



Norwegian
Meteorological
Institute

METreport

No. 11/2018
ISSN 2387-4201
Værstasjoner

Automatiske værstasjoner til skredvarsling

Oppbygging av værstasjonsnettet for skredvarsling

Ragnar Brækkan¹, Hildegunn D. Nygård¹, Knut Inge Orset² og Heidi Bache Stranden³



Foto: Ragnar Brækkan

¹ Meteorologisk institutt (MET)


² Statens Vegvesen (SVV)

³ Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)



Norwegian
Meteorological
Institute

METreport

Title Automatiske værstasjoner til skredvarsling	Date 27.11.2018
Section Observasjons- og klimadivisjonen Avdeling for observasjonskvalitet og databehandling	Report no. No. 11/2018
Authors Ragnar Brækkan Hildegunn D Nygård Knut Inge Orset Heidi Bache Stranden	Classification <input checked="" type="radio"/> Free <input type="radio"/> Restricted
Client(s) MET, NVE, SVV, Bane NOR	Client's reference
Abstract Samarbeidsprosjekt mellom MET, NVE, SVV og Bane NOR for å etablere nye værstasjoner for mer og bedre data i alle varslingsregioner for skred. Målsettingen er å ha minst to operative nedbørstasjoner og to vindstasjoner på timebasis i hver region. Her ble også det eksisterende observasjonsnettverk hos MET, SVV, NVE og Bane NOR vurdert, i tillegg til andre automatiske værstasjoner som eksisterte i de aktuelle områdene. Målet er nå oppnådd ved at der i alt er etablert 68 basisstasjoner og 3 referansestasjoner. Av disse måler 52 vind, 39 måler nedbør, og 24 måler både nedbør og vind.	
Keywords Skredstasjoner, skredvarsling, observasjoner	
	
Responsible signature	

Abstract

Samarbeidsprosjekt mellom MET, NVE, SVV og Bane NOR for å etablere nye værstasjoner for mer og bedre data i alle varslingsregioner for skred. Målsettingen er å ha minst to operative nedbørstasjoner og to vindstasjoner på timebasis i hver region. Her ble også det eksisterende observasjonsnettverk hos MET, SVV, NVE og Bane NOR vurdert, i tillegg til andre automatiske værstasjoner som eksisterte i de aktuelle områdene. Målet er nå oppnådd ved at der i alt er etablert 68 basisstasjoner og 3 referansestasjoner. Av disse måler 52 vind, 39 måler nedbør, og 24 måler både nedbør og vind.

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	7
1.1	Innledning	7
1.2	Behov	8
1.3	Prosjektets omfang	8
2	Anbudsprosessen	9
3	Organisering planlegging, innkjøp og montering	9
4	Stasjonsbeskrivelser	10
4.1	Standard stasjonsløsninger	11
4.2	Kombinasjonsløsning	13
4.3	Referansestasjoner	14
4.4	Ekstremstasjoner	14
4.5	Vindstasjoner med kort mast	16
5	Kostnader	17
6	Stedsvalg og utredninger	18
6.1	Årlige innspill og stedsvalg	18
6.2	MET utredninger	19
6.3	Byggesaker – problemer	19
6.4	Grunnleieavtaler	19
6.5	Tilsynsavtaler	19
7	Monteringer	20
7.1	Scanmatic monteringer	20
7.2	MET monteringer	20
7.3	Uforutsette kostnader monteringer	20
8	Drift og vedlikehold	20

9	Oppnåelse stasjonsdekning	21
9.1	Regionsdekning	21
9.2	Stasjonsoversikt	23
9.3	Referansestasjoner	27
9.4	Oppfylging av spesielle behov/ønsker	27
10	Oppetid og datakvalitet	27
10.1	Oppetid stasjonsnivå	27
10.2	Oppetid parameternivå	28
10.3	Datakvalitet	29
10.4	Framtidige tiltak for økt oppetid	29
10.5	Framtidige tiltak for økt datakvalitet	29
11	Nytteverdi	30
11.1	Nytteverdi for snøskredvarslingen	30
11.2	Nytteverdi for flom- og jordskredvarslingen	31
11.3	Nytteverdier utover varslingstjenestene	31
11.4	Evaluering av vindstasjonene	31
11.5	Evaluering av nedbør- og snødybdestasjonene	32
12	Anbefalinger for fremtidige utbygginger	33
13	Tekniske løsninger	34
13.1	Loggere	34
13.2	Trykksensor	34
13.3	Lufttemperatursensor	35
13.4	Bakketemperatursensor	35
13.5	Luftfuktsensor	36
13.6	Vindmåler	36
13.7	Nedbørmåler	38
13.8	Nedbørindikator	38
13.9	Flatetemperatursensor	39
13.10	Snødybdesensor	42
13.11	Strålingsmåler	43
13.12	Temperaturgradient	44
13.13	Fuktgradient	44

14 Problemer	45
14.1 Nedbørmålinger	45
14.2 Vindmålere	46
14.3 Is i skap	46
14.4 Kommunikasjon	47
15 VEDLEGG	48
15.1 Bilder ekstremstasjoner	48
15.2 Sensorkrav	51
15.3 Stasjonslister	52
15.3.1 Vindstasjoner	52
15.3.2 Nedbørstasjoner	55
15.3.3 Plassering av prosjektets vind- og nedbørstasjoner	57
15.4 Parameterdefinisjoner	59
Takk til.	61

1 Bakgrunn

1.1 Innledning

Snø- og jordskredvarslingen ble formelt etablert som ordinære operative varslingstjenester ved Hydrologisk avdeling i NVE i 2013 etter at det var gjennomført utvikling og testvarsling over en periode på ca. 2 år. Skredvarslingen er utviklet og driftes i nært samarbeid med Statens vegvesen (SVV), Bane NOR (tidligere Jernbaneverket) og Meteorologisk institutt (MET).

Hensikten med skredvarslingen er å unngå tap av liv og forebygge skader på helse og verdier, redusere skredskader på veg, jernbane og bosetning, optimalisere «åpningstid» på infrastruktur samt å gi økt sikkerhet og forutsigbarhet i samfunnet. Varslene skal gi lokal beredskap mulighet for å vurdere behov for, og iverksette tiltak for, å unngå skade på liv, helse og verdier. Målet er også at enkeltmennesker, grupper og organisasjoner skal få bedre informasjon om skredfare og bedre kompetanse for å ferdes trygt i og nær skredterreng. Kommuner og samferdselsaktører skal ha et vesentlig bedre beredskapsverktøy i forkant av og under skredsituasjoner, og bidra til økt kunnskap og aktsomhet om skredfare. Begge varslingstjenestene har beredskaps- og transportmyndighetene som hovedmålgruppe, mens snøskredvarslingen i tillegg har friluftsliv (ski og skuter) som hovedmålgruppe. Andre viktige målgrupper er den norske redningstjenesten (et samvirke mellom en rekke offentlige etater, frivillige organisasjoner og private selskaper), forsvaret, skianlegg, turoperatører/reiseliv, utbyggere og el-netteiere.

Samarbeidet mellom NVE, SVV, MET og Bane NOR har bestått av samordnet plan og rapportering, finansieringsbidrag, aktiv deltagelse i utvikling og operativ varsling, deltagelse i styringsgruppa for utvikling og drift av skredvarslingen, samordnet utvikling av skredfaglig kompetanse, og utbygging av stasjonsnett. NVE, SVV, Bane NOR og MET har alle hatt og har sentrale roller i arbeidet med å begrense faren for at flom og skred skal medføre skade for innbyggere, bebyggelse og offentlig infrastruktur.

Skredvarslingen som helhet ble evaluert i 2017 ([Rapport 38/1017 Evaluering av snø- og jordskredvarslingen, Hege Hisdal \(red.\)](#)).

1.2 Behov

Det ble tidlig i prosessen klart at det var behov for flere værobservasjoner i de områdene man skulle varsle skredfare for å kunne lage gode analyser av situasjonen og produsere skredvarsler av god kvalitet. Behovet var først og fremst knyttet til hyppigere og mer presis datatilgang for modelleringer og analyser for bedre varslinger for snøskred og jordskred. Ut fra dette behovet ble det i 2012 inngått avtale om et samarbeid mellom de fire etatene for å bygge ut et spesialtilpasset stasjonsnett med oppgradering av eksisterende stasjoner og etablering av nye værstasjoner i definerte skredvarslingsregioner.

Gjennom en dialog med snø- og jordskredvarslerne ble behovet konkretisert til vindstasjoner i høgfjellet og nedbørstasjoner i dalfører og lavere områder.

Prosjektplan ble utarbeidet og målsetting var i hovedsak etablering av inntil 60 enkle stasjoner (vind eller nedbør) og 3-5 referansestasjoner med utvidet måleprogram.

Overordnet mål er å ha minst to vindstasjoner og to nedbørstasjoner i hver varslingsregion, der eksisterende stasjoner som oppfyller kravene er inkludert.

I starten ble det definert 10 varslingsregioner i Nord-Norge og 10 regioner i Sør-Norge. Senere er det tilkommet flere geografiske områder, og varslingsregionene er noe omdefinert, men pr 2018 er det fremdeles 10 varslingsregioner i hver landsdel.

1.3 Prosjektets omfang

For å dekke overordnet mål om minst to vindstasjoner og to nedbørstasjoner i hver region er mange nye etablert. Dessuten har spesielle behov medført at noen «ekstra» er montert i noen regioner.

I henhold til avtale er 68 værstasjoner etablert eller vesentlig utvidet og i drift. Av disse er 65 enkle målestasjoner definert som basisstasjoner med et begrenset måleomfang med ulike utvalg av parameterne lufttemperatur, relativ fuktighet, vindhastighet og vindretning, snødybde, nedbørmengde, og evt. nedbørintensitet og globalstråling/innkommende kortbølget. Videre er det etablert 3 mer omfattende referansestasjoner med betydelig flere måleparametere (spesielt gradientmålinger i bakken og strålingsbalanser).

2 Anbudsprosessen

NVE, SVV, Bane NOR og MET besluttet å gjennomføre en felles anbudsprosess for nye automatiske værstasjoner. Denne ble gjennomført høsten 2012. Detaljerte spesifikasjoner ble først utarbeidet i fellesskap mellom NVE, SVV, Bane NOR og MET.

Anbudsdokumenter ble utarbeidet og annonsert via DOFFIN.

7 tilbydere meldte interesse.

2 ble vraket pga. formelle avvik.

5 forskjellige tilbydere ble evaluert mht. kriterier angitt i anbudsutlysingen.

Avklaring forelå 13.12.2012 med Scanmatic (SM) som førstevalg.

Evalueringen ble gjennomført av Morten Due (NVE), Per Morten Ørslie (NVE), Steinar Myrabø (Bane NOR), Knut Inge Orset (SVV) og Ragnar Brækkan (MET).

I alt 6 møter a 6-8 timer ble gjennomført. Hver enkelt nedla også mye arbeider mellom møtene.

Firmaet ITAS sendte inn klage med bakgrunn i uenighet på score på kvalitet. Denne ble avvist med begrunnelse.

SM fikk og godtok en Rammeavtale og har vært leverandør av alt materiell og de fleste montasjearbeider.

3 Organisering planlegging, innkjøp og montering

I dette samarbeidet mellom NVE, SVV, Bane NOR og MET, har NVE, SVV og Bane NOR stort sett stått for investeringene, og MET har hatt ansvaret for planlegging, utredninger, innkjøp og monteringer. For de aller fleste nye værstasjonene er eierskapet overført til MET når stasjonen er operativ. MET har også driftsansvar for disse stasjonene.

Alle stedsvalg er tatt ut fra dialoger og innspill fra NVE og SVV.

For 7 stasjoner i prosjektet har SVV utført alt arbeidet selv.

Bane NOR har i stor grad behandlet plan og gjennomføring selv og kjøpt og montert 8 stasjoner innen prosjektet.

Prosjektleder hos MET er Ragnar Brækkan.

Flere ved MET har deltatt i plan og utredningsarbeidene. Spesielt Hildegunn Dyngeseth Nygård, Nina E. Larsgård og Tone B. Husebye.

Prosesen har fulgt følgende forløp for hvert år:

- Innspill fra SVV og NVE inkl. økonomisk ramme. Type stasjon eller utrusting er vanligvis gitt allerede i denne fasen; nedbørstasjon eller vindstasjon.
- Bestemmelse av presist sted etter vurderinger fra kart, befaringer og dialog med aktuelle grunneiere. Noen steder ble stedsvalgene foretatt uten forutgående befaringer da all nødvendig informasjon ble innhentet via lokale samarbeidspartnere. Noen steder ble det foretatt oppgradering av eldre manuelle nedbørstasjoner.
- Søknader om bygging
- Leieavtale, kraftleveranse, etc.
- Avtale om stedlig tilsyn
- Bestilling av stasjonsmateriell fra leverandør
- Bestilling av monteringsarbeider fra leverandør
- Alternativt intern bestilling av monteringer utført av driftsavdelingen hos MET
- MET klargjør alt omkring datainnsamling til egen database
- Kvalitetskontroll etter igangsetting utføres av MET
- Data åpnes for alminnelig distribusjon
- Kostnader for varer og tjenester betales fortløpende. Rundt 1. desember hvert år klargjør prosjektleder de totale kostnader og sender fakturaer til NVE og SVV iht. rammer som på forhånd ble gitt for det aktuelle året.

4 Stasjonsbeskrivelser

Vi utarbeidet tekniske krav spesielt for prosjektet. Måleteknisk er det likt med METs standard spesifikasjon, men med endel presiseringer og spesielle krav til sensortyper, montasjer og beregninger.

Fordi MET har påtatt seg eierskap og driftsansvar for de aller fleste av de nye værstasjonene, var det et krav at stasjonene er mest mulig standardisert i forhold til eksisterende stasjonsnettverk. Dette gjelder master, monteringsdetaljer, kabler,

temperaturhytter og fundamenter. Vi sikrer på denne måten robuste og enhetlige konstruksjoner som letter driftsoppgavene til MET.

