



Sørpeskredfare på regionalt nivå: Treffsikkerheita til varslinga

Gaute Brunstad Øyehaug, Monica Sund og Hervé Colleuille

17
2018



R A P P O R T

Rapport nr 17-2018

Sørpeskredfare på regionalt nivå: Treffsikkerheita til varslinga

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattarar: Gaute Brunstad Øyehaug, Monica Sund og Hervé Colleuille

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 15

Forsidefoto: Jo Marius Bøyum, sørpeskred i Sogndal

ISBN 978-82-410-1670-7

ISSN 1501-2832

Samandrag: Treffsikkerheita til delen av Jordskredvarslinga som omhandlar sørpeskred er vurdert for perioden 2014–2017.

Mellan 2014–2017 er 92 % av vanskelege varslingsdagar varsla korrekt, medan ut av dagar med auka aktsemdnivå er 40 % korrekt varsla.

Fire manglande varsel er undersøkt, og årsakene er menneskeleg svikt, og lokal fare for sørpeskred i staden for regional fare.

Emneord, nynorsk: Jordskredvarslinga, treffsikkerheit, sørpeskred, regional skredvarsling, varslingsteneste, sørpeskredfare, aktsemdnivå, manglande skredvarsel

Emneord, bokmål: Jordskredvarslingen, treffsikkerhet, sørpeskred, regional skredvarsling, varslingstjeneste, sørpeskredfare, aktsomhetsnivå, manglende skredvarsel

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95

Internett: www.nve.no

Innhold

Samandrag	5
Definisjonar	6
1 Introduksjon.....	7
2 Bakgrunn.....	8
2.1 Varsling av sørpeskredfare	9
2.2 Datagrunnlag.....	10
2.3 Årsaker til feil aktsemdnivå	11
3 Metode	12
3.1 Samanlikning av aktsemdnivå og sørpeskredhendingar.....	12
3.2 Analyse av manglande varsel	12
4 Dagar med varsel om sørpeskredfare.....	13
5 Treffsikkerheit.....	15
5.1 Landsdekkande treffsikkerheit	15
5.2 Fylkesvis treffsikkerheit	16
5.3 Feilkjelder i vurdering av treffsikkerheita.....	17
6 Analyse av manglande varsel.....	18
6.1 Troms 31.12.2014	19
6.2 Sogn og Fjordane 05.12.2015.....	23
6.3 Møre og Romsdal 13.03.2016.....	27
6.4 Sogn og Fjordane 30.12.2016.....	31
6.5 Feilkjelder i analysen av manglande varsel.....	33
7 Referansar.....	34
8 Vedlegg.....	35
8.1 Meir resultat	35
8.2 Vêrkart ved uvarsle sørpeskred	35
8.2.1 Troms 31.12.2014	35
8.2.2 Sogn og fjordane 05.12.2016.....	36
8.2.3 Møre og Romsdal 13.03.2016.....	36
8.2.4 Sogn og Fjordane 30.12.2016.....	37

Forord

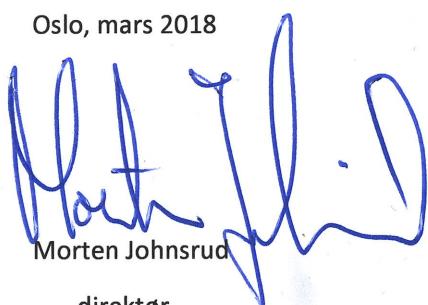
Jordskredvarslinga ved NVE har eksistert sidan oktober 2013. Denne rapporten er eit resultat frå FoU-prosjektet 80070 Sørpeskredprosesser og objektive metoder for regional varsling.

For skredvarsling på regionalt nivå gjennom Jordskredvarslinga er liknande utløysingsmekanismar den viktigaste fellesnemnaren mellom jord-, flaum- og sørpeskred.

Kritisk vasstilførsel til sårbar snø for sørpeskred inntreff sjeldnare enn til sårbare lausmassar for jord- og flaumskred. Derfor er terskelen for sørpeskredfare er langt mindre utprøvd enn terskelen for jord- og flaumskredfare.

Denne rapporten er eit ledd i å betre varslinga av regional sørpeskredfare gjennom evaluering av treffsikkerheit til sørpeskreddelen av Jordskredvarslinga, samt innhente varslingserfaring rundt manglande varsel.

Oslo, mars 2018



Morten Johnsrød

direktør



Hervé Colleuille

seksjonssjef

Samandrag

Treffsikkerheita til delen av Jordskredvarslinga som omhandlar sørpeskred er vurdert for perioden 2014–2017. Vurderinga er basert på arkiverte jordskredvarsle, register for kvalitetssikra sørpeskred og oversikt over vanskelege varslingsdagar.

Mellom 2014–2017 er 92 % av dagar der sørpeskredfare er vurdert, korrekte, medan det ut av dagar med auka aktsemdnivå er 40 % korrekt varsle. Årleg har det vore mellom 1 og 19 varsel om auka aktsemdnivå. Ingen landsdekkande tendens er funne i andelen korrekte varsel frå 2014–2017. Nordland har hatt flest korrekte varsel, medan Møre og Romsdal har vore vanskelegast å varsle korrekt.

Fire uvarsle situasjonar med sørpeskred, såkalla manglende varsel er undersøkt nærmare. To av desse har hatt varsel om jord- og flaumskredfare, men sørpeskredfaren er forsømt sidan prognosane oversteig terskelen for sørpeskredfare. For dei to andre uvarsle situasjonane var det likevel ikkje regional fare for sørpeskred, men i staden lokal fare for sørpeskred.

Definisjonar

Meteorologisk døgn:

Datoen til prognosar og verdiar frå www.xGeo.no gjeld i tidsrommet kl. 07–07 norsk normaltid, dersom ikkje anna er oppgitt. Det meteorologiske døgnet er forskyve i forhold til kalendardøgnet. Datoen til det meteorologiske døgnet er i denne rapporten gitt ut frå kalendardatoen i starten av det meteorologiske døgnet. Kortidsprognosane som er brukt i rapporten er AROME-MetCoOp (Müller, et al., 2017).

Vanskelege dagar:

Jf. varslingsrutinen skal det markerast om vurderinga har vore vanskeleg. Ein dag med vanskeleg vurdering kan ikkje automatisk varslast frå modellar (tersklar). Manuelle vurderingar er naudsynt for å avklare aktsemndnivået. Motsett er det med enkle varslingsdagar som i stor grad kan varslast automatisk frå modellane.

Snøsmelting i xGeo:

I xGeo er snøsmelting definert som avrenning frå snøpakka til bakken. Med andre ord mengda vatn som går *ut* av snøpakka. Avrenning (snøsmelting i xGeo) oppstår når mengda fritt vatn i snøpakka går over fastsett modellterskel for kor mykje snøpakka kan halde igjen.

1 Introduksjon

NVEs jordskredvarsling leverer ei landsdekkande farevurdering på regionalt nivå. I dette ligg det at tenesta ikkje varslar enkeltståande objekt som ein dal eller ei skredbane. Jordskredvarslinga varslar regional fare for jordskred, flaumskred og sørpeskred, noko som gjerast i ei samla vurdering.

I motsetnad til flaum- og snøskredvarsling, der det er utvikla metodar for regionalt nivå gjennom fleire tiår, har dette ikkje vore tilfelle for varsling av sørpeskredfare, verken nasjonalt eller internasjonalt. På grunn av dette og kompleksiteten er sørpeskredfare difor den mest utfordrande skredtypen å varsle.

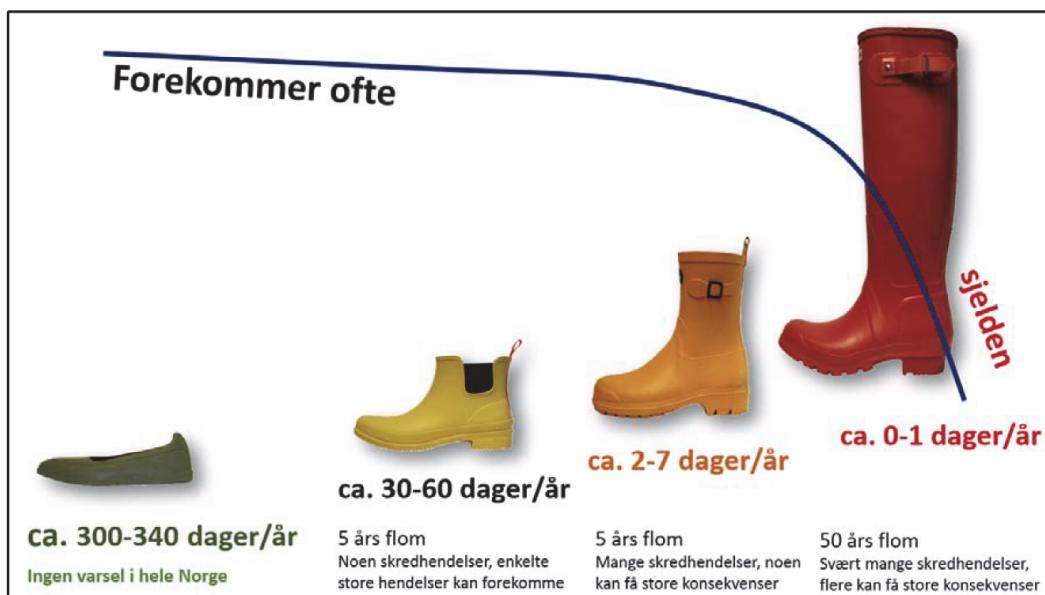
Tidlegare er treffsikkerheita til Jordskredvarslinga evaluert utan skilje mellom dei tre ulike skredtypane (Colleuille, et al., 2017). Som eit ledd i utvikling og forbetring av sørpeskredfarevarsling, er treffsikkerheita til sørpeskredfare difor skilt ut i denne rapporten som dekkjer åra 2014–2017. Målet er å lære av erfaringane for å redusere talet på falske alarmar og uvarsla hendingar.

2 Bakgrunn

Jordskredvarslinga anbefaler eit aktsemdnivå hjå brukarane. Fleire fylker, eventuelt nokre kommunar utgjer ein varslingsregion. Jordskredvarslinga blir oppdatert minst to gonger om dagen på kvardagar før kl. 11 og før kl. 15.30, og før kl. 11 i helg og på heilagdagar.

Kva grad av aktsemde og tiltak som bør bli gjort av varselmottakar er avhengig av aktsemdnivået (Figur 1). Prinsippet bak nivåa er at det høgste nivået (raudt) oppstår svært sjeldan, medan nest lågaste nivå (gult) oppstår oftare. For flaumvarslinga svarer gult nivå på flaum til 2–5 års gjentaksintervall, medan raudt nivå svarer til flaum på meir enn 50 års gjentaksintervall.

Dei som har beredskapsansvar må på bakgrunn av varsel vurdere tilgang på ressursar, førebyggje og sikre verdiar viss muleg. God lokal fare- og risikokartlegging vil hjelpe beredskapsmyndighetene i å prioritere iverksetjinga av tiltak. Det er dei lokale beredskapsmyndighetene som skal avgjere om det lokalt er behov for tiltak ved auka aktsemdnivå for flaum-, jord-, og sørpeskred (Colleuille, et al., 2017).

