



Prosjekt

Prosjekt: Snøskred FoU 2013
Dokumenttittel: Årsrapport
Dokumentnr.: 20130036-02-R
Dato: 31. januar 2014
Rev. nr./rev. dato: 0

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Sluppen
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: NVE
Kontaktperson: Aart Verhage
Kontraktreferanse: Brev fra 04. januar 2013

For NGI

Prosjektleder: Christian Jaedicke
Utarbeidet av: Christian Jaedicke
Kontrollert av: Dieter Issler

Sammendrag

Snøskred utgjør en betydelig fare for bebyggelse, infrastruktur og mennesker i utsatte områder i Norge. God arealplanlegging for å unngå bygging i skredutsatte områder forutsetter en kontinuerlig forbedring av modeller for snøskredberegninger. Bruk av utsatte vei- og jernbanestrekninger vintertid forutsetter gode metoder in regional og lokal snøskredvarsling. NGIs snøskredforskning som er finansiert fra OED/NVE setter fokus på samfunnets behov og de kunnskapshullene som fortsatt finnes om snøskred. Drift og eksperimenter i storskalaforsoeksfeltet Ryggfonn er viktig del av dette arbeidet. Data fra nye og tidligere eksperimenter blir brukt til ny viten om skredhastigheter og dynamisk oppførsel. Numeriske modeller for beregning av snøskred i terreng videreutvikles. Utløsning av sørpeskred i ulike vær-situasjoner ble studert. Samarbeidsprosjektet SNAPS bidro til nye ideer om varsling av snøskred. I Aurland ble to kameraer installert som skal fange opp snøskred som treffer sikringsvoller. I 2012/2013 omkom 8 mennesker i 6 skredulykker og store ressurser ble brukt for å dokumentere disse hendelsene. Data fra ulykker samles systematisk og gir grunnlag for forskning og bedre sikkerhet mot ulykker. Publikasjons- og foredragsaktiviteten er høy og bidrar til å spre NGIs kunnskap både nasjonalt og internasjonalt.

Innhold

1	Innledning	5
2	Forskningsmålene	5
3	Delprosjektene	6
	3.1 Modellutvikling	6
	3.2 Varsling av skredfare	9
	3.3 Sikringstiltak	11
	3.4 Informasjon	12
4	Publikasjoner og presentasjoner 2013	14
	4.1 Publikasjoner	14
	4.2 Presentasjoner	15

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Snøskredforskningen på NGI er viktig del av snøskredgruppens aktivitet. Bevillingen bidrar til å drifte fullskalaforsøksfeltet Ryggfonn, gjennomføre fullskalaforsøk, utteste nye ideer innen varsling og modeller og til dokumentasjon av norske skredulykker. Bevillingen fra OED via NVE hadde i 2013 en ramme på 3.015.250 NOK. NGI bidrar årlig med egne midler til snøskredforskningen og har de senere årene investert store beløp i oppgraderingen av forsøksfeltet Ryggfonn. I tillegg til OED bevillingen jobber NGI aktivt med å verve inn midler fra Norges Forskningsråd, EU og andre kilder. Midler fra EU bidro til prosjektet [SNAPS](#). Prosjektene [ASAM](#) og [AAF](#) undersøker metoder for bruk av fjernmåling i snøskredarbeidet og er finansiert av Norsk Romsenter (PRODEX program) og ESA. I samarbeid med NVE ble det gjennomført et prosjekt for å undersøke effekten av skog på ulike skredtyper deriblant snøskred.

Forskningsaktivitetene var inndelt i fire delprosjekter, modellutvikling, varsling, sikringstiltak og informasjon. Aktivitetsnivået varierte sterkt i de ulike delprosjektene, mest pga. det store antall ulykker som krevde ekstra ressurser. Resultatene av forskningen i 2013 er presentert i denne rapporten.

Snøskredforskningen i Norge fylte 40 år i 2013. Jubileet ble feiret med et faglig seminar i Stryn og ekskursjon til Ryggfonn og Fonnbu i september.