4.1 Standard stasjonsløsninger

De stasjonene som det var behov for flest av, ble definert som “basisstasjoner” med fokus på enten vind eller nedbør; vindstasjon eller nedbørstasjon. Alle stasjoner måler lufttemperatur.

Standard nedbørstasjon er utstyrt med sensorer for:

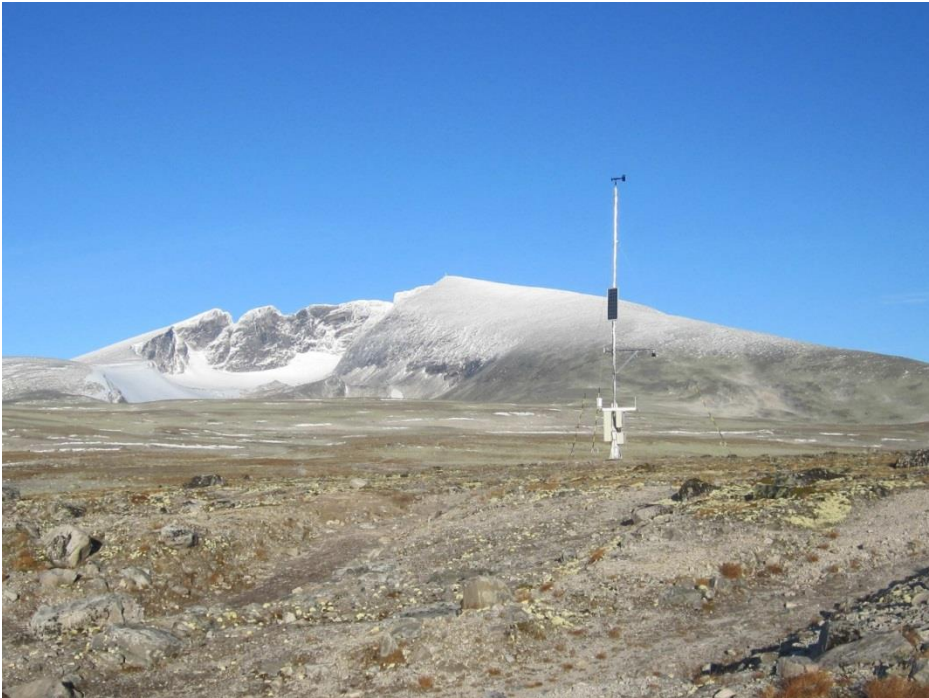
- Lufttemperatur
- Snødybde (laser)
- Nedbørmengde
- Nedbørindikator
- IR flatetemperaturmåler (fra 2015)
- Jordtemperatur (ca 5 cm ned i bakken)

Standard vindstasjon er utstyrt med sensorer for:

- Lufttemperatur
- Vind (retning og hastighet)
- Jordtemperatur
- Noen få vindstasjoner har også snødybdemåler

Noen vindstasjoner (Figur 1) i høgfjellet er batteridrevet og har spesiell mekanisk vindsensor som er svært strømgjerrig.

Vindmålinger foretas i standard 10 m høyde. Noen unntak finnes med 5 eller 6 m pga. praktiske forhold (mer robust mht. ising og/eller pga. enklere byggesaksbehandling).



Figur 1 Batteridrevet vindstasjon på Snøheim.

Figur 2 viser bilde av en standard 220 V nedbørstasjon i Kanstadbotn (lavt kratt er avtalt ryddet) som består av:

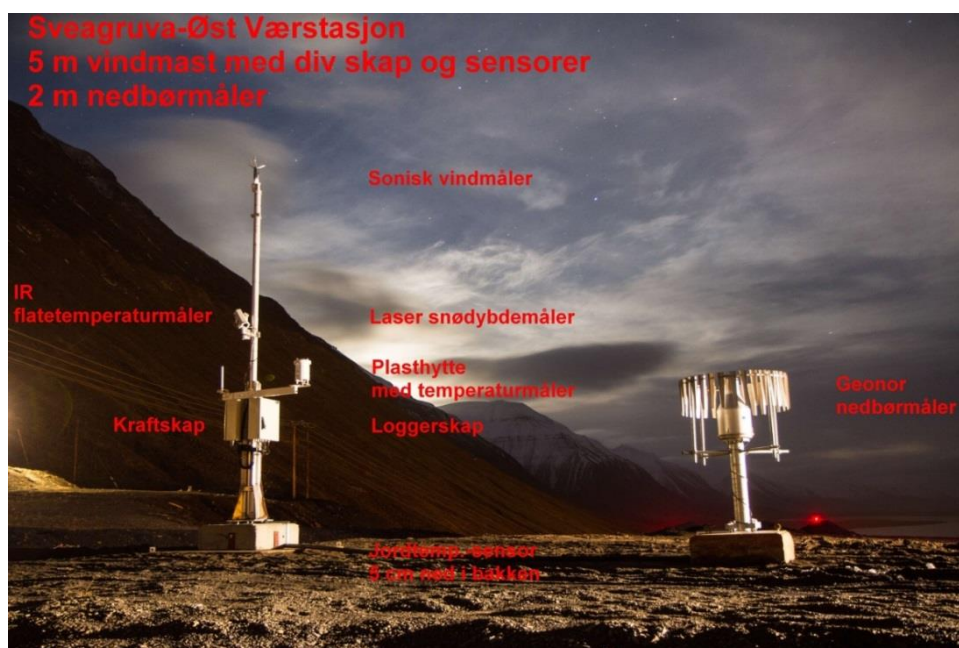
- Geonor (til venstre i bildet) med ekstra 1.5 m mast under standard 1 m fot.
- 5 m instrumentmast med verktøyskap, kraftskap og loggerskap.
- Instrumentarm i 3 m høyde med plathytte for temperatursensor og fuktsensor, antenne og Ja/nei sensor.
- Instrumentarm i 4.5 m høyde med SHM31 laser snødybdemåler og Apogee 411 IR flatetemperaturmåler.



Figur 2. Eksempel på en standard 220V nedbørstasjon i Kanstadbotn.

4.2 Kombinasjonsløsning

Figur 3 viser eksempel på en kombinasjonsløsning der det måles både vind og nedbør.



Figur 3. Eksempel på en stasjon som måler både vind og nedbør. Her fra Sveagruva II.

4.3 Referansestasjoner

Prosjektet skulle inneholde 3-5 referansestasjoner, enten som nyetableringer eller oppdateringer. I tillegg til utrustning for basestasjon er disse etablert med sensorer for måling av:

- Totalstråling
- Bakketemperaturgradient
- Bakkefuktighetsgradient

Referansestasjonen Dovre - Lannem (Figur 4) måler alle 4 strålingskomponentene, profil av jordtemperatur og jordfuktighet, i tillegg til standard vind, trykk, lufttemperatur og luftfuktighet.



Figur 4. Referansestasjonen Dovre - Lannem.

4.4 Ekstremstasjoner

På 8 værutsatte fjelltopper inngikk vi avtale med lokale eiere av kommunikasjonsmaster om grunnleie og strømtilkopling, og monterte spesielle 6 m høge vindmaster. Dette er fjelltopper med ekstrem ising. Disse ble oppvarmet og utrustet med spesiell vindmåler med kraftig oppvarming; i alt inntil 4 kW varme for mast og sensor.

Vår løsning ble først uttestet på Gaustatoppen. 10 m mast fungerte ikke der pga. vanskeligheter med oppvarming av barduner. Få dagers strømbrydd medførte flere hundre kg is som trakk masta ned.

Etter ett år kom vi fram til funksjonell løsning med 6 m master der øverste 4 m og selve vindsensoren er kraftig oppvarmet (se Figur 5). 6 m mast bygget vi såpass robust at barduner er unødvendige. Med oppvarming over 2 m, eller over mastens vippepunkt, har mastene vært enkelt tilgjengelige for firing og heising, selv om vinteren. Is under 2 m har vi i størst mulig grad gjort enkelt å fjerne ved å pakke denne delen av mastene inn i presenninger. Det er vanskelig å unngå at temperaturhytta iser ned eller tildekkes av is på en av sidene. For å fjerne dette må en banke is med varsomhet. Dette blir kun utført leilighetsvis.

Løsningen har fungert svært tilfredsstillende. Noe is har i ekstreme perioder festet seg på vindsensorenes sensorhoder, men meget sjeldent ført til feil i målingene, og aldri over lang tid (maks timer eller 1-2 døgn). Vi har hatt 3 tilfeller av skader på sensorhodene på en og samme stasjon (Sætertinden ved Tjeldsundet). Dette er ytre skader påført av is eller stein som fyker i lufta.



Figur 5. Vindstasjonen Narvik - Fagernesfjellet med 6 m oppvarmet mast.

4.5 Vindstasjoner med kort mast

I noen fjellterreng har vi valgt å bruke 5 eller 6 m master (se Figur 6 og Figur 7) ut fra forskjellige praktiske årsaker.

- Isingfare
- Ikke tilgang på 220 V
- Enklere byggesøknad og byggetillatelse har også vært en faktor noen steder.



Figur 6. Vindstasjonen Øksfjord - Deallja med 5 m mast og stort batteriskap.



Figur 7. Lebergsfjellet vindstasjon med 5 m mast.

5 Kostnader

Utlegg og innkjøp iht. avtalen med Scanmatic og egne bidrag (alt i 1000 kr og inkl. moms):

År	2013	2014	2015	2016	2017	2018	i alt
NVE bidrag materiell	1230	956	1274	1268	739	1600	7067
NVE bidrag MET arb.tid	300						300
SVV bidrag	957	1940	2045	2956	2212		10110
Bane NOR bidrag	925						925
SUM	3412	2896	3319	4224	2951	1700	18502

Innenfor prosjektets rammeavtale med Scanmatic har også Bane NOR og spesielt SVV direkte bestilt og betalt flere værstasjoner. Prosjektleder hos MET har ikke vært involvert og har heller ikke detaljer rundt disse.

MET har administrert prosjektet ved prosjektleder, utredere og teknisk planlegging, samt utarbeidelse av spesielle løsninger i samarbeid med Scanmatic. Dette arbeidet anslås til ca 1 årsverk pr år, i alt 6 årsverk. I tillegg har MET bidratt med div. monteringsmateriell; strålingshytter, traverser og noen vindmaster. I gjennomsnitt utgjør dette kostnader på ca 10 kkr pr stasjon og i alt varer for ca 0.5 mill.

6 Stedsvalg og utredninger

6.1 Årlige innspill og stedsvalg

Det har vært innspill fra, og dialoger med NVE og SVV vedrørende behov for og plasseringer av værstasjoner under hele prosjektperioden. Vi hadde spesielt årlige møter med SVV v/Knut Inge Orset i desember der det ble diskutert hva som skulle prioriteres neste år. Ofte var det også møter i mai for å justere planer og status for aktivitetene inneværende år.

Vi har hatt fokus på å samarbeide med andre aktører som har værstasjoner i aktuelle områder. Her er erfaringene ikke udelt positive: kostnadene ved oppgraderinger i hht våre krav ble ofte nesten like store som ved nyetableringer. Men på driftsiden tjener vi på å ha andre som etterser og tømmer bøtter. Her er imidlertid et framtidig potensiale hos flere stasjoner som eies av kraftbransjen, dersom vi kan gå for enklere løsninger med f.eks. kun temperatur og snødybde. Her er det foreløpig kun kartlagt mulige tiltak.

Vindstasjoner ble i størst mulig grad plassert i høgfjellsområder der dekningen fra før var mangelfull. I starten var utgangspunktet også å montere nedbørstasjoner nær vindstasjoner og lengre ned i terrenget. Men etter hvert ble det av praktiske årsaker funnet best å utrede steder for nedbørstasjoner uavhengig av vindstasjonene og ut fra generelt manglende dekning og praktiske hensyn som tilgang til 220 V kraft. Nedbørstasjoner fungerer best under tregrensen da eksponering for sterke vinder og fokk er betydelige feilkilder.

6.2 MET utredninger

MET utredet stasjoner mht. presise steder, grunneiere og grunnleieavtaler samt tilsynsavtaler. MET bestilte også kraft der dette var tilgjengelig og da helst ved eget abonnement. I noen tilfeller avtalte vi kraft fra private abonnemeter og la inn betaling i leieavtalen.

I regelen gjennomførte MET befaringer før byggesak ble igangsatt, men ofte ble også detaljer avklart ved innspill og info fra stedlige kjentfolk; skredobservatører eller grunneiere.

6.3 Byggesaker – problemer

Alle konstruksjoner over 5 m krever byggesaksbehandling. Noen steder (kommuner) ble dette nokså omfattende og vi valgte derfor 5 m vindmaster noen få steder. Master for andre instrumenter og skap er 3 eller 5 m avhengig av snødybden på stedet.

6.4 Grunnleieavtaler

Det har blitt inngått leieavtale for bruk av grunn for alle stasjoner. På de fleste steder har vi avtale med private grunneiere, men også med Statskog og også noen fjellstasjoner med Norkring som grunneier. Viktig punkt i leieavtalene er langsiktig stabilitet mht. endringer i omgivelsene som kan påvirke målingene.

6.5 Tilsynsavtaler

Som et tiltak for å minimalisere nedetid, er det inngått avtaler med lokal tilsynspersoner i nærheten av stasjonene som kan bidra ved evt. driftsproblemer (enkel visuell og teknisk diagnose på åpenbare feil eller skader). For nedbørstasjoner er tilsynets viktigste rolle å tømme nedbørbøtta. Vanligvis er lokal tilsynsmann grunneier, mens andre steder er dette en rimelig teknisk kyndig person som bor i nærheten av stasjonen. For Norkring-stasjonene har vi tilsynsavtale med Norkring sin driftsoperatør (for tiden Rejlers).

7 Monteringer

7.1 Scanmatic monteringer

De fleste stasjoner er montert av Scanmatic Elektro (SMEL). De brukte arbeidslag på to mann, begge elektrikere. Arbeidene ble teknisk svært godt utført. Noe ekstra tid påløp noen steder da arbeidslagene måtte bruke ekstra reisetid fra sine baser der de var stasjonert for andre større arbeider.

7.2 MET monteringer

MET utførte monteringer på ca 5 stasjoner utført av egne driftsingeniører, som alle har lang erfaring og gode rutiner på slike arbeider.

