



Filefjell og Anestølen

Evaluering av måledata for snø, sesongen 2012/2013.

Heidi Bache Stranden og Bjørg Lirhus Ree

73
2014



R
A
P
P
O
R
T

Filefjell og Anestølen

Evaluering av måledata for snø,
sesongen 2012/2013

Rapport nr 73

Filefjell og Anestølen. Evaluering av måledata for snø, sesongen 2012/2013

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Forfattere: Heidi Bache Stranden og Bjørg Lirhus Ree

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: 10
Forsidefoto: Anestølen snøforskningsstasjon. Foto: NVE/ Ragnar Ekker.

ISBN 978-82-410-1023-1

Sammendrag: Sesongen 2012/2013 har det blitt målt et stort antall snø- og klimaparameter ved snøforskningsstasjonene 73.11 Kyrkjestølane og 77.24 Anestølen. Denne rapporten presenterer og evaluerer data fra de to stasjonene sesongen 2012/2013. Rapporten etterfølger tidligere evalueringsrapporter fra snøforskningsstasjonene: NVE rapport 51/2013 og 23/2011.

Emneord: Snø, målemetoder snøens vannekvivalent, Filefjell og Anestølen snøforskningsstasjon, gammasensor, snøvekt, snøpute, romlig smeltefordeling.

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

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Oktober 2014

Innhold

Forord	5
Sammendrag	6
1 Innledning	8
1.1 Bakgrunn	8
1.2 Værforhold sesongen 2012/2013	9
2 Filefjell snøforskningsstasjon	10
2.1 Informasjon om stasjonen	10
2.1.1 Endringer fra tidligere sesonger	10
3 Anestølen snøforskningsstasjon	11
3.1 Informasjon om stasjonen	11
3.1.1 Endringer fra tidligere sesonger	11
4 Måleresultat Filefjell	12
4.1 Nedbør og lufttemperatur	12
4.2 Vind	15
4.3 Stråling og Albedo	17
4.3.1 Langbølget stråling	17
4.3.2 Kortbølget stråling og albedo	17
4.4 Snøens vannekvivalent (SWE)	18
4.5 Snødyp	23
4.6 Kontrollmålinger	24
4.6.1 Kontrollmålinger av snødyp	24
4.6.2 Tetthetsmålinger	29
4.6.3 Kontroll av instrumenter	29
4.7 Snøstrek – snøfordeling langs et 420 m strekk	31
4.7.1 Utvikling gjennom sesongen	31
4.8 Temperaturutvikling i snøpakken	32
4.8.1 Snøtemperaturer ved Møen 2525 (stor snøvekt)	33
4.8.2 Snøtemperatur over og under snøputene	33
4.8.3 Snøtemperaturer over bakken	35
4.9 Grunnvann	35
4.10 Bilder fra webkamera	37
4.11 Data fra strålevernssensor	38
4.12 Sammenlikning med seNorge.no	39
4.12.1 Nedbør og temperatur	40
4.12.2 SWE og snødyp	40
5 Måleresultat Anestølen	42
5.1 Nedbør og lufttemperatur	42
5.2 Vind	44
5.3 Snøens vannekvivalent	45
5.4 Snødyp	48
5.5 Kontrollmålinger	49
5.5.1 Snødyp	49

5.5.1	Tetthetsmålinger	51
5.5.2	Kontroll av instrumenter	51
5.6	Temperaturforhold i snøpakken	52
5.7	Grunnvann.....	53
5.7.1	Grunnvannsnivå og målinger av SWE.....	54
5.8	Sammenlikning med seNorge/xgeo	56
5.8.1	Nedbør og temperatur.....	56
5.8.2	SWE og snødyb	57
6	Diskusjon	59
6.1	Filefjell	59
6.2	Anestølen	67
7	Konklusjon og oppsummering.....	71
8	Videre arbeid.....	72
Vedlegg 1	75
Vedlegg 2	78

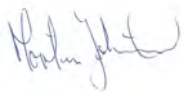
Forord

Som en del av det interne FoU prosjektet «*Gode snødata*» og det interne FoU-prosjektet «*Testing og evaluering av nye metoder for måling av snøens vannekvivalent (SWE)*» ble snøstasjonen på Filefjell oppgradert til et forskningsfelt for ulike snøparametere høsten 2009. I 2011 etablerte vi en tilsvarende stasjon på Anestølen. Feltene er blant annet instrumentert med snøputer, snøvekter, gammasensorer, strålingssensorer, bakke- og snøtemperaturmålere. Filefjell har også et felt for måling av smelteintensitet i småskala. Begge stasjonene er også sentrale stasjoner i forbindelse med overvåking av grunn- og markvann og i snøskredvarslingen.

Forskningsfeltet på Filefjell har, etter 2012/2013-sesongen, vært i drift i fire sesonger og Anestølen i to sesonger. I denne rapporten er data og erfaringer fra sesongen 2012/2013 beskrevet for begge stasjonene. Mengden data fra forskningsfeltene er stor, og vil være gjenstand for flere studier i fremtiden. Alle NVEs data fra forskningsstasjonene er offentlige. Data fra de foregående sesongene er beskrevet i NVE rapport 23/2011 (Stranden og Grønsten) og NVE rapport 51/2013 (Fjeldheim og Barfod).

Takk til alle de på hydrologisk avdeling samt Ottar Husum som har vært med og utført feltarbeid på stasjonene sesongen 2012/2013. Takk til Thomas Skaugen for hjelp med R-programkode, og en verdifull takk til Elise Trondsen og Knut M. Møen som leste igjennom rapporten før den gikk i trykken.

Oslo, september 2014



Morten Johnsrud
Avdelingsdirektør



Rune Engeset
Seksjonssjef

Sammendrag

I denne rapporten presenteres data for vintersesongen 2012/2013 fra snøforskningsstasjonene 73.11 Kyrkjestølane på Filefjell og 77.24 Anestølen. Rapporten beskriver data fra sesongen 2012/2103, slik de foregående sesongene ble beskrevet i Stranden og Grønsten (2011) og Fjeldheim og Barfod (2013).

Vinteren 2012/2013 var generelt kaldt og nedbørfattig. Dette gjorde at det i midten av april lå mindre snø enn normalt ved stasjonen på Filefjell, mens det på Anestølen var normale snøforhold. På Anestølen gjorde det kalde været at det var lite snøsmelting gjennom vinteren.

Før sesongen ble det utplassert en sensor som måler bakgrunnsstrålingen, tilsvarende det Statens strålevern har, på Filefjell for å undersøke hvorvidt det er samsvar mellom dempingen i strålingssignalet og økende snømengde. Resultatet av sistnevnte forsøk viser at det kan være en sammenheng, men den er ikke helt entydig.

NVEs nedbørmålinger er ikke underlagt samme kvalitetskontroll som MET sine målinger, og det virker som om NVEs nedbørmålinger på Filefjell og Anestølen kan være heftet med noe usikkerhet. Årsaken til at vi mistenker dette er at det ikke nødvendigvis er samsvar mellom hva MET måler og hva vi måler (Filefjell), men også at nedbørsensoren tidvis viser urealistisk høye verdier (Anestølen).

Sammenlikner man observerte data med det som modelleres for stasjonene i seNorge eller xgeo, overestimeres nedbøren i seNorge og xgeo. Dette antas å skyldes en kombinasjon av både høydekorrigering og korrigering for oppfangingsvikt. I en ny versjon av snøtema-kartene (lansert høsten 2013) er det tatt hensyn til dette, og nedbøren er nedjustert før den inngår i snømodellen. Snøkartene i seNorge/xgeo gir dermed et bedre bilde av snøforholdene enn det som har vært tilfellet tidligere vintre. Merk at den nye modellen er lagt til grunn for alle kartene tilbake i tid, slik at kartene som det refereres til i tidligere rapporter ikke eksisterer lenger.

Vinteren 2011/2012 stod det to gammasensorer på Anestølen for å analysere forskjellene mellom målinger med og uten blyskjerm. Da dette forsøket ble avsluttet i 2012 ble den ene sensoren flyttet til Filefjell. Fra og med sesongen 2012/2013 har det stått en gammasensor på Filefjell og en på Anestølen.

Også denne sesongen er det forskjell i hvor mye vannekvivalent som registreres ved de ulike instrumentene. På Anestølen viste vekten (Møen2525) minst snø igjennom vinteren, men dette skyldes en monteringsfeil. Ved snømaksimum på Filefjell er det omkring 100 millimeter forskjell mellom hva snøputen på vekt viser og hva vekten og gammasensoren viser. Kontrollmålingene viser at dette ikke bare kan skyldes forskjeller i snømengde. Snøputen som ligger på snøvekten på Filefjell ligger 10 centimeter høyere i terrenget enn de øvrige installasjonene på Filefjell. Et avvik på 30 – 40 millimeter vannekvivalent, bør således påregnes.

Under smeltingen later gammasensorene, både på Filefjell og Anestølen, til å være påvirket av høyt grunn- og markvannsinhold. Kombinert med tele i bakken og nedbør i form av regn, ga dette en registrert grunnvannstand på Anestølen på 20 centimeter over bakken. Det påvirket også registreringene av vannekvivalent på snøputen og vekten.

Analyse av temperaturforholdene i snøpakken kan bidra til å øke forståelsen av hva som kan forårsake for eksempel uforklarlige dropp i data fra snøputene. På Anestølen minket registrert vannekvivalent ved snøputen med omkring 100 millimeter i løpet av få dager, selv om lufttemperaturen disse dagene

var godt under -20°C . De øvrige instrumentene for måling av snøens vannekvivalent reagerte ikke. Det spekuleres i hvorvidt dette droppet skyldes at temperaturgradienten mellom snøen over puten og lufttemperaturen blir så stor at det dannes begerkrystaller med liten bæreevne i bunn av snøpakken. Dette fører til at snøen avlastes og at registrert SWE synker. Det er ikke observert tilsvarende problem på Filefjell vinteren 2012/2013, men der er snøputene satt sammen til en stor flate ($\sim 25\text{m}^2$) slik at det skal mer til før putene avlastes.

