

# Koblinger mellom snøskred og klima langs vestsiden av Sørfjorden, i et historisk perspektiv



**Av Hilde Moberg**  
**Masteroppgave i naturgeografi**  
Institutt for Geografi  
Universitetet i Bergen  
Vår 2010

**Foto fremside: Snøskred på Tokheim i 1928 (arkiv Odda Boliden AS).**

## Forord

Det er mange som har vært med på å bidra til at oppgaven min har blitt som den har. Jeg ønsker først og fremst å takke min veileder Jostein Bakke, for gode råd, samtaler og kunnskap, og min biveileder Svein Olaf Dahl.

Jeg ønsker å takke Julia Hultkvist på Agatunet for at jeg fikk bo på Agatunet under mitt feltarbeid. Takk går også til min kontaktperson Guttorm Rogdaberg som satte meg i kontakt med de muntlige kildene, og hjalp meg med å finne litteratur. En stor takk går også til mine muntlige kilder Birge Aga, Jon Digranes, Vagleik Rogdo, Arne Tokheim og Johan Velure.

Flere personer har vært til stor hjelp via e-post både før, under og etter feltarbeidet. En takk rettes til tjenesteleder Sverre Berglie på Teknisk forvaltning i Odda Kommune og John Ove Rørnes, kommuneplanlegger i Ullensvang herad. Skredeksperter Karstein Lied på NGI, takk for lunch og ikke minst for hjelp til å finne rapporter til meg, og for at jeg fikk sitte på biblioteket på NGI, der Oddny Feragen, sjef på biblioteket, var svært hjelpsom. Mange takk til Bo Nordahl som sendte meg alle skreddata fra skreddatabasen, som har vært mitt utgangspunkt for store deler av oppgaven, og takk til Jostein Mamen og Anita Verpe Dyrredal på Meteorologisk institutt, som har hjulpet meg med klimadata.

Mange takk til Gunnar Moland for gode e-postsamtaler, med informasjon, bilder og oppdateringer om Tokheimsskredene. En stor takk vil jeg også gi til Eivind Kopperdal for at han ville dele sin flotte skredvideo som ble tatt under Klungersetteskredet og Breiskredet i 1993. Det var svært fint for meg å se hvordan det var.

De fleste tekniske problemer jeg har hatt underveis, har blitt ordnet av Espen Hjertaas, så en stor takk til han er på sin plass. Jeg vil også takke Elin Moberg, Maren Søreide og Inge Hjertaas for hederlig innsats som korrekturlesere.

Til slutt en stor takk til alle, som har sittet på datasal 743 på instituttet, for gode innspill og sosialt samvær under hele masteren. Til alle andre som har bidratt, men som jeg ikke har nevnt, takk!

Bergen, 18.mai. 2010

Hilde Moberg





# Innholdsfortegnelse

<b>FORORD</b> .....	<b>III</b>
<b>INNHOLDSFORTEGNELSE</b> .....	<b>V</b>
<b>FIGURLISTE</b> .....	<b>VIII</b>
<b>TABELLER</b> .....	<b>XI</b>
<b>BILDER</b> .....	<b>XII</b>
<b>FORKORTELSER BENYTTET I OPPGAVEN</b> .....	<b>XIV</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 PROBLEMSTILLING</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 RELEVANT LITTERATUR</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 OMRÅDEBESKRIVELSE</b> .....	<b>5</b>
1.3.1 GEOLOGI .....	6
1.3.2 KLIMA.....	9
<b>2 METODE</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1 NATURGEOGRAFISK FREMGANGSMÅTE</b> .....	<b>11</b>
2.1.1 FELTOBSERVASJON .....	11
2.1.2 GPS .....	12
2.1.3 TVERRPROFIL .....	12
<b>2.2 SAMFUNNSVITENSKAPLIG METODE</b> .....	<b>13</b>
2.2.1 INTERVJU .....	13
<b>3 BESKRIVELSE OG ANALYSE AV FELTDATA</b> .....	<b>15</b>
<b>3.1 SNØSKRED</b> .....	<b>15</b>
3.1.1 INNDELING AV SNØSKRED .....	15
3.1.2 METEOROLOGISKE ÅRSAKER TIL SKRED.....	16
3.1.3 KLASSIFISERING AV SKRED .....	18
<b>3.2 SKRED PÅ AGA</b> .....	<b>19</b>
3.2.1 TOSKREDET.....	20
3.2.1.1 SØRLIGE LØP .....	21
3.2.1.2 NORDLIGE LØP .....	23
3.2.2 ANALYSE TOSKREDET.....	23

3.2.3	VARDASKREDET.....	25
3.2.3.1	INSTE VARDASKREDET.....	25
3.2.3.2	YTSTE VARDASKREDET.....	26
3.2.4	ANALYSE VARDASKREDET .....	27
<b>3.3</b>	<b>SKRED PÅ TOKHEIM .....</b>	<b>29</b>
3.3.1	HUSASKREDET .....	29
3.3.2	ANALYSE HUSASKREDET .....	35
3.3.3	BREISKREDET.....	36
3.3.4	ANALYSE BREISKREDET .....	39
3.3.5	KLUNGERSETESKREDET .....	39
3.3.6	ANALYSE KLUNGERSETESKREDET .....	42
<b>4</b>	<b>RESULTATER .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1</b>	<b>PROSESSERING AV DATA.....</b>	<b>43</b>
<b>4.2</b>	<b>RESULTATER .....</b>	<b>47</b>
4.2.1	RESULTAT, HELE VESTSIDEN AV SØRFJORDEN .....	47
<b>4.3</b>	<b>RESULTAT, AGA OG TOKHEIM .....</b>	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>DISKUSJON.....</b>	<b>59</b>
<b>5.1</b>	<b>STYRKER OG SVAKHETER I DATA .....</b>	<b>59</b>
5.1.1	KVALITATIV METODE.....	59
5.1.1.1	FELTOBSERVASJON.....	61
5.1.2	KVANTITATIV METODE .....	61
5.1.2.1	STATISTISK ANALYSE .....	62
5.1.2.2	KLIMADATA .....	62
5.1.2.3	NAO .....	63
<b>5.2</b>	<b>SKRED I PERIODEN 1592 - 1976.....</b>	<b>65</b>
5.2.1	SAMMENHENG MELLOM KLIMASYSTEMER OG SKRED.....	65
5.2.1.1	NAO .....	66
5.2.1.2	AO .....	67
5.2.1.3	AMO.....	68
5.2.2	ANTROPOGENE PÅVIRKNINGER .....	68
5.2.3	VULKANSK AKTIVITET .....	70
<b>5.3</b>	<b>SKREDÅR FØR 1976.....</b>	<b>71</b>
5.3.1	SKRED I PERIODEN 1700 - 1743 .....	71
5.3.2	SKRED I 1928 .....	74
<b>5.4</b>	<b>SKRED ETTER 1976 .....</b>	<b>77</b>

5.4.1	ENDRING I NEDBØR, TEMPERATUR, VIND OG SKRED .....	77
5.4.2	NAO, SKRED OG VIND .....	78
5.4.3	ÅRSÅK TIL SKRED 1993-94 .....	81
5.4.4	MÅNEDSVISE FORSKJELLER .....	82
5.4.5	UTLØSINGSDAG.....	83
5.4.6	SKREDFAREKATEGORIER .....	83
5.4.7	ÅRSÅKER TIL SKRED PÅ AGA OG TOKHEIM .....	84
<b>ÅR MED MINDRE SKRED.....</b>		<b>86</b>
5.4.8	SITUASJON SISTE VINTER.....	87
5.5	SAMMENLIGNING AV SKREDFREKVENNS OG FOLGEFONNAS MASSEBALANSE.....	91
5.6	SNØSKRED I FREMTIDEN.....	92
6	KONKLUSJON .....	93
7	REFERANSER .....	97
7.1	INTERNETTREFERANSER.....	100
7.2	MUNTLIGE KILDER.....	101
7.3	BILDEREFERANSER.....	101

## Appendiks på cd

1	Skred fra 1976 – 2008, med klimadata
2	Skred fra 1592 – 2008
3	Intervjuguide og svar fra intervjuer
4	Tverrprofil skredbaner
5	Daglig temperatur- og nedbørsdata, nord og sør på Folgefonnhalvøya, 1957 – 2010, rådata fra Meteorologisk institutt
6	Daglig temperatur- og nedbørsdata, nord og sør på Folgefonnhalvøya, 1901 – 1961, rådata fra Meteorologisk institutt
7	Rådata fra skreddatabasen til skrednett.no

## Figurliste

Figur 1. Studieområdets beliggenhet, på vestsiden av Sørfjorden i Hordaland.....	5
Figur 2. Strøketninger i berggrunnen på Folgefonnhalvøya (Naterstad, 2008).....	6
Figur 3. Berggrunnsgeologien på Folgefonnhalvøya (Naterstad, 2008:52). ....	8
Figur 4. Vindrose som viser frekvens av vind fra Fana Forsøksstasjon, stasjon 50460, i perioden 1990 – 2005 (eklima.met.no). Fremherskende vindretning er sørlig og sørvestlig.....	10
Figur 5. En forenkling av klassifikasjon av ulike typer skred (Lied et al., 2003:97).....	15
Figur 6. Oppbygging av snø, som legger seg som en skavl på kanten av fjelltopper, grunnet vind (rjukanlag.no).....	17
Figur 7. Oversikt over skredbanene på Aga, og over Agas plassering langs Sørfjorden. ....	19
Figur 8. Oversiktsfigur over Aga, som viser drenerings og oppsamlingsområdet (tynn svart linje) ovenfor Toskredet og Vardaskredet. Tykk svart linje= "trakten" i løsneområdet. Lys blå linje= skredløp. Modifisert etter norgei3d.no. ....	22
Figur 9. Oversiktskart over skredbanene på Tokheim og Tokheims plassering langs Sørfjorden. ....	29
Figur 10. Bilde over Tokheim som viser områdene over skredene og mot. Modifisert etter norgei3d.no...	35
Figur 11. Oversiktskart over de forskjellige stedsnavn langs vestsiden av Sørfjorden som det har gått skred på etter 1976. Punktene Nord og Sør viser hvor klimadataene brukt i resultatdel er hentet fra. .....	43
Figur 12. Snøskredfrekvens per år fra 1952 til 2008, der alle snøskred som er registrert i appendiks 2 er tatt med.....	47
Figur 13. Antall snøskred per år i perioden 1592 til 1976, for en klarere presentasjon av skred før 1976, der perioden 1700 – 1743 og året 1928 skiller seg mest ut i forhold til skredfrekvens i resten av perioden. ....	48
Figur 14. Antall snøskred per år fra 1976 til 2008, med fire større skredperioder, 1983, 1993-94, 2000 og 2005. ....	48
Figur 15. Endring i antall skred innenfor hvert tiår siden 70-tallet, der 90-tallet var klart det største skredtiåret.....	49
Figur 16. Antall skred innenfor de forskjellige skredfarekategoriene i Tabell 4. 1= Inntil 10 cm, 2= 10 – 30 cm, 3=30 – 50 cm, 4= 50 – 80 cm, 5= 80 – 120 cm, 6= over 120 cm, nedbør over tre døgn.....	49
Figur 17. Antall skred det har gått i de forskjellige måneder siden 1976. Januar og mars er mest skredutsatt. ....	50
Figur 18. Antall skred som har hatt nedbør, temperatur, nedbør og temperatur eller uklar årsak som utløsningsårsak for skred. Nedbør er den mest vanlige utløsningsårsaken for skred, mens blanding av både temperatur og nedbør også er viktig.....	51
Figur 19. Prosentvis vist hvilken utslagsgivende faktor for skred som har vært mest viktig i de forskjellige månedene det har gått skred. I mai og november har bare det bare gått ett skred i hver måned, og viser dermed 100 % på temperatur og nedbør som utløsende årsak. Prosentvis inndeling grunnet store forskjeller i antall skred mellom månedene kan gi misvisende resultater.....	51

Figur 20. Prosentvis andel og endring av utløsende faktor gjennom de fire siste tiår. Prosentvis inndelt grunnet forskjeller i antall mellom tiårsperiodene vil kunne gi misvisende resultater. ....	52
Figur 21. Antall skred i hver kategori der samlet nedbør samme dag, to siste dager og tre siste dager har vært avgjørende for at skredet har gått.....	52
Figur 22. Forskjeller i utløsningsdag for skred i tiår siden 70-tallet. Vist i prosentvis fordeling, grunnet forskjellig antall skred i hver tiårsperiode.....	53
Figur 23. Prosentvis inndeling av årsak til skred på Aga og Tokheim. Tall til figur vist i Tabell 6.....	54
Figur 24. Antall skred per år på Aga og Tokheim fra 1976 – 2008.....	54
Figur 25. Forskjeller i månedsvise fordeling av skred på Aga og Tokheim vist i prosent. Vist i prosent for å kunne sammenligne og vise forskjeller mellom de to lokalitetene. Eksakte tall står i Tabell 7. ....	55
Figur 26. Prosentvis inndeling etter hvilken dag nedbør er utløsende for skred, samme dag, samlet siste to dager eller samlet nedbør de tre siste dager på Aga og Tokheim. Prosentvis inndeling grunnet antall skred på Aga og Tokheim er forskjellig.....	56
Figur 27. Prosentvis fordeling av skred i de forskjellige skredkategorier fra Tabell 4 mellom Aga og Tokheim. 1= Inntil 10 mm, 2= 10 – 30 mm, 3=30 – 50 mm, 4= 50 – 80 mm, 5= 80 – 120 mm, 6= over 120 mm, over tre døgn.....	57
Figur 28. Forskjeller i registrerte NAO-indeksdata mellom data fra National Oceanic and NOAA, National Weather Service data ( <a href="http://www.cpc.noaa.gov">www.cpc.noaa.gov</a> ) og data fra Climate Analysis Section, NCAR, Boulder, USA, Hurrell (1995) ( <a href="http://www.cgd.ucar.edu">www.cgd.ucar.edu</a> ). Forskjeller i ulike registrerte NAO-indeks kan føre til feiltolkning av sammenheng med skred et spesielt år, som for eksempel 2002. I 2002 var indeksen negativ i Hurrells data og positiv i NOAAs data.....	64
Figur 29. Gjennomsnittlig NAO-indeks (DJF) fra 1659 til 2008, med positive og negative trender fra ti års glidende gjennomsnitt, sammenlignet med antall skred per år for undersøkelse av sammenheng mellom NAO-indeks og skredfrekvens. Modifisert etter Luterbacher et al. (2001).....	66
Figur 30. Gjennomsnittlig AO-indeks (DJFM) fra 1950 til 2009, med positive og negative trender fra ti års glidende gjennomsnitt sammenlignet med antall skred per år, for undersøkelse av sammenheng mellom AO-indeks og skredfrekvens. Modifisert etter NOAA, National Weather Service, <a href="http://www.cpc.ncep.noaa.gov">www.cpc.ncep.noaa.gov</a> .....	67
Figur 31. Gjennomsnittlig AMO-indeks (DJFM) fra 1856 til 2009, med positive og negative trender fra ti års glidende gjennomsnitt, sammenlignet med antall skred per år, for undersøkelse av sammenheng mellom AMO-indeks og skredfrekvens. Modifisert etter Enfield (2001).....	68
Figur 32. Endring i drivhusgasser som karbondioksid (CO <sub>2</sub> ), metan (CH <sub>4</sub> ) og dinitrogenoksid (N <sub>2</sub> O) de siste 12 000 år, målt fra breer og atmosfæren. Grått felt viser endring de siste 250 år, og den viser kraftig økning fra rundt 1950. Modifisert etter Pachauri (2007:figur 2.3).....	69
Figur 33. Modellert endring i temperatur på global basis, globalt på land, globalt i havet og i Europa de siste 100 år, ut i fra bare naturlige prosesser og både naturlige og antropogene prosesser. Modifisert etter Pachauri (2007:figur 2.5).....	69
Figur 34. Global gjennomsnittlig strålingspåvirkning på klimamodel (W m <sup>2</sup> ) grunnet a) vulkansk påvirkning, b) endring i sterk solinnstråling (blå) og svak solinnstråling (brun) og c) andre	

påvirkningskrefter (drivhusgasser og troposfæriske sulfat aerosoler), sammenlignet med antall skred per år (øverste figur). Modifisert etter Jansen et al. (2007:figur 6.13) .....	70
<b>Figur 35.</b> Rekonstruksjon av nedbør i Europa for vinter (DJF) siden 1500, ved hjelp av dokumenterte kilder og naturlige proxy som dendrokronologi, iskjerner, koraller og speleotemer. Sammenlignet med antall skred i samme periode, for undersøkelse av sammenheng mellom nedbør og skredfrekvens på begynnelsen av 1700-tallet. Modifisert etter Pauling (2006). .....	72
<b>Figur 36.</b> Antall forskjellige naturfenomener som var ødeleggende fra 1500 - 1950 i området rundt Folgefonna, Sunnfjord prestegjeld og Nordfjord prestegjeld før og etter 1815 (Grove og Battagel, 1983) Skredfrekvensen i Sunnfjord og Nordfjord korrelerer godt med skredfrekvens funnet i denne studien (Figur 12). .....	72
<b>Figur 37.</b> Husaskredet som gikk den 8.2. 1928, samtidig som de fleste andre skred på Tokheim gikk. Skredene i 1928 er blant de største dokumenterte skredene på Tokheim (foto: arkiv Boliden Odda AS). .....	74
<b>Figur 38.</b> Gjennomsnittlig nedbør og temperatur (DJFM) ved havnivå fra 1901 – 1961, sammenlignet med skredfrekvens i samme periode. I 1928 var det forholdsvis lave temperaturer og lite nedbør om vinteren i forhold til resten av perioden. Modifisert etter data fra meteorologisk institutt (appendiks 6). .....	75
<b>Figur 39.</b> NAO-indeksen for hver måned fra 1927 – 29. Stor endring i indeks fra desember til januar og februar og høye verdier (grått område) kan være årsak til de store skredene i februar 1928. Modifisert etter Climate Analysis Section, NCAR, Boulder, USA, Hurrell (1995), <a href="http://www.cgd.ucar.edu">www.cgd.ucar.edu</a> . .....	76
<b>Figur 40.</b> Endring i nedbør, temperatur og skredfrekvens i vintermånedene (DJFM) fra 1976 – 2008. År med høy nedbør og temperatur korrelerer godt med store skredår. Modifisert etter data fra meteorologisk institutt (Appendiks 5). .....	77
<b>Figur 41.</b> Bilde på hvordan vindene beveger seg fra Atlanteren mot nord under positiv NAO ( <a href="http://www.ldeo.columbia.edu">www.ldeo.columbia.edu</a> ). .....	78
<b>Figur 42.</b> Bilde over hvordan vindene beveger seg fra Atlanteren mot øst under negativ NAO ( <a href="http://www.ldeo.columbia.edu">www.ldeo.columbia.edu</a> ). .....	79
<b>Figur 43.</b> Sammenligning av vindretning og NAO-indeks i perioden 1976 – 2008, for undersøkelse av sammenheng mellom disse. Vindretningen følger ikke NAO-indeksen nøyaktig, men i de fleste år følger endring i vindretning seg i mye samme retning som NAO-indeksen. Modifisert etter data fra Bergen – Florida, målestasjon 50540, <a href="http://eklima.met.no">eklima.met.no</a> . .....	79
<b>Figur 44.</b> Sammenligning av skredfrekvens og vindretning i fra 1976 – 2008, for undersøkelser av sammenheng mellom disse. I nesten alle store skredår kommer vinden fra sørsørvest, mens år med lite eller ingen skred kommer vinden fra østsørøst. Modifisert etter data fra Bergen – Florida, målestasjon 50540, <a href="http://eklima.met.no">eklima.met.no</a> . .....	80
<b>Figur 45.</b> Oversikt over snøtransportering med vind ved fremherskende vindretning, sørlig og sørvestlig, over Folgefonnhalvøya, mot skredutsatte områder langs Sørfjorden. Modifisert etter <a href="http://norgei3d.no">norgei3d.no</a> . 80	
<b>Figur 46.</b> NAO-indeks (DJFM) fra 1976-2008, for sammenheng mellom NAO-indeks og skred i 1993-94. Grått felt viser da NAO-indeksen i 1993 var på vei opp, og de høye målingene i 1994, som er denest	

høyeste målte NAO-indeksen i perioden 1976 – 2008. Modifisert etter Climate Analysis Section, NCAR, Boulder, USA, Hurrell (1995).....	81
Figur 47. Gjennomsnittstemperatur og -nedbør i ulike måneder i perioden 1976 – 2009, for undersøkelse av sammenheng mellom temperatur, nedbør og skredfrekvens i forskjellige skredmåneder. Modifisert etter data fra meteorologisk institutt (appendiks 5).....	83
Figur 48. År uten skred (lyseblått felt) viser god korrelasjon ved nesten samtlige tilfeller av negativ NAO, i perioden 1976 – 2008. Modifisert etter Climate Analysis Section, NCAR, Boulder, USA, Hurrell (1995).....	86
Figur 49. Nedbør og temperatur i vintermåneder (DJFM) sammenlignet med år det ikke går skred viser god korrelasjon med år der det har vært lite nedbør og lave temperaturer. Modifisert etter data fra Meteorologisk institutt (appendiks 5).....	87
Figur 50. Gjennomgående negativ NAO-indeks fra desember 2009 til 16. mars 2010. Tre dager etter indeksen gikk over til positiv gikk det små skred på Tokheim (NOAA, National Weather Service, www.cpc.ncep.noaa.gov).....	88
Figur 51. AO-indeks siden november 2009 til mars 2010 (NOAA, National Weather Service, www.cpc.ncep.noaa.gov).....	89
Figur 52. Vinter- (grått felt), sommer- (hvitt felt) og nettobalanse (svart felt) på Hardangerjøkulen og Folgefonna fra 1963 til 1997. Flere breer på Folgefonna er brukt til målinger, og disse er Blåvassbreen/langrødbreen/Breidablikkbrea/Gårffjellsbrea (rød strek venstre), Midtre Folgefonna (gul strek), Blomstøskardsbreen/Svelgjabreen (blå punkt), Gråffjellsbrea (rød strek høyre) og Bondhusbrea (blå strek). Solid rød line viser antall skred per år, og den korrelerer godt med massebalansen på Folgefonna. Modifisert etter Elvehøy (1998).....	91

## Tabeller

Tabell 1. Månedlig og årlig gjennomsnittsnedbør i siste normalperiode 1961 – 1990, fra stasjon 49490, Ullensvang Forsøksgard (www.eklima.met.no).....	9
Tabell 2. Månedlig og årlig gjennomsnittstemperatur i siste normalperiode 1961 – 1990, fra stasjon 49490, Ullensvang Forsøksgard (www.eklima.met.no).....	9
Tabell 3. Definisjon av kornstørrelser i mm. Modifisert etter Thoresen (2000). ....	11
Tabell 4. Forholdet mellom nysnømengde over tre døgn og skredfaren det fører til. 1 mm nedbør tilsvarer 1 cm nysnø. Modifisert etter Lied et al. (2003:96).....	17
Tabell 5. Eksempel på innsetting av tall til analyse av skredårsak og skredfarekategori i appendiks 1. ....	46
Tabell 6. Antall og prosentvis fordeling av skred med de forskjellige utløsende faktorer på Aga og Tokheim. ....	55
Tabell 7. Antall skred og prosentvis inndeling i måneder de forskjellige skred har gått i på Aga og Tokheim for visning av forskjeller i skredfrekvens mellom de to lokalitetene.....	56

Tabell 8. Tabell som viser både antall og prosentvis skredfrekvens der nedbør har vært utløsende, enten samme dag, siste to dager eller de tre siste dagene på Aga og Tokheim, for visning av forskjeller mellom de to lokalitetene.....	57
Tabell 9. Forskjeller i gjennomsnittstemperatur og nedbør samme dag skredene gikk på Aga og Tokheim. Modifisert etter data fra Meteorologisk institutt (appendiks 5). .....	84
Tabell 10. Forskjeller mellom nedbør og temperatur mellom nord og sør i Sørfjorden fra 1957 til i dag. Skredmåneder = januar, februar, mars, april, mai, november og desember. Modifisert etter data fra Meteorologisk institutt (appendiks 5).....	85
Tabell 11. Forskjeller i nedbør og gjennomsnittstemperatur i desember og januar de tre siste vintrene viser grunnen til at det ikke har gått noen store skred langs vestsiden av Sørfjorden i 2010. Modifisert etter data fra Meteorologisk institutt (appendiks 5). .....	87

## Bilder

Bilde 1. Store blokker nedenfor Toskredet. Elv og mur til høyre for bildet. ....	20
Bilde 2. Små steiner og noen litt større blokker i enden av Toskredet. ....	20
Bilde 3. Tre som har vokst utover i to deler, ca 2 m over bakken, i nordre løp av Toskredet.....	23
Bilde 4. Deler av skredbanen til ytste Vardaskredet, med brukne og bøyde trær, sett nedover mot fjorden. ....	27
Bilde 5. Oversiktsbilde over Tokheim, med Breiskredet til venstre og Husaskredet til høyre i bildet (tokheim.origo.no).....	30
Bilde 6. Oversiktsbilde over skredene på Tokheim den 8.2.1928. Fra venstre: Breiskredet, Røynhammarskredet, Rindaskredet, Hedleskredet og Husaskredet (fotograf ukjent). ....	31
Bilde 7. Bilde av Husaskredet den 2.3.1976, tatt inne fra Odda sentrum (foto: Jan Gravidal). ....	31
Bilde 8. Lysning med steiner i mye lik størrelse, mellom Helleskredet og Husaskredet. ....	33
Bilde 9. Skredbanen til Husaskredet sett opp mot Tokheimsnuten. ....	34
Bilde 10. Tydelig avgrensing av skredbanen til Husaskredet (midten av bildet) sett fra østsiden av Sørfjorden. Helleskredet til venstre. Lysning utenfor skredbanen mellom Husaskredet og Helleskredet. ....	34
Bilde 11. Breiskredet den 2.4.1997 kom helt ned til veien (foto: Bjørn Borge(4.4.1997)).....	37
Bilde 12. Breiskredet nederst ved veien, der store blokker er dominerende. ....	38
Bilde 13. Øvre del av Breiskredet sett fra andre siden av fjorden. Der snøen ligger, er trolig der snøen samler seg om vinteren. ....	38
Bilde 14. Øvre del av Klungerseteskredet, med Klungersetenuten til venstre i bildet og Ruklenuten til høyre.....	40
Bilde 15. Det store Klungerseteskredet den 17. januar, 1993, der en person omkom (foto: Kai-Inge Melkeraaen).....	40
Bilde 16. Utbredelse av nedre del av Klungerseteskredet. Linje på midten viser hvor det ble for bratt for videre bestigning, og hvor det i utkanten av skredet ble funnet blokker og brukne og bøyde trær... 41	41



<b>Bilde 17. Husaskredet på Tokheim, 19.3.2010 (foto: Gunnar Moland).....</b>	<b>90</b>
<b>Bilde 18. Skred på Tokheim, 19.3.2010. Fra venstre: Breiskredet, Røyhammarskredet og Rindaskredet (foto: Gunnar Moland).....</b>	<b>90</b>

## **Forkortelser benyttet i oppgaven**

AO	Arctic Oscillation
AMO	Atlantic Multidecadal Oscillation
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LMM	Late Maunder Maksimum
Mm	Millimeter
M o.h.	Meter over havet
NAO	North Atlantic Oscillation
NCAR	National Center for Atmospheric Research
NGI	Norges Geotekniske Institutt
NGU	Norges Geologiske Undersøkelse
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administrations
SST	Sea Surface Temperature

## 1 Innledning

Snøskred er et fascinerende naturfenomen, som har påvirket mennesker i lang tid. Frekvensen av snøskred har endret seg opp gjennom historien, og gjør det fremdeles. I løpet av de siste 100 år har skredfrekvensen endret seg mye i takt med klimaendringene kloden har opplevd, og da spesielt de siste 30 år (Luterbacher, Dietrich, Xoplaki, Grosjean, og Wanner, 2004).

Snøskred kommer ned i forskjellige former, alt etter værforhold i dagene før, og etter hvordan topografien i området er. Snøskred går som regel i skråninger med helning mellom 30° og 45° (Sulebak og Sjøstrøm, 2007:336). Værforhold som utløser skred, er blant annet temperaturendringer. Når temperaturen nærmer seg 0°, blir snøen ustabil og skred kan forekomme. Store nedbørsmengder og vind er også utløsende faktorer. Vinden tar med seg snø, og legger den på fjellhyller eller i botner og lignende. Når presset blir for stort, løsner snøen og glir nedover fjellsiden. En kombinasjon av disse tre faktorene, eller en av dem alene, utløser de fleste snøskred (Sulebak og Sjøstrøm, 2007:335).

Nedbør, vind og temperatur varierer fra år til år, men også over et lengre tidsperspektiv finnes det store forskjeller. Endringene kan ha flere årsaker. North Atlantic Oscillation, Arctic Oscillation (AO) og Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) er eksempler på naturlige klimaoscillasjoner (svingninger) som fører til endringer i vær-situasjon i Nord-Atlanteren. Både vind, nedbør og temperatur blir påvirket av disse, og påvirker dermed frekvensen av snøskred. I tillegg er antropogen påvirkning på klima en viktig faktor som kan føre til endringer i skredfrekvensen. Det er derfor viktig å forstå og ta hensyn til de naturlige oscillasjonene og den antropogene påvirkning når en skal undersøke og forstå tidligere og fremtidig frekvens av snøskred.

Oppgaven har som mål å kartlegge koblinger mellom snøskred og klima i et historisk perspektiv langs vestsiden av Sør fjorden. Ved å undersøke tidligere snøfrekvens, og hvilke faktorer som har utløst skredene, kan en muligens få en forståelse av hvordan dette kommer til å endre seg i fremtiden.

Utgangspunktet er en kartlegging av skredfrekvensen langs hele vestsiden av Sør fjorden, men i tillegg blir det fokusert på to steder, Aga og Tokheim. Aga og Tokheim ligger et godt stykke

fra hverandre, og kan hjelpe til med å se om det er forskjeller mellom nordlige og sørlige deler av Sørfjorden.

Klimadata fra Meteorologisk institutt og [eklima.met.no](http://eklima.met.no) har blitt brukt til undersøkelser av hvordan temperatur og nedbør var samme dag og tre dager før skredene, for å finne ut hva som utløste dem. Skredfrekvens og koblinger til storskala klimasystemer er blitt undersøkt for å finne en eventuell sammenheng mellom disse, og for muligens å kunne si noe om fremtidig skredfrekvens.

## 1.1 Problemstilling

### Hovedproblemstilling:

- Hvilke koblinger finnes mellom snøskred og klima i et historisk perspektiv langs Sørfjorden?

### Underproblemstilling:

- Hva er de viktigste klimatiske faktorene for utløsning av snøskred langs Sørfjorden?
- Hva er sammenhengen mellom storskala atmosfæresirkulasjon og snøskred langs Sørfjorden?
- Hva kan en lære av skredhistorien fra fortiden i forhold til mulige fremtidige klimaendringer?

## 1.2 Relevant litteratur

Områdene langs Sørfjorden der det går skred, ligger mange steder så nær bebyggelse at det er mange som blir påvirket av dem. Dette har ført til at det har blitt gjort mange undersøkelser. Både Ullensvang Herad og Odda kommune har selv gjort undersøkelser, og i tillegg har de leid inn eksperthjelp utenfra. Her har Norges Geotekniske Institutt, (NGI), vært en aktiv aktør. NGI har utarbeidet mange rapporter om skredfare og om sikringsmuligheter for utsatte områder. De har utarbeidet rapporter for Hordaland vegkontor, Hardanger Politikammer, Odda Kommune og Ullensvang kommune. Blant rapportene er: rapport 944007 - Vurdering av snøskredfare og forslag til sikringstiltak, Bleie Ullensvang. 17.jun.1994, 954088 - Aga, Ullensvang. Vurdering av skredfare og forslag til sikring. 31.jan.1996, 73419-1 - sikring mot snøskred Tokheim, Odda. 2.jan.1974, 84402 - Forslag til skredsikring ved Storbekken, aga. 6.nov.1991, 934010 – Odda. Vurdering av akutt fare for snøskred, 17-20.jan.1993, 934011 - Odda kommune, Kalvanes, Egne Hjem, Tokheim, Askane, Eitrem. Vurdering av skredfare og forslag til sikringstiltak. 20.jul.1993 og 934045 – Nå-Ullensvang. Vurdering av fare for snøskred ved ytste Åkre. Disse inneholder informasjon om skredtiltak som er gjort/bør gjøres, men også mye god informasjon om værforhold før skredene gikk og om terrengforhold i skredløp.

En av de første som skrev om snøskred, undersøkelser av snøskred og klassifisering av snøskred var Allix (1924). Senere har flere fortsatt med undersøkelser av snøskred. Lied et al. (2003) har skrevet en hel bok om snøskred, som inneholder informasjon om typer skred, dannelse, årsaker og sikringstiltak. Også i Sulebak og Sjøstrøm (2007) står flere sider ved snøskred godt forklart. Blikra et al. (1989) tar også for seg typer skred, og hvilke avsetninger snøskred gir. Blikra og Nemeč (1998) gir gode klassifiseringer av snøskred.

Skrednett.no er en database der alle registrerte skred i hele Norge er samlet. Skrednett.no er laget i samarbeid mellom Norges Geologiske Undersøkelse, (NGU), Statens kartverk, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Statens vegvesen, Jernbaneverket, NGI, Forsvarets militærgeografiske tjeneste, SINTEF, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, Statens Landbruksforvaltning og Norsk Naturskadepool. På Skrednett.no finnes kart som viser hvor ulike skred har gått, konsekvenser av dem, hvor mange som har omkommet, hvordan samferdsel har blitt påvirket av skredene,

kilden til opplysningene, hvem som har registrert hendelsen og annen nyttig informasjon. I tillegg er det mulig å ta kontakt på e-post, og få data fra de områder en ønsker.

I området rundt Sørfjorden er det gjort en hovedfagsoppgave om skredaktivitet, der fokuset har mer ligget lenger bak i tid, i hele Holosen. Wefring (1997) har undersøkt postglasialt culluvium fra steinsprangaktivitet i bratte skråninger, og sett på overflatene i skredavsetninger ved bruk av Schmidt hammer og ruhetsmåler ”Profil Master”. Ved hjelp av alderskurve, laget med Schmidt hammer metoden, har han kunnet antyde perioder med steinsprangaktivitet ved Sørfjorden. Skredaktiviteten skyldes i hovedsak klimatiske faktorer, men grunnet ukjent ”brefaktor” kan han ikke trekke korrekte slutninger om klima. Derfor kan ikke rekonstruksjonen brukes utenfor indre Hardanger og Odda-området. Men analysen har ført til en avdekking av skredhistorien og kan dermed gi visse indikasjoner på klima i Holosen.

Det finnes registrerte NAO-indeksdata fra 1864. Luterbacher et al, (2001) har rekonstruert månedlig NAO-indeks tilbake til 1659 ved hjelp av instrumentelle tidsserier og historiske dokumenterte proxy, og årstidsforskjeller tilbake til 1500. Rekonstruksjonen kan gi svar på klimavariasjoner lenger tilbake i tid. Visbeck et al. (2001) diskuterer hvordan NAO-indeksen har vært, er og kommer til å bli i fremtiden, og ser på årsak til utviklingen av NAO. Det er vanskelig å forutse hvordan den kommer til å bli grunnet de lavfrekvente variasjonene innen NAO-indeksen, men økt utslipp av klimagasser kan føre til at utviklingen mot mer positiv NAO vil fortsette. Hurrell (1995) og Kerr (2000) mener også at klimagassutslipp kan føre til videre positiv NAO, men at det trengs mer forskning før en kan si det sikkert.

Lenger tilbake i tid har det blitt funnet indikasjoner på endring i NAO, som har ført til endringer i isbreutbredelse. Bakke et al. (2005) har undersøkt likevektslinjen på nordre Folgefonna under Holosen, og funnet at den endrer seg ved endringer i vestavinder, noe som kan sees i sammenheng med NAO. Nesje (2006) har også funnet spor, ved hjelp av innsjøsedimenter, av at positiv NAO har påvirket klima, og ført til isbrefremstøt.

Målinger av klimadata i Norge er sjeldne før 1866, da Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI) ble grunnlagt (Nordli, 2001). Derfor må en finne andre måter å finne klimadata på, og historiske kilder blir gjerne brukt til dette. Flere steder har bønder og andre skrevet ned informasjon som kan brukes som proxy for klimarekonstruksjon for temperaturer før 1866. Nordli (2001) har brukt gamle gårdsdagbøker fra Møre, Dovre og Trøndelag, i perioden 1805 – 1917, til å rekonstruere temperaturer. Det ble undersøkt når innhøsting av bygg og havre

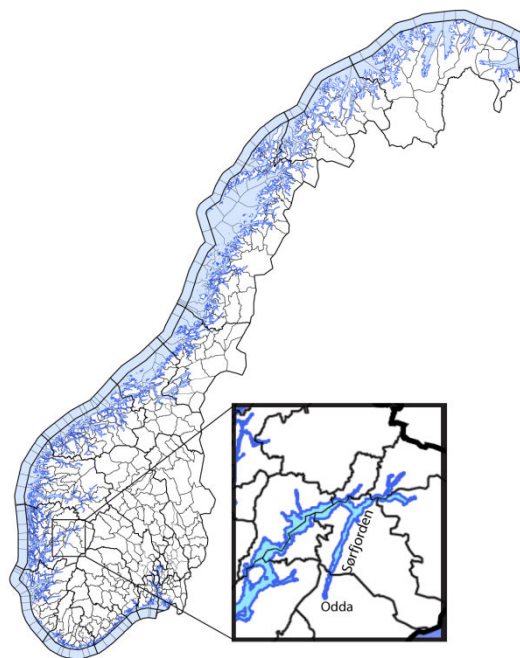
begynte, og når isen brakk opp om våren, sammen med andre proxy fra samme periode.

