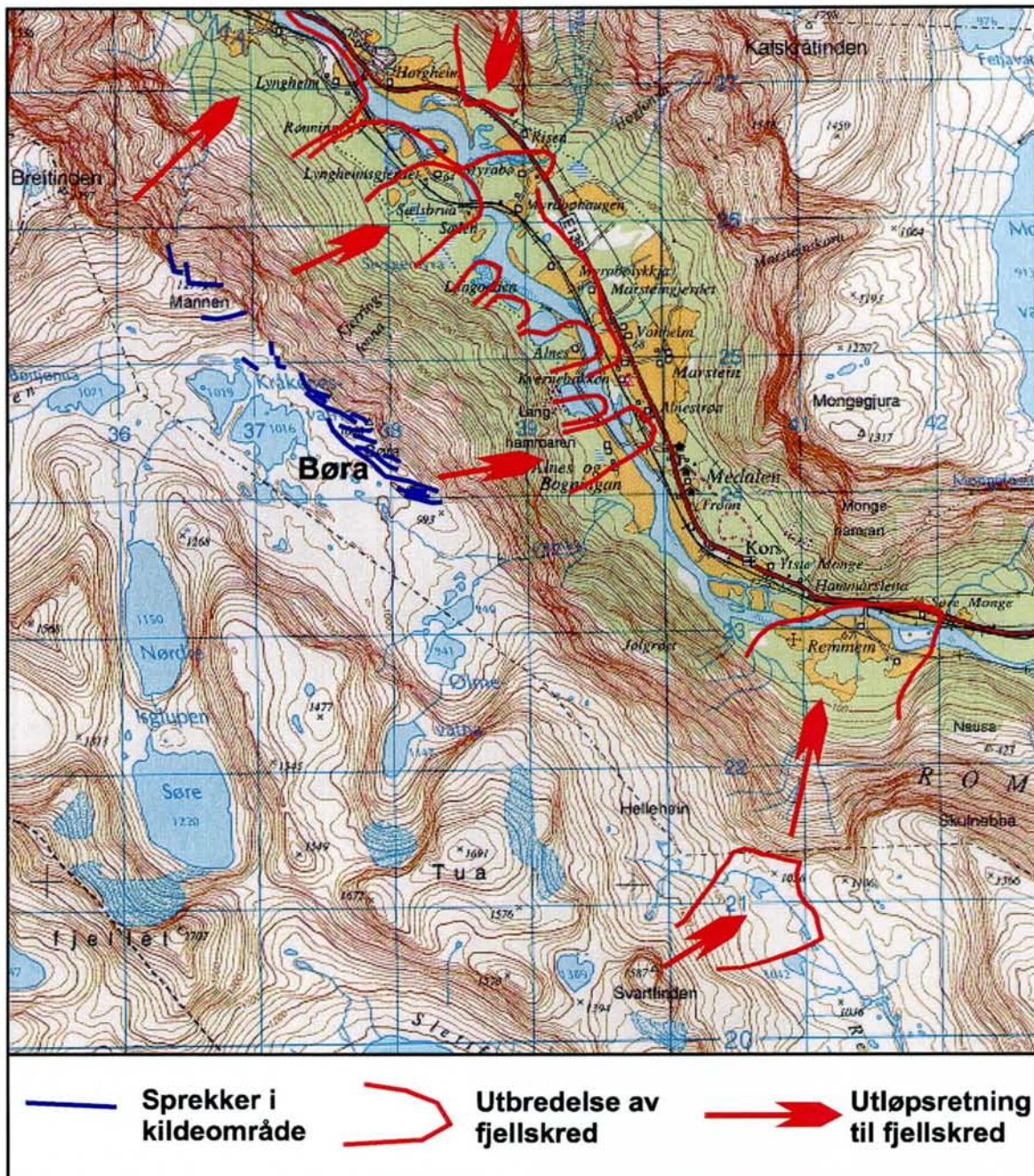


Fig. 10. Kart over Romsdalen mellom Horgheim og Monge. Det viser utbredelsen av fjellskredene som er kartlagt i dette partiet og lokaliseringen av det ustabile fjellpartiet på Børa.