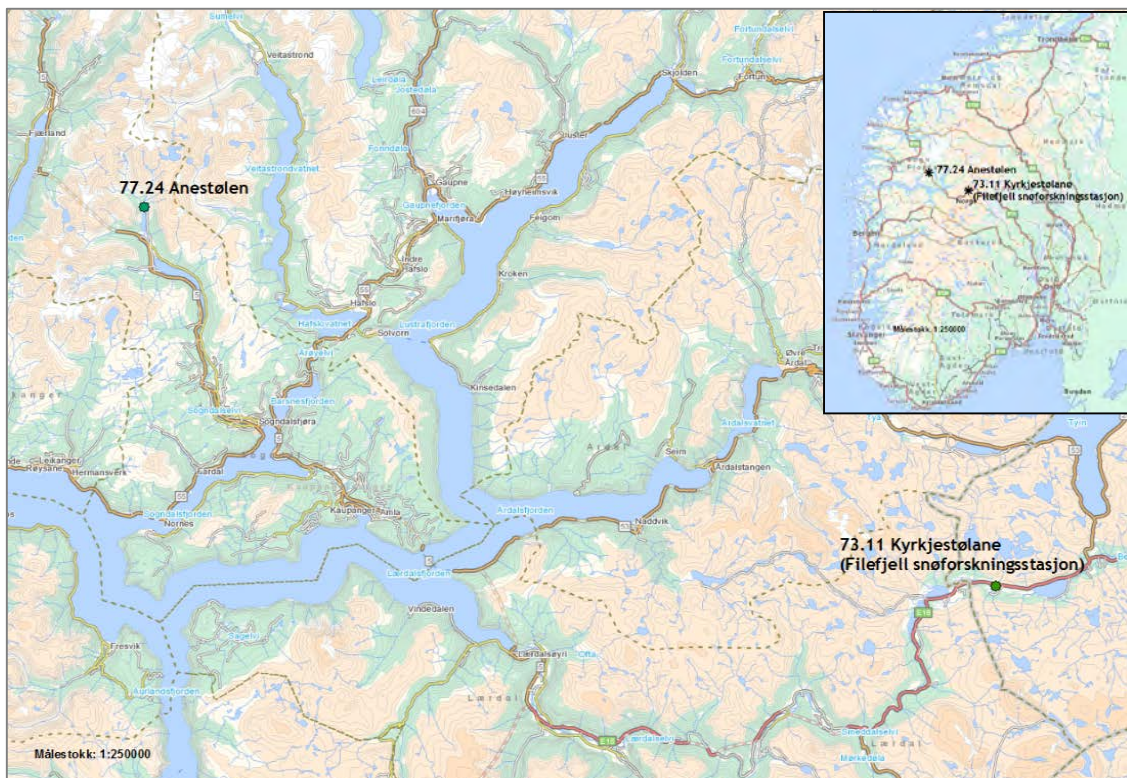
1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I rapporten «*Evaluering av NVE sitt snøstasjonsnettverk*», Ree m.fl. (2011) ble det gjort vurderinger rundt de tekniske løsningene og datakvaliteten ved NVEs snøstasjoner (totalt 25 i 2011). Ved de fleste snøstasjonene måles snøens vannekvivalent (SWE) utelukkende ved bruk av snøputer. Ree m.fl. (2011) påviste at snøputer som ligger i klima med milde og skiftende vinterforhold ofte gir dårlige og til tider ubrukelige data.

Ved forskningsstasjonene på Filefjell og Anestølen blir andre metoder for å måle SWE testet ut. Forskningsstasjonen på Filefjell (73.11 Kyrkjestølane) er beskrevet utfyllende i Ree m. fl. (2011) og Stranden og Grønsten (2011). Stasjonen på Anestølen (77.24 Anestølen) er utfyllende beskrevet i Fjeldheim og Barfod (2013).

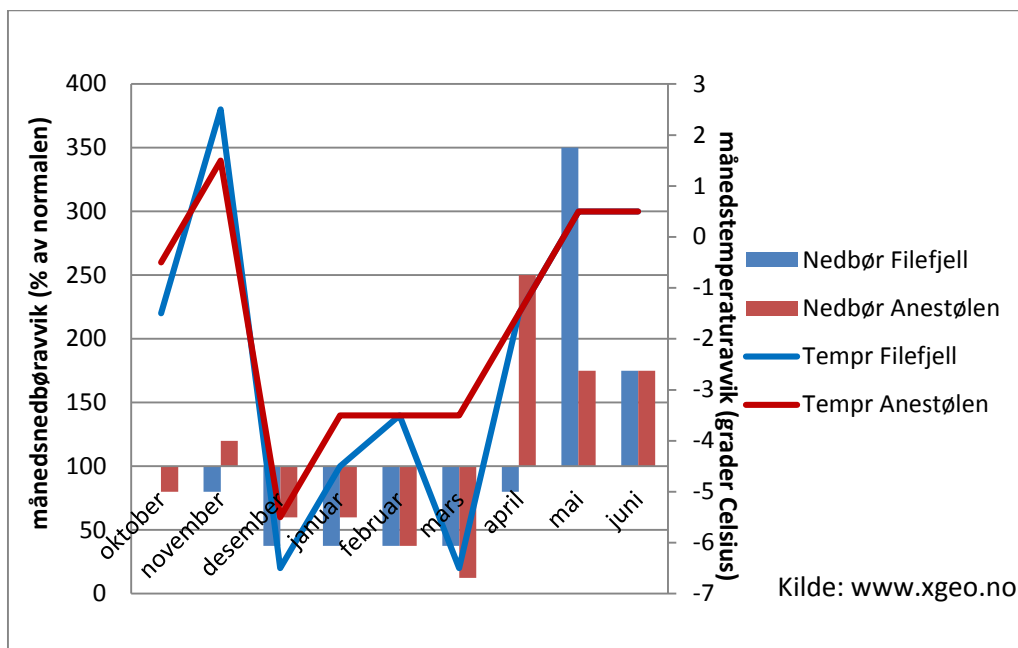
I denne rapporten vil data fra sesongen 2012/2013 på Filefjell og Anestølen bli presentert og evaluert. Endringer og oppgraderinger som er gjort ved stasjonene vil bli gjennomgått.



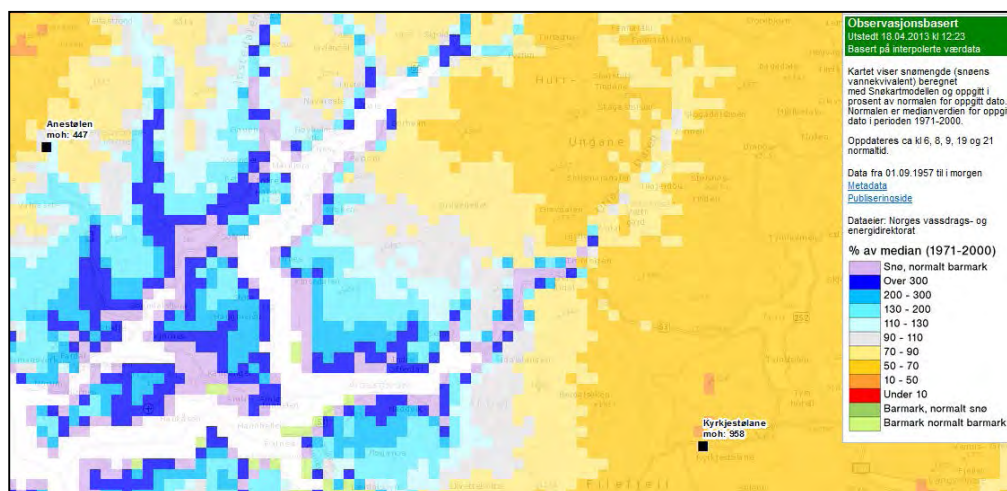
Figur 1. Kart over stasjonene på Anestølen og Filefjell.

1.2 Værforhold sesongen 2012/2013

Både på Filefjell og på Anestølen var det mindre nedbør enn normalt gjennom vinteren bortsett fra i november og i april på Anestølen (Figur 2). Temperaturen lå også betraktelig under normalen (Figur 2). Bakgrunnsdata i figuren er hentet fra xgeo/seNorge.no¹. Merk at for desember og mars er månedsmiddeltemperaturen på Filefjell i xgeo oppgitt å være $< -6^{\circ}\text{C}$ under normalen og i figuren er denne da satt til $-6,5^{\circ}\text{C}$. Mindre nedbør enn normalt i akkumulasjonssesongen påvirket snømengde, og per 1. april var snømengden på Filefjell ca. 50 % av normalen (Figur 3). På Anestølen var det derimot litt mer snø enn normalt per 1. april (Figur 3), noe som hovedsakelig kan skyldes kaldt vær og lite smelting gjennom vinteren.



Figur 2: månedsnedbøravvik og månedstemperaturavvik for området rundt stasjonen på Filefjell og Anestølen. Kilde: www.xgeo.no



Figur 3. Snømengde i % av normalen (1971-2000) 1. april 2013. Forskningsstasjonene er markert i kartet. Kilde: www.xgeo.no.

¹ www.seNorge.no og www.xgeo.no har samme kartgrunnlag. SeNorge.no er publikumsversjonen, mens xgeo er et ekspertverktøy som brukes til beredskap, overvåking og varsling av flom, jordskred og snøskred.

2 Filefjell snøforskningsstasjon

2.1 Informasjon om stasjonen

2.1.1 Endringer fra tidligere sesonger

På Filefjell snøforskningsstasjon ble det før sesongen 2012/2013 gjort noen endringer i instrumenteringen. Blant annet ble en av gammasensorene som har stått på Anestølen flyttet tilbake til Filefjell. Gammasensoren på plassert på samme lokalitet som den hadde hatt tidligere (Stranden og Grønsten, 2011). I tillegg ble det montert opp et nytt webkamera.

Det har lenge ligget en snøpute av gammel type (rund, NVE1997) på stasjonen for å ha et sammenlikningsgrunnlag mot det nye utstyret. Denne punkterte sesongen 2011/2012, og forut for sesongen 2012/2013 ble denne fjernet.

En strålingssensor lik det Statens Strålevern benytter i sitt Radnett, heretter kalt «Strålevernssensor», ble montert høsten 2012. Denne er nærmere omtalt i avsnitt 4.11.

Vinteren 2012/2013 var det problemer med kabelbrudd, noe som har resultert i gjentakende manglende data. Dette ble forsøkt fikset i løpet av vinteren ved å legge ut ekstra kabler, men uten hell. Først høsten 2013 ble feilen ble identifisert og rettet.

Snøvekten «SSG-snøvekten», som vi har hatt på utlån fra Sommer Mess-Systemtechnik, ble tatt ned og levert tilbake høsten 2013.

For øvrig dokumentasjon av stasjonen, se Stranden og Grønsten (2011) og Fjeldheim og Barfod (2013).



Figur 4. Forskningsstasjonen på Filefjell sett fra Kyrkjønøse (1308 moh.). Stasjonen ligger midt mellom vannet og parkeringsplassen. Vannføringsstasjonen 73.27 Sula er lokalisert i elven som renner ned fra fjellet i bakkant av bildet. Foto: Knut Møen, NVE

3 Anestølen snøforskningsstasjon

3.1 Informasjon om stasjonen

3.1.1 Endringer fra tidligere sesonger

Sesongen 2011/2012 sto det to gammasensorer på Anestølen, en med blyskjerm og en uten blyskjerm. Campbell, produsenten av gammasensoren, anbefaler blyskjerm for å redusere strålingen fra omkringliggende skog, bygninger og installasjoner. Det viste seg å være liten forskjell mellom registreringene fra gammasensoren med blyskjerm og uten blyskjerm (Fjeldheim og Barfod, 2013). Etter sesongen 2011/2012 ble derfor den ene gammasensoren flyttet tilbake Filefjell. Gammasensoren som står igjen på Anestølen er uten blyskjerm.