2 Forskningsmålene

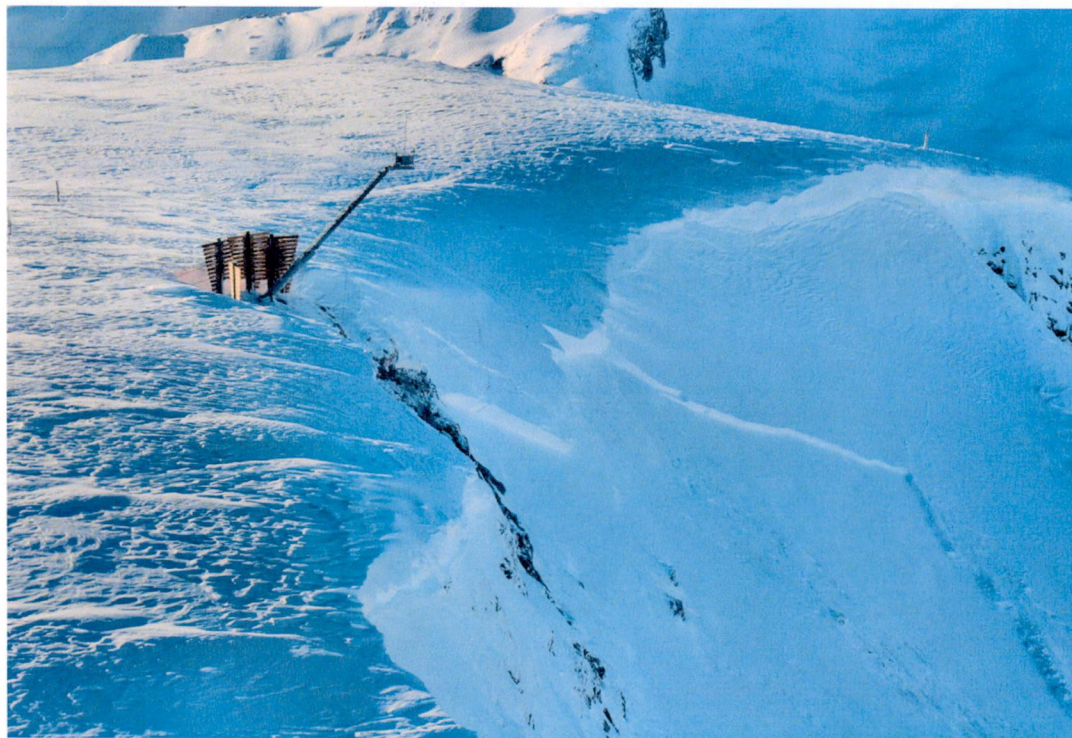
For 2013 var de overordnede målene for forskningsinnsatsen definert ut fra erfaringene fra NGIs praktiske arbeid innen snøskred, innspill fra kommuner offentlige etater som og NVE og en gjennomgang av gjengående åpne spørsmål innen fagfeltet. Drift av anlegget og gjennomføring av eksperimenter i Ryggfonn spiller en viktig rolle. Prosjektet ble så delt i delprosjektene modellutvikling, skredvarsling, sikringstiltak og informasjon. I denne rapporten er noen av resultatene fra årets forskning beskrevet kort.

3 Delprosjektene

3.1 Modellutvikling

Eksperimentene i Ryggfonn forutsetter gode snøforhold i skredbanen. På den ene siden ønskes det store snøfall som fører til mye snø i utløsningsområdet. På den andre siden ønsker man at skred ikke utløses naturlig, slik at alle måleinstrumenter kan settes opp før skredet til slutt sprenges ned. Vinteren 2012 - 2013 inntraff dessverre ingen av disse forutsetningene og ingen eksperimenter kunne utføres. Midlene ble omfordelt til noe intensivert vedlikehold av instrumenteringen, til dataanalyse av historiske skred i Ryggfonn og modellutvikling.