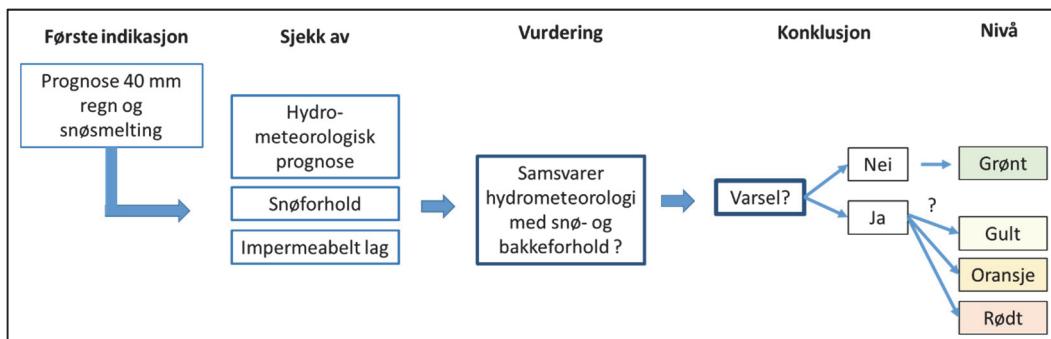


Figur 1. Gjennomsnittleg årlege tal på dagar ulike aktsemdnivå for Jordskredvarslinga som heilheit i perioden 2013–2016 (Colleuille, et al., 2017).

2.1 Varsling av sørpeskredfare

Til forskjell frå jord- og flaumskred vert sørpeskred utløyst i snø, og ikkje i lausmassar. Likevel liknar utløysingsmekanismane meir på jord- og flaumskred enn snøskred, og i vurderinga av sørpeskredfare nyttast også informasjon om forhold i bakken og vasstilførsel. Difor er varslinga av sørpeskredfare lagt til Jordskredvarslinga.

Varslinga av regional sørpeskredfare tek utgangspunkt i funn frå studiar i lokal skala (m.a. Hestnes & Sandersen (1987)). Normalt er 40 mm regn og snøsmelting per døgn ein indikasjon for Jordskredvarslinga om at sørpeskredfaren må vurderast nærare (Figur 2).



Figur 2. Prosedyre ved varsling av sørpeskredfare.

Ettersom regional sørpeskredvarsling er nytt, er tersklane for sørpeskredfare langt mindre utprøvd enn jord- og flaumskredfare. Vidare er observasjonsgrunnlaget for nødvendige data til varsling av sørpeskredfare dårligare enn for til dømes snøskredvarsling.

Til saman er det dermed større usikkerheit knytt til tersklane for sørpeskredfare enn den for jord- og flaumskredfare. For å handtere usikkerheita, er tersklane for sørpeskredfare relativt sett lågare enn terskelen for jord- og flaumskredfare. Særskild gjeld dette dei første par åra, då erfaringsgrunnlaget var lågare.

Årsaka til at dagar med vanskeleg vurdering vert markert, er både for å betre kunne evaluere treffsikkerheita til varslinga, og forsvare ressursbruken til Jordskredvarslinga ved grønt aktsemdnivå. Alle dagar med sørpeskred eller med auka aktsemdnivå for sørpeskred i perioden 2014–2017 har vore på dagar markert som vanskeleg (Tabell 1).

Tabell 1. Årlege tal på vanskelege dagar for Jordskredvarslinga.

	Dagar med vanskeleg vurdering	Dagar med enkel vurdering
2014	125	240
2015	110	255
2016	87	279
2017	100	265
2014 – 2017	343	1118

2.2 Datagrunnlag

Datagrunnlaget består av:

1. Arkiverte jordskredvarsler
2. NVE sitt sørpeskredregister
3. Ei oversikt over dagar med vanskeleg vurdering

Det siste publiserte varsel for dei enkelte dagane er arkivert på www.varsom.no.

Jordskredvarslinga er i utgangspunktet ei teneste som varslar vassrelaterte skred.

Skredtype er difor definert ut frå utløysingsårsak, og ikkje korleis dei ser ut ved enden av utløpet, der skreda kan ha gått over i annan skredtype. Registeret over sørpeskred er landsdekkande, og inneheld 35 kvalitetssikra sørpeskred frå 2014 til 2017 (Tabell 2). I perioden har det gjennomsnittleg vore registrert åtte til ni skred per år. Desse er fordelt på åtte fylker (Tabell 2). Det er forventa at det er utløyst fleire sørpeskred enn dei som er registrert.

Oversikt over sørpeskred er naudsynt for både vidare utvikling av varslingsmetode så vel som statistisk arbeid med treffsikkerheit. Hyppige feilregistreringar av sørpeskred i norsk skreddatabase (NSDB) er årsaka til at eige sørpeskredregister er oppretta. Viktige grunnar til feilregistrering av sørpeskred er:

- Ofte er berre skredutløpet synleg for den som registererer.
- Ulik oppfatning av korleis sørpeskred ser ut.
- Andre fagmiljø kan definere skredtype ut frå skredmassar i utløpsområdet.

Om varslinga har hatt ein dag med vanskeleg vurdering, vert dette notert. Noko som også vert gjort ved lågaste aktsemndnivå. Ulempa med metoden er at det fram til no ikkje er gjort skilnad på om vurderinga var vanskeleg for sørpeskred eller jord- og flaumskred.

Tabell 2. Mengda av registrerte sørpeskred i perioden 2014 til 2017.

	Totalt	Finnmark	Troms	Nordland	Nord-Trøndelag	Sør-Trøndelag	Møre og Romsdal	Sogn og Fjordane	Hordaland	Resten av landet ¹
2014	10	0	0	5	4	0	0	1	0	0
2015	7	0	1	1	0	0	0	3	2	0
2016	8	0	0	0	0	0	3	2	3	0
2017	10	1	3	5	0	0	0	0	0	1
2014 - 2017	35	1	3	9	4	0	3	6	5	0

2.3 Årsaker til feil aktsemdnivå

Det kan vere mange årsaker som fører til at aktsemdnivået ikkje stemmer med talet på sørpeskred. Desse kan vere:

- Feil vurdering av varslalarar
- Feil meteorologisk prognose
- Manglende informasjon om snødekket
- Svakheiter i hydrologiske simuleringar
- Unøyaktige terskelverdiar for regional sørpeskredfare

¹ Rogaland, Vest-Agder, Aust-Agder, Telemark, Buskerud, Oppland, Hedmark, Akershus, Oslo, Vestfold, Østfold

3 Metode

3.1 Samanlikning av aktsemdnivå og sørpeskredhendingar

Dei varsla aktsemdnivåa for sørpeskred er samanlikna med sørpeskredregisteret for å undersøke treffsikkerheita til varslinga i perioden 2014–2017.

Auke i aktsemdnivået for sørpeskred er vurdert som korrekt dersom det er observert eitt eller fleire sørpeskred innanfor varslingsområdet. Trass store avstandar mellom to ytterkantar i varslingsområdet, er varselet korrekt sjølv om berre eitt sørpeskred er utløyst i den eine enden.

Skred kan vere utløyst opptil nokre timer inn i det føregåande eller neste varslingsdøgnet, og likevel rekna som korrekt varsel. Dersom sørpeskred er utløyst ved ukjent tid på døgnet, vil varselet rekna som korrekt for både datoene før og etter.

Dei fleste døgn gjennom året er langt under tersklane for sørpeskred, og for desse døgna vil det vere feil å premiere varslinga for korrekt varsel. Denne problemstillinga er tilnærma ved å basere treffsikkerheita på dagar markert med vanskeleg vurdering.

3.2 Analyse av manglande varsel

Evalueringa er gjort med grunnlag i om aktsemdnivået var auka (gult, oransje, raudt) eller ikkje (grønt). Basert på dette kan varslinga ha gjort to feil; falsk alarm eller manglande varsel. Denne analysen tek føre seg situasjonar med manglande varsel.

Utvalet av situasjonar med manglande varsel er gjort ut frå talet på sørpeskred, men også for å få geografisk spreiing. I undersøkinga er det brukt informasjon som varslarane hadde på tidspunktet varselet vart utstedt. Av arkiverte prognosar frå situasjonane er det berre temperatur og nedbør som ligg tilgjengeleg på xGeo (per 02.01.2018). I tillegg er det nytta ny informasjon frå observasjonar i etterkant.

Variabelen snøsmelting frå xGeo inkluderer ikkje vind. Sidan vind kan ha stor effekt på snøsmelting, var det behov for ei tilnærming som inkluderer vind. Så for situasjonane med manglande varsel, er det brukt energibalansebasert snøsmelting (Skaugen & Saloranta, 2015) for å undersøke årsaka til sørpeskreda. Denne estimerer snøsmelting som funksjon av inndata som vind, temperatur, luftfuktigkeit og stråling. På grunn av at xGeo per dags dato ikkje har ein eigna romleg fordelt vind-variabel, er vindstyrke frå enkeltstasjonar brukt som inndata.

4 Dagar med varsel om sørpeskredfare

I 2015 var aktsemdnivået for sørpeskred auka 10 gonger, medan for jord- og flaumskred var aktsemdnivå auka 35 gonger (Tabell 3 og Tabell 4).

Tabell 3. Talet på aktsemdnivå i Jordskredvarslinga som heilheit (Colleuille, et al., 2017).² I hele landet.
³ I minst eitt område i landet.

	2012	2013	2014	2015	2016
Grønt²	314 (86.0)	298 (81.6)	302 (82.7)	330 (90.4)	342 (93)
Gult³	44 (2.1)	58 (15.9)	56 (15.3)	31 (8.5)	25 (6.8)
Oransje³	7 (1.9)	7 (1.9)	7 (1.9)	4 (1.1)	0
Rødt³	0	1 (0.3)	0	0	0

I perioden 2014 til 2017 har Noreg hatt 44 dagar med varsel om sørpeskredfare (Tabell 4). Enno har det ikkje vore varsel på raudt nivå. Hittil er 2017 året med flest varsel: fire dagar med oransje, og 18 dagar med gult nivå. Variasjonen mellom åra har vore frå årlege 1 til 22 dagar med varsel. Grønt nivå er berre talt med om heile landet har vore grønt, medan gult, oransje og raudt varsel er talt med ved eitt eller fleire varslingsområde (Tabell 4).

Tabell 4. Talet på ulike aktsemdnivå for sørpeskredfare i åra 2014–2017.

	Grønt		Gult		Oransje		Raudt	
	Dagar	%	Dagar	%	Dagar	%	Dagar	%
2014 – 2017	1422	97,0	35	2,4	9	0,6	0	0
2014	356	97,5	8	2,2	3	0,8	0	0
2015	355	97,3	8	2,2	2	0,3	0	0
2016	365	99,7	1	0,3	0	0	0	0
2017	346	94,0	18	4,9	4	1,1	0	0

Mellom fylka er det Nordland som har hatt flest varsel med 20 dagar, medan Hedmark, Akershus, Oslo, Vestfold og Østfold hadde ingen dagar med auka aktsemdnivå (Tabell 5).

Tabell 5. Talet på dagar med ulike aktsemndnivå fordelt på fylke.