Se for øvrig Fjeldheim og Barfod (2013) for mer utfyllende informasjon om stasjonen. Bilde fra stasjonen er vist i Figur 5.

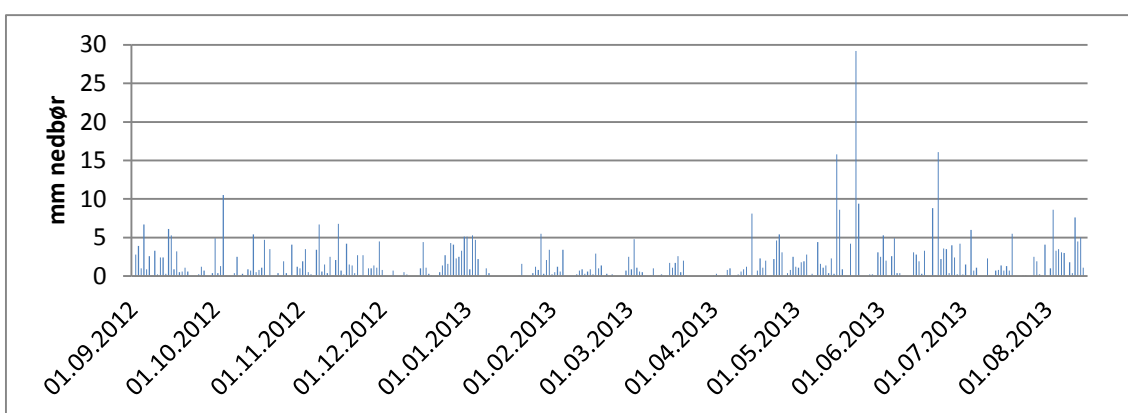


Figur 5. Snøforskningsstasjonen på Anestølen. Foto: Knut Møen, NVE

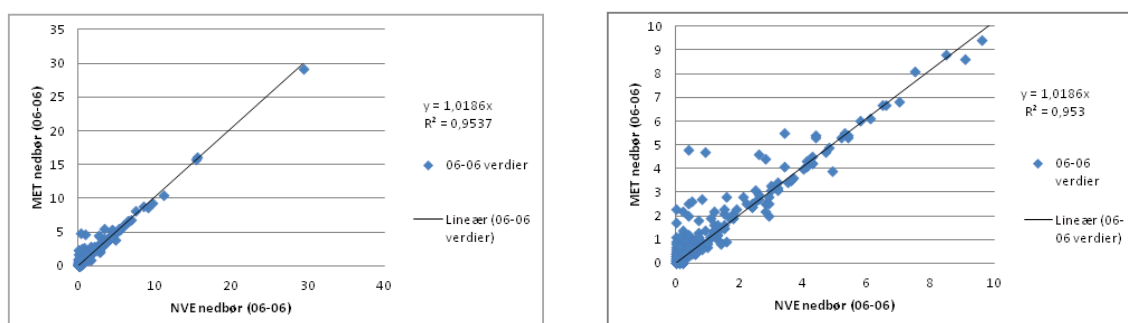
4 Måleresultat Filefjell

4.1 Nedbør og lufttemperatur

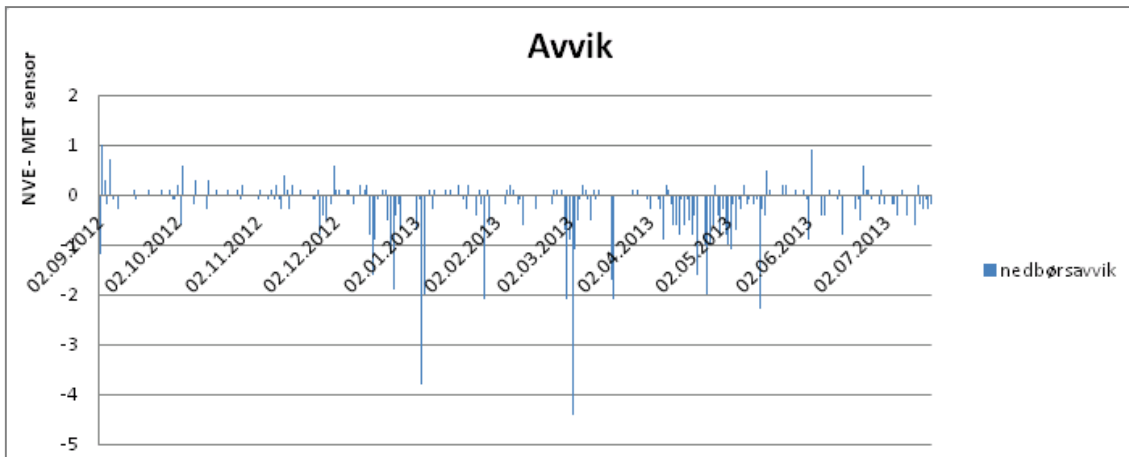
Meteorologisk institutt (MET) eier og drifter en Geonor nedbørmåler på Filefjell. Vi har imidlertid også en sensor knyttet til samme nedbørbøtte. Nedbør fra vår sensor lagres som parameter 9301- Nedbør rådata i Hydra II. Selv om sensorene er lokalisert i samme måler er det forskjeller mellom det som måles fra MET sin sensor og det som måles fra NVEs sensor, selv når samme nedbørdøgn benyttes (06-06). Nedbørsdata fra MET sin sensor sesongen 2012/2013 er vist Figur 6. Figur 7 viser forskjellene mellom NVE og MET sin sensor, mens i Figur 8 er differansen mellom NVEs sensor og METs sensor over tid plottet opp. Et par ganger er avviket større enn 3 mm, og det er flest avvik i perioden april-mai. Summert for sesongen 1. september til 19. juni viser MET sensoren 430 mm nedbør, mens NVEs sensor viser 377 mm.



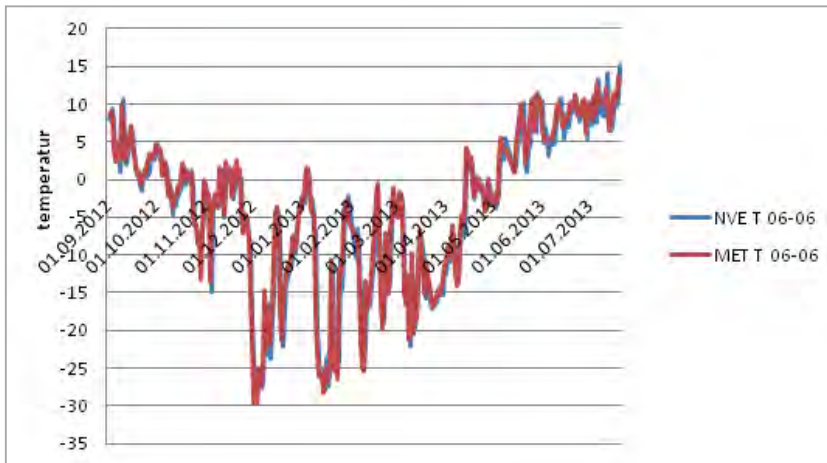
Figur 6. Nedbørdata fra Filefjell, sesongen 2012-2013. NB! Figuren viser data fra MET/eklima



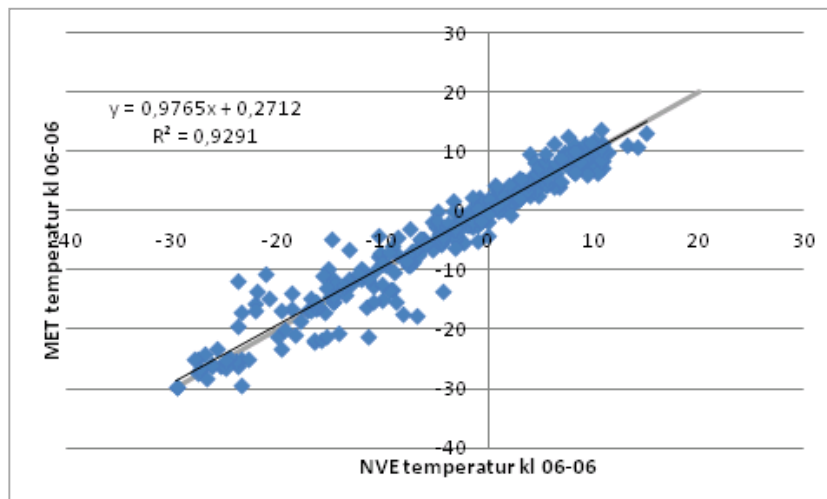
Figur 7. Sammenheng mellom NVE sin nedbørsensor og MET sin nedbørsensor. Grafen til høyre viser et utsnitt av grafen til venstre.



Figur 8 avvik mellom NVE og MET sin nedbørsensor over tid.



Figur 9 viser lufttemperaturen i °C sesongen 2012/2013. Kilde hydra2/met/eklima.no



Figur 10 viser samsvar mellom MET og NVE sine temperatursensorer på Filefjell i perioden 1. sept. 2012 – 21. juli 2013

Figur 9 viser lufttemperatur for sesongen 2012/2013. Både data fra MET sin sensor og fra NVEs sensor er vist. Det er relativt godt samsvar mellom seriene (Figur 10). I starten av snøleggingen (månedsskiftet oktober/november) var det periodevis kaldt, etterfulgt av en mildværsperiode. Fra siste halvdel av november og frem til medio april er det kontinuerlig minusgrader, kun avbrutt av to dager med plussgrader i begynnelsen av januar. For øvrig har det vært flere perioder med temperaturer lavere enn -20°C .

Tabell 1 viser døgnmiddeltemperaturverdier på Filefjell fra 1. november til 31. mars i fire etterfølgende vintersesonger. Sammenliknet med sesongen 2011/2012 var vinteren 2012/2013 kaldere, og mer stabil kald (Tabell 1).

I Tabell 2 er mildværsperioder listet opp. Periodene er i hovedsak relativt korte (1-2) dager, og i de fleste tilfellene kom det mindre enn 2 mm nedbør i perioden. I perioder med plussgrader og nedbør er det ikke usannsynlig at nedbøren kommer som regn, noe som igjen kan medføre skarelag i snøpakken og brodannelse ved snøputene. Men det kan også være at nedbøren kom som snø, særlig dersom døgnmiddeltemperaturen er like over null grader. Sammenliknet med foregående sesong (Fjeldheim og Barfod, 2013) var mildværsperiodene kortere og mindre nedbørrike denne vinteren.

Tabell 1 viser døgnmiddeltemperaturverdier (gjennomsnitt, maks- og minimumstemperatur) fra november til mars for de fire sesongene.