7.3 Uforutsette kostnader monteringer

Ved et par tilfeller (Kappfjellet, Gullingen skisenter) feilberegnet SMEL tidlig vinter og måtte derfor gjennomføre flere reiser enn vanlig. Ellers ble alle monteringer gjennomført effektivt og med tilfredsstillende resultater.

8 Drift og vedlikehold

Etter avtale i samarbeidet mellom NVE, SVV og MET har MET påtatt seg eierskap og driftsansvar for de stasjonene som er anskaffet i fellesskap. Ansvaret for drift innebærer:

- Forbyggende vedlikehold
- Kvalitetskontroller i sann tid
- Inspeksjoner
- Reparasjoner

Selv om den tekniske kvaliteten på stasjonene er god og stabil, har vi erfart mer ressurskrevende drift enn først antatt. Spesielt pga. at enkelte stasjoner er vanskelig tilgjengelige. Vi har imidlertid hatt stor hjelp fra lokale ressurser; tilsynspersoner vi har egne avtaler med (også skredobservatører) og firma som drifter Norkring sine anlegg. Vi har forsøkt å prioritere stasjonenes oppetid spesielt i sesongen for skredvarsling.

9 Oppnåelse stasjonsdekning

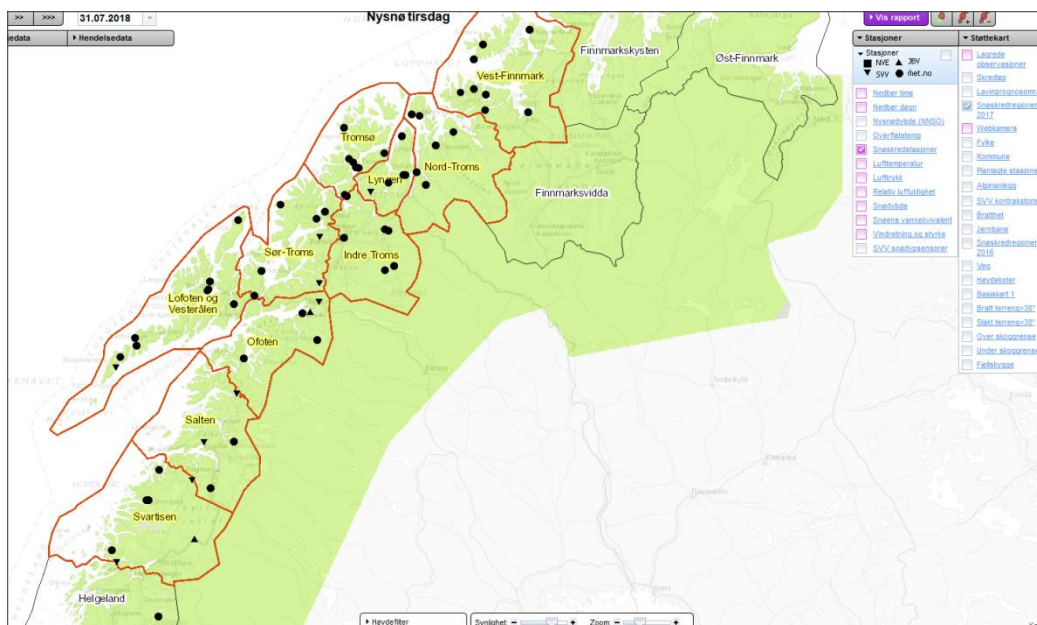
68 stasjoner er nyetablert eller vesentlig oppgradert.

62 er bestilt via prosjektadministrasjonen/MET og flere ved direkte bestillinger fra Bane NOR og SVV.

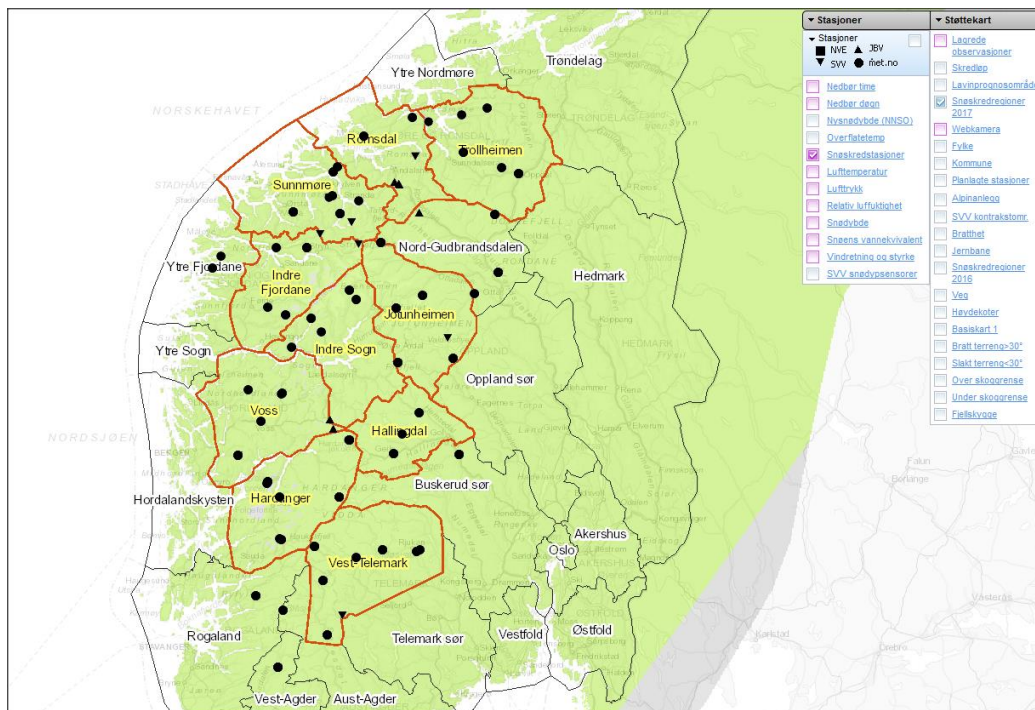
52 stasjoner måler vind, 39 stasjoner måler nedbør og 24 begge deler.

9.1 Regionsdekning

Figur 8 og Figur 9 viser kartutsnitt hentet fra xgeo.no som er et ekspertverktøy som brukes til beredskap, overvåking og varsling av flom, jordskred og snøskred. Kartene viser stasjoner under kategorien «Snøskredstasjoner». I denne kategorien er det både stasjoner etablert i skredprosjektet og andre stasjoner som er nyttig for skredvarslingen. Her framgår at vi har minst 2 vindstasjoner og 2 nedbørstasjoner i hver region.



Figur 8. Kartutsnitt av Nord-Norge hentet fra xgeo.no som viser varslingsregionene



Figur 9. Kartutsnitt av Sør-Norge hentet fra xgeo.no som viser stasjoner under kategorien «Snøskredstasjoner».

9.2 Stasjonsoversikt

Tabell 1 viser en oversikt over alle skredstasjonene med følgende informasjon:

Hs: Stasjonshøyde

P: Kraftforsyning

V: Vindmålinger

RR: Nedbørmålinger

SA: Snødybdemålinger

TSS: Flatetemperaturmålinger

Q: Kortbølget strålingsmåling

TJ: Jordtemperaturmåling

Tabell 1. Oversikt over skredstasjoner (sortert etter avtagende stasjonsnummer, høgst i nord og øst).

St.nr	Region		Stasjon	Hs	P	V	RR	SA	TSS	Q	TJ
Antall			68			52	39	40	23	12	18
99870	0.1	Svalbard/ Nordenskiöld Land	Adventdalen	15	220	1*	1	1	1		
99843	0.1	Svalbard/ Nordenskiöld Land	Platåberget III	450	220	1	1	1	1	1	
99762	0.1	Svalbard/ Nordenskiöld Land	Sveagruva II	50	220	1	1	1	1		1
93301	1.1	Finnmarks- vidda	Suolovuopmi - Lulit	381	220	1	1	1	1		1
92860	1.1	Vest-Finnmark	Øksfjord - Deallja	560	12	1					
92650	1.1	Vest-Finnmark	Nuvsvåg	27	220		1	1			1
92350	1.12	Nord-Troms	Nordstraum i Kvænangen	20	220	1	1	1	1		1
91729	1.12	Nord-Troms	Arnøya - Trolltinden	850	220	1					
91180	1.13	Lyngen	Lenangsstraumen	45	220		1	1	1		1
91130	1.13	Lyngen	Lyngen - Gjerdvassbu	710	12			1			

* Ikke driftet av MET

St.nr	Region		Stasjon	Hs	P	V	RR	SA	TSS	Q	TJ
91120	1.13	Lyngen	Lyngen-Gjerdelvdalen	670	12	1					
90110	1.11	Tromsø	Mortenthalsskolten	740	12	1					
90100	1.11	Tromsø	Malangen - Pålfinnmoen	124	220		1	1			1
89985	1.15	Indre Troms	Sjufjellet	1020	12	1		1		1	
89980	1.15	Indre Troms	Tamokdalen	230	220		1	1			
89010	1.14	Sør-Troms	Kistefjell	982	220	1					
88100	1.15	Indre Troms	Bones i Bardu	233	220		1	1	1		1
87772	1.16	Lofoten og Vesterålen	Sætertinden ved Tjeldsundet	1095	220	1					
87000	1.16	Lofoten og Vesterålen	Ånstadblåheia	500	220	1		1		1	
85560	1.16	Lofoten og Vesterålen	Leknes lufthavn	26	220	1*	1				
85080	1.16	Lofoten og Vesterålen	Kanstadbotn	6	220		1	1	1		1
84900	1.17	Ofoten	Bjørnfjell	512	220	1	1	1			
84880	1.17	Ofoten	Katterat	365	220	1	1	1			
84630	1.17	Ofoten	Narvik - Fagernesfjellet	1000	220	1					
84210	1.17	Ofoten	Losistua	740	220	1	1	1		1	
82720	1.18	Salten	Sisovatnet	665	220	1*	1	1	1		
80880	1.19	Svartisen	Sandhornøya - Våtvikfjellet	600	12	1					
80707	1.19	Svartisen	Glomfjord - Tverrfjellet	930	12	1					
80705	1.19	Svartisen	Glomfjord - Skihytta	520	220	1	1	1			

* Ikke driftet av MET

St.nr	Region		Stasjon	Hs	P	V	RR	SA	TSS	Q	TJ
80200	1.19	Svartisen	Lurøy	115	220		1	1	1		1
77490	1.2	Helgeland	Kappfjellet	940	220	1					
64700	2.11	Trollheimen	Innerdalen	405	220		1	1			
63820	2.11	Trollheimen	Drivdalen	680	220	1	1				
63630	2.11	Trollheimen	Trollheimen - Storhornet	1550	12	1			1		
62980	2.1	Romsdal	Gjemnes - Reinsfjellet	990	220	1					
62295	2.1	Romsdal	Molde - Hindalsrøra	258	220	1*	1	1			
60810	2.12	Sunnmøre	Lebergfjellet	625	220	1				1	
60190	2.12	Sunnmøre	Roaldshornet	1050	220	1					
59695	2.12	Sunnmøre	Ørsta - Eitrefjell	690	220	1	1	1			
58860	2.13	Indre Fjordane	Trolledalsegga	1020	220	1					
57790	2.24	Ytre Fjordane	Myklebustfjellet	715	12	1					
57340	2.13	Indre Fjordane	Jølster - Kvamsfjellet	980	12	1					
56960	2.13	Indre Fjordane	Haukedal	311	220		1	1	1		1
55425	2.14	Indre Sogn	Spørteggbu	1585	12	1			1		
55420	2.14	Indre Sogn	Jostedalen - Breheimsenteret	243	220		1	1			
53480	2.14	Indre Sogn	Klevavatnet	960	220	1	1	1			
55290	2.15	Jotunheimen	Sognefjellhytta	1413	220	1	1				
53530	2.16	Voss	Midstova	1162	220	1	1	1	1	1	

* Ikke driftet av MET

St.nr	Region		Stasjon	Hs	P	V	RR	SA	TSS	Q	TJ
51990	2.16	Voss	Myrkdalen - Vetlebotn	700	220		1	1			
51980	2.16	Voss	Myrkdalen - Ondrahaugen	853	220	1					
49420	2.18	Hardanger	Skjeggedal	470	220		1	1	1		
49087	2.18	Hardanger	Folgefonna skisenter topp	1390	12	1					
49085	2.18	Hardanger	Folgefonna skisenter	1212	220	1	1	1			
46432	2.18	Hardanger	Røldalsfjellet - Elvershei	1370	12	1					
46430	2.18	Hardanger	Røldalsfjellet	1010	220		1	1			
46220	2.20	Rogaland	Gullingen skisenter	639	220	1	1	1	1		
33590	2.19	Vest-Telemark	Haukeliseter testfelt	990	220	1	1	1	1	1	
33300	2.19	Vest Telemark	Honnegrasnuten	1340	12	1					
32890	2.19	Vest-Telemark	Høydalsmo II	560	220	1	1	1	1		1
31970	2.19	Vest-Telemark	Gaustatoppen	1804	220	1					
31400	2.19	Vest-Telemark	Fyriegg	1008	220		1	1			
25630	2.17	Hallingdal	Geilo - Olderbråten	772	220	1	1	1	1		1
25115	2.17	Hallingdal	Hemsedal skisenter	1344	220	1			1	1	
16400	2.21	Nord-Gudbrandsdal	Dovre - Lannem	560	220	1	1	1	1	1	1
16271	2.21	Nord-Gudbrandsdal	Høvringen II	940	220	1	1	1		1	
15430	2.15	Jotunheimen	Bøverdal	701	220		1	1	1		1
9380	2.2	Nord-Gudbrandsdal	Snøheim	1475	12	1		1		1	1
210	2.22	Hedmark	Trysil - Nordre Kanken	1020	220	1			1	1	1

9.3 Referansestasjoner

I prosjektet har vi definert 4 referansestasjoner, Dovre - Lannem, Midtstova (begge eies av Bane NOR), Filefjell - Kyrkjestølane (eies av NVE) og Haukeliseter testfelt (eies av MET). Dovre - Lannem ble nymontert i prosjektet, mens de andre ble oppgradert med sensorer iht. prosjektets krav. Haukeliseter ble oppdatert med strålingsmålere.