På plataet ligger to vann, Kråkenesvatna. Vatna og nedslagsfeltet ( $6 \text{ km}^3$ ) som hører til har ingen overflatedrenering. Dreneringen foregår gjennom sprekkesystemene. Dette kan episodisk føre til oppbygging av store poretrykk som reduserer stabiliteten.

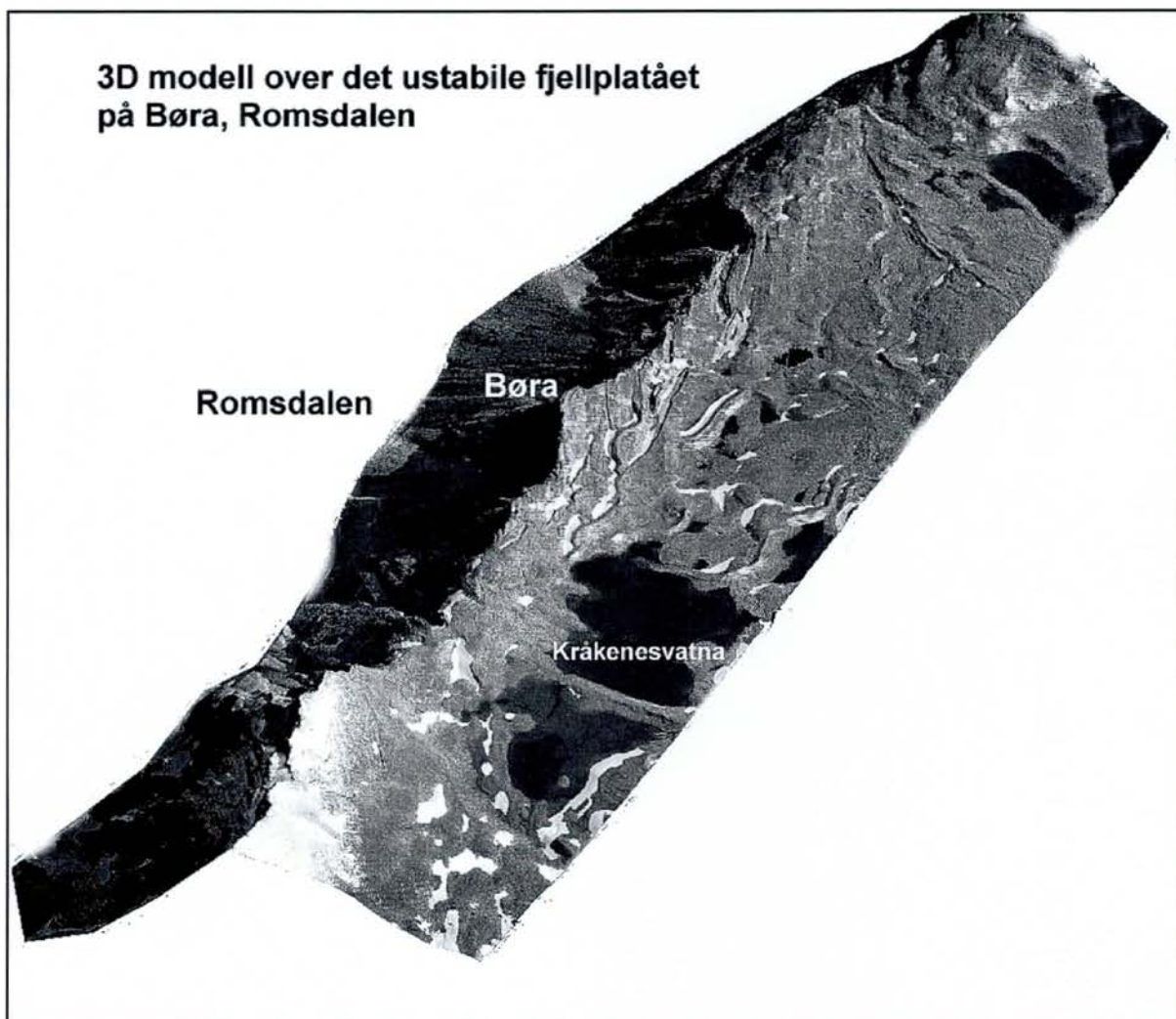


Fig. 11. Utsnitt over områder på Børa hvor det er produsert et nytt digitalt kart. Ortofoto er her drapert over en 3D modell. Utsyn mot sør med fjellet Mannen i forgrunnen.