November – mars	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013
Gjennomsnitt	-11,1	-9,7	-6,2	-11,9
Maksimum	1,4	1,4	7,2	2,0
Minimum	-34,6	-30,8	-26,0	-29,8
Lengste sammenhengende periode med minusgrader (antall dager, dato)	111 (26.11-28.3)	140 (1.11-21.3)	32 (15.1-16.2)	85 (6.1-14.4)
Antall dager med plussgrader i perioden november - mars (nedbør: ja/nei)	6 (ja)	1 (ja)	59 (ja)	10 (ja)

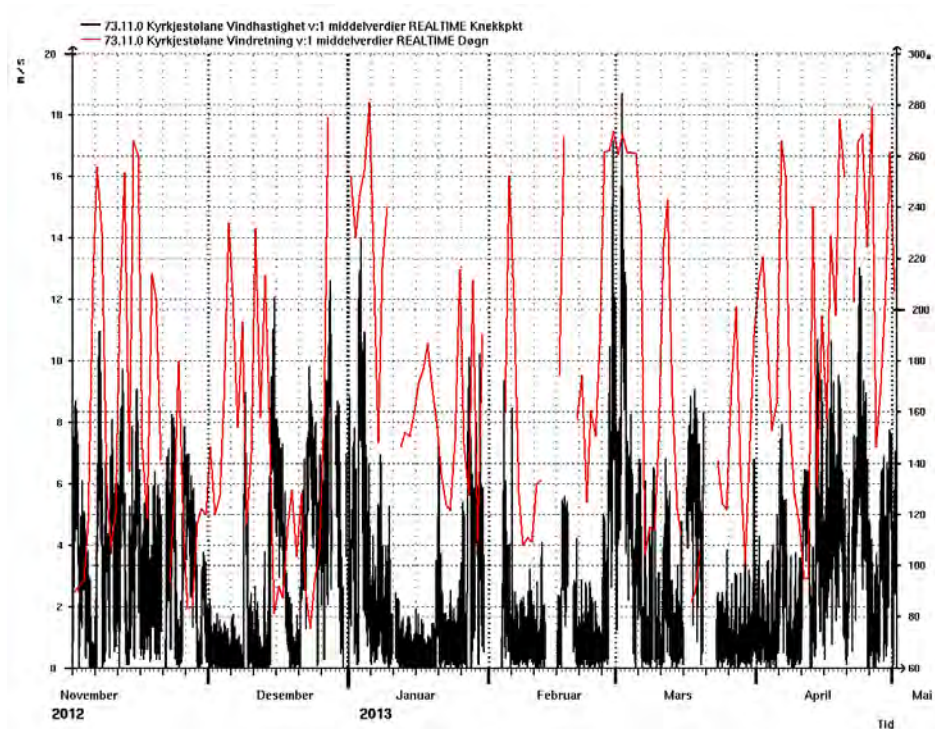
Tabell 2 viser mildværsperioder (døgnmiddeltemperatur $> 0^{\circ}\text{C}$) vintersesongen 2012/2013, og nedbør registrert i disse periodene. Fra 4. mai til snøen smeltet (medio mai) var det utelukkende plussgrader.

Mildværsperioder	Nedbør (i mm)	Antall dager
10. november	1,5	1
14. – 17. november	9,8	4
20. – 21. november	1,8	2
23. november	0,1	1
4. – 5. januar	6,9	2
15. – 18. april	11,2	4
22. april	0,1	1

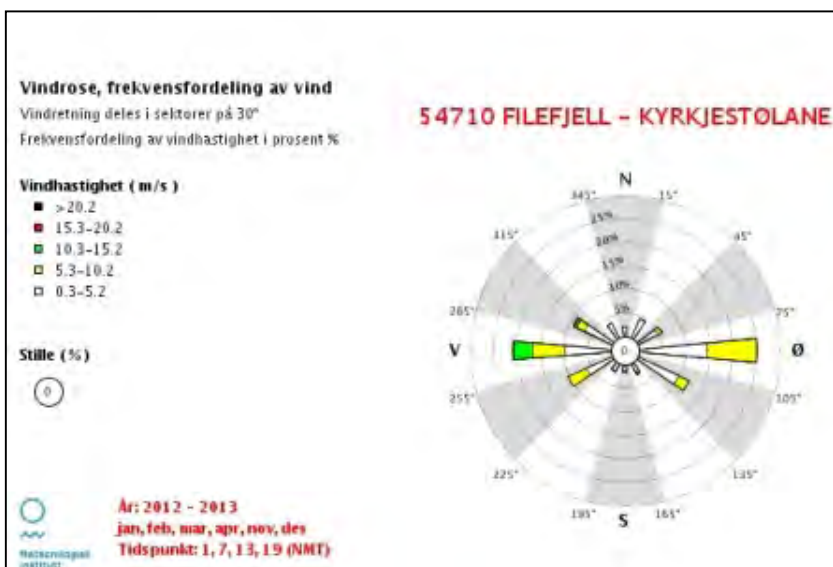
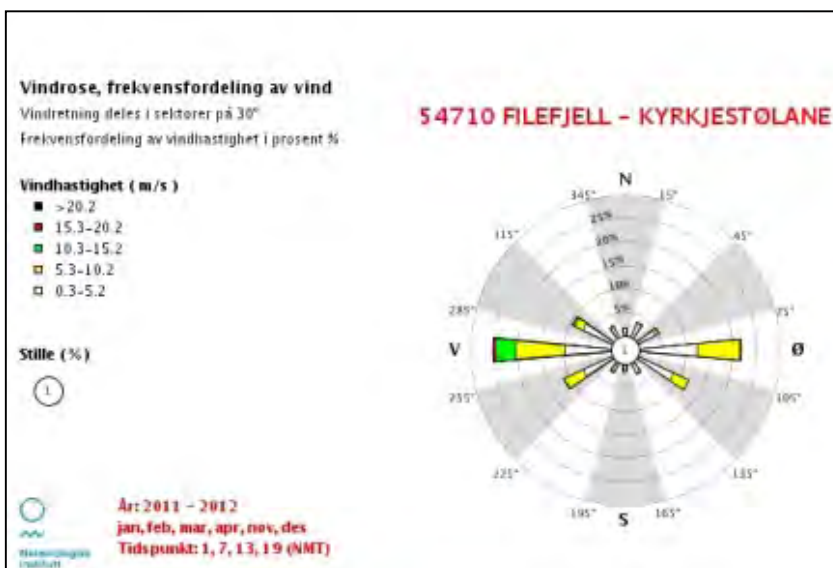
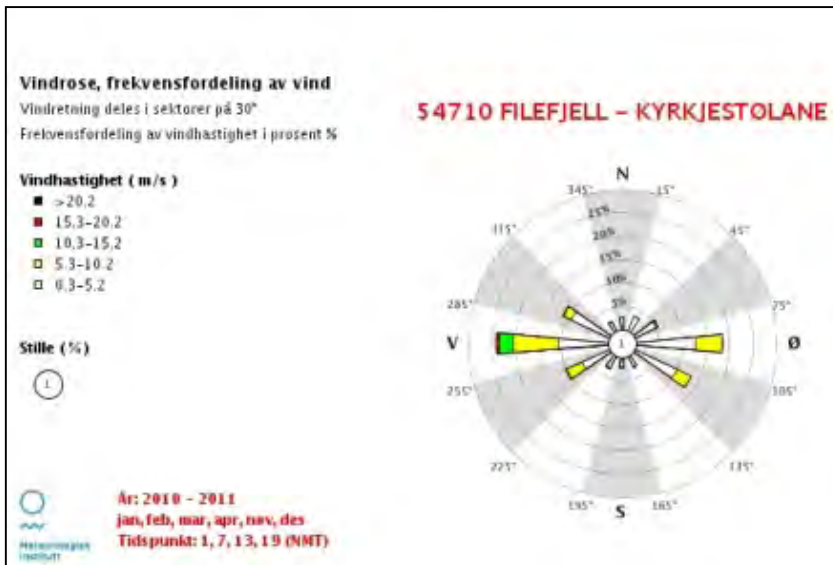
4.2 Vind

Vindmåleren står på hyttetaket på stasjonen ca. 4,5 m over bakken. Figur 11 viser vindretning (døgnmiddel, rød linje) i grader, hvor 360 er nord, 180 er sør, 90 er øst og 270 er vest. Figuren viser at det som regel er vind fra vest eller øst. Dette er naturlig siden dalføret går øst-vest. Figuren viser også vindstyrke i m/s (middell vindhastighet, sort linje). Høyeste målte verdi er 18,7 m/s den 2. mars 2013 med vind fra vest. Sammenlikner en vind med snødyp (Figur 20) og nedbør (Figur 6) kan en se en tendens til at mest nedbør kommer med vestavær, eksempel her er vind- og nedbørforholdene i månedsskiftet desember/januar. Da var det markant vestavind, og snødyppet økte med 30 cm i samme periode.

Figur 12 viser forskjeller i dominerende vindretning sesongene 2010/2011, 2012/2012 og 2012/2013. Figuren viser vindforholdene i perioden november–april. Som det fremgår av figuren var de to første vintrene dominert av vind fra vest, mens den siste sesongen var det østavinden som var dominerte. Dette kan igjen ha påvirket snøfordelingen (avsnitt 4.6) og snømengdene, siden snøforholdene de to første vintrene (Fjeldheim og Barfod, 2013 og Stranden og Grønsten, 2011), i likhet med mest dominerende vindretning, skiller seg fra sist vinter.



Figur 11 viser vindretning i grader (rød linje) og vindstyrke i m/s (sort linje).