Instrumenteringen i Ryggfonn er et komplisert anlegg som krever stadig oppfølging og oppgradering slik at alt er operativt til vinteren. Dette arbeidet ble også utført i 2013 og til dels intensivert for å ha anlegget i topp tilstand for den nye sesongen. Erfaringene med den nye sprengmasten øverst i skredbanen viser at denne installasjonen gjør arbeidet med å sprengne ned skred i Ryggfonn enklere og tryggere (NGI rapport 20130036-01-R).



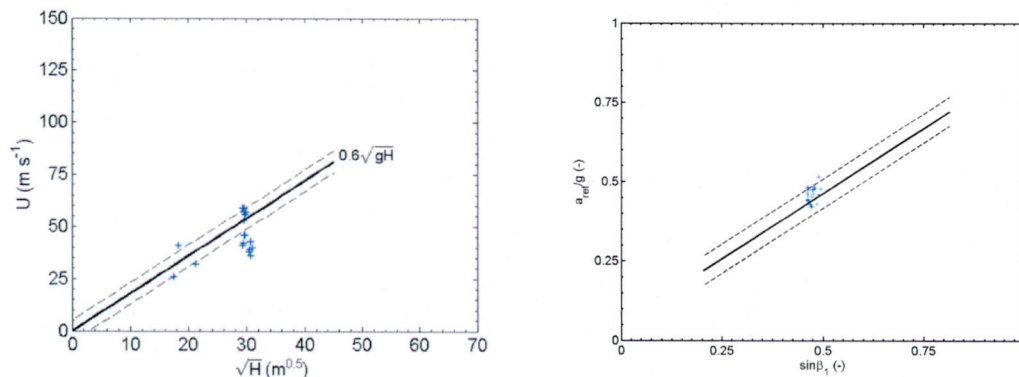
Figur 3-1: Wyssen sprengmast i Ryggfonn, Grasdalen i Stryn. Masten er plassert ca. 1600 moh. på nordsiden av fjellet Ospelihynna øverst i skredløpet til Ryggfonn. Bildet er fra et forsøk i 2011. (Foto: Krister Kristensen).

Innen modellutvikling ble koden for den NGI - utviklede kvasi 3D modellen MoT-Voellmy testet i flere prosjekter. Resultatene av disse testene viser at koden fungerer i vanlige omgivelser og terreng og gir de ønskede resultatene for utløp og hastigheter i skredbanen. For å sikre at koden alltid løser Voellmy-modellens ligninger korrekt, ble også flere numerisk vanskelige scenarier testet. Det viser seg at måten modellen håndterer hydrauliske sjokk på (for eksempel når skredet treffer en voll eller en naturlig barriere i skredbanen), fortsatt trenger mer utvikling. Derimot ser den enkle medrivingsmodellen som nå er implementert i MoT-Voellmy ut til å gi troverdige resultater. Det mangler imidlertid gode felldata for å virkelig kunne verifisere medrivingen og hvordan denne prosessen egentlig påvirker hele skredets reologi.

Mot slutten av året ble en forbedret og utvidet versjon av MoT-Voellmy (beta-versjon) ferdigstilt som skal testes grundig i 2014 for så å kunne innføres til praktisk bruk. Forbedringene gjelder først og fremst stoppekriteriene for å unngå kunstige oscillasjoner i sluttfasen av en simulering. Den hovedsakelige utvidelsen gjelder effekter av terrengets krumning (sentrifugalkraften som øker eller minsker friksjonen). En ny opsjon gi muligheten til å ta med effekten som erosjon har for den lokale helningen og krumningen av terrenget i situasjoner der det kan være nødvendig. I tillegg ble en alpha-versjon av MoT-NIS, implementeringen av NGIs Norem-Irgens-Schildrop-modellen i den samme numeriske plattformen som MoT-Voellmy programmert, som også skal testes i 2014.