9.4 Oppfylld av spesielle behov/ønsker

Strålingsmålinger:

Etter ønske fra de som jobber med snømodellering ble det på utvalgte stasjoner med mest mulig fri horisont montert enkel en globalstrålingsmåler.

På referansestasjonene er det montert mer omfattende sensorer, bl.a. for alle 4 hovedkomponenter (kortbølget stråling opp/ned, langbølget stråling opp/ned).

Grunnvannmålinger:

Ingen.

10 Oppetid og datakvalitet

10.1 Oppetid stasjonsnivå

Vi har hatt og har en del problemer med kommunikasjon med stasjonene. GPRS rutere vi bruker er ikke alltid stabile, eller Telenor sitt nett er ikke alltid stabilt. Resultatet av begge problemer er perioder med manglende kontakt med stasjoner. Ofte må besøk til for resetting av modem eller utskifting av modem. Årsaken til disse problemene er ikke absolutt klarlagt, men resetting/utskifting av ruter retter nesten alltid på situasjonen.

Tabell 2 nedenfor viser oppetider der man har brukt tilgjengelighet av lufttemperatur (montert på alle stasjoner). Tabellen viser oppetid totalt og oppetid uten å ta med kjente kommunikasjonsproblemer. Siste er relevant da vi fra og med 2018 mener å få bedre kontroll på kommunikasjonsproblemene pga. etter hvert overgang til 4G teknologi på alle stasjoner.

Tabell 2. Oppetider på skredstasjonene (brukt lufttemperatur som er montert på alle stasjoner).

År	# stasjoner i drift	oppetid %	Oppetid % med fradrag komm probl
2013	10	99.5	99.5
2014	15	89	96
2015	38	99	99
2016	44	95	97
2017	54	93	97
2018	58	97	98

Utfordringer med strømforsyningen har også hatt påvirkning på oppetiden. Det har vært perioder med strømstans fra kraftleverandør noen steder, og i noen tilfeller har det tatt lang tid å få aktivisert utslått sikring/overspenningsvern. Spesielt har det vært noen lange perioder med utslått vern på Losistua. Her skal vi nå montere mer robust vern. Ved stasjonen Sisovatnet har høgspenninglinjene vært utslått noen uker i slengen.

Vi har også erfart skader ved lynhendelser. Spesielt har vi hatt 2 tilfeller på Gaustatoppen (august 2017 og juli 2018) og med påfølgende lang tid for utbedring av skader. Vi har nå i september 2018 gjennomgått Gaustatoppen-montasjene sammen med eksperter på lynvern/jording og skal vurdere tiltak avhengig av kostnader. MET kan ha interesse av å bruke Gaustatoppen som teststed for utvikling av lynvern for værstasjoner generelt og vindmaster spesielt. I tillegg har stasjonen har vært et veldig nyttig teststed for vindsensorer og dimensjonering av oppvarming mht. isingsproblemer.

Vi har sist sommer hatt to tilfeller av lynskader på Nuvsvåg, men fikk reparert skadene relativt raskt ved hjelp av tilsynsmann og lokal elektriker.

10.2 Oppetid parameternivå

På utsatte steder har mekaniske vindmålere (uten oppvarming) stanset pga. rim/is. Oftest har de startet igjen «av seg selv» etter periode med vind da vibrasjoner har løst rim/is på sensorenes bevegelige deler. I noen få tilfeller har isingen etablert seg og besøk har vært nødvendig for av-ising.

Soniske vindsensorer har i meget liten grad manglet verdier, kun i korte perioder pga. ising (storm og fuktig nedbør i lav temperatur). Disse av-iser seg selv ved hjelp av innebygget robust oppvarming.

Snødybdesensorer har liknende problem ved at aperturåpningen av og til tettes i vær med snøfokk. Denne har alltid åpnet seg av seg selv etter kort tid, maks noen få dager. Fra og med 2017 har vi tatt i bruk ny modell med oppvarmet åpning i aperturen. Vi kan så langt ikke se problemer med disse.

På et par ekstremstasjoner har vi erfart at kabel til temperatursensor er slitt av pga islast. Dette blir fortløpende utbedret ved forsterket kabeloppheng.

Andre sensorer har ingen problemer med oppetid.

10.3 Datakvalitet

Som beskrevet i kapittel 14 «Problemer», har vi svakhet med beregning av akkumulert nedbør i sterk vind. Dette har medført for stor akkumulert verdi i stormperioder. Dette har stor fokus fra MET, og vi skal snart introdusere forbedret beregningsalgoritme. Problem med motsatt fortegn er nedbørmålerens manglende oppfangning av spesielt snø i sterk vind. For korreksjon av nedbørtap som følge av vindhastighet, er det utviklet omfattende formelverk. MET bruker imidlertid ikke dette i sanntid eller operativt.

Vi har ikke erfart problemer med datakvaliteten for noen andre måleparametre.

MET har gjennom siste årene analysert måledata fra aktuelle sensorer mht. spesielt vind, snødybde og temperatur uten å kunne påvise spesielle problemer eller avvik.

10.4 Framtidige tiltak for økt oppetid

For å forbedre kommunikasjonen fra stasjonene har vi fra 2018 tatt i bruk 4G/LTE rutere og tilhørende antenner, og om nødvendig også antenner med retningsforsterking. 4G teknologi skal være mer robust og stabil enn 2G (batteristasjoner) og 3G (220 V stasjoner) som vi inntil i år har brukt. Eldre monteringer får etter hvert slik oppgradering.

10.5 Framtidige tiltak for økt datakvalitet

Et tiltak for å få øke datakvaliteten er introduksjon av ny algoritme for beregning av akkumulert nedbør målt med Geonor vektmåler.

Vi vil også vurdere å ha fokus på alternative målemetoder, spesielt optiske målere. Testinger på Haukeliseter testfelt og div. internasjonale tester har foreløpig vist at kjente optiske partikkeldetektorer ikke er tilstrekkelig presise mht. akkumulert mengde snø i sterk vind (usikkerhet opp mot 30 % i beste fall, og for de fleste over 100 % overestimering i sterk vind og snø). Men på dette området er det siste året en viss utvikling spesielt rettet mot større presisjon for akkumulert nedbør. Dette vil følges opp av MET.

11 Nytteverdi

11.1 Nytteverdi for snøskredvarslingen

Etter to testsesonger ble snøskredvarslingen operativ vinteren 2012/2013. I testperioden ble behovet for værstasjoner i høyden tydelig og et viktig satsningsområde videre i prosjektet. Nye værstasjoner ville være til nytte i snøskredvarslinga på flere måter:

- Observatøren kunne bruke værdata for å vurdere hvor det var mest hensiktsmessig å dra på observasjonstur.
- Skredvarsleren fikk førstehånds informasjon om været i fjellet og om værprognosene stemte.
- De griddede dataene på xgeo ville bli mer nøyaktige med flere relevante værstasjoner. Det er verdifullt for både skredvarslingen (snø- og jord) og flomvarslingen.

Bevilgningene til nye værstasjoner økte mye fra 2013. Ut fra en prioriteringsliste utarbeidet med bakgrunn i testvarslingen ble stasjoner med enkel saksbehandling og adkomst montert først. Observatører i snøskredvarslingen ble i liten grad involvert det første året. Fra 2014 bidrog observatører og ikke minst skredvarslere med innspill på nye plasseringer og i mange tilfeller også befaring og oppfølging etter bygging. Værvarslet er sammen med informasjon om snødekket den viktigste parameteren for å lage et godt snøskredvarsel. Observerte snøskred er den beste måten å evaluere snøskredvarselet. Bortsett fra observatørene er det kun satellittbilder i noen få regioner som kan gi informasjon om skredaktivitet. Data fra automatiske værstasjoner vil derfor være et viktig hjelpemiddel i de daglige varslingsrutinene for å evaluere værvarselet. Vindstasjoner er spesielt nødvendige for å vurdere snøtransport i fjellet. Alle stasjoner har også temperaturmålinger og er nyttige for å beregne nullgradersgrense og værforhold med inversjon. Når det gjelder etablering av nedbørstasjoner er det særlig viktig fordi snøskredvarslingen skal varsle høyeste faregrad innenfor hvert varslingsområde (minimum størrelse på 100 km²). Det vil derfor være nyttig å etablere værstasjoner der det normalt kommer mye nedbør.

11.2 Nytteverdi for flom- og jordskredvarslingen

Flom- og jordskredvarslene er i hovedsak basert på hydrometeorologiske prognoser (modellberegninger). Modellene bruker interpolerte verdier for nedbør og temperatur (griddata) fra MET sitt landsdekkende stasjonsnett som inndata. Flere av modellens simulerte variabler kan sees som ulike temalag i www.xgeo.no eller www.senorge.no. Gode eksempler på kart som er avledet fra observert nedbør og temperatur og som brukes aktivt i varslingen er vannmetning i jord, hydrometeorologiske indekser, nedbør i % av 5-årsgjenntaksintervall m.fl.

Gode observasjoner er derfor vesentlige for å få gode griddata og der igjen hydrologiske simuleringer og kartlag. En bedre dekning av meteorologiske målestasjoner (nedbør, temperatur, vind), særlig i fjellområder har vært svært viktig for både flom- og jordskredvarslingen for å få bedre presisjon for varslene som dekker i fjellområdene og vassdrag som drenerer fjellet. Observasjoner av andre parameter som vindhastighet, relativ fuktighet og skydekke (stråling) gjør det mulig å utvikle fysiske baserte modeller som simulerer bla. snøforhold, snøsmelting og evapotranspirasjon på en bedre måte.

Etableringen av høyfjellsstasjoner er særlig viktig der snø og snøsmelting er en del av vurderingsgrunnlaget for varslene, og snømålenettverket til MET inngår i en ukentlig evaluering av modellene. I tillegg er måling av vind og vindhastighet verdifull i vurderingen av hvor raskt snøen smelter og der igjen potensialet for både flom, jordskred og sørpeskred.

11.3 Nytteverdier utover varslingstjenestene

De griddede kartene i seNorge og xgeo danner utgangspunkt for flere typer modelleringer og hydrologiske modeller. At stasjonsnettet er forbedret og økt, også med stasjoner som ligger i høyden, vil bidra til bedre presisjon både hydrologiske modeller som ikke nødvendigvis brukes direkte i den daglige varslingen samt i ulike klimamodeller. Sammenlikninger av observasjoner og griddata har vist at griddene underestimerer nedbøren med høyden, spesielt i Nord-Norge og det er nær knyttet til lav stasjonstetthet i denne delen av landet, spesielt i høyden.

11.4 Evaluering av vindstasjonene

Nye værstasjoner var planlagt med et visst antall i hver region. Regionene har i ettertid blitt endret. Noen regioner, for eksempel Indre Fjordane har i 2018 fire vindstasjoner, i eller like utenfor regionen. Mens Indre Sogn bare har en.

Vi ser også at mange stasjoner tilfeldigvis har blitt plassert i samme høydenivå i de sørligste varslingsregionene, for eksempel Folgefonna topp, Røldalsfjellet - Elvershei, Honnegrasnuten og Hemsedal skisenter (1340-1390moh).

Selv om det er mange stasjoner innenfor et område har dette vært nødvendig, både fordi ising gir brudd i måleserien og fordi flere stasjoner har hatt andre tekniske utfordringer i oppstartfasen. Temperaturmålinger fra de stasjonene som ligger i samme høydenivå i Sør-Norge har vært overraskende like og ideelt sett burde stasjonene vært montert i flere høydenivå.

Ingen stasjoner gir dårlige vinddata, men det kunne nok vært mer fokus på geografisk plassering enn regionsgrenser i oppstartfasen. Det er også et dilemma om stasjonen skal plasseres på en fjelltopp der målingene er uavhengig av topografien og de høyeste hastighetene forventes, eller lavere ned i terreng som kanskje er mer representative for løsneområdene. Et eksempel er Myrkdalen - Ondrahaugen som ofte måler mindre vind enn det som forventes andre steder i varslingsregionen.

11.5 Evaluering av nedbør- og snødybdestasjonene

De første årene var det et mål å ha nedbørsmålinger i nærheten en toppstasjon for å enklere se på temperaturgradienter. I noen tilfeller gikk nok dette på bekostning av å finne en representativ lokalitet. Både Folgefonna skisenter og Glomfjord skihytta har noe dårlig plassering med tanke på for eksempel snødybdemåling.

De første årene gav korte tidsfrister begrenset mulighet til å vurdere lokalitetene i detalj. Seinere har det vært bedre tid til planlegging og dialog med lokale observatører. Resultatet er mer gjennomtenkte monteringer på riktige steder med færre feil. Stasjoner som Kanstadbotn, Lurøy og Gullingen skisenter har ofte store avvik i nedbør fra andre stasjoner i nærheten og kan være dimensjonerende ved utarbeidelse av skredvarsel. Som skredvarsler må man få erfaring med stasjonene og kjenne til når værdataene skal vektlegges ekstra. Samtidig må vi være åpne for at stasjoner som ikke gir tilfredsstillende målinger må flyttes.

Skredstasjonene som er montert har generelt gitt et mye bedre beslutningsgrunnlag for å utarbeide snøskredvarsel. Tilgang på strøm og lett adkomst for service gir høyere oppetid og bedre kvalitet, men må veies opp mot om lokaliteten gir relevante måleverdier. Toppstasjoner som måler vind og temperatur viser overraskende lite variasjon over store områder, mens nedbørstasjoner har større variasjoner. Plassering av

disse er svært viktig og nedbørstasjoner over skoggrensa blir tilnærmet ubrukelige ved uvær. Det anbefales derfor at nye nedbørstasjoner plasseres godt skjermet for vind under skoggrensa for å få pålitelige målinger. Det har vært fokus på overflatetemperatur de siste årene. Dette er svært nyttig for snøskredvarslingen ved at økt utstråling gir stor mulighet for dannelse av svake lag i eller nær overflaten.