Figur 12 Vindroser fra MET sin vindmåler på Filefjell, sesongene 2010/2011, 2011/2012 og 2012/2013

4.3 Stråling og Albedo

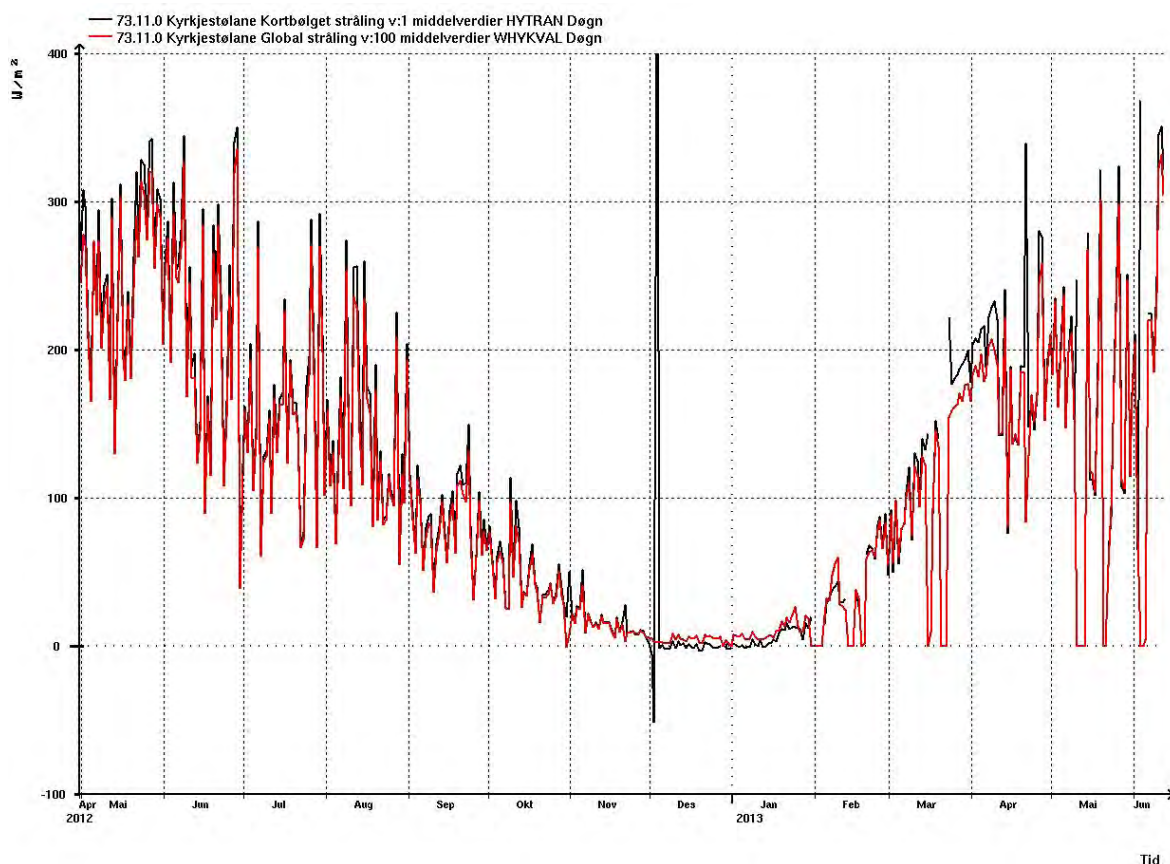
4.3.1 Langbølget stråling

Siden instrumenthytta ble flyttet august 2011, har signalet fra de langbølgede strålingsinstrumentene blitt forstyrret. Oktober 2012 ble det gjort et forsøk på utbedre dette men det var ikke vellykket. Det elektriske signalet som kommer fra de langbølgede strålingsinstrumentene er svært svake, så kun små elektriske forstyrrelser skal til før verdiene endres. Langbølget strålingsdata fra sesongen 2012/2013 var derfor ikke brukbare og vil ikke bli analysert.

Høsten 2013 ble det montert separate, skjermede kabler til sensoren.

4.3.2 Kortbølget stråling og albedo

Oktober 2012, ble 3 av 4 sensorer i strålingsinstrumentet koblet i ny kabel i håp om å få inn langbølget stråling (nevnt over). Begge de langbølgede sensorene og sensor for kortbølget utstråling ble kablet om. Som nevnt ovenfor var denne rekablingen ikke vellykket for å få inn langbølget stråling, ei heller kortbølget utstråling. Kortbølget innstråling ble ikke kablet om, og gir tilsynelatende troverdige data (Figur 13). Merk at dette er data fra den kombinerte kort- og langbølgede strålingssensoren (Kipp&Zonen kombisensor, 73.11.0.8.1 Kortbølget stråling), og at kortbølget innstråling også måles ved en sensor på taket av instrumenthytta (73.11.0.6.1 «Global stråling»). Det er godt samsvar mellom målingene (Figur 13).



Figur 13 Kortbølget innstråling sesongen 2012/2013. Figuren viser rådata fra både Kipp&Zonens kombisensor (sort linje) og separat sensor på taket av instrumenthytta (rød linje).

4.4 Snøens vannekvivalent (SWE)

Tabell 3 viser en oversikt over instrumentene som måler SWE på Filefjell. Tabellen viser målearealet til instrumentene, og hvor i hydra2 dataene ligger. For ytterligere informasjon om instrumentene og plassering, se Stranden og Grønsten (2011), kapittel. 2.4.

Tabell 3 Oversikt over de ulike snømåleinstrumentene samt måleparameter i Hydra II på Filefjell snøforskningsstasjon, per oktober 2012. Målestart er gitt i måned og årstall. Tabellen er hentet fra Stranden og Grønsten, 2011, og oppdatert til å gjelde for sesongen 2012/2013.

Instrument	Parameter	Måle-areal	Utforming/type	Målestart (mnd. år)	Versjon i Hydra 2 (73.11.0.)
NVE2010-snøpute	SWE (m)	6,25 m ²	Kvadratisk, væskefylt PVC-pute, 2,5 m x 2,5 m	09.2009 09.2010	2003.3-6, 2003.9
Møen2525-snøvekt	SWE (m)	25 m ²	Kvadratisk vekt i tre, 5 m x 5 m	09.2009	2003.7
Sommer SSG-snøvekt	SWE (m)	1,1 m ²	Syv aluminiumsplater, SGG snow scale	10.2010	2003.8
Gammasensor ¹	SWE(m)	~100m ²	Campbell CS725 Snow Water Equivalent Sensor	09.2010 ¹	2003.10

¹Gammasensoren stod på Anestølen vinteren 2011/2012, så det finnes ingen gammadata fra Filefjell vinteren 2011/2012.

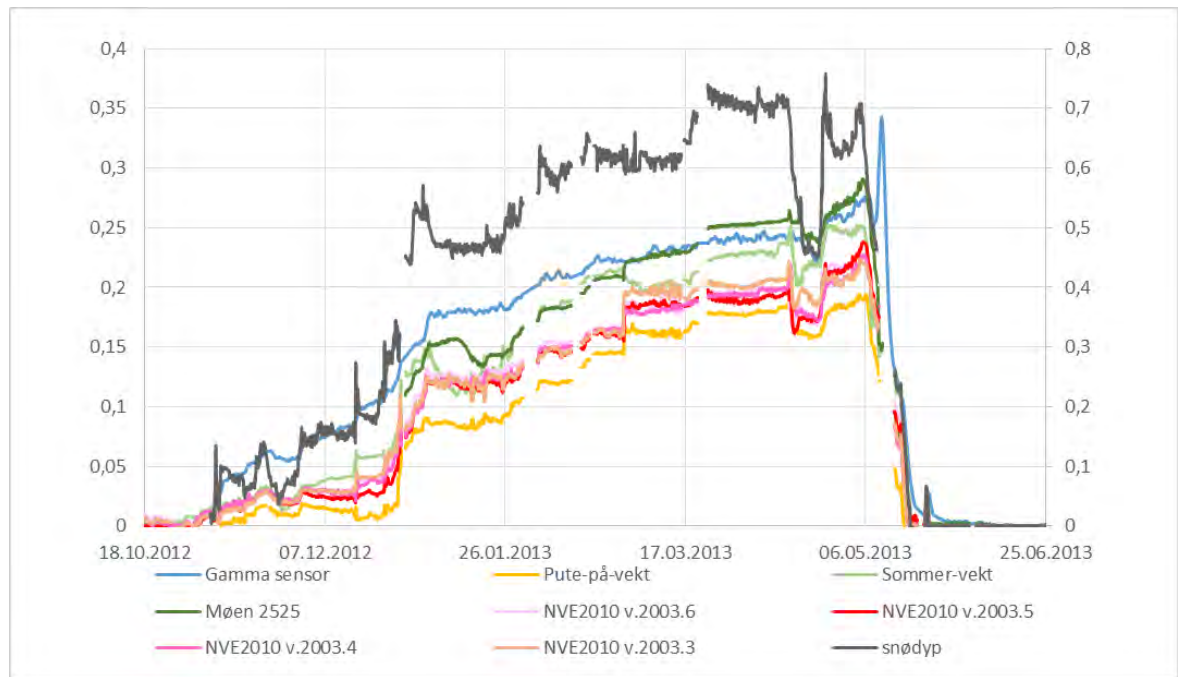
Tabell 4 Periode med snø på puten Møen 2525puten, snømaksimum og snødyp på samme tidspunkt. Den kan være kortvarige perioder før og etter med snø.

Vintersesong	Snølegging	SWE maksimum (Møen2525)	Snødyp (snødypsensoren NVE)	Snøfritt
2009/2010	03.10.2009	350 mm (17.04.2010)	0,91 m	25.05.2010
2010/2011	20.10.2010	380 mm (01.04.2011)	1,0 m	09.05.2011
2011/2012	09.10.2011	480 mm (24.02.2012)	1,3 m	30.05.2012
2012/2013	28.10.2012 ²	270 mm (04.05.2013)	0,71 m	20.05.2013

Snømaksimum på Filefjell sesongen 2012/2013 på snøvekt Møen2525 var ca. 270 mm, og er det laveste som er registrert siden målestart i 2009/2010 (350 mm), se Tabell 4. Figur 14 viser data fra de åtte ulike måleinstrumentene for SWE sammen med snødyp for vinteren 2012/2013. Som figuren viser lå det snø på feltet fra månedsskiftet oktober/november til siste halvdel av mai.

Det er flere perioder med datatap på grunn av kabelbrudd i løpet av sesongen. Det ble i løpet av vinteren forsøkt reparert ved å legge nye kabler oppå snøen. Like fullt er det brudd i flere av dataseriene gjennom vinteren. Gammasensoren går i egen kabel, og ble ikke påvirket av de øvrige feilene.

² Mangler data for perioden med snølegging for Møen2525, datoen er derfor tatt fra snøputene (type NVE2010). Det lå snø på puten fra 8. – 25. oktober, som smeltet vekk før snøen igjen la seg for vinteren, 28. oktober.



Figur 14 viser snøens vannekvivalent (SWE), venstre akse, målt i meter fra de ulike automatiske måle metodene på Filefjell: Snøvekten Møen2525 (mørk grønn), snøvekten fra Sommer SSG (lys grønn), Gammasensor (blå), snøputer av typen NVE2010 (diverse rød-rosa, samt gul for puten på Møen2525). Figuren viser også snødyb (sort kurve), med skala på høyre akse.

I oktober og november kom det en del nedbør på filefjell- både som regn og snø og en kan se på måleinstrumentene at det er både snølegging og snøsmelting. I slutten av oktober var det noen dager da snøputene var snøfrie. Snøvektene og fire av firkantputene (versjon 2003.3-6) følger hverandre relativt godt frem til 14 desember. I perioden 14 – 16 desember steg lufttemperaturen fra -25°C til -5°C og det kom rundt 6,5 mm nedbør. 15 desember kan en se hvordan alle SWE måleinstrumentene får en markant endring i SWE, og differansen mellom instrumentene øker. For flere av instrumentene ble det registrert både en stigning og synking i SWE i disse dagene. I slutten av desember kom det en del nedbør og det la seg en del snø på feltet. 4. januar var det nedbør og plussgrader og vi så en liten nedgang i SWE. Vi så også tydelig på snødypsensoren at snøpakken ble mer sammenpakket. Det var få mildværsperioder utover vinteren og snøen la seg jevnt utover. I perioden fra 7.-15. mars varierte temperaturen på dag og natt mellom -30°C til -6°C . En kunne se på snøputene og Sommer SSG snøvekten, heretter kalt Sommer-vekten, at dette også påvirket SWE målingene ved at disse også fikk døgnfluktasjoner. Gammasensoren latet til å være upåvirket av disse endringene i lufttemperaturen, mens en kunne se antydninger til døgnvariasjoner også på snøvekten, men likevel mye mindre enn på snøputene. Første mildværsperiode etter lang kuldeperiode inntreff 15.-18. april, og det kom 11,2 mm nedbør i perioden (se Tabell 2). I den perioden ble både snødypet og vannekvivalenten redusert. Etter denne mildværsperioden blir det kaldt igjen og snømengden øker frem til snømaksimum 4. mai. Snøsmeltingen startet for fullt 5. – 6. mai, og det var snøfritt 16-20 mai.