		Finnmark	Troms	Nordland	Sør-Trøndelag	Nord-Trøndelag	Sør-Trøndelag	Hordaland	Romsdal	Sogn og Fjordane	Møre og Romsdal	Trøndelag	Nord-Trøndelag	Aust-Agder	Vest-Agder	Trelleborg	Buskerud	Oppland	Resten av landet ²
2014 – 2017	Grønt	1453	1451	1441	1447	1449	1443	1447	1445	1446	1457	1456	1457	1456	1460	1460	1460	0	
	Gult	8	10	17	12	12	8	12	10	11	3	3	3	3	0	0	0	365	
	Oransje	0	0	3	2	0	0	2	6	4	1	2	1	1	1	1	1	0	
	Raudt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2014	Grønt	364	364	361	362	363	365	363	363	363	363	363	362	362	364	364	364	365	
	Gult	1	1	2	1	2	0	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	
	Oransje	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	
	Raudt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2015	Grønt	364	364	360	360	361	361	363	361	361	362	364	364	365	365	365	365	365	
	Gult	1	1	5	5	4	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Oransje	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	
	Raudt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2016	Grønt	366	366	366	366	366	365	365	365	366	366	366	366	366	366	366	366	366	
	Gult	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Oransje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Raudt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2017	Grønt	359	357	354	359	359	352	356	356	356	364	364	365	365	365	365	365	365	
	Gult	6	8	10	6	6	3	7	5	7	1	1	1	0	0	0	0	0	
	Oransje	0	0	1	0	0	0	0	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	
	Raudt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

² Resten av landet: Hedmark, Akershus, Oslo, Vestfold, Østfold.

5 Treffsikkerheit

Tidlegare er treffsikkerheita vurdert for Jordskredvarslinga som heilheit (Tabell 6) (Colleuille, et al., 2017). I den tidlegare vurderinga dekkjer fleirtalet av varsel om flaum- og jordskredfare over treffsikkerheita for sørpeskredfaren.

Tabell 6. Vurdert treffsikkerheit for alle skredtypar i Jordskredvarslinga på regionalt nivå. Berre dagar med vanskeleg vurdering eller auka aktsemdnivå (gult, oransje, raudt) er inkludert (Colleuille, et al., 2017).

	Antall dager				%			
	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016
Korrekt	117	102	105.5	89	85	80	93	92
Falsk alarm	12	19	5	3	9	15	4	3
Manglende varsel	8	4.5	1	4	6	3.5	1	4
Feil nivå	1	2.5	1.5	1	1	2.0	1	1

Treffsikkerheita for varsel som inkluderer sørpeskredfare er vist i dei følgjande delkapitla.

5.1 Landsdekkande treffsikkerheit

Varslinga av sørpeskredfare har varsle korrekt 92 % av alle dagar med vanskeleg vurdering mellom 2014 og 2017 (Tabell 7).

Tabell 7. Treffsikkerheit basert på korrekt og feil aktsemdnivå.

	Korrekt aktsemdnivå		Feil aktsemdnivå	
	Dagar	%	Dagar	%
2014 - 2017	390	92	32	8
2014	119	95	6	4,8
2015	101	91	9	9,1
2016	81	93	6	6,8
2017	90	90	10	10

40 dagar i fireårsperioden har hatt auka aktsemdnivå for sørpeskred. Av desse er 40 % vurdert som korrekt, medan 60 % vurdert som feil (Tabell 8). Året med flest auke i aktsemdnivået er 2017, og er samstundes året med flest korrekte varsel. Mellom 2014–2017 er det ikkje funne tendensar i graden av korrekte varsel mellom fyrst og sist i perioden.

Tabell 8. Treffsikkerheit for dagar med auka aksemdnivå, og for dagar med grønt aktsemdnivå.

	Auka aktsemdnivå			Grønt aktsemdnivå		
	Dagar	Korrekt [%]	Feil [%]	Dagar	Korrekt [%]	Feil [%]
2014 - 2017	40	40	60	382	98	2
2014	9	33	67	116	100	0
2015	10	30	70	100	98	2
2016	1	0	100	86	94	6
2017	19	53	47	81	99	1

Av 423 vanskelege dagar har 88 % hatt grønt nivå og samtidig vurdert som korrekt (Tabell 9). På grunn av at vanskelege dagar inkluderer jord- og flaumskred i tillegg til sørpeskred, kan nokre av dagane berre ha vore vanskeleg for jord- og flaumskred, utan å involvere sørpeskred. Så mellom dagar som har vore vanskeleg for sørpeskredfare, vil andelen av korrekt varsel ved grønt nivå vere noko lågare.

Tabell 9. Nyansert treffsikkerheit av aktsemdnivåa.

	Korrekt varsel		Falsk alarm		Korrekt grønt nivå		Manglande varsel	
	Dagar	%	Dagar	%	Dagar	%	Dagar	%
2014 - 2017	16	3,8	24	5,7	375	88	8	1,9
2014	3	2,4	6	4,8	116	93	0	0
2015	3	2,7	7	6,4	98	89	2	1,8
2016	0	0	1	1,1	81	93	5	5,7
2017	10	10	9	9,0	80	80	1	1,1

5.2 Fylkesvis treffsikkerheit

For å undersøkje om utfordringa med varsling av sørpeskred varierer mellom ulike områder, er treffsikkerheit estimert for kvart fylke (Tabell 10). Motivasjonen for oppdelinga er at snøtypar som er særskilt utsett for sørpeskred, er venta å oppstå oftare i nokre fylker enn andre. Dette av di landet kan delast opp i ulike temperatur- og nedbørsregionar (Hansen-Bauer & Førland, 2000).

Fylkesvis informasjon i «vanskelege dagar» finst ikkje, så treffsikkerheita er evaluert opp mot alle årets dagar.

Med 68 % korrekte varsel har Nord-Noreg, hatt størst del av korrekte varsel i høve falske alarmer. Til samanlikning har Sør-Noreg hatt 29 % korrekte varsel (Tabell 10). Av fylka har Nordland med 20 dagar hatt flest varsel.

I Sør-Noreg har Hordaland hatt flest varsel (16 dagar), tett etterfylgt av Sogn og Fjordane (14 dagar). Møre og Romsdal er fylket med flest feilvarsel i høve korrekte varsel, der åtte

av åtte dagar med auka aktsemdnivå har vore falsk alarm. Ingen sørpeskred er observert på Austlandet i perioden. Medan grunnen til at Telemark tilsynelatande har hatt korrekt varsel ved eitt tilfelle, er at fylket var ein del av eit større varslingsområde der det gjekk sørpeskred i eit anna fylke (Tabell 10).

Tabell 10. Treffsikkerheit fordelt på fylke.

Fylke	Korrekt varsel	Falsk alarm	Korrekt grønt nivå	Manglande varsel
Finnmark	6	2	1453	0
Troms	8	2	1450	0
Nordland	12	8	1441	0
Nord-Trøndelag	5	9	1447	0
Sør-Trøndelag	3	9	1449	0
Møre og Romsdal	0	8	1452	1
Sogn og Fjordane	3	11	1444	3
Hordaland	6	10	1442	3
Rogaland	5	10	1446	0
Vest-Agder	2	2	1457	0
Aust-Agder	2	3	1456	0
Telemark	1	3	1457	0
Buskerud	0	1	1460	0
Oppland	0	1	1459	0
Hedmark, Akershus, Oslo, Vestfold, Østfold	0	0	1461	0

5.3 Feilkjelder i vurdering av treffsikkerheita

Treffsikkerheita er berekna ut frå at eitt sørpeskred er nok til å representere regional fare for sørpeskred. Likevel kan eitt sørpeskred mellom manglande varsel vere ein respons på lokale forhold, men regional fare kan også berre resultere i eitt sørpeskred. Det er forventa at ikkje alle sørpeskred har kome med i registeret. Nokre tilfelle med falske alarmar kan kome av at det ikkje har vore observasjonar av sørpeskred som er utløyst i mindre folksame område.

6 Analyse av manglande varsel

Formålet med analysen av situasjonar med manglande varsel, har vore å finne ut om sørpeskred kunne eller burde vore varsla ut frå tilgjengeleg informasjon. Av åtte dagar med manglande varsel mellom 2014 og 2017 er fire undersøkt (Tabell 11).

Tabell 11. Manglande varsel mellom 2014 og 2017. Utvalde situasjonar til analysen er markert.

Dato	Fylke	Aktsemndnivå	Registrerte sørpeskred	Konsekvens	Utvalt til analysen
31.12.2014	Troms	Grønt	1	Blokkkerte Fv. 65	X
05.12.2015	Sogn og Fjordane	Grønt	3	Blokkkerte Fv. 601, Fv. 13, Fv. 152	X
25.01.2016	Hordaland	Grønt	1	Kom inn på eit gardstun.	
13.03.2016	Møre og Romsdal	Grønt	2	Blokkkerte Fv. 65	X
25.11.2016	Sogn og Fjordane	Grønt	1	Blokkkerte halve vegbana Fv. 723	
30.12.2016	Sogn og Fjordane og Hordaland	Grønt	2	Blokkkerte Rv. 5	X
31.12.2016	Hordaland	Grønt	1	Ingen	
18.05.2017	Oppland	Grønt	1	Ingen	

6.1 Troms 31.12.2014

Eit sørpeskred vart utløyst kl. 02–08, 01.01.2015 på Kvaløya ved 40 moh. medan det var grønt aktsemdnivå i Troms (Figur 3).



Figur 3. Sørpeskredet utløyst på Kvaløya i Troms kl. 02–08 01.01.2015 (regObs-ID: 44806). Foto: drift@svv.

Prognosar

For 31.12.2014 viste prognosane regnmengder på 20–30 mm i Troms, og fleire område med 30–50 mm regn lokalt.

På to døgn (30.12.2014 og 31.12.2014) kunne varslarane ut frå prognosene vente 40–70 mm regn i Troms, og lokalt 70–100 mm regn.

Observasjonar og estimat basert på observasjonar

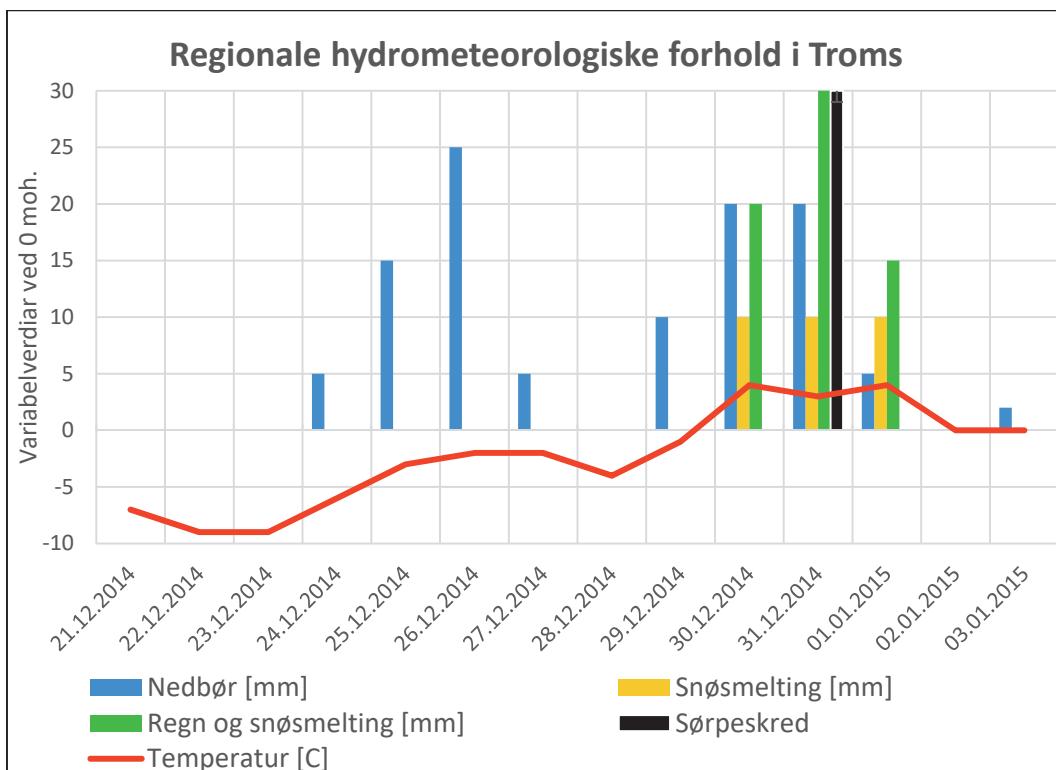
Temperatur: I Tromsø var det samanhengande minusgrader frå 17.12.2014 til mildvêret kom kl. 07 30.12.2014, 42 timer før sørpeskredet. Desse siste to døgna var det gjennomsnittleg 3 °C (Kvaløysletta (MET), 63 moh.).