12 Anbefalinger for fremtidige utbygginger

MET, NVE og SVV har diskutert og kommet frem til følgende anbefalinger for fremtidige utbygginger som vil være til nytte for skredvarslingen:

- Stasjon på Sjusjøen, som vil føre til stor forbedring i de griddede kartene. Det vil være av stor betydning når det gjelder varsling av flomfare og jordskredfare i området, særlig under snørike vintre der modellene har vist seg å underestimere.
- Økt fokus på modellutvikling – det nåværende nedbørgriddet har for lite nedbør i høyden.
- Enda mer samarbeid på tvers av etater når det gjelder etablering av stasjoner er ønskelig. Vi er allerede veldig godt i gang, men kan samsnakkes mer når det gjelder etablering av andre parametere som snøens vannekvivalent, vannføring, grunnvann m.m.
- Skredstasjonene som er montert har gitt et mye bedre beslutningsgrunnlag for å utarbeide snøskredvarsel. Tilgang på strøm og lett adkomst for service gir høyere oppetid og bedre kvalitet, men må veies opp mot om lokaliteten gir relevante måleverdier. Toppstasjoner som måler vind og temperatur viser overraskende lite variasjon over store områder, mens nedbørstasjoner har større variasjoner. Plassering av disse er svært viktig og nedbørstasjoner over skoggrensa blir tilnærmet ubrukelige ved uvær. Det anbefales derfor at nye nedbørstasjoner plasseres godt skjermet for vind under skoggrensa for å få pålitelige målinger.
- Det har vært fokus på overflatetemperatur de siste årene. Dette er svært nyttig for snøskredvarslinga å registrere utstråling som gir mulighet for dannelse av svake lag i eller nær overflaten. Sensorer for måling av snøflatens temperatur ønskes etablert på flere stasjoner. Prioritert liste og kostnadsdekning kommer fra SVV og NVE.
- Søke samarbeid med andre som har værstasjoner som kan utbygges til våre formål. Spesielt innen kraftbransjen er potensialet stort. I prosjektet er

kartlagt en del muligheter der relativt enkle tiltak må bekostes for å få tilgang på nedbørdata.

- Det må utredes nytte og behov for flere strålingsmålinger, kortbølget og langbølget.
- Der bør på sikt monteres vindsensorer i høyde med nedbørmålere for å muliggjøre vindkorreksjoner av nedbør. Unntatt er nedbørstasjoner som fra før har vindmåler i standard høyde.

13 Tekniske løsninger

Nedenfor følger kort beskrivelse av logger og sensorer som er benyttet i skredprosjektet. Alle enheter oppfyller WMO og MET krav.

13.1 Loggere

Inntil 2016 ble det nyttet logger modell SM5049. Fra og med 2016 tok vi i bruk ny modell SM5059. Største forskjellen er at siste modell har flere direkte signalinnganger, både analoge og digitale, slik at vi unngår ekstra signalomformere mellom sensorer og logger. Begge modeller er meget fleksible ved omfattende konfigureringsmuligheter. Dette er bl.a. utnyttet for å redusere støy på nedbørmålinger ved å eksperimentere med intervaller for statistikk tid. Samme muligheter er nyttet for støyreduksjoner på andre målinger som snødybde og flatetemperatur.

13.2 Trykksensor



Vaisala PTB 330.

Dette er MET sin standard trykksensor. Erfares meget langtidsstabil og med bra temperaturstabilitet. Oppløsning bedre enn 0.01 hPa. Nøyaktighet bedre enn 0.1 hPa. Temperaturstabil innen 0.1 hPa for -20 til + 40 gr C.

13.3 Lufttemperatursensor



Pt₁₀₀ 1/10 DIN element støpt inn i plexiglassrør montert inn i MET strålingshytte.

MET standard i over 20 år.

Meget langtidsstabil. Omtrent aldri feil.

Sensornøyaktighet bedre enn 0.1 gr C.

Total nøyaktighet i måleløsning er avhengig av strålingseffekter og luftas stabilitet.

Med dagens MET strålingshytte (MI2002) regner vi absolutt nøyaktighet å være bedre enn 0.3 gr C ved noe vind/utlufting. Dette sjekkes jevnlig ved inspeksjoner og test mot reisenormal. Større avvik enn kravet 0.3 gr C er ikke avdekket unntatt ved ytre skader på sensor eller kabel.

13.4 Bakketemperatursensor

Samme som over, men innstøpt i 2 lag vanntette krympestrømper for ekstra vanntetthet.

Montert på bakken ca 5 cm under bakkeflaten og noen meter til siden for instrumentmasta.

13.5 Luftfuktsensor



Vaisala HMP155.

Rimelig stabil (innen 0/- 5 % pr år), men pga. at sensorelementet påvirkes av forurensing og saltbelegg over tid må sensoren skiftes helst hvert år. Unntak er i tørt innland der vi sifter hvert 2-3 år.

I skredprosjektet har vi pga krav til utskiftinger valgt å ikke bruke slike sensorer annet enn på enkelte nedbørstasjoner der MET har spesielle ønsker om dette og har regelmessig tilsyn.

13.6 Vindmåler



Vaisala WMT700-serien

Vi bruker Vaisala WMT702 (150 W varme, måleområde 0 – 60 m/s) eller på utsatte steder WMT703 (250 W varme; måleområde 0 – 75 m/s).

Nøyaktighet hastighet er 0.1 ms⁻¹. Retning 2%.

Etter testing på Gaustatoppen angående ising, der vi sammenlignet ny ekstremsensor fra GILL og ekstremutgave fra Vaisala, kom vi fram til at Vaisala modell WMT703 var

best egnet mht. isingsfare. Vi valgte denne og også annen modell (WMT702) i samme sensorserie for stasjoner uten spesiell stor isingsfare.

Vi bruker utgave med maks oppvarming (250 W) på ekstremstasjoner og utgave med middel oppvarming (150W) ellers.

Vi har veldig få problemer med disse, kun sjeldne og korte perioder (timer) med nedising før varmeelementene smelter isen. Ett unntak er vindmåleren på Sætertinden der sensoren flere ganger er skadet av ukjente partikler som knuser de keramiske sensorhodene (antatt ispartikler eller steiner pga helikoptertrafikk).



Young mekanisk vindmåler

For batteridrevne stasjoner bruker vi Young mekanisk måler som MET har gode erfaringer med. Materialet har et spesielt belegg som i størst mulig grad skal hindre at is/rim fester seg.

Men da der ikke er oppvarming vil vi selvsagt i enkelte situasjoner oppleve stans i målingene pga av at delene er låst av ising. Vi har selvfølgelig ikke kontroll på målenøyaktigheten i perioder når is/rim bygger seg opp på de bevegelige delene og før full stans, men erfaringer tilsier at slike belegg ristes av ved vind over en viss styrke og tid (frisk bris erfares tilstrekkelig). Også helt fastfrosset proplell løsner med noe vind. Kun i veldig få situasjoner har vi vært nødt til selv (tilsynsmenn) å fjerne is.

13.7 Nedbørmåler

Geonor nedbørmåler er MET sin standard helårsmåler. Oppløsningen for sensorene er 0.01 mm. Ved tilstrekkelig lang statistikketid (5 minutter) for beregninger av 1 minutt glidende oppdateringer oppnår vi stabilitet på 0.05 mm. For situasjoner med kraftig vind stort sett bedre enn 0.1 mm.

Pr i dag beregner vi nedbør for 10 min diskrete perioder. Med lang statistikketid på grunnleggende beregning blir tidspresisjonen noe begrenset, men måleverdiene bra stabile og feilfrie.

Måleusikkerheten kan være stedlig spesifikk pga forskjeller i konstruksjonsdetaljer og vindeksponering.

Vi har i skredprosjektet startet med streng for 1000 mm for å redusere hyppigheten på tømminger i forhold til vanligvis 600 mm strenger. Erfaringer fra testfeltet på Haukelisetter tilsier at 1000 mm strenger er stabile. Men etter hvert har vi erfart og dokumentert at de er mer problematiske mht. vindpåvirkninger enn 600 mm strenger. Vindgenererte vibrasjoner i måleoppsettet påvirkes av selve montasjen (spesielt høyden) og gir større absolutt målestøy-feil jo tyngre bøttene er. Se pkt 14.1 nedenfor.

I nær framtid skal vi introdusere ny beregningsalgoritme i alle loggere som i stor grad eliminerer spesielt vindgenerert støy. Inntil dette er på plass har vi fra 2018 valgt å bruke 600 mm bøtter for å begrense denne støyen.

13.8 Nedbørindikator



Thies nedbørindikator Ja/Nei.

Signalet fra Thies nedbørindikator inngår i MET sin algoritme for beregning av akkumulert nedbør i Geonor. Sensoren gir ut analog verdi som øker med nedbørintensiteten/dråpefluksen (4 – 20 mA). Vi har erfart og utredet hensiktsmessig terskelverdi (4.8 mA) i MET stasjonsnett som også brukes her. Denne verdien definerer signifikant målbar nedbør (JA/NEI) med vektmåler/geonor.

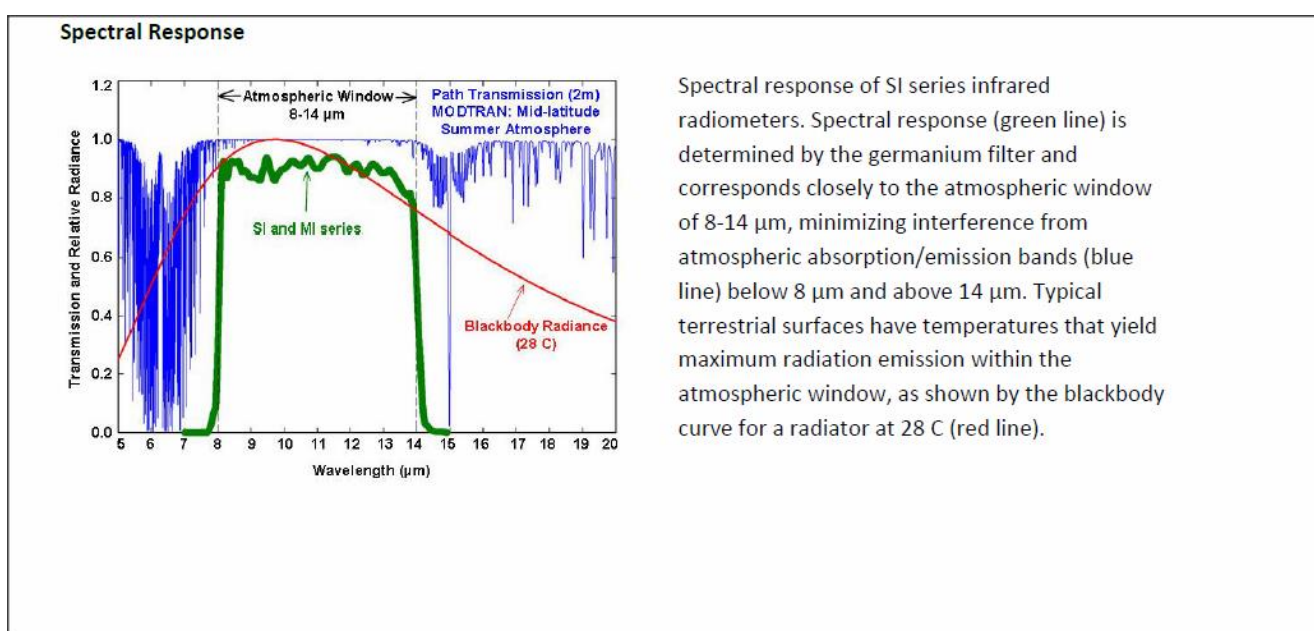
Sensoren er følsom for vibrasjoner og vi mistenker at sterk vind kan gi falske resultater avhengig av hvor fast montasjen er. Ny og mer vibrasjonssikker modell er under testing (gir annet utgangssignal og kan ikke uten videre inngå i dagens nedbør algoritme).

Ellers har vi for noen spesielt vindutsatte stasjoner satt inn større terskelverdi for bedre eliminasjon av vindstøy.

13.9 Flattemperatursensor



Apogee SI-411



Klipp fra sensormanual ang responsen.

SPECIFICATIONS				
	SI-411	SI-421	SI-431	SI-4H1
Input Voltage Requirement	5.5 to 24 V DC			
Current Drain	0.6 mA (quiescent), 1.3 mA (active)			
Calibration Uncertainty (-20 to 65 C), when target and detector temperature are within 20 C	0.2 C	0.2 C	0.3 C	0.2 C
Calibration Uncertainty (-40 to 80 C), when target and detector temperature are different by more than 20 C (see Calibration Traceability below)	0.5 C	0.5 C	0.6 C	0.5 C
Measurement Repeatability	less than 0.05 C			
Stability (Long-term Drift)	less than 2 % change in slope per year when germanium filter is maintained in a clean condition (see Maintenance and Recalibration section below)			
Response Time	0.6 s, time for detector signal to reach 95 % following a step change; fastest data transmission rate for SDI-12 circuitry is 1 s			
Field of View	22° half angle	18° half angle	14° half angle	32° horizontal half angle; 13° vertical half angle
Spectral Range	8 to 14 μm; atmospheric window (see Spectral Response below)			
Operating Environment	-45 to 80 C; 0 to 100 % relative humidity (non-condensing)			
Dimensions	23 mm diameter; 60 mm length			
Mass	190 g (with 5m of lead wire)			
Cable	5 m of two conductor, shielded, twisted-pair wire; additional cable available in multiples of 5 m; santoprene rubber jacket (high water resistance, high UV stability, flexibility in cold conditions); pigtail lead wires			

Calibration Traceability

Apogee SI series infrared radiometers are calibrated to the temperature of a custom blackbody cone held at multiple fixed temperatures over a range of radiometer (detector/sensor body) temperatures. The temperature of the blackbody cone is measured with replicate precision thermistors thermally bonded to the cone surface. The precision thermistors are calibrated for absolute temperature measurement against a platinum resistance thermometer (PRT) in a constant temperature bath. The PRT calibration is directly traceable to the NIST.

Klipp fra sensormanualen ang målespesifikasjoner.