I starten av sesongen var gammasensoren feil innstilt, og ble i datakontrollen er justert ned med 0,07106 m fra november og frem til 16. januar. Gammasensoren viser høyest SWE helt fram til 23.mars. Etter dette har gir Møen 2525(2003.10) høyest SWE fram til snøsmeltingen starter for fullt rundt 5-6 mai. Gammasensoren har en kraftig økning i SWE mellom 7. og 12. mai som man ikke ser på de øvrige måleinstrumentene for SWE og den kan trolig forklares med uvanlig høy grunnvannstand og markfuktighet i perioden (se avsnitt 4.9).

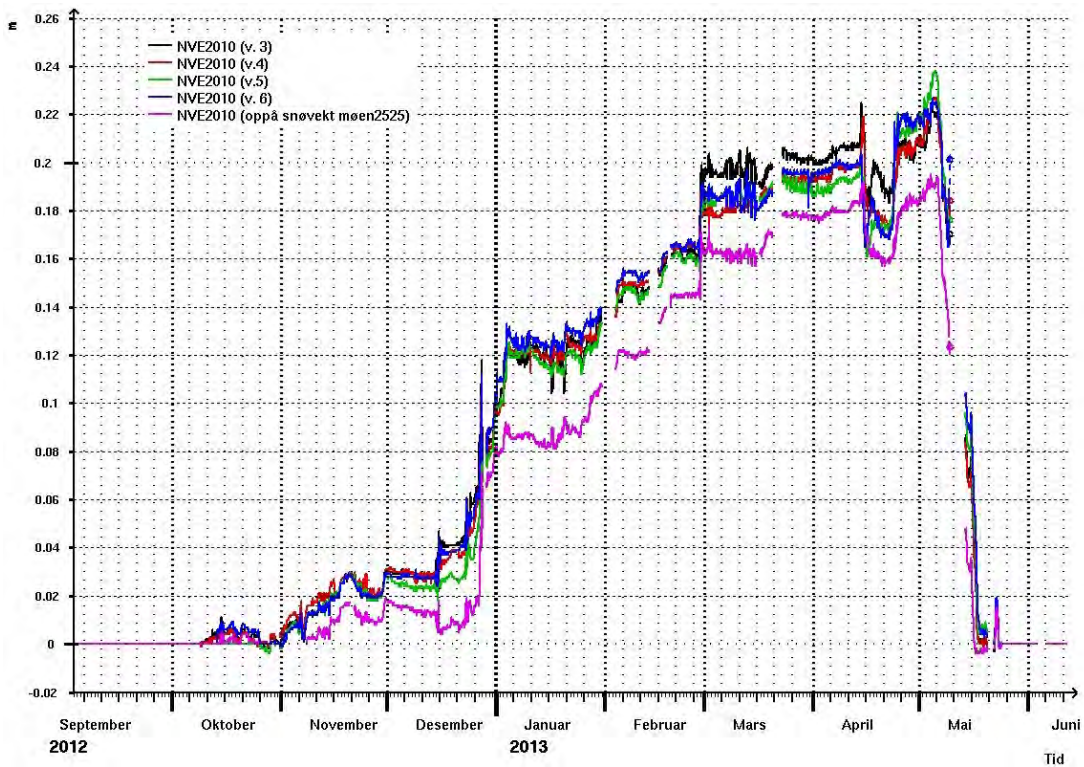
SSG-snøvekten ligger jevnt med snøputene og Møen 2525 frem til 15. desember. Etter dette ligger denne litt høyere frem til 4. januar når den får et markant dropp i forbindelse med en mildværsperioden. I februar gir SSG -snøvekten omtrent samme SWE som Møen 2525, men under mildvær- og nedbørsperioden i starten av mars får SSG-snøvekten nedgang i SWE når Møen 2525 får økning i SWE. I resten av vintersesongen ligger SSG-snøvekten litt over snøputene og litt under den andre snøvekten og Gammasensoren.

Figur 15 viser hvordan de fire NVE2010-putene, versjon; 2003.3, 2003.4, 2003.5 og 2003.6 følger hverandre i store trekk gjennom vintersesongen. Puten med parameter 2003.4 har en finerplate over seg for å teste hvorvidt det hindrer trykkavlastning gjennom puten, men den skiller seg ikke nevneverdig ut. Ved alle de fire putene inntreffer snømaksimum 4. eller 5. mai 2013 med verdier mellom 222 og 239 mm. Gjennom sesongen er det stadig små sprang og dropp i data, men både akkumulasjonssesongen og smelteforløpet virker likefullt rimelig greit. Snøputen som ligger oppå snøvekten (versjon 2003.9) viser gjennom hele sesongen mindre snø, og har snømaksimum 4. mai med 195 mm, mot 280 mm på Møen 2525. En ser at i starten av sesongen registrer denne puten mindre snø, og allerede tidlig i november ligger denne puten 10-15 mm lavere enn de andre firkantputene. Differansen øker utover sesongen, og ved snømaksimum er differansen mellom NVE2010 2003.9 (på vekt) og de øvrige NVE2010-putene rundt ~20 mm.

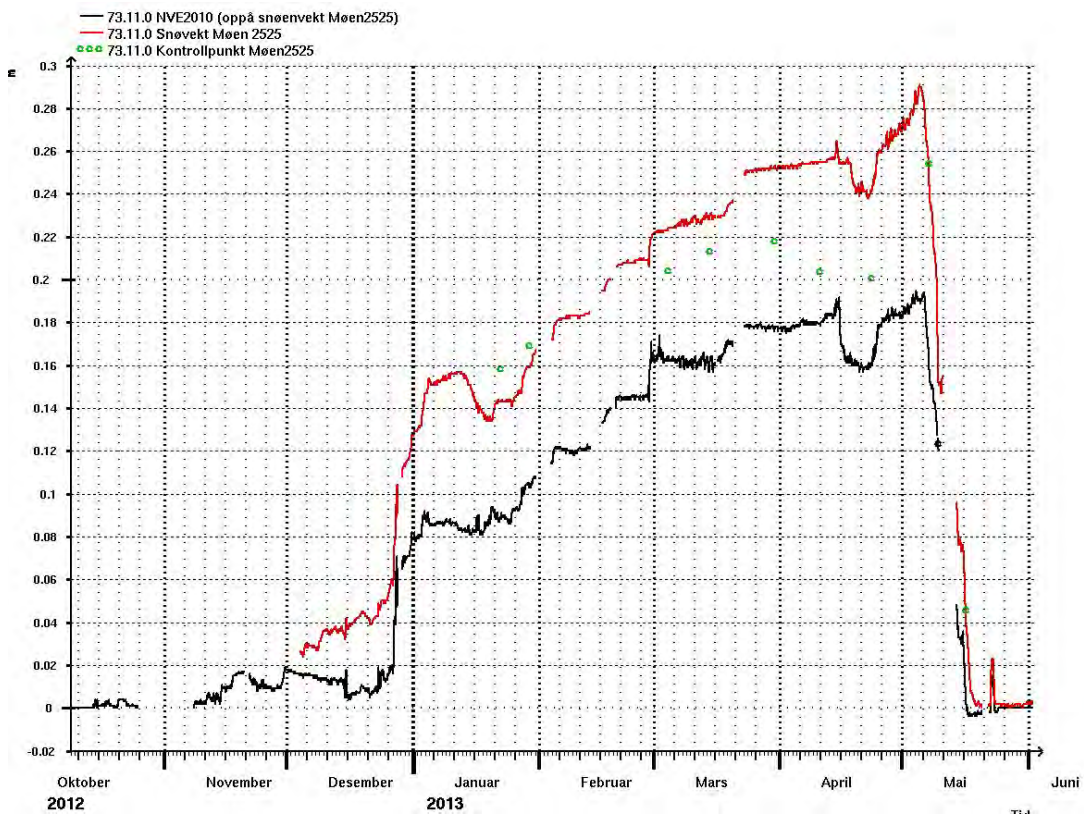
Figur 16 er et plott med kun snøvekten Møen2525 (2003.7) og snøputen versjon 2003.9 som ligger oppå vekten. Her ser en tydelig hvor stor differanse det kan være mellom de to måleinstrumentene som ligger på akkurat samme sted. Snøputen viser gjennom hele vinteren mindre SWE enn snøvekten. Dette kan komme av at den ligger høyere i terrenget, og snøen legger seg senere her. De to instrumentene viser de samme tendensene gjennom hele vintersesongen, med unntak av en økning i SWE i starten av januar som kun er synlig på snøvekten. Det var en mildværsperiode 4.-5. januar, hvor det ble registrert 6,5 mm nedbør. Kontrollpunktene ligger mellom snøvekten og snøputene. Kun når smeltingen har startet er det godt samsvar mellom snøvekt og kontrollpunkt. Kontrollmålingene er nærmere beskrevet i kapittel 4.6.

I Figur 17 er et plott med gammasensor, snøvekt og en dataserie (versjon 2003.0) satt sammen av de fire firkantputene som ligger kant i kant, sammen med de respektive kontrollpunktene. Gammasensoren viser mest snø helt fram til midten av mars, etter dette registrer snøvekten høyest SWE, sett bort i fra den tidligere nevnte SWE økningen for gammasensoren 7. -12. mai.