Nedbør: Etter at mildvêret kom 30.12.2014, er mengda med regn estimert til 20 mm regionalt (Figur 4), og 40-50 mm regn lokalt i området det seinare gjekk sørpeskred (radius 10 km, xGeo). Nedbøren var derimot målt til 67 mm regn i dette området (Kvaløysletta (MET)). Truleg grunna mindre regn ved andre nærliggande stasjoner var det estimert mindre regn enn observert (xGeo). Påfølgjande døgn 31.12.2015 var det estimert 20 mm regn regionalt (xGeo), medan det lokalt vart observert 32 mm regn (Kvaløysletta (MET)).

Næraste nedbørstasjon som er 15 km sør om sørpeskredet viste 30 mm regn siste 24 timer inntil kl.02 01.01.2015, og 97 mm nedbør i hovudsak som regn siste 48 timer (Kvaløysletta (MET, 63 moh.). Ved fleire nedbørstasjonar mindre enn 10 km frå denne stasjonen, kom det fram mot skredet om lag 10 mm regn på 24 timer, og 40 mm nedbør i hovudsak som regn på 48 timer.

Snøsmelting: I både siste og nest siste døgnet før sørpeskredet, er det estimert 10 mm snøsmelting mellom havnivå og 200 moh. (Figur 4). Over 200 moh. er mindre enn 5 mm snøsmelting estimert.

Regn og snøsmelting: 30.12.2014 er det estimert 20 mm regn og snøsmelting. 31.12.2014 auka estimert regn og snøsmeltinga til 30 mm (Figur 4).



Figur 4. Regionale forhold ved havnivå i Troms (data frå xGeo.no). Merk at variabelen regn og snøsmelting ikkje gir tilsvarande verdi som variablane regn + snøsmelting til saman.

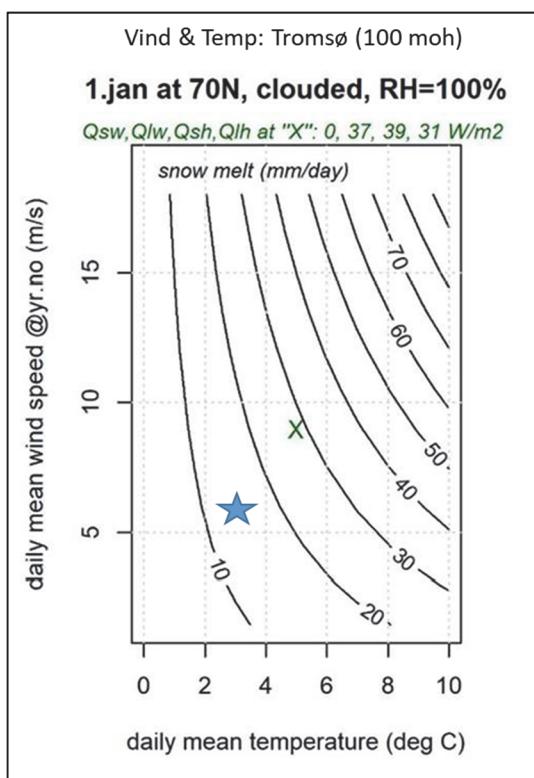
Snøpakka: Under 500 moh. var snødjupna 30.12.2014 estimert til 25-50 cm i store delar av Troms, og auka med høgda (xGeo). I området ved sørpeskredet kan snødjupna ut frå biletet av sørpeskredet tolkast til 20 – 50 cm (regObs-ID: 44806, Figur 3). Bileta viser at skredet drog med seg nær all snø ned til grasdekket. Tele i bakken er estimert til 50 cm djupne ved 40 moh., og telen kan ha fungert som eit impermeabelt lag som hindra drenering frå snødekket ned til bakken.

Like før mildvêr og stor vasstilførsel tredde inn, kom eit snøfall på ca.10 cm snø (xGeo). Førre større snøfall var sju til fem døgn før sørpeskredet med 40 cm regionalt, og 60 cm

lokalt. Snøen hadde ikkje vore gjennom mildvær før 30.12.2014 (Tromsø (MET), 100 moh.). Før dette snøfallet, var det ved havnivå ein snøpakke med om lag 10 cm snø av uviss type (Tromsø - Langnes (MET), 8 moh.).

Nysnøen, som var inntil sju døgn gammal ved tidspunktet for sørpeskredet, var observert som fokksnø ved 500 moh. i Tromsø (regObs-ID: 43927, 29.12.2014). Mykje vind frå sør siste dagane (Tromsø – Langnes (MET), 8 moh.) gjorde fokksnøobservasjonen sannsynleg, sidan det var like nedanfor ein fjelltopp i le for vinden. Medan der sørpeskredet var utløyst, i lågareliggende nordaust vendt skog, var snøen truleg meir skjerma for vinden inntil mildvêret slo inn kl. 07 30.12.2014 (19–26 timer før skredet).

Snøsmelting frå energibalansemodell: Vind og temperatur er her brukt for å estimere snøsmelting frå energibalansemodellen (Salaranta, 2017). Den eksponerte målestasjonen Måsvik (MET, 26 moh.), 20 km nordvest for sørpeskredet, viste vestleg vindretning siste døgn inntil kl. 07 01.01.2015. Derfor kan vinden ved Tromsø (90450 (MET), 100 moh., 20 km sør for skredet) vere representativ for vinden ved sørpeskredet. Som ein faktor av gjennomsnittleg vind- og temperaturmålingar (Tromsø (MET), 100 moh.) siste døgn inntil kl. 07 01.01.2015, estimerer energibalansemodellen om lag 15 mm snøsmelting (Figur 5).



Figur 5. For Tromsø estimerer energibalansemodellen 15 mm snøsmelting for døgnet inntil kl. 07 01.01.2015 (etter Salaranta (2017)).

Oppsummering av situasjonen: 30.12.2014 var det nysnø og tele i Troms, og dermed høvelege forhold for sørpeskred ved raskt skifte til mildvêr og stor vasstilførsel.

Prognosane viste at Troms kunne få 20–30 mm regn både 30.12.2014 og 31.12.2014, medan det kunne kome 30–50 mm regn lokalt den 31.12.2014.

Kor mykje snøsmelting varslarane kunne forvente 30.12.2014 og 31.12.2014, var avhengig av prognosene for vind og temperatur. Ved å summere prognosene for regn med snøsmelting frå xGeo, ligg regn og snøsmelting for begge døgna på 30–40 mm.

Alternativt kunne prognosert regn vore 35–45 mm regn og snøsmelting, dersom snøsmeltinga var estimert med energibalansemodellen.

Estimat basert på observasjonar viste opptil 30 mm regn og snøsmelting i kvart av dei to siste døgna før sørpeskredet (Figur 4). Medan observert nedbør lokalt for siste døgn (Kvaløysletta (MET), 63 moh.) lagt saman med energibalanse-estimert snøsmelting viste 40–50 mm regn og snøsmelting.

På grunn av lokale forhold med opp mot 50 mm regn på 50 cm snø, der mesteparten var nysnø, samstundes med tele i bakken, kunne fare for sørpeskred vere forventa lokalt. Regionalt var det mindre fare ettersom mengda regn og snøsmelting for det meste var for lav. Derfor er det er vurdert til at det var lokale, og ikkje regionale forhold, som var årsaka til sørpeskredet i Troms varslingsdøgnet 31.12.2014.

6.2 Sogn og Fjordane 05.12.2015

Tre sørpeskred vart utløyst kl. 00–12 05.12.2015: To i Balestrand ved 700 moh., og eitt i Aurland ved 1200 moh (Figur 6). Det var varsle sørpeskredfare i delar av Hordaland, Rogaland, og Agder, men berre grønt nivå for sørpeskred i Sogn og fjordane.

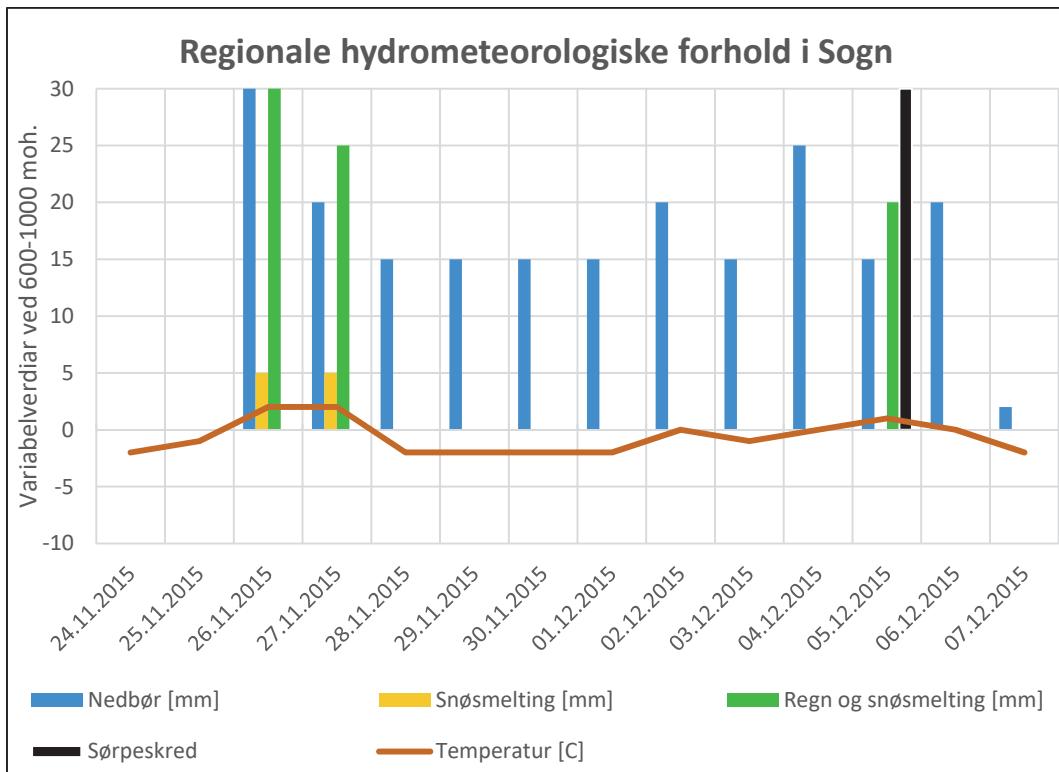


Figur 6. Sværafjorden i Balestrand 05.12.2015 (regObs-ID: 87894), der eitt av tre observerte sørpeskred var utløyst. Foto: Fredrik Berger Jørgensen.