Dette er IR-detektor som måler varmestråling fra bakken. Aperturvinkel for aktuell modell er 36 gr (medium apertur). Vi monterer i ca 30 gr vinkel. Sensoren beregner flatens temperatur ut fra strålingslovene. Den måler i spektralområdet 8 – 14 um (det atmosfæriske vindu der strålingen ikke påvirkes av vannpartikler).

Kalibrasjonsnøyaktighet er oppgitt til 0.2 °C for stråling fra svart legeme.

NB: i interne sensorberegninger av temperatur i gr C, er antatt at måleobjektet er «svart legeme», dvs med emissivitet 1. I virkeligheten er emissiviteten alltid litt mindre enn 1, men for alle naturlige materialer sjeldent mindre enn 0.9. Skal det oppnås optimal presisjon på beregning av måleobjektets temperatur, må det korrigeres for aktuell emissivitet. Men da emissiviteten for bakken er stedlig spesifikk og også varierer over året har vi så langt ikke gjort noe med dette.

Formel for korreksjon av flatetemperatur er i hht sensorens manual:

$$T_{\text{Target}} = \sqrt[4]{\frac{T_{\text{Sensor}}^4 - (1 - \varepsilon) \cdot T_{\text{Background}}^4}{\varepsilon}}$$

Da «epsilon» er nær 1 og T_{Sensor} og $T_{\text{Background}}$ er omtrent like og vi kan for korreksjoner bruke målt verdi dividert med $(\text{epsilon})^{1/4}$.

For dette prosjektets anvendelser er det imidlertid hovedsakelig temperaturen for snødekket bakke som er av interesse. For snøflater og innen aktuelt frekvensområde er emissiviteten meget nær 1, og vi kan utelate korreksjon uten at målefeilen blir større enn noen tidels grader.

Presis verdi for emissivitet er et meget vanskelig å utlede analytisk, og vanligvis brukes verdier målt med spesielt presise strålingsmålere nær bakken. Vi har her sjekket verdier fra nyere tilgjengelig litteratur og databaser basert på div feltmålinger og kartlegginger for forskjellige snøtyper og strålingsvinkler. (Dette området har stor viktighet i forbindelse med satellittmålinger). Det er viktig at verdiene er begrenset til å gjelde frekvensområdet 8-14 um. For hele det langbølgede spekteret er verdiene mer varierte og oftest lavere.

Ut fra dette finner vi at mest brukte verdier for frekvensområdet 8-14 um (optisk vindu, sensorens måleområde) er fra 1 til 0.998 for tørr nysnø og ned til 0.985 for litt eldre eller storkornet snø. For is er verdien oftest oppgitt til 0.98-0.99. For vann 0.995.

Emissiviten øker litt når sensorvinkelen blir stor, så vi bør ha sensoren rettet mest rett ned mot bakken, men litt ut fra mastene slik at vi ikke får innslag av varmestråling fra konstruksjonsmaterialer. (30 gr er valgt).

Målefeil for snø omkring 0 °C blir iht. ovenstående 0.1 til 1.0 °C avhengig av snøens beskaffenhet (emissivitet fra 0.998 til 0.985). Dette samsvarer også med måledata fra prosjektstasjonene i perioder med smelting (oftest mellom 0 og 0.4 gr C).

13.10 Snødybdesensor



Lufft SHM30 lasermåler

I dette prosjektet har vi kun brukt lasermålere fra LUFFT: SHM30 og i de siste 2 årene SHM31 som har oppvarmet glass i front.

Oppløsning 0.1 cm. Nøyaktighet den samme.

Reell presisjon kan påvirkes av vind-driftende snø nær bakken.

Vi har erfart at aperturåpningen tettes av fokksnø og vi har manglende målinger i fra noen timer til noen få dager. Intern varmekilde smelter snøen etter hvert.

Fra og med 2017 ble ny modell uten rørformet apertur og med oppvarmet glassplate i front. Det er grunn til å tro at ny modell med oppvarming helt ute i åpningen er mindre utsatt for gjentetting av snø.

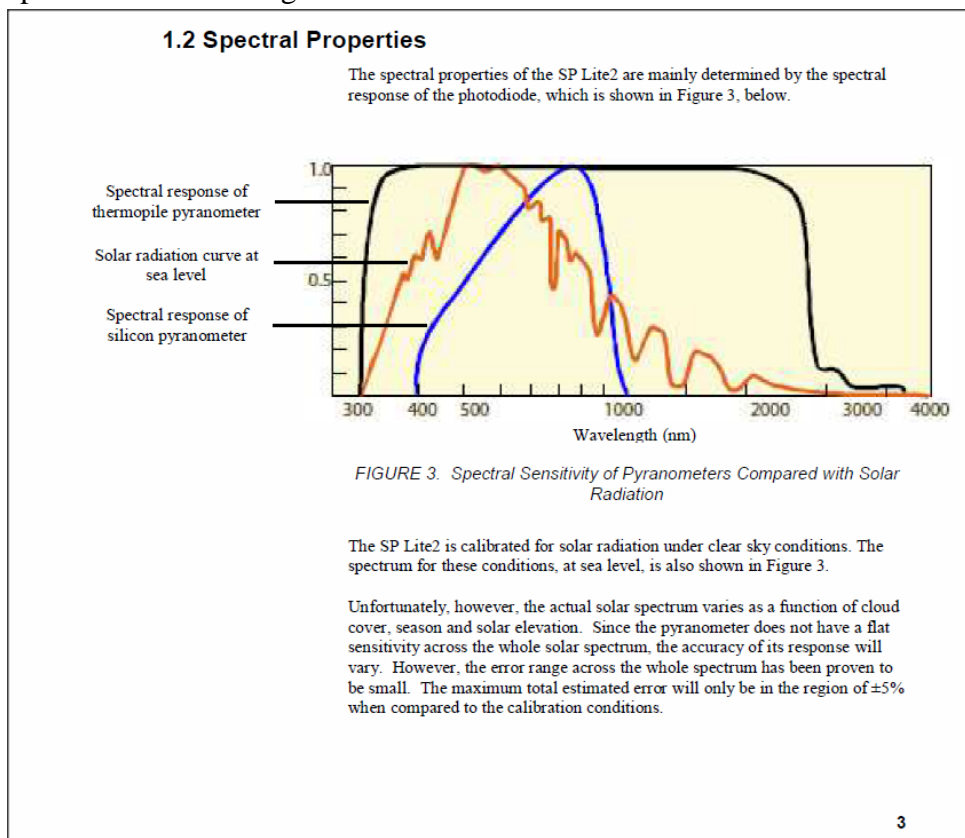
Prosjektleder analyserer måledata fra disse sensorene høsten 2018 bl a for å utrede støynivåer og foreslå beregningsmetode for «snøfall» (sum av akkumulert snø i gitte tidsintervaller).

13.11 Strålingsmåler



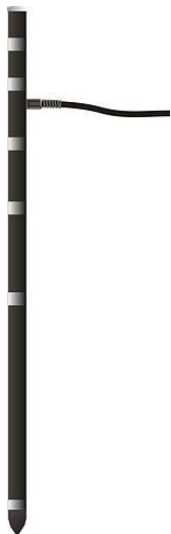
SP Lite 2 fra Kipp & Zonen.

Enkelt instrument basert på fotodiode: Klasse 2 pyranometer. Dette har noe begrenset spektralområde i forhold til mer kostbare pyranometere (termopile type, 1 klasse og sekundær standard). Men forskjellen i total innstråling pr time (som vi beregner) er minimal (div. tester). Kalibrering fra fabrikk eliminerer i stor grad manglende spektralområde. Se figur under.



Sammenlikning av alle timeverdier de siste 4 årene fra Haukeli testfelt mellom presisjonsmåler CMP21 og SP_Lite2 viser at SP_Lite2 måler i gjennomsnitt 3-4 % lavere verdi; i gjennomsnitt ca 4 Wm^{-2} hver time (R. Brækkan: ikke rapportert datasjekk. Absolutte forskjeller selvsagt størst når innstrålingen er størst, omtrent ingen forskjell i vinterhalvåret)

13.12 Temperaturgradient



Vi har tatt i bruk termistorsspyd på referansestasjonen Dovre - Lannem.

Type UMS Th-3. Målinger i 6 nivåer logaritmisk fordeling.

Nøyaktighet er oppgitt til å være bedre enn 0.1 gr C .

På Snøheim har vi fra tidligere termistorstreng i 20 nivåer ned til 10 m (nøyaktighet bedre enn 0.1 gr C).

13.13 Fuktgradient



Vi bruker enhet fra Sentec, modell PR 2/4 eller PR2/6 med hhv 4 og 6 nivåer. Sensoren måler vanninnholdet i omgivelsene ut fra detektering av endring av utsendt magnetfelt. Nøyaktighet inntil 4 %, men måleverdiene påvirkes av jordmassens homogenitet som steiner og luftlommer. I skredprosjektet har vi tatt i bruk slik sensor på Dovre - Lannem. Tilsynelatende plausible måleresultater. Her er det bra homogent jordlag (morenegrus).

14 Problemer

14.1 Nedbørmålinger

MET sliter med to typer problemer knyttet til måling av akkumulert nedbør i form av snø.

Oppfangingssvikt

Det er et generelt problem at Geonor, som alle andre liknende målere med oppfanging via lite areal, har oppfangingsvikt for snø i sterk vind. Det er signifikant reduksjon av oppfangingen allerede ved 8-10 m/s, og økt svikt ved økt vindstyrke.

Vi har gamle og nye formler for vindkorreksjoner av snønedbør (WMO 1990 og Haukeliprosjektet 2013), men så langt bruker vi ikke disse operativt.

Algoritmeproblem

Algoritmen MET har nyttet siden ca 2009 gir akkumulert nedbør pr time basert på summering av bømteendringer over 2 minutter. Alle positive endringer med JA fra nedbørindikatoren blir summert hvert 10 minutt. Disse blir igjen summert til timeverdier.

Vi har etter hvert erfart at geonorkonstruksjonen blir påvirket av vind og at vibrasjoner forplanter seg til sensoren og gir endringer i signalene som medfører falsk nedbør med opprinnelig algoritme. Over lange tidsintervaller (måneder-år) er sjelden denne overestimeringen større enn 10 %. Men ofte flere 10-talls % i perioder med storm og nedbør eller fokk.

Fra våren 2016 ble algoritmen for skredstasjonene endret ved at der ble satt inn vesentlig lengre tidsintervaller for statistisk beregninger (5 eller 10 minutter), og vi fikk fjernet det meste av denne støyen. Dog har vi fremdeles et fåtall (2-3) utsatte stasjoner der vi har betydelig feil i sterk vind. Våre analyser tyder på at vibrasjonene har mange

frekvenser, inkludert også så lave at vanlig statistikkbehandling for de grunnleggende 10 min verdiene ikke fjerner denne støyen. MET arbeider nå med ferdigstillelse av helt ny algoritme som skal fjerne en stor andel av slik støy med bl a bruk av terskelverdier for «godkjent» nedbør.

14.2 Vindmålere

12V stasjoner

For 12 V batteristasjoner bruker vi mekanisk vindmåler fra Young: Young Marine, senere Young Heavy Duty. Disse har gode kulelagre som varer i 2-3 år.

Vedlikehold/utskifting er enkelt og utføres av tilsynsfolk uten bruk av verktøy. Ett problem er imidlertid fastfrysing. I noen tilfeller har vi hatt behov for å be tilsynsfolk om å fjerne isen, men stort sett blåser is/snø av etter få dager.

220 V stasjoner

For 220 V stasjoner bruker vi Vaisala WMT700 serie vindmålere. Disse fås i 3 versjoner mht. oppvarming av:

- 1 Kun sensorelementene
- 2 Sensorelementene og sensorarmene (WMT702)
- 3 Sensorelementene, sensorarmene og sensorkropp (WMT703)

Vi nytter mellomversjonen som standard og den med mest omfattende oppvarming på spesielt utsatte steder.

I prosjektets startfase gjennomførte vi en test av vindsensorer på Gaustatoppen. Ut fra dette kom vi fram til WMT703 som beste sensor, og videre fant vi fram til funksjonell mastekonstruksjon inkl. oppvarmingsmetode for selve masta. Dette brukes nå på i alt 9 fjellstasjoner der isingen er ekstrem.

Vi har i alt hatt få driftsproblemer. Kun veldig få timer med målefeil pga. ising. Men ett sted, Sætertinden i Tjeldsundet, har vi hatt gjentatte problemer med at sensorelementene blir skadet av skarpe partikler (is eller stein).

14.3 Is i skap

På tre av ekstremstasjonene mht. ising har vi erfart vanninntrenging i kraftskapet og påfølgende islag i bunnen av skapet. Vi vet ikke sikkert hvorfor der dannes is i

kraftskapene, men fra 2018 leveres disse med 10 mm isolasjonslag på ytterveggene, samt innlagt varmekabel for å hindre kondensvann. Vi antar de relativt store vannmengdene (mer en 10 L) er smeltevann fra oppvarmet del av masta og at vannet føres inne i rørene som beskytter kablene. Etter hvert har vi laget drenshull i rørene og/eller avsluttet disse før niplene i skapbunnen. Dette gjelder de såkalte ekstremstasjonene som har oppvarmet mast.

I loggerskapet er ikke tilsvarende erfart. Loggerskapene er for øvrig forskjellig fra kraftskapene ved at de har 10 mm isolasjon og et lite varmeelement. Kabler med beskyttelsesrør inn til loggerskapene er heller ikke særlig eksponert for smeltevann.

14.4 Kommunikasjon

Vi har i bruk noe forskjellige typer modem/GPRS rutere:

- For 12 V stasjoner brukes GPRS modem som kommuniserer via 2G nettet.
- For 220 V stasjonene har vi rutere som nytter både 3G og 2 G nettet.

Det siste året har vi erfart flere kommunikasjonstans med ruterne. Det er grunn til å tro at dette har sammenheng med at Telenor har startet utfasing av 3G nettet. Fra og med 2018 tar vi i bruk rutere som fungerer på 4G nettet, i tillegg til 2G og 3G. Det er grunn til å tro at introduisering av 4G/LTE teknologi vil øke oppetiden vesentlig. Samtidig er MET i dialog med eksternt firma med formål at de overvåker kommunikasjonen mot alle våre værstasjoner og analyserer og retter ytre feil.