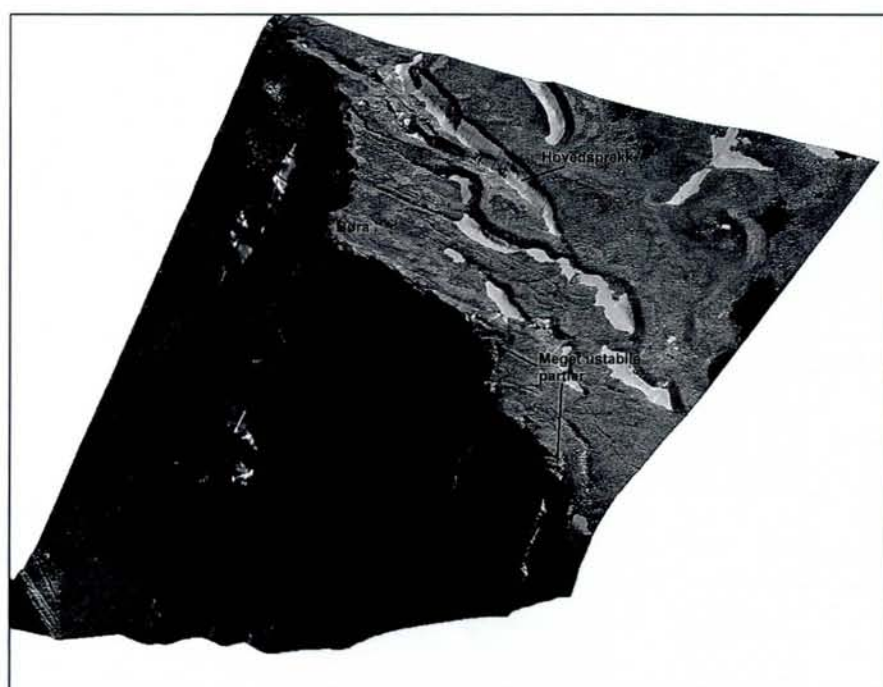


Fig. 12. En 3D modell av et sprekkeparti helt ytterst på Børa platået.