Tarand (2001) har brukt data fra Tallinn til å finne ut av klima ved hjelp av gamle dokumenter. Kirde (1924) er en tidlig publikasjon som har vært utgangspunktet for å rekonstruere temperaturer i de siste 200-300 år ved hjelp av historiske kilder.

Andre som også har brukt historiske kilder til å finne ut om klima, er Grove (1972) og Grove og Battagel (1983). Under Den Lille Istid ble mange bønder påvirket av kulden, men også av snøskred, jordskred og flommer, noe som gjorde at bøndene fikk nedsatt skatteskyld. Disse opplysningene ble brukt til å finne ut om klimaforhold under Den Lille Istid. De fant at det var mange som fikk nedsatt skatt i årene 1650 – 1750, noe som sammenfaller godt med Den Lille Istid.

### 1.3 Områdebeskrivelse

Området som er undersøkt i oppgaven, ligger langs vestsiden av Sør fjorden, i Hordaland, Norge (Figur 1). Sør fjorden er ca 38,5 km lang, og har, som navnet sier, en sørlig retning. Langs hele vestsiden av fjorden går det årlig snøskred. I noen av årene er skredene større, og dette påvirker både folk og samferdsel. Langs fjorden går fjellsidene bratt opp mot Folgefonnplatået, der deler av Folgefonna ligger parallelt langs sørlige halvdel av fjorden. Høyeste punkt av fjellsiden før det flater ut, er mellom 1300 og 1400 m o.h., med unntak av litt høyere tinder som stikker opp til ca 1500 m o.h.

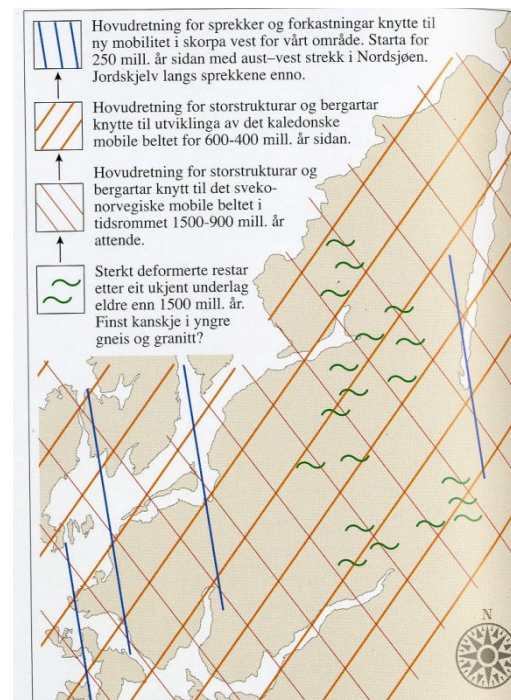


Figur 1. Studieområdets beliggenhet, på vestsiden av Sør fjorden i Hordaland.

Vegetasjonen varierer mellom både løvskog, barskog og deler med mindre buskvekster. I fjellsidene går skogen opp til 800 m o.h., og jordsmonnet er for det meste skredjord (Kolltveit, 1971:14). Fra 800 m o.h. og mot toppen er det bart fjell.

### 1.3.1 Geologi

Berggrunnen på Folgefonnhalvøya har vært i endring siden prekambrium. Pga. flere fjellkjededannelser har Folgefonnhalvøya fått to forskjellige hovedretninger av storstrukturer og bergarter. Den ene strukturetningen stammer fra den svekonorvegiske fjellkjededannelsen fra ca 1500 – 900 mill. år siden og den andre fra den kaledonske fjellkjededannelsen fra ca 600 – 400 mill. år siden. I tillegg finnes en litt mindre og yngre hovedretning for sprekker, som stammer fra ny mobilitet i skorpen i vest, fra ca 250 mill. år siden (Figur 2) (Naterstad, 2008:50). Senere bevegelser fra jordskjelv og platebevegelse i nærheten av gamle, dype sprekker, kan senere ha skapt sekundærsprekker i grunnere lag, som igjen har skapt nye sprekker i andre retninger. De forskjellige sprekkdannelsene, i tillegg til forskjeller i hardhet i bergartene, kan være med på å forårsake de steinsprang og fjellskred som går i området. Figur 2 viser hvor hovedretningen og plasseringen for siste sprekkdannelse går ved Odda. Sprekkene går ved områdene rundt Tyssedal og Eitrem, som er områder som er meget utsatt for nettopp steinsprang og fjellskred (Naterstad, 2008:50). Hovedretningene for resten av vestsiden av Sørfjorden går også slik at forvitring lett kan føre til steinsprang, steinmassene kan snøskred ta med seg videre nedover fjellsiden.



Figur 2. Strøkretninger i berggrunnen på Folgefonnhalvøya (Naterstad, 2008).

Grunnfjellet i Hordaland består av mye gneiser og dypbergarter, i tillegg til å bestå av sedimentære bergarter med vulkanske lag, som blir kalt Ullensvanggruppen (Fossen, 2004:29). Ullensvanggruppen ligger nord for Jondal og Odda, og er igjen delt inn i

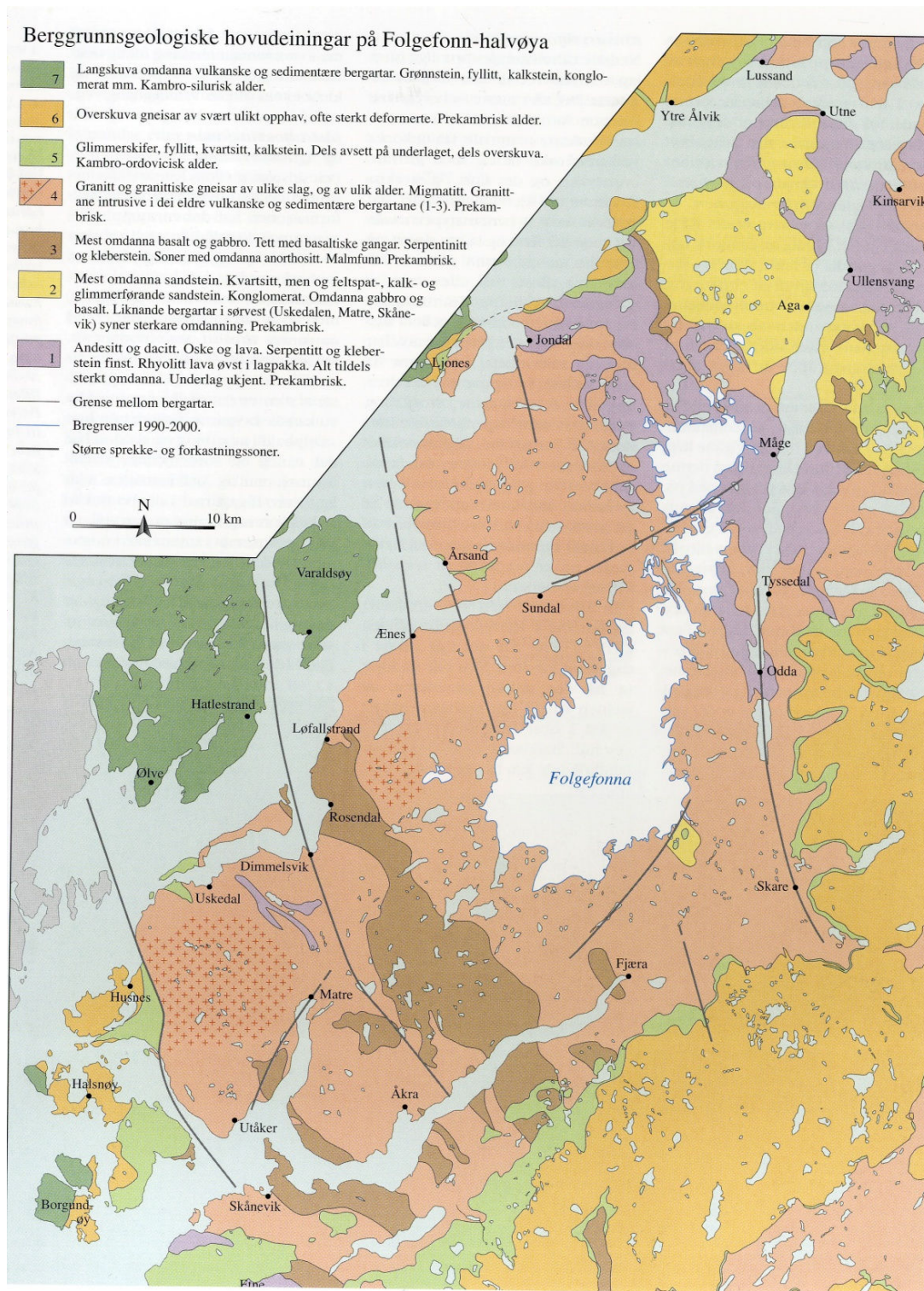


Kinsarvikformasjonen, Jåstadformasjonen, Agakvartsitten, Jonsteinkonglomeratet og Vendevatnformasjonen. Dette er lag nedover i berggrunnen med forskjellig alder og tykkelse. Lagene har blitt omdannet, og ligger oppdelt og foldet sammen. Til sammen er Ullensvanggruppen minst 5000 m tykk, og er blant de eldste bergartene på Folgefonnhalvøya (Naterstad, 2008:51). Bergartene er over 1500 mill. år gamle, og er avsatt på en skorpe som sannsynligvis er enda eldre, men som er meget vanskelig å avdekke (Fossen, 2004:29).

På Tokheim består berggrunnen nederst mot fjorden av meta-andesitt og metadacitt, som mange steder er rustforvitret, og stedvis migmatittisert. Rundt 500 m o.h. begynner et dekke med diorittisk til granittisk gneis og migmatitt, og rundt 1200 m o.h. ligger et dekke med øyegneis, granitt og foliert granitt ([www.ngu.no](http://www.ngu.no)).

På Aga, nederst ved Agatunet, består berggrunnen av glimmergneis, glimmerskifer, metasandstein og amfibolitt. Største delen av fjellsiden opp til ca 900 m o.h. består av kvartsitt, med stedvise lag av konglomerat, og blir kalt Agaformasjonen. På toppen av Solnuten, Vardaskarvane og Vardanuten består berggrunnen av glimmergneis, glimmerskifer, metasandstein og amfibolitt igjen. Inne i det øverste dekket kan en finne et lite stykke med gabbro, amfibolitt og diabas ([www.ngu.no](http://www.ngu.no)).

Langs vestsiden i nord, finnes ryolitt, ryodacitt, dacitt, mens det i et lite dekke litt sør for Aga finnes konglomerat som inneholder omdannede vulkanske bergarter og granitt ([www.ngu.no](http://www.ngu.no)). Mellom Aga og Tokheim finnes det for det meste samme bergarter som på Tokheim, med innslag av granitt og granittiske gneiser (Figur 3).



Figur 3. Berggrunnsgeologien på Folgefonnhalvøya (Naterstad, 2008:52).

### 1.3.2 Klima

Klimaet i studieområdet er temperert, marint og fuktig, med milde vintre (Ahrens, 2005:352). Målinger fra stasjon 49490 Ullensvang Forsøksgard, som ligger ved Lofthus på østsiden av Sørfjorden, viser en gjennomsnittsnedbør på 1350 mm i året, fra siste normalperiode, 1961-1990 (Tabell 1). Denne målestasjonen ligger på 72 m o.h., og mye av nedbøren som er årsaken til snøskredene, kommer mye høyere oppe på toppen av fjellene (www.eklima.met.no). Nedbør øker i gjennomsnitt med 8 % per 100 m, og nedbørsmengden på toppen av Folgefonna vil dermed være mye høyere. På Nordre Folgefonna er gjennomsnittlig nedbør målt til 3500 mm i året. Av denne nedbøren kommer 70 % som snø og 30 % som regn (Tvede, 2008:30). I tillegg til forskjell i nedbør på grunn av høyde, ligger Ullensvang Forsøksgard i regnskyggen til Folgefonna. Grunnet Folgefonnas høyde får en orografisk nedbør som gjør at luften slipper nedbør på toppen av Folgefonnplataet, og dermed er mye av fuktigheten allerede sluppet når luften når Ullensvang Forsøksgard.

**Tabell 1. Månedlig og årlig gjennomsnittsnedbør i siste normalperiode 1961 – 1990, fra stasjon 49490, Ullensvang Forsøksgard (www.eklima.met.no).**

RR – månedsnormalverdier													
Stnr	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	år
49490	144	94	110	51	50	64	75	92	157	181	163	169	1350

Gjennomsnittstemperatur tatt fra Ullensvang Forsøksgard er 6,8°C (Tabell 2) (www.eklima.met.no). Lufttemperatur synker vanligvis med ca 0,6 °C per 100 m, og siden det er ca 1000 – 1300 m opp til toppene kan temperaturforskjellen fra fjorden og til toppen av fjellet være opptil 7-8°C (Lied et al., 2003).

**Tabell 2. Månedlig og årlig gjennomsnittstemperatur i siste normalperiode 1961 – 1990, fra stasjon 49490, Ullensvang Forsøksgard (www.eklima.met.no).**

TAM – månadsnormalverdier													
Stnr	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	Des	år
49490	-0,2	-0,4	1,7	5,2	10,2	13,8	15,0	14,1	10,5	7,1	3,1	0,9	6,8

Fremherskende vindretning i siste normalperiode kommer fra sør og sørvest (Figur 4). Denne vinden tar med seg snø fra Folgefonna og legger seg i skavler ytterst på kanten av fjellet. Når trykket blir for stort, kollapser skavlene og skredet går. Mye nedbør og sørvestlig vind gjør at vestsiden av Sørfjorden er utsatt for snøskred, mens på østsiden går det nesten aldri snøskred. På østsiden dominerer steinsprang og fjellskred.

### Vindrose, frekvensfordeling av vind

Vindretning deles i sektorer på 30°

Frekvensfordeling av vindhastighet i prosent %

#### Vindhastighet

- > 30 m/s
- 22.5–30 m/s
- 15–22.5 m/s
- 7.5–15 m/s
- 0–7.5 m/s

#### Stille (%)

17

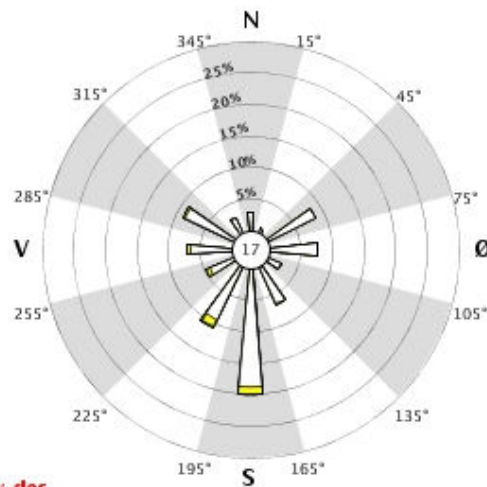


År: 2005 - 1990

jan, feb, mar, apr, mai, jun, jul, aug, sep, okt, nov, des

Tidspunkt: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 (NMT)

### 50460 FANA FORSØKSSTASJON



Figur 4. Vindrose som viser frekvens av vind fra Fana Forsøksstasjon, stasjon 50460, i perioden 1990 – 2005 (eklima.met.no). Fremherskende vindretning er sørlig og sørvestlig.

## 2 Metode

I oppgaven er det brukt en delt metodisk fremgangsmåte, der informasjon har blitt samlet inn ved både en naturgeografisk og samfunnsgeografisk måte. Den naturgeografiske delen består av feltobservasjon og klassifisering av skred på Aga og Tokheim. Teori om snøskred og storskala klimasystemer er også viktig i den delen, og vil bli gjennomgått kort her.

Den samfunnsgeografiske delen består av gjennomgang av historiske kilder, som bøker, aviser og ved å intervju mennesker for å finne ut av når det har gått skred i området. De forskjellige metodene har ført til en større forståelse for når skredene har gått, og hva som utløste dem. De forskjellige metodene som har blitt brukt, blir fremstilt i dette kapittelet.

### 2.1 Naturgeografisk fremgangsmåte

#### 2.1.1 Feltobservasjon

Deler av den naturgeografiske delen av oppgaven ble utført inne langs vestsiden av Sørfjorden fra den 17.- 21.08.09. På Tokheim ble tre skredbaner undersøkt, og disse var Husaskredet, Breiskredet og Klungerseteskredet. På Aga ble Toskredet og inste og yste Vardaskredet undersøkt. Ved befaring oppe i skredbanene ble det sett etter hvor skredbanene startet og sluttet, helning, vegetasjon, sorteringsgrad, kornstørrelse, orientering og andre tegn som kunne fortelle noe mer om hvilke skred som har gått der, hvor store skredene har vært, og etter tegn som kunne si noe om hyppigheten av skred.

Kornstørrelser kan variere fra blokker til leire (Tabell 3). Det ble ikke tatt noen jordprøver, da det var svært hardt underlag med mye vegetasjon over alt. Blokker, steiner og grus som lå i overflaten ble kartlagt der det var mulig. I elven langs Toskredet fantes de fleste typer kornstørrelser, mens ellers i skredbanene var det helst stein og blokker som dominerte.

**Tabell 3. Definisjon av kornstørrelser i mm. Modifisert etter Thoresen (2000).**

Blokker	> 256 mm
Stein	256 – 64 mm
Grus	64 – 2 mm
Sand	2 – 0,063 mm
Silt	0,063 – 0,002 mm
Leire	< 0,002 mm



Det var heller ikke lett å undersøke sorteringsgrad, da graving var vanskelig.

Et sortert lag vil bestå av en eller noen få dominerende fraksjoner. Jordarter kan ha bare ett lag, som eoliske avsetninger, eller vekslende sorterte lag, som i breelvavsetninger. I snøskred er det som oftest ingen sortering. Sorteringsgrad betegnes ofte som god, middels eller dårlig sortering (Thoresen, 2000).

### **2.1.2 GPS**

GPS, type GARMIN GPSmap 60CSx, ble brukt, og UTM-koordinater ble notert underveis. I tillegg var sporingen på GPS på, slik at en senere kunne gå inn i MAPsource for å se hvor en hadde gått. Dette ble senere brukt som hjelpemiddel til å lage kart over de ulike skredbanene. GPS ble også brukt til å måle høyde.

Et problem med GPS er at den ikke alltid er like nøyaktig. Noen steder kunne en se på sporingen, mens en gikk i felt, at den viste feil. Høydemålinger kan også være feil hvis GPS ikke er kalibrert nøyaktig. Derfor må kalibreringen dobbeltsjekkes og følges nøye med på.

Under konstruksjon av kart ble norgebilder.no og fonnakart.no brukt som ekstra hjelpemiddel, og selve kartene over Aga og Tokheim ble laget i Adobe Illustrator Cs2 (Figur 7, Figur 9).

### **2.1.3 Tverrprofil**

For å vise skredbanenes utforming i de forskjellige skredbanene, har det blitt laget tverrprofiler. Tverrprofilene har blitt laget ved å måle avstand mellom høydekotene på et kart. Det ble brukt kart i M711 serien, med målestokk 1:50 000 og ekvidistanse 20 m, over Odda, og et turkart over Jondal, med målestokk 1:50 000 og ekvidistanse 20 m. Avstand og høyde har blitt plottet inn i et millimeterpapir, for visning av utformingen på skredbanene. Deretter har profilene blitt skannet inn, og et nytt profil ble lagt oppå det gamle ved hjelp av Adobe Illustrator. Profilene gir et godt bilde over gradienten på skredbanene. Tverrprofilene ligger i appendiks 4.

## 2.2 Samfunnsvitenskaplig metode

I samfunnsvitenskapen er intervju en mye brukt metode, men også innen naturvitenskap er intervju et viktig hjelpemiddel. I dette tilfellet har intervju blitt brukt som en del av metodetriangulering for å få en styrket datainnsamling.

### 2.2.1 Intervju

Det finnes flere intervjuformer innen forskning. I denne oppgaven er typen uformelt intervju benyttet. Et uformelt intervju er en samtale mellom intervjuer og respondent som er åpen, men der intervjueren på forhånd har laget en intervjuguide. Intervjuguiden fungerer som en retningslinje for hva intervjuet skal inneholde, men intervjueren kan selv underveis endre rekkefølge på spørsmål eller komme med nye (Grønmo, 2004:159-163).

En av grunnene til å bruke intervju er å fylle hull i informasjon som statistikk ikke fyller (Hay, 2005:80). Dette er hovedgrunnen til at intervju er brukt som metode for å styrke datainnsamlingen i oppgaven. På grunn av dårlig statistisk informasjon før 1976 har det blitt brukt lokale kilder for å finne informasjon om skred langs Sørfjorden fra tiden før dette året. Intervjuene blir brukt som en del av metodetriangulering, som er en kombinasjon av ulike data og metoder (Grønmo, 2004:55). Metodetriangulering bidrar til å styrke tilliten til metodene og resultatene, da identiske resultater gir stor tillit til relevansen i metoden, og at resultatene er pålitelige (Grønmo, 2004:56). I tillegg til intervju er historiske kilder, statistisk analyse og feltobservasjon brukt som en del av trianguleringen.

For å finne gode intervjuobjekt hjalp kontaktperson, Guttorm Rogdaberg, til. Rogdaberg kjenner området og hvem som kunne ha informasjon om temaet. Rogdaberg skrev ned en liste over personer som kunne kontaktes og bøker som ville være relevante. Det ble dermed en slags snøballutvelging (Grønmo, 2004:102).

Rogdaberg kontaktet de aktuelle kandidatene først for å spørre om de var villig til å være med på intervju, og ga beskjed at de kom til å bli kontaktet. Intervjuene ble utført i mai 2009. Respondentene var: Johan Velure, Vigleik K. Rogdo, Arne Tokheim, Jon J. Digranes og Birge I. Aga. Alle kommer fra, og er vokst opp på, steder langs Sørfjorden. Før intervjuene ble utført, ble det satt opp en intervjuguide. Intervjuene ble gjort i god tid før feltarbeidet skulle utføres, slik at en hadde litt mer informasjon å gå etter for feltarbeidet. Hovedlokalteter Aga og Tokheim ble også valgt på grunnlag av informasjonen fra intervjuene.

I noen av intervjuene ble intervjuguiden nesten lagt til sides, da flere av spørsmålene viste seg å være overflødige, og respondenten for det meste bare hadde informasjon å komme med på noen få av spørsmålene. Andre intervju resulterte i bilder, bøker og gamle avisutklipp, istedenfor svar på mange spørsmål. Ut i fra de to respondentene med mest informasjon, ble to steder valgt som hovedområder, Aga og Tokheim. Her kom det frem god informasjon om hvilke skred som hadde gått, og når de hadde gått. Fra Birge Aga fikk en i tillegg til informasjon fra eget minne, informasjon som var nedskrevet i dagboken til Johannes Johannesen Aga. I dagboken var det skrevet ned både når skredene gikk, temperatur og nedbør i tiden før, og hvor stort omfang skredene hadde. Spørsmålene og opplysningene fra intervjuene kan finnes i appendiks 3.

Under feltarbeidet ble respondentene på nytt kontaktet på telefon, og spurt om de hadde kommet på noe mer eller hadde noe annet å tilføye. Birge Aga og Arne Tokheim ble også besøkt på nytt, da det var de som hadde mest informasjon under de første intervjuene. I ettertid ble det sendt brev angående bruk av deres fulle navn i oppgaven. Dette er et etisk spørsmål som er viktig å belyse, da det handler om personvern. Samtlige respondenter samtykket.

Informasjonen fra respondentene har blitt brukt i varierende grad i analysen. Informasjon som innholdt dato for skredutløsning, er tatt med i resultatdelen. De skred som bare nevner året, er satt inn i appendiks 2. Mye av informasjonen fra intervjuene har fungert som bakgrunnsforståelse og som oversikt over hvordan skredsituasjonen har vært langs Sørfjorden de siste 400 år.



### 3 Beskrivelse og analyse av felldata

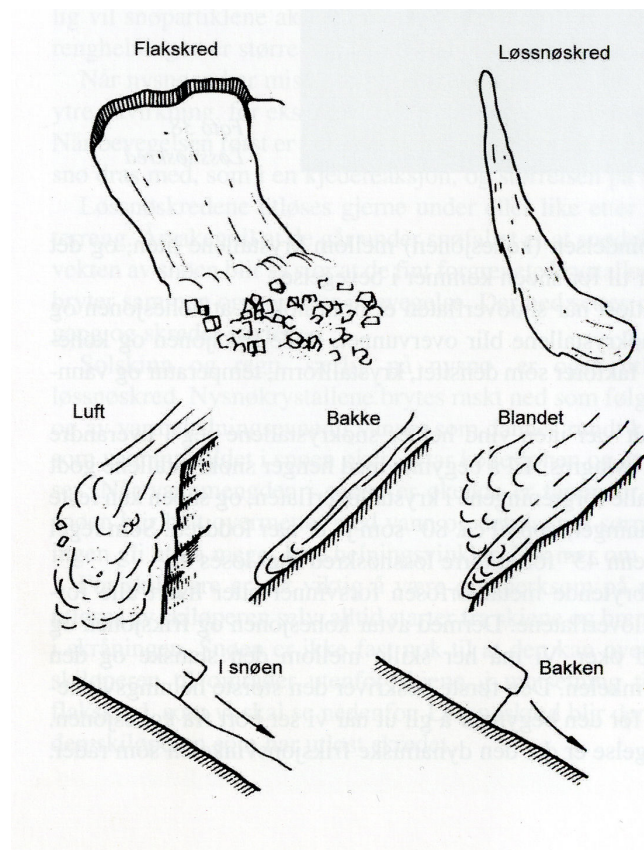
I dette kapittelet blir det først forklart litt om snøskredtyper, hva som utløser skredene og hvordan en klassifiserer skred. Deretter blir de forskjellige skredbanene på Aga og Tokheim beskrevet. Etter hver beskrivelse av skredbanene blir det fremstilt en analyse basert på beskrivelsen.

#### 3.1 Snøskred

”Snøskred får vi når en snømasse i ro plutselig mister festet og glir ut og får en fart som er større enn snøsiget” (Sulebak og Sjøstrøm, 2007:329)

##### 3.1.1 Inndeling av snøskred

Snøskred blir delt inn i grupper, alt etter utløsningsform, fuktighet, bevegelsesmåte og skredbanens form. Det finnes to utløsningstyper, flaskred og løssnøskred. Løssnøskred løsner i et punkt, og brer seg ut i en vifteform. De går som regel i overflaten av snøen, og snøen er som oftest løs og har liten hekteevne. Flaskred er som oftest mye større og fastere, og det er på grunn av sin fasthet at snøen glir som et flak. I tillegg til flaskred og løssnøskred finnes det en tredje variant, sørpeskred. Sørpeskred kan gå når det regner mye på løs snø eller nysnø, eller ved hurtig smelting ved varm vind, gjerne om våren. Skredet består av vann, snø, is og gjerne store mengder jord og stein. Skredet oppfører seg som en slags



Figur 5. En forenkling av klassifikasjon av ulike typer skred (Lied et al., 2003:97).

massestrøm. Sørpeskred går ofte i trange raviner eller kanaler, og har en meget stor erosjonsevne (Blikra, Lars Harald et al., 1989). Skred kan bevege seg på flere måter, enten glidende langs bakken, i luften, eller som en blanding av de to foregående. Figur 5 viser en forenkling av noen typer skred og bevegelser (Sulebak og Sjøstrøm, 2007:330).

Snøskred kan også deles inn etter hvor fuktige de er, tørrsnøskred og våtsnøskred. De tørre skredene oppstår i meget tørr og løs snø, og det er disse som oftest skaper skredvinder, på grunn av deres store hastighet. Tørrsnøskred eroderer meget lite, da de som oftest vil gå i ny tørr snø på toppen av gammel, hardere snø. Våtsnøskred blir ofte utløst under milde værforhold, og da vil snøen være mye våtere og tyngre enn ved et tørrsnøskred. På grunn av sin store fuktighet og tyngde vil våtsnøskred bevege seg mye tregere enn et tørrsnøskred, men de vil til gjengjeld ta med seg mye mer materiale fra skredbanen. Grunnet alt materialet skredet tar med seg, vil skredet være mye skitnere og mørkere enn tørrsnøskred (Blikra, Lars Harald et al., 1989).

Alle typer snøskred består av tre deler: Løsneområde, skredløp og utløpsområde.

Løsneområdet er der skredet starter, fra bruddkanten øverst, til nedre kant av der massene har glidd ut. Skredløpet er området der snøen har størst hastighet, før utløpsområdet der snøen mister fart og stopper opp, som oftest i terreng med helningsvinkel mellom 10° og 20° (Sulebak og Sjøstrøm, 2007:335).

Store snøskred forekommer oftest på steder med helningsvinkel mellom 30 - 45°, men mindre skred kan også forekomme ved 20° til 50° helning. I tillegg spiller andre terrengforhold inn på om det skal gå skred. Områder med store snømengder eller spenninger i snødekket er meget snøskredutsatt. Snøskredutsatt er det også hvis det er lite vegetasjon, og få trær og busker som kan holde snølaget stabilt (Sulebak og Sjøstrøm, 2007:336).

### **3.1.2 Meteorologiske årsaker til skred**

Det er tre meteorologiske faktorer til at snømassen plutselig kan miste festet: nedbør, i form av snø eller regn, vind og temperatur. De aller fleste skred vil bli utløst etter et stort snøfall, da vektøkningen vil skape ustabilitet, og dermed utløse skredet. Regn, eller regn etter snøfall, kan også føre til at faren for skred blir stor. Tabell 4 viser sammenheng mellom nedbørsmengde i løpet av tre døgn og skredfare. I tillegg til stor snømengde over tre døgn, må intensiteten være høy, for at faren skal bli svært stor. For at situasjonen skal bli kritisk, må det

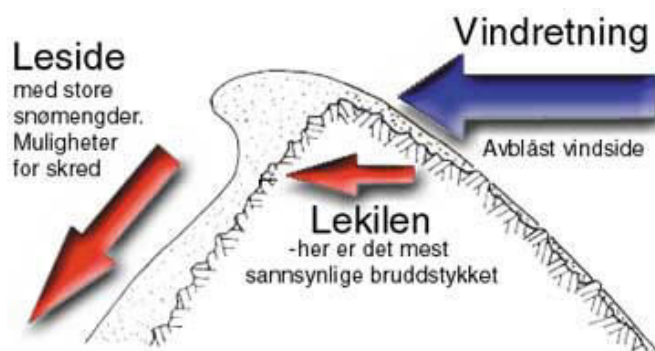
komme snø over 2-2,5 mm nedbør per time, med mindre det er stor vindtransport eller stor endring i temperatur (Lied et al., 2003:97).

**Tabell 4. Forholdet mellom nysnømengde over tre døgn og skredfaren det fører til. 1 mm nedbør tilsvarer 1 cm nysnø. Modifisert etter Lied et al. (2003:96).**

Summert nysnø for tre døgn i cm	Skredaktivitet
< 10	Sjeldne, lokale skred, fortrinnsvis løssnøskred
10-30	Hyppige løssnøskred. Enkelte flakskred
30-50	Hyppige flakskred, fortrinnsvis i terreng brattere enn 35°
50-80	Generell fare for større skred, også i terreng ned mot 30°. Enkelte skred kan gå til dalbunnen. Utbredte flakskred også i slakere terreng.
80-120	Hyppige store snøskred ned til dalbunnen, enkelte også utenfor kjente skredløp
> 120	Ekstraordinære forhold. Muligheter for sjeldne skred og skred som ikke tidligere er kjent

Vind over 8-10 m/s kan ta med seg snø, og avsette den i lesider, og føre til et mye tykkere snølag enn nedbørsmengden skulle tilsi. Snø vil også legge seg som skavler på kanten av fjellet (Figur 6) (Sulebak og Sjøstrøm, 2007:335). Fjellsider som ligger i le vil ha opptil fire ganger større akkumulasjon av snø enn vindutsatte sider, ved vind mellom 8-14 m/s. Under sterk kuling og storm kan vinden ta med seg så mye snø at det kan bygge seg opp til 2-3 m i utløsningsområdet på bare noen få timer. Ved snøfall ved kalde temperaturer blir snøen løs og lett for vinden å ta med seg til områder med mindre vind (Lied et al., 2003:97). Vind direkte på et snølag kan derimot føre til stabilitet i snølaget (Sulebak og Sjøstrøm, 2007:335).

Raske temperaturstigninger og stor forskjell i temperatur kan føre til dårligere stabilitet i snølaget, og kan dermed føre til utløsning av skred. Lave temperaturer kan føre til en svekkelse i stabilitetsutviklingen, mens mildt vær kan være med på å



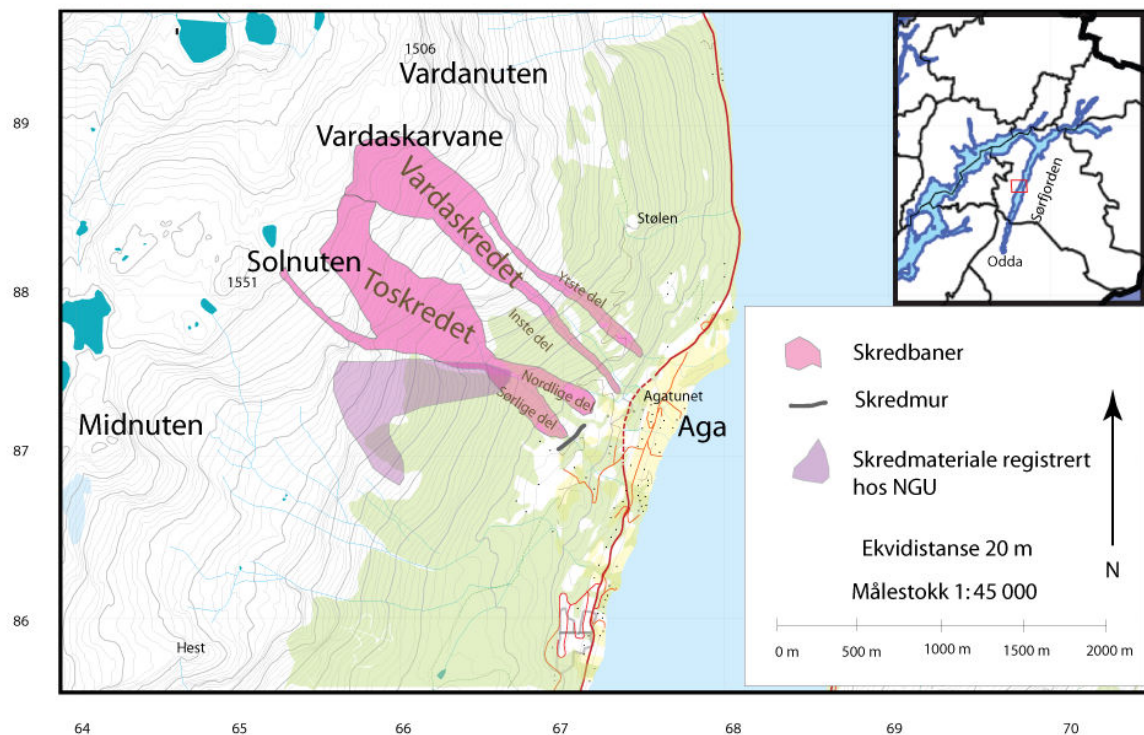
**Figur 6. Oppbygging av snø, som legger seg som en skavl på kanten av fjelltopper, grunnet vind (rjukanlag.no).**

stabilisere snølaget. Østvendte fjellsider vil ofte oppleve en forsinkning i stabiliseringen av snømassene, fordi de store deler av tiden ligger på skyggesiden av solinnstråling. (Sulebak og Sjøstrøm, 2007:335).

