NGU Rapport 2006.039

Åknes/Tafjord prosjektet:
Sannsynlighet og risiko knyttet til fjellskred og flodbølger fra Åknes og Hegguraksla

Norges geologiske undersøkelse
7491 TRONDHEIM
Tlf. 73 90 40 00
Telefaks 73 92 16 20

RAPPORT

Rapport nr.: 2006.039	ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen

Tittel:
Åknes/Tafjord-prosjektet:
Sannsynlighet og risiko knyttet til fjellskred og flodbølger fra Åknes og Hegguraksla

Forfatter: Lars Harald Blikra, Einar Anda, Jan Høst og Oddvar Longva	Oppdragsgiver: Åknes/Tafjord prosjektet v/Stranda kommune
Fylke: Møre og Romsdal	Kommune: Stranda, Norddal, Stordal, Ørskog
Kartblad (M=1:250.000)	Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)
Forekomstens navn og koordinater:	Sidetall: 20 Pris: 103,- Kartbilag:

Feltarbeid utført:	Rapportdato: 29.05.2006	Prosjektnr.: 300601	Ansvarlig:

Sammendrag:
Denne rapporten gir en kort status over sannsynligheter, konsekvenser og risiko knyttet til de ustabile fjellpartiene ved Åknes og Hegguraksla i indre Storfjorden, Møre og Romsdal. Selv om beredskap er under etablering, legger denne analysen til grunn at beredskap ikke finnes, noe som er gjort for å dokumentere behovet for beredskapstiltakene.
Det er mange usikre faktorer knyttet til skredsannsynlighetene, og undersøkelsene av de ustabile fjellsidene fortsetter i 2006. Vi har likevel funnet det nødvendig å gi skredsannsynligheter allerede i denne rapporten, spesielt av hensyn til beslutningsgrunnlaget og tidspresset i forhold til plan- og byggesaker.
Det er vurdert to scenarier for Åknes, et totalskred på 35 mill m^3 og et stort flankeskred på 10 mill. m^3. Ved Hegguraksla er det to store fjellblokker som kan utvikle skred på minst 1-2 mill. m^3. For Åknes konkluderer vi med at sannsynlighetene for flankeskredet og totalskredet er på henholdsvis 1/300 - 1/100 og 1/3000 - 1/1000 pr. år. For Hegguraksla vurderer vi sannsynligheten for at én av de to ustabile blokkene skal utvikle skred, til å være mellom 1/500 og 1/300 pr. år. To av disse sannsynlighetene overskrider den mest brukte grenseverdien i den tekniske byggforskriften – 1/1000 pr. år. Myndighetene vurderer nå om beredskapstiltak kan kompensere for sannsynligheter som ligger over denne grensen.
Totalskredet fra Åknes vil utvikle skadelige flodbølger minimum ut til Sjøholt. Det vil si at faresonen omfatter minst fire kommuner. Flere bygder kan bli rammet av flodbølger som rekker mer enn ti høydemeter opp over land. Flankeskredets faresoner omfatter tre kommuner. Skred fra Hegguraksla vil gi bølger omtrent som ved skredet i 1934, det vil si at de skadelige bølgene vil være avgrenset til deler av Norddal kommune.
Konsekvenser og risiko er så langt vurdert som forventet tap av menneskeliv. Ved skred fra Åknes kan flere hundre mennesker være til stede i faresonen, i turistsesongen kan det være over tusen. Omregnet til årlig risiko, utgjør Åknes en større risiko enn den samlede skredrisikoen vi har på veinettet i Norge (1-2 omkomne pr. år) – og over ti ganger større enn den samlede skredrisikoen på veiene i Møre og Romsdal (ett skredoffer pr. tiår). Andre konsekvenser enn tap av menneskeliv er så langt ikke vurdert, men det er åpenbart at store skred fra disse fjellsidene også vil gi omfattende ødeleggelser av bygninger og infrastruktur, og store økonomiske tap for næringslivet.
For Åknes (flankeskredet) er den individuelle risikoen (sannsynligheten for å miste livet) for de som har sitt daglige tilhold i faresonen (bosted, skole og arbeid), 10-100 ganger høyere enn den individuelle trafikkrisikoen i Norge (1/15 000 pr. år) – alt etter hvor lenge man oppholder seg i faresonen. Til å være en "ufrivillig" risiko, er dette usedvanlig høyt - og uakseptabelt. Også Hegguraksla representerer en høy individuell risiko.
Begge de vurderte fjellsidene utgjør en svært alvorlig risiko – og så langt kjenner ikke vi til noe skredobjekt i Norge med en samfunnsrisiko tilsvarende Åknes. Rapporten underbygger behovet for så raskt som mulig å få etablert et beredskapssystem med høy pålitelighet, som inkluderer overvåking, varsling og evakuering. Et velfungerende beredskapssystem vil kunne redusere den individuelle risikoen for personer i fareområdene til et akseptabelt nivå.

Emneord:

Skred	Fjellskred	Flodbølge
Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko
Beredskap	Overvåking	Varsling

INNHOLD

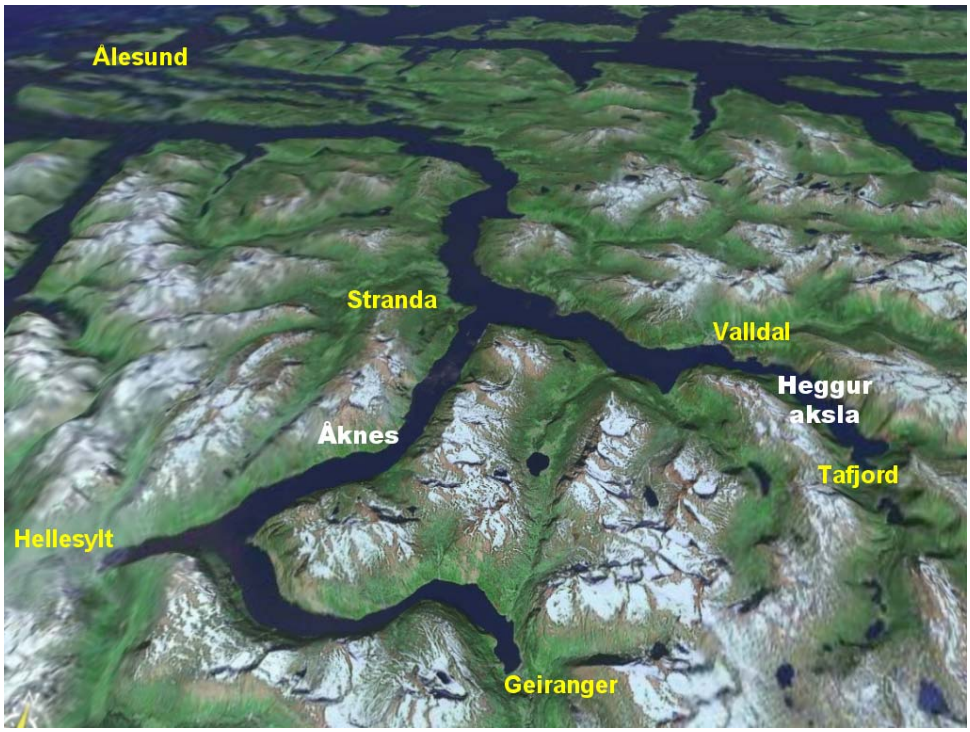
1. INNLEDNING 4
2. RISIKOOBJEKTER I STORFJORDEN 5
2.1 Åknes 5
2.2 Hegguraksla 7
3. HISTORISKE SKREDDATA 8
4. GEOLOGISKE SKREDDATA 9
5. SAMLET VURDERING AV SANNSYNLIGHET 12
5.1 Åknes 12
5.2 Hegguraksla 13
6. KONSEKVENSER – TAP AV MENNESKELIV 13
6.1 Oppskylling av flodbølger 13
6.2 Scenario for tap av menneskeliv 14
6.2.1 Åknes - totalskred 15
6.2.2 Åknes - flankeskred 15
6.2.3 Hegguraksla 15
7. RISIKOVURDERINGER - TAP AV MENNESKELIV 16
7.1 Individuell risiko 16
7.2 Samfunnsrisiko/grupperisiko 17
7.2.1 Sammenligning med annen skredutsatt bebyggelse 17
7.2.2 Sammenligning med skredulykker på vei 18
7.2.3 F.N kurve (Frekvens-antall omkomne) 18
7.2.4 Fjellskredhendelser på Vestlandet 19
8. EFFEKT AV BEREDSKAPSTILTAK 19
9. REFERANSER 20

1. INNLEDNING

Åknes/Tafjord-prosjektet er et interkommunalt prosjekt for geofaglige undersøkelser, overvaking og beredskapstiltak knyttet til store, ustabile fjellparti ved Åknes og Hegguraksla i Tafjord. Prosjektet inkluderer også en farekartlegging i indre Storfjorden innenfor Sjøholt, og omfatter fire kommuner.