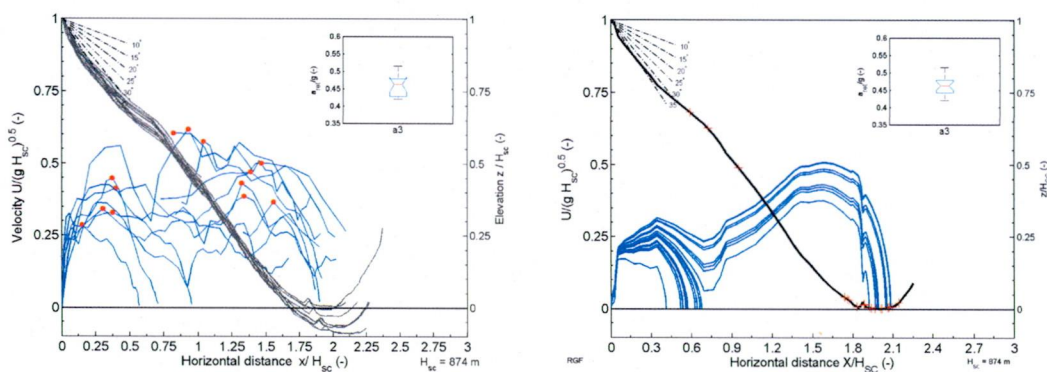
I 2013 ble arbeidet med en ny, fysikalsk realistisk og matematisk konsistent teori for medriving videreført. Det foreløpige resultatet av arbeidet er en tilnærmet, men eksplisitt formel for medrivingshastigheten i NIS-modellen. Denne formelen er bemerkelsesverdig fordi den er basert på korrekt håndtering av impulsbalansen i overgangen fra snødekket til skredet og ikke inneholder frie parametere som brukeren kan justere etter behov (unntatt fra snødekkets styrke, som ikke er en fri parameter, men en randbetingelse). Det viser seg imidlertid fra selve formelens struktur at den må være begrenset til lav eller moderat hastighet og ikke altfor tunge skred. Ved høy hastighet eller høy skredlast kan snødekket ikke eroderes kontinuerlig, men kollapser fullstendig, men skredet klarer ikke å akselerere denne nye massen med en gang. Denne situasjonen må beskrives matematisk på en annen måte. Disse spørsmålene skal undersøkes videre i 2014 under et NGI-forskningsstipend som kommer FoU Snøskred i stor grad til gode.

I et internt prosjekt utenfor FoU snøskred ble MoT-Voellmy integrert i ArcGIS-arbeidsflyten som brukes av alle NGIs skredeksperter i skredfarekartlegging. Dette brukergrensesnittet gjør det nye programmet enkelt og effektivt å bruke. Skredfarevurderingene får også en betydelig merverdi gjennom bruket av en kvasi-3D modell fordi den sideveis spredningen av skredene beregnes automatisk og resultatene av beregningene ikke lenger avhenger av valget av profillinjen for beregninger med en blokk- eller kvasi-2D modell.



Figur 3-2: Maksimum fronthastighet versus fallhøyde, H (venstre) og motsvarende gjennomsnittlig retardasjon versus gjennomsnittlig gravitasjonsakselerasjon (β_1) normalisert med g .

Dataene fra tidligere eksperimenter i Ryggfonn er analysert og sammenlignet med data fra andre testområder i Europa. Figur 3-2 viser et eksempel på den maksimale observerte fronthastigheten versus fallhøyde og den motsvarende retardasjonen for 18 skred fra Ryggfonn. Figuren på den venstre siden viser også $1,8 H^{0,5}$ linjen som McClung and Schaerer (1993) foreslo som en øverste grense for maksimalhastigheten. Den nederste linjen viser den lineære trenden i retardasjon fra 320 norske ekstremskred (Gauer, 2010). Figur 3-3 viser en sammenligning av målte og simulerte fronthastigheter fra ulike skred på Ryggfonn.