### 3.1.3 Klassifisering av skred

Ved kartlegging av hvilken type skred som har gått et sted, er det flere tegn en kan se etter. På overflaten ligger det gjerne løse steiner og jord over eldre avsetninger. Avsetninger ligger inni skredmassene, for så å smelte ned på bakken når snøen forsvinner (Sulebak og Sjøstrøm, 2007:321). Ved graving, er det mest vanlig å finne usorterte, spredte steiner, jord og grus med sand innimellom i en slags kaotisk tilstand. Hvis snøskredet har vært svært tett eller det har vært et sørpeskred, kan avsetningen fra skredet ligge i ett lag i utgangspunktet, som lett kan miste formen sin under nedsmelting. Avsetningene kan stamme fra morene, gamle og nye steinsprang og fjellskred og fra erodert materiale langs fjellsiden (Blikra, L. H. og Nemeč, 1998). Under større skred kan mindre steiner bli liggende oppå større steiner etter snøen har smeltet bort (Lied et al., 2003:34). Ved tørre snøskred er ikke leveer vanlig, mens under sørpeskred kan en liten levee forekomme. Et sørpeskred blir nesten som en liten massestrøm, og nederst ved utløpet kan det ligge flere små tunger med sand og fin grus som er utvasket (Blikra, L. H. og Nemeč, 1998). Er snøskredet svært kraftig, kan det kaste opp materiale på siden av skredet, som en voll. Snøskred kan også grave ut små u-formede raviner i fjellsiden. De tegn som er lettest å se er brukne og veltede trær, som gir en god indikasjon på at det har gått et snøskred (Sulebak og Sjøstrøm, 2007:321). Skredløp med lav eller ingen skog er en indikasjon på at det ofte går skred. Går det sjelden skred, er det større sannsynlighet for at skog vokser opp. Går det skred oftere enn hvert fjerde år i gjennomsnitt, har undersøkelser vist at bjørkeskog ikke klarer å vokse opp (Lied et al., 2003:61).

### 3.2 Skred på Aga



Figur 7. Oversikt over skredbanene på Aga, og over Agas plassering langs Sør fjorden.

Aga ligger litt nord på vestsiden av Sør fjorden, i Ullensvang Herad (Figur 7). På Aga er det to forskjellige snøskred som pleier å gå, Toskredet og Vardaskredet.

Også lenger sør mot Vikebygd går det flere skred, men her fokuseres det på de to ovenfor Agatunet. Selve Agatunet regnes for å være trygt, da det ligger under en bergknaus som skjermer for skred. Derfor står også mange av de gamle husene i klyngetunet fortsatt. Ett av husene som står der, er fra 1275, og er dermed over 700 år gammelt (pers. komm. Hultkvist, 2009).



### 3.2.1 Toskredet

Der Toskredet går, heter det To, og derfor heter det Toskredet (Pers. komm. Aga, 2009). I tillegg til at det heter To, deler skredet seg også ofte i to skredbaner på vei ned mot sjøen. Snøen legger seg oppe ved Solnuten, og det er derfra skredene kommer. Toskredet går nesten hvert år, men oftest i

mindre skala. Det er vanligvis flaskred som går der, men den 6.11.1996 og i 1998 kom det et

flomskred. Det hadde tidligere stått ut et fjellstykke, som kom ned som fjellskred. Skredet demte opp vann og snø, og til slutt brast demningen og det kom et flomskred som gikk helt ned i sjøen (pers. komm. Aga, 2009).

Toskredet starter ved ca 1300 m o.h. og ender ved ca 140 m o.h.. Selve skredbanen er ca 1 km lang, fra løseområdet til utløpsområde, mens bredden varierer noe.

Opp mot Toskredet går det en traktorvei, som gjør at det er lett å komme seg til skredet. Der traktorveien ender, er det et område med dyrket mark, og på det ene jordet ligger det flere svært store blokker, 3-5 m i diameter (Bilde 1). Det har blitt bygd en skredvoll nedenfor skredløpet for å beskytte bebyggelse. Skredvollen var ferdig i 1999, er ca 325 m lang,



**Bilde 1. Store blokker nedenfor Toskredet. Elv og mur til høyre for bildet.**



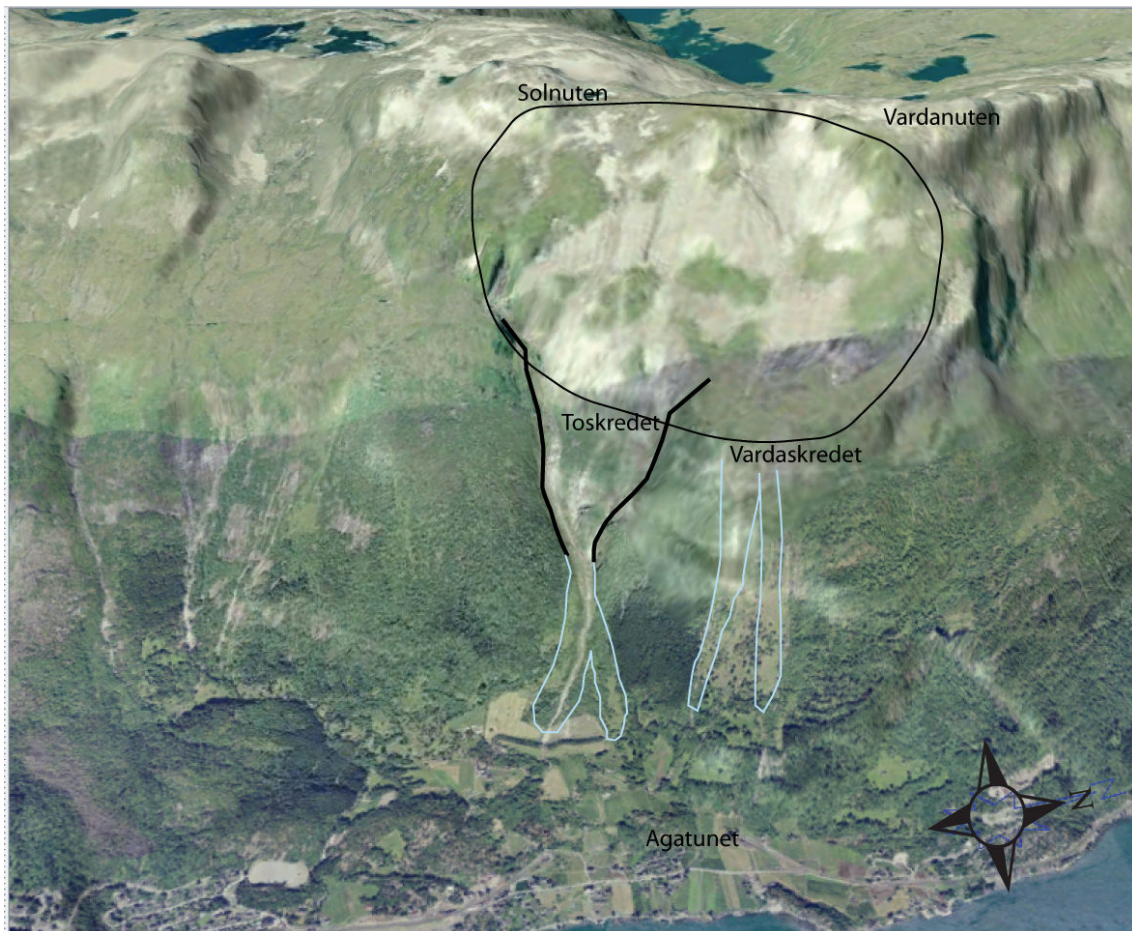
**Bilde 2. Små steiner og noen litt større blokker i enden av Toskredet.**

50 m bred, og 10-15 m høy (www.landskapspark.no). Vollen går rett inn i miljøet, og på nedsiden kan en nesten ikke se den før en ser inn i åpningen der elven renner gjennom. Vollen skjerner mest for sørlige løp av Toskredet.

På nederste del av utløpsområdet, rett ovenfor skredvollen ligger det mye småstein med størrelse rundt 5 cm. Det ligger også noen store blokker der, opp til 3 m i diameter. Det er ingen sortering, og terrenghelningen er på ca 30° (Bilde 2).

### **3.2.1.1 Sørlige løp**

Gjennom skredvollen går en elv/bekk som renner gjennom det sørlige løpet, den begynner ovenfor Toskredet og fortsetter helt ned til sjøen. Det er mulig å gå oppover elveløpet, da det så tidlig på høsten er liten vannføring, nærmest en bekk. Spesielt første dag i felt var det lite vann, men dagen etterpå var vannføringen mye større. Jo høyere opp en kom, jo større vannføring ble det. Elveløpet er ca 10 m bredt, og størrelsen på steinene i elveløpet er alt i fra grus til store blokker på 2 m, uten sortering. Fra bunnen av bekken og opp til sidekanten er det svært bratt, og gjerne 5 m opp til kanten med helning på 70° enkelte steder. Det er vanskelig å gå ut på sidene, for det er mye skog som er vanskelig å gå gjennom, med bjørk og selje for det meste. Ved ca 200 m o.h. blir det mindre skog på sørsiden av elven, og det er et mer åpent terreng som er lettere å komme seg gjennom. De trærne som finnes, er mye brukket og bøyd, og innimellom trærne ligger noen steiner/blokker i dagen. Steinene har en størrelse fra 25 cm til ca 1m. Vinkelen på bakken her er ca 25°. Lenger oppe er terrenget så vanskelig fremkommelig at det er umulig å komme seg opp til der skredbanen deler seg. Det er svært bratt ned til elven, ca 10 m rett ned.



**Figur 8. Oversiktsfigur over Aga, som viser drenerings og oppsamlingsområdet (tynn svart linje) ovenfor Toskredet og Vardaskredet. Tykk svart linje= "trakten" i løснеområdet. Lys blå linje= skredløp. Modifisert etter norgei3d.no.**

Figur 8 viser at i øverste del av skredet er det et ganske bredt område der snøen samler seg, mens nedenfor virker fjellsiden som en "trakt" for snøen. Det brede området over er deler av utløsingsområdet. Etter trakten fortsetter Toskredet vanligvis ned langs elven, men noen ganger deler skredet seg i to løp.

Ved Solnuten, ovenfor Toskredet, er det et ganske flatt parti som strekker seg mot Folgefonna. Bak Solnuten og Vardanuten heller terrenget nedover igjen. Nutene ligger på et smalt og konvekst område (Figur 8).

Dreneringsområdet til Toskredet begrenser seg p.g.a. at området over er en nut.

Dreneringsområdet er ca 0,55 km<sup>2</sup>, og er for det meste det samme området som snøen legger seg på før det går skred (Figur 8). Det ligger et lite vann rett ovenfor, som muligens kan være



innenfor dreneringsområdet, men slik det ser ut på [www.norgei3d.no](http://www.norgei3d.no) ser det ut som om det ligger en haug rett fremfor, så vannet er ikke tatt med i Toskredets dreneringsområde.

### 3.2.1.2 Nordlige løp

På ca 300 m o.h. deler skredløpet seg i to. Det nordlige skredløpet går inntil granskog på nordsiden, og terrenget på rundt 300 m o.h. har en vinkel på ca 30 – 35°. Flere av grantrærne langs nordkanten av skredløpet er brukket av ca 2 m over bakken, for så å vokse videre ut på siden og oppover (Bilde 3). Der grantrærne vokser, er det mye brattere, ca 45°, med en



Bilde 3. Tre som har vokst utover i to deler, ca 2 m over bakken, i nordre løp av Toskredet.

litt annen helningsretning, nordøst/sørøst. Overgangen mellom grantrær og løvtrær ser ut til å gå i utkanten av skredet. I selve skredløpet er det lite vegetasjon, utenom et par brukne bjørk og seljer. Langs hele skredløpet er det mye tuer og gress. I selve løpet ligger også noen steiner fra 20 cm – 1 m og en av steinene er ca 3 m i diameter. Det går en liten bekk i sørsiden av den nordlige skredbanen. Lenger nede, fra ca 260 m o.h., blir skredbanen mye mer tydelig, og her går det flere kyr og beiter. Det er også en liten lysning med mindre trær nesten helt nederst.

### 3.2.2 Analyse Toskredet

Det er usikkert hvordan de store steinene nedenfor skredbanen på jordet har kommet der. Steinene kan ha kommet ned enten med et svært snøskred, steinsprang eller fjellskred. I det sørlige skredløpet er slik transport sannsynlig, men blokkene er også svært store. Slike store blokker finnes ikke noen andre steder i skredløpene. Hvis ikke det er skred som har ført til

deres plassering, må de ha blitt lagt igjen der av en isbre. En isbre har stor nok evne til å ta med seg slike store blokker.

Arealet med mindre skog rundt 200 m o.h., er sannsynligvis området der de litt større skredene går. Når de årlige mindre skredene går, vil skredene bare følge elveleiet, og vegetasjon på kanten av elveleiet får tid til å vokse. Større skred brer seg utover på sørsiden, og tar med seg mye vegetasjon. De trær som står igjen, blir enten bøyd eller brukket. Innsnevringen ved ”trakten” kan være med på å øke trykket, og dermed også ødeleggelsesevnen til skredet.

Den bratte kanten opp fra elven kan oppfattes som en levee. Men det kan også være at materiale i skredløpet har blitt transportert vekk av snøskred. Både kontinuerlig vannføring og snøskred kan ha ført til utgraving av terrenget. Det materialet som er blitt lagt igjen har kommet der etter fjellskred eller steinsprang som har gått lenger oppe, for så å bli tatt med av snøskred. Steiner og blokker som ligger i skredløpet på siden av elven, har kommet ned på samme måte.

De brukne trærne som har vokst videre ut på siden i nordre del, er klare tegn på at det har gått snøskred der. Grunnen er at bare snø og skredvind kan gjøre skade så høyt oppe. Hadde det vært et fjellskred eller jordskred ville skadene forekommet mye lenger nede på trærne, og det ville bare ha vært et og annet tre som ble truffet. Her er det flere trær i en klynge som har brukket i stort sett samme høyde.

At det går kyr og beiter i nedre del av nordlige skredløp kan føre til at det er mindre vegetasjon der, og at det kan lure oss til å tro at skredbanen er så stor. Men mest sannsynlig er det på grunn av at det har gått skred der lite trær og busker i veien, som gjør at det er gode beiteforhold.

Informasjon fra både feltarbeid og intervjuer tilsier at Toskredet sjelden deler seg og går i begge løp. Det er trolig derfor de største skredene som går i det nordlige løp, og også ut på siden i det sørlige. Uansett er det lett å se at det er snøskred som er vanlig og også hvor skredene går, på grunn av de mange brukne og bøyde trærne. Dette er også lett å se på fly- og satellittfoto ([norgebilder.no](http://norgebilder.no) og [norgei3d.no](http://norgei3d.no)).

Sørlig- og sørvestlig vind er den fremherskende vindretningen langs Sørfjorden. Ved sør- og sørvestlig vind kan snø fra områdene i samme retning, og muligens helt fra Folgefonna, bli blåst mot Toskredet. I tillegg vil både vestlig og nordvestlig vind kunne ta med seg snø til området, og avsette det i utløsningsområdet til Toskredet.

Birge Aga sier at en merker forskjell i skredfrekvens når Folgefonna trekker seg tilbake, og det viser at skredene blir påvirket av Folgefonna. Dermed vil sør- og sørvestlig vind være en viktig faktor for skredfrekvensen til Toskredet.

### 3.2.3 Vardaskredet

Vardaskredet er også delt i to løp, og de lokale kaller de for inste og ytste Vardaskredet. Skredenes løsneområde er på to forskjellige steder, i motsetning til Toskredet som har samme løsneområde (Figur 7). Det inste løpet er det sørlige og ytste er det nordlige løpet. Skredene starter oppe ved Vardaskarvene og Vardanuten, og er hovedsakelig løssnøskred. Nedenfor nutene er det store partier uten vegetasjon der snø blir liggende i le av vinden, som hovedsakelig kommer fra sør/sørvest.

Det er som oftest ytste Vardaskredet som går, men når det er mye snø, kommer snøen gjerne ned i begge løpene eller bare inste løpet. Flomskred er den typen skred som gjør mest skade, men det er ikke den vanligste typen.

Helningen på fjellsiden langs Vardaskredet varierer noe, med flere både slake og bratte partier. I appendiks 4 fremstilles tverrprofilene av alle skredbanene, og disse viser variasjonen i fjellsiden. Det går en traktorvei gjennom begge løpene på ca 220 m o.h., som fører videre opp til Stølen. Området med traktorveien er et litt slakere parti (appendiks 4). Gjennom begge løpene renner det en bekk. Bekken ved Inste Vardaskredet er litt større enn den som går gjennom ytste Vardaskredet. I det inste løpet begynner bekken helt oppe ved Vardaskarvene ved ca 12-1300 m o.h., mens bekken i det ytste begynner litt lenger nede på ca 680 m o.h. Det er større vannføring i inste løp enn i ytste.

#### 3.2.3.1 Inste Vardaskredet

Selve skredbanen på inste er ca 900 m lang. Ovenfor stien er det ganske bratt, en kan derfor verken gå eller se hvordan det er i skredbanen ovenfor. Det er imidlertid lett å se at skred har

gått her, på grunn av de mange brukne og bøyde trærne. Det ligger også flere steiner og blokker rundt om i området, med diameter fra ca 10 cm til ca 1 m. Det ser ikke ut til at skredene her vanligvis er svært store, for trærne er for det meste bøyde i området rett rundt bekken. Men så er det også mest trær i området rundt skredbanen.

Dreneringsområdet til inste Vardaskredet er vanskelig å avgrense, da inste og ytste løp ligger svært tett. Det har derfor blitt valgt å slå dreneringsområdene til Vardaskredene sammen. Dreneringsområdet er ca 0,7 km<sup>2</sup> stort, og ligger på samme måte som Toskredet, nedenfor en nut, med dreneringsområdet omtrent på samme sted som løsneområdet.

Mellom inste og ytste løp er det lite vegetasjon bortsett fra noen få bøyde trær innimellom, og det ligger flere steiner spredt utover. De få trærne som finnes, ligger for det meste rundt berg og store steiner, og er for det meste bjørk og rogn.

### 3.2.3.2 Ytste Vardaskredet

Det ytste løpet virker mye større, med et større område med brukne og bøyde trær rundt bekken (Bilde 4). Det er også mange flere steiner og blokker her, med en diameter på ca 20 cm – 2 m. Terrenget har en vinkel som varierer mellom ca 20 og 30°. På nordsiden av løpet ved 220 m o.h. er det barskog i ytterkanten av skredbanen. Ovenfor stien som går til Stølen er det et ganske stort område med lite vegetasjon. Dette området går fra ytste Vardaskred og helt bort til inste.

Også lenger nede på ca 120-130 m o.h. går en sti som går gjennom skredene. Her er det mange færre steiner og færre bøyde og brukne trær. Denne stien går akkurat på oppsiden av den bratte fjellsiden ned mot veien. I inste løpet er det litt slakere lenger nede, men bekken har fremdeles bra vannføring. Bakken ved siden av elveløpet har en vinkel på ca 20°. I nedre del av ytste er det mye brattere, det går nesten som trappetrinn i terrenget. Nedenfor det ene trappetrinnet, ved 128 m o.h. ligger det en liten steinur, før det går bratt ned mot veien. De fleste steinene i uren er relativt små, 2 – 50 cm, men noen få er opptil 1-2 m i diameter.

Rett under toppen av Vardanuten er et forholdsvis stort parti som er litt slakere, og der det ikke er mye vegetasjon. Det er store flekker med bart fjell der. Vardaskredet ligger såpass nær Toskredet at området rundt toppen er mye likt beskrivelsen av Toskredet (Figur 8).



Bilde 4. Deler av skredbanen til ytste Vardaskredet, med brukne og bøye trær, sett nedover mot fjorden.

#### 3.2.4 Analyse Vardaskredet

De spredte steinene mellom inste og ytste kan ha kommet ned på flere måter. Fjellsiden ovenfor er svært bratt, og steinene kan derfor ha kommet direkte derfra. Steinene kan også ha løsnet og blitt liggende langt oppe i fjellsiden, for senere å ha blitt tatt med nedover i snøskred.

Det store område mellom de to skredbanene med lite vegetasjon kan tilsi at det går mye skred her, slik at vegetasjon enten blir revet bort eller ikke får tid til å vokse før neste skred kommer. Dette er likevel tvilsomt, da det er på sidene hovedskredene pleier å gå. Skredene er riktignok årvisse, men svært store er de sjelden. Det er en del husdyrhold i området, noe som gjør at vegetasjonen i skredbanene blir holdt nede av sauer og kyr.

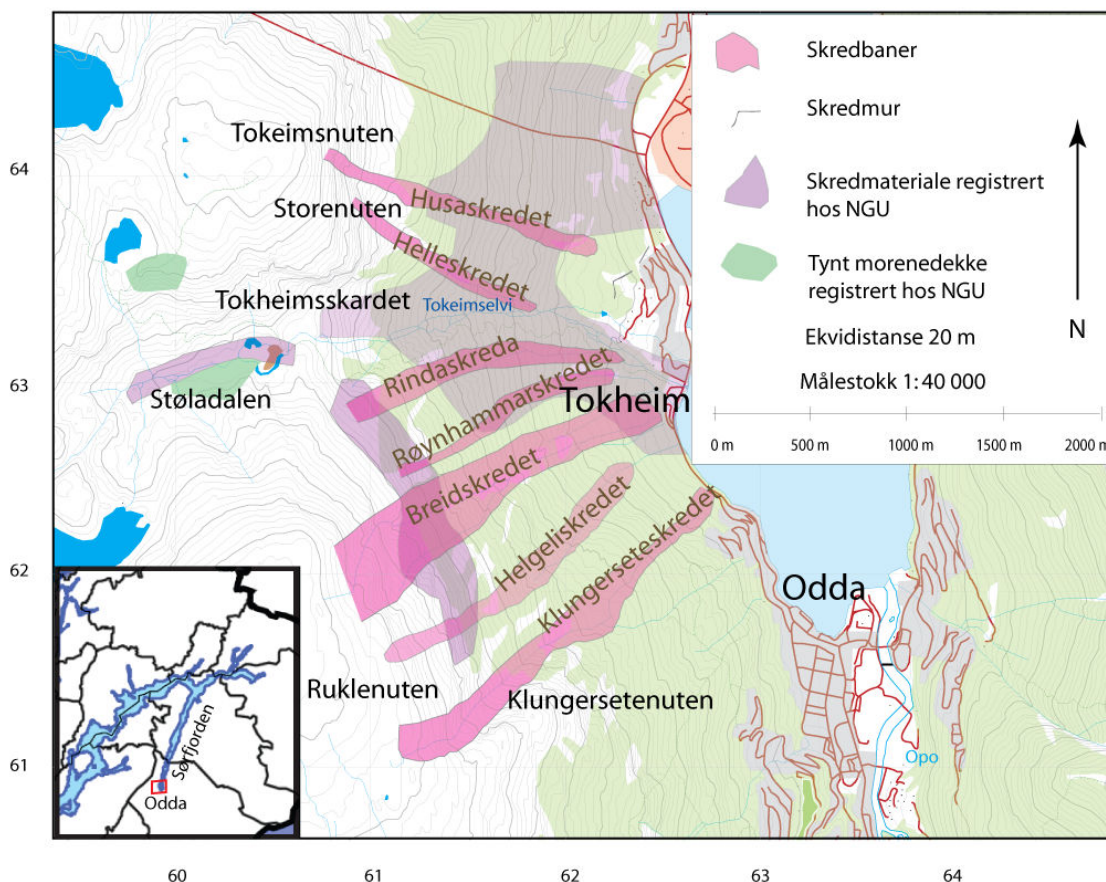
De mange brukne og bøye trærne i områdene rundt skredbanene tyder på at snøskred er et meget vanlig fenomen. Det er også tydelig at ytste Vardaskredet vanligvis er større enn det inste. Området med brukne og bøye trær er klart større ved ytste. Steinene er også større.

Vinkelen på fjellsiden varierer i trappetrinnform, og dette kan være med på å stoppe de mindre skredene, slik at de ikke kommer helt ned til veien og bebyggelse. Mye av skredene stopper trolig opp ved 120-140 m o.h., der det åpne terrenget er, mens rundt 600 – 750 m o.h. og 800 – 900 m o.h. samler snøen seg før den kommer ned som skred (appendiks 4). Det nederste partiet av det ytste skredløpet, ved uren, er siste parti før skred når veien. Det er lite trolig at uren er avsatt av snøskred. Små steinsprang kan gå fra fjellknausen rett ovenfor, og være årsaken til at det ligger steiner der.

Vindmessig er det også den samme type vind som vil føre med seg snø som det er på Toskredet. Sørlig og sørvestlig vind er fremherskende vindretning og fører med seg snø fra området sørvest for Aga, og muligens fra Folgefonna. Vestlig og nordvestlig vind vil også kunne ta med seg snø til oppsamlingsområdet ovenfor Vardaskredet, men siden det ikke er en vanlig vindretning, vil sørlig og sørvestlig vind være den mest påvirkende vinden for Vardaskredet.



### 3.3 Skred på Tokheim



Figur 9. Oversiktskart over skredbanene på Tokheim og Tokheims plassering langs Sørfjorden.

Tokheim ligger helt sør i Sørfjorden, ved Odda sentrum, i Odda kommune (Figur 9). Tokheim ligger rett øst for den sørlige og største delen av Folgefonna. På Tokheim går det mange skred, og de fleste går årlig. De forskjellige skredene har fått egne navn: Husaskredet, Helleskredet, Rindaskredet, Røyhammarskredet, Breiskredet, Helgelskredet og Klungerseteskredet. Det har i denne oppgaven blitt sett nærmere på Klungerseteskredet, Breiskredet og Husaskredet (Bilde 5).

#### 3.3.1 Husaskredet

Husaskredet er et årvisst skred og utløses ved Tokheimsnuten (Bilde 5). Det går som sagt skred der nesten hvert år, men noen år går Husaskredet stort, og 1928 var et slikt år. Skredet 8. februar var ca 200 m bredt, og tok livet av en person (Gravdal og Melkeraen, 1993:76-77). Men det var ikke bare Husaskredet som gikk da. Nesten alle Tokheimsskredene gikk i 1928, og 1928 er trolig Sørfjordens verste skredår. Husaskredet er spesielt utsatt (for flaskred) når



**Bilde 5. Oversiktsbilde over Tokheim, med Breiskredet til venstre og Husaskredet til høyre i bildet (tokheim.origo.no)**

vestavær har stått på noen vintermåned. Det var det som skjedde den 8.februar, 1928 (Bilde 6) (Sigmund Tokheim, Haugesunds Avis, 14.jan.1993).

I 1976 var Husaskredet stort igjen (Bilde 7). Nedenfor er en tekst om værforhold før og under Husaskredet, den 2.3.1976, skrevet av Arne Tokheim.

”Det var sterk nordvestlig vind då skreda kom. Det var eit tunt lag med turr nysnø i høgda, men regntung våt snø under. Det vart såleis ei blandingsskreda med mykje snørok som dreiv mot sør, men i sjølve løpet låg att ei kramsnøskreda. Ho nådde ikkje fullt ned til gamle bøgården på Nyslåttereet. Kommunen, v/entreprenør Høie Ellefsen as, var nett begynt med skredforebygginga. Ein ser retningsstativet på toppen av berget oppom Krosshaugrøysa. Skreda kom om formiddagen. Minimumstemp. om natta var 0,5°C, og maks. om dagen var 2,7°C.”





Bilde 6. Oversiktsbilde over skredene på Tokheim den 8.2.1928. Fra venstre: Breiskredet, Røynhammarskredet, Rindaskredet, Hedleskredet og Husaskredet (fotograf ukjent).



Bilde 7. Bilde av Husaskredet den 2.3.1976, tatt inne fra Odda sentrum (foto: Jan Gravidal).

Grunnet Husaskredets store ødeleggelsesevner, og at det er så mange hus som ligger rett under skredet, har de prøvd å måle skavlene oppe ved Tokheimsnuten, der skredet pleier å starte. I 1989 var skavlen ca 23 m, på 1970-tallet var den rundt 15 m, og i 1983 var den 20,25 m. I 1989 var det ikke så farlig, for det lå lite snø nedenfor skavlen, og dermed ville ikke skredet ha nådd særlig langt ned mot bebyggelsen, slik det gjorde i 1928 da det gikk i sjøen. For at Husaskredet skal bli stort og farlig, må det samle seg snø under Tokheimsnuten, som vil utløse en dominoeffekt (Sigmund Tokheim, Haugesunds Avis, 14.jan.1993).

Husaskredet er det nordligste av de åtte skredene på Tokheim. Skredbanen starter et stykke under Tokheimsnuten på ca 860 m o.h., og går helt ned til Tokheim på rundt 120 m o.h., og skredbanen er ca 1 km lang. Fra Tokheim går det en tursti oppover midt mellom Husaskredet og Helleskredet. Helt nederst ved stien ligger en skredmur som ble påbegynt i 1973/74, før den ble bygd videre og ferdiggjort 9.9. 1994 (Odda, 1993).

På veien oppover er det ganske mange forholdsvis store steiner og blokker som ligger inne mellom trærne, og har en størrelse på ca 10 cm – 1 m i diameter, uten sortering. De fleste trærne er grantrær, men det finnes noen løvtrær innimellom. Flere steder på veien oppover er det store trær som har rotveltet eller er knekt/bøyd. De brukne trærne er synlig allerede ved begynnelsen av stien, og dette fortsetter hele veien oppover, selv om det er langt fra selve skredbanen. På ca 400 m o.h. deler stien seg, der den ene fortsetter oppover, mens en litt smalere sti går videre mot nord, mot Husaskredet. Vinkelen her er ca 25 – 30°.

På veien mot Husaskredet finnes et parti med mye kantrundete steiner, med diameter mellom 10 og 50 cm, dekket av mose og lav (Bilde 8). Det er en lysning med løvskog, og ikke granskog, som i området rundt (Bilde 10). Det er vanskelig å se utstrekningen, grunnet vanskelig fremkommelighet og bratt terreng. Partiet er imidlertid godt synlig på oversiktsbilder fra [norgebilder.no](http://norgebilder.no) og [norgei3d.no](http://norgei3d.no), og er dermed ganske stort. Det er ca 10 m bredt ved stien og litt bredere lenger oppe, ca 20 m.





**Bilde 8. Lysning med steiner i mye lik størrelse, mellom Hellekredet og Husaskredet.**

I selve skredbanen til Husaskredet, på ca 440 m o.h., er det vanskelig å komme seg oppover det første stykket, men så blir det lettere. Vegetasjonen rundt skredet har skiftet fra granskog til løvskog, og i selve skredbanen endrer det seg fra tett lav løvskog til bregner, og så til lyng og gress jo lenger opp en kommer, og nye trær har begynt å vokse til. Slik er det oppover et stykke, før en liten utstikker med bart fjell i terrenget, som gjør at det ikke er mulig å se mer oppover. Skredbanen er ca 15 m bred og godt avgrenset, og det er ikke mulig å ta feil når en først er kommet dit (Bilde 9, Bilde 10). Vinkelen på skredbanen er ca 35°.

Det er mye færre synlige steiner i skredbanen enn i området rundt. Men enkelte steder, der lyngen er tynnere, finnes mellomstore steiner i størrelsen 20-50 cm i diameter. Noen steder ser det også ut som at det er bart fjell som kommer opp i dagen. Utenfor selve skredbanen er det flere steder blokker, steiner og brukne og bøyde trær.





**Bilde 9. Skredbanen til Husaskredet sett opp mot Tokheimsnuten.**

Dreneringsområdet til Husaskredet brer seg ikke så stort utover, da dette også ligger under en nut. Det er ca 0,3 km<sup>2</sup> stort, og også her er dette mye det samme området hvor snøen vil legge seg. Husaskredet deler dreneringsområde med Helleskredet, og det meste av vann som kommer ned vil gå ned Helleskredet og ned i Tokheimselvi. Husaskredet er det eneste skredet som har blitt undersøkt som ikke har elv i seg, og det er dermed mulig at dreneringsområdet som har blitt målt ut, ikke er reelt.



**Bilde 10. Tydelig avgrensning av skredbanen til Husaskredet (midten av bildet) sett fra østsiden av Sørfjorden. Helleskredet til venstre. Lysning utenfor skredbanen mellom Husaskredet og Helleskredet.**

Området ovenfor Tokheimsnuten og Husaskredet er forholdsvis flatt vestover mot Folgefonna (Figur 10). Nordover og sørover fra Tokheimsnuten er det ganske bratt nedover mot Eitremselva og Støladalen.



Figur 10. Bilde over Tokheim som viser områdene over skredene og mot. Modifisert etter norgei3d.no.

### 3.3.2 Analyse Husaskredet

Det åpne feltet med mye like steiner og mer løvskog, er trolig et lite skredløp. Dette kan ha blitt dannet en gang Husaskredet var større, eller en gang skredet har tatt en egen ny retning. Steinene er dekket av mye lav og mose, så det har sannsynligvis ikke skjedd det siste året. Det kan også være at et steinsprang har gått der, eller det kan ha gått steinsprang lenger oppe i fjellsiden, massene kan ha blitt ført ned med snø senere. Bilde 10 viser også flere grå felt innimellom skogen. De grå feltene er steiner som har kommet ned fra fjellsiden over. Lysningen ser ut som en liten avstikker av Husaskredet, så selv om skredbanen til Husaskredet er ganske godt avgrenset, og ikke pleier å være så bred, viser dette at Husaskredet noen ganger kan ha en større utbredelse.

Overgangen fra tett, lav vegetasjon til bare lav lyng og gress i skredbanen på Husaskredet på 440 m o.h., kan tyde på at skred ofte går ned til dette punktet, mens skred lenger nedover ikke

skjer like ofte. Husaskredet som gikk 19.3.2010, gikk omtrent til akkurat der overgangen er, og styrker dermed påstanden (Bilde 17).

Utenom den lille lysningen er det lite som tilsier at det er andre typer skred enn snøskred som går der. De steinene som er der, er for små og få til at det har gått mange større steinsprang eller fjellskred. Ikke ser det ut til at det går jordskred eller andre massestrømmer her heller, da det ikke er noen leveer. De steinene som finnes i skredløpet, har mest sannsynlig blitt ført ned med snøskred.

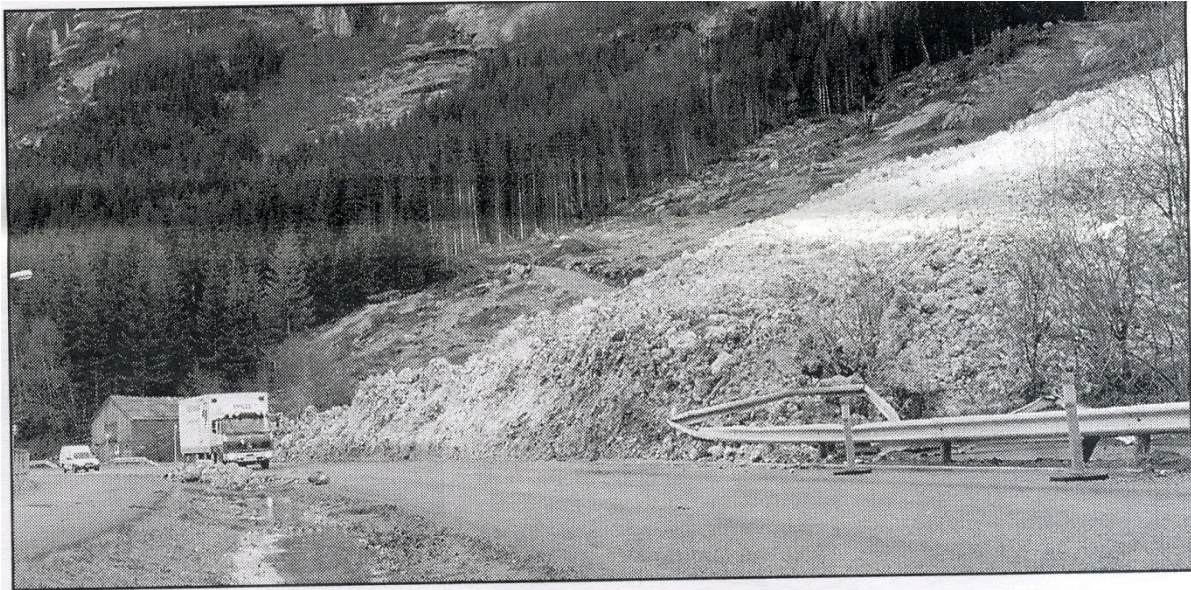
Da den fremherskende vindretningen i området er sørvestlig, vil snø fra Folgefonna bli blåst mot kanten av Tokheimsnuten og legge seg der. Når skavlen på kanten løsner, treffer den snø som ligger under, der skredet starter, snø som gjerne også har blitt blåst fra Folgefonna. Ligger det mye snø under Tokheimsnuten, kommer de virkelig store skredene, som går helt ned mot bebyggelsen på Tokheim. Uten så mye snø under vil skredet stoppe høyere oppe.

Det er flere vindretninger som kan ta med seg snø og legge den på kanten av Tokheimsnuten. Stort sett er det vestlig og sørvestlig vind som fører til at snø blir liggende på kanten eller under kanten på Tokheimsnuten. Dette skyldes Tokheimsnutens topografi på nord- og sørsiden. Det er sannsynlig at det vil komme mer snø med vind til Husaskredet enn ved Agaskredene, da det er mye flatere terreng på toppen, og fordi Folgefonna ligger såpass nær.