15 VEDLEGG

15.1 Bilder ekstremstasjoner

Noen bilder (Figur 10 - Figur 14) fra is-utsatte fjellstasjoner:



Figur 10. Røldalsfjellet - Elvershei med 5 m mast uten varme. Tilsynsman fjerner is.



Figur 11. Stasjonen Kistefjell der alt over 2 m er oppvarmet og isfritt.



Figur 12. Stasjonen Gjemnes – Reinsfjellet



Figur 13. Skapene innpakket for lettere tilgang om vinteren når alt under 2 m er isdekket.



Figur 14. Stasjonen Arnøya - Trolltinden.

15.2 Sensorkrav

Målekrav til parametere i skredprosjektet (MET standard krav):

Parameter	Unit	Range	Resolution	Accuracy	Sensor time constant (maximum)	Actual instruments
Atmospheric pressure	hPa	500 - 1100	0.01	0.15 for -40 - +60 °C	≤10 s	with 3 sensors
Air temperature	°C	-60 - +60	0.01	0.3 for ≤- 40 0.3 for > +40 0.1 otherwise	≤20 s	(Pt-100, 1/10 DIN
Soil temperature	°C	-25 - +40	0.01	0.2	≤60 s	Profile probes. Typically 3-6 levels down to 100 cm.
Snow temperature	°C	-40 - +20	0.1	0.2	20 s	Profile probes.
Surface temperature	°C	-30 - +60	0.1	0.3	≤60 s	IR sensor.
Soil moisture	%	0 - 100	1	4 to 10 % dependent on temp.	≤60 s	Profile probes.
Relative Humidity	%	10 -100	1	3	≤40 s	
Wind speed	ms ⁻¹	0 - 75 (min. 65)	0.1	0.5 for FF ≤ 5 10% for FF > 5	< 1 s	Ultrasonic (230V) Propeller/Vane (12V)
Gust	ms ⁻¹	0 - 100	0.1	10 %		Ultrasonic (230V) Propeller/Vane (12V)
Wind direction		0 - 360°	1	5		Ultrasonic (230V) Propeller/Vane (12V)
Precipitation amount	mm	Sensor dependent	0.1	Weight sensor: 0.2 for ≤ 10 2% for > 10	TBG: 1 min WG: ≤5 min	Weight sensor type (WG).
Precipitation yes/no	min	0 - 60	1	1	≤60	Optical
Depth of snow	cm	0 - 1000	1	≤ 2	<10 s	Ultrasonic, laser
Short-wave radiation	Wm ⁻²	0 -1500	1	Ref ISO/WMO Classification. Optimal 5 Wm ⁻²	Ref ISO/WMO Classification. Optimal 15 sec	Pyranometers; Thermopile instruments. Photo voltage sensors (sec class sensors)
Long-wave radiation	Wm ⁻²	0 - 500	1	Ref ISO/WMO Classification. Optimal 5 Wm ⁻²	Ref ISO/WMO Classification. Optimal 15 sec	Pyrgeometer

15.3 Stasjonslister

15.3.1 Vindstasjoner

Tabell 3 viser oversikt over de 52 skredstasjonene som måler vind og i hvilken høyde vinden blir målt.

Tabell 3. Liste over de 52 skredstasjonene som måler vind, sortert etter regioner. Siste kolonne viser hvilken høyde (i meter) vinden blir målt.

Region		Stasjon	Hs	St.nr	Parametre	Mast høyde
0.1	Svalbard/ Nordenskiöld Land	Platåberget III	450	99843	TA,UU,FF,DD,RR,SA, TSS,TJ(0,5), MOR, WW,QSI	10
0.1	Svalbard/ Nordenskiöld Land	Adventdalen	15	99870	TA,UU,FF,DD,RR,RA, RT,SA,TSS	10
0.1	Svalbard/ Nordenskiöld Land	Sveagruva II	50	99762	TA,FF,DD,RR,RA,RT,S A,TSS,TJ(0,5)	5
1.1	Finnmarks- vidda	Suolovuopmi – Lulit	381	93301	P,TA,UU,FF,DD,RA, RR,RT,SA,TSS,TJ(0,5)	10
1.1	Vest- Finnmark	Øksfjord - Deallja	560	92860	TA,FF,DD	5
1.11	Tromsø	Mortenhals- skolten	740	90110	TA,FF,DD	5
1.12	Nord-Troms	Nordstraum i Kvænangen	20	92350	TA,UU,FF,DD,RA,RR, RT,SA,TSS,TJ(0,5)	10
1.12	Nord-Troms	Arnøya - Trolltinden	850	91729	TA,UU,FF,DD	6
1.13	Lyngen	Lyngen - Gjerdeldvdalen	670	91120	TA,FF,DD	10
1.14	Sør-Troms	Kistefjell	982	89010	TA,FF,DD	6
1.15	Indre Troms	Sjufjellet	1020	89985	TA,FF,DD,SA,QSI	5
1.16	Lofoten og Vesterålen	Ånstadblåheia	500	87000	TA,FF,DD,SA,QSI	10
1.16	Lofoten og Vesterålen	Sætertinden ved Tjeldsundet	1095	87772	TA,FF,DD	6
1.16	Lofoten og Vesterålen	Leknes lufthavn	26	85560	P,TA,UU,FF,DD,UU, RA,RR,RT	10
1.17	Ofoten	Narvik - Fagernesfjellet	1000	84630	TA,FF,DD	6
1.17	Ofoten	Losistua	740	84210	TA,UU,FF,DD,SA,RR, RA,RT,QSI	10

Region		Stasjon	Hs	St.nr	Parametre	Mast høyde
1.17	Ofoten	Bjørnfjell	512	84900	TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA	10
1.17	Ofoten	Katterat	365	84880	TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA	10
1.18	Salten	Sisovatnet	660	82720	TA,FF,DD,RA,RR,RT,SA, TSS	7
1.19	Svartisen	Glomfjord - Tverrfjellet	930	80707	TA,FF,DD	5
1.19	Svartisen	Glomfjord - Skihytta	520	80705	TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA	10
1.19	Svartisen	Sandhornøya - Våtvikfjellet	600	80880	TA,FF,DD	5
1.2	Helgeland	Kappfjellet	940	77490	TA,FF,DD	6
2.1	Romsdal	Molde - Hindalsrøra	258	62295	TA,UU,FF,DD,RR,RA,RT,SA	4
2.1	Romsdal	Gjemnes - Reinsfjellet	990	62980	TA,FF,DD	6
2.11	Trollheimen	Trollheimen - Storhornet	1550	63630	TA,FF,DD,TSS	6
2.11	Trollheimen	Drivdalen	680	63820	TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT	10
2.12	Sunnmøre	Lebergsfjellet	625	60810	TA,FF,DD,QSI	5
2.12	Sunnmøre	Roaldshornet	1050	60190	TA,FF,DD	10
2.12	Sunnmøre	Ørsta - Eitrefjell	690	59695	TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA	10
2.13	Indre Fjordane	Trolledalsegga	1020	58860	TA,FF,DD	6
2.13	Indre Fjordane	Jølster - Kvamsfjellet	980	57340	TA,FF,DD	5
2.14	Indre Sogn	Spørteggbu	1585	55425	TA,FF,DD,TSS	10
2.15	Jotunheimen	Sognefjellhytta	1413	55290	P,TA,UU,FF,DD,RR,RA,RT	10
2.16	Voss	Myrkdalen - Ondrahaugen	853	51980	TA,FF,DD	10
2.14	Indre Sogn	Klevavatnet	960	53480	TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA	10
2.16	Voss	Midtstova	1162	53530	TA,FF,DD,UU,RR,RA,RT,SA,QSI,QSO,QLI,QLO,TSA	
2.17	Hallingdal	Geilo - Olderbråten	772	25630	P,TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA,TSS,TJ(0,5)	10

Region		Stasjon	Hs	St.nr	Parametre	Mast høyde
2.17	Hallingdal	Hemsedal skisenter	1344	25115	TA,UU,FF,DD,QSI,TSS,TJ(0,5)	5
2.18	Hardanger	Røldalsfjellet - Elvershei	1370	46432	TA,FF,DD	5
2.18	Hardanger	Folgefonna skisenter	1212	49085	TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA	5
2.18	Hardanger	Folgefonna skisenter topp	1390	49087	TA,FF,DD	5
2.19	Vest-Telemark	Haukeliseter Testfelt	990	33590	P,TA,FF,DD,UU,SA,RR,RA,RT,QSI	10
2.19	Vest-Telemark	Høydalsmo II	560	32890	P,TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA,TSS,TJ(0,5)	10
2.19	Vest-Telemark	Honnegrasnuten	1340	33300	TA,FF,DD	5
2.19	Vest-Telemark	Gaustatoppen	1804	31970	P,TA,UU,FF,DD	6
2.2	Nord-Gudbrandsdalen	Høvringen II	940	16271	TA,UU,FF,DD,SA,RR,RA,RT,QSI	10
2.2	Nord-Gudbrandsdalen	Snøheim	1475	9380	TA,UU,FF,DD,SA,QSI,TJ(profil)	10
2.2	Nord-Gudbrandsdalen	Dovre - Lannem	560	16400	P,TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA,TJ(profil),SW(profil),TSS,QSI,QSO,QLI,QLO	10
2.21	Hedmark	Trysil - Nordre Kanken	1020	210	TA,UU,FF,DD,TSS,QSI,TJ(0,5)	10
2.24	Ytre Fjordane	Myklebustfjellet	715	57790	TA,FF,DD	5
2.27	Rogaland	Gullingen skisenter	639	46220	TA,UU,FF,DD,RR,RA,RT,SA,TSS	5

15.3.2 Nedbørstasjoner

Det har blitt etablert eller oppgradert 39 nedbørstasjoner, og disse er listet opp i Tabell 4.

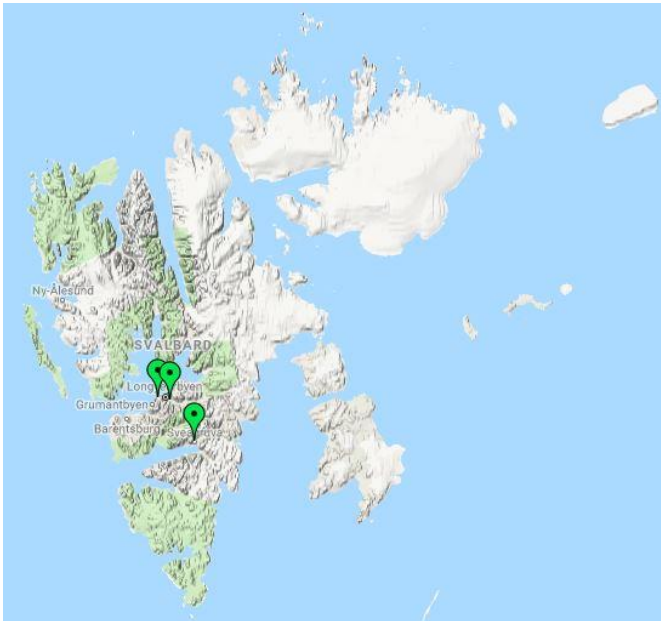
Tabell 4. Nedbørstasjoner (39 stk) etablert eller oppgradert i skredprosjektet, sortert etter regioner (nord først).

Region		Stasjon	Hs	Parametre
0.1	Svalbard/ Nordenskiöld Land	Platåberget III	450	TA,UU,FF,DD,RR,SA,TSS,TJ(0,5), MOR,WW,QSI
0.1	Svalbard/ Nordenskiöld Land	Adventdalen	15	TA,UU,FF,DD,RR,RA,RT,SA,TSS
0.1	Svalbard/ Nordenskiöld Land	Sveagruva II	50	TA,FF,DD,RR,RA,RT,SA,TSS, TJ(0,5)
1.1	Finnmarks- vidda	Suolovuopmi - Lulit	381	P,TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA, TSS,TJ(0,5)
1.1	Vest- Finnmark	Nuvsvåg	27	TA,UU,RR,RA,RT,SA,TJ(0,5)
1.11	Tromsø	Malangen - Pålfinnmoen	124	TA,UU,RR,RA,RT,SA,TJ(0,5)
1.12	Nord-Troms	Nordstraum i Kvænangen	20	TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA,TSS, TJ(0,5)
1.13	Lyngen	Lenangsstraumen	45	TA,UU,RR,RT,SA,TSS,TJ(0,5)
1.15	Indre Troms	Bones i Bardu	233	TA,UU,RR,RA,RT,SA,TSS,TJ(0,5)
1.15	Indre Troms	Tamokdalen	230	TA,UU,RR,RA,RT,SA
1.16	Lofoten og Vesterålen	Kanstadbotn	6	TA,UU,RR,RA,RT,SA,TSS,TJ(0,5)
1.16	Lofoten og Vesterålen	Leknes lufthavn	10	P,TA,UU,FF,DD,UU,RR,RA,RT
1.17	Ofoten	Losistua	740	TA,UU,FF,DD,SA,RR,RA,RT,QSI
1.17	Ofoten	Bjørnfjell	512	TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA
1.17	Ofoten	Katterat	365	TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA
1.18	Salten	Sisovatnet	660	TA,FF,DD,RA,RR,RT,SA,TSS
1.19	Svartisen	Lurøy	115	TA,UU,RR,RA,RT,SA,TSS,TJ(0,5)
1.19	Svartisen	Glømfjord - Skihytta	520	TA,UU,FF,DD,RA,RA,RT,SA
2.1	Romsdal	Molde - Hindalsrøra	258	TA,UU,FF,DD,RR,RA,RT,SA
2.11	Trollheimen	Innerdalen	405	TA,UU,SA RR,RA,RT
2.11	Trollheimen	Drivdalen	680	TA,UU,FF,DD,RA,RA,RT