Figur 3-3: Fronthastighet versus horisontalutløp: Venstre målinger og høyre simuleringer fra en enkel blokkmodell med konstant retardasjon. For enklere sammenligning er begge figurene skalert med den samme fallhøyden ($H_{sc} = 874$ m). De mindre figurene oppe til høyre viser en boksplott for retardasjonen henholdsvis for de observerte og simulerte skredene.

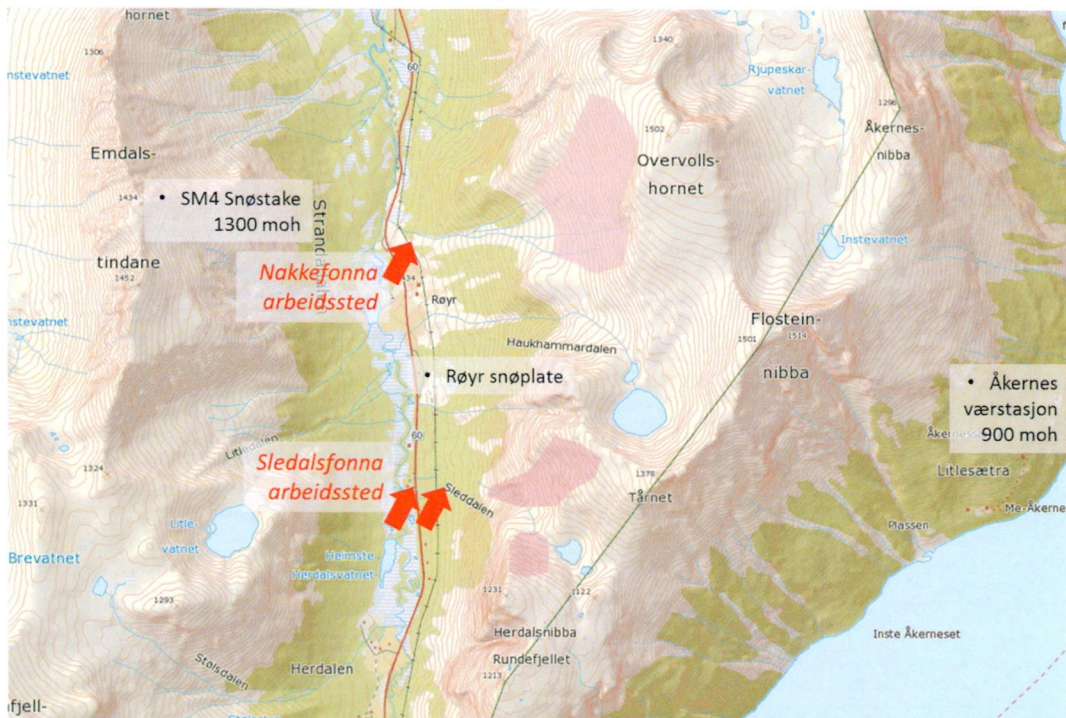
3.2 Varsling av skredfare

Arbeidet har konsentrert seg på tre hovedoppgaver, varsling av sørpeskred, objektspesifikk varsling og samarbeidsprosjektet SNAPS. Studier av nyere sørpeskredhendelser (siden 2010) bekrefter at sørpeskredhendelsene stort sett opptrer i to forskjellige vær-situasjoner. Tidlig høst og hele vinteren blir sørpeskred utløst av en kombinasjon av mye nedbør som regn og raskt stigende temperaturer. Begge fører til tilgang til mye vann som kan samle seg i snødekket og dermed gi opphav til sørpeskred. Om våren derimot, spesielt sent i smelteperioden, kan sørpeskred også forekomme i situasjoner med fint vær. Målinger fra Fonnbu bekrefter at det er de første dagene med maksimal strålingsinput skredene blir utløst. Gjerne samtidig med at nattetemperaturen for første gang ikke synker under null grader. At strålingen spiller en stor rolle i utløsning av våte snøskred om våren overensstemmer med resultater fra Sveits. Moderne værmodeller har strålingselementer som produkter og kan eventuelt brukes til å fange opp slike vårsituasjoner.