### **3.3.3 Breiskredet**

Breiskredet er et årvisst skred, og har fått sitt navn pga. sin store bredde. På det breieste har det vært over 200 m bredt, og da overlapper det gjerne med skredene på sidene. Breiskredet har flere ganger gått i sjøen, siste gang rundt 1900 (Tokheim, 1968). I 1967 kom det ned og ødela nesten trelastlageret på Egne Hjem, mens det i 1993 kom så langt ned at det faktisk ødela trelastlageret (Gravdal og Melkeraaen, 1993:18). I 1997 kom Breiskredet stort igjen (Bilde 11) (Hardanger Folkeblad, 4.4.1997).





**Bilde 11. Breiskredet den 2.4.1997 kom helt ned til veien (foto: Bjørn Borge(4.4.1997)).**

Breiskredet ligger mellom Klungersete og Tokheim, mellom Helgeliskredet og Røyhammarskredet, ved Egne Hjem. Nederste del av skredbanen går nesten helt ned til veien, R550, og utløsningspunktet starter nesten helt opp på 1300 m o.h.. Skredbanen er ca 1,3 km lang. Breiskredbekken går gjennom hele skredet, og helt øverst ser det ut til at bekken går i to løp. Rundt 450 m o.h. møtes de to bekkeløpene og går ned mot veien.

Nederst i skredbanen er det lite vegetasjon. Det er helst tuer og blåbærlyng som dominerer, og med noen bregner innimellom. Det ligger mye stein i dagen, og noen steder er der det bart fjell (Bilde 12). De fleste steinene og blokkene er store, noen med en diameter opp til 2-3 m, mens noen er rundt 50 cm, uten sortering. På sørsiden av skredbanen vokser en blanding av løvtrær og bartrær, mens det på nordsiden finnes mest løvtrær. Vinkel på skredbanen er her ca 20°. Videre oppover blir det litt mer trær i skredbanen, og svært mange av disse er bøyd eller brukket. Jo høyere opp en kommer, jo tydeligere er det at her har gått skred. Det er også mer synlig bart fjell høyere opp. Det er også brattere, med en vinkel på ca 30 – 35°. Et stykke opp i skredet deler skredet seg i to baner, og det blir svært vanskelig å gå.

Ovenfor skredbanen ligger det fremdeles store mengder snø på en litt skrå fjellhulle på toppen av fjellet (Bilde 13).





**Bilde 12. Breiskredet nederst ved veien, der store blokker er dominerende.**

Dreneringsområdet til Breiskredet er litt større enn Husaskredets, ca 0,6 km<sup>2</sup>. På toppen ovenfor Breiskredet er det forholdsvis flatt, og det er det også mot vest og Folgefonna. Mot nord derimot skråer det noe nedover mot Tokheimsskaret og Støladalen (Figur 10). Mot sør skråer det også bratt ned mot Buerdalen.



**Bilde 13. Øvre del av Breiskredet sett fra andre siden av fjorden. Der snøen ligger, er trolig der snøen samler seg om vinteren.**



Nede ved veien skal det være bygd opp skredvoller og skredkjegler, men dette har blitt såpass igjengrodd at det ikke var mulig å se når en ikke visste at de var der.

### 3.3.4 Analyse Breiskredet

Bart fjell innimellom vegetasjonen tyder det på at her har vært en eroderende og transporterende agens. De mange brukne trærne er tegn på at snøskred er en vanlig agens. Det kan også ha vært en grov massestrøm, men da ville det ha ligget spor av dette langs bakken, noe det ikke gjør. Det er dermed snøskred som er vanlig i denne skredbanen.

Fjellhyllen ovenfor skredbanen, der det fremdeles ligger snø i august, er trolig hvor hovedmengden av snø legger seg om vinteren (Bilde 13). Slik det ser ut nedenfra er det ikke vanskelig å forstå hvorfor det går snøskred der. Hyllen virker som et lite nedsøkk i fjellet der snøen kan legge seg, både ved vanlig snøfall og ved vindtransport. Ved kraftig vind kan snøen bli fraktet dit med både sørlig, sørvestlig, vestlig og nordvestlig vind og avsatt på kanten. Mye av snøen blir fraktet fra Folgefonna som ligger rett vest for skredet.

På grunn av at dreneringsområdet er nesten dobbelt så stort som Husaskredets, er Breiskredet ofte mye større enn Husaskredet.

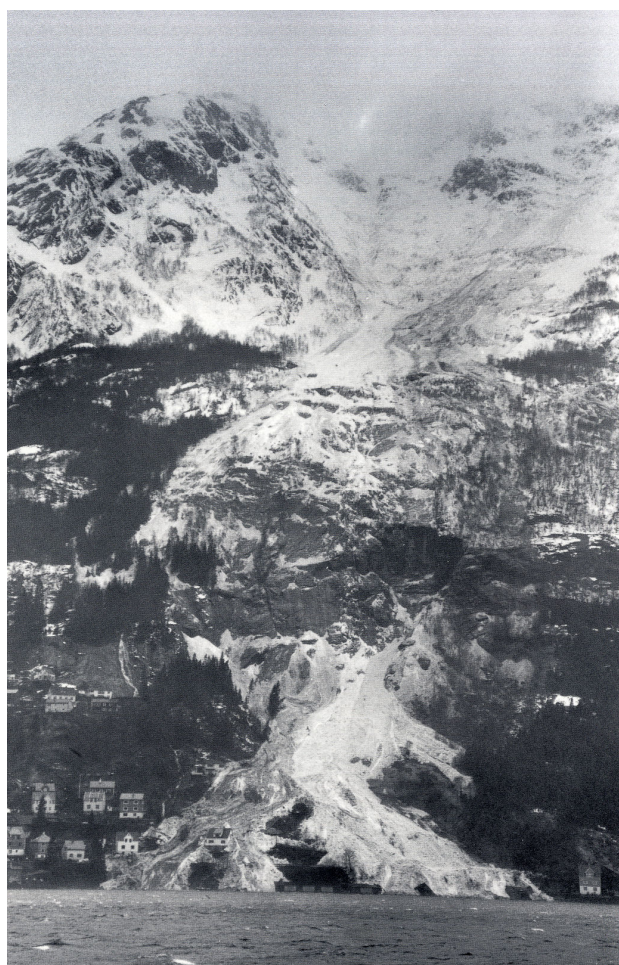
### 3.3.5 Klungerseteskredet

Klungerseteskredet ligger i utmarken til Tokheim, på Kalvanes, og hører egentlig ikke til Tokheimsskredene, men grunnet nær beliggenhet blir det tatt med likevel (Tokheim, 1968). Ovenfor Klungerseteskredet ligger Ruklenuten, og det er her mye av snøen legger seg før et skred går (Bilde 14). Klungerseteskredet går ikke hvert år, og ofte vil Klungersete stoppe skredet før det når ned til veien og hus. Likevel er Klungerseteskredet et av skredene som oftest har gått i sjøen (Tokheim, 1968). Den 17. januar 1993 gikk Klungerseteskredet i sjøen, og var et av de største skredene på Klungersete i nyere tid (Bilde 15). Det var også dette skredet som tok livet av en person i skredåret 1993 (Gravdal og Melkeraaen, 1993:47).

Etter skredet i 1993 har kommunen fått bygd murer som skal føre eventuelle skred bort fra bebyggelsen. Det ligger to murer nederst, og tre lenger oppe (Odda, 1993). Bare de to nederste var mulig å se da feltarbeidet ble gjort.



**Bilde 14. Øvre del av Klungerseteskredet, med Klungersetenuten til venstre i bildet og Ruklenuten til høyre.**



**Bilde 15. Det store Klungerseteskredet den 17. januar, 1993, der en person omkom (foto: Kai-Inge Melkeraen)**

Skredet starter ovenfor Klungersete, ved Ruklenuuten, på ca 1300 m o.h. Til vanlig stopper det ved ca 450 m o.h. Skredbanen er ca 1,5 km lang hvis en regner med hele skredbanen ned til veien. Det går en bekk ned fra Ruklenuuten som går gjennom hele skredbanen.

Skredbanen til Klungerseteskredet har ikke et typisk snøskredutseende. Det er generelt lite bøyde trær der, og ikke så mye stein som ligger i dagen. Men på rundt 77 m o.h. er det et område med flere større, kantede steiner og blokker fra 30 cm til 5 m diameter i overflaten, men trærne der er ikke bøyde. Litt lenger mot nord finnes et lite område med bøyde og brukne trær. Det er generelt vanskelig å se hvor skredbanen virkelig er grunnet mye vegetasjon, i tillegg til få tegn på at det har gått skred her. Men noen steder ligger store områder med bart fjell i dagen. Vinkelen i skredbanen varierer mye, med bratt, bart fjell noen steder, og ganske slakt terreng med mye gress og tuer rett ovenfor. På rundt 80-90 m o.h. blir terrenget svært bratt og vanskelig å ta seg videre oppover (Bilde 16).



**Bilde 16.** Utbredelse av nedre del av Klungerseteskredet. Linje på midten viser hvor det ble for bratt for videre bestigning, og hvor det i utkanten av skredet ble funnet blokker og brukne og bøyde trær.

På rundt 400 m o.h. ligger det er platå som heter Klungersete. Over Klungersete ligger Klungersetenuten, som stikker litt ut langs skredet, og leder snøen ned mot Klungersete og videre nedover mot sjøen, de år det ligger mye snø på Klungersete.



På toppen av Klungersetenuten er terrenget forholdsvis flatt, men heller litt nedover mot sørøst. På sørsiden av plataet ovenfor Klungerseteskedet går det ganske bratt ned mot Buerdalen, mens på vest og nordvestsiden går det flatt mot Folgefonna (Figur 10). Dreneringsområdet til Klungerseteskedet er på ca 0,5 km<sup>2</sup>.

### 3.3.6 Analyse Klungerseteskedet

Områdene med bart fjell kan skyldes at skred har tatt med seg det meste av vegetasjon og jord, og dermed har det ikke kommet ny vegetasjon på disse stedene. Hvis det har skjedd, har det mest sannsynlig vært et ganske stort og kraftig skred som har gjort det, noe som en vet er tilfelle her. Årsaken til at det er få brukne trær og lite blokker og steiner er at Klungerseteskedet ikke er et årvisst skred. Da det gikk skred der i 1993, tok det med seg det meste av steiner og trær nedover til sjøen. Vegetasjonen har siden den gang kunnet bygge seg opp igjen, da det er 17 år siden siste skred. De få områdene der det var bøyde trær og steiner, lå litt i utkanten av skredbanen, der snøen ikke har hatt like stor kraft, og har blitt liggende igjen.

For at det skal gå store skred helt ned til veien og i sjøen må det ligge nok snø på Klungersete. Hvis skavler ved kanten av Ruklenuten blir utløst, treffer de snøen på Klungersete, for så å gå videre nedover mot sjøen i tilfeller med mye snø på Klungersete. Det er ikke så ofte at det samler seg opp mye snø på Klungersete, og det er derfor det sjelden går skred på Klungersete. Når det først skjer, er skredet svært stort.

Vindmessig er Klungersete mye lik de andre Tokheimsskredlokalitetene. Det bratte partiet ned mot Buerdalen i sør gjør muligens at vind ikke vil ta med seg så mye snø i fra den kanten (Figur 10). Vind fra sørvest, vest og nordvest vil derimot kunne ta med seg store mengder med snø til skredbanen, mye på grunn av lokalitetens nærhet til Folgefonna. Også Klungerseteskedets dreneringsområde er ganske stort, og får dermed samlet mye snø.

## 4 Resultater

I dette kapittelet blir resultater fra statistisk analyse av informasjon fra appendiks 1 og 2 presentert. Appendiks 1 og 2 inneholder de skred som er sporet opp i løpet av studien ved hjelp av historiske kilder og intervjuer, og data samlet inn av Statens Vegvesen og Astor Furuseth registrert i skrednett.no sin database. Appendiks 1 inneholder snøskred som har gått etter 1976, der alle klimadata, som nedbør, temperatur og vind, er tatt med. Appendiks 2 inneholder alle skred siden 1592.

Først i kapittelet blir det forklart hvordan analysen har blitt utført. Deretter blir resultatene presentert og vist ved hjelp av figurer og tabeller.

### 4.1 Prosessering av data

Etter at alle snøskred med dato har blitt lagt inn i appendiks 1, har også andre variabler blitt tatt med. Målsetningen om å finne ut hva som utløser snøskred langs vestsiden av Sørfjorden, har ført til at ulike faktorer som temperatur, vind og nedbør dagene før skredet har blitt satt inn for hvert skred.

Temperatur- og nedbørsdataene er levert av klimaavdelingen til met.no, og er daglige data fra 1957 til 31.1.2010. Dataene kommer fra to ulike punkt på Folgefonnhalvøya, kalt for Nord og Sør (Figur 11).

Punkt Sør: 1275 moh, UTM (sone 33):

26906 Ø, 6691815 N

Punkt Nord: 1313 moh, UTM (sone 33):

34869 Ø, 6715773 N

Skillet mellom hvilke punkt

informasjonene ble hentet, fra gikk



Figur 11. Oversiktskart over de forskjellige stedsnavn langs vestsiden av Sørfjorden som det har gått skred på etter 1976. Punktene Nord og Sør viser hvor klimadataene brukt i resultatdel er hentet fra.

mellom Apold og Eikhamrane, da det er ganske midt i mellom de to punkt, og siden det er der kommunegrensen mellom Odda kommune og Ullensvang herad går.

Månedlige temperatur- og nedbørsdata data fra 1901 – 1961 viser temperatur og nedbør ved havnivå, og er derfor ikke helt riktige tall for forholdene i utløsningsområdet. Dataene ble prøvd ekstrapolert, men i forhold til data fra 1957 – 2010 ble det ikke helt riktig. 1901-61-dataene ble likevel brukt til å finne ut om noen år skilte seg ut i forhold til andre år, da forholdene innad i datasettet er riktig, og dermed viser endringer i klimadata over tid.

Det er få stasjoner i området som har gode vindmålinger. De nærmeste stasjonene som finnes på eklima.met.no med sammenhengende data, ligger på Kvamskogen, stasjon 50300 (408 m o.h.) og 50310 (455 m o.h.). Det har imidlertid vist seg at de målinger som viser vindstyrke er svært mye lavere enn det som trolig er riktig. Gjennomsnittlige vindstyrker på 1,5 og 2,5 m/s er vanskelig og tro er riktig. Det kan skyldes at stasjonen ikke ligger høyt nok over havet, eller stasjonen ligger i le for vind. Midtlæger, stasjon 46510 (1079 m o.h.), har målinger fra 1967, men det er store mangler og hull i disse dataene, og dermed er de vanskelige å bruke. I tillegg kan ikke vind undersøkes på samme måte som nedbør og temperatur (se nedenfor), da vind påvirker over lengre tid. I oppgaven har det derfor blitt brukt målinger fra Bergen – Florida, stasjon 50540, for å finne endringer i vindretning over lengre tid. Målinger i vindretning fra Bergen – Florida går tilbake til 1957, og målinger fra 1976 og frem til 2008 er brukt i kapittel 5 for sammenligning av vindretning og NAO-indeks, og vindretning og skredfrekvens.

Noen steder i datamaterialet står de samme skredene to ganger. Det forutsettes da at det har gått to skred på samme tid eller dag, på samme sted. Noen av skredene som er blitt registrert av Statens Vegvesen og i noen av de historiske kildene mangler også navn. Disse har fremdeles blitt tatt med, og blir i figuren kalt navnløs. Selv om de ikke har navn har de datoer, og gir god informasjon foruten navnet på lokaliteten for skredet.

Alle skred siden 1976 har blitt undersøkt i forhold til temperatur- og nedbørsdata. Nedenfor står en forklaring på hvordan en har delt inn skredene i forskjellige kategorier for å kunne lage statistikk og figurer vist i resultatdelen.

Nedbør over tre dager før skred ble utløst er undersøkt, fordi ”graden av skredfare og størrelsen på skredene vil normalt øke med mengden av snø som kommer i løpet av 3-5

dager” (Lied et al., 2003:97), i tillegg til at det er nedbør over tre dager som utgjør skredfaregrunnlaget i Tabell 4. Endringer over tre dager på både nedbør og temperatur er derfor brukt som grunnlag. Hvis det var mye nedbør i løpet av de tre dagene før skredutløsning, og ingen stor forskjell i temperatur/ kaldt (under 4-5 minusgrader), ble det skredet klassifisert som kategori 1 inn appendiks 1 under overskriften ”Utslagsgivende faktor”. Hvis det var lite nedbør og store endringer i temperatur, og dermed temperatur som var utløsende, ble skredet klassifisert som 2. Var det stor nedbør og stor variasjon på temperatur tre dager før skredet, var begge utløsende faktorer, og klassifisert som 3. Temperatur ble tatt med hvis temperaturen beveget seg mot 0°C, med forholdsvis stor endring. 4 ble satt som siste kategori hvis det ikke var en åpenbar trend med verken store temperaturendringer eller store nedbørsmengder. Se eksempel på utforming i Tabell 5.

Det har blitt undersøkt hvilken dag nedbør har vært utløsende for skred, enten det var samme dag som skredet gikk, dagen før, eller samlet nedbør for siste tre døgn. Det ble satt inn et tall for hvilken dag som var utløsende. Var det nedbør over 10 mm eller mer i løpet av de siste tre dagene, ble tallet 3 satt inn i kategorien ”Sammenhengende eller samme dag som gir utslag på nedbør”. Hvis det var nedbør over 10 mm en dag før, fikk skredet tallet 2. Hvis det bare var nedbør over 10 mm samme dag som skredet gikk, fikk det tallet 1. Var ikke nedbør en utløsende faktor, fikk det automatisk tallet 3. Dette fordi det da var vind eller nedbør som var utløsende, og dermed mest sannsynlig at forskjeller over flere dager var viktig.

Ut fra hvor stor samlet nedbør det var i løpet av de siste tre døgn, ble skredene også delt inn i kategori etter nedbørsfare, ut fra Tabell 4. Tallet 1 ble satt som lav fare, og 6 som høy.

Når det gjaldt temperatur, ble det undersøkt om det var blitt varmere eller om det var blitt kaldere i løpet av de siste dagene. Også her ble det sett på samme dag, og to dager før. I appendiks 1 ble det lagt inn en verdi for om det var blitt varmere, kaldere, eller om det varierte. Der temperaturene ble kaldere fikk tallet 1, temperaturendring mot varmere fikk tallet 2, og varierende temperaturer fikk 3. Noen ganger måtte tallfesting skje etter skjønn. Var det en sammenheng, der temperaturen gjerne gikk litt opp/ned, men det likevel ble varmere/kaldere, så ble det satt 2/1 istedenfor 3. At det ble varmere/kaldere kan derfor være litt misvisende da forskjellen gjerne bare var på noen få tideler.

**Tabell 5. Eksempel på innsetting av tall til analyse av skredårsak og skredfarekategori i appendiks 1.**

Stedsnavn	Dato	Mm samme dag	Mm en dag før	Mm to dager før	Samlet nedbør siste tre dager	Temperatur samme dag	Temperatur to dager før	Temperatur en dag før	Nedbørsfarekategori	Utslagsgivende faktor	Sammenhengende eller samme dag som gir utslag på nedbør	Kaldere eller varmere
Velure, Lindeskred	04.03.1983 22:00:00	26,9	0,0	0,0	26,9	-4,8	-8,1	-9,0	2	3	1	2

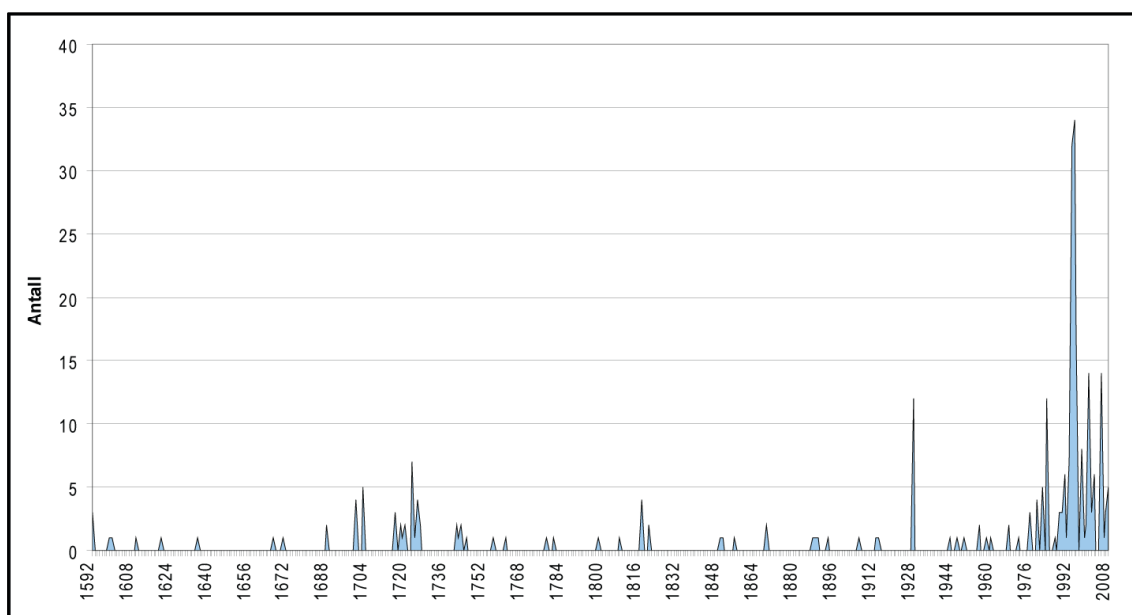
Etter inndeling i kategorier, ble det telt over hvor mange det var i hver kategori og satt opp i forskjellige tabeller, alt etter hva en skulle undersøke. Figurene nedenfor ble laget ut av disse tabellene.



## 4.2 Resultater

Resultat fra analyse av klimadata fra vestsiden av Sørfjorden generelt vil her bli presentert gjennom ulike figurer som viser skredfrekvens, utløsningsårsak, inndeling av skred i skredfarekategorier, og månedlige forskjeller vil bli presentert først. Deretter vil forskjeller i de samme kategorier mellom Aga og Tokheim bli presentert.

### 4.2.1 Resultat, hele vestsiden av Sørfjorden

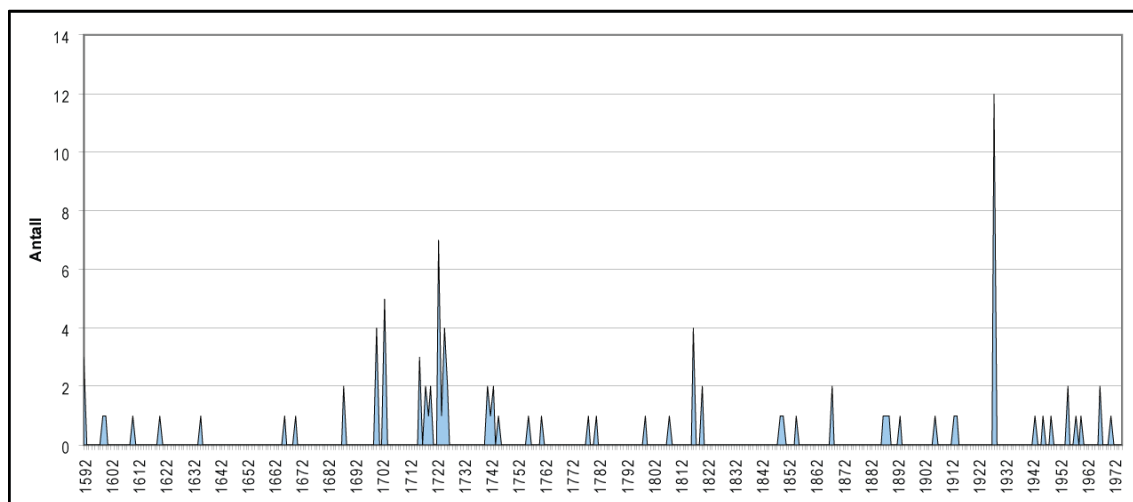


Figur 12. Snøskredfrekvens per år fra 1592 til 2008, der alle snøskred som er registrert i appendiks 2 er tatt med.

Av alle snøskred i appendiks 2 er det blitt satt opp en enkel figur, som viser hvor mange skred som har gått i de forskjellige år (Figur 12). Grunnet dårlig registrering av skred i tiden før 1976 er bare skred fra tiden etter 1976 tatt med i statistikken under. Da det er registrert mange flere skred etter 1976, er figur 13 blitt laget for å gi et klarere bilde av de skred som har gått før 1976. I denne figuren skiller år som 1592, 1688, 1700, 1703, 1723, 1725, 1817 og 1928 seg ut. I tillegg skiller perioden 1700 – 1726 seg markant ut, med flere år etter hverandre med flere skred hvert år. Skred som har gått i perioden 1700 – 1726, utgjør 33 % av alle skred som har gått mellom 1592 og 1976.

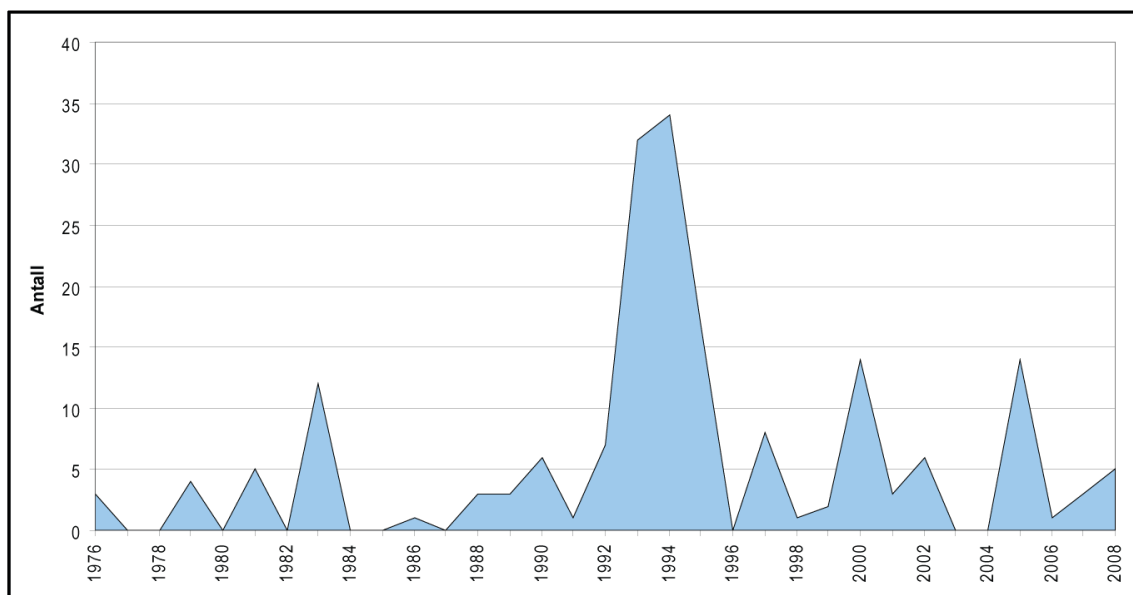
I 1928 gikk det 12 skred, og disse utgjør 13 % av alle skred mellom 1592 og 1976. 1928 er dermed et år som skiller seg betraktelig mer ut enn andre år. Gjennom alle samtaler og

intervjuer er det også året 1928 som kommer oftest frem, samme hvor respondentene bor langs Sørfjorden. ”1928 var det verste skredåret, over heile vestlandet” (Pers. komm. Aga, 2009).



**Figur 13. Antall snøskred per år i perioden 1592 til 1976, for en klarere presentasjon av skred før 1976, der perioden 1700 – 1743 og året 1928 skiller seg mest ut i forhold til skredfrekvens i resten av perioden.**

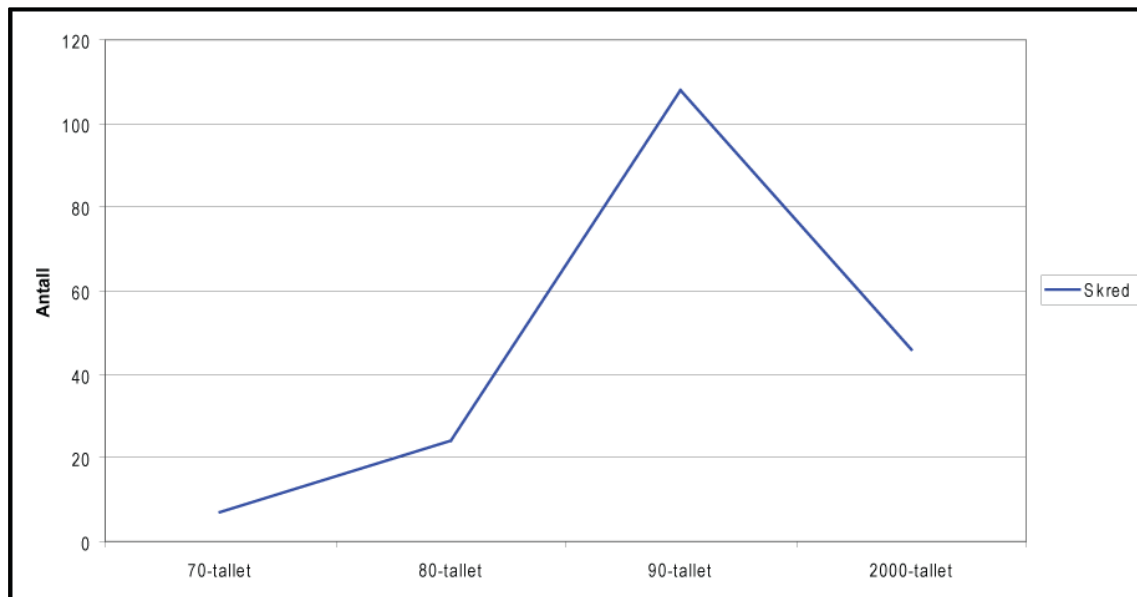
Figur 14 viser antall snøskred som har blitt registrert etter 1976, og her skiller perioden 1993-94 seg tydelig ut. 1983, 2000 og 2005 var også store skredår, men ikke på samme nivå som 93-94.



**Figur 14. Antall snøskred per år fra 1976 til 2008, med fire større skredperioder, 1983, 1993-94, 2000 og 2005.**

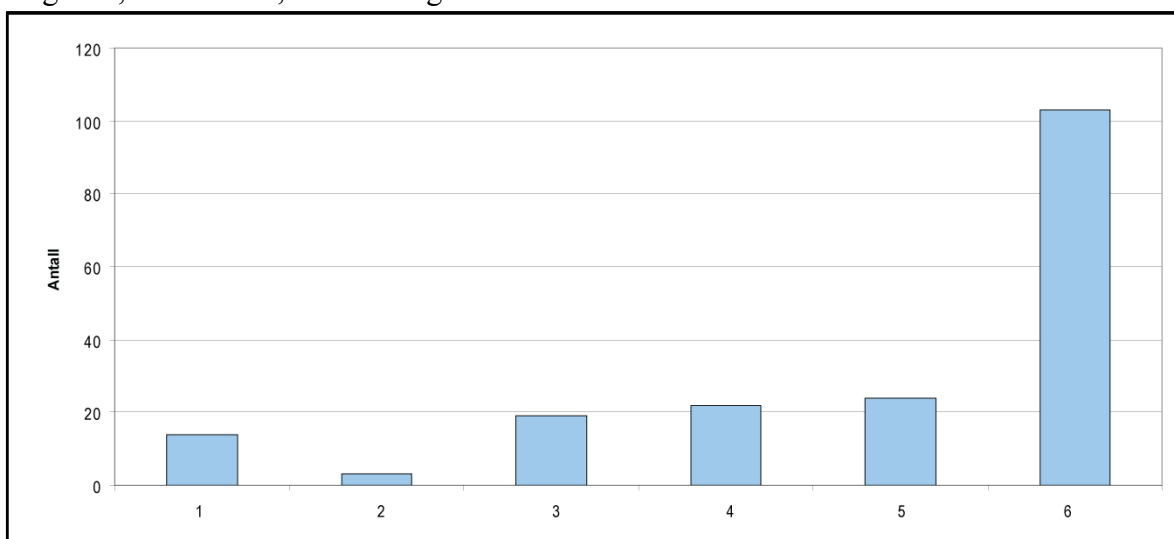
Figur 14 viser skredfrekvens hvert år, men for og tydelig kunne se utviklingen av skredfrekvens siden 70-tallet, har figur 15 blitt laget. Figur 15 viser hvor mange skred som gikk innenfor hvert tiår siden 70-tallet, og 90-tallet er klart det tiåret da det gikk flest skred. På

2000-tallet gikk skredfrekvensen ned igjen, men ikke til samme nivå som på 70- og 80-tallet. Skredfrekvens på 70-tallet er kun regnet fra 1976, men siden det bare gikk ett skred tidligere i dette tiåret har det lite å si.



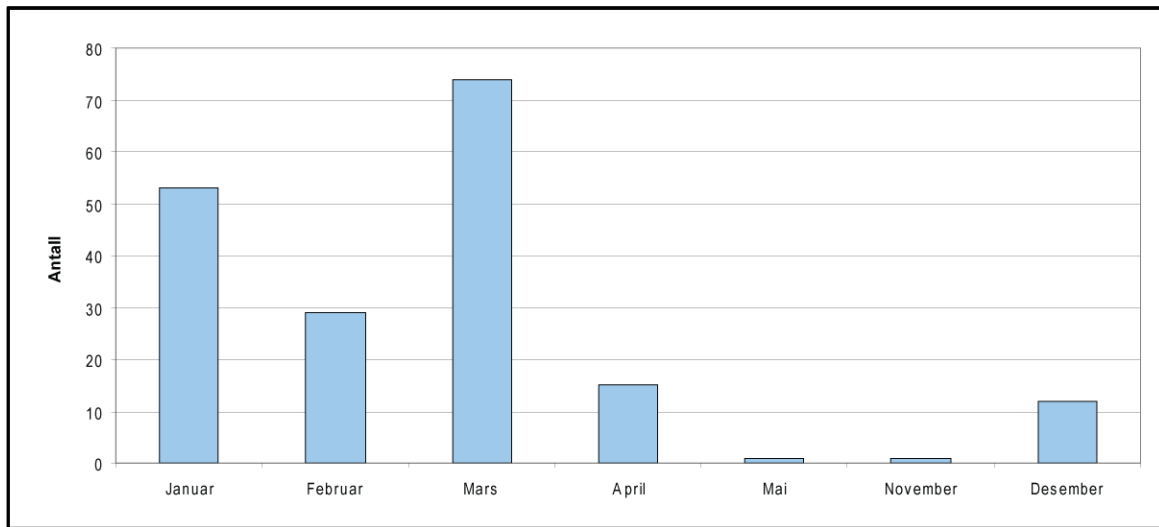
**Figur 15. Endring i antall skred innenfor hvert tiår siden 70-tallet, der 90-tallet var klart det største skredtiåret.**

Alle snøskredene er delt inn i skredfarekategori etter tabell 4 for å se hvor mange skred som faller inn i hver kategori, og hvilken kategori som forekommer oftest (Figur 16). Figuren viser at flest skred har blitt utløst etter det har kommet over 120 cm med snø over tre døgn. Ellers kan en se at det blir gradvis flere skred for hver kategori opp mot kategori 6, med unntak av kategori 2, 10 – 30 cm, som er meget liten.



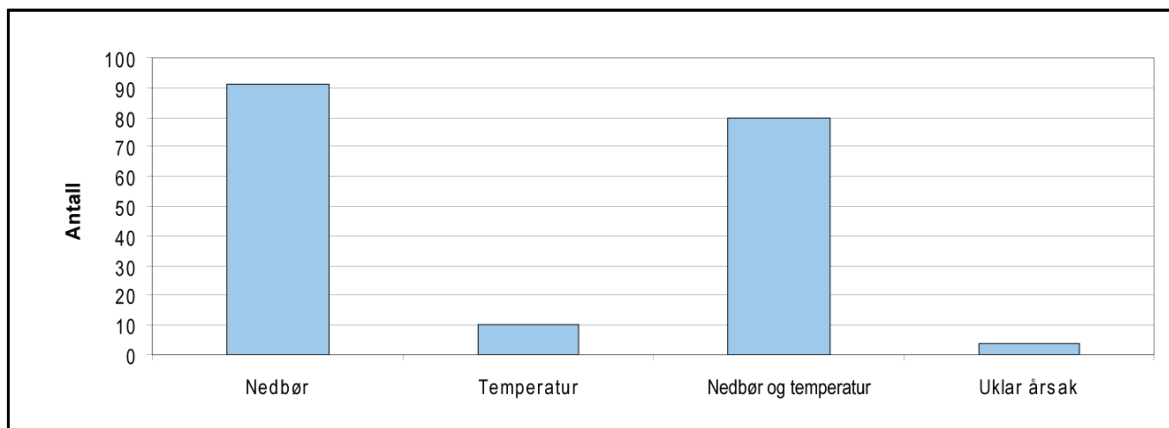
**Figur 16. Antall skred innenfor de forskjellige skredfarekategoriene i Tabell 4. 1= Inntil 10 cm, 2= 10 – 30 cm, 3=30 – 50 cm, 4= 50 – 80 cm, 5= 80 – 120 cm, 6= over 120 cm, nedbør over tre døgn.**

I Figur 17 er skredene fordelt i de ulike månedene skredene har gått. Den viser at det kan forekomme noen få skred i mai og november, men at det er januar, februar, mars og til dels april som er de måneder som er mest utsatt for skred. Det har gått klart flest skred i mars måned.