Denne rapporten gir en kort gjennomgang av det vi vet om sannsynligheter, konsekvenser og risiko knyttet til de ustabile fjellpartiene ved Åknes og Hegguraksla i indre Storfjorden, Møre og Romsdal (Figur 1). Bedre estimat på sannsynligheter vil komme frem etter en detaljert regional farekartlegging som vil bli gjennomført i 2006 og 2007 i samarbeid med internasjonal ekspertise. Det er også satt i gang et omfattende utviklingsarbeid knyttet til prognoser for flodbølger (rekkevidder og oppskyllingshøyder). Rapporten er bygd på geofaglige undersøkelser som er utført i Møre og Romsdal de siste 10 årene, og en rekke personer ved Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Norges Geotekniske Institutt (NGI) har bidratt med grunnlagsdata. Professor i risikostyring ved Høgskolen i Stavanger, Terje Aven, har gitt innspill til en tidlig versjon av rapporten.

Til tross for mange vanskeligheter knyttet til estimering av skredsannsynlighetene, er det fra flere hold ytret ønske om å få sannsynlighetstall på bordet. Planstyresmaktene er avhengig av dette i forhold til plan- og byggesaker. Denne rapporten tar derfor sikte på å gi en første vurdering av sannsynlighet og risiko.



Figur 1. Storfjorden på Sunnmøre, med lokalisering av de ustabile fjellpartiene ved Åknes og Hegguraksla.

Det er flere definisjoner på risiko, men felles er at de omfatter sannsynlighet og konsekvens. Vi bruker den vanlige definisjonen der risiko er definert som produktet av disse to faktorene. Så langt har vi begrenset konsekvens til forventet tap av menneskeliv.

Beregninger av sannsynlighet for at store ustabile fjellparti skal utvikle skred er et vanskelig område, og det finnes ikke noen gode numeriske metoder. Det foregår en del forskning på dette, men det vil nok ta lang tid før vi har pålitelige metoder for slike sannsynlighetsberegninger. Årsaken til dette er de svært usikre parametrene og forutsetningene en må legge inn i de numeriske modellene (geometri av det ustabile partiet, styrkeparametre, vannivå osv.).

Fjellskred er av NGI definert som skred med volum over 10 000 m^3. Begrepet *Store fjellskred* blir i denne rapporten brukt om skred over 100 000 m^3. Men det er viktig å være klar over at mindre utfall av fjell kan ta med seg mye løsmasser, slik som i Loen i 1905. Derfor vurderer vi de totale massene i et forventa skred. Selv om vi har hovedfokus på skred over 100 000 m^3, vil vi lokalt også vurdere mindre volum dersom nærhet til bebyggelse og infrastruktur tilsier dette. I denne rapporten har vi gruppert de store fjellskredene inn i 3 grupper etter volum (0,5-2, 2-15 og >15 millioner m^3).

Store fjellskred er generelt karakterisert av lave sannsynligheter og store konsekvenser. Siden dette er sjeldne hendelser er det vanskelig å bruke historiske hendelser alene som et grunnlag for å beregne sannsynlighet. Det siste tiåret er det imidlertid gjort omfattende kartlegging av historiske og prehistoriske (geologiske) fjellskredhendelser i Møre og Romsdal og spesielt i indre Storfjorden. Kartleggingen besto i å undersøke sporene etter tidligere skredhendelser både på fjordbunnen og på land. Dette har gitt et regionalt bilde over hvor fjellskredene har gått og hvor hyppige de er. Et første forsøk på å kvantifisere sannsynligheten er publisert, basert på forekomsten av skred over 1 mill. m^3 (Blikra mfl. 2005). Analysen indikerte at store deler av indre Storfjorden har en sannsynlighet for store fjellskred og flodbølger som overstiger ett skred pr. 1000 år.

2. RISIKOOBJEKTER I STORFJORDEN

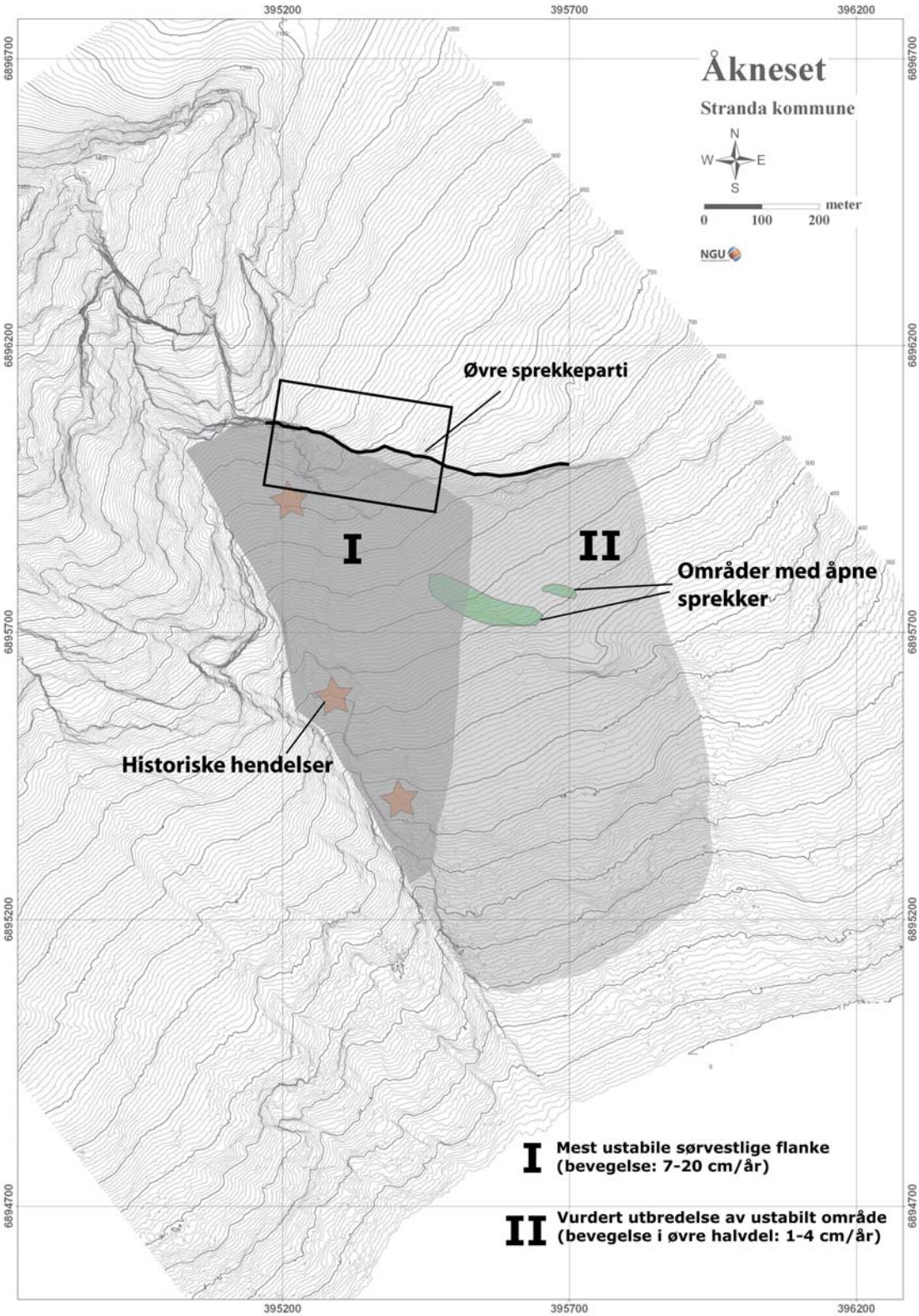
2.1 Åknes

Kartlegginga og utredningen av fjellsida ved Åknes er godt i gang. Figur 2 gir en oversikt over utbredelsen av de ustabile områdene. De foreløpige volumanslagene er følgende:

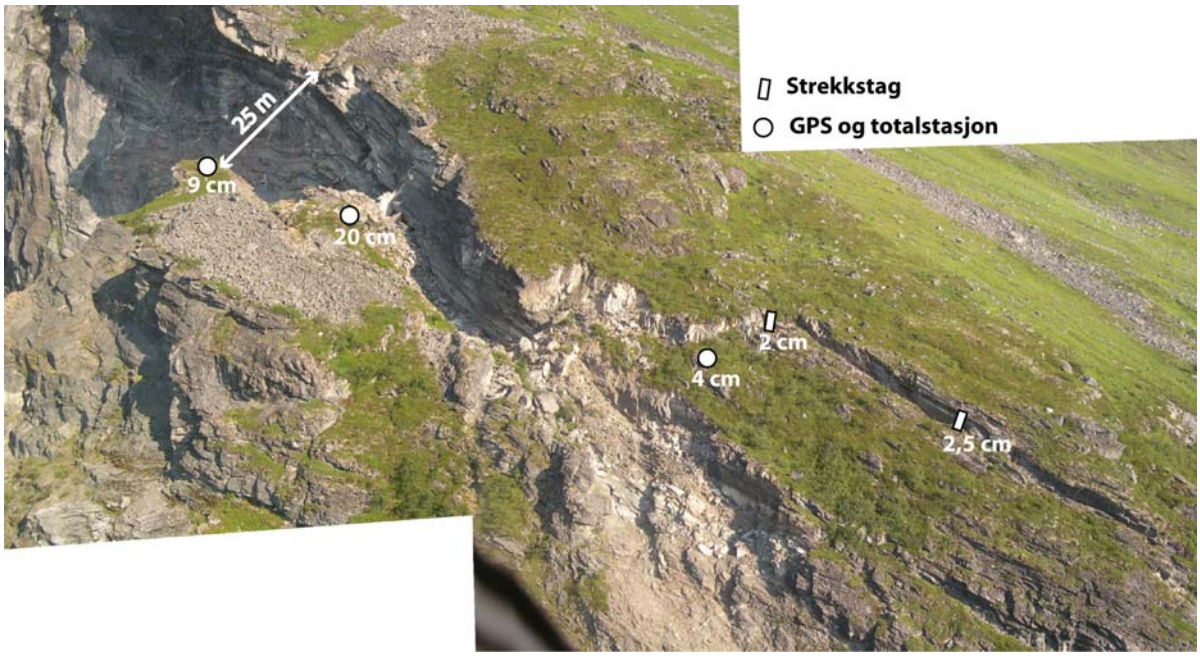
- Totalt ustabilt volum:
  - Tolking 1: 35-45 mill. m^3
  - Tolking 2: 80-100 mill. m^3
- Ustabil flanke: 8-16 mill. m^3

Baksprekkene som avgrenser totalvolumet utvider seg 2-4 cm pr. år (Figur 2 og Figur 3). Den mest ustabile flanken beveger seg 7-12 cm, men lokalt er det bevegelser på opp i 20 cm pr. år. Dette er urovekkende store bevegelser. Det er ikke funnet tilsvarende objekter i indre Storfjorden med så store bevegelser, eller med slike aktive sprekkepartier. Det gjenstår imidlertid et stort kartleggingsarbeid for å påvise slike objekt.

Det er kun målt bevegelser ved et fåtalls ustabile fjellsider i Norge, men ingen kommer opp i slike bevegelser som ved Åknes. Mye tyder derfor på at Åknes er kommet langt i utviklingen mot et fjellskred. På dette tidspunktet vurderer vi Åknes som en av de mest sannsynlige kandidatene for et nytt stort fjellskred i Norge.



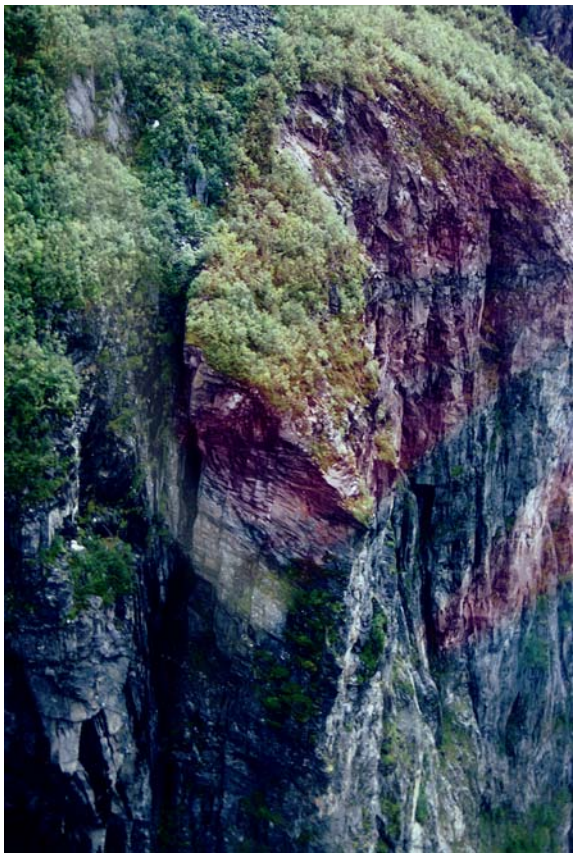
Figur 2. Oversikt over den ustabile fjellsida ved Åknes. Rammen viser lokalisering av bilde i Figur 3.



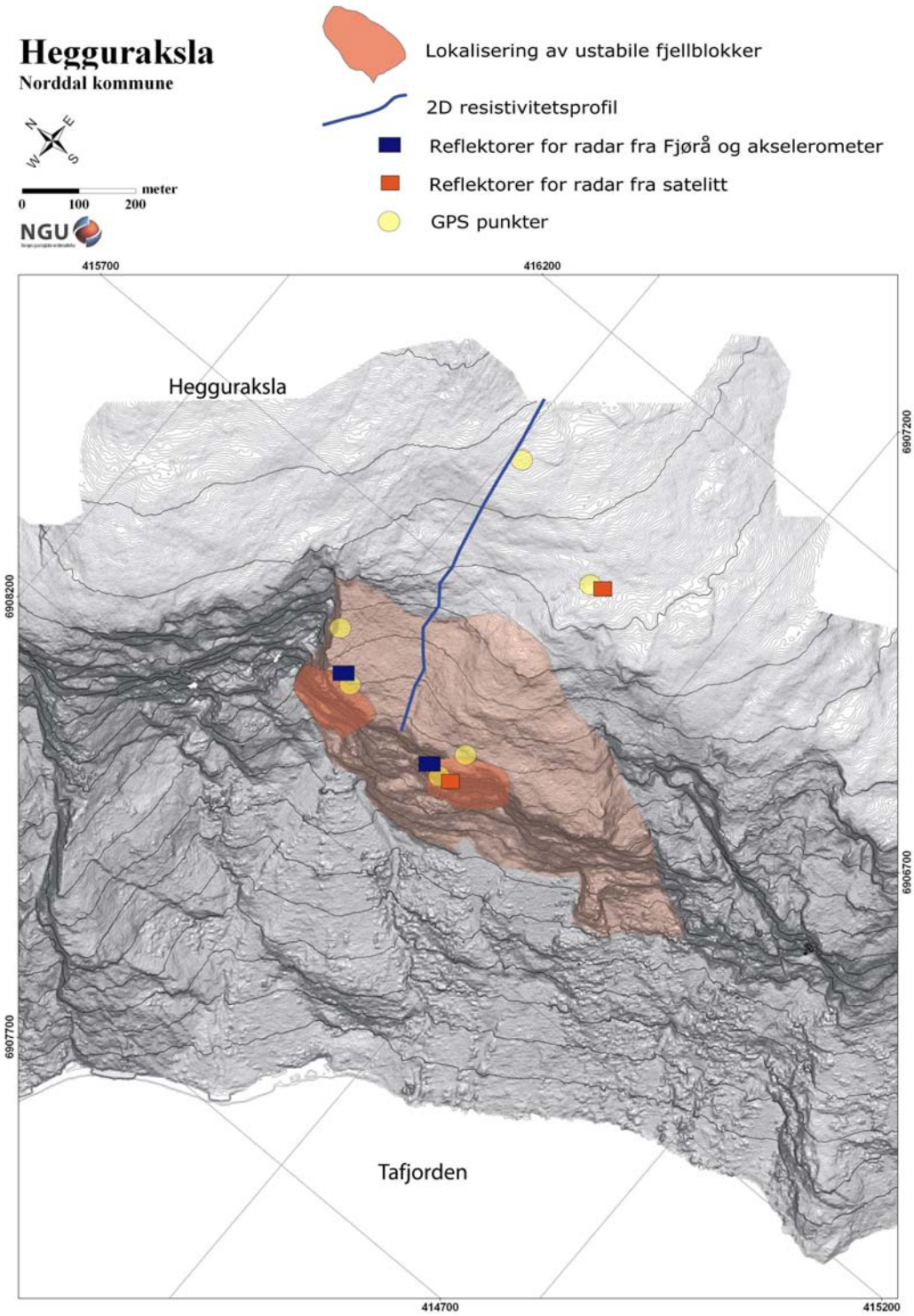
Figur 3. Bilde fra de øvre sprekkene ved Åknes med hovedkonklusjoner på bevegelse i cm pr. år.

2.2 Hegguraksla

To fjellblokker som er avløst av store sprekker ved Hegguraksla skal overvåkes. Disse er lokalisert i et område hvor det har gått flere store fjellskred. Volumene er estimert til 0,8-1,5 mill. m^3 (Figur 4 og Figur 5). Skred vil ta med seg store mengder ur som vil øke det totale skredvolumet. Det er ennå ikke verifisert bevegelse, og det er vanskelig å si hvor langt disse er kommet i utviklingen mot et skred.



Figur 4. Den nedre ustabile fjellblokka ved Hegguraksla. Se lokalisering i Figur 5.



Figur 5. Detaljkart fra fjellsida under Hegguraksla som viser lokalisering av de ustabile fjellblokkene og de undersøkelser og overvåking som er utført i 2005.