Figur 3-4: Sørpeskredene i Vefsn i 2010 ble utløst av mye innstråling og høy lufttemperatur. (Foto: Erik Hestnes)

Snøskredvarsling kan dekke alt fra store regioner til enkelte skredbaner. Den europeiske skredfareskalaen er utviklet for å beskrive skredfaren i et område som typisk omfatter en begrenset fjellregion, for eksempel Strynefjellet eller Jotunheimen. Bruk av skalaen for større områder anses som problemfritt, men det er internasjonalt enighet om å ikke bruke skalaen for å beskrive skredfaren i enkeltfjellsider. I lokale skredvarslingsprosjekter er det ofte nettopp beskrivelsen av skredfaren i en eller flere veldefinerte skredbaner som er utfordringen. NGI har i et prøveprosjekt testet kombinert bruk av den europeiske skredfareskalaen til å beskrive den generelle situasjonen i området og en egen spesifikk skala for å beskrive sannsynligheten for at et objekt i skredbanen kan bli truffet i løpet av de neste 24 timene.



Figur 3-5: Kartet viser skredvarslingsområdet i Strandadalen. Oppgaven var å varsle en daglig sannsynlighet for at skred skal kunne nå frem til arbeidsstedene i skredbanen.

Estimering av sannsynligheten for at et skred skal treffe et bestemt objekt i skredbanen er en stor utfordring i områder hvor det foreligger lite eller ingen data om tidligere skredhendelser og hvor langt disse skredene går. Bruk av avanserte statistiske analyser på eksisterende datasett vil kanskje i fremtiden gi muligheten for et bedre statistisk grunnlag for slike lokale varsler.

Forbedring av offentlige snøskredvarslingstjenester til bruk i person- og varetransport er viktig for å kunne utnytte vegsystemet på beste måte. Dersom en vei stenges uten forvarsel vil transport ofte være i gang og varer og personer vil bli sittende fast på uønsket sted og/eller måtte ta store omveier. Tidlig varsling vil kunne bidra til bedre planlegging innen transportbransjen, slik at alternativ rute kan velges på et tidlig stadium. Når det gjelder privatpersoner vil en slik varsling gjøre folk i stand til å ta beslutninger om veivalg eller reisetidspunkt på bakgrunn av risikoaksept og villighet til å møte stengt vei.

Forskere fra Island, Sverige, Finland og Norge har sett på denne problemstillingen i rammen av forskningsprosjektet [SNAPS](#) (Snow, Ice and Avalanche Applications). Et av fokusområdene er Nordfjord og Sunnmøre. Som et resultat av prosjektet drives det denne vinteren en test-tjeneste i Stryn som varsler lokalt næringsliv og interesserte privatpersoner om forventede stenginger av Strynefjellet pga. skredfare.



Figur 3-6: I tillegg til en abonnementstjeneste med SMS-varsling av forventede stenginger av Strynefjellet pga. skredfare, er det opprettet en Facebook-side for kommunikasjon med brukerne av tjenestene.

3.3 Sikringstiltak

Virkning av sikringstiltak i utløsningsområder er enkelt å vurdere. Oppgaven er å holde snøen på plass i fjellsiden og motstå kreftene fra snøsig. Sikringstiltak i skredbanen som enten skal lede et skred i en ønsket retning eller stoppe skredet helt før den treffer et truet objekt er betydelig vanskeligere å evaluere. Ofte er slike sikringstiltak dimensjonert for store skredhendelser som forekommer svært sjeldent, slik at et sikringstiltak gjerne kan stå over 50 år før et skred igjen når frem til tiltaket. Den 15 m høye skredvollen i Ryggfonn har gitt mye interessant informasjon om virkningen av en slik dam i våte og tørre snøskred. I 1998 ble to store ledevoller i Gudvangen ferdigstilt. Vollene fungerer etter ønske og leder skredene bort fra utsatt bebyggelse. Skredhendelser her er relativt hyppige og det finnes mange fotografier av skredavsetningene etter at skredet har stoppet. I 2013 ble det startet et prosjekt med å sette opp to videokameraer som skal ta opp selve skredbevegelsen når skredene treffer vollen. Kameraene filmer kontinuerlig og lagrer data i en uke. Etter at et skred inntreffer må den riktige sekvensen isoleres for analyser av hastigheter og oppskyllingshøyder. Resultatene kan brukes til å teste dynamiske snøskredmodeller.