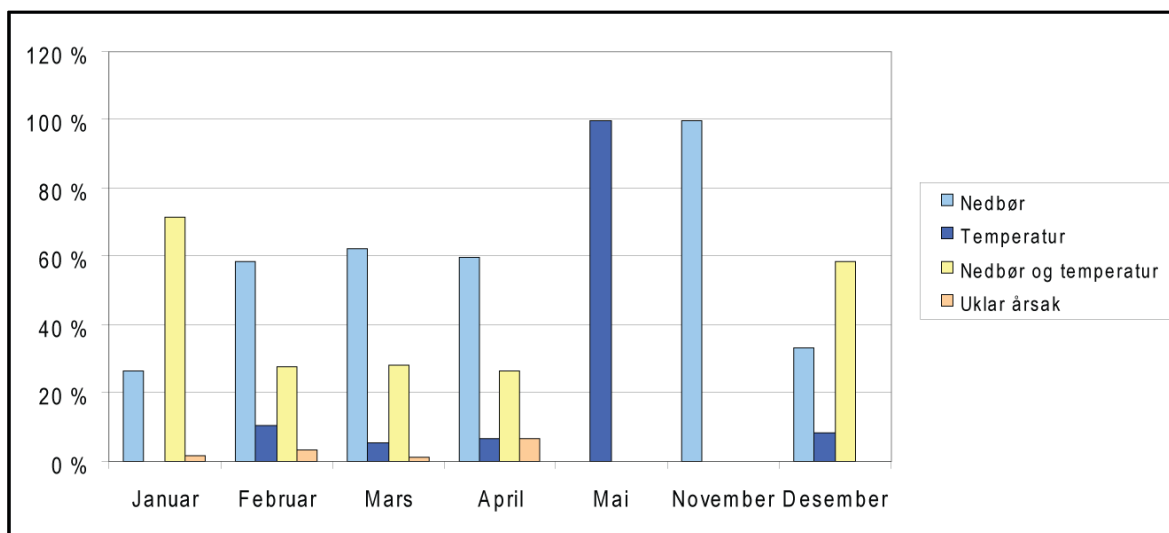
**Figur 17. Antall skred det har gått i de forskjellige måneder siden 1976. Januar og mars er mest skredutsatt.**

Figur 18 viser hvilke faktorer som har vært utløsende på flest skred. Nedbør alene er den årsaken som utløser flest snøskred. En kombinasjon av mye nedbør og stor temperaturendring er også viktig for at skred skal bli utløst. Temperatur er hovedutløser for noen få skred, men svært få i forhold til nedbør og nedbør og temperatur. Likevel er temperatur viktig for hvilken nedbør som kommer, om den kommer som snø eller regn. Vind har ikke blitt tatt med som utløsende årsak, da vind ikke kan bli undersøkt på samme måte som temperatur og nedbør.



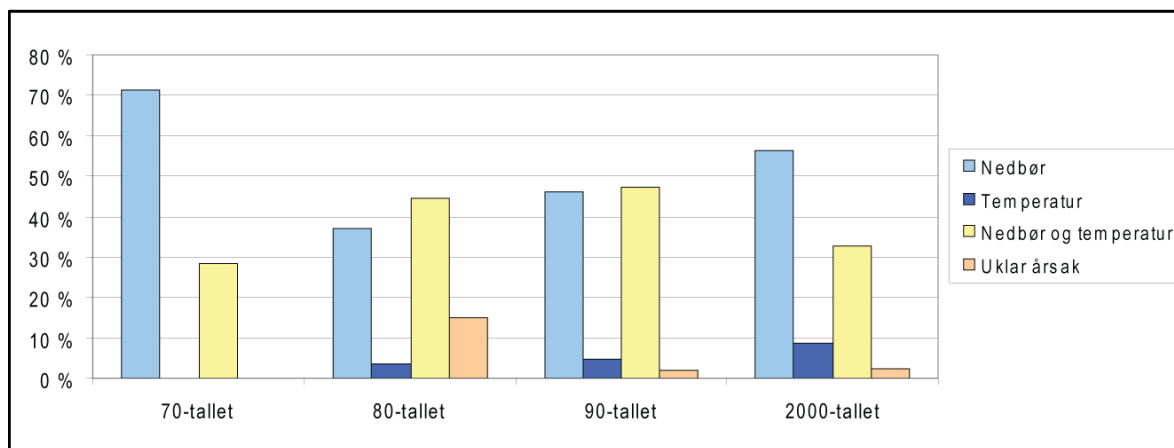
**Figur 18. Antall skred som har hatt nedbør, temperatur, nedbør og temperatur eller uklar årsak som utløsningsårsak for skred. Nedbør er den mest vanlige utløsningsårsaken for skred, mens blanding av både temperatur og nedbør også er viktig.**

Årsakene har også blitt delt inn månedsvise for å finne ut om noen måneder har større andel av en type utløsende faktor enn andre (Figur 19). I desember og januar er det en blanding av både temperatur og nedbør som er den mest utslagsgivende faktoren, mens fra februar til april er det temperatur som er den viktigste faktoren for utløsning av skred. Da det i mai og november bare er et skred som er registrert med dato, sier dette oss ikke så mye. Likevel viser det at når det først går et skred i mai, er det temperaturen som utløser det, og i november er det store nedbørsmengder som gjør at det går skred.



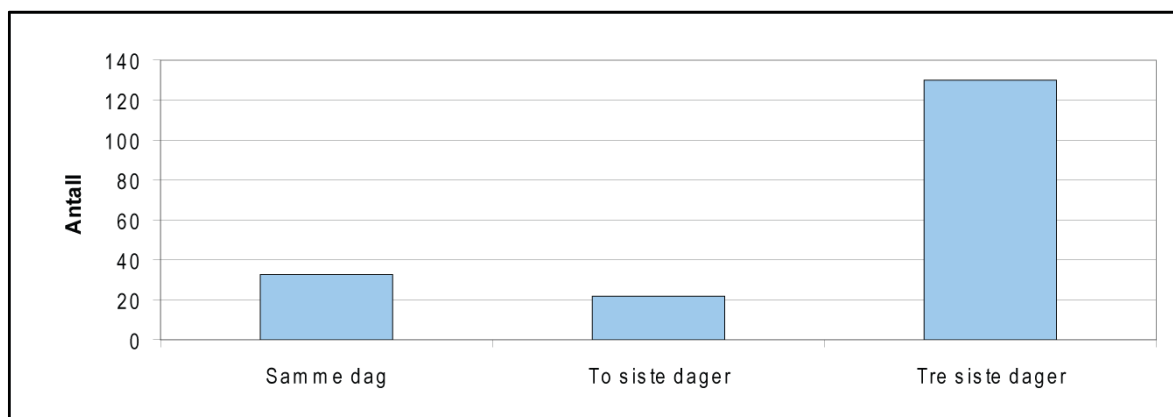
**Figur 19. Prosentvis vist hvilken utslagsgivende faktor for skred som har vært mest viktig i de forskjellige månedene det har gått skred. I mai og november har bare det bare gått ett skred i hver måned, og viser dermed 100 % på temperatur og nedbør som utløsende årsak. Prosentvis inndeling grunnet store forskjeller i antall skred mellom månedene kan gi misvisende resultater.**

Det som også kan være interessant å undersøke, er om den utslagsgivende faktoren har endret seg i siden 70-tallet (Figur 20). Ut fra figuren kan det se ut til at temperatur har blitt en viktigere faktor. Utenom 70-tallet, da nedbør var den viktigste utløsende faktor, har nedbør også blitt gradvis viktigere. Uklare sammenhenger har også minket noe siden 80-tallet. 70-tallet er tatt med på grunn av at det finnes noen få skred i denne perioden, men det er i utgangspunktet for få skred til at de kan gi noen statistisk signifikans, både her og i andre figurer.



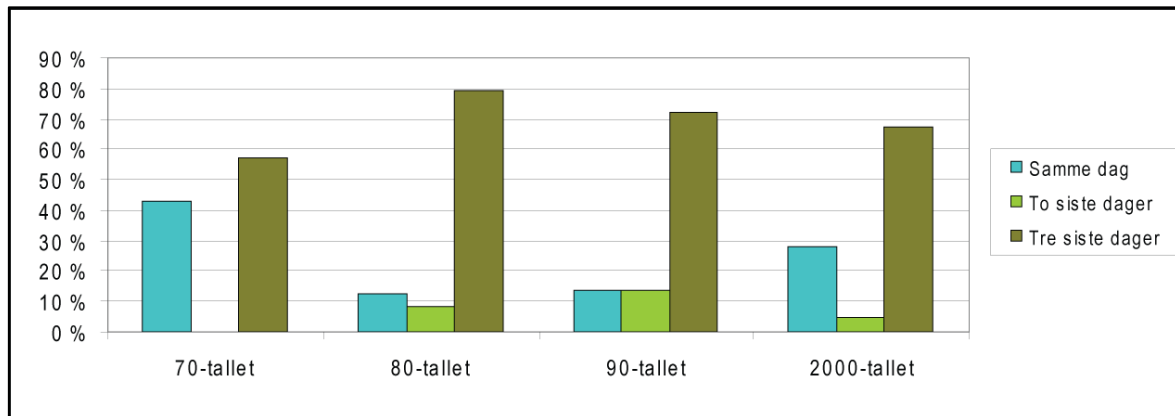
**Figur 20. Prosentvis andel og endring av utløsende faktor gjennom de fire siste tiår. Prosentvis inndelt grunnet forskjeller i antall mellom tiårsperiodene vil kunne gi misvisende resultater.**

Figur 21 viser hvor mange skred som har blitt utløst av enten nedbør den samme dagen, samlet nedbør samme dag og dagen før, og samlet nedbør samme dag, dagen før og to dager før. Det viser seg da at det svært ofte trengs tre dager med mye nedbør før skredet blir utløst.



**Figur 21. Antall skred i hver kategori der samlet nedbør samme dag, to siste dager og tre siste dager har vært avgjørende for at skredet har gått.**

På figur 22 kan en også se utviklingen av hvilke dager som ha spilt inn på skredutløsning fra 70-tallet til i dag. Det kan virke som at det siden 80-tallet har blitt færre skred som er utløst av nedbør over tre siste døgn, og flere som har blitt utløst av nedbør samme dag.



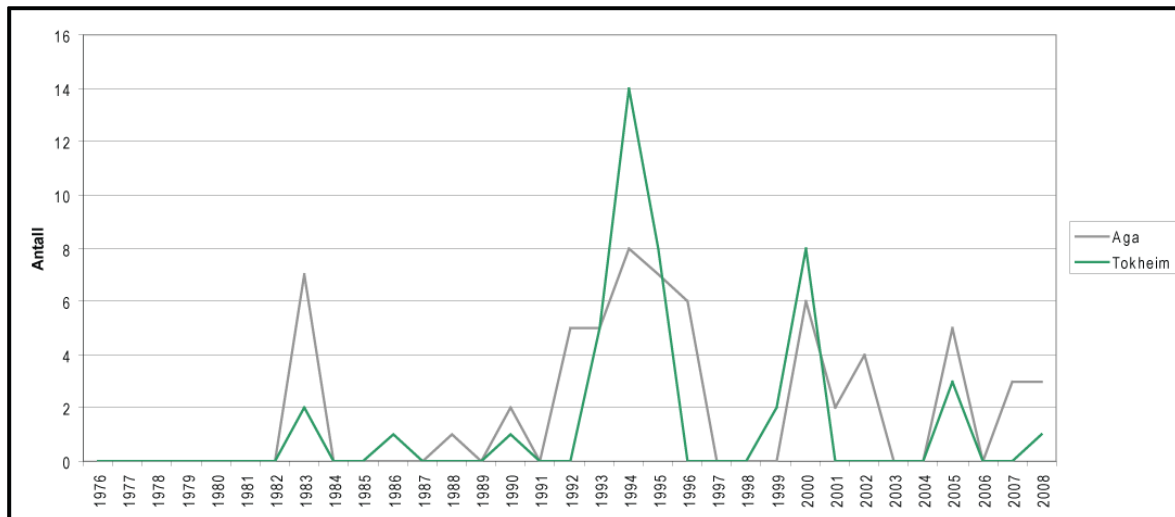
Figur 22. Forskjeller i utløsningsdag for skred i tiår siden 70-tallet. Vist i prosentvis fordeling, grunnet forskjellig antall skred i hver tiårsperiode.

### 4.3 Resultat, Aga og Tokheim

Det har vist seg er at det er ikke så mange av de registrerte skredene i appendiks 1 som har gått på Aga og Tokheim. De fleste registrerte skred på Aga og Tokheim er fra tiden før 1976, og er ikke registrert med dato. Uten registrerte skred med dato på Aga og Tokheim blir det vanskelig å kunne gi noen god forklaring på hvilke forhold som fører til skred på disse stedene. På Velure og Eitrem derimot er det registrert mange skred, og siden disse stedene ligger svært nær Aga og Tokheim, blir disse tatt med i analysen av hvorfor skred blir utløst der. Kalvanes blir også tatt med på Tokheim, da dette er hvor Klungerskredet går.

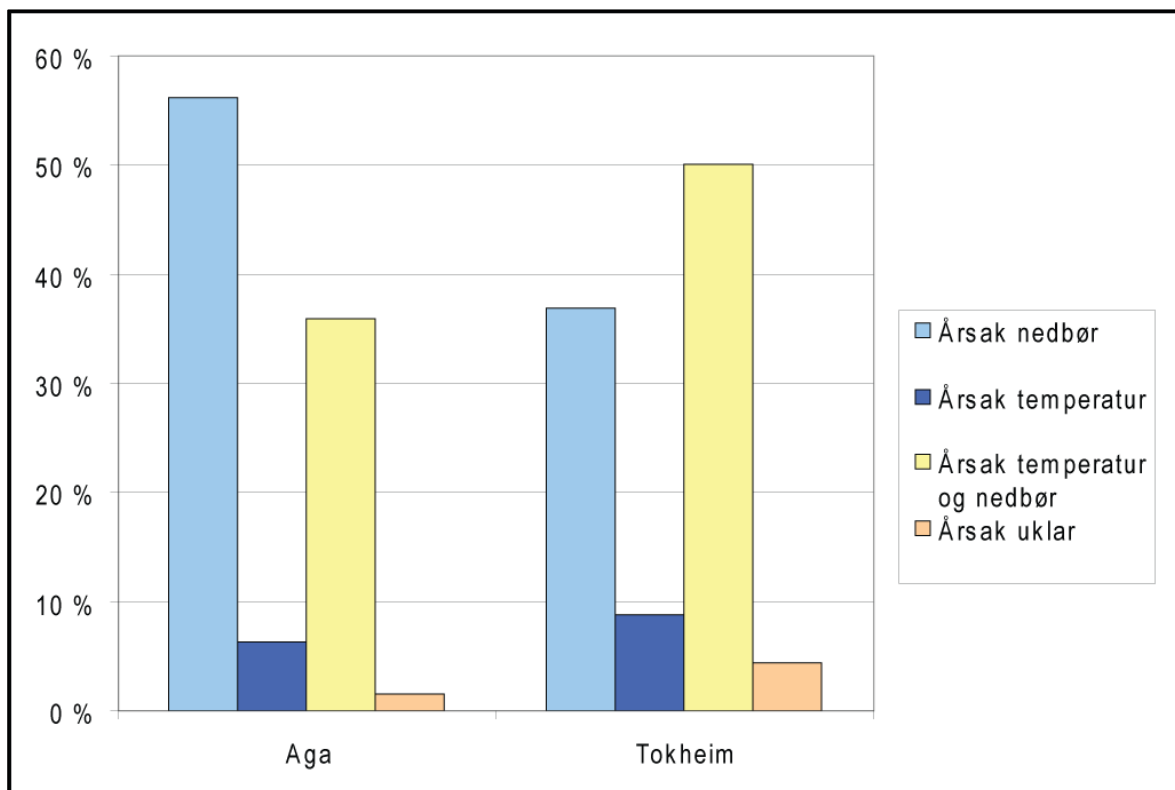
Det er store likheter både mellom når det går skred og økning i frekvens per år på Aga og Tokheim (Figur 24). Det går generelt litt flere skred på Aga enn Tokheim, men i 1994 og år 2000 gikk det flere skred på Tokheim enn Aga.





Figur 24. Antall skred per år på Aga og Tokheim fra 1976 – 2008.

Figur 23 viser prosentvis årsak til skred på Aga og Tokheim. På Aga er nedbør den klart viktigste årsaken til skred. Også temperatur og nedbør sammen er en viktig årsak. På Tokheim derimot er temperaturvariasjon og nedbør samtidig den viktigste og nedbør den nest viktigste. Det er prosentvis litt oftere nedbør som er utslagsgivende på Tokheim, men antallsmessig er det like mange (Tabell 6).

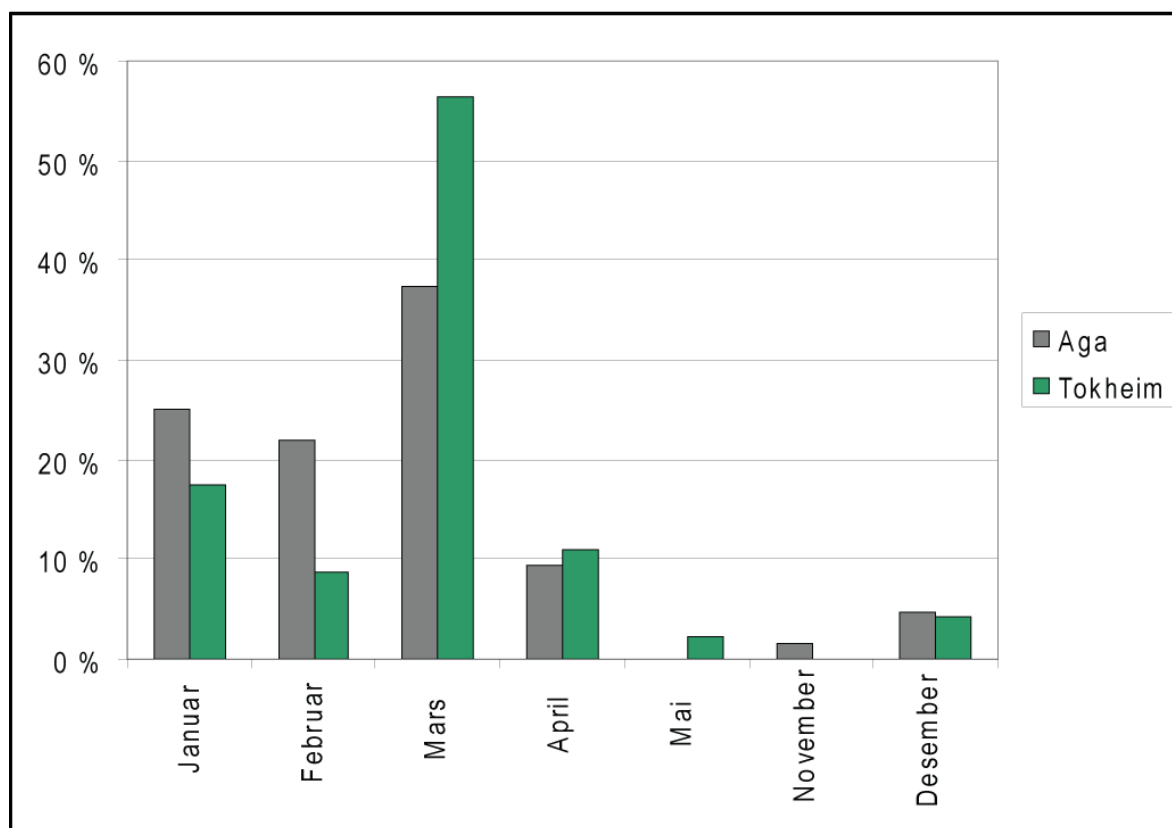


Figur 23. Prosentvis inndeling av årsak til skred på Aga og Tokheim. Tall til figur vist i Tabell 6.

**Tabell 6. Antall og prosentvis fordeling av skred med de forskjellige utløsende faktorer på Aga og Tokheim.**

Sted	Årsak nedbør	Årsak nedbør	Årsak temperatur	Årsak temperatur	Årsak temperatur og nedbør	Årsak temperatur og nedbør	Årsak uklar	Årsak uklar
Aga	36	56 %	4	6 %	23	36 %	1	2 %
Tokheim	17	37 %	4	9 %	23	50 %	2	4 %

Mars er måneden med flest skred både på Aga og Tokheim (Figur 25). På Tokheim er imidlertid nesten 60 % av skredene i mars, mens på Aga er det kun 38 %. I månedene januar, februar og mars er det jevnt over mange på Aga, mens på Tokheim er det klart mars som skiller seg ut.



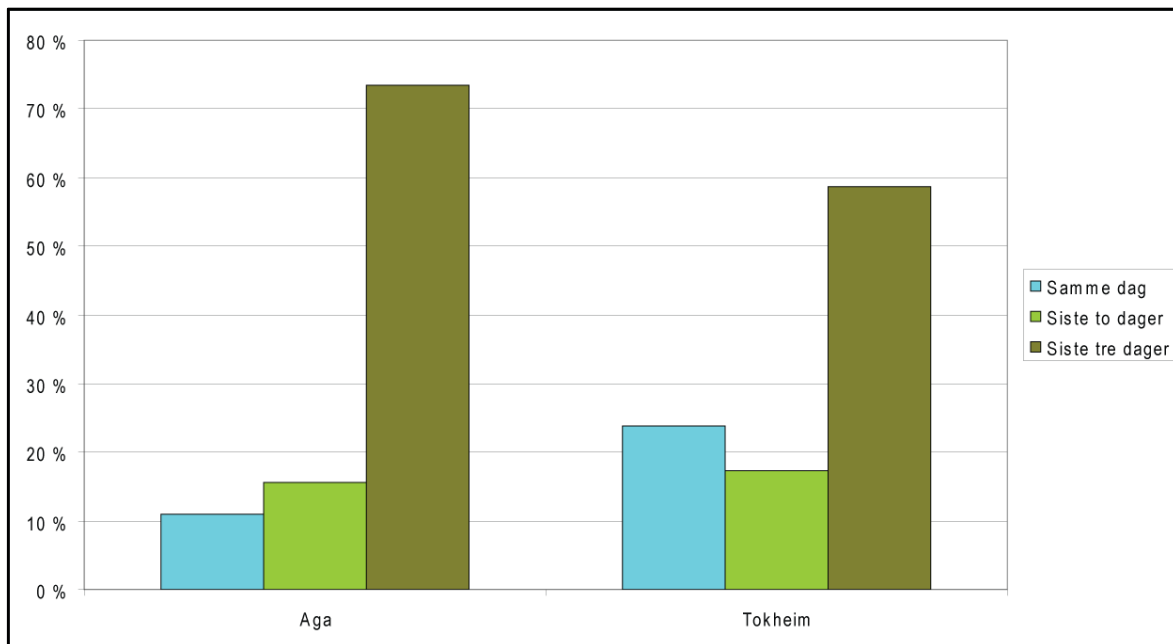
**Figur 25. Forskjeller i månedsvise fordeling av skred på Aga og Tokheim vist i prosent. Vist i prosent for å kunne sammenligne og vise forskjeller mellom de to lokalitetene. Eksakte tall står i Tabell 7.**

**Tabell 7. Antall skred og prosentvis inndeling i måneder de forskjellige skred har gått i på Aga og Tokheim for visning av forskjeller i skredfrekvens mellom de to lokalitetene.**

Måned	Antall skred Aga	Prosentvis skred Aga	Antall skred Tokheim	Prosentvis skred Tokheim
Januar	16	25 %	8	17 %
Februar	14	22 %	4	9 %
Mars	24	38 %	26	57 %
April	6	9 %	5	11 %
Mai	0	0 %	1	2 %
November	1	2 %	0	0 %
Desember	3	5 %	2	4 %

På Aga er nedbør over tre dager definitivt den viktigste årsaken for utløsning av skred når det gjelder nedbør. I over 70 % av tilfellene har det regnet mye alle tre dagene før skredet. Det er færrest skred med nedbør samme dag som utløsende faktor.

På Tokheim er også nedbør over tre dager viktig, men her er også nedbør samme dag en viktig utløsningsfaktor for skred.

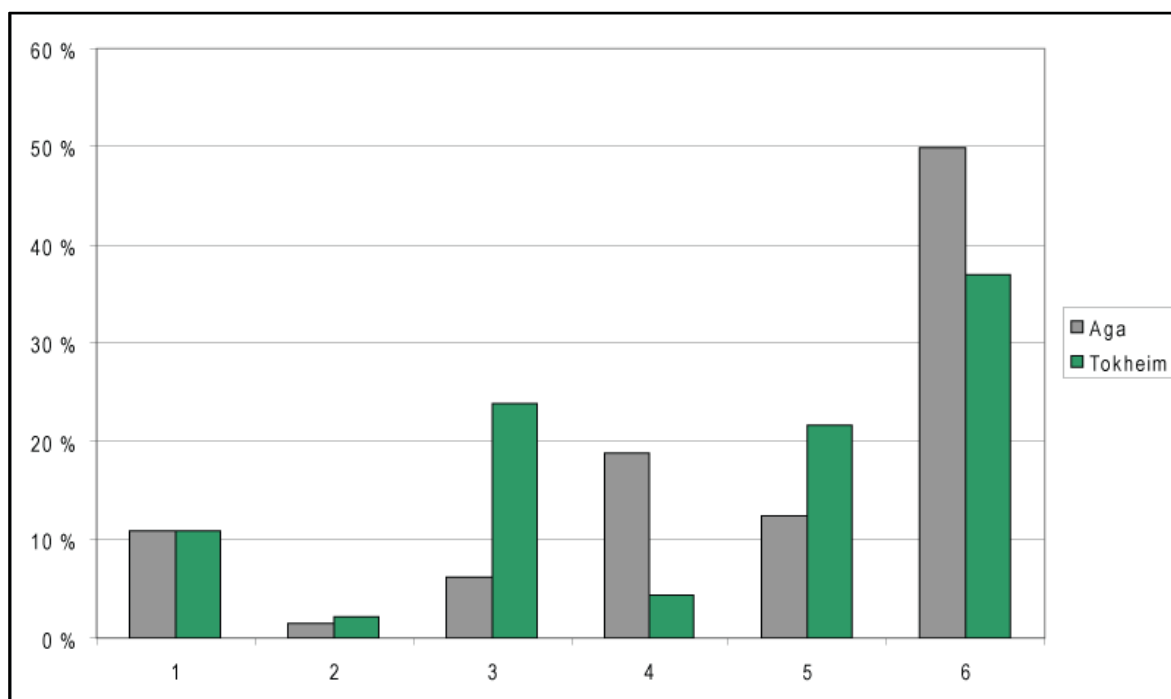


**Figur 26. Prosentvis inndeling etter hvilken dag nedbør er utløsende for skred, samme dag, samlet siste to dager eller samlet nedbør de tre siste dager på Aga og Tokheim. Prosentvis inndeling grunnet antall skred på Aga og Tokheim er forskjellig.**

**Tabell 8.** Tabell som viser både antall og prosentvis skredfrekvens der nedbør har vært utløsende, enten samme dag, siste to dager eller de tre siste dagene på Aga og Tokheim, for visning av forskjeller mellom de to lokalitetene.

Stedsnavn	Samme dag	Samme dag	Siste to dager	Siste to dager	Siste tre dager	Siste tre dager
Aga	7	11 %	10	16 %	47	73 %
Tokheim	11	24 %	8	17 %	27	59 %

Det er også forskjeller mellom Aga og Tokheim når det gjelder antall skred i de forskjellige skredfarekategoriene. På Tokheim varierer det litt mellom hvor mye nedbør som er kommet de siste tre dagene før skredene, og dermed i de forskjellige farekategoriene. På Aga er 50 % av alle registrerte skred siden 1976 blitt utløst når det har kommet nedbør over 120 mm de siste tre døgn.



**Figur 27.** Prosentvis fordeling av skred i de forskjellige skredkategoriene fra Tabell 4 mellom Aga og Tokheim. 1= Inntil 10 mm, 2= 10 – 30 mm, 3=30 – 50 mm, 4= 50 – 80 mm, 5= 80 – 120 mm, 6= over 120 mm, over tre døgn.

Det finnes annen informasjon registrert av Statens Vegvesen i appendiks 1 som er mulig å undersøke. For eksempel om det var flodbølge etter skredet, fallhøyden på skredet, om det var

skredvind og volumet på skredet. Men på grunn av at svært mange av skredene mangler denne informasjonen, vil det ikke bli statistisk riktig. Derfor er informasjon fra Statens Vegvesen utenom dato og årstall ikke tatt med.

## 5 Diskusjon

I dette kapittelet oppsummeres styrker og svakheter i kildene og dataene. Videre skal det diskuteres årsaker til store skredhendelser fra tiden før 1976, og sammenhenger mellom skredaktivitet og ytre påvirkninger, som NAO, AO og AMO, menneskelig klimagassutslipp og vulkansk aktivitet. Resultater som har kommet frem i kapittel 4 skal analyseres og diskuteres, for å finne ut hva som fører til utløsning av skred langs Sørfjorden generelt og på Aga og Tokheim. Årsaken til at det i noen år går svært få eller ingen skred, vil også bli kort diskutert. Kapittelet avsluttes med en liten diskusjon av mulig utvikling av skred i fremtiden.

### 5.1 Styrker og svakheter i data

#### 5.1.1 Kvalitativ metode

I en kvalitativ studie er reliabilitet viktig. Reliabilitet er graden av pålitelighet et datamateriale har. Reliabiliteten er høy hvis metoden og datainnsamlingen gir pålitelige data (Grønmo, 2004:220-222). Å gjøre en vurdering av reliabilitet av datamateriale kommet ut av en kvalitativ studie kan være vanskelig. En mulighet for å gjøre vurdering av uformelle intervju kan være at forskeren har flere ulike samtaler med de samme respondentene om de samme temaene. Gjennomgang av resultatene på flere tidspunkt og ny vurdering er også mulig, og ble gjort under denne studien (Grønmo, 2004:229). Respondentene ble intervjuet to ganger, og svarene fra intervjuene har blitt gjennomgått og renskrevet flere ganger.

Et problem med informasjon fra muntlige kilder kan være at hendelser og informasjon kildene husker, kan være farget av deres begrep og oppfatning. Det er viktig å huske på at menneskets persepsjon ofte er annerledes enn det faktiske forløp. Dess lenger tid siden det skjedde, dess større sannsynlighet for at de husker dårligere. Hvis informasjonen ikke er nøyaktig målt av en kyndig person, men bare er egen persepsjon av en hendelse, kan gjengivelsen bli ukorrekt. Noe av informasjonen kan være andrehåndsinformasjon, som fører til større usikkerhet om korrekthet.

Tiden før 70-tallet er det mange færre skred i de år det går skred, og det går ofte mange år i mellom hver gang. Skredene fra før 1976 er funnet gjennom historiske og muntlige kilder, og er ikke like sikre som de etter 1976, registrert av Statens Vegvesen. Likevel er dette nyttig informasjon, da dette viser de virkelig store skredhendelsene. De skred som har blitt tatt med i appendiks 2, fra tiden før 1976, har vært så store at de blir nevnt i bøker og andre historiske kilder. Små, årlige skred blir ikke nevnt i historiske kilder eller av muntlige kilder, og er dermed ikke blitt registrert. De fleste av skredene er heller ikke nevnt med dato, noe som gjør at det er vanskelig å se på vær-situasjon før og når det har gått skred.

Ved leting etter skredhendelser i historiske kilder er det også vanskelig å vite om de forskjellige kildene refererer til de samme skredene, eller om det har gått flere skred det året, måneden eller dagen. Det kan hende at noen skred blir utelatt i datasettet, fordi en tror at det er det samme skredet som omtales. Det kan hende at det har gått skred på samme sted flere ganger det samme året. Noen kilder snakker også tydelig om samme skred, men de står beskrevet med forskjellige årstall. Det blir vanskelig å få et helt riktig bilde over skredfrekvensen.

Internett er en god kilde til informasjon, men det viktig å være kritisk til informasjon hentet derfra. Internettbaserte kilder kan være dårlige, og det er viktig å sjekke godt ut hvem det er som har lagt ut denne informasjonen, og hvorfor de har lagt den ut.

Validitet er også viktig for at en studie eller oppgave skal være god. For at god validitet skal oppnås, må de metoder som blir brukt, resultere i gode data, som er relevante for svar på problemstillingen. For at validiteten skal være høy, bør reliabiliteten også være høy. Men høy reliabilitet er ingen garanti for høy validitet, og reliabiliteten er ikke avhengig av validiteten (Grønmo, 2004:221). I denne oppgaven er det brukt nedbørs- og temperaturdata i tiden før og samme dag skredet løsner for å se på årsak til skred. Validiteten blir dermed åpenbar (Grønmo, 2004:231), da nedbør, temperatur og vind er de værforhold som er mest knyttet til skred (Sulebak og Sjøstrøm, 2007:335). Bruk av artikler for å finne værforhold og NAO-indeks fra tiden før gode registreringer, er også en god måte å finne data. Det er viktig at en er kritisk til de artikler som blir brukt, og gjerne undersøker hvem forfatteren er, hvorfor studien er blitt utført, hvem som har gitt ut artikkelen og når den er gitt ut. Eldre artikler kan være utdatert, da det har kommet frem ny informasjon som har falsifisert informasjonen i nyere artikler/studier.



### 5.1.1.1 Feltobservasjon

Et problem med reliabiliteten i denne oppgaven kan være at feltobservasjonene ikke er riktige eller at det mangler annen viktig informasjon. Under utføring av feltarbeidet var det flere steder meget dårlig fremkommelighet, noe som gjorde at det ikke var mulig å komme seg til alle steder en ville. Underveis kan også enkelte lokaliteter ha blitt oversett. Likevel vil trolig ikke eventuelle oversette lokaliteter ha endret analysen betraktelig, og er dermed ikke et stort problem.

Det som også kan være problematisk med feltobservasjon er at det er forskers egne subjektive observasjoner og tolkninger som beskrives. En ser og tolker muligens forskjellig enn det andre ville ha gjort.

### 5.1.2 Kvantitativ metode

Figur 12 (s.47) viser en økende utvikling i frekvensen av skred fra rundt 70-tallet og utover. Denne økningen er misvisende, grunnet dårlig registrering før 70-tallet. Registreringen til skreddatabasen fra 70-tallet og utover har blitt gjort av Statens Vegvesen, og har dermed blitt mye bedre. Statens Vegvesen er en institusjon som ofte blir tilkalt når det går et skred, og vil dermed kunne gi mer nøyaktig informasjon om når og hvor skredene har gått, og gjerne også annen informasjon om skredene. Det er derfor for det meste brukt data registrert av Statens Vegvesen i figurene i resultatdelen, i tillegg til informasjon funnet andre steder, der dato for skred eksisterer. Data før 1976 vil ikke bidra til statistisk signifikans, da bare noen av skredene fra den tiden er registrert i appendiks 2. Mye av informasjonen som er registrert av Statens Vegvesen, er likevel ganske dårlig (appendiks 1). I mange av rutene står det "Ukjent/ Ikke registrert". Hadde alle rutene i appendiks 1 hatt gode målte data, kunne en ha skilt de store skredene fra hverandre, og kategorisert skredene etter flere faktorer.

Navnene på skredene i noen av dataene fra skreddatabasen på skrednett.no er svært forskjellige. Med det menes at noen skred er registrert med navnet på selve skredet, mens andre er registrert med stedsnavnet på området skredet gikk. Noen skred er registrert under navnet Sørfjorden, som er et meget vidt begrep, og kan være hvor som helst langs Sørfjorden. I tillegg finnes noen skred som ikke har fått navn i det hele tatt. Generelt sett er ikke dette et stort problem for oppgaven som helhet, men under prosessen for å lage statistikk og figurer for de forskjellige stedene langs Sørfjorden gjorde dette det litt vanskeligere enn om navnene

var mer standardisert. Også noen av dataene funnet i andre kilder hadde dårlig navngiving, slik at en selv måtte navngi eller bare beholde som "blank/navnløs".

### 5.1.2.1 Statistisk analyse

Ved statistisk analyse er det viktig at det er rikelig med data, og at disse dataene er til å stole på. Ved tilstrekkelige mengder data vil analysen gi utfall som er statistisk signifikant, og dermed er dataene som kommer ut av analysen ikke tilfeldig (Salkind, 2007:156) For å oppnå statistisk signifikans, er det viktig å sammenligne data og gjerne finne data flere forskjellige steder. I denne oppgaven er det, som nevnt i 2.2.1, brukt metodetriangulering, slik at muligheten til å dobbeltsjekke flere av opplysningene eksisterer. Ved å kunne dobbeltsjekke opplysninger fra intervjuene oppnås en bedre forståelse av hvor riktig informasjonen fra respondentene er. En får også flere opplysninger enn en ville ha fått ved å bare bruke én metode.