Prognose

Prognosene for 04.12.2015 var 30–50 mm nedbør, og 1–3 °C ved 1200 moh. i Sogn. Ut frå denne temperaturen, kunne varslinga forvente regn opptil om lag 1200 moh. For 05.12.2015 viste prognosene også 30–50 mm nedbør, og med auka temperatur på 3–5 °C ved 1200 moh.

Observasjonar og estimat basert på observasjonar



Figur 7. Regionale forhold ved 600–1000 moh. i Sogn (data frå xGeo.no).

Temperatur: 04.12.2015 varierte temperaturen i Sogn mellom -3 °C og 3 °C på 700–1200 moh. Også 05.12.2015 varierte temperaturen ein heil del ved same høgda frå -4 °C til 3 °C (xGeo).

Ved havnivå var temperaturen 0–2 °C i fleire dagar fram kl. 08 05.12.2014. Ein time seinare, kl. 09 steig temperaturen til 8–11 °C (Balestrand (MET), E16 Flåm (SVV), begge 15 moh.).

Før kl. 09 05.12.2015 viste fuktig adiabatisk³ temperaturendring rundt rekna temperaturar på under 0 °C over 600 moh. (Balestrand (MET), E16 Flåm (SVV)). Ut frå fuktig adiabatisk temperaturendring gjekk det berre opp til tre timer frå det vart mildvær i utløysingsområda, til sørpeskreda gjekk. Tre timer med inntil 5 mm regn er både kort tid og lite regn til å vassmette snøpakka (Njøs (MET), 45 moh.). Difor er temperaturen i høgda undersøkt nærmere.

3-timarsverdiar i xGeo støttar opp om lik temperatur mellom havnivå og 1100 moh. frå kl. 04–10 05.12.2015. Temperaturen på Vikafjellet auka til 2 °C allereie kl. 04 05.12.2015 (Vikafjellet (SVV), 910 moh.), noko som er fem timer før temperaturen auka ved havnivå

³ For metta luft minkar temperaturen med 0,5 °C/100 m (<https://snl.no/adiabatisk>).

i Sogn. I høgda kan det ha vore like varmt som ved havnivå i tidsrommet kl. 04–09 05.12.2015.

Nedbør: 03.05.2015 er det estimert 15 mm nedbør som sludd ved havnivå, og snø over 500 moh. 04.12.2015 auka nedbøren til 25–30 mm estimert som regn opp til 100 moh., sludd opp til 900 moh., og snø ovanfor (xGeo).

3-timarsverdiar i xGeo viser 5–15 mm regn opp til 1200 moh. Kl. 04–07 05.12.2015. Neste tre timar kl. 07–10 er det estimert 5–15 mm regn opp til 1000 moh. Medan allereie kl. 10–13 fall den øvre grensa for regn til 700 moh., og med 5–15 mm (xGeo). Likevel heldt temperaturen seg oppe til kl. 12 ved havnivå i Sogn (Balestrand (MET), E16 Flåm (SVV)). Mesteparten av nedbøren som fall kl. 07–13 er derfor antatt å ha falle som regn opp til høgste utløysingsområdet til sørpeskreda på 1200 moh. Fram til skredet kan dermed regnet i utløysingsområda ha vart inntil åtte timar med ei mengd på om lag 15–40 mm.

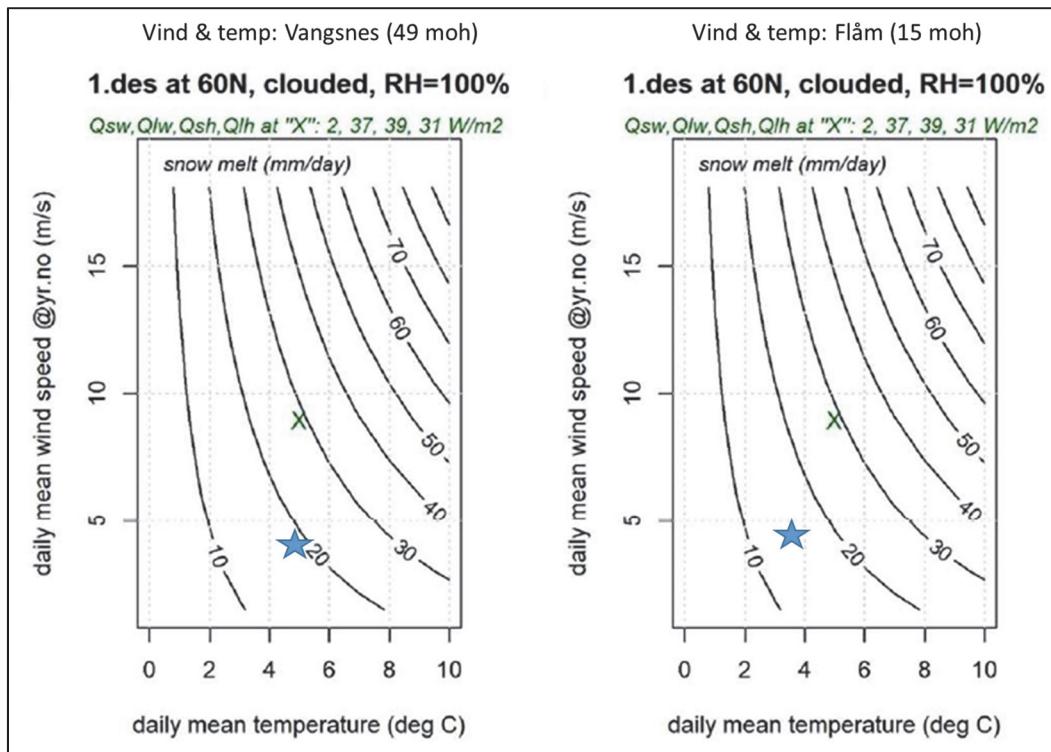
Leikanger var nærmaste stasjon til sørpeskreda med tilgjengeleg timesdata. Denne viste 19 mm regn for kl. 04–12 05.12.2015 (Njøs (MET), 45 moh.). Avstanden mellom skreda og stasjonen er 20 km søraust om skreda i Balestrand, og 30 km nord om skredet i Aurland.

Snøsmelting: 04.12.2015 og 05.12.2015 var det i Sogn berre estimert snøsmelting under 600 moh, sidan døgnmiddeltemperaturen over 600 moh. var estimert til under 0 °C (xGeo).

Regn og snøsmelting: For 04.12.2015 estimerte xGeo 20–30 mm regn og snøsmelting regionalt opp til 600 moh., men ingen regn og snøsmelting over det. I neste døgn 05.12.2015 auka den øvre grensa for regn og snøsmelting til 800 moh., og opp til 700 moh. var 30–40 mm regn og snøsmelting estimert (xGeo).

Snøpakka: Mellom 24.11.2015 og 05.12.2015 var det estimert bar bakke opp til 200 moh., rundt 50 cm snø ved 500 moh., og 100–150 cm ved 1000 moh. (xGeo). 04.12.2015 kl. 14 var det observert 20 cm nysnø i Jostedalen ved 700 moh. (RegObs-ID: 69323), noko som er antatt å representerte forholda i Sogn. Snøfallet i utløysingsområda fortsette fram til kl. 01 05.12.2015, då det slo om til regn (3-timars-verdiar i xGeo). I dagane før nedbøren gjekk over til regn, var truleg heile snøpakka fuktig ved utløysingsområda (snøtilstand i xGeo og Regobs-ID: 69049).

Snøsmelting frå energibalansemodell: Vangsnes og Flåm er nærmaste stasjonar med vinddata. Snømelteintensiteten her er undersøkt for tidsrommet kl. 04–12 05.12.2015. Ved å plotte vind og temperatur for 8-timarsperioden før sørpeskredutløsing, estimerer energibalansemodellen ei snøsmelting ved Vangsnes på 18 mm/døgn. Dette svarar til 6 mm på dei åtte timane. Snømelteintensiteten var noko lågare i Flåm med 15 mm/døgn, tilsvarende 5 mm i 8-timarsperioden (Figur 8).



Figur 8. Estimert snøsmelting over 24 timer for Vangsnes og Flåm, representeret med blå stjerne (etter Saloranta (2017)).

Oppsummering av situasjonen: Prognosene for 04.12.2015 viste 30–50 mm nedbør som regn høgt opp på grunn av 1–5 °C opp til 1200 moh. (xGeo). Det var varsle sørpeskredfare på oransje nivå frå Agder til Hordaland, men ikkje for Sogn og Fjordane. I Sogn og Fjordane gjaldt jordskredvarselet berre jord- og flaumskredfare.

Den varme lufta trefte høgareliggende område om lag kl. 04 05.12.2015 (Vikafjellet (SVV), 910 moh.), medan fyrt fem timer seinare, kl. 09 kom desse luftmassane inn ved havnnivå (Balestrand (MET), E16 Flåm (SVV)). 3-timarstemperaturen i xGeo fanga opp homogen temperatur frå havnnivå til 1100 moh. i delar av perioden, noko ikkje døgnmiddeletemperaturen gjorde.

Ved å samanlikne målt temperatur med denne tre-timarsvariabelen for regn, kan det verte antatt 15–40 mm regn siste åtte timer i utløysingsområda, før sørpeskreda gjekk. Saman med energibalanse-estimert snøsmelting ved havnnivå (Vangsnes (MET) og Flåm (SVV)), gir dette ei mengde regn og snøsmelting på 20–50 mm.

Observert regn ved Njøs (MET) og energibalanse-estimert snøsmelting (Vangsnes (MET) og Flåm (SVV)) er til saman 25 mm i dei antatt avgjerande 8-timane ved utløysingsområda.

Når prognosene låg opp mot ein indikasjon på sørpeskredfare, og med utsett snødekke, burde jordskredvarselet for Sogn også inkludert fare for sørpeskred.

6.3 Møre og Romsdal 13.03.2016

14.03.2016 vart eit sørpeskred i Surnadal og Rauma utløyst mellom kl. 00 og kl. 11.30 ved 200–300 moh., medan det var grønt aktsemdnivå (Figur 9).