Figur 3-7: Bildet fra kamera 1 i Gudvangen viser den nedre del av høyre skredvoll. (Foto: NGI)

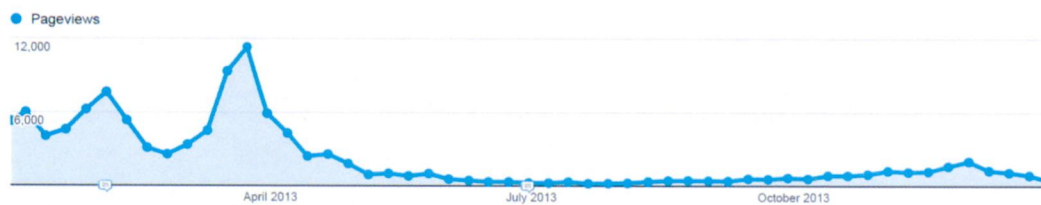
3.4 Informasjon

Vinteren 2012/2013 skjedde det 6 dødelige snøskredulykker med 8 omkomne. Alle ulykkene skjedde i forbindelse med fritidsferdsel i naturen. Redningsaksjonen etter tre omkomne snøskuterførere på Senja i slutten av mars 2013 var den største søkeaksjonen etter omkomne siden Vassdalsulykken i 1986. Over 250 personer deltok i søket og forsvaret bidro med store ressurser i tillegg til hjelpemannskaper fra Røde Kors, Norsk folkehjelp og sivilforsvaret. NGI har laget ulykkesrapporter fra alle dødsulykkene og besøkte 5 av ulykkesstedene. Rapportene er meget etterspurt av publikum og media og bidrar til viktig læring hos alle som ferdes i naturen.



Figur 3-8: Bilde fra leteaksjon etter tre omkomne skuterførere på Senja i april 2013. Søkelag står omtrent ved øvre ende av ulykkesskredet. (Foto: Kjetil Brattlien)

Faglig riktig informasjon om snøskred er viktig for å øke kunnskapen om snø, vær og skred blant de som ferdes ute i snøskredterreng. Hjemmesiden www.snoskred.no har i mange år bidratt til å formidle nyheter og interessante artikler om snø, snøskred og sikkerhet i fjellet. Vinteren 2012 – 2013 ble 22 artikler publisert og sidene ble besøkt 114 000 ganger i løpet av året (Figur 3-9). Snoskred.no har mye større potensiale, men midlene for å drive sidene er dessverre svært begrensede. Et tettere samarbeid med andre institusjoner og organisasjoner som kan bidra både med midler og med artikler er meget ønskelig for å sikre sidene en god fremtid.



Figur 3-9: Besøk på www.snoskred.no gjennom 2013.

4 Publikasjoner og presentasjoner 2013

4.1 Publikasjoner

Fischer, J.-T.; Fromm, R.; Gauer, P. & Sovilla, B. 2014. Evaluation of probabilistic snow avalanche simulation ensembles with Doppler radar observations Cold Regions Science and Technology, 97, 151-158

Fischer, J.-T. & Issler, D., in preparation. Influence of bed surface changes on shallow gravitational flows.