Det som er viktig når det blir laget diagrammer og figurer, er at det brukes skalaer som er riktig for det som skal bli fremstilt. Det er imidlertid viktig at en ikke manipulerer skalaene for mye, selv om det vil føre til at en får frem det ønsket resultat. Ting kan se mer dramatisk ut enn det i utgangspunktet er, og dermed vil også resultatene virke mer "fantastisk" enn de faktisk er. Det som kan være lurt, er å bruke samme skalaer på figurer det passer på, og ha med nullpunkt der det er mulig.

### 5.1.2.2 Klimadata

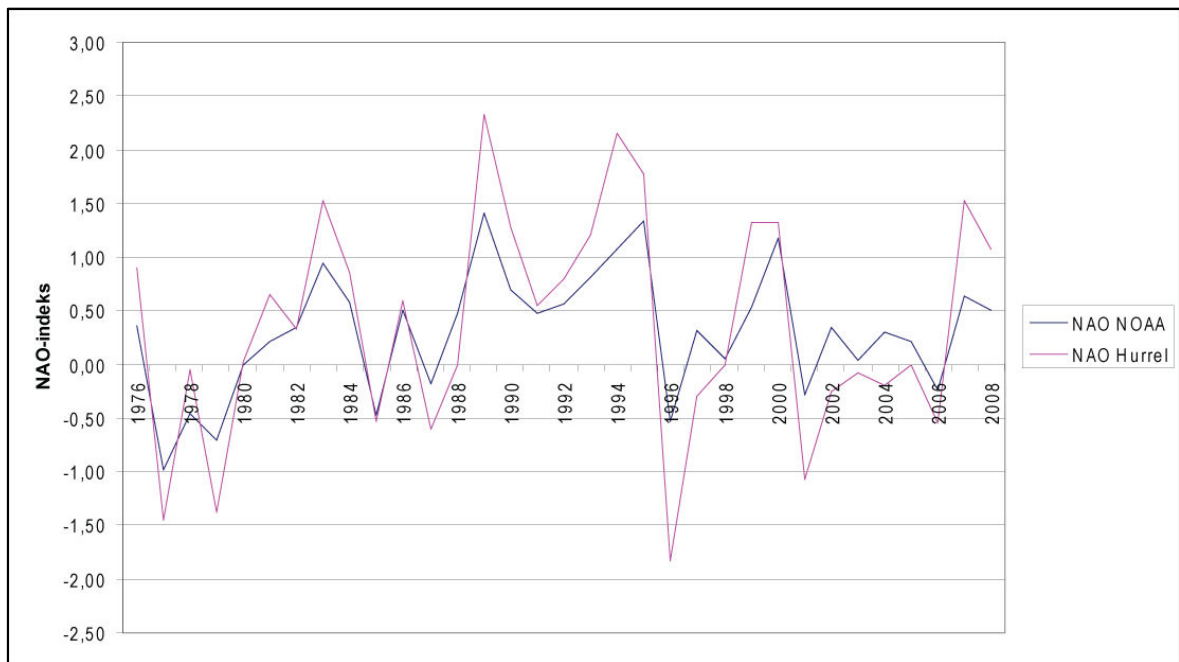
Statistikk av gjennomsnitt av værforhold i dagene før utløsningsdag har blitt brukt for å finne årsak til skred langs hele Sørfjorden generelt og mellom Aga og Tokheim. Det er ikke sikkert at dette vil gi de beste svarene på hva årsaken er, og hva som fører til forskjeller. Noen av respondentene har nevnt ulike værforhold tidligere på vinteren, gjerne måneder før, som har vært med på å skape forhold som har ført til at store skred blir utløst, og at skredene gjerne er større enn vanlig. Dette er vanskelig å finne bare ved å se på tallstørrelser. For eksempel at bakken fryser og skaper et underlag som skredet glir bedre på, er ikke alltid lett å dra rett ut fra tall i en tabell. Det er heller ikke alltid lett å vite hvilket tidspunkt en skal undersøke. Om nedbøren kommer som snø eller regn er ikke alltid lett å veite heller. Nedbør kan i praksis komme som både regn, sludd og snø ved opp til 2-3 °C. Hvis nedbør kommer som regn og

ikke snø, vil dette føre til større tyngde og ustabilitet enn ved snø, og dermed større skredfare (Sulebak og Sjøstrøm, 2007:335).

Mangelen på gode vinddata fra området og klimadata fra riktig høyde i perioden 1901 – 1961 kan føre til at alle data ikke stemmer helt, men på storskalanivå vil de trolig fungere.

### 5.1.2.3 NAO

For å sammenligne skred med NAO, er det brukt NAO-indeksdata fra flere forskjellige kilder. Noen er registrerte data, mens andre er rekonstruert ved hjelp av forskjellig proxy. Der det har vært mulig, er det brukt registrerte data, som gir best pålitelighet. Men de registrerte data er ikke fra samme tidsperiode, og noen har lenger tidsperspektiv enn andre. De data som overlapper hverandre, har ikke alltid samme verdi i samme år eller måned, noe som gjør at en kan stille spørsmål ved påliteligheten. I figur 28 vises forskjellene i registrert NAO-indeks mellom data fra National Oceanic and Atmospheric Administrations (NOAA) National Weather Service og data fra Climate Analysis Section, NCAR, Boulder, USA, Hurrell (1995). Forskjellene kan skyldes forskjellig utregning av NAO-indeks ut fra trykkforskjeller. Forskjellige NAO-indeksdata kan føre til feiltolking av sammenheng mellom skred og NAO. I noen år, som 2002, var NAO-indeksen negativ i det ene datasettet samme år som det i det andre datasettet var positiv indeks (Figur 28).



**Figur 28.** Forskjeller i registrerte NAO-indeksdata mellom data fra National Oceanic and NOAA, National Weather Service data ([www.cpc.noaa.gov](http://www.cpc.noaa.gov)) og data fra Climate Analysis Section, NCAR, Boulder, USA, Hurrell (1995) ([www.cgd.ucar.edu](http://www.cgd.ucar.edu)). Forskjeller i ulik registrert NAO-indeks kan føre til feiltokling av sammenheng med skred et spesielt år, som for eksempel 2002. I 2002 var indeksen negativ i Hurrells data og positiv i NOAAs data.

## 5.2 Skred i perioden 1592 - 1976

I denne delen undersøkes og diskuteres sammenhengen mellom skred og storskala klimasystemer, menneskelig påvirkning og vulkansk aktivitet. Det undersøkes også nærmere på skredår som skiller seg spesielt ut, og årsaken til at akkurat de årene var så spesielle.

### 5.2.1 Sammenheng mellom klimasystemer og skred

Endringer i frekvens av skred over en periode kan skyldes påvirkning av storskala klimasystemer og en endring i disse. North Atlantic Oscillation (NAO), Arctic Oscillation (AO) og Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) er blant systemene som har stor påvirkning i Nord-Atlanteren, og svingninger i disse fører til endringer i nedbør, temperatur og vind.

AMO-indeksen har blitt registrert lengst, og målinger strekker seg tilbake til 1856 (Figur 31). NAO -indeks har blitt registrert siden 1864, men i figur 29 er kalkulererte data fra Luterbacher et al. (2001) satt inn for å vise endringer i NAO enda lenger tilbake i tid. AO-indeks er registrert fra 1950 (Figur 30). AMO-indeksen viser klare trender, da AMO er langtidsmessige endringer i Sea Surface Temperature, (SST), i Nord-Atlanteren, som vanligvis varer i 20-40 år om gangen. Men også NAO og AO viser hovedtrender som strekker seg over kortere og lengre perioder.

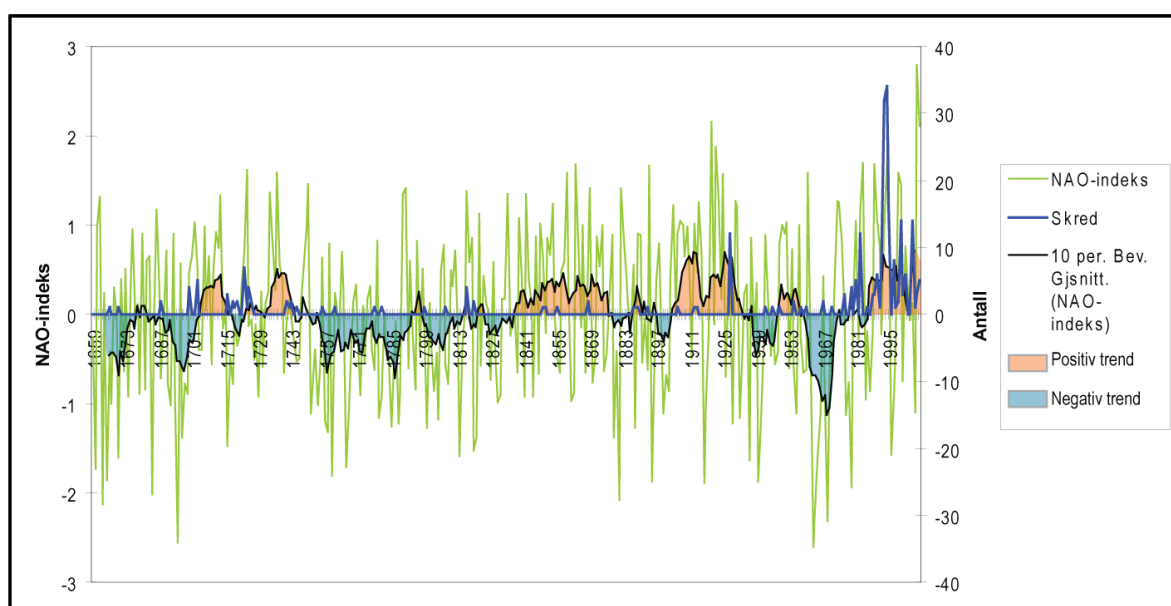
Positiv NAO-indeks fører til varmere og våtere vintre, og større, sterkere og mer nordlige vinterstormer. Ved negativ NAO-indeks blir vintrene kaldere og tørrere, og det oppstår færre stormer, og stormene/vindene går i en mer øst/vestlig retning (Hurrell, 1997). Positiv NAO-indeks dermed vil trolig føre til at det blir flere snøskred. Ved høy AO-indeks oppstår sterkere vestavinder og værforholdene i Nord-Atlanteren blir fuktigere og varmere. Når indeksen er lav beveger vestavindene seg lenger sør, og det oppstår tørrere og kaldere værforhold i Nord-Atlanteren (Thompson og Wallace, 1998). Dermed er det trolig at høy AO-indeks også vil føre til flere snøskred. Muligheten for at varm AMO vil føre til mer snøskred er stor, da varm AMO-indeks fører til varmere temperaturer og mer nedbør i Nord-Atlanteren, mens det blir tørrere og kaldere når indeksen er kald (Enfield et al., 2001).

For å undersøke sammenhengen mellom endring i skredfrekvens og indeks i de forskjellige klimasystem har også antall skred per år blitt satt inn i figur 29, figur 30 og figur 31. Grunnet de rekonstruerte data for NAO-indeks går så langt tilbake i tid som 1659, kan disse brukes til

sammenligning av skrededata fra appendiks 1 opp mot NAO. Også AO og AMO kan brukes til sammenligning med skredfrekvens i år med registrert indeks.

### 5.2.1.1 NAO

Figur 29 viser at i mange av årene det gikk skred var NAO-indeksen inne i en positiv fase. 1740-43, 1817, 1849-68, 1888-89, 1928, 1955 og perioden 1988-2008 er de som skiller seg mest ut. Men trenden vist i figur 29 viser bare et glidende gjennomsnitt av NAO-indeksen, noe som betyr at ikke alle år innenfor samme negative/positive trendperiode nødvendigvis er negativ/positiv. Likevel går ca 75 % av alle skred i perioden 1659 - 2008 i år der NAO er positiv. Det er dermed rimelig å si at det er en tydelig sammenheng mellom skredfrekvens og positiv NAO. Korrelasjonskoeffisienten mellom skredfrekvens og NAO for samme periode er derimot ikke like høy,  $r^2=0,24$ . Lav korrelasjonskoeffisient skyldes trolig at en ikke har gode nok data for skred så langt tilbake i tid. Utregning av korrelasjonskoeffisienten for 1976 – 2008 er derimot mye høyere,  $r^2= 0,49$ , og viser god korrelasjon.

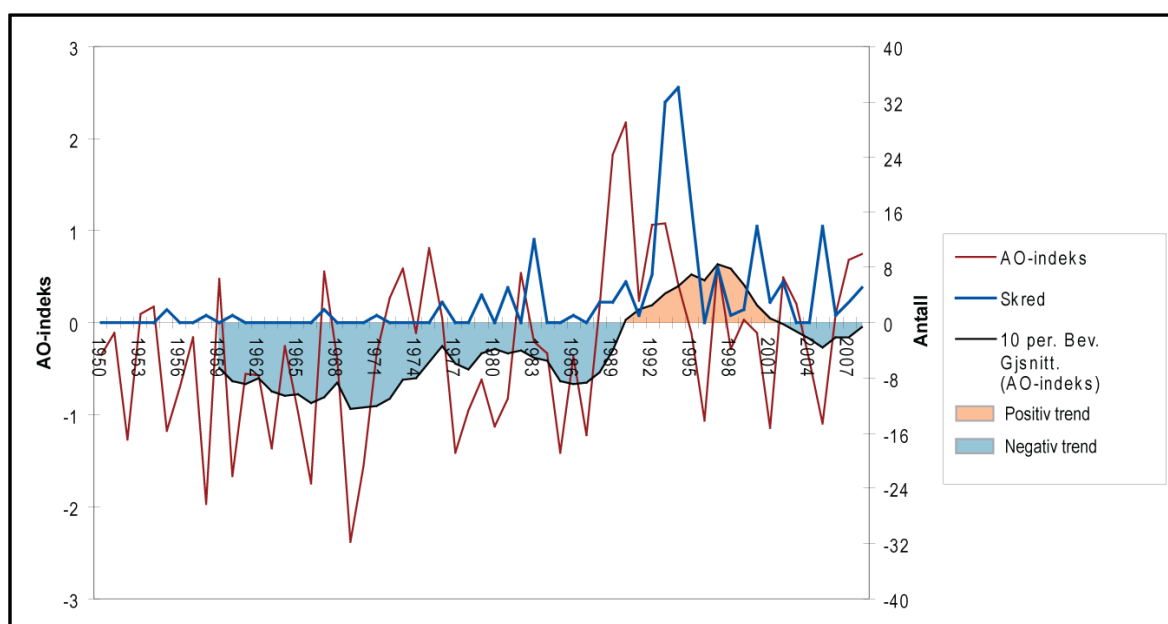


**Figur 29. Gjenomsnittlig NAO-indeks (DJF) fra 1659 til 2008, med positive og negative trender fra ti års glidende gjennomsnitt, sammenlignet med antall skred per år for undersøkelse av sammenheng mellom NAO-indeks og skredfrekvens. Modifisert etter Luterbacher et al. (2001).**



### 5.2.1.2 AO

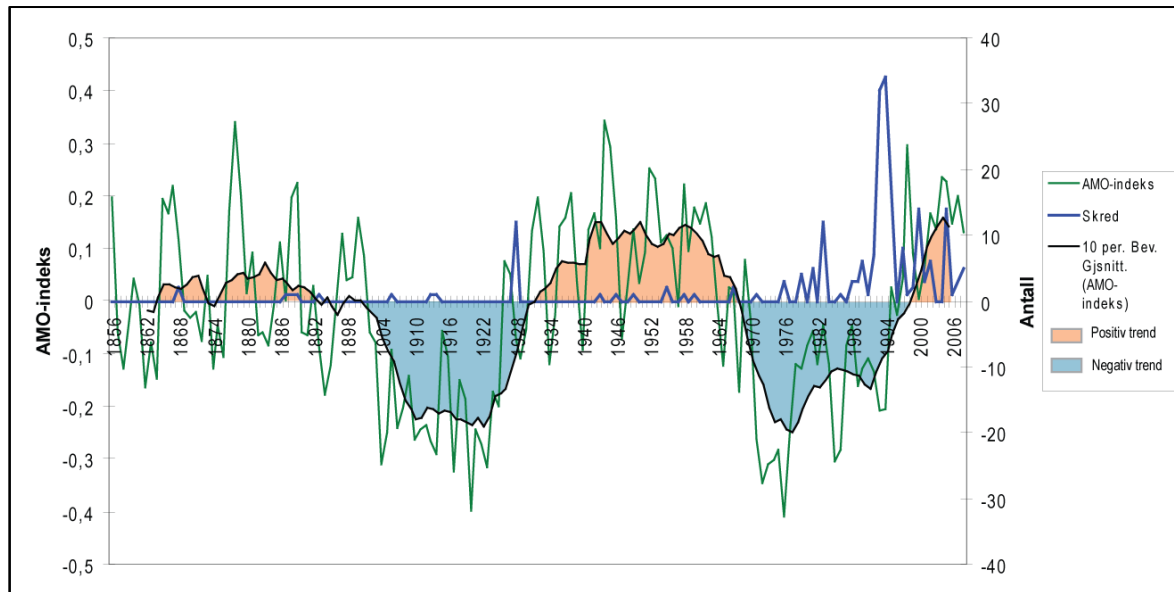
AO-indeksdata går ikke like langt tilbake i tid som NAO, men for de år en har data, kan en finne sammenhenger mellom AO-indeksen og skred. De skred som gikk mens AO var i en negativ fase gikk de i år der indeksen var positiv, eller på vei mot positiv (Figur 30). AO sin mest positive fase sammenfaller med perioden da det gikk mest skred noensinne langs Sør fjorden, 1992 – 2000. 66 % av skredene fra 1950 – 2008 gikk når det var positiv AO-indeks. Korrelasjonskoeffisienten mellom AO og antall skred er  $r^2=0,3$ . Lavere korrelasjonskoeffisient og færre skred under positiv AO-indeks betyr at sammenhengen mellom AO og skred ikke er like tydelig som med NAO. Mindre tydelig sammenheng kan skyldes at en ikke har like mye data å gå ut i fra, over like lang tid. AO blir også delt inn etter forskjeller i trykk mellom Arktis og 37-45° nord, som ligger lenger borte fra Norge og Sør fjorden. NAO blir målt etter Islandslavtrykket, som ligger mye nærmere, og påvirker muligens derfor mer enn det AO gjør.



**Figur 30. Gjenomsnittlig AO-indeks (DJFM) fra 1950 til 2009, med positive og negative trender fra ti års glidende gjennomsnitt sammenlignet med antall skred per år, for undersøkelse av sammenheng mellom AO-indeks og skredfrekvens. Modifisert etter NOAA, National Weather Service, [www.epc.ncep.noaa.gov](http://www.epc.ncep.noaa.gov).**

### 5.2.1.3 AMO

I motsetning til NAO og AO virker det ikke som at det er noen klar sammenheng mellom AMO og skredfrekvens. De fleste år med stor skredfrekvens er AMO inne i en kald fase. Et lite overtall, 53 %, av skredene, forekommer i kald fase, og korrelasjonskoeffisient mellom AMO-indeks og skred per år i perioden 1856 – 2008 er svært lav,  $r^2 = -0,02$ , og enda lavere mellom AMO og skred i perioden 1976 – 2008,  $r^2 = -0,07$ . Det virker dermed ikke som at AMO har så mye å si for utfall av skred.



**Figur 31. Gjenomsnittlig AMO-indeks (DJFM) fra 1856 til 2009, med positive og negative trender fra ti års glidende gjennomsnitt, sammenlignet med antall skred per år, for undersøkelse av sammenheng mellom AMO-indeks og skredfrekvens. Modifisert etter Enfield (2001).**

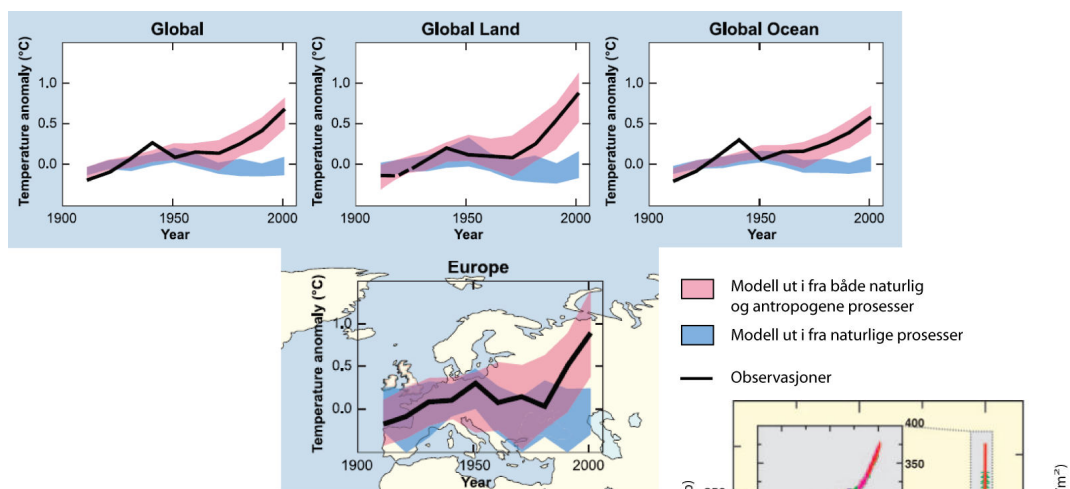
Grunnet NAOs lange dataserier og funn som viser god korrelasjon mellom positiv NAO og skredfrekvens, har en valgt bare å bruke NAO til sammenligning med skredår og -perioder videre i diskusjonen.

### 5.2.2 Antropogene påvirkninger

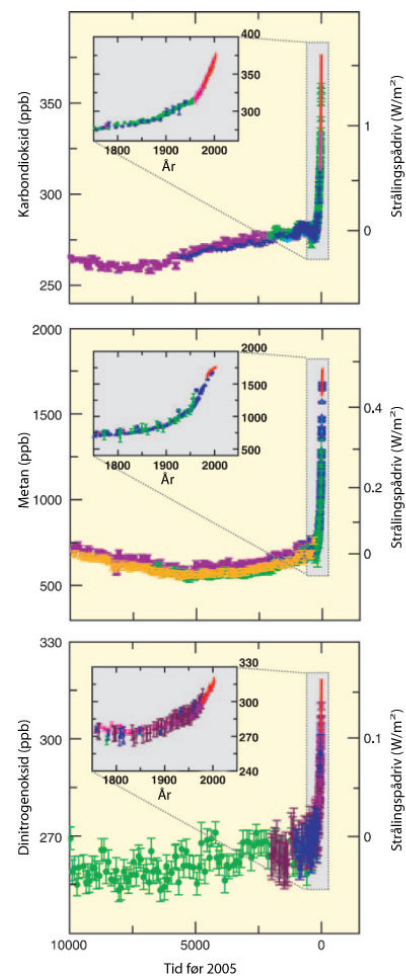
Utslipp av drivhusgasser kan være med på å påvirke endring i frekvens av snøskred. CO<sub>2</sub>-utslipp og andre drivhusgasser har økt betraktelig siden 1950, og ført til temperaturendringer på global basis. I rapporten til Intergovernmental Panel of Climate Change, (IPCC), finnes blant annet modeller som viser forskjellen mellom hvordan temperaturendringen mest sannsynlig ville ha vært hvis ikke antropogen påvirkning hadde eksistert, og hvordan det faktisk har blitt med antropogene utslipp (Figur 32). Figuren viser at uten klimagassutslipp

ville ikke temperaturen ha økt slik den har gjort, tvert i mot ville den ha gått litt ned etter 1950.

Figur 33 viser endringer i drivhusgasser i atmosfæren de siste 12 000 år, og i det grå feltet kan en tydelig se stor økning i drivhusgasser de siste 100 år. Økning av drivhusgassene fører til høyere drivhuseffekt, som globalt sett kan føre til høyere temperaturer, økt nedbør, økning i havnivå og flere ekstremhendelser (Pachauri, 2007). For Vestlandet sin del vil dette kunne føre til flere ekstremhendelser og økt nedbør. Det økte utslippet av drivhusgasser kan også være med på å endre de ulike naturlige klimasystemene. Ut fra utvikling siste 30 år vil dette føre til mer positiv NAO, AO og varmere AMO.

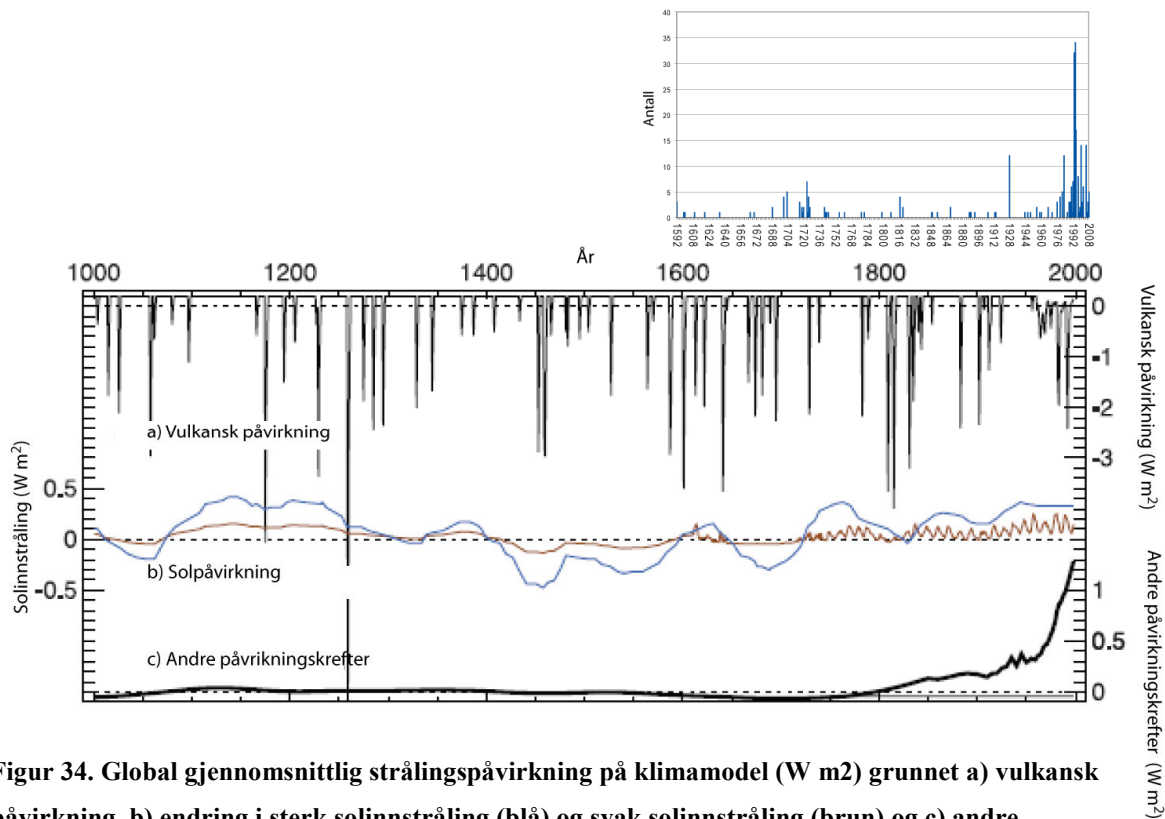


**Figur 32. Modellert endring i temperatur på global basis, globalt på land, globalt i havet og i Europa de siste 100 år, ut i fra bare naturlige prosesser og både naturlige og antropogene prosesser. Modifisert etter Pachauri (2007:figur 2.5).**



**Figur 33. Endring i drivhusgasser som karbondioksid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) og dinitrogenoksid (N<sub>2</sub>O) de siste 12 000 år, målt fra breer og atmosfæren. Grått felt viser endring de siste 250 år, og den viser kraftig økning fra rundt 1950. Modifisert etter Pachauri (2007:figur 2.3).**

### 5.2.3 Vulkansk aktivitet



**Figur 34. Global gjennomsnittlig strålingspåvirkning på klimamodel ( $\text{W m}^2$ ) grunnet a) vulkansk påvirkning, b) endring i sterk solinnstråling (blå) og svak solinnstråling (brun) og c) andre påvirkningskrefter (drivhusgasser og troposfæriske sulfat aerosoler), sammenlignet med antall skred per år (øverste figur). Modifisert etter Jansen et al. (2007:figur 6.13)**

Vulkansk aktivitet kan også påvirke skredfrekvensen. IPCC har laget en klimarapport over paleoklima i Kvartær (siste 2,5 mill år) (Walker, 2005:1). I klimarapporten finnes en figur som viser ytre påvirkninger fra blant annet vulkansk aktivitet, solinnstråling og andre påvirkningskrefter. Figuren har her blitt brukt til å undersøke om det er noen sammenheng mellom vulkansk aktivitet og skredfrekvens (Figur 34). Det er ikke lett å se klare sammenhenger mellom vulkansk aktivitet og skred, men i noen år, som 1720, kan år med høy vulkansk aktivitet og større skredår sammenfalle. Den store vulkanske aktiviteten før 1700-tallet kan ha vært med på å påvirke temperaturen generelt videre ut på 1700-tallet.

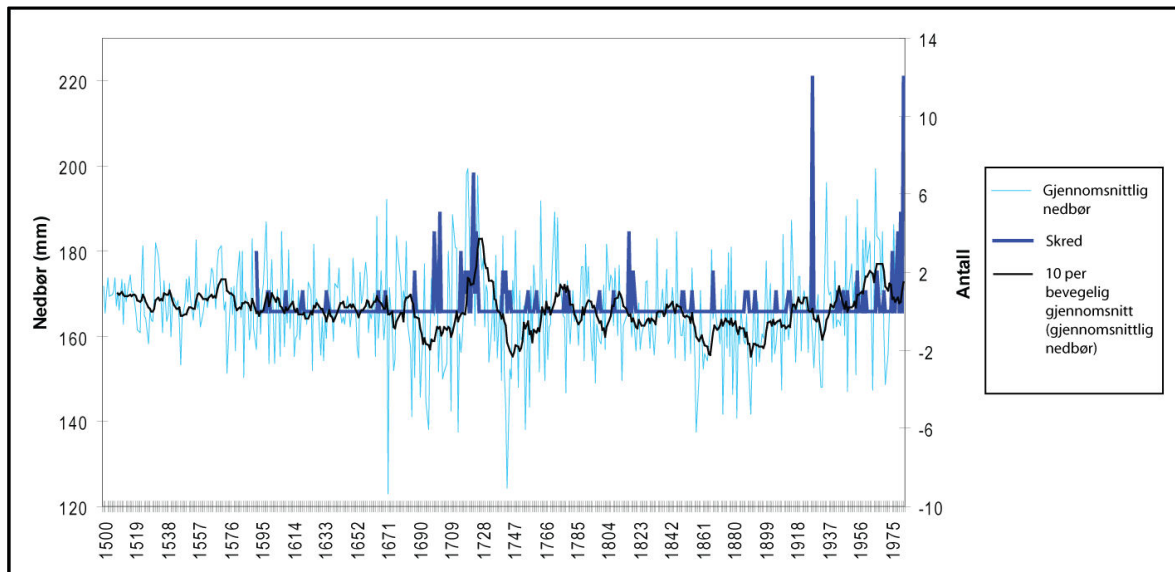
## 5.3 Skredår før 1976

### 5.3.1 Skred i perioden 1700 - 1743

Når det gjelder skred som er registrert fra 1599 til 1976, skiller årene fra 1700 og frem til 1743 seg markant ut i figur 13 (s.48). 38 % av alle registrerte skred i perioden 1592 til 1976 forekom mellom 1700 og 1743.

På bakgrunn av rekonstruksjon av NAO-indeksen tilbake 500 år fra Luterbacher et al. (2001), kan det undersøkes hvordan NAO-indeksen trolig var i perioden 1700 – 1743 (Figur 29). NAO-indeksen både før 1700 og etter 1743 har en negativ trend, mens tiden i mellom er NAO for det meste positiv, med noen unntak.

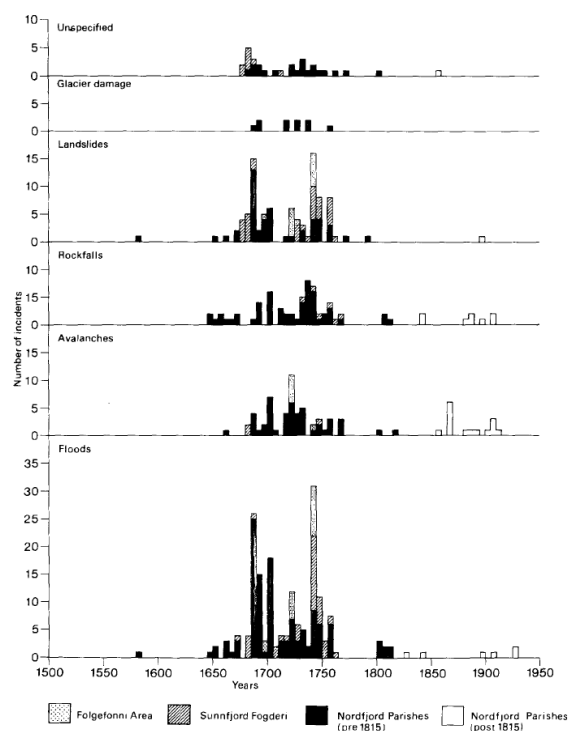
Perioden 1700 – 1743 sammenfaller bra med inngangen til de største brefremstøtene i Den Lille Istid, og den økte frekvensen av skred har trolig sammenheng med den (Nesje og Dahl, 2003). Årsaken til Den Lille Istid er mye omdiskutert, og skyldes trolig en blanding av anomalier i NAO, solinnstråling og vulkansk aktivitet (Luterbacher, 2001). I tillegg til anomalier i NAO, solinnstråling og vulkansk aktivitet under Den Lille Istid må det ha vært mye nedbør for at skredfrekvensen skal ha blitt stor. I Pauling (2006) har de rekonstruert nedbør for Europa siden 1500, ved hjelp av dokumenterte kilder og naturlige proxy som dendrokronologi, iskjerner, koraller og speleotemer (Figur 35). Figur 35 viser en topp i nedbør rundt 1720, noe som stemmer godt overens med skredfrekvensen på samme tid. Stor nedbør og lave temperaturer førte til brefremstøt på Folgefonna under Den Lille Istid (Bakke et al., 2005). Ved brefremstøt vil det komme mye nedbør som snø om vinteren, noe som har ført til stor skredaktivitet. Breen kan også ha en forsterkende effekt, ved at mye snø ble transportert fra Folgefonna med vinden til kanten av fjellet ovenfor Sørfjorden.



**Figur 35. Rekonstruksjon av nedbør i Europa for vinter (DJF) siden 1500, ved hjelp av dokumenterte kilder og naturlige proxy som dendrokronologi, iskjerner, koraller og speleotemer. Sammenlignet med antall skred i samme periode, for undersøkelse av sammenheng mellom nedbør og skredfrekvens på begynnelsen av 1700-tallet. Modifisert etter Pauling (2006).**

Grove og Battagel (1983) har undersøkt tingbøker fra Sunnfjord Fogderi, der det har blitt undersøkt avslag i skatt gitt på grunnlag av fysisk skade på gårder på grunn av naturskader. Det viser seg at også i Sunnfjord var 1700-1760 år med store ødeleggelser, med både skred, flom og massestrømmer (Figur 36). Tidspunktene avslagene ble gitt i Folgefonnaområdet, korrelerer godt med de avslag som ble gitt i Sunnfjord og Nordfjord (Grove og Battagel, 1983). Det var dermed ikke bare langs Sørfjorden det gikk mye skred.

**Figur 36. Antall forskjellige naturfenomener som var ødeleggende fra 1500 - 1950 i området rundt Folgefonna, Sunnfjord prestegjeld og Nordfjord prestegjeld før og etter 1815 (Grove og Battagel, 1983) Skredfrekvensen i Sunnfjord og Nordfjord korrelerer godt med skredfrekvens funnet i denne studien (Figur 12).**



Årene 1742-43 ble nevnt flere ganger i intervjuene. I brosjyren Helg i Hardanger, skaffet av Vagleik Rogdo, står det litt om hva som trolig førte til at det kom store skred de årene.

”Så langt me veit er 1742 - 43 dei verste skredåra i Hardanger. Sidan 1739 hadde veret vore unormalt. Biskop Pontoppidan skreiv fylgjande: "Det var ligesom solens glans, varme og vederkvegenda kraft hadde tapt nogo mærkeligt". Vintrane var milde, somrane kalde og det var mykje snø i fjellet slik at fonna auka for kvart år” (Opedal, 2008).

Milde vintre vil muligens føre til mer nedbør, og dermed større sannsynlighet for skred. Kald sommer vil føre til at mer snø ligger igjen fra vinteren, og dette førte til at Folgefonna økte. Hvis det da i tillegg var mye vind i vestlig/sørvestlig retning, vil det forekomme større oppsamling av snø langs kanten av fjellet. Dermed øker også sannsynligheten for store skred.