3. HISTORISKE SKREDDATA

Data om historiske skredhendelser er samlet inn gjennom systematisk gransking av skriftlige kilder (kirkebøker mv). Det er identifisert 13 historiske fjellskred i indre Storfjorden (Tabell 1).

Tabell 1. Oversikt over registrerte fjellskred i *skrednett.no* i indre Storfjorden innenfor Dyrkorn. Kilde: Astor Furseth, Norddal/Nasjonal skreddatabase

Navn	Dato	Flodbølge	Volum (mill. m^3)	Omkomne
Lausneset, Geirangerfjorden	ca. 1300	Ja	? > 2	?
Presthella, Sunnylvsfjorden	15.05.1701	Ja	? > 2	7
Skafjellet, Stranda	08.02.1731	30 m	6	17
Geirangerfjorden	30.03.1749	Ja	0,1	0
Ljosurd, Geirangerfjorden	1835	?	?	0
Ljøenskredet, Hellesylt	13.07.1845	?	?	3
Stomnesbugen, Dyrkorn	april 1875	?	?	0
Jerkland, Geirangerfjorden	14.04.1880	3 m	?	0
Horvadrag, Geirangerfjorden	15.05.1898	?	?	1
Nokken, Hellesylt	01.09.1901	Ja	?	0
Langhammaren, Tafjord	07.04.1934	64	2,5	40
Skafjellet, Stranda	18.03.1938	4	0,5	0
Skrenakken, Sunnylvsfjorden	05.04.1988	2	0,01	0

Hendelsene som her er klassifisert som fjellskred, omfatter også volum ned til 10 000 m^3. Oversikten viser to store historiske hendelser, Tafjordulykka i 1934 og Skafjellet i 1731. Skafjellet er estimert til ca. 6 mill. m^3, men dette er usikkert. Ut fra spor på fjordbunnen er også skredene ved Lausneset og ved Presthella estimert til å være på minst 2 mill. m^3.

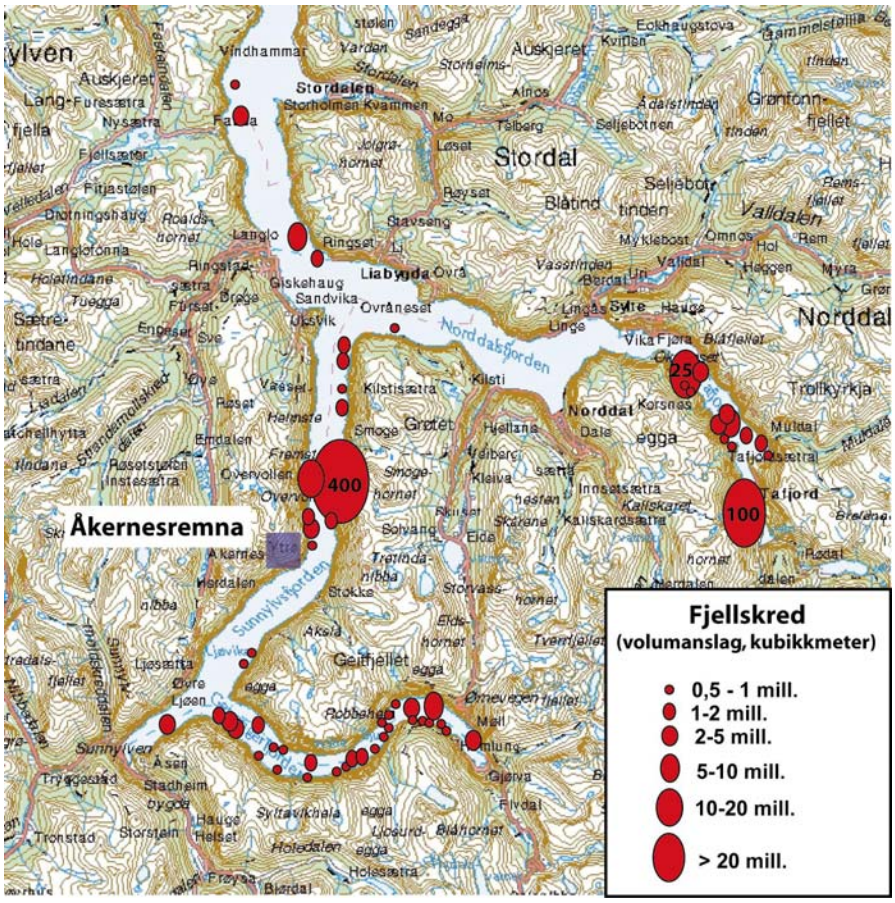
Ut fra de historiske dataene, kan en anta at fjellskred med volum > 500 000 m^3 har gått minst fem ganger i løpet av 300 år i indre Storfjorden. Dette tilsvarer en sannsynlighet på ett skred pr. 60 år (Tabell 2).

For skred over to mill. m^3 finnes det to hendelser i løpet av de siste 300 år (Tafjord og Skafjellet). Dersom vi i tillegg regner med skredet ved Presthella, får vi en sannsynlighet som tilsvarer en hendelse over 2 mill. m^3 pr. 100 år (Tabell 2).

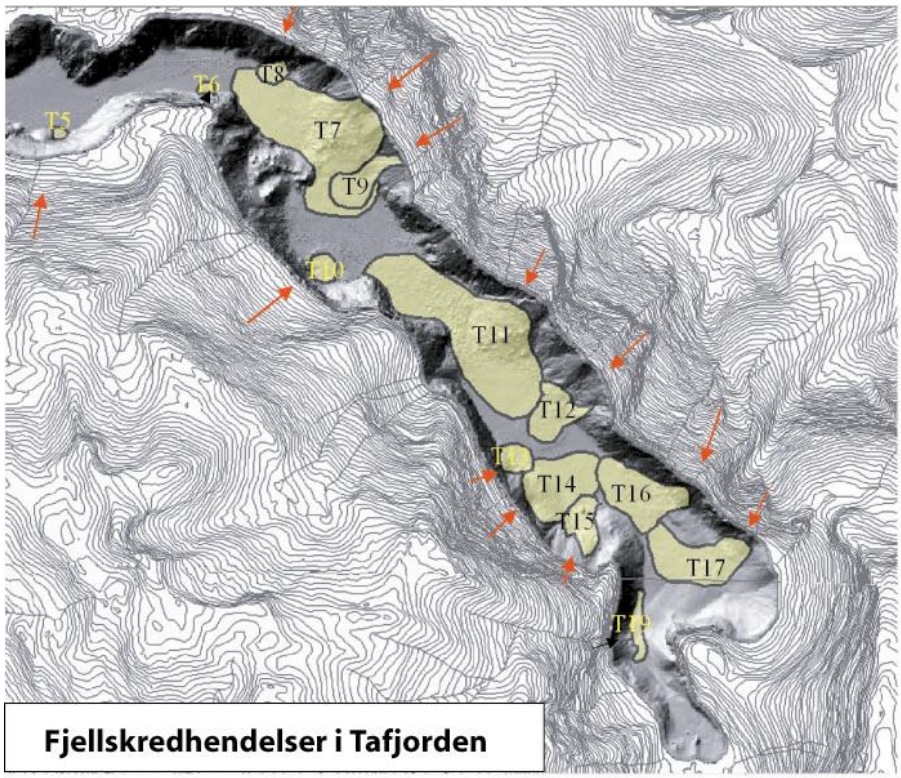
4. GEOLOGISKE SKREDDATA

Den geologiske kartleggingen av fjordbunnen (seismiske data) gir en pekepinn om skredenes alder. Dette har avdekket at det etter siste istid har gått om lag 70 fjellskred over 0,5 mill. m^3 i området (Figur 6). Dette viser at indre Storfjorden ved siden av Romsdalen, er det mest aktive fjellskredområdet i Norge. Dataene indikerer at 70% av skredene i Storfjorden har skjedd i løpet av de siste 5000 år, og 20 av disse er påvist i Tafjorden (Figur 7). Dette tilsier at det i Tafjorden går fjellskred over 0,5 mill. m^3 én gang pr. 300-350 år (sannsynlighet ett skred pr. 300-350 år).