Gauer, P. 2014. Comparison of avalanche front velocity measurements and implications for avalanche models. Cold Regions Science and Technology 97, 132 - 150

Gauer, P. 2013. Comparison of avalanche front velocity measurements: supplementary energy considerations Cold Regions Science and Technology, 96, 17 - 22

Gauer, P. & Kristensen, K. 2013. 40 years of NGI's full-scale avalanche test-site Ryggfonn. Proceedings of the International Snow Science Workshop. (ISSW), Grenoble, France, 7-11 October 2013

Harbitz, A., Harbitz, C.B., Frauenfelder, R., Jaedicke, C. in prep. Conceptual model for quantification of snow avalanche return periods. To be submitted to Cold Regions Science and Technology

Jaedicke, C., Armand-Høydal, Ø., Midtbø, K.H. 2013. Identification of slushflow situations from high resolution weather models. Proceedings of the International Snow Science Workshop. (ISSW), Grenoble, France, 7-11 October 2013

Jónsson, M. H., Grímsdóttir, H., Breien, H., Kristensen, K., Knutsson, S., Zeinali, A. 2014. Work Package 2 – Avalanche Forecasting: Analysis, Data and Instruments Final Report. SNAPS: Snow, Ice and Avalanche Applications (in prep.)

Kristensen, K., Breien, H., Lacasse, S. 2013. Avalanche forecasting and risk mitigation for specific objects at risk. Proceedings of the International Snow Science Workshop. (ISSW), Grenoble, October 7 - 11 2013

Kristensen, K., Breien, H., Jónsson, M. H., Grímsdóttir, H., Knutsson, S., Zeinali, A. 2014. Work Package 3: Avalanche Services Final Report. SNAPS: Snow, Ice and Avalanche Applications (in prep.)

4.2 Presentasjoner

- Fischer, J.-T. & Issler, D. Influence of bed surface changes on shallow gravitational flows. Poster ved konferansen Fluid-Mediated Particle Transport in Geophysical Flows, Kavli Institute for Theoretical Physics, University of California at Santa Barbara, Santa Barbara, U.S.A., 16.-19. December 2013
- Gauer, P. & Kristensen, K. 2013. 40 years of NGI's full-scale avalanche test-site Ryggfonn. Proceedings of the International Snow Science Workshop. (ISSW), Grenoble, France, 7-11 October 2013
- Gauer, P. & Kristensen, K. 2013. Erfaringer fra 40 år med Lawinestasjon Ryggfonn, 10. Lawinendynamik-Workshop in Schwaz, Austria 22. October 2013
- Gauer, P. 2013. Experiments in the Ryggfonn field test site, past, present and future plans for experiments. Fonnbu 40 år, Stryn / Norway, 12/13 September 2013
- Issler, D, Jóhannesson, T. and Pastor, M. 2013. Self-consistent approximations to the dynamics of basal entrainment in snow avalanches. Invited lecture at Atmosphere and Cryosphere Assembly (DACA-13), Davos, Switzerland 9 July 2013
- Issler, D. 2013. Snow avalanches (and related beasts) — theory and practice. Presentation at workshop GeoFlows13, Kavli Institute for Theoretical Physics, University of California at Santa Barbara, Santa Barbara, U.S.A., 7 October 2013
- Issler, D. and Jóhannesson, T. and Pastor, M. 2013. Self-consistent Models of Basal Entrainment in Snow Avalanches, Invited lecture at AGU fall meeting, San Francisco, USA, 13 December 2013
- Issler, D. 2013. Snow-avalanche dynamics – change and exchange. Invited lecture at the conference Fluid-Mediated Particle Transport in Geophysical Flows, Kavli Institute for Theoretical Physics, University of California at Santa Barbara, Santa Barbara, USA, 18 December 2013
- Jaedicke, C., Armand-Høydal, Ø., Midtbø, K.H. 2013. Identification of slushflow situations from high resolution weather models. Proceedings of the International Snow Science Workshop. (ISSW), Grenoble, France, 7-11 October 2013
- Jaedicke, C. 2013. Sørpeskred som økende risikofaktor i Norge? / Slushflows in Norway, an increasing risk factor? Fonnbu 40 år, Stryn / Norway, 12/13 September 2013
- Kristensen, K. 2013. Lokal snøskredvarsling, hvorfor er det så viktig? / Local avalanche forecasting, why is it important? Fonnbu 40 år, Stryn / Norway, 12/13 September 2013