### 5.3.2 Skred i 1928

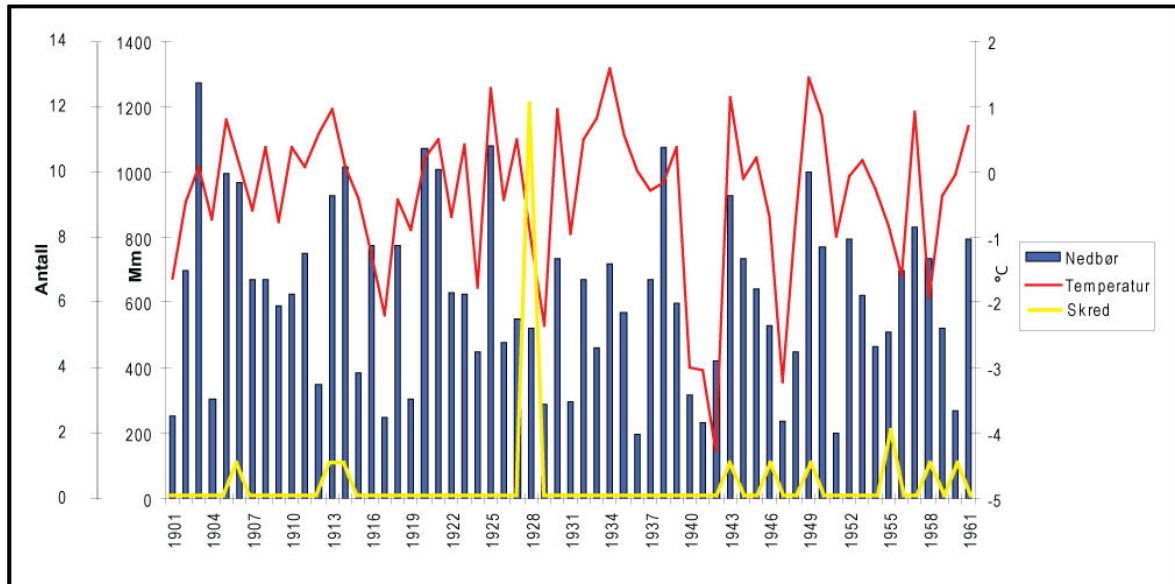


**Figur 37. Husaskredet som gikk den 8.2. 1928, samtidig som de fleste andre skred på Tokheim gikk. Skredene i 1928 er blant de største dokumenterte skredene på Tokheim (foto: arkiv Boliden Odda AS).**

1928 er også et år som skiller seg ut i figur 13 (s.48). I det ene året gikk 13 % av alle skred mellom 1592 og 1976, og er også det året som ble nevnt oftest under intervjuene og i de fleste av de historiske kildene. I forhold til nedbør og temperatur i perioden 1901 – 1961, var ikke nedbøren det året spesielt høy (Figur 38). Temperaturen var lav, men 1928 var heller ikke det kaldeste året i perioden 1901 – 1961.

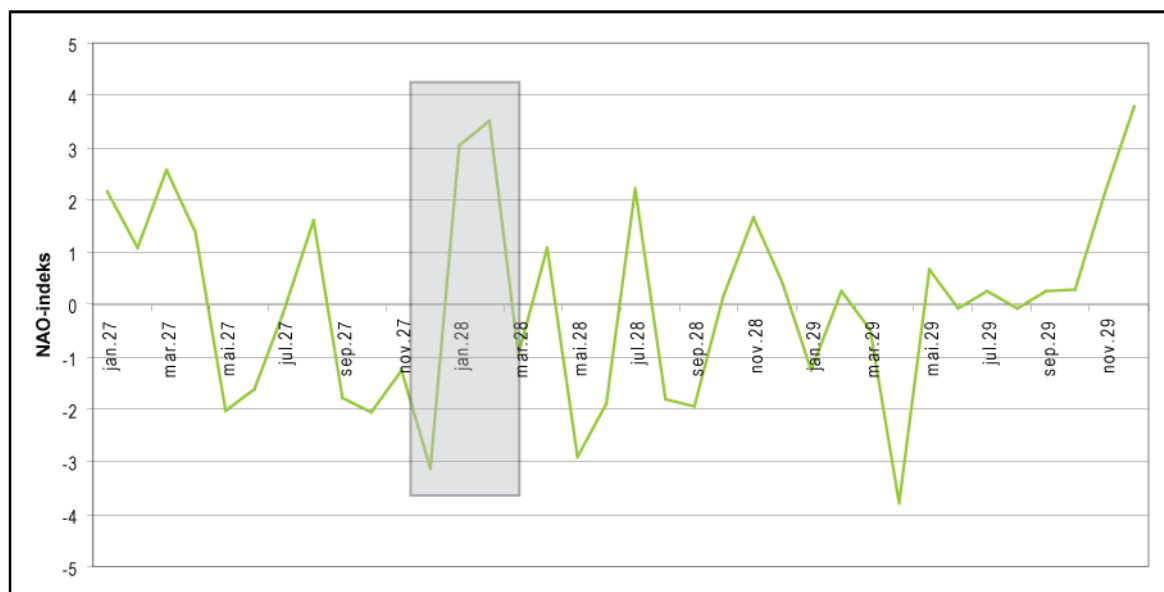
Sammenlignet med gjennomsnittlig NAO- og AMO-indeks skiller ikke 1928 seg noe ut. Gjennomsnittlig NAO-indeks (DJFM) i 1928 var 0,09, og er ikke spesielt høy ([www.cgd.ucar.edu](http://www.cgd.ucar.edu)). Undersøkelser for hver måned kan gi svar på om det var store forskjeller i løpet av året. NAO-indeksen i januar var 3,0 og februar 1,7, og er blant de høyeste indeksene

i tidsperioden 1927 – 1929 (Figur 39). Også endringen fra desember 1927 til januar 1928 er svært stor. Denne endringen kan ha vært med på å skape de forhold som utløste de store skredene i 1928. Sammenlignet med NAO-indeksen i januar og februar fra 1821 – 2000 skiller derimot ikke 1928 seg så ekstremt ut at det skulle ha ført til enorme og mange skred som faktisk gikk.



**Figur 38. Gjenomsnittlig nedbør og temperatur (DJFM) ved havnivå fra 1901 – 1961, sammenlignet med skredfrekvens i samme periode. I 1928 var det forholdsvis lave temperaturer og lite nedbør om vinteren i forhold til resten av perioden. Modifisert etter data fra meteorologisk institutt (appendiks 6).**

I NGIs rapport 934011-1 er benyttet vindmålinger fra Rundemannen ved Bergen, og som viser at det blåste kuling og storm i fra sørvest fra 31. januar til 8. februar da Husaskredet gikk på Tokheim. Temperaturen steg til 9°C på skreddagen, og det kom mye tørr snø i utløsningsområdet i uken før. I tiden før var det østlige vinder og ganske tørt, og dette kan ha ført til ustabilitet i snø (NGI, 1993). De østlige vindene kan ha kommet på grunn av den negative NAO-indeksen i desember året før.



**Figur 39.** NAO-indeksen for hver måned fra 1927 – 29. Stor endring i indeks fra desember til januar og februar og høye verdier (grått område) kan være årsak til de store skredene i februar 1928.

Modifisert etter Climate Analysis Section, NCAR, Boulder, USA, Hurrell (1995), [www.cgd.ucar.edu](http://www.cgd.ucar.edu).

Det har også blitt søkt etter informasjon andre steder for å avdekke årsak til store skred i 1928. I særoppgaven til Marit Tokheim fra 1968 står det litt informasjon om skredene i februar 1928. Det var en svært nedbørrik og urolig vinter etter jul, og januar hadde 24 nedbørsdager. I begynnelsen av februar var det ganske varmt om dagen, 5-8 °C, med regn og sludd. I tillegg var det sørvestlig vind og storm flere av dagene fra 1. til 9. februar. Nedbøren på toppen av fjellet kom trolig som snø i begynnelsen, men etter den 7. februar kom nedbøren som regn (Tokheim, 1968).

Årsaken til store skred i 1928 var dermed mest sannsynlig endring fra lav til høy NAO-indeks i tillegg til mye nedbør som snø i tiden før, da det var kaldt og mye vind. Senere ble det varmere og mye stormer, noe som førte til at nysnøen løsnet, og gled godt på det frosne underlaget.

Bortsett fra i 1928 gikk det svært få skred i perioden 1900 – 1976 (Figur 13, s.48). I de få årene det gikk skred, var er det god korrelasjon med høy nedbør og temperatur i de fleste tilfellene (Figur 38).

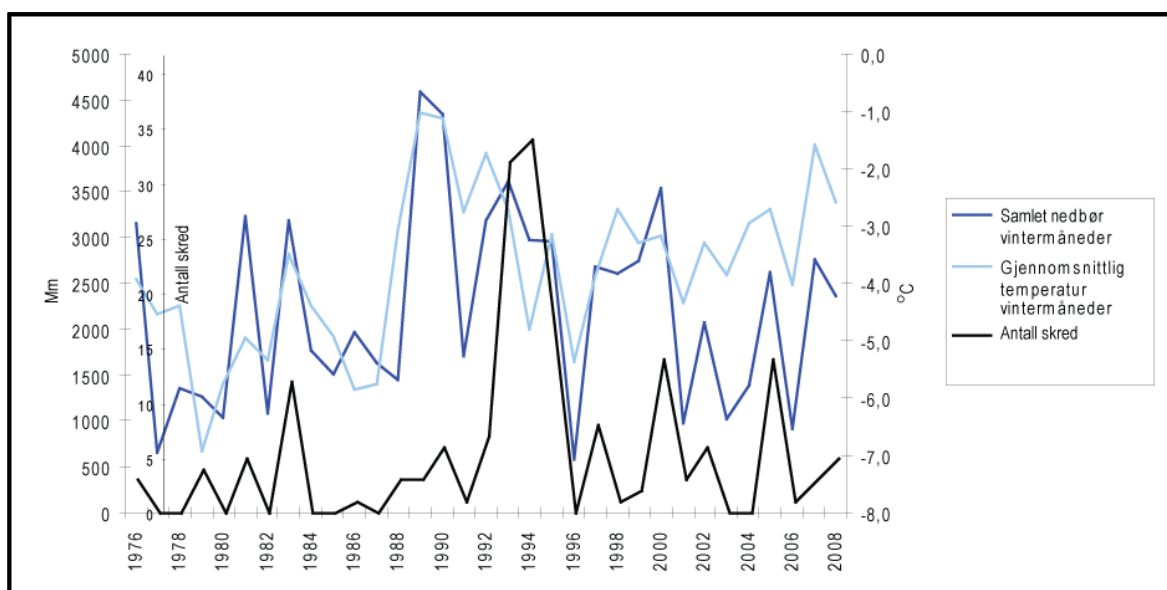
Sammenligning av skred og klimadata hadde vært ønskelig for alle skred i appendiks 2. Men på grunn av at data kun går tilbake til 1901, har dette ikke vært mulig.

## 5.4 Skred etter 1976

Grunnet gode temperatur og nedbørsdata fra 1957 og frem til i dag, har det vært mulig å sammenligne disse med alle skred i appendiks 1 fra 1976 – 2008. Klimadataene bidra til å finne årsakene til de forskjellige skred langs Sørfjorden og forskjeller mellom Aga og Tokheim. God forståelse av sammenhengen mellom skred og klima gir økt innsikt i mekanismer forut for hendelser.

### 5.4.1 Endring i nedbør, temperatur, vind og skred

Figur 40 viser endring i nedbør, temperatur og skredfrekvens i perioden 1976 – 2008. Linjene for skredfrekvens sammenfaller meget godt med år med mye nedbør. I år med lite nedbør er temperaturen også lav, og i forhold til de år der det ikke har vært eller har vært lite skred, korrelerer dette bra. I 1977 og 1996, for eksempel, var det rekordlav nedbør og lave temperaturer, og ingen skred.



**Figur 40. Endring i nedbør, temperatur og skredfrekvens i vintermånedene (DJFM) fra 1976 – 2008. År med høy nedbør og temperatur korrelerer godt med store skredår. Modifisert etter data fra meteorologisk institutt (Appendiks 5).**

Ut fra Figur 18 (s.50) og Figur 40 er det klart at nedbør er den viktigste faktor for utløsning av skred. Men selv om det har snødd mye i en periode før, betyr ikke dette at det kommer til å gå

skred, da snøen kan få tid til å sette seg, alt etter temperatur og vind under nedbørsdøgnet. Når det igjen kommer nysnø, vil dette føre til et større trykk, og muligheten for skred blir større. Temperaturen er med på å gjøre snømassene enda mer ustabile, slik at faren for skred blir større. Det er ikke svært stor forskjell i antall skred med nedbør, og nedbør og temperatur som utløsende, men nedbør som utløsende årsak forekommer oftest. Det som kan være et problem her, er at måten dataene har blitt kategorisert på, ikke er helt korrekt.

Høy nedbør vil ikke nødvendigvis bety mange skred. I 1989-90 kom det mest nedbør av alle år i perioden 1976 – 2008. Temperaturen disse årene var også meget høy. Det gikk derimot nesten ingen skred (3 og 6) i 1989-90 i forhold til årene 1993-94 (32 og 34). Årsaken til dette er trolig den fremherskende vindretningen i 1989-90 som var sørøstlig (Figur 43). Sørøstlig vind fører til at snø blir blåst bort fra østkanten på Folgefonna, og det finnes dermed lite snø for utløsning av skred.

Endringen siden 70-tallet når det gjelder temperatur som utløsende årsak (Figur 20, s.52), kan sees i sammenheng med den globale oppvarmingen. Høyere temperaturer de siste 30 årene grunnet menneskelig påvirkning, kan være utslagsgivende på denne utviklingen.

Etter 70-tallet er det også mange færre skred med uklar utløsende faktor. Grunnen til dette er vanskelig å finne. Det kan være en tilfeldighet, men det kan også være at værforhold de siste 30 år, grunnet NAO og AO, kan ha noe og si for dette. Siden 70-tallet har NAO-indeksen vært inne i en generell positiv fase, med til tider svært høye indekser. Positiv NAO gir høyere temperaturer og mer nedbør, noe som kan føre til mer klare sammenhenger for når et skred blir utløst.

#### 5.4.2 NAO, skred og vind

Siden positiv NAO fører til større og flere vinterstormer i nordlig retning (Figur 41) (Hurrell, 1997), vil positiv NAO føre til sørvestlige vinder inn mot Norge, som tar med seg snø mot kanten av fjellet ovenfor Sørfjorden. Under negativ NAO-indeks går vindene mer øst/vest (Figur 42), og

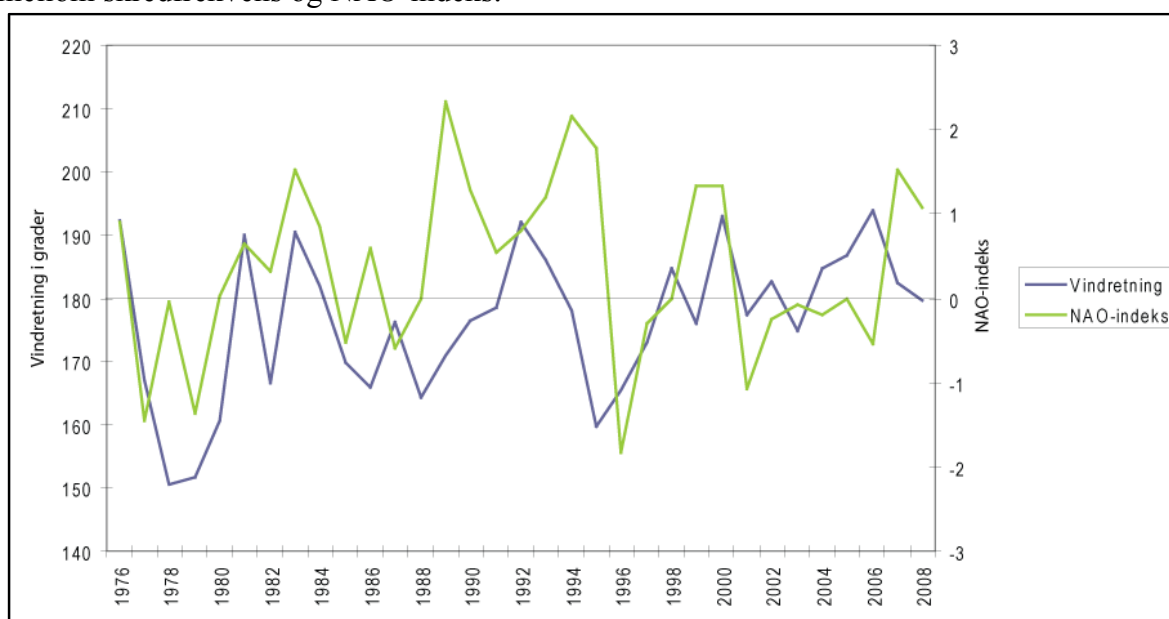


Figur 41. Bilde på hvordan vindene beveger seg fra Atlanteren mot nord under positiv NAO ([www.ldeo.columbia.edu](http://www.ldeo.columbia.edu)).

fører til at vindene går mer mot øst før de kommer nord mot Norge, noe som igjen fører til at vindene mot Sørfjorden kommer fra sør/sørøst. Sørøstlig vind vil ikke ta med seg snø til skredområdene, men heller blåse snøen bort og dempe skredfaren. Figur 43 viser vindretning og NAO-indeks fra 1976 – 2008, og viser at i de fleste år følger vindretning endring i NAO-indeks. Vindretning og skredfrekvens viser også god korrelasjon med de fleste store skredår både i figur 45, og ved undersøkelse av korrelasjonskoeffisient,  $r^2 = 0,49$ . Folgefonnhalvøya er et forholdsvis flatt område der vind lett vil kunne få tak i snø, og avsette i skavler langs kanten. Ut fra den fremherskende vindretningen i området og terrenget på Folgefonnhalvøya er det mulig å gi et bilde over hvordan snø blir fraktet mot skredutsatte områder (Figur 45). Ved sammenligning av skredfrekvens og vindretning i figur 44, kan en se at i større skredår følger vindretningen kurven og kommer fra sørvestlig retning. Men korrelasjonskoeffisienten mellom vind og skredfrekvens er likevel ikke markant høy,  $r^2 = 0,23$ . Endring i vind under positiv og negativ NAO er likevel med på å forsterke sammenhengen mellom skredfrekvens og NAO-indeks.

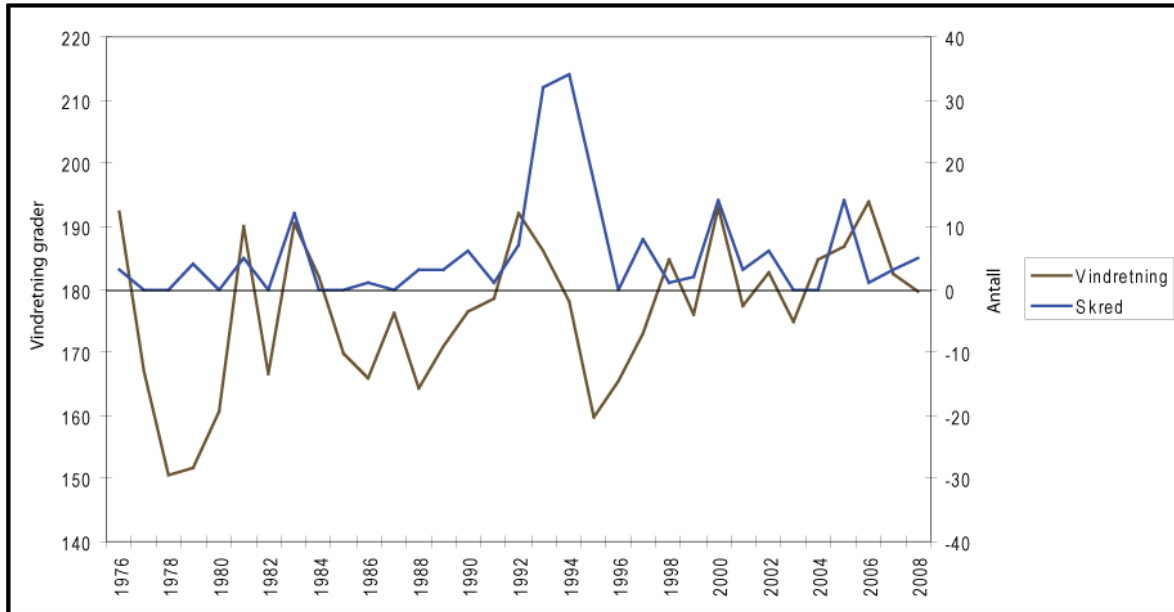


Figur 42. Bilde over hvordan vindene beveger seg fra Atlanteren mot øst under negativ NAO ([www.ldeo.columbia.edu](http://www.ldeo.columbia.edu)).

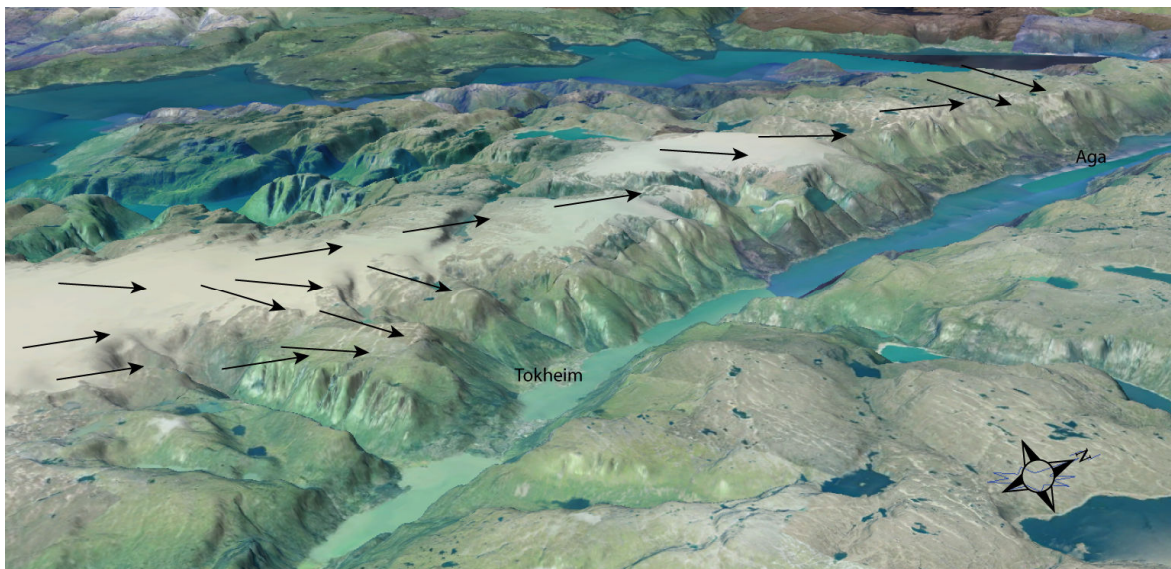


Figur 43. Sammenligning av vindretning og NAO-indeks i perioden 1976 – 2008, for undersøkelse av sammenheng mellom disse. Vindretningen følger ikke NAO-indeksen nøyaktig, men i de fleste år følger endring i vindretning seg i mye samme retning som NAO-indeksen. Modifisert etter data fra Bergen – Florida, målestasjon 50540, [eklima.met.no](http://eklima.met.no).





Figur 44. Sammenligning av skredfrekvens og vindretning i fra 1976 – 2008, for undersøkelser av sammenheng mellom disse. I nesten alle store skredår kommer vinden fra sørsørvest, mens år med lite eller ingen skred kommer vinden fra østsørøst. Modifisert etter data fra Bergen – Florida, målestasjon 50540, klima.met.no.

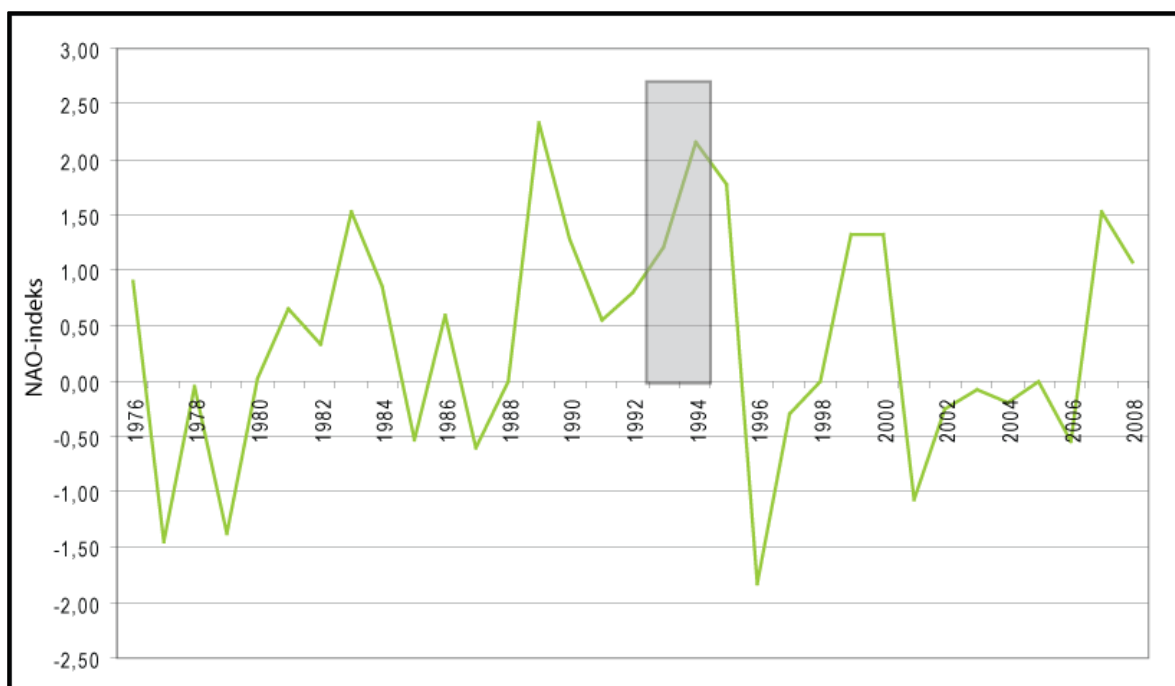


Figur 45. Oversikt over snøtransportering med vind ved fremherskende vindretning, sørlig og sørvestlig, over Følgefonna halvøya, mot skredutsatte områder langs Sørfjorden. Modifisert etter norgei3d.no.



### 5.4.3 Årsak til skred 1993-94

I perioden 1976 – 2008 skiller årene 1993-94 seg mest ut (Figur 14), da det er disse årene det er registrert flest skred noensinne. Vinteren 1993 (DJFM) var NAO-indeksen 1,20, og vinteren 1994 var indeksen 2,15. NAO-indeksen i 1994 er den nest høyeste måling av NAO-indeks som er gjort i perioden 1976 – 2008 (Figur 46). I 1989 var indeksen 2,33, men da gikk det bare 3 skred. Indeksen i 93-94 er høyere i forhold til vintergjennomsnittet av NAO mellom 1976 og 2008 som er på 0,36, og figur 46 viser at dette er år der NAO skiller seg ut. Men selv med positiv NAO-indeks, er gjennomsnittlig temperatur i 1993 og 1994 ganske lav. Nedbøren derimot er ganske høy (Figur 40). Vinden kom i disse årene hovedsakelig fra sørsørvest (Figur 45) (eklima.met.no).



Figur 46. NAO-indeks (DJFM) fra 1976-2008, for sammenheng mellom NAO-indeks og skred i 1993-94. Grått felt viser da NAO-indeksen i 1993 var på vei opp, og de høye målingene i 1994, som er den nest høyeste målte NAO-indeksen i perioden 1976 – 2008. Modifisert etter Climate Analysis Section, NCAR, Boulder, USA, Hurrell (1995).

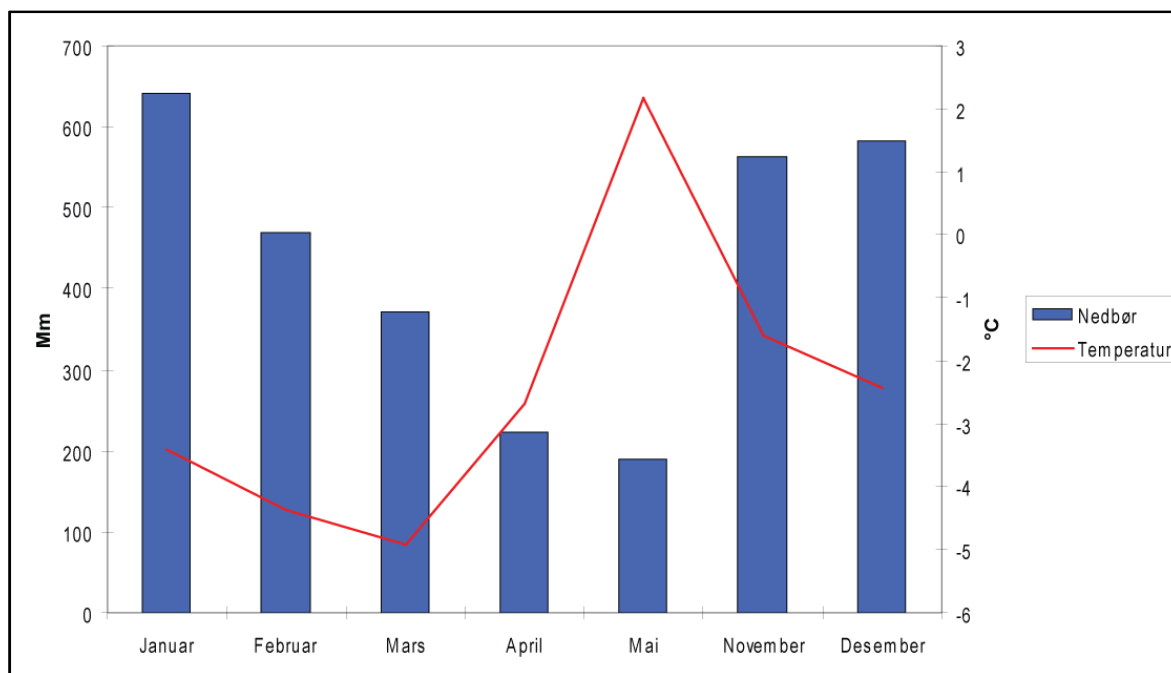
Året 1993 ble nevnt flere ganger under intervjuene. Det store Klungerseteskredet den 17.januar 1993 tok et menneskeliv, og er en av de største skredhendelsene langs Sør fjorden i nyere tid. Det er til og med skrevet en bok om dette skredet, ”Kvit Terror” av Gravdal og Melkeraaen (1993). Samme dag som skredet gikk, kom det 108,6 mm nedbør i fjellet, og temperaturen var 2 °C. I løpet av 14 dager før skredet kom det til sammen 680 mm nedbør. Nedbøren kom mest sannsynlig som en blanding av snø og regn, da temperaturen varierte

mellom  $-2,2$  og  $3,7$  °C. Mot skreddagen gikk temperaturen mot  $0$  °C og endte på  $2$  °C (appendiks 5). Gjennomsnittlig vindretning gjennom ukene før var fra  $180^\circ$ , sørlig retning (eklima.met.no). På værvarselet dagene før skredet meldte de stiv ( $15$  m/s) og sterk kuling ( $20$  m/s), med snøbyger i høyereliggende strøk 14. januar. 15. og 16. januar var det meldt sørlig liten storm i fjellet, med snø over  $300$  m (Gravdal og Melkeraaen, 1993:22). Klokken 10.27 søndag 17. januar gikk Klungerseteskredet (Gravdal og Melkeraaen, 1993:7). En sammenheng av positiv NAO-indeks, mye nedbør, lave temperaturer og kraftig vind fra sør var grunnen til de mange og store skred som gikk i 1993 og 1994.

#### 5.4.4 Månedsvise forskjeller

Årsak til skred kan også endre seg alt etter når på året skredet går. Sent på vinteren er snømengden i fjellet større, og dermed vil større nedbørsmengder påvirke mer, og føre til større ustabilitet. Skredene kan også bli større enn de som går tidligere på året. I desember og januar er en blanding av nedbør og temperatur mest utslagsgivende (Figur 18, s.50). Det må da ha kommet tilstrekkelig med snø i forkant for at skred skal bli utløst. Siden desember og januar er varmere måneder enn mars, øker sannsynligheten for skred.

Figur 47 viser at mars er den kaldeste måneden, og er også den måneden med mest skred (Figur 18, s.50). Selv om det kommer mindre nedbør denne måneden, kommer trolig mye av nedbøren som snø. Mars er i tillegg den første vårmåneden, og variasjon i temperatur er vanlig. Variasjon i temperatur fører til større ustabilitet innad i snødekket. Ved lave temperaturer vil det også ta lenger tid for nysnø å stabilisere seg. I mars er det et mye større og tykkere snødekke enn i januar. Et større snødekke fører også til større skred, og sannsynligheten for at Statens Vegvesen blir tilkalt og registrerer skredet, er høyere. Resultatet i figur 18 kan derfor være misvisende.



**Figur 47. Gjennomsnittstemperatur og -nedbør i ulike måneder i perioden 1976 – 2009, for undersøkelse av sammenheng mellom temperatur, nedbør og skredfrekvens i forskjellige skredmåneder. Modifisert etter data fra meteorologisk institutt (appendiks 5).**

### 5.4.5 Utløsningsdag

At samlet nedbør over tre dager er mest avgjørende for skred, er ikke et spesielt overraskende resultat (Figur 21, s.52), da det vil komme mer nedbør over tre dager enn én. Derfor blir utviklingen mot at flere skred blir utløst av nedbør samme dag i løpet av de siste tiår, et mer overraskende resultat (Figur 22, s.53). Ofte utløsning av skred grunnet nedbør samme dag siste 10-20 år kan ha sammenheng med NAO. Men hvis NAO er årsaken, ville det blitt flere skred utløst av tre dagers nedbør på 90-tallet, og færre igjen på 2000-tallet, noe som ikke er tilfelle. Årsaken kan være at nedbørsintensiteten per dag har økt i de siste 10-20 år. Dermed vil flere skred bli utløst ved kort tids store nedbørsmengder. Økning i nedbørsintensitet er ikke noe en har tall på, og kan dermed ikke fastslås.

### 5.4.6 Skredfarekategorier

Figur 16 (s.49) viser at det har gått svært mange skred innenfor den siste kategorien, der muligheten for sjeldne og inntil nå ukjente skred har gått. Det virker dermed som at nesten alle skred som går langs Sørfjorden, går på nye steder eller på steder der det sjelden går skred, noe som er meget usannsynlig. Grunnen kan være at selv om det går mange små skred hvert

eneste år, blir ikke alle skredene registrert. De fleste skred på Aga og Tokheim blir beskrevet som årvisse, men små årvisse skred som ikke kommer ned mot bebyggelse, blir sjelden registrert av Statens Vegvesen. Det er de store skredene, som ikke går så ofte, som fører til at Statens Vegvesen blir tilkalt eller som det blir skrevet om i historiske bøker.

#### 5.4.7 Årsaker til skred på Aga og Tokheim

Hvilke år det går snøskred på Aga og Tokheim, korrelerer godt (Figur 24, s.54). Men det varierer litt mellom hvilke år det går flest skred. Det er fire topper der det er mange skred innenfor et år, 1983, 1994, 2000 og 2005. I 1983 og 2005 går det flest skred på Aga, mens det i 1994 og 2000 går flest på Tokheim. Undersøkelser av gjennomsnittlig temperatur og nedbør i skredmånedene viser at forskjeller i temperatur og nedbør mellom Aga og Tokheim ikke skiller seg ut i årene med stor skredfrekvens fra resten av perioden 1976 – 2008 (Tabell 9 og Tabell 10). Konklusjonen er da at det muligens bare er en tilfeldighet hvilke av stedene det går flest skred i år med mange skred.

**Tabell 9. Forskjeller i gjennomsnittstemperatur og nedbør samme dag skredene gikk på Aga og Tokheim. Modifisert etter data fra Meteorologisk institutt (appendiks 5).**

	Gjennomsnittstemperatur samme dag som skred ble utløst	Gjennomsnittlig nedbør samme dag som skred ble utløst
Aga	-2,6	56,2
Tokheim	-2,1	46,7

Det er derimot andre forskjeller mellom Aga og Tokheim når det gjelder både årsak, hvilke måneder det går flest skred og hvor mye nedbør som skal til for at det skal gå snøskred. Forskjellene kan være tilfeldigheter, men det finnes forskjeller mellom nordlige og sørlige deler av Sørfjorden som kan være med på å forklare forskjellene.

Ut fra temperatur- og nedbørsdata fra Meteorologisk institutt (appendiks 5) fra 1957 – 2010 viser det seg at det er kaldere nord i Sørfjorden, og varmere lenger sør. Det kommer også mindre nedbør i nord enn i sør (Tabell 10). Både årlig gjennomsnittsnedbør og -temperatur viser forskjeller mellom nord og sør, og det samme gjør gjennomsnittlige målinger fra de måneder det har gått skred.