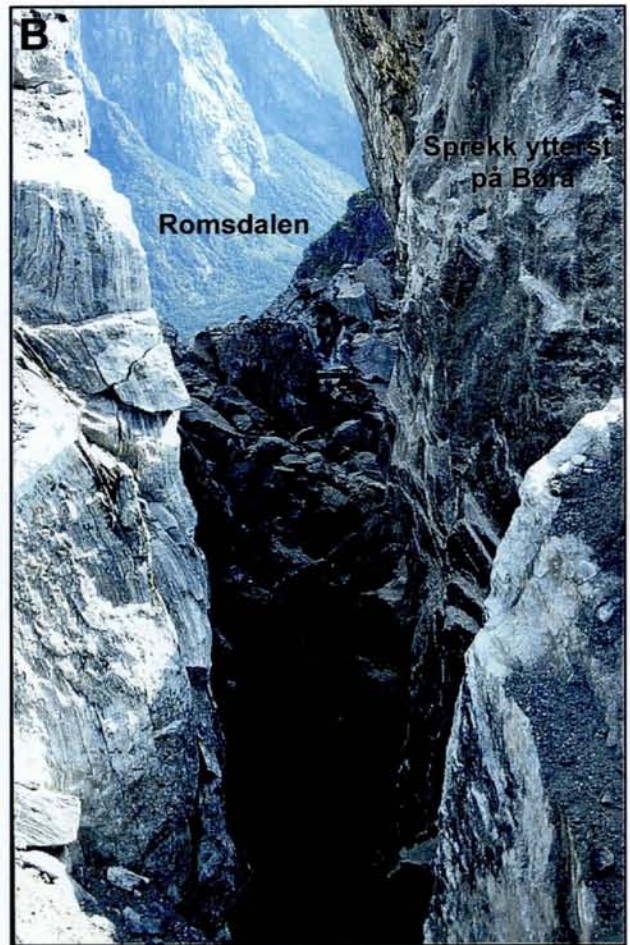
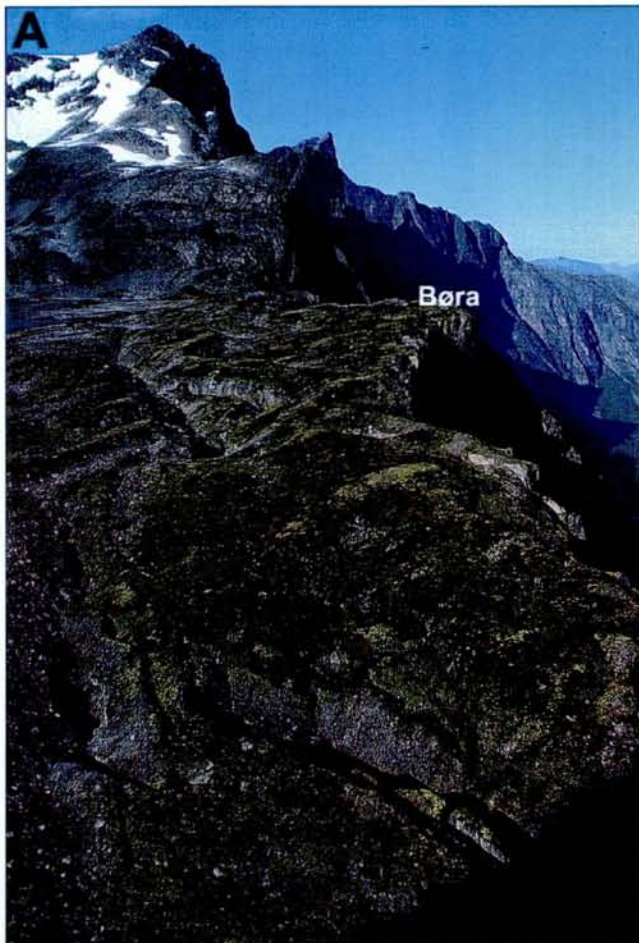


Fig. 13. Det ustabile fjellplatået på Børa i Romsdalen.

- (A) Området sett fra helikopter, utsikt mot nord. Legg merke til de dype og langstrakte sprekkene;
- (B) En av de dype sprekkene helt ytterst på platået;
- (C) Dyp sprekk inne på platået. Legg merke til at et stort parti mellom to sprekker har sunket inn;
- (D) En av sprekkene et stykke inne på platået. Sprekken ser ut til å være aktiv på grunn av at lite vegetasjon er etablert.



Ut fra korte befaringer og studier av ustabile fjellsider i Møre og Romsdal og fra en liknende undersøkelse i Troms konkluderer vi med at følgende geologiske data er viktig for vurdering av stabilitet i forbindelse med faren for store fjellskred:

- **Lokalisering og tolkning av eldre løsneområder.** Befaringer langs fjorder og dalfører kan gi en oversikt over klare utglidninger etter tidligere fjellskred.
- **Utglidningstype.** Geologisk kartlegging er viktig for å forstå hvordan fjellet beveger seg.
- **Geometri av glideplan og sprekker.** Det er viktig for å få en oversikt over hvilke fjellsider som sannsynligvis vil rase ut først og for å kunne vurdere volum av ustabil fjell.
- **Studier av materialtype i glideplan.** Massene som ligger i glideplanene har stor betydning for friksjonen mot underlaget og dermed stabiliteten.
- **Detaljert kartlegging** er nødvendig for å kunne gjøre fornuftige stabilitetsanalyser.

## 5. VIDERE PLANER

### 5.1 Markedsføring og brukerkontakt

Det har vært et mål å holde åpne kanaler mot samarbeidspartnere og aktuelle brukergrupper underveis i prosjektet. Dette er viktig for å kunne justere prosjektets innhold i forhold til brukernes behov. Som en del av dette vil det bli avholdt et møte i Molde i desember 1999 hvor fylket, noen utvalgte kommuner, Statens naturskadefond, NGU og NGI deltar. Hovedmålet er å informere fylket og kommunene om prosjektet, og å få innspill når det gjelder videre fremdrift i prosjektet. Faresoner bør kunne brukes direkte som innspill til kommunene slik at de kan ta hensyn til dette i arealplanleggingen.