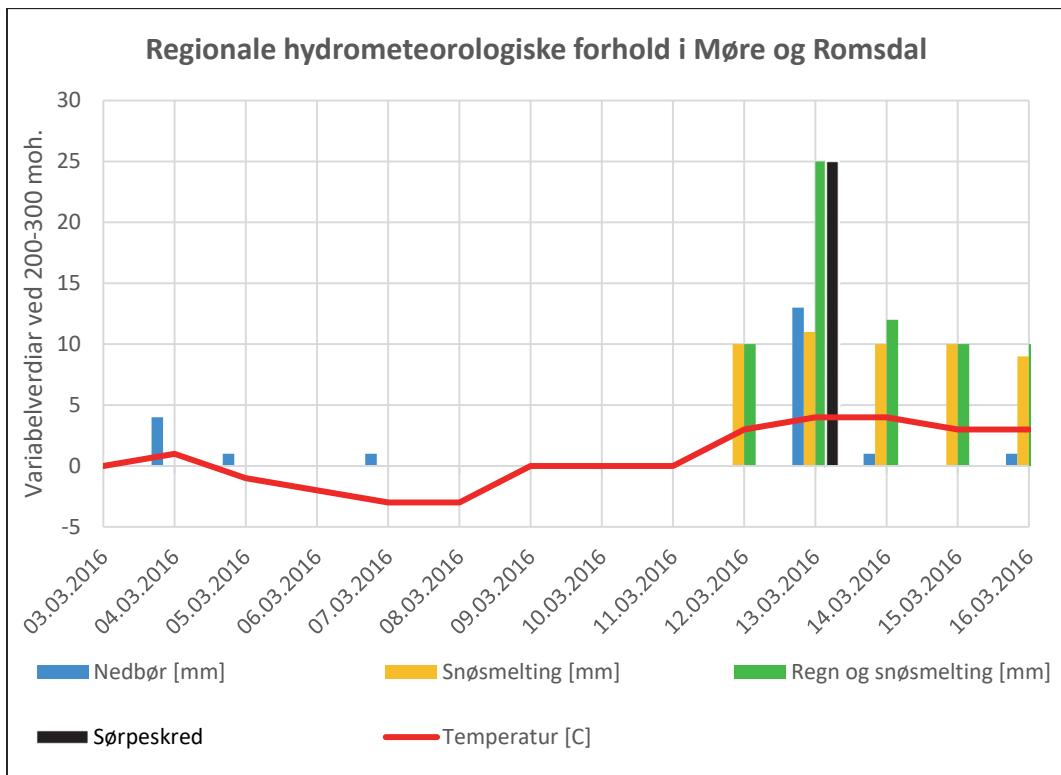
Figur 9. Sørpeskred over FV 65 i Surnadal 14.03.2016. Foto: Steinar Henden Stivold.

Prognose:

For 13.03.2016 viste prognosen 10–20 mm regn i Møre og Romsdal, og lokalt rundt Surnadal 20–40 mm regn. For det same døgnet var temperaturprognosen inntil 10 °C ved havnivå, og 3–5 °C opptil 1000 moh. Prognosene for 14.03.2016, utstedt døgnet før viste ikkje regn, men høge temperaturar ved havnivå på inntil 10 °C, og 3–5 °C opptil 500 moh.

Observasjonar og estimat basert på observasjonar

Temperatur: Middeltemperaturen ved 300 moh. for 13.03.2016 er estimert til 4 °C, og 3 °C for den 14.03.2016 (xGeo). Etter fleire dagar med lokalt varierande temperatur mellom -5 °C og 5 °C i Surnadal, var det frå kl. 20 12.03.2016 (28 – 40 timer før skredet) kontinuerleg plussgrader og ein middeltemperatur på 2,5 °C inntil kl. 12 14.03.2016 (Surna v/Skjeremo, MET, 80 moh.). Ingen markert auke i temperaturen var observert i Surnadal like før, eller innanfor, antatt tidspunkt for sørpeskreda. Siste fire døgn før sørpeskreda i Åndalsnes var temperaturen ved havnivå over 0 °C (Åndalsnes-Kamshaugen (MET)).



Figur 10. Regionale forhold ved 600–1000 moh. i Sogn (data fra xGeo.no).

Nedbør: Estimatet for 13.04.2016 viste 10–20 mm regn opp til 1000 moh., og < 1 mm regn for 14.03.2016 (xGeo).

I Surnadal (Surna, 5 moh., MET) om lag 20 km vest for skredet, var det tilnærma ingen nedbør i dagane før skredet.

Ved Innerdalen var det siste døgn observert 15 mm regn, derav 10 mm regn siste 12 timer fram mot kl. 11 14.03.2016 (MET, 405 moh., 30 km sørvest om skredet i Surnadal, og 50 km aust om skredet i Rauma).

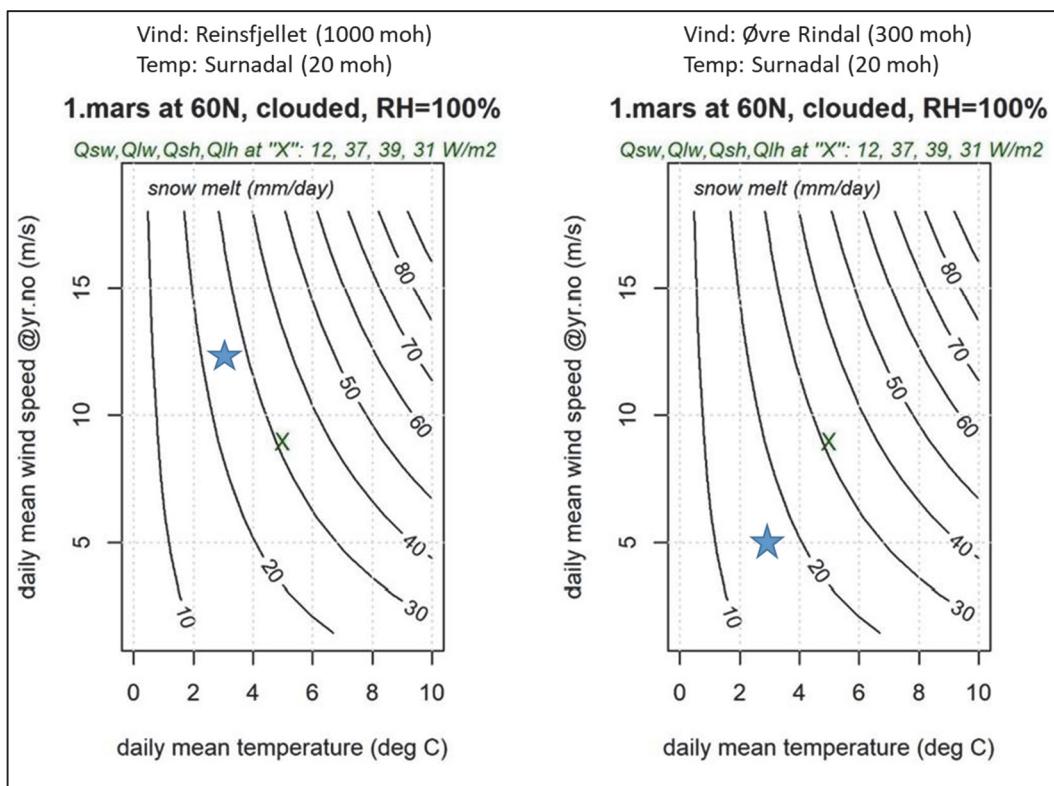
Ved Marstein i Rauma kom det 12 mm regn siste døgn inntil kl. 11 14.03.2016 (MET, 67 moh., 15 km søraust om skredet i Rauma, og 90 km sørvest om skredet i Surnadalen).

Snøpakka: Skreda gjekk i indre strøk av Møre og Romsdal, der det var estimert bar bakke ved havnivå, 25–50 cm snø på 100–200 moh., og meir enn 50 cm over 200 moh. (xGeo). Av utsette snøtypar for sørpeskred var eit lag (ca. 3 cm tjukt) kantkorn observert i snøpakka ved 400 moh. (regObs-ID: 86411, 89228 og 89255). Laget med kantkorn kan ha vorte smelteomdanna før sørpeskredet, sidan det er antatt at snøpakka var fuktig siste tre dagane før skredet (snøtilstand i xGeo).

Snøsmelting: 13.03.2016 er det estimert 10 mm snøsmelting opp til 1000 moh., og tilsvarende mengd for 14.03.2016 (xGeo).

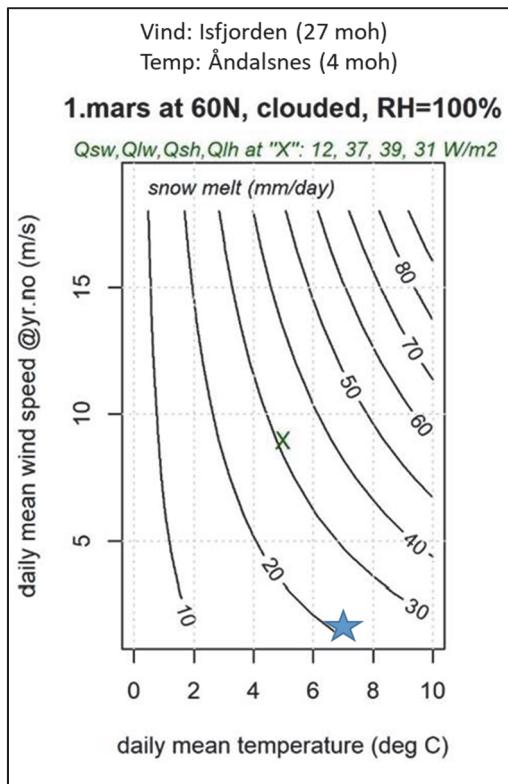
Regn og snøsmelting: Estimat for 13.03.2016 viser 20–30 mm regn og snøsmelting opp til omtrent 600 moh., og neste døgn (14.03.2016) ligg estimata på 10–15 mm, også opp til 600 moh. (xGeo).

Snøsmelting frå energibalansemodell: **Surnadal:** Wind til modellen er henta frå to av dei nærmaste stasjonane (Øvre Rindal (SVV), 300 moh., 30 km aust frå skredet og Reinsfjellet (MET) 1000 moh., 50 km vest om skredet), og temperaturen er frå Surnadal (Surnadal-Sylte (MET), 20 moh., 2 km vest frå skredet). Samanlikna med utløysingsområdet, ligg Øvre Rindal lenger inn i landet og vinden er forventa å vere svakare enn ved utløysingsområdet. Medan Reinsfjellet ligg høgare og meir frittståande, så vindan der er antatt å vere kraftigare. Snøsmeltinga er difor estimert til 15–25 mm for døgnet inntil kl. 12 14.03.2016 (Figur 11).



Figur 11. Estimert snøsmelting i Surnadal som ein faktor av vind og temperatur (etter Saloranta (2017)).

Rauma: Vinden i Isfjorden (FV64 Isfjorden (SVV), 27 moh.) 10 km aust om skredet i Rauma er vurdert til å vere mest representativ. Likevel er Isfjorden meir skjerma for vind frå vest enn det utløysingsområdet er. Temperaturen er henta frå Åndalsnes (Åndalsnes – Kamshaugen (MET), 4 moh.). Som ein faktor av observerte vind og temperatur i døgnet fram mot kl. 12 14.03.2016, estimerer energibalansemodellen om lag 20 mm snøsmelting for dette tidsrommet (Figur 12).



Figur 12. Estimert snøsmelting i Rauma (etter Saloranta (2017)).

Oppsummering av situasjonen:

Skreda er antatt å vere utløyst siste del av 13.03.2016 eller i første del av 14.03.2016. For 13.03.2016 viste prognosane 20 mm regn, medan observasjonsbasert estimat viser 15 mm regn (xGeo). Energibalansemodellen estimerer for 13.03.2016 snøsmelting på 15–25mm. Dersom vind-prognosene for 13.03.2016 var om lag som den observerte, kunne varslarane forvente 35–45 mm regn og snøsmelting. For 14.03.2016 viste prognosene mindre regn med <1 mm.

Regionalt var regn og snøsmelting rundt terskelen på 40 mm. Snøpakka var truleg ikkje spesielt utsett, sidan kantkornlaget er antatt å vere omdanna før døgnet sørpeskreda var utløyst. Årsaka til sørpeskreda var sannsynlegvis lokalt meir regn eller vind som bidrog til større snøsmelting.