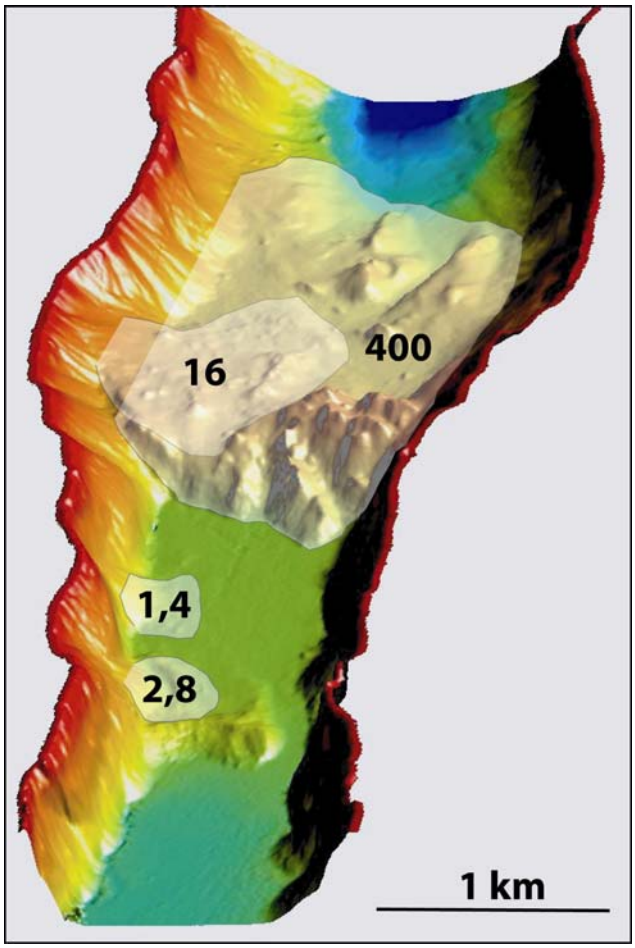
De samme analysene er gjort for fjordsystemet mellom Stranda og Geiranger - og dessuten for hele indre Storfjorden (Figur 6 og Tabell 2). I Sunnylvsfjorden er det også kartlagt en rekke fjellskred, særlig i området nord for Åknes, under Blåhornet. Her har vi et stort kompleks av mange store fjellskred. Det største er trolig nærmere 400 mill m^3 (0,4 km^3). Dette er det klart største fjellskredet som er påvist i Norge. Disse hendelsene, sammen med flere store skred i Tafjorden, viser at skred med svært store volum ikke et uvanlig fenomen i indre Storfjorden.



Figur 6. En oversikt over kartlagte fjellskred i indre Storfjorden (modifisert etter Blikra mfl., 2005). Det er registrert noen flere skred i forbindelse med oppfølgingen av dette området.



Figur 7. Kartlagde fjellskred i Tafjorden (Longva, NGU, upublisert).



Figur 8. Bilde av fjordbunnen like nord for Åknes som viser store fjellskred. Tallene angir volumanslag i millioner m^3 for skredhendelsene.

Totalt er det altså registrert om lag 70 historiske og prehistoriske fjellskred >0,5 mill. m^3 i indre Storfjorden. Regner en med at 50 av disse har gått de siste 5000 år, tilsier dette en hyppighet på skred over 0,5 mill. m^3 på ett skred pr. 100 år (Tabell 2). Av nevnte 70 anslår vi at 20 skred er over 2 mill. m^3. Antar en at 70% av disse har gått i løpet av de siste 5000 år vil det si en hyppighet for skred større enn 2 mill. m^3 på ett skred pr. 280 år (Tabell 2).

Skred over 15 mill. m^3 er sjeldne hendelser også i et geologisk perspektiv, men det er registrert minst fire slike i indre Storfjorden, noe som indikerer en hyppighet på én hendelse pr. 2500 år (Tabell 2). Imidlertid kan det se ut som disse store skredene er gamle og knyttet til tiden like etter siste istid. I hele Møre og Romsdal er det kartlagt ca. 15 store fjellskred over 15 mill. m^3. Dette tilsvarer en hyppighet på én hendelse pr. 700 år. I Møre og Romsdal er det én historisk hendelse i denne kategorien, Tjelleskredet i 1756 (15 mill. m^3).

Tabell 2. Estimerte sannsynligheter for store fjellskred i indre Storfjorden basert på historiske og geologiske data. De er delt i 3 grupper etter volum.

	> 0,5 mill. m^3		**> 2 mill. m^3**		**> 15 mill. m^3**	
Område	Historiske data	Geologiske data	Historiske data	Geologiske data	Historiske data	Geologiske data
Møre og Romsdal					1/300	1/700
Indre Storfjorden	1/60	1/100	1/100	1/280	-	1/2500
Tafjorden	1/300	1/250	1/300	1/1000	-	
Stranda - Geiranger	1/100	1/250	1/300	1/700	-	

5. SAMLET VURDERING AV SANNSYNLIGHET

Sannsynlighet for store fjellskred fra Åknes og Hegguraksla er på dette tidspunktet vurdert ut fra (Tabell 2):

1) Historiske hendelser
2) Geologisk kartlagte hendelser i fjorden
3) Vurdering med omsyn til hvor langt risikoobjektene er kommet i utviklingen mot en skred (deformasjoner, hastighet på bevegelse).

Det er vesentlig større sannsynlighet for at et mindre parti ved Åknes skal skli ut enn at hele fjellsida kollapser. Det er imidlertid store usikkerheter knyttet til hva som vil skje når en mindre del går ut, og om dette er nok til å destabilisere resten av det ustabile fjellmassivet.

5.1 Åknes

Volumanslagene for Åknes er ennå usikkert, men det kan være opp mot 100 mill m^3. Den vestlige flanken som beveger seg raskest (7-20 cm pr. år) kan ha et volum på 8-16 mill. m^3. Nye boringer vil gi bedre dybde- og volumdata.

Når en bruker hendelsene som er større enn 2 mill. m^3 i Tabell 2, og tar som forutsetning at Åknes er det neste store fjellskredet som kommer i indre Storfjorden, gir dette en årlig sannsynlighet på mellom 1/280 og 1/100. For hendelser over 0,5 mill m^3 gir dette tilsvarende gi en årlig sannsynlighet på mellom 1/100 og 1/60. Dersom en tar som forutsetning at Åknes er det neste store fjellskredet over 15 mill. m^3 som kommer i Møre og Romsdal, kan en bruke de historiske og geologiske dataene fra hele fylket (Tabell 2). Det er bare én slik historisk hendelse, Tjelleskredet i 1756 (15 mill. m^3). De geologiske dataene indikerer en hyppighet på 1/700 år for hele fylket.

Vi må imidlertid understreke at det ikke er mulig å foreta en numerisk beregning av skredsannsynlighetene for Åknes. Til det er det for mange usikre faktorer, men bevegelsene er et svært alvorlig faresignal. Vi tror bestemt at det er vesentlig større fare for at den vestlige flanken (eller deler av denne) utvikler et skred – enn at hele (eller store deler av) det ustabile partiet går ut i ett samlet skred. Derfor legger vi til grunn to scenarier:

- Et ”flankeskred” (10 mill. m^3),
- Et ”totalskred” (større enn 35 mill. m^3).

Med disse forutsetningene anslås det at en i de nærmeste årene har en sannsynlighet for et stort flankeskred på mellom 1/300 og 1/100 pr. år – og for totalskredet mellom 1/3000 og 1/1000 pr. år (Tabell 2).

Det er grunn til å anta at stabiliteten svekkes med tiden. Med denne forutsetningen vil det være et tilsynelatende misforhold mellom dagens skredsannsynligheter – og forventet tid til skredscenariene inntreffer. Selv om estimert sannsynlighet for flankeskredet de nærmeste åra er mellom 1/300 og 1/100 pr. år, er det ikke usannsynlig at dette skredet inntreffer i løpet av dette århundret.

Sannsynlighetsestimatene bør få én konsekvens for beredskapstiltakene og en annen for plan- og byggespørsmål. Sikkerhetssonen for evakuering må baseres på totalskredet, mens man i plansammenheng kan legge til grunn to sannsynligheter og faresoner, en for flankeskredet og en for totalskredet.

5.2 Hegguraksla

Når det gjelder Hegguraksla kan en ut fra de historiske og geologiske data si at det går fjellskred over 0,5 mill. m^3 hvert 250-300 år i gjennomsnitt - og skred over 2 mill. m^3 hvert 300-1000 år (Tabell 2). Vi vurderer sannsynligheten for at minst én av de to ustabile fjellblokkene vil utvikle skred til å være mellom 1/500 og 1/300 pr. år (Tabell 2). Vi er fortsatt usikre på om det er bevegelser i denne fjellsiden. Derfor er vi også usikre på hvordan stabiliteten og sannsynligheten for skred vil utvikle seg. Men også her er det grunn til å anta at stabiliteten vil svekkes med tiden. I så fall øker skredsannsynligheten med tiden.

6. KONSEKVENSER – TAP AV MENNESKELIV

Våre vurderinger av konsekvenser (og risiko) legger til grunn at det ikke finnes noen form for beredskap, til tross for at beredskapstiltak er under etablering. Vi gjør disse vurderingene for å dokumentere behovet for beredskapstiltakene.

6.1 Oppskylling av flodbølger

Vurderinger av konsekvenser ved store utglidninger er avhengig av skredobjektenes volum og beregning av oppskyllingshøyder fra flodbølger. NGI har foretatt en foreløpig bølgeanalyse for to scenarier fra Åknes (8 og 35 mill. m^3) (Eidsvåg & Harbitz, 2005), Tabell 3.

Tabell 3. Estimerte oppskyllingshøyder i meter ved mulige fjellskred fra Åknes (Eidsvåg og Harbitz mfl. 2005).