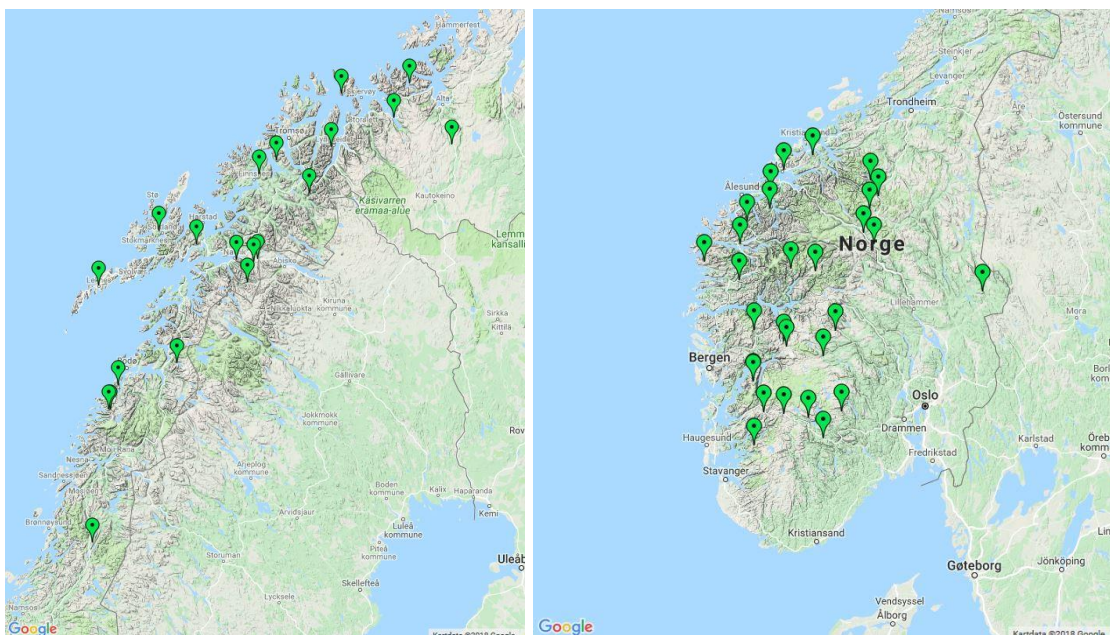
Region		Stasjon	Hs	Parametre
2.12	Sunnmøre	Ørsta - Eitrefjell	670	TA,UU,FF,DD,RR,RA,RT,SA
2.13	Indre Fjordane	Haukedal	311	TA,UU,RR,RA,RT,SA,TSS,TJ(0,5)
2.14	Indre Sogn	Jostedalen - Breheimsenteret	243	TA,UU,RA,RR,RT,SA
2.14	Indre Sogn	Klevavatnet	960	TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA
2.15	Jotunheimen	Bøverdal	701	TA,UU,RR,RA,RT,SA,TSS,TJ(0,5)
2.15	Jotunheimen	Sognefjellhytta	1413	P,TA,UU,FF,DD,RR,RA,RT
2.16	Voss	Myrkdalen - Vetlebotn	700	TA,UU,SA,RR,RA,RT
2.16	Voss	Midtstova	1162	TA,FF,DD,UU,RR,RA,RT,SA,QSI,QSO,QLI,QLO,TSA
2.17	Hallingdal	Geilo - Olderbråten	772	P,TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA,TSS,TJ(0,5)
2.18	Hardanger	Skjeggedal	470	TA,UU,RR,RA,RT,SA,TSS
2.18	Hardanger	Røldalsfjellet	1010	TA,UU,RR,RA,RT,SA
2.18	Hardanger	Folgefonna skisenter	1212	TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA
2.19	Vest-Telemark	Høydalsmo II	560	P,TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA,TSS,TJ(0,5)
2.19	Vest-Telemark	Haukeliseter Testfelt	990	P,TA,FF,DD,UU,SA,RR,RA,RT,QSI
2.19	Vest-Telemark	Fyriegg	1008	TA,UU,RA,RR,RT,SA
2.2	Nord-Gudbrandsdal	Høvringen II	940	TA,UU,FF,DD,SA,RR,RA,RT,QSI
2.2	Nord-Gudbrandsdal	Dovre - Lannem	560	P,TA,UU,FF,DD,RA,RR,RT,SA,TJ(profil),SW(profil),TSS,QSI,QSO,QLI,QLO
2.27	Rogaland	Gullingen skisenter	639	TA,UU,FF,DD,RR,RA,RT,SA,TSS

15.3.3 Plassering av prosjektets vind- og nedbørstasjoner

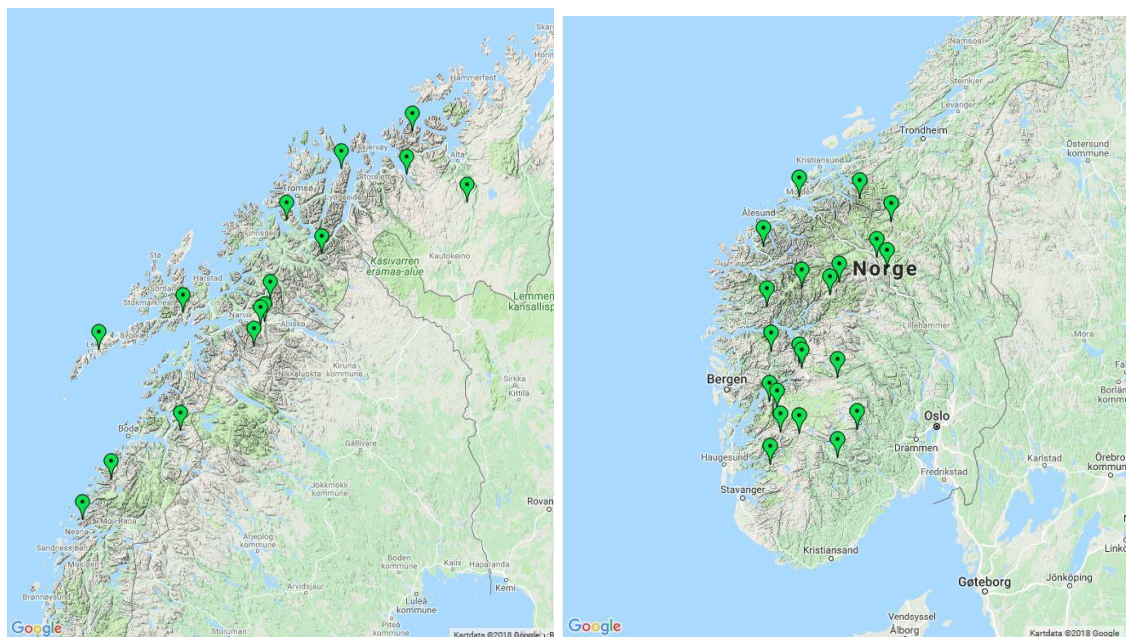
Kartene nedenfor viser plasseringen av skredstasjonene på Svalbard (Figur 15), og plasseringen av vindstasjonene (Figur 16) og nedbørstasjonene (Figur 17) som listet opp i henholdsvis Tabell 3 og Tabell 4 ovenfor.



Figur 15. Skredstasjoner på Svalbard som måler vind og nedbør.



Figur 16. Skredstasjoner som måler vind.



Figur 17. Skredstasjoner som måler nedbør.

15.4 Parameterdefinisjoner

Følgende parametere er definert i logger for bruk i timemeldinger:

Nr	Parameternavn	Beskrivelse	Måleenhet
1	PR	Trykk, middel over 1 minutt redusert til havets nivå iht. aktuell temp/fukt.	hPa
2	PO	Trykk, middel over 1 minutt redusert til stasjonsnivå	hPa
3	AA	Kodetall for trykk karakteristikk.	kodetall
4	PP	3 timers trykkdifferanse, absoluttverdi	hPa
5	TA	Temperatur, middel over 1 minutt.	°C
6	TAN	Temperatur minutt minimum siste time.	°C
7	TAX	Temperatur minutt maksimum siste time.	°C
8	UU	Luftfuktighet, middel over 1 minutt	%
9	FF	Vindhastighet, 10 meter, glidende middel over 10 minutter.	m/s
10	DD	Vindretning, 10 meter, glidende middel over 10 minutter.	Grader
11	FX_1	Vindhastighet, maks. FF siste time.	m/s
12	KLFX_1	Tid for maks. FX_1, format hhmm	-
13	DX_1	Vindretning til FX_1	Grader
14	FG_1	Maks gust siste time.	m/s
15	FG_010	Max gust siste 10 min i timen	m/s
16	KLFG_1	Tid for maks. FG_1, format hhmm	hhmm
17	TA(1,0)	Temperatur 2, middel over 1 minutt.	°C
18	TAN(1,0)	Temperatur 2 minutt minimum siste time.	°C
19	TAX(1,0)	Temperatur 2 minutt maksimum siste time.	°C
20	TVIRT	Sonisk temp., middel 1 min	
21	TVIRTN	Sonisk temp, minimum siste time	
22	TVIRTX	Sonisk temp, maksimum siste time	
23	RT_1	Antall minutter nedbør siste time.	min.
24	RA	Nedbør, bøtteinnhold, 1 minutt.	mm.
25	SA	Snødybde, 1 minutt	cm
26	OT_1	Antall minutt sol siste time	#
27	TG	Gresstemperatur	°C
28	TGN	Gresstemperatur minimum siste time	°C
29	TW	Sjøtemperatur	°C
30	RR_1	Akkumulert nedbør siste time.	mm
31	RT_010	Minutter nedbør siste 10 min.	min.
32	RR_010	Akkumulert nedbør siste 10 min.	mm.
33	QSI	Globalstråling in; middel 60 min	Wm-2
34	QSO	Globalstråling out; middel 60 min	Wm-2
35	QLI	Langbølget stråling "in"(opp);middel 60 min	Wm-2
36	QLO	Langbølget stråling "out" (ned); middel 60 min	Wm-2
37	QNET	Netto stråling; middel 60 min	Wm-2
38	QSI_010	Globalstråling; middel 10 min	Wm-2
39	TIQL	Instrumettemperatur strålingssensor (lang)	°C
40	TJ(0,cm1)	Bakketemperatur nivå 1	°C
41	TJ(0,cm2)	Bakketemperatur nivå 2	°C
42	TJ(0,cm3)	Bakketemperatur nivå 3	°C
43	TJ(0,cm4)	Bakketemperatur nivå 4	°C
44	TJ(0,cm5)	Bakketemperatur nivå 5	°C

45	TJ(0,cm6)	Bakketemperatur nivå 6	°C
46	TSA(0,cm1)	Snøtemperatur nivå 1	°C
47	TSA(0,cm2)	Snøtemperatur nivå 2	°C
48	TSA(0,cm3)	Snøtemperatur nivå 3	°C
49	TSA(0,cm4)	Snøtemperatur nivå 4	°C
50	TSA(0,cm5)	Snøtemperatur nivå 5	°C
51	TSA(0,cm6)	Snøtemperatur nivå 6	°C
52	SW(0,cm1)	Jordas vanninnhold nivå 1	%
53	SW(0,cm2)	Jordas vanninnhold nivå 2	%
54	SW(0,cm3)	Jordas vanninnhold nivå 3	%
55	SW(0,cm4)	Jordas vanninnhold nivå 4	%
56	SW(0,cm5)	Jordas vanninnhold nivå 5	%
57	SW(0,cm6)	Jordas vanninnhold nivå 6	%
58	TSS	Overflatetemperatur	°C
59	GWS(0,m)	Grunnvannstand i dybde m	m vst
60	TGW(0,m)	Grunnvannstemperatur i dybde m	°C
61	VMOR	MOR sikt, 10 min beregning fra sensor	m
62	WAWA_01	synopkode 4680, sensorberegning	#
63	BAT	Batterispenning	V
64	STATSA	SR50A; Q-kvalitetstall: SHM30: Statusverdi	#
65	STATFFDD	Statusmelding fra vindsensor	#
66	SIGNSTR_SHM	Signalstyrke Laser, Snødybdemåler SHM30 Jenoptik	#
67	STATEL	Status 220 V kraft (1,0)	#
68	TJ(0,5)	Bakketemp, -5 cm	°C

Parametre for bruk i 10 min meldinger:

Nr	Parameternavn	Beskrivelse	Måleenhet
1	TA	Temperatur, middel over 1 minutt.	°C
2	FF	Vindhastighet, 10 meter, glidende middel over 10 minutter.	m/s
3	DD	Vindretning, 10 meter, glidende middel over 10 minutter.	Grader
4	RT_010	Minutter nedbør siste 10 min.	min.
5	RA	Nedbør, bøtteinnhold, 1 minutt.	mm.
6	RR_010	Akkumulert nedbør siste 10 min.	mm.
7	SA	Snødybde, 1 minutt	cm
8	QSI_010	Globalstråling; middel 10 min	Wm-2
9	TSS	Overflatetemperatur	°C

Takk til.

Prosjektet er betraktet som vellykket gjennomført iht. opprinnelige planer. Budsjettrammene er overholdt, dog med noen ekstra tilskudd enkelte år. Både NVE og SVV har vært veldig positive og fleksible her.

Vi har hatt nært og fruktbart samarbeid med leverandøren Scanmatic. Tekniske uklarheter og problemer er løst underveis uten unødige forsinkelser. Via sitt søsterselskap ScanMaticElektro har de også gjennomført de fleste monteringer.

Utredere hos MET har lagt ned stort arbeid med saksbehandling i tillegg til sine daglige hovedoppgaver. Spesielt har Hildegunn Dyngeseth Nygård tatt et stort ansvar og har også avlastet prosjektleder i mange oppgaver mht. bestillinger, oppfølging av kontaktpersoner og kvalitetskontroller.

Nina E. Larsgård og Tone B. Husebye har også deltatt i utredningsarbeidene (planlegging, søknader, bestillinger). Tone B. Husebye har sammen med MET verksted hatt ansvar for bestilling av montasjemateriell.

Spesielt har MET sitt verkstedpersonell vært en viktig ressurs ved planlegging, testing, utvikling og bestillinger montasjemateriell. Her har Ole Jørgen Østby vært sentral og senere Trond Ilmo. Sistnevnte har i 2018 også stått for de fleste monteringsarbeidene.