**Tabell 10. Forskjeller mellom nedbør og temperatur mellom nord og sør i Sørfjorden fra 1957 til i dag. Skredmåneder = januar, februar, mars, april, mai, november og desember. Modifisert etter data fra Meteorologisk institutt (appendiks 5).**

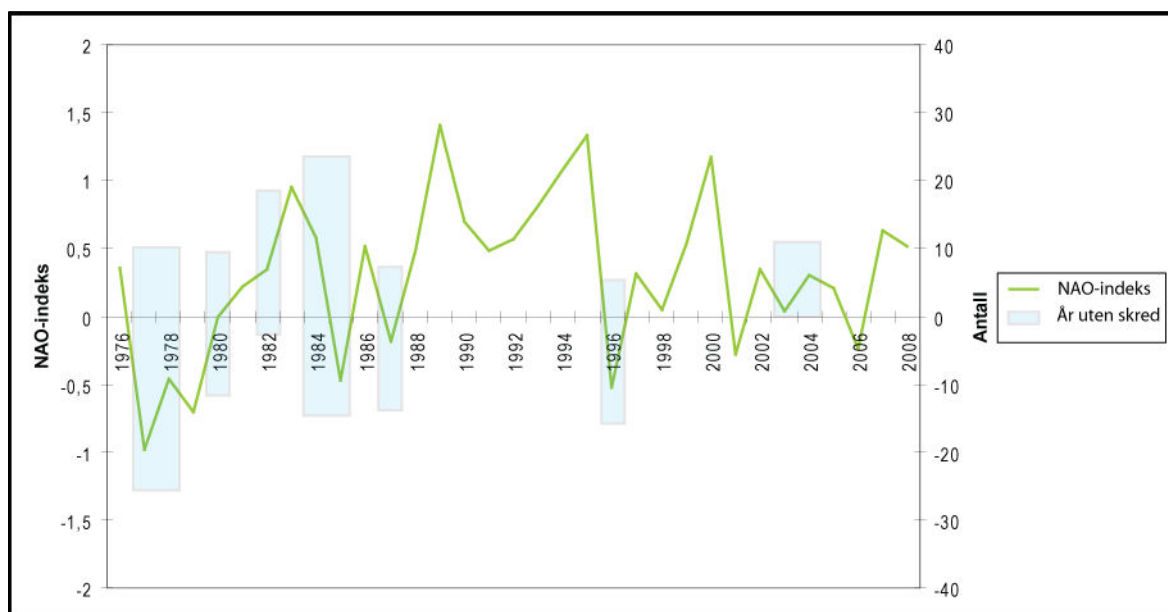
	Gjennomsnittsnedbør pr/år (mm)	Gjennomsnittsnedbør i skredmåneder (mm)	Gjennomsnittlig temperatur (°C)	Gjennomsnittlig temperatur skredmåneder (°C)
Nord	4068	369	0,04	-2,71
Sør	4742	433	0,60	-2,47

Da det i gjennomsnitt er litt varmere på Tokheim, kan det være grunnen til at de fleste skred har skjedd når temperaturen har blitt varmere. Det er prosentvis litt flere skred som blir utløst av temperaturer på Tokheim enn på Aga, og de blir gjerne utløst ved at temperaturen øker. Temperaturforskjellen mellom Aga og Tokheim er på ca 0,5 °C i årsgjennomsnitt, og ca 0,2 °C i skredmånedene. Dette er ikke store forskjeller, men med tanke på at det bare er ca 25 km mellom Aga og Tokheim, og topografien er meget lik, er det likevel signifikant. Grunnen til temperaturforskjellen kan være at vind tar med seg kald luft fra Folgefonna mot Aga.

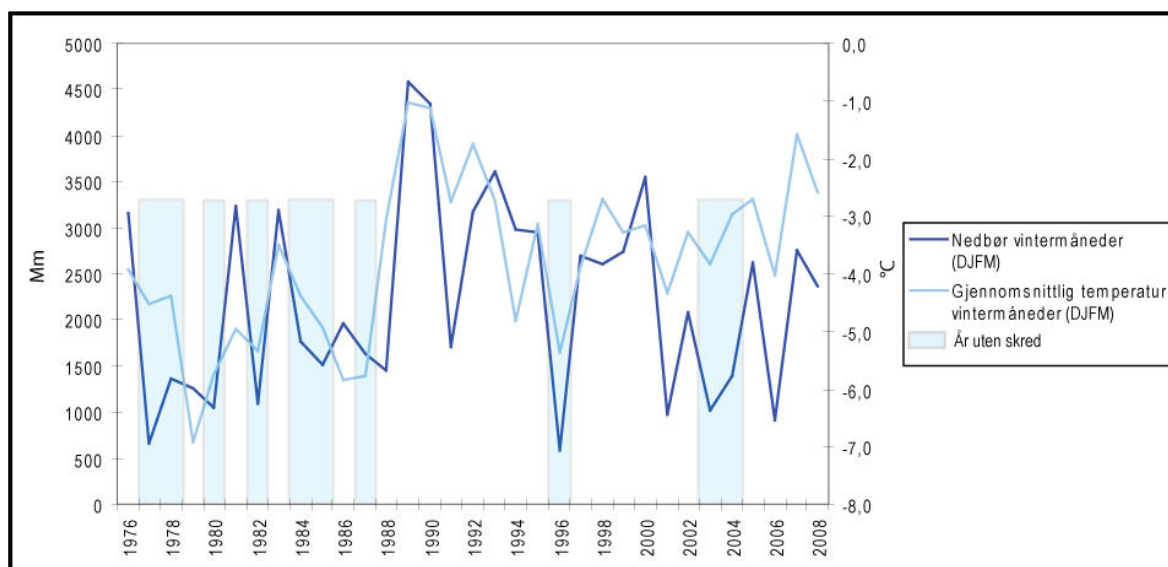
Årsaken til at nedbør ikke er en like hyppig årsak til skred på Tokheim som på Aga, kan være at det blir tilført mer snø med vind enn på Aga. Tokheim ligger mye nærmere Folgefonna, og snø derfra blir transportert fra isbreen til kanten av Tokheimsnuten og Ruklenuten. Snøskred går dermed i sammenheng med at endring i temperatur og nylig snøfall gjør at den snøen som ligger i skavler på kanten, blir ustabil. Det trengs dermed mindre snø i form av nedbør for at skred skal bli utløst, selv om det kommer samlet sett mer nedbør på Tokheim enn på Aga. Figur 27 viser at det er flere skred i skredfare 6 (over 120 mm over tre dager) på Aga enn på Tokheim. Flere skred i skredfarekategori 6 betyr at intensiteten av nedbør i dagene før skredene på Aga blir utløst, er stor. Det kan være med på å forklare årsaken til at flest skred på Aga blir utløst av nedbør, selv om det kommer mindre nedbør gjennom både vinteren og hele året. Gjennomsnittlig nedbør samme dag som skredene gikk på Aga, er høyere enn på Tokheim, mens temperaturen er lavere.

## År med mindre skred

Det har ovenfor blitt undersøkt og diskutert år det går skred. Det som også er interessant, er å undersøke hvilke år det ikke går skred, for å se om sammenhengen mellom NAO og skred også korrelerer i år uten skred. Ut i fra Figur 12 (s.47), er flertallet år uten skred. Perioder som 1636 – 1665 og 1821 – 1848 er de lengste periodene før 1976 der en ikke har funnet skred. Men siden registreringen av skred før 1976 er såpass dårlig, er det vanskelig å vite om dette faktisk er riktig. Etter 1976 er 1977 – 78, 1980, 1982, 1984-5, 1987, 1996, 2003 og 2004 år det ikke går skred. I årene uten skred var NAO-indeksen tilsvarende -2,14, 0,17, 0,56, 0,8, 1,6, -0,63, -0,75, -3,78, 0,2, -0,07 (Figur 48). De fleste av årene uten skred sammenfaller godt med år der NAO-indeksen er lav. Temperatur- og nedbørsdata kan også være med på å forklare grunnen til at det ikke går skred de årene (Figur 49). Lite nedbør og lave temperaturer fører til at det ikke går skred.



**Figur 48.** År uten skred (lyseblått felt) viser god korrelasjon ved nesten samtlige tilfeller av negativ NAO, i perioden 1976 – 2008. Modifisert etter Climate Analysis Section, NCAR, Boulder, USA, Hurrell (1995).



**Figur 49. Nedbør og temperatur i vintermånedene (DJFM) sammenlignet med år det ikke går skred viser god korrelasjon med år der det har vært lite nedbør og lave temperaturer. Modifisert etter data fra Meteorologisk institutt (appendiks 5).**

#### 5.4.8 Situasjon siste vinter

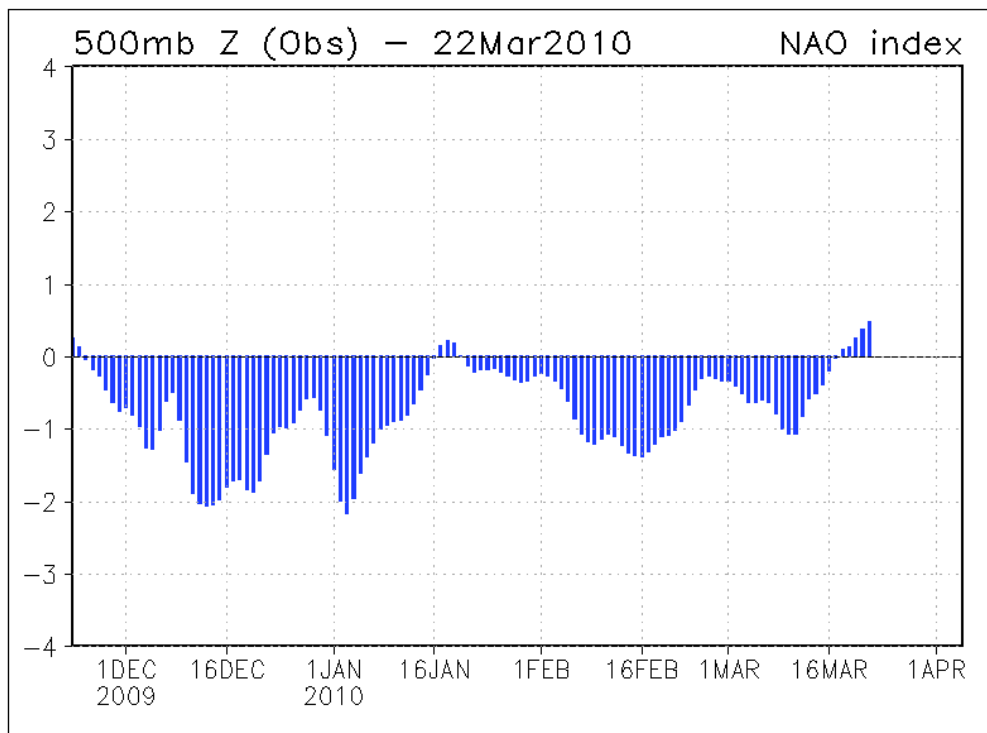
Vinteren 2009-2010 har forholdene vært meget uvanlige både i områdene rundt Sørfjorden og resten av Vestlandet. Det har langs Sørfjorden kommet snø helt ned til fjorden, noe det ikke pleier å gjøre, mens det på toppen av fjellet har kommet svært lite snø. Både nedbøren og temperaturen har vært mye lavere enn tidligere år. Tabell 11 viser samlet nedbør og gjennomsnittlig temperatur i desember og januar, og tallene fra vinteren 2009-2010 gir et godt bilde over hvor spesiell denne vinteren har vært.

**Tabell 11. Forskjeller i nedbør og gjennomsnittstemperatur i desember og januar de tre siste vintrene viser grunnen til at det ikke har gått noen store skred langs vestsiden av Sørfjorden i 2010. Modifisert etter data fra Meteorologisk institutt (appendiks 5).**

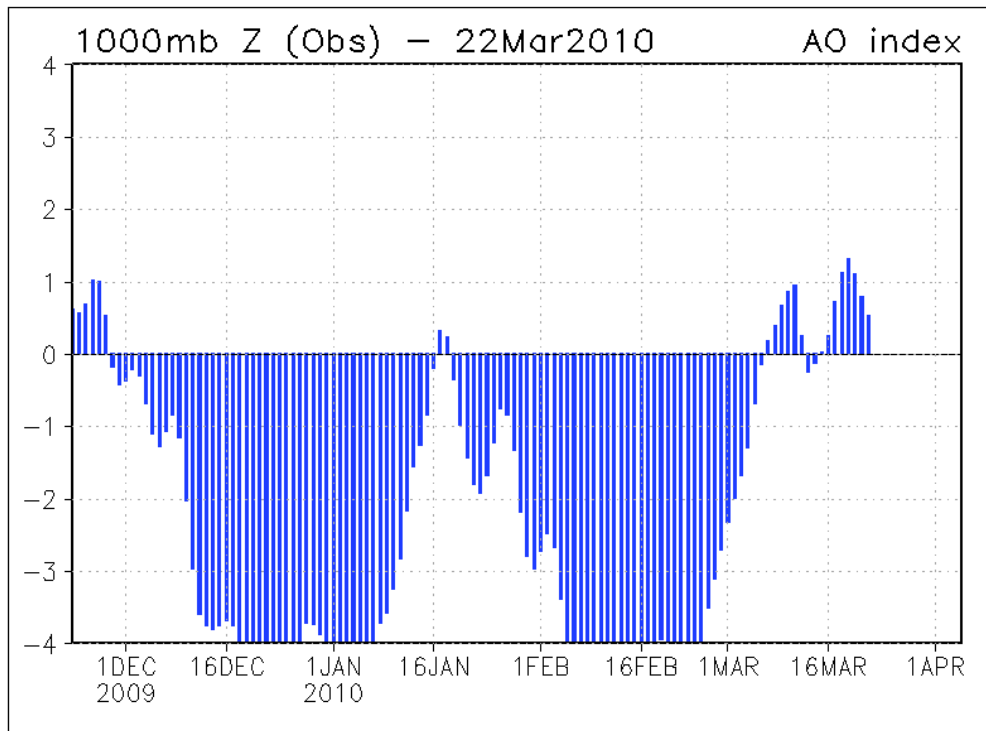
	Nedbør (samlet mm)	Temperatur (gjennomsnitt °C)
Des, jan 2007- 2008	1226,9	-1,6
Des, jan 2008- 2009	797,7	-1,8
Des, jan 2009- 2010	159,3	-3,9



Både NAO- og AO-indeksen har vært meget lav siden begynnelsen av desember (Figur 50 og Figur 51). Det er trolig de lave indeksene som har ført til det kalde og tørre været denne vinteren. Gunnar Moland, som bor inne ved Odda, har sagt at ”Det har vel aldri vært så lite snø i fjellene her innerst i Sør fjorden. Det er også uvanlig at vi har snø helt ned til sjøen. Det er ikke mer enn mellom en halv meter og en meter noen plasser. Det har heller ikke vært noen vind, så skavler er det heller ikke.”



**Figur 50.** Gjennomgående negativ NAO-indeks fra desember 2009 til 16. mars 2010. Tre dager etter indeksen gikk over til positiv gikk det små skred på Tokheim (NOAA, National Weather Service, [www.cpc.ncep.noaa.gov](http://www.cpc.ncep.noaa.gov)).



**Figur 51.** AO-indeks siden november 2009 til mars 2010 (NOAA, National Weather Service, [www.cpc.ncep.noaa.gov](http://www.cpc.ncep.noaa.gov)).

Rundt 16.mars gikk NAO over til å bli positiv, og tre dager senere gikk det skred på Tokheim (Bilde 17 og Bilde 18). Skredene var riktignok svært små, da det lå lite snø i fjellet, men dette viser likevel god sammenheng mellom NAO og skred. De skred som gikk den 19.mars, er trolig den type skred som går årlig, som ikke er noe farlig, og som sjelden vil bli registrert av Statens Vegvesen.

Vinteren 2009/2010 har vært meget spesiell over hele landet, slik at det er vanskelig å si om de samme forhold i NAO og AO vil føre til like lite skred et annet år. Mesteparten av nedbøren som har kommet denne vinteren, har blitt sluppet før den har kommet inn til Folgefonnhalvøya. Dermed har det vært unormalt mye nedbør i form av snø ute ved kysten, og unormalt lite nedbør lenger inne i landet.



**Bilde 17. Husaskredet på Tokheim, 19.3.2010 (foto: Gunnar Moland).**

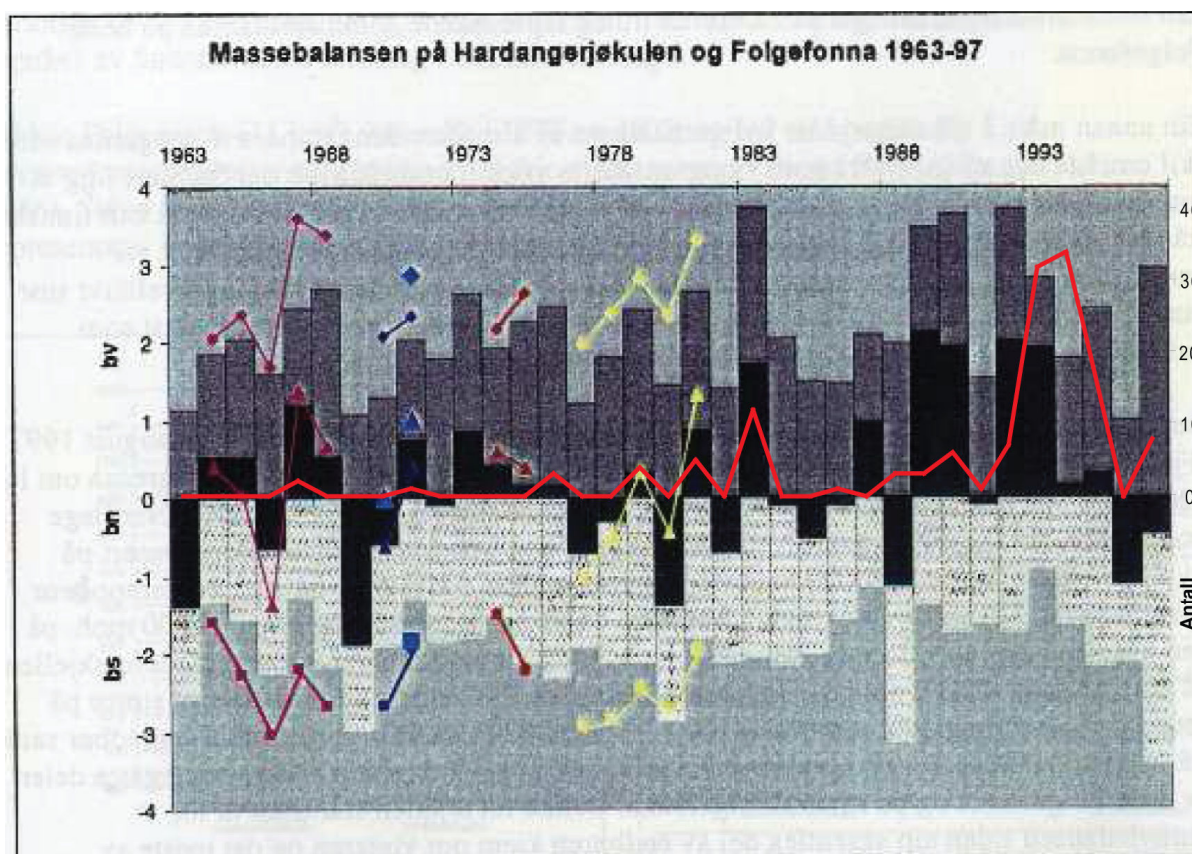


**Bilde 18. Skred på Tokheim, 19.3.2010. Fra venstre: Breiskredet, Røynhammarskredet og Rindaskredet (foto: Gunnar Moland).**



## 5.5 Sammenligning av skredfrekvens og Folgefonnas massebalanse

Sørfjordens nære beliggenhet til Folgefonna fører til at det er naturlig å sammenligne skredfrekvens med forskjeller i breens massebalanse. Birge Aga nevnte også under et av intervjuene at han har merket en sammenheng mellom mindre skredfrekvens når Folgefonna trekker seg tilbake, og omvendt. Figur 52 viser massebalansen til Hardangerjøkulen og Folgefonna i perioden 1963-97. I samme figur er også skredfrekvensen langs Sørfjorden lagt inn. År med høy skredfrekvens korrelerer godt med år der massebalansen er høy/positiv. Det eneste året som skiller seg ut i motsatt retning er 1994. 1994 er det året med flest skred av alle, mens massebalansen så vidt er over null. Massebalansen til en bre har sammenheng med sommertemperaturer og vinternedbøren, så årsaken til lav massebalanse i 1994 ser ut til å være høy sommersmelting.



Figur 52. Vinter- (grått felt), sommer- (hvitt felt) og nettobalanse (svart felt) på Hardangerjøkulen og Folgefonna fra 1963 til 1997. Flere breer på Folgefonna er brukt til målinger, og disse er Blåvassbreen/langrødbreen/Breidablikkbrea/Gårfjellsbrea (rød strek venstre), Midtre Folgefonna (gul strek), Blomstøskardsbreen/Svelgjabreen (blå punkt), Gråfjellsbrea (rød strek høyre) og Bondhusbrea (blå strek). Solid rød line viser antall skred per år, og den korrelerer godt med massebalansen på Folgefonna. Modifisert etter Elvehøy (1998).

## 5.6 Snøskred i fremtiden

NAO-indeksen har siden 1800-tallet hatt en tendens til å være mer positiv, og spesielt de siste 30 år har NAO-indeksen vært meget høy. Dette kan ha sammenheng med den generelle globale oppvarmingen de siste 30 – 40 år. Hvis det er sammenheng mellom global oppvarming og NAO, og oppvarmingen kommer til å fortsette, er det stor sannsynlighet for at NAO-indeksen kommer til å fortsette i positiv trend. Men NAO-indeksen varierer fra år til år, og også fra måned til måned. Så selv om trenden går mot positiv NAO, kan det hende at det forekommer flere år uten skred. Vinteren 2010 er en slik vinter, med negativ NAO-indeks fra desember til mai, men med innslag av positiv NAO innimellom.

Selv om NAO har vært inne i en positiv trend de siste 30 år, gikk det på 90-tallet mange flere skred enn på 2000-tallet. Flere av personene en har intervjuet nevnte at de syntes at det har vært færre skred i de siste 10 år. På 90-tallet var NAO-indeksen også høyere enn på 2000-tallet. Skredutviklingen følger dermed bedre NAO enn utviklingen av global oppvarming. Hvis NAO derimot fortsetter den positive trenden i følge med global oppvarming, vil dermed også skredfrekvensen endre seg etter temperaturendringer globalt (Hurrell, 1995; Kerr, 2000; Visbeck et al., 2001). Utsiktene for at det kommer til å komme flere store skred, som i 1993, er dermed store.

## 6 Konklusjon

Denne oppgaven har hatt som hovedmål å kartlegge årsakene til endringer i skredfrekvens, samt å finne forklaringsmodeller til hvorfor skredfrekvensen endrer seg. For å undersøke dette, har informasjon om skredhendelser blitt samlet inn gjennom intervju, ved studier av historiske kilder og gjennom feltarbeid. I tillegg har det blitt hentet ut skreddata fra databasen som ligger til grunn for skrednett.no. Konklusjonene av dette arbeidet kan oppsummeres som følgende:

- Endringer i NAO-indeksen siden 1659 viser god korrelasjon med endring i skredfrekvens over samme tidsperiode. 75 % av alle skred etter 1659 har blitt utløst i perioder med positiv NAO-indeks, og korrelasjonskoeffisienten mellom skredfrekvens og NAO-indeks i perioden 1976 – 2008 er  $r^2 = 0,49$ .
- AO-indeks og skred viser også grad av samvariasjon, men ikke på samme nivå som NAO. Korrelasjonskoeffisienten mellom skredfrekvens og AO-indeks i perioden 1950 – 2008 er på  $r^2 = 0,3$ .
- Endringer i AMO-indeksen har ikke samme forklaringskraft som for eksempel NAO og AO, da korrelasjonskoeffisienten er på lave  $r^2 = -0,02$  for perioden 1856 - 2008, og  $r^2 = -0,07$  for perioden 1976 – 2008.
- Antropogene drivhusgassutslipp fører til høyere temperaturer på grunn av økt drivhuseffekt. For Vestlandet sin del er det forventet at dette vil føre til mer nedbør og flere ekstremhendelser. Klimagassutslipp kan påvirke klimasystemer som NAO, AO og AMO, som igjen kan påvirke skredfrekvensen langs Sør fjorden.
- Det finnes ingen klare sammenhenger mellom skredfrekvens og vulkansk aktivitet. Forhold tidligere i historien viser at det ved stor vulkansk aktivitet over lengre tid kan bli, som for eksempel under Den Lille Istid, en periode med signifikant større skredaktivitet enn normalen.
- Nedbør er den viktigste faktoren for utløsning av skred. Stor nedbør sammen med endringer i temperatur og sørvestlig vind fører til høy skredfrekvens. Temperatur har blitt en viktigere faktor for utløsning av skred siden 70-tallet, noe som kan ha sammenheng med global oppvarming.

- Endringer i vindretning korrelerer godt med endringer i NAO-indeksen,  $r^2 = 0,49$ . Ved positiv NAO-indeks kommer vinden fra sørvest, og blåser vind fra Folgefonna og områdene rundt mot kanten av Folgefonnhalvøya, og fører til høyere skredfrekvens. Ved negativ NAO-indeks kommer vinden fra sørøst, og det forekommer færre skred. Korrelasjonskoeffisienten mellom vind og skredfrekvens er  $r^2 = 0,23$ .
- Skredfrekvensen i perioden 1700 – 1743 skyldes trolig høy nedbør, i tillegg til andre faktorer, muligens NAO, solinnstråling og vulkansk aktivitet, som førte brefremstøt på Folgefonna på samme tid.
- Årsaken til de store skredene som gikk i 1928, er trolig koblet til NAO-indeks fra desember til februar, som førte til mye vind og mye nedbør i form av regn og snø.
- De store skredårene 1993-94 skyldes trolig positiv NAO-indeks, noe som førte til mye nedbør, lave temperaturer og kraftig vind fra sørsørvest.
- Basert på dataene samlet i dette studiet er mars den måneden med flest skred. Lave temperaturer og svingninger i temperatur fører til ustabilitet i snødekket. I mars har snødekket fått tid til å bygge seg opp, dette fører til større snømasser i skredene. Da Statens Vegvesen som oftest blir tilkalt ved de litt større skredene, kan frekvensen av store skred i mars, i forhold til januar og februar, føre til at statistikken blir feil.
- Årsaken til at de fleste skredene er i skredfarekategori 6 ( $> 120$  cm snø over tre døgn) er trolig at Statens Vegvesen gjerne blir tilkalt ved de større og mer sjeldne skredene.
- Kartlegging av skred på Aga og Tokheim viser at de to områdene responderer ganske likt på endringer i NAO-indeks. Det er derimot noe forskjell på når i løpet av vinteren de ulike skredene går. Forskjeller i temperatur og nedbør mellom Aga og Tokheim fører til små forskjeller i utløsingsårsak. De fleste skred på Aga går etter større nedbørsintensitet enn på Tokheim. Årsaken er trolig at vindtransport av snø fra Folgefonna er større på Tokheim. Vindtransportert snø fra Folgefonna fører til at skavlene blir store, selv med mindre nedbør og nedbørsintensitet.
- Undersøkelser av år uten skred forsterker funn om sammenheng mellom skred og positiv NAO-indeks. År uten skred etter 1976 er i nesten alle tilfeller år med negativ NAO-indeks og lite nedbør.
- De lave temperaturer og svært lite nedbør i desember og januar vinteren 2010 har vært oppsiktsvekkende. I hele perioden har NAO- og AO-indeksen vært lav, helt frem til 16. mars, da trenden gikk over til positiv i en liten periode. 19. mars gikk det skred på



Tokheim. Korrelasjonen mellom positiv NAO-indeks og skred langs Sørfjorden er dermed god.

- Utsagn fra intervjuobjekt og sammenligning med massebalanse på Folgefonna viser at det er stor sammenheng mellom skredfrekvens og massebalansen på Folgefonna.
  
- Fortsetter den globale oppvarmingen, og dette fører til at NAO-indeksen forblir mer i en positiv fase, vil skredfrekvensen i fremtiden trolig fortsette å være høy, og sannsynligheten for at skredfrekvensen forblir høy og at skredene blir store, som i 1993, vil være større.



## 7 Referanser

- Ahrens, C. D. (2005). *Essentials of meteorology: an invitation to the Atmosphere*. Brooks/Cole inc. Thomsons Learning, .
- Allix, A. (1924). Avalanches. *Geographical Review*, 14(4), 519-560.
- Bakke, J., Lie, O., Nesje, A., Dahl, S. O., & Paasche, O. (2005). Utilizing physical sediment variability in glacier-fed lakes for continuous glacier reconstructions during the Holocene, northern Folgefonna, western Norway. *Holocene*, 15(2), 161-176.
- Blikra, L. H., & Nemecek, W. (1998). Postglacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies and palaeoclimatic record. *Sedimentology*, 45(5), 909-959.
- Blikra, L. H., Rye, N., & Hole, P. A. (1989). *Skred i Norge : hurtige massebevegelser og avsetningstyper i alpine områder, Indre Nordfjord*. Trondheim: Norges geologiske undersøkelse.
- Borge, B. (4.4.1997, 4.4.). Skreddøgn. *Hardanger Folkeblad*, p. 7.
- Elvehøy, H. (1998). *Samanlikning av massebalanse på Hardangerjøkulen og Folgefonna*. Oslo: Norges vassdrags- og energiverk.
- Enfield, D. B., Mestas-Nunez, A. M., & Trimble, P. J. (2001). The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental US. *Geophysical Research Letters*, 28(10), 2077-2080.
- Fossen, H. (2004). Naturhistorisk vegbok : Hordaland. In W. Helland-Hansen (Ed.), (pp. 567 s.). Bergen: Bergen museum : Nord 4.
- Gravdal, J., & Melkeraaen, K.-I. (1993). *Kvit terror : et sekund i vestnorsk historie*. Odde [Bergen]: Januar. Nord 4 bokverksted.
- Grove, J. M. (1972). The incidence of landslides, avalanches, and floods in western Norway during the Little Ice Age. *Arctic and alpine research*, 4(2), 131.
- Grove, J. M., & Battagel, A. (1983). Tax Records from Western-Norway, as an Index of Little Ice-Age Environmental and Economic Deterioration. *Climatic Change*, 5(3), 265-282.
- Grønmo, S. (2004). *Samfunnsvitenskapelige metoder*. Bergen: Fagbokforl.
- Hay, I. (2005). *Qualitative research methods in human geography* (2nd ed.). South Melbourne, Vic.: Oxford University Press.
- Hurrell, J. W. (1995). Decadal Trends in the North-Atlantic Oscillation - Regional Temperatures and Precipitation. *Science*, 269(5224), 676-679.

- Hurrell, J. W. (1997). Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation. *Climatic Change*, 36(3/4), 301.
- Jansen, E., Overpeck, J., Briffa, K. R., Duplessy, J.-C., Joos, F., Masson-Delmotte, V., et al. (2007). Palaeoclimate, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kerr, R. A. (2000). A North Atlantic climate pacemaker for the centuries. *Science*, 288(5473), 1984-1986.
- Kolltveit, O. (1971). *Bygdesoga. 4.I [Ullensvang]*. [Odda]: Bygdeboknemnda.
- Lied, K., Kristensen, K., & Norges geotekniske institutt. (2003). *Snøskred : håndbok om snøskred*. Nesbru [Oslo]: Vett & viten : I samarbeid med NGI, Norges geotekniske institutt.
- Luterbacher, J. (2001). The Late Maunder Minimum (1675–1715)—A Key Period for Studying Decadal Scale Climatic Change in Europe. *Climatic Change*, 49(4), 441.
- Luterbacher, J., Dietrich, D., Xoplaki, E., Grosjean, M., & Wanner, H. (2004). European seasonal and annual temperature variability, trends, and extremes since 1500. *Science*, 303(5663), 1499-1503.
- Luterbacher, J., Xoplaki, E., Dietrich, D., Jones, P. D., Davies, T. D., Portis, D., et al. (2001). Extending North Atlantic oscillation reconstructions back to 1500. *Atmospheric Science Letters*, 2(1-4), 114-124.
- Naterstad, J. (2008). Berg under Folgefonna. In N. G. Brekke (Ed.), *Folgefonna og fjordbygdene* (pp. 591 s.). Bergen: Nord 4.
- Nesje, A. (2006). Holocene palaeoclimate reconstructions at Vannalsvatnet, western Norway, with particular reference to the 8200 cal. yr BP event. *The Holocene*, 16(5), 717.
- Nesje, A., & Dahl, S. O. (2003). The 'Little Ice Age' - only temperature? *Holocene*, 13(1), 139-145.
- NGI. (1993). *Odda kommune, Kalvanes, Egne Hjem, Tokheim, Askane, Eitrem. Vurdering av skredfare og forslag til sikringstiltak*. Oslo.
- Nordli, P. O. (2001). Reconstruction of nineteenth century summer temperatures in Norway by proxy data from farmers' diaries. *Climatic Change*, 48(1), 201-218.

- Odda, K. (1993). Oddasamfunnet og vinterfjellet, Storverk for tryggleik, Snøsikringstiltak etter vinteren 1993. In O. Kommune (Ed.). Odda.
- Opedal, E. (2008). Vinter, ver og uver. *Helg i Hardanger. Blad for skule, heim og kyrkje*, Nr. 1(Februar).
- Pachauri, R. K. e. a. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*.
- Pauling, A. (2006). Five hundred years of gridded high-resolution precipitation reconstructions over Europe and the connection to large-scale circulation. *Climate dynamics*, 26(4), 387.
- Salkind, N. J. (2007). *Statistics for people who (think they) hate statistics*.
- Sulebak, J. R., & Sjøstrøm, K. H. (2007). *Landformer og prosesser : en innføring i naturgeografiske tema*. Bergen: Fagbokforl.
- Tarand, A. (2001). The Tallinn temperature series reconstructed back half a millennium by use of proxy data. *Climatic Change*, 48(1), 189.
- Thompson, D. W. J., & Wallace, J. M. (1998). The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophysical Research Letters*, 25(9), 1297-1300.
- Thoresen, M. K. (2000). Kvartærgeologisk kart over Norge, Tema: Jordarter. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Tokheim, M. (1968). *Snøskreder - Tokheimsskredene dei siste 50 åra*: Odda Gymnas.
- Tvede, A. M. (2008). Den store fonna, om glasiologi, hydrologi og klima. In N. G. Brekke (Ed.), *Folgefonna og fjordbygdene* (pp. 591 s.). Bergen: Nord 4.
- Visbeck, M. H., Hurrell, J. W., Polvani, L., & Cullen, H. M. (2001). The North Atlantic Oscillation: Past, present, and future. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(23), 12876-12877.
- Walker, M. J. C. (2005). *Quaternary Dating Methods : An Introduction*.
- Wefring, B. (1997). *Postglasiale skredprosesser langs Sørffjorden, Hardanger, Vest-Norge*. Unpublished Hovedfagsoppgave, Hovedfagsoppgave i naturgeografi. Institutt for geografi, Universitet i Bergen.

## 7.1 Internettreferanser

**Climate Analysis Section, NCAR, Boulder, USA, Hurrell (1995),**

<http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/indices.data.html#naostatdjfm> 07.05.10

**eklima.met.no, <http://eklima.met.no> 09.03.10**

**norgei3d.no, <http://norgei3d.no/> 14.05.10**

**National Oceanic and Atmospheric Administrations, (NOAA), National Weather Service, [www.cpc.noaa.gov](http://www.cpc.noaa.gov),**

[http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily\\_ao\\_index/ao\\_index.html](http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/ao_index.html)

23.03.10

**National Oceanic and Atmospheric Administrations, (NOAA), National Weather Service, [www.cpc.noaa.gov](http://www.cpc.noaa.gov),**

[http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao\\_index.html](http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao_index.html) 23.03.10

**National Oceanic and Atmospheric Administrations, (NOAA), National Weather Service, [www.cru.uea.ac.uk](http://www.cru.uea.ac.uk), <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/nao/nao.dat> 26.04.10**

**norgebilder.no, <http://norgebilder.no/> 14.05.10**

**rjukanlag.no, [http://rjukanlag.no/snoeskred/index\\_snoeskred.htm](http://rjukanlag.no/snoeskred/index_snoeskred.htm) 27.01.10**

**tokheim.origo.no, <http://tokheim.origo.no/> 26.03.10**

**[www.landskapspark.no](http://www.landskapspark.no),**

<http://www.landskapspark.no/enkel.aspx?m=34163&amid=2675292> 23.09.09

**[www.ldeo.columbia.edu](http://www.ldeo.columbia.edu), <http://www.ldeo.columbia.edu/NAO> av Martin Visbeck. 05.05.10**

**[www.ngu.no](http://www.ngu.no), <http://www.ngu.no/kart/bg250/> 10.11.09**

## **7.2 Muntlige kilder**

**Birge Aga**

**Jon Digranes**

**Julia Hultkvist**

**Gunnar Moland**

**Vigleik Rogdo**

**Arne Tokheim**

**Johan Velure**

## **7.3 Bildereferanser**

**Bjørn Borge**, journalist i Hardanger Folkeblad.

**Gunnar Moland**

**Jan Gravdal**, journalist

**Kai-Inge Melkeraaen**, journalist Haugesunds Avis

**Odda Boliden AS**