6.4 Sogn og Fjordane 30.12.2016

30.12.2016 var det varsle jord- og flaumskredfare i Sogn og Fjordane, Hordaland, og delar av Rogaland, men aktsemndnivået for sørpeskred var grønt. Likevel gjekk det sørpeskred i Sogndal kl. 12, utløyst ved 830 moh (Figur 13).



Figur 13. 30.12.2016 fløynde eit sørpeskred over riksveg 5 i Sogndal. Foto: Jo Marius Bøyum.

Prognosen

Prognosene for Sogn 29.12.2016 viste 1–5 °C, og mindre enn 10 mm regn opp til 800 moh. Neste døgn, 30.12.2016 var prognosene for same høgd på 30–75 mm regn med uendra temperatur.

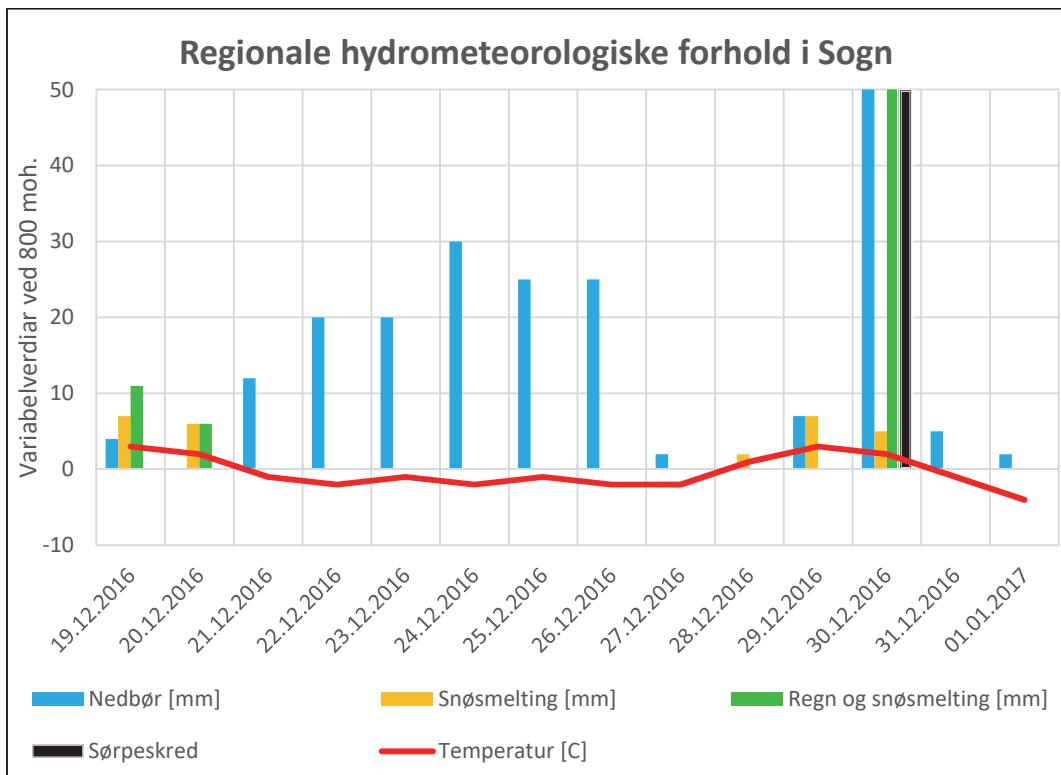
Observasjonar og estimat basert på observasjonar

Temperatur: 29.12.2016 er det estimert ein middeltemperatur på 3 °C i Sogn ved 800 moh., og 2 °C i etterfylgjande døgn (Figur 14). Ved Frudalen (SVV, 521 moh.), fem kilometer frå skredet var middeltemperaturen på om lag 5 °C siste 12 timer innan skredet.

Nedbør: 29.12.2016 og 30.12.2016 er det antatt nedbør som regn opp til om lag 900 moh., der det 29.12.2016 kom 10 mm regn, medan 30.12.2016 kom 40–50 mm regn (xGeo).

I Fjærland kom det 30 mm regn siste ti timer før sørpeskredet (Fjærland – Bremuseet (MET), 0 moh., 15 km NV om skredet).

I Sogndalsdalen er berre døgnverdiar målt, med 5 mm regn 29.12.2016, og 40 mm regn 30.12.2016 (MET, 420 moh., 3 km frå skredet).



Figur 14. Regionale forhold ved 800 moh. i Sogn (data fra xGeo.no).

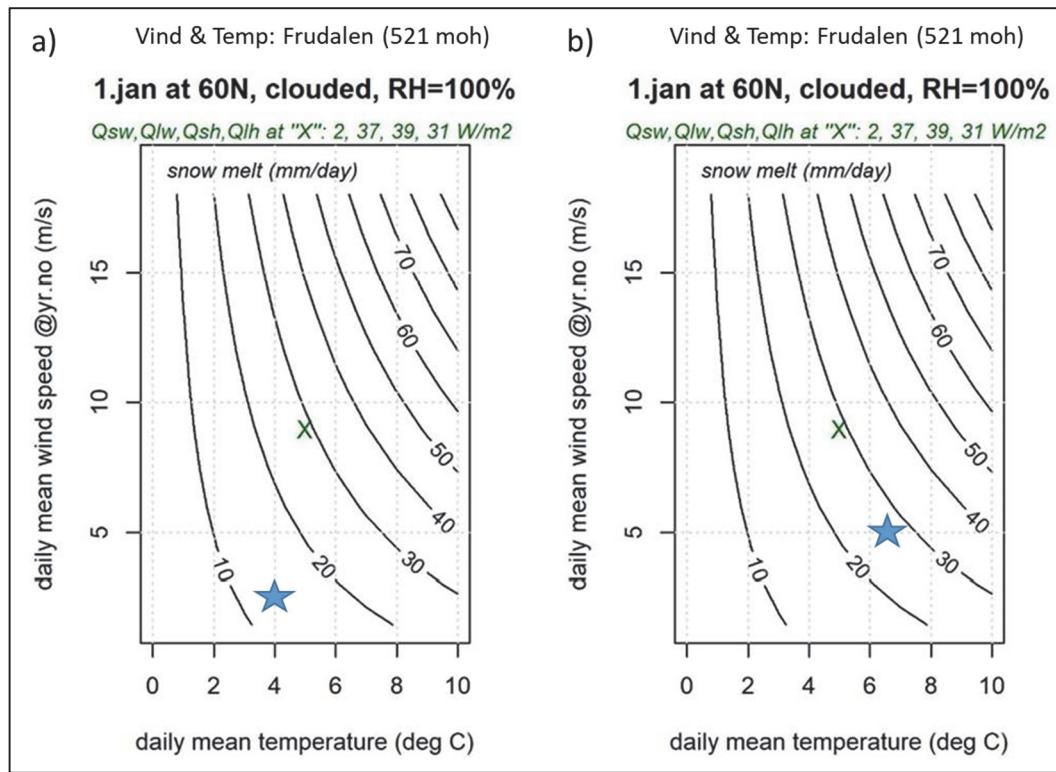
Snøsmelting: Snøsmeltinga er estimert å vere 10 mm ved 500 moh. og 5 mm ved 800 moh både 29.12.2016 og 30.12.2016 (xGeo).

Regn og snøsmelting: 15 mm regn og snøsmelting er estimert opp til 600 moh. 29.12.2016, og null over denne høgda. Derimot neste døgn (30.12.2016) var estimatet på 50–60 mm regn og snøsmelting opp til 800 moh.

Snøpakka: I Sogn var det ikkje snø under 300 moh., 40 cm snø ved 400 moh. og 90 cm ved 800 moh. 30.12.2016. (xGeo). Siste nysnøen kom 22.–27.12.2016, med målingar av 40 cm nysnø i Sogndalsdalen (MET, 420 moh.). Inntil 29.12.2016 var snømengda 50 cm i Sogndalsdalen, men var redusert til 30 cm eit døgn seinare, noko som tyder på at snøen rast vart smelteomdanna.

28.12.2016 var nysnøen frå siste dagane observert som avrunda korn i Jostedalen ved 900 moh. (20 km unna skredet retning NV). Det meste av snøpakka var fuktig, utanom nedste 20 cm som var våte og smelteomdanna (regObs-ID: 107852).

Snøsmelting frå energibalansemodell: Snøsmeltinga er estimert til 15 mm siste døgnet fram mot skredet kl. 12 30.12.2016 (Figur 15 a) (data frå Frudalen (SVV), 521 moh., 5 km unna skredet). Siste ti timer fram til skredet, då nedbøren er venta som regn, er snøsmeltinga estimert til 11 mm (Figur 15 b).



Figur 15. a) I det siste døgnet inntil kl. 12 30.12.2016 er det estimert 14 mm snøsmelting. b) Siste ti timer inntil kl. 12 30.12.2016 er smelteintensiteten estimert til 27mm/døgn, og 11 mm på dei ti timane, etter Saloranta (2017).

Oppsummering av situasjonen: Prognosane om 30–75 mm regn på ein allereie fuktig snøpakke ovanfor 400 moh., viser at det burde vore varsle fare for sørpeskred i Sogn.

Ut frå målingar kom nedbøren i høgda til utløysingsområdet som regn siste ti timer innan skredet. I løpet av desse timane gav observert regn og energibalanse-estimert snøsmelting til saman 40 mm.

6.5 Feilkjelder i analysen av manglande varsel

Tidlegare prognose-variablar frå xGeo bruk til denne rapporten manglar ekstra-informasjon rundt prognosane som vert gitt frå meteorolog under den daglege briefen til jordskredvarsalarane. Så berre kvantitativ nedbørsprognose er bruk, medan under briefen kan varslinga ha fått kvalitativ informasjon rundt prognosane. Kvalitativ informasjon kan vere temperaturforskjell i ulike høgder i atmosfæren, noko som er viktig for om det regnar eller snøar.

7 Referansar

- Boje, S. (2017). *Hydrometeorologiske terskler for jordskredfare på Sørlandet og Østlandet*. NVE-rapport 64-2017.
- Colleuille, H., Boje, S., Devoli, G., Krøgli, I., Engen, I., Sund, M., Skaslien, T., Humstad, T., Frekhaug, M., Wiréhn, P. (2017). *Jordskredvarslingen, Nasjonal varslingstjeneste for jord-, sørpe- og flomskredfare*. NVE-rapport 75-2017.
- Hansen-Bauer, I., & Førland, E. (2000). *Temperature and precipitation variations in Norway 1900-1994 and their links to atmospheric circulation*. International Journal of Climatology, ss. 1693-1708.
- Hestnes, E. (1985). *A contribution to the prediction of slush avalanches*. Annals of Glaciology vol. 6, ss. 1-4.
- Hestnes, E., & Sanderson, F. (1987). *Slushflow activity in the Randa district, North Norway*. IAHS Publ. no. 162, Avalanche Formation, Movement and Effects (Proceedings of the Davos Symposium, September 1986), ss. 317-330.
- Jaedicke, C. H. (2013). *Identification of slushflow situation from regional weather models*. International Snow Science Workshop Grenoble - Chamonix Mont-Blanc - 2013, ss. 177-182.
- Müller, M., Homleid, M., Ivarsson, K.-I., Køltzow, M. A. Ø., Linskog, M., Midtbø, K. H., Andrae, U., Aspelien, T., Berggren, L., Bjørge, D., Dahlgren, P., Kristiansen, J., Randriamampianina, R., Ridal M., Vignes, O. (2017). *AROME-MetCoOp: A Nordic Convective-Scale Operational Weather Prediction Model*. Weather and Forecasting, Vol 32, No 2, ss. 609-627.
- NVE, met.no og Kartverket. (webside). xGeo. Henta i 2018 fra www.xGeo.no.
- Saloranta, T. (2017). *Snøsmelting som funksjon av vind og lufttemperatur*. Internt verktøy for Jordskredvarslinga.
- Skaugen, T., & Saloranta, T. (2015). *Simplified energy-balance snowmelt modelling*. NVE rapport 31, 2015.
- SVV. (2014). *Flom- og sørpeskred*. Nr. V139 i Statens vegvesens håndbokserie.
- Thyness, V. F. (2015). *Ekstremværrapport, Hendelse: Synne, 4-6.12.2015*. Meteorologisk institutt.
- Øyehaug, G. B. (2016). *Hydrometeorologiske terskler for sørpeskredfare*. Masteroppgåve, Universitetet i Oslo.