Vi har samarbeid også med Geosenter/Skredsenter i Tafjord. Dataene som er samlet inn i Tafjordområdet, med vekt på tredimensjonale modeller, vil kunne egne seg godt i et skredsenter.

### 5.2 Rapportering og publisering

Det foreligger mye data både på land og fra fjordene som trengs bearbeiding og rapportering. Dette er viktig for dokumentasjonen og kvaliteten av prosjektet. Planen er å gjøre dette først og fremst i form av NGU rapporter. Mellom annet vil det bli utarbeidet egne rapporter fra Børa i Romsdalen (ustabil fjellområde) og fra Tafjorden/Norddalsfjorden (risikoen for skredgenererte bølger). Resultatene er også av internasjonal interesse og vil derfor bli publisert i internasjonale tidsskrift. I forbindelse med det Nordiske Geologiske Vintermøte i Trondheim i år 2000 vil to foredrag presentere deler av prosjektet.

### 5.3 Videre undersøkelser

Prosjektet vil bli ført videre så fremt finansieringen går i orden. Nedenfor gis en oversikt over hva vi mener er de viktigste oppgavene i Møre og Romsdal fremover.

#### 5.3.1 Videre undersøkelser på land

- Datering av flere skred
- Flere sedimentologiske/stratigrafiske undersøkelser. Dette vil også omfatte studier av spor etter steinstøv eller flodbølger som følge av store fjellskred

#### 5.3.2 Fjorder

I første omgang bør fjordområdene fra Åkerneset i Synnølvfjorden mot Hellesylt og videre inn Geirangerfjorden mot Geiranger undersøkes. Disse områdene tror vi representerer en høy risiko for fjellskred og store flodbølger. Vi håper derfor å få finansiert innhenting av nye multistråleopptak og nye høyoppløselige seismiske målinger. På sikt bør også andre fjorder kartlegges.

#### 5.3.3 Ustabile fjellsider

- Oversiktskartlegging: Systematisk oversiktskartlegging for å identifisere mulige, ustabile fjellsider
- Detaljundersøkelser: Særlig utsatte fjellsider må følges opp, f.eks. ved:
  - Kartlegge strukturer, geometri, hydrologi og bergtrykk
  - Bevegelsesmålinger
  - Tradisjonelle stabilitetsanalyser
- Jordskjelv og spenningsfelt: Vurdere og modellere effekten av store jordskjelv og regionale bergspenningers betydning for fjellskred.

#### 5.3.4 Flodbølger

I samarbeid med NGI er det planer om å starte på en modellering av flodbølger i de undersøkte fjordområdene. Dette vil kunne omfatte modellering av eldre skred som har skjedd siden en nå har muligheter til å skaffe til veie detaljerte data om både utløsningsområde, fjordtopografi, skredvolum og rekkevidde. Videre bør en prøve med modellering av potensielle nye ras med ulike volumanslag for å kunne vurdere mulig hyppighet av flodbølger med ulik høyde og rekkevidde. Finansiering av disse analysene vil kunne skje gjennom et eget NGI prosjekt finansiert fra Statens naturskadefond.

### 5.3.5 Jordskjelv

Nordvestlandet er det mest utsatte jordskjelvområdet i Norge (Norsar rapport 1998). Vi kjenner for lite til mulighetene for at store jordskjelv kan utløse store fjellskred. Derfor bør slike vurderinger inn ved analyse av ustabile fjellsider. Det må vurderes å sette opp en eller flere seismiske stasjoner for å overvåke jordskjelvaktivitet og mulige grunne bevegelser langs sprekker og utglidningsplan.

## **6. SAMARBEID, FINANSIERING OG ANSVARFORHOLD**

Samarbeidet mellom NGU og Møre og Romsdal fylkeskommune fungerer meget bra, også innenfor den faglige delen av prosjektet. Med tilskudd fra Statens naturskadefond i 1999 ble det mulig å gjøre detaljerte fjordundersøkelser (dybdedata og seismikk). Disse dataene har vist seg å være uvurderlige for vurdering av farepotensialet langs fjordene (skred/flodbølger).