Sted	Oppskyllingshøyde, 8 mill. m^3 (m)	Oppskyllingshøyde, 35 mill. m^3 (m)	Ankomsttid for bølge fra skredet treffer fjorden (min.)
Oaldsbygda (Stokke)	> 50	>100	
Hellesylt	8-10	25 - 35	5
Geiranger	8 -15	20 - 40	10
Raudbergvika	2-4	10-15	3
Stranda	1-3	3-6	6
Gravaneset	1-2	4-6	6
Eidsdal	1-2	4-6	7
Sylte/Muri	1-3	6-9	7
Norddal	2-3	7-10	7
Fjøra	1-2	5-7	9?
Linge	1-2	4-6	7
Tafjord	3-5	12-18	12
Dyrkorn	1-2	2-4	9
Stordal	2-3	5-8	10
Sjøholt	1-2	3-5	12

Scenariene for volum som er brukt i den foreløpige bølgeanalysen er trolig noe underestimert. En utglidning i flanken kan trolig komme opp i 8-16 mill. m^3, og totalvolumet kan trolig også vesentlig overstige 35 mill m^3. I disse volumanslagene er det heller ikke tatt hensyn til volumøkningen som skjer når fjellsida knuses ned og beveger seg ned mot fjorden. En må

regne med en volumøkning på 20-25%, slik at et opprinnelig volum på 8 mill m^3 vil kunne få økt dette til 10 mill. m^3 når skredet treffer fjorden.

En grundig analyse av konsekvenser ved ulike scenarier skal gjøres senere i Åknes/Tafjord prosjektet, men vi vil gi et første anslag over konsekvenser for tap av menneskeliv.

6.2 Scenario for tap av menneskeliv

Arbeidsgruppe 2 i Åknes/Tafjord-prosjektet (beredskap) har gjort en foreløpig analyse av hvor mange personer som oppholder seg i faresonene (Tabell 4). Det er her tatt utgangspunkt i det største scenariet.

Tallene viser at det kan oppholde seg opp mot 3000 mennesker i faresonene til vanlig (fastboende, arbeidsplasser og skole). Det kan i turistsesongen oppholde seg opp mot 25 000 turister i disse områdene, men en mindre del av disse vil til enhver tid være tilstede i faresonen. For et mindre scenario, med lavere bølgehøyder, vil selvsagt disse tallene være mindre.

Tabell 4. Oversikt over personer som oppholder seg i faresonene for totalskredet. Dette omfatter komunene Stranda, Norddal, Stordal og Ørskog. Data er samla inn av Jarle Hole, Stranda kommune/Åknes/Tafjord prosjektet. Tallene som er brukt for turister er maksimale tall i høysesongen.

Kommune	**Tettsted**	**Turister**	**Fastboende, arbeidsplasser, skole**	SUM
Stranda	Geiranger	15 000	100	
	Hellesylt	5000	300	
	Stranda	400	500	
	Gravaneset	200		
	Rubbervika		20	
Norddal	Eidsdal	1500	160	
	Norddal	60	60	
	Fjørå	20	25	
	Valldal	600	350	
	Tafjord	600	50	
	Linge	1200	10	
	Vika		10	
Stordal		100	250	
Ørskog	Sjøholt	100	1200	
Sum		24 780	3035	27 815

Oversikter over naturbaserte attraksjoner fra Innovasjon Norge (www.innovasjonnorge.no) viser besøkstall i 2005 på vel 410 000 i Geirangerfjorden, 530 000 ved Trollstigen, og nesten 130 000 på Dalsnibba i Geiranger (Tabell 5). Disse tallene har vært jevnt stigende de siste årene, og Geirangerfjordens nye "verdensarvstatus" (UNESCO) vil gi økt fokus på området. Et samlet antall turister i dette fjordområdet er på denne bakgrunn anslått til 600 000 pr år.

De estimerte tallene fra arbeidsgruppe 2 og besøkstallene fra Innovasjon Norge er i første omgang brukt som et utgangspunkt for å si noe om konsekvenser i form av tap av menneskeliv ved et skred frå Åknes. Det understrekes at dette er grove anslag, og at det bør gjøres et grundigere arbeid for å utrede konsekvensene.

Tabell 5. Anslag over besøkstall ved noen utvalgte naturbaserte attraksjoner (Innovasjon Norge).

Naturattraksjon	2005	2004	2003
Trollstigen	535.250	529.800	484.000
Geirangerfjorden/Geiranger	413.350	403.300	387.600
Dalsnibba/Geiranger	129.890	164.000	157.000

Vi legger generelt til grunn at fastboende er tilstede i fareområdene i 50% av tida og at turister er i fareområdene i 25% av tida. Det er ellers lagt til grunn at det er 30% sannsynlig for å overleve en flodbølge. En oppsummering av de vurderte sannsynligheter og konsekvenser av fjellskred fra Åknes og Hegguraksla er gitt i Tabell 6.

6.2.1 Åknes - totalskred

For et totalskred fra Åknes vil antall personer i fareområdene bli redusert fra 3000 til 1500 (fastboende) når en regner med at personene er 50% tilstede i fareområdene. Det er tatt høyde for at de estimerte tallene kan være noe høye, og i risikoanalysen er det brukt et intervall på 500-1500 pr år.

For turister er de oppgitte tallene fra arbeidsgruppe 2 maksimumstall som gjelder det mest besøkte tidsrommet (25 000 turister). Det er i denne analysen vurdert at det i gjennomsnitt er 10 000 turister i 3 måneder av året (turistsesongen). Dette gir et gjennomsnitt for hele året på 2500, og når en regner med at de er i fareområdene i 25% av tida vil dette bli redusert til ca. 600 turister i faresonen som et gjennomsnitt. Dersom en bruker besøkstallene estimert av Innovasjon Norge (600.000 pr år) og regner at hver person er i området en dag og at turistene er tilstede i fareområdene i 25% av denne tida, vil en komme frem til et gjennomsnittstall som tilsvarer 400 turister i fareområdene pr. år. I risikoanalysen er det brukt et tall på 400-600 turister pr. år.

De totale tallene på både turister og fastboende som er brukt i risikoanalysen for et totalskred blir da 900-2100 personer i fareområda som et gjennomsnitt. Siden det er antatt at det er 30% sannsynlighet for å overleve en flodbølge er konsekvenstallene i Tabell 6 redusert med 30%.

6.2.2 Åknes - flankeskred

For et flankeskred er det vurdert at konsekvensene blir størst i Hellesylt og Geiranger. Det er vurdert at en har mellom 400 og 800 personer med fast opphold i faresonen (bosted, arbeidsliv og skole). Regner en med at de er tilstede i faresonen i 50% av tida blir tallene 200-400. Det vil oppholde seg mange turister nær fjorden og antall turister i faresonen vil ikke være så mye redusert ved et mindre skred. Det er her regnet med at om lag halvparten av de turistene som er estimert i Tabell 4 er i faresonen ved et flankeskred, det vil si et gjennomsnittstall på 200-300 personer pr. år.

De totale tallene på turister og fastboende som er brukt i risikoanalysen ved et flankeskred er derfor 400-700 personer i fareområdene som et gjennomsnitt (Tabell 6).

6.2.3 Hegguraksla

For et skred fra Hegguraksla er det vurdert at det vil være 100-200 personer med fast opphold i faresonen i Tafjord, Valldal, Fjørå og Vika. Dette tilsvarer 50-100 når en regner med at de er tilstede i faresonen i 50% av tiden. Det er regnet med at opp til 4000 turister kan være innom faresonen. Det er estimert et gjennomsnittstall for de tre sommermånedene på 1000 turister. Regner en med at de oppholder seg 25% av tida i faresonen i tre måneder vil det bli et gjennomsnitt på vel 60 personer i faresonene. Det er brukt et antall på 50-100 i denne

analysen. De totale tallene på både turister og fastboende som er brukt i risikoanalysen ved et skred fra Hegguraksla er derfor 100-200 personer i fareområdene som et gjennomsnitt (Tabell 6).

Tabell 6. Oppsummering av de vurderte sannsynligheter og konsekvenser av fjellskred fra Åknes og Hegguraksla.

Scenario	Sannsynlighet skred	Antall personer i fareområda (årlige gjennomsnittstall)	Konsekvens = forventa tap av liv (gjennomsnitt)
Åknes, 10 mill. m^3 ($Å_1$)	1/100-1/300	400-700	280-490
Åknes >35 mill. m^3 ($Å_1$)	1/1000-1/3000	900-2100	630-1470
Hegguraksla 2 mill. m^3 (H_1)	1/300-1/500	100-200	70-140

Tabell 6 gir en oversikt over konsekvenser i form av tap av menneskeliv, som er brukt for de ulike scenaria ved fjellskred frå Åknes og Hegguraksla. De øvrige økonomiske og samfunnsmessige konsekvensene er så langt ikke vurdert, men dette vil inkludere store økonomiske tap i form av ødelagt bebyggelse og infrastruktur, og langvarige inntektstap for næringslivet.