8 Vedlegg

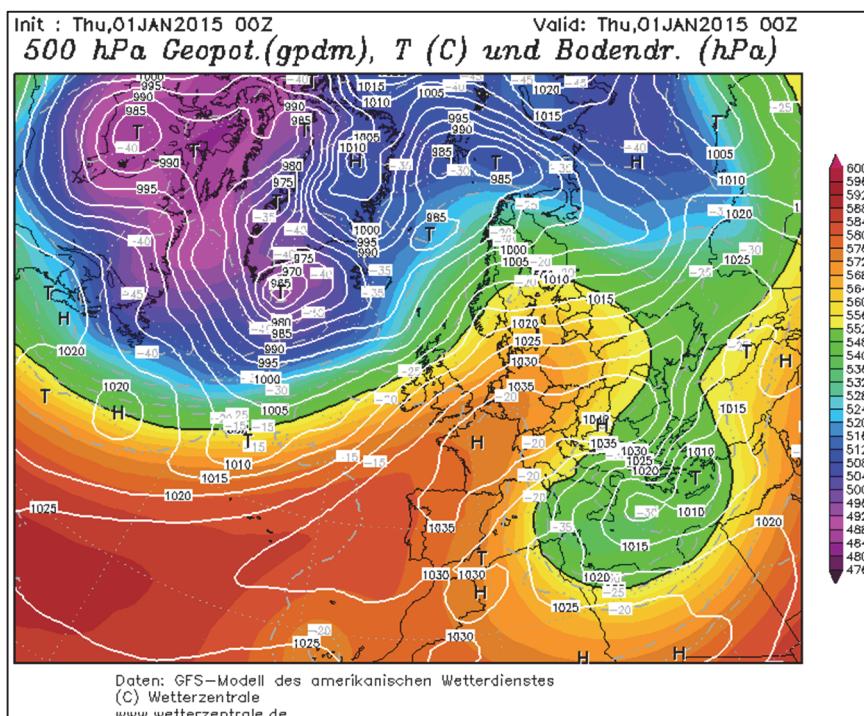
8.1 Meir resultat

Tabell 12. Treffsikkerheit som inkluderer alle årets dagar.

	TP (korrekt)		FP (falsk alarm)		TN (korrekt)		FN (Manglande varsle)	
	Dagar	%	Dagar	%	Dagar	%	Dagar	%
2014	3	0,8	6	1,6	356	97,5	0	0,0
2015	3	0,8	8	2,2	352	96,4	2	0,5
2016	0	0,0	1	0,3	360	98,4	5	1,4
2017	10	2,7	9	2,5	346	94,5	1	0,3
2014 - 2017	16	1,1	24	1,6	1414	96,7	8	0,5

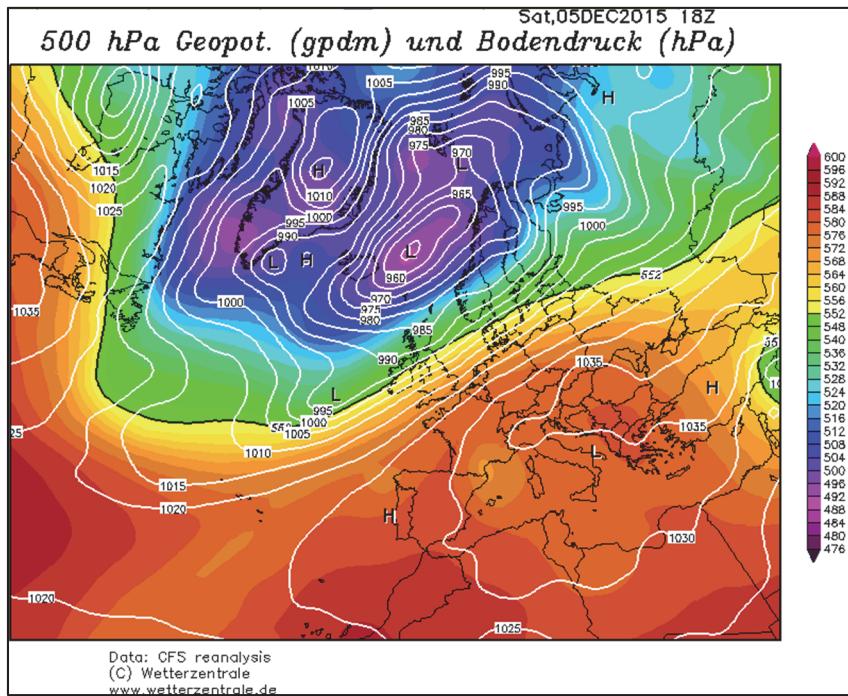
8.2 Vêrkart ved uvarsle sørpeskred

8.2.1 Troms 31.12.2014



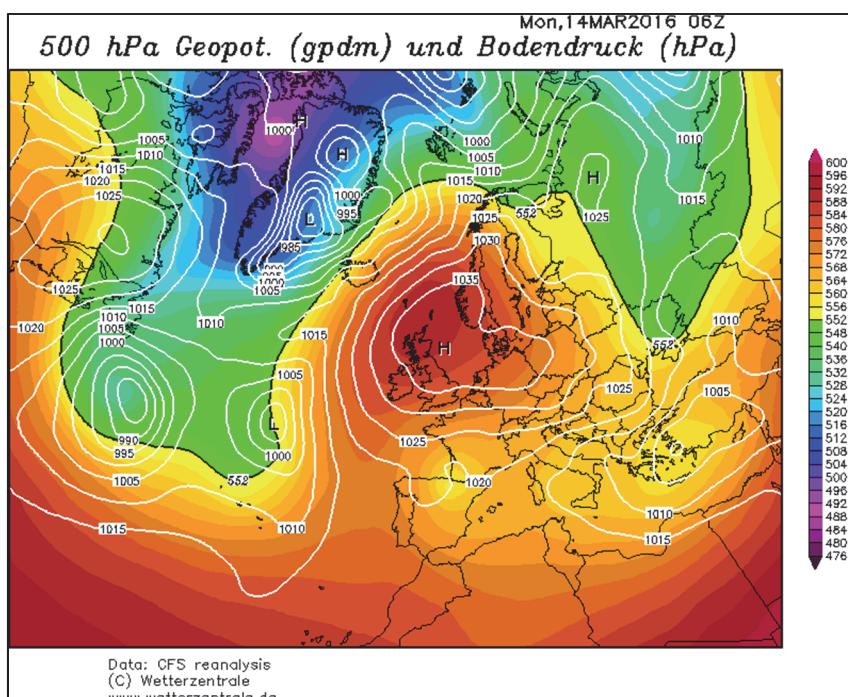
Figur 16. Hovudvindretninga var sørvestleg inn mot Troms 31.12.2015 og 01.01.2015 (www.wetterzentrale.de).

8.2.2 Sogn og fjordane 05.12.2016



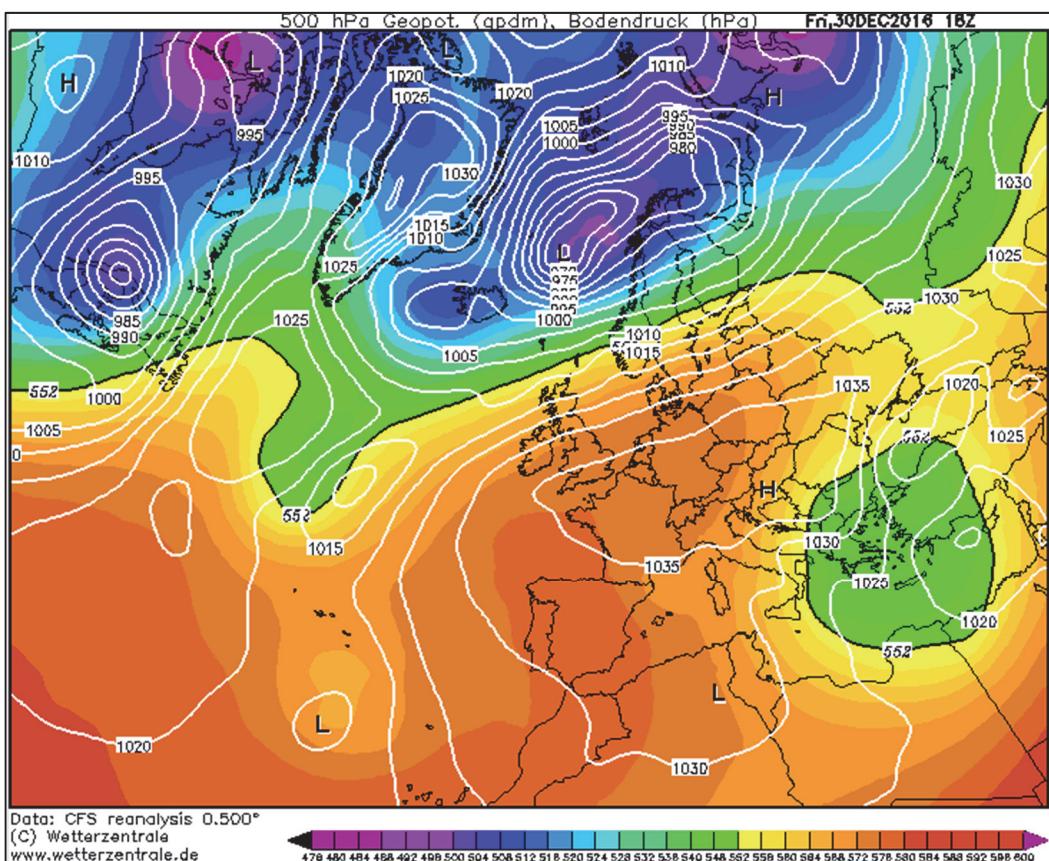
Figur 17. Vêrkart fra 05.12.2015 (www.wetterzentrale.de). Gjennom to døgn tilførte ekstremvêret «Synne» mild og fuktig luft innover land frå vest. Det var varsle opp mot 150 mm nedbør på Sør-Vestlandet (Thyness, 2015).

8.2.3 Møre og Romsdal 13.03.2016



Figur 18. Høgtrykk pressa mild luftmasse innover Møre og Romsdal siste del av 13.03.2016, og fyrste del av 14.03.2016 (www.wetterzentrale.de).

8.2.4 Sogn og Fjordane 30.12.2016



Figur 19. Vestleg vindretning med fuktig mild luft kom innover land 30.12.2014 (www.wetterzentrale.de).



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Internett: www.nve.no