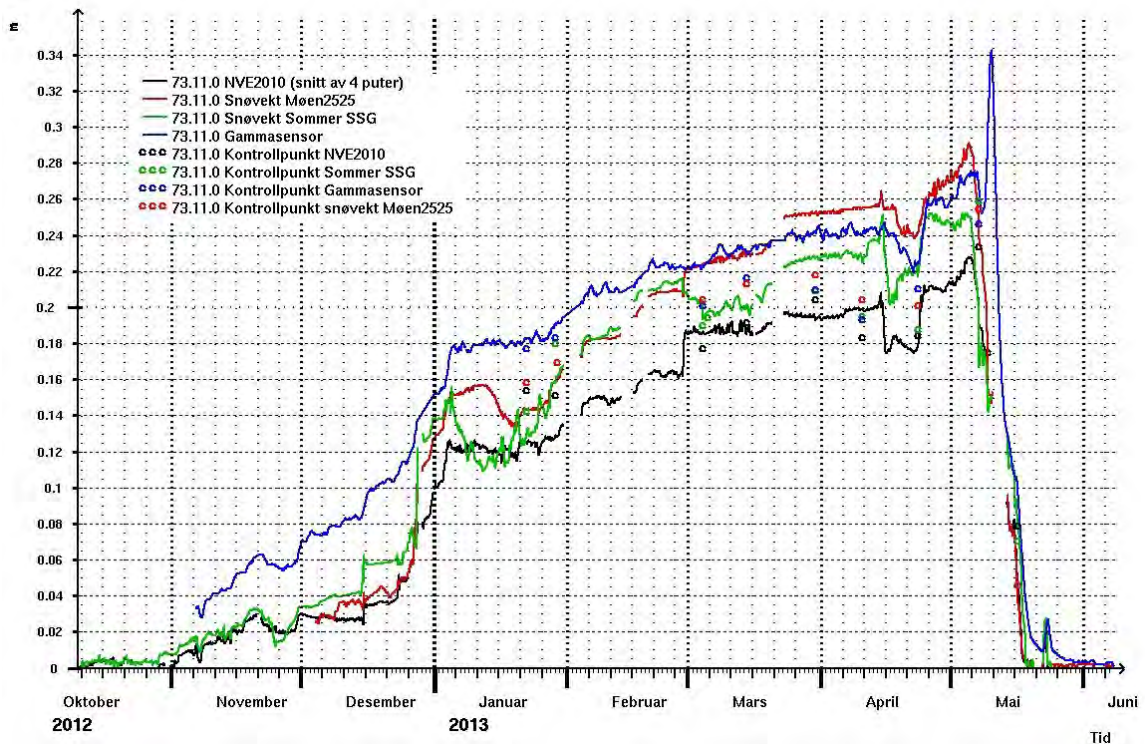
Som Figur 18 viser forløp snøsmeltingen relativt likt for alle måleinstrumentene og feltet ble snøfritt i perioden 16-20 mai. Snøputen på møen2525 (versjon 2003.9) ble snøfri først. Dette kan en også se på webkamerabilder fra stasjonen (Kapittel 4.10 Webkamera, Figur 35). Det kom snø på feltet 22.-23. mai (Figur 18), og det underbygges av webkamerabilder i Figur 19. Under det sistnevnte snøfallet er det en påfallende forsinkelse i registreringene i gammasensoren. Dette skyldes oppsettet i sensoren, som teller antall gammafotoner per 24 timer og rapporterer det inn hver 6 t (kl 00-24, 06-06, 12-12, 18-18). Per i dag blir derfor registrert SWE fra gammasensoren å regne som et 24 timers glidende middel. Dersom dette viser seg å bli et større problem enn forsinkelse av de 2-4 mm vi ser i Figur 18, kan det tenkes at oppsettet bør endres.



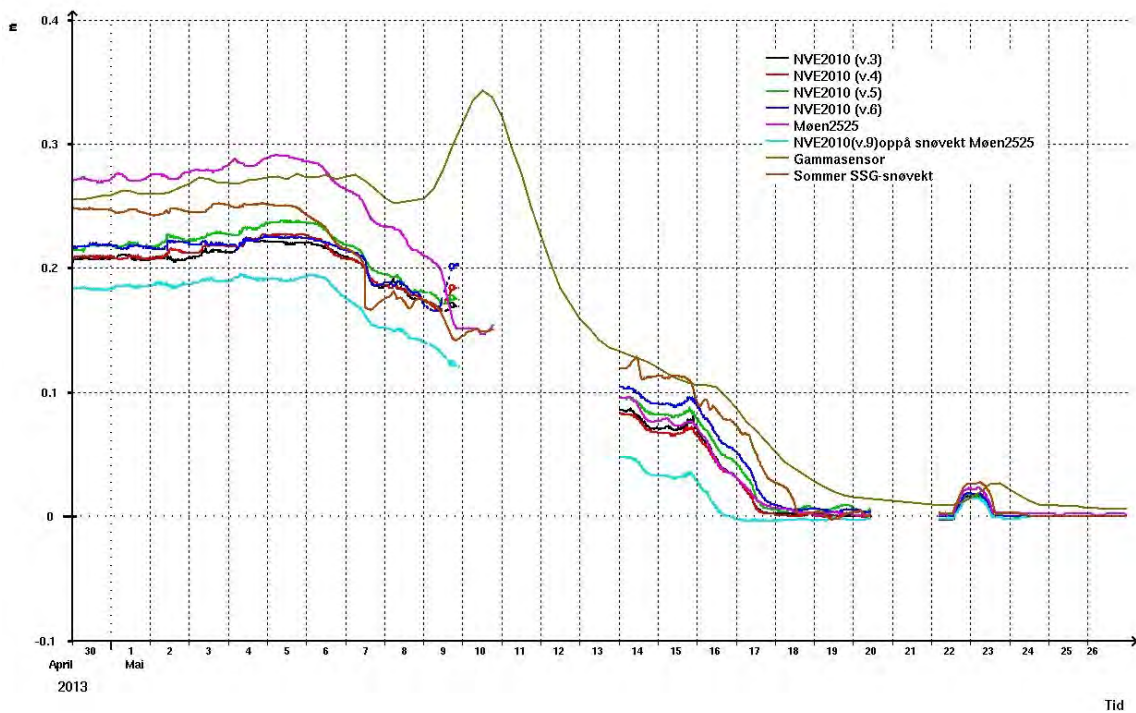
Figur 15 viser SWE for de 4 snøputene som ligg tett ved siden av hverandre (svart, rød, grønn, blå) i tillegg til snøputen som ligger på snøvekten. Snøputen som ligger på snøvekten mindre SWE enn de andre gjennom hele vinteren.



Figur 16 Plott av snøvekten Møen2525 sammen med den snøputen NVE2010 som ligger oppå. Kontrollpunktene er tatt på snøvekten.



Figur 17 Viser et plott med Gammasensor (blå linje), snøvekt Sommer SSG (grønn linje), Snøvekt Møen2525 (rød linje) og snitt av 4 snøputer NVE2010 (ID 2003.0, svart linje) sammen med kontrollpunkt.



Figur 18 Smelteforløpet for de ulike måleinstrumentene for SWE. Alle instrument var snøfri 19. mai. Snøfallet 22-23 mai er reelt. SWE økningen til gammasensoren skyldes trolig veldig høy markfukt og grunnvannstand, og er nærmere diskutert i avsnitt 4.9.

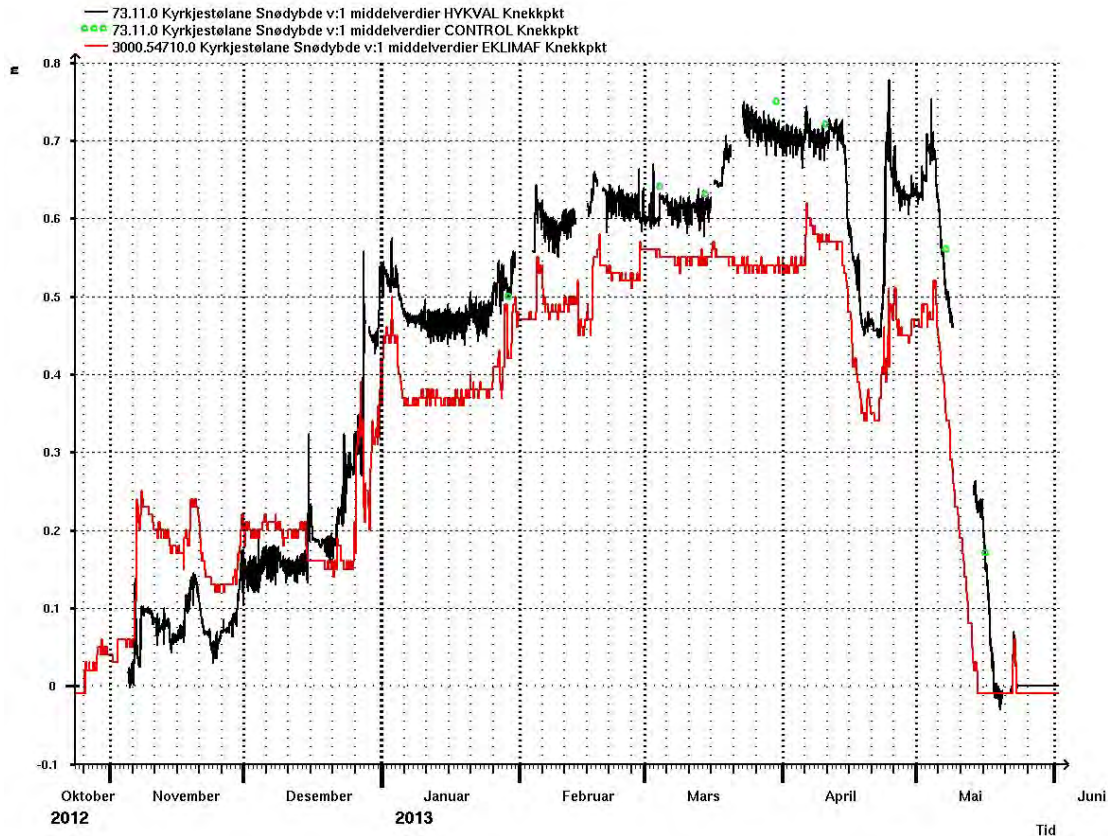


Figur 19: Webkameraet bekrefter at det faktisk kom snø 23. -24. mai 2013.

4.5 Snødyp

Figur 20 er et plott med NVE (sort linje i figur) og MET (rød linje) sin snødypsensoren. NVE har en snødypsensoren av typen Campbell SR50A hvor temperaturkorrigeringen skjer i Sutron-loggeren. NVE sin snødypsensoren måler snødyp to meter vest for firkantputene og MET sin snødypsensoren står i deres mast noen meter øst for NVEs sensor. I følge MET sin snødypsensoren kom første snøfallet på Filefjell 26. oktober. NVE hadde tekniske problemer med sin snødypsensoren i starten av sesongen, så en har ikke data herfra før 5. november 2012. Frem til midten av desember viser MET større snødyp enn NVE, og etter dette viser NVE sin sensor større snødyp enn MET.

Det kom mye snø (~30 cm) i løpet av siste halvdel av desember. Tidlig i januar sank snødypet noe som følge av mildvær, for deretter å øke, frem til en ny smelteperiode i midten av april. Et nytt snøfall i april førte til økt snødyp, før snøen smeltet igjen i starten av mai. Det ble bart under MET sin snødypsensoren 14. mai og 18. mai under NVE sin sensor. Begge sensorene registrerte snøfallet 22.-23. mai. Figur 35 viser bilder fra webkamera i perioden 15.-20. mai når snøsmeltingen skjedde over feltet. NVE sin snødypsensoren ble sist snøfri.