7. RISIKOVURDERINGER - TAP AV MENNESKELIV

Det er ikke mulig å sikre seg absolutt mot farer og ulykker, men det er ønskelig at risikoen holdes på et "akseptabelt" nivå. Akseptabel risiko vil alltid være et politisk spørsmål. For å vurdere nivået på risikoen knyttet til de ustabile fjellpartiene har vi derfor gjort en sammenligning med andre typer risiko i samfunnet. Vi har vurdert både den individuelle risikoen og samfunnsrisikoen/grupperisikoen. I og med at flodbølger fra Åknes eller Hegguraksla vil forårsake store tap av menneskeliv (uten beredskap) og store samfunnsmessige konsekvenser for øvrig, er det viktig å se på den totale samfunnsrisikoen.. Vi understreker at vurderingene av konsekvenser og risiko er bygd på at det ikke er etablert noen beredskap.

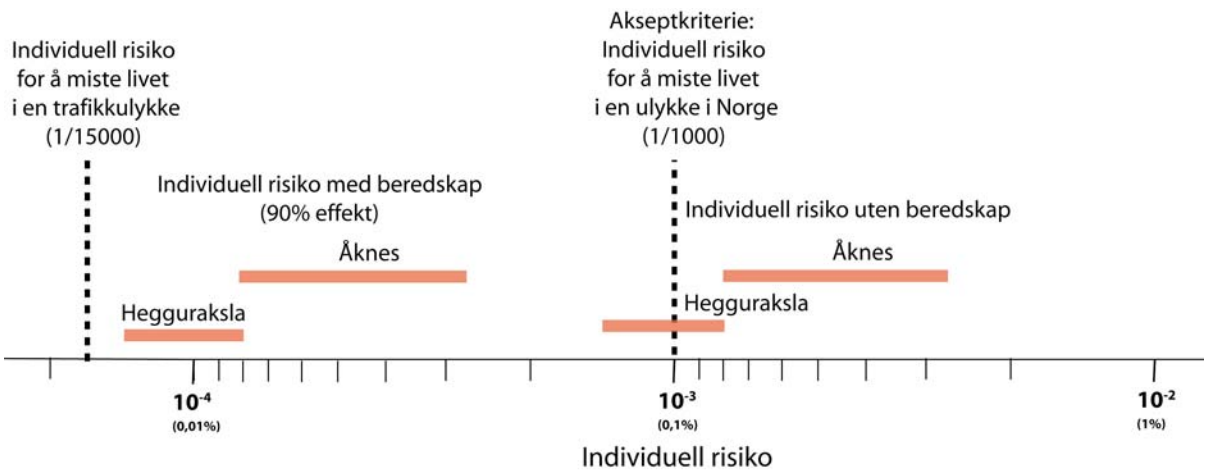
7.1 Individuell risiko

Det er vanlig å etablere risikoakseptkriterier ved vurderinger av hva som er akseptabelt eller uakseptabelt nivå. Et eksempel på dette er grenser for hva en bør akseptere for den individuelle sannsynligheten for å omkomme i en ulykke i løpet av et år (alle typer ulykker). Aven mfl. (2004) har satt denne sannsynligheten til 10^{-3} pr år eller 0,1% pr. år. (ca. 4000 personer pr. år i Norge), Figur 9. Dette tallet er fremkommet ved en gjennomgang av historiske ulykker med tap av menneskeliv i Norge.

Med individuell risiko har vi sett på sannsynligheten for at de som befinner seg i faresonen mister livet på grunn av en flodbølge initiert fra Åknes og Hegguraksla. Det blir i denne sammenheng brukt det minste scenariet fra Åknes som eksempel, der sannsynligheten for et fjellskred med etterfølgende flodbølge er 1/300 til 1/100 pr år.

Vi legger til grunn at de som har fast tilhold i faresonen (bosted, arbeid og skole) er til stede 50 % av tida, og videre at sannsynligheten for å miste livet nå man rammes av ei flodbølge er på 70 %. Da blir den individuelle risikoen for de med fast tilhold i faresonen mellom 1/800 og 1/250 pr. år (noe avrundet), Figur 9. Dette er høyere enn den samlede ulykkesrisikoen i Norge, medreknet alle typer ulykker (1/1000 pr. år). Den individuelle risikoen knyttet til Åknes (flankeskredet) er 20-60 ganger høyere enn den individuelle dødsrisikoen i trafikken i Norge (1/15 000 pr. år). For Hegguraksla er den tilsvarende individuelle risikoen mellom

1/1300 og 1/800 pr. år (Figur 9). For begge disse skredobjektene er disse risikonivåene langt over det som regnes som ”akseptabelt” for en ”ufrivillig” risiko



Figur 9. Anslag over individuell risiko knyttet til flodbølger initiert av et flankekollaps fra Åknes. Dette er den årlige sannsynligheten for å miste livet. Det er lagt inn den generelle individuelle risikoen for å miste livet i en trafikkulykke basert på historiske data (300 personer pr. år i Norge). Det generelle akseptkriteriet for å miste livet i en ulykke i Norge ligger på 0,1%. Det er brukt logaritmisk skala.

7.2 Samfunnsrisiko/grupperisiko

I risikovurderinger brukes ofte begrepet "Potential Loss of Life" som beskriver det potensielle tap av menneskeliv i løpet av et år (Aven et al., 2004). Dette prinsippet er brukt i forbindelse med estimering av risiko for et fjellskred og flodbølger fra Åknes og Hegguraksla. Tabell 7 gir en oversikt over de sannsynligheter, konsekvenser (tap av menneskeliv) og risiko (potensielle tap av menneskeliv) som er vurdert for Åknes og Hegguraksla.

7.2.1 Sammenligning med annen skredutsatt bebyggelse

Risikotallene som er brukt for Åknes og Hegguraksla er her sammenlignet med to andre tenkte skredhendelser:

- Et snøskred med sannsynlighet 1/500 pr år som truer to boliger med 8 personer
- Et snøskred med sannsynlighet 1/500 pr år som truer 10 boliger med 40 personer

Det er også viktig å understreke at alle disse konsekvensene er vurdert ut fra at skred ikke varsles. De årlige sannsynlighetene på 1/500 som er brukt i disse tilfellene er en sannsynlighet som ligger på et nivå der forskriftene for sikkerhet (TEK) tilsier at det bør utføres sikringstiltak. Det er antatt at personene er 50% av tida i faresonen, og det viser seg fra historiske snøskred hendelser at det er 50-90% sjanse for å overleve slike skred. Det er i dette tilfellet antatt at det er 75 % sannsynlighet for å overleve skredet.

Tabell 7. Oversikt over de vurderte årlig sannsynligheter, konsekvens (tap av menneskeliv) og risiko (årlig risiko for tap av menneskeliv) for Åknes og Hegguraksla. Tallene er sammenlignet med to tenkte skredhendelser. Det er her brukt gjennomsnittstall hentet fra Tabell 6.

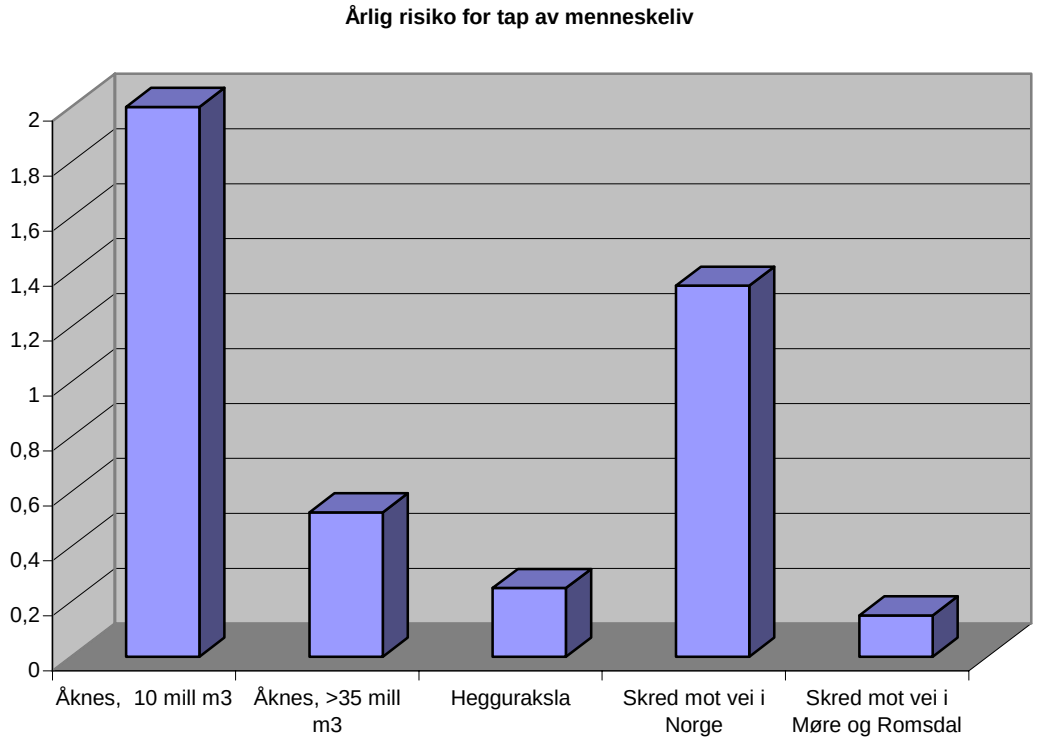
	Sannsynlighet	**Konsekvens**	**Risiko**
Åknes 10 mill m^3	1/200	400	2
Åknes > 35 mill m^3	1/2000	1050	0,525
Hegguraksla 2 mill. m^3	1/400	100	0,25
Snøskred mot 2 bolighus	1/500	8 personer x 0,50 x 0,25 = 1	0,002
Snøskred mot 10 bolighus	1/500	40 personer x 0,50 x 0,25 = 5	0,01

Det fremgår av Tabell 7 at risikoen knyttet til et fjellskred ved Åknes er 200-1000 ganger større enn to alvorlige snøskredhendelser som truer 2 til 10 bolighus.