NGI, NTNU, NOR SAR og Jodskjelvstasjonen ved Universitetet i Bergen er aktuelle faglige samarbeidspartnere i prosjektet, ma. for simulering av flodbølger, stabilitetsanalyser av fjellsider (herunder jordskjelv), og modellering av skredbevegelser (dynamikk, rekkevidder).

Et bredt forskningsprogram om fjellskred og fjellskredfare, med alle elementene som er omtalt i kap. 5.3, vil måtte ha et større omfang og kostnadsramme enn det nåværende pionerprosjektet i Møre og Romsdal. Vi håper derfor å få i gang en dialog med aktuelle samarbeidspartnere for å diskutere mulighetene for en finansiering.

Mens en rekke andre saksområder i samfunnet er forvaltet av statlige fagetater, er det ingen offentlig myndighet som eksplisitt har tatt et samlet ansvar for skredfaget. Statens naturskadefond gir støtte til erstatning ved naturskader og til forebyggende tiltak, f.eks. skredforskning. Statens bygningstekniske etat (BE) forvalter forskriftene om sikkerhetskrav til byggegrunn i forhold til skred, men de har ikke noe faglig ansvar utover dette. Statens kartverk (statsetat under MD) har fått ansvaret for videreføringen av to skredkartleggingsprogram (kartlegging av fare for snøskred/steinskred og leirskred). NGU (statsetat under NHD), forsker og kartlegger på skred som et geologisk fenomen, men de har ikke noe spesifikt ansvar for å identifisere skredutsatte områder. Staten har gitt NGI oppdrag å drive snøskredforskning. Som privat foretak har NGI ingen forvaltningsmessig rolle på vegne av staten eller andre offentlige myndigheter. Skred er et av flere forretningsområder for NGI. Universitetene har heller ingen forvaltningsmessig ansvar for sine fagområder, tilsvarende de statlige fagetatene. Skredforskning ved universitetene vil derfor avhenge av kompetanse og interesser. Lokale myndigheter (kommuner, fylkeskommuner) har derfor ingen statlige etater å henvende seg til som har et samlet ansvar for fagfeltet.

Vår erfaring er derfor at de uklare ansvarsforholdene gjør det vanskelig å sette skredforskning på dagsorden, både faglig og med hensyn til finansiering av forskningsprosjekt og skredfarekartleggingsoppgaver. Vi håper derfor at Statens naturskadefond kan ta initiativ til en gjennomgang av ansvarsforholdene innefor skredfaget (forskning, faresonekartlegging, finansiering mm.). Ulike departementer, forvaltnings- og forskningsinstitusjoner bør delta.

## 7. KONKLUSJONER

Undersøkelser og kartlegging av fjellskred i Møre og Romsdal har vist at slike skred er langt vanligere enn tidligere antatt. Over 100 store fjellskred er registrert i fylket, og mange av disse opptrer i bestemte soner. Dette er spesielt områder i Eikesdalen, Romsdalen, Innfjorden og Norangsdalen. Fjordområdene fra Tafjord til Stranda og videre inn Sunnlyvsfjorden og Geirangerfjorden synes å være mest utsatt for store flodbølger.

Fjordundersøkelser med detaljerte dybdemålinger (multistrålebatymetri) og høyoppløselig seismikk gir gode data om fjellskred, med informasjon om lokalisering, rekkevidder, volum og aldre. Dataene er velegnet for presentasjoner i form av tredimensjonale modeller og er viktige for å kunne simulere potensielle flodbølger.

Befaringer langs fjordsidene og dalførene kan gi en oversikt over de største løsneområdene etter fjellskred. Dette er viktig for tolkning av data fra fjordene. Flere mulige ustabile fjellsider er funnet i Møre og Romsdal, blant annet i Vanylven, Oterøya, Haram og på Børa i Romsdalen. Detaljundersøkelser av en ustabil fjellside på Børa i Romsdalen viser at et område på over 2 km og en bredde på 300 m er tett sprukket opp av nærmest vertikale sprekker. Partiene mellom sprekkene ser ut til i hovedsak å bevege seg ved å bikke utover mot Romsdalen. Ut fra strukturene på fjellplatået har vi foreløpig konkludert med at det er lite sannsynlig at store deler av dette platået raser ut i en hendelse. Imidlertid er det klart at ytre deler vil rase ut, og flere forhistoriske skred har krysset dalbunnen. Det må derfor vurderes nærmere om skred fra de mest ustabile delene ytterst på platået har potensiale til å kunne krysse dalbunnen. Posisjonsmålinger (GPS) er etablert sommeren 1999 for å kunne påvise eventuelle bevegelser. Et trigonometrisk punkt er renivellert og viser ingen målbar bevegelse de siste 36 år (usikkerhet på 15 cm).

Prosjektet anbefales ført videre med undersøkelser på land og i fjorder i flere områder og det bør også satses på modellering av flodbølger og en vurdering av potensialet ved analyser av stabilitet. Undersøkelsene som er foretatt i Møre og Romsdal og i Troms bør gjennomgås for å utvikle en fornuftig metodikk for kartlegging av fjellskredfare som også kan brukes i andre regioner. Dette vil særlig være aktuelt for Nordland, Sogn og Fjordane, Hordaland og Rogaland. En økt satsing på kartlegging og forskning på fjellskredfare vil forutsette en bredere finansiering som involverer flere aktører.

## 8. REFERANSER

- Anda, E. & Blikra, L.H. 1998: Rock-avalanche hazard in Møre & Romsdal, western Norway. *NGI Publication* 203, 53-57.
- Blikra, L.H. & Anda, E. 1997: Large rock avalanches in Møre og Romsdal, western Norway. (Extended abstract). *NGU Bulletin* 433, 44-45.
- Bugge, A. 1937: Fjellskred fra topografisk og geologisk synspunkt. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 6 (6), 342-360.
- Dade, W.B. & Huppert, H.E. 1998: Long-runout rockfalls. *Geology* 26, 803-806.
- Elvebakk, H. og Blikra, L.H. 1999: Georadarundersøkelser i forbindelse med undersøkelser av fjellskred i Romsdalen, Møre og Romsdal. *NGU Rapport* 99.025.
- Furseth, A. 1985: *Dommedagsfjellet*. Faggr. Lokalhistorie. Eget bidrag 105 s. Gyldendal
- Furseth, A. 1998: Skredulykker på Nordvestlandet - Ei førebels gransking. Intern rapport. 70 s. (upubl.)
- Longva, O., Blikra, L.H., Muring, E., Thorsnes, T. og Reither, E. 1999: Testprosjekt Finneidfjord; integrert skredfarekartlegging – metodevurdering. *NGU Rapport* 99.051.
- Muring, E., Blikra, L.H. og Tønnesen, J.F. 1997: Refraksjonsseismiske målinger i Tafjord, Møre og Romsdal. *NGU Rapport* 97.186.
- Muring, E., Lauritsen, T. og Tønnesen, J.F. 1998: Georadarmålinger i forbindelse med undersøkelser av fjellskred i Tafjord, Romsdalen, Hellesylt og Innfjorden, Møre og Romsdal. *NGU Rapport* 989.047.
- Nesje, A., Blikra, L.H. & Anda, E. 1997: Dating rockfall-avalanche deposits from degree of rock-surface weathering by Schmidt-hammer tests: a study from Norangsdalen, Sunnmøre, Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 74, 108-113.
- Norsar 1998: Development of a seismic zonation for Norway. Final report for Norwegian Council for Building Standardization (NBR), march 15 1998, 162 pp.
- Nygaard, J. 1999: Prosjekt: Utglidning Børa. GPS – måling. Rapport Statens vegvesen Møre og Romsdal, Eiendomsseksjonen, 1 november 1999.
- Scheidegger, A.E. 1973: On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides. *Rock Mechanics* 5, 231-236.
- Aarseth, I., Austbø, P.K. & Risnes, H. 1997: Seismic stratigraphy of Younger Dryas ice-marginal deposits in western Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 77, 65-85.