7.2.2 Sammenligning med skredulykker på vei

Risikotallene for Åknes og Hegguraksla er også sammenlignet med den årlige risikoen for å miste livet på grunn av skred i trafikken (Figur 10). Totalt mister mellom en og to personer livet pr år grunn av skred på vei i Norge (27 personer i tidsrommet 1980-2000). Dette viser at risikoen knyttet til et fjellskred fra Åknes er noe større enn den totale risikoen for tap av liv etter skred på veinettet i Norge.

I Møre og Romsdal er det registrert tre omkomne av skred på vei i tidsrommet 1980 til 2000. Risikoen knyttet til Åknes er derfor mer enn ti ganger større en den samlede skredrisikoen vi har langs vei i Møre og Romsdal (Figur 10).



Figur 10. Diagram som illustrerer årlig risiko for tap av menneskeliv ved et stort fjellskred fra Åknes og Hegguraksla, se også Tabell 7. den totale årlige risikoen for tap av menneskeliv ved skred mot vei i Norge og i Møre og Romsdal. Det er brukt gjennomsnittsverdier for risiko.

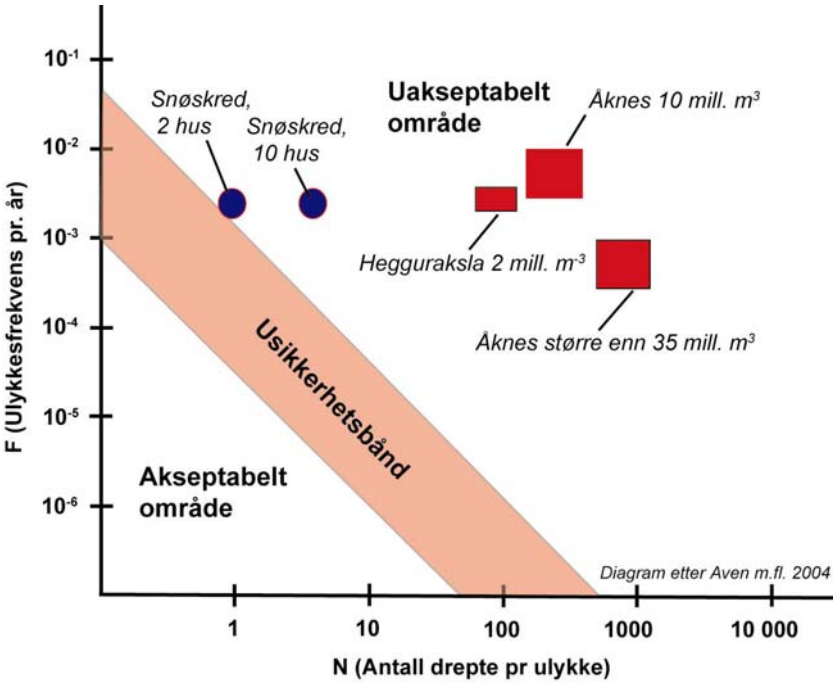
7.2.3 F.N kurve (Frekvens-antall omkomne)

For å vurdere den totale samfunnsrisikoen eller grupperisikoen er det vanlig å fremstille risiko knyttet til tap av liv i en F-N kurve. Dette viser frekvensen (F) av ulykkeshendelser med minst N omkomne og hvor aksene ofte er logaritmisk. Slike analyserer også gjort for risikoen knytt til store fjellskred i Italia (Crosta mfl. 2006). Risikoen for tap av menneskeliv knyttet til Åknes og Hegguraksla er plottet inn i en slik kurve presentert av Aven mfl. (2004), Figur 11. Dette viser at risikoen knyttet til Åknes og Hegguraksla ligger langt over i den delen som er definert som uakseptabelt område. Dette skyldes først og fremst de store konsekvensene med tap av menneskeliv. Det understrekes at akseptkriteriet (akseptabelt og uakseptabelt område) som er brukt i dette diagrammet kan diskuteres, og det vil være et politisk spørsmål hvor

denne grensen skal gå. Det er spesielt vanskelig å bruke slike akseptgrenser for hendelser med svært store konsekvenser slik som i dette tilfellet.

7.2.4 Fjellskredhendelser på Vestlandet

På Vestlandet har vi i løpet av 1900-tallet hatt 120 skred med dødsfall, til sammen 360 (nasjonal skreddatabase, *skrednett.no*). Kun tre av disse var fjellskred (Loen, 1905 og 1936, og Tafjorden, 1934) - men disse tre skredene tok 175 menneskeliv, tilsvarende 48% av de samlede tapstallene. For Sogn og Fjordane, og Møre og Romsdal, som er de to mest skredutsatte fylkene i landet, utgjør disse tre fjellskredene over 60% av det samlede tallet på skredoffer på 1900-tallet. Utviklingen av tettsteder og infrastruktur langs fjordene, og videre et voksende reiseliv har gjort oss stadig mer sårbare for slike skred. Disse fakta tilsier at denne risikoen generelt bør vises større oppmerksomhet – og for Åkneset som forventes å være det neste store fjellskredet i denne landsdelen, er det spesielt viktig å få på plass beredskapstiltak.



Figur 11. F-N kurve (frekvens - antall omkomne) hentet fra Aven mfl. (2004), der risikotallene fra Åknes og Hegguraksla er plottet inn (Tabell 7). De to skredhendelsene med en sannsynlighet på 1/500 pr år er også lagt inn som en sammenligning.

8. EFFEKT AV BEREDSKAPSTILTAK

Åknes/Tafjord prosjektets hovedmål er å redusere risikoen for tap av menneskeliv. Dette blir gjort ved å etablere et pålitelig beredskapssystem basert på overvåking, varsling og evakuering. Kvaliteten på systemene vil øke ved at en har mange overvåkingspunkter, flere uavhengige overvåkingssystemer og at en har flere separate energi- og kommunikasjonssystemer. Dessuten må en ha en operativ overvåking med døgnkontinuerlig bemanning med velfungerende varslingssystemer ut til personer i fareområdene.

Samfunnsrisikoen knyttet til Åknes (flankeskredet) er meget høy (Figur 11). Det er klart nødvendig å redusere denne risikoen betraktelig, noe som tydeliggjør behovet for så raskt som mulig å etablere et svært pålitelig beredskapssystem.

Overvåkingen av Åknes og Hegguraksla er delvis på plass men er fortsatt i en utbyggingsfase. Overvåkingssenteret er ennå ikke operativt, men likevel mener vi at dagens overvåking allerede gir økt sikkerhet. Som det fremgår av Figur 9 vil et beredskapssystem for Åknes med

90% effekt redusere den individuelle risikoen for personer som er utsatt til under det generelle risikoakseptkriteriet for ulykker, men den individuelle risikoen vil fremdeles være høyere enn den individuelle risikoen knyttet til trafikkulykker (Figur 9). Vi mener det er realistisk å få etablert et beredskapssystem som gir en økt sikkerhet på mellom 90 og 99%, og dette vil føre til en reduksjon i individuell risiko for personer i fareområdene som er akseptabel.

9. REFERANSER

Aven, T., Boyesen, M. Njå, O., Olsen, K.H. og Sandve, K. 2004: Samfunnssikkerhet. Universitetsforlaget. 296 s.

Blikra, L.H., Longva, O., Harbitz, C. & Løvholt, F. (2005)**:** Quantification of rock-avalanche and tsunami hazard in Storfjorden, western Norway, 57-64. *I: Senneset, K., Flaate, K. & Larsen, J.O. (eds.) Landslides and Avalanches ICFL 2005 Norway.Taylor & Francis Group, London.*

Crosta, G.B., Chen, H. & Frattini, P. 2006: Forecasting hazard scenarios and implications for the evaluation of countermeasure efficiency for large debris avalanches. *Engineering Geology 83*, 236– 253

Eidsvåg, E. & Harbitz, C.B. 2005: Åknes/Tafjord prosjektet. Innledende numeriske analyser av flodbølger som følge av mulige skred fra Åkneset. *Norges Geotekniske Institutt* Rapport 20031100-2.