Figur 20 viser snødypet over NVE1997 puta (sort linje) og snødyp fra MET sin snødypsensoren på Filefjell (rød linje). Kontrollpunktene er tatt under NVE sin snødypsensoren samsvarer godt med snødyp fra sensoren.

4.6 Kontrollmålinger

I løpet av sesongen 2012/2013 ble det foretatt ni stasjonsbesøk med kontrollmålinger, omtrent hver fjortende dag. Kontrollmålingene ble gjennomført på samme måte som tidligere år med ulikt personell fra NVE, se Stranden og Grønsten (2011). Figur 21 viser måling av snødyp på Møen2525, 16. mai 2013. Bildet er tatt med webkamera (se avsnitt 4.10).

For å gjøre det enklere å benytte kontrollmålinger til kontroll av instrumenter er kontrollmålingene, fra og med vinteren 2012/2013, organisert som i Tabell 5.

4.6.1 Kontrollmålinger av snødyp

Det har blitt målt snødyp ved totalt 63 punkter inne på/utenfor feltet. Figur 23 viser et kart over hvor på feltet målingene er blitt tatt. Figur 22 viser fordelingen av snødyp på de ulike tidspunktene. Plottene i Figur 22 er laget i R (2008), ved hjelp av pakken geoR (Diggle & Ribeiro Jr, 2007, Ribeiro Jr & Diggle, 2001). Det er brukt ordinær kriging med følgende parametere: nugget = 0,0002, sill = variasjonen i data, range = 300. I plottene er det brukt «terrain.colors» med 25 varianter. Konturlinjer er lagt på den krigede overflaten. Merk at de ulike plottene i Figur 22 har ulik skala, og at nord er til høyre i bildet.

Figur 22 viser at det er i de fleste tilfellene er mest snø i vest, med et maksimum i ytterkant av den vestligste målingen. Det er kun 16. mai dette maksimumet ikke er til stede. I de fleste bildene er det også et lokalt maksimum sør for SSG-snøvekten. Det er stort sett mindre snø i ytterkanten mot sør og øst. Frem til og med mars er det relativt lite snø på SSG-snøvekt, mens det i april og mai er på det jevne med de andre installasjonene.



Figur 21. Måling av snødyp på Møen2525, 16. mai 2013. Kilde: NVEs webkamera

Tabell 5. Organiseringen av kontrollmålinger i hydra 2, forkortelsene i parentes angir retningen registrert i HYSOP.

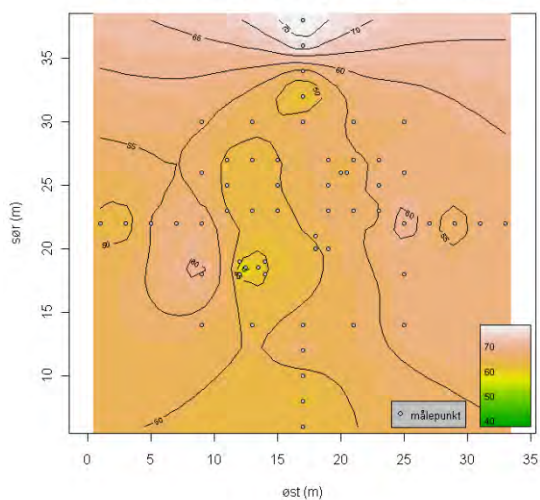
Lokalitet	Beliggenhet i hydra 2
Frem til og med sesongen 2011/2012	Alle kontrollpunkt samlet på "Kontrollpunkt"; 73.11.0.2003.versjon 2
Alle kontrollmålinger	Seriearkiv "Kontrollpunkt": 73.11.0.2003.versjon 3
Kontroll av Møen2525 (SV)	Gjennomsnittlig målt tetthet i sjakt og gjennomsnittlig målt snødyp (8 snødypmålinger) på vekta. Kontrollpunktene ligger på seriearkiv "kontrollpunkt": 73.11.0.9106 ¹ .versjon 7
Kontroll av snøpute 2003.4 (NV, stikk nr 9 og 10)	Gjennomsnittlig målt tetthet i sjakt og gjennomsnittlig målt snødyp på firkantpute (to målinger). Kontrollpunktene ligger på seriearkiv "kontrollpunkt": 73.11.0.2003.versjon 4
Kontroll av SSG-snøvekt (PRO)	Beregnet fra snødyp målt oppå sensoren og gjennomsnitt av tetthet målt i sjakt. Kontrollpunktene ligger på seriearkiv "kontrollpunkt" 73.11.0.2003.versjon 8
Kontroll av gammasensor	Beregnet fra snødyp målt rundt gammasensoren og gjennomsnitt av tetthet målt i sjakt. Kontrollpunktene ligger på seriearkiv "kontrollpunkt": 73.11.0.2003.versjon 10.
Kontroll av snødyp sensor	Beskrevet i emnefeltet/kommentarfeltet på "kontrollpunkt" versjon 3 under SWE (parameter 2003), men skal også ligge på seriearkiv "kontrollpunkt":73.11.0.2002.versjon 1

¹ Disse kontrollpunktet er lagt på denne parameteren fordi kontrollverdier, teknisk sett, ikke kan knyttes til dataserie.

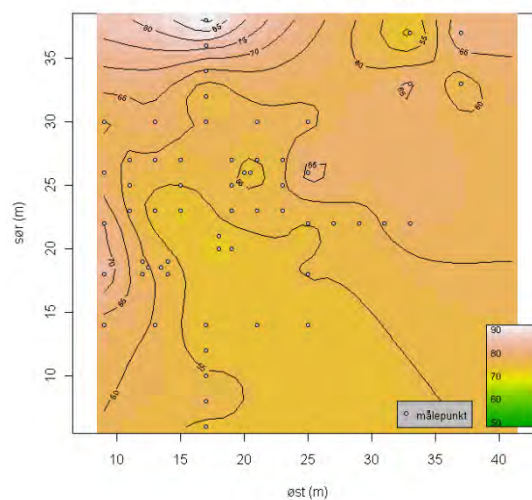
Sammenliknet med registrert vannekvivalent ved målestasjonene er det ingen entydig sammenheng mellom romlig fordeling av snødyp og romlige forskjeller i registrert vannekvivalent. Som Figur 14 viser, er det stort sett mest SWE registrert på Møen2525, etterfulgt av SSG-snøvekten, og minst snø på de fire snøputene. Gammasensoren viser klart mest SWE gjennom hele sesongen. I plottene i Figur 22 er det, rundt gammasensoren, på det jevne med snø. Gjennom vinteren er det i mange tilfeller mest snø over snøputene, men sammenliknet med observert vannekvivalent er snømengdene målt ved snøputene mindre enn de øvrige målemetodene (som beskrevet ovenfor).

En interessant sak i Figur 22 er at snødyppet som måles på snøputen ved de aller fleste tidspunktene er lavere enn det snødyppet som måles rundt snøputene. Dette kan utelukkende skyldes at puten ligger over bakken, slik at snødyppet som måles på puten, bortsett fra starten av snøleggingen, alltid vil være noe mindre enn snødyppet rundt. Merk at det er noe usikkert hvorvidt disse kontrollpunktene er målt på puten med (2003.5) eller uten finerplate (2003.6). Intensjonen var at disse målingene skulle tas på puten med finerplate 2003.6. I plantegningen i er disse to kontrollpunktene inntegnet på 2003.5, og det er derfor ikke urimelig å anta at de derfor også er målt på denne puten.

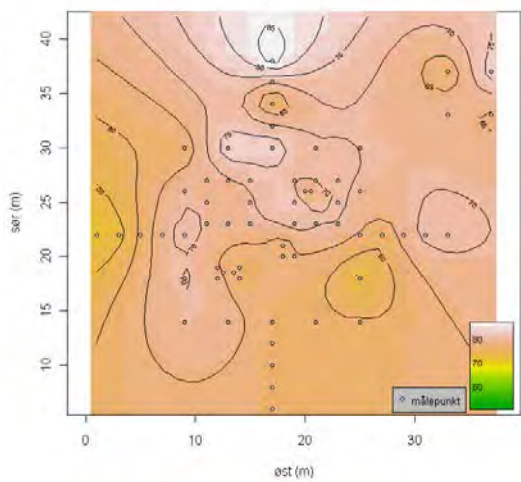
Filefjell snøforskningsstasjon snødyp 22.1.2013



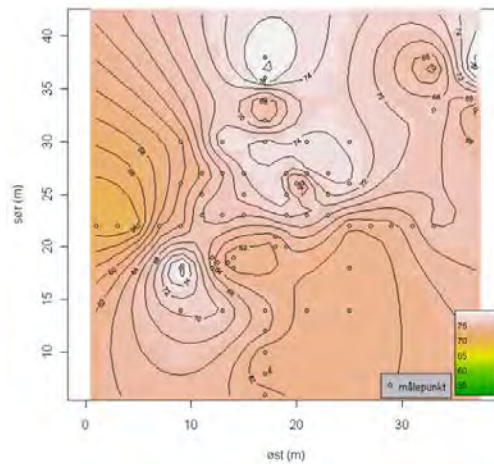
Filefjell snøforskningsstasjon snødyp 29.1.2013



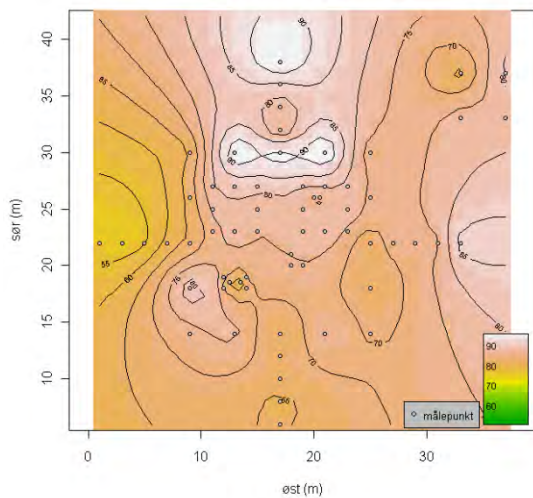
Filefjell snøforskningsstasjon snødyp 4.3.2013



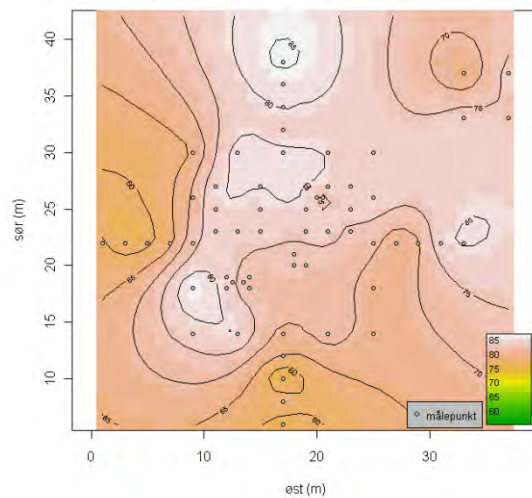
Filefjell snøforskningsstasjon snødyp 14.3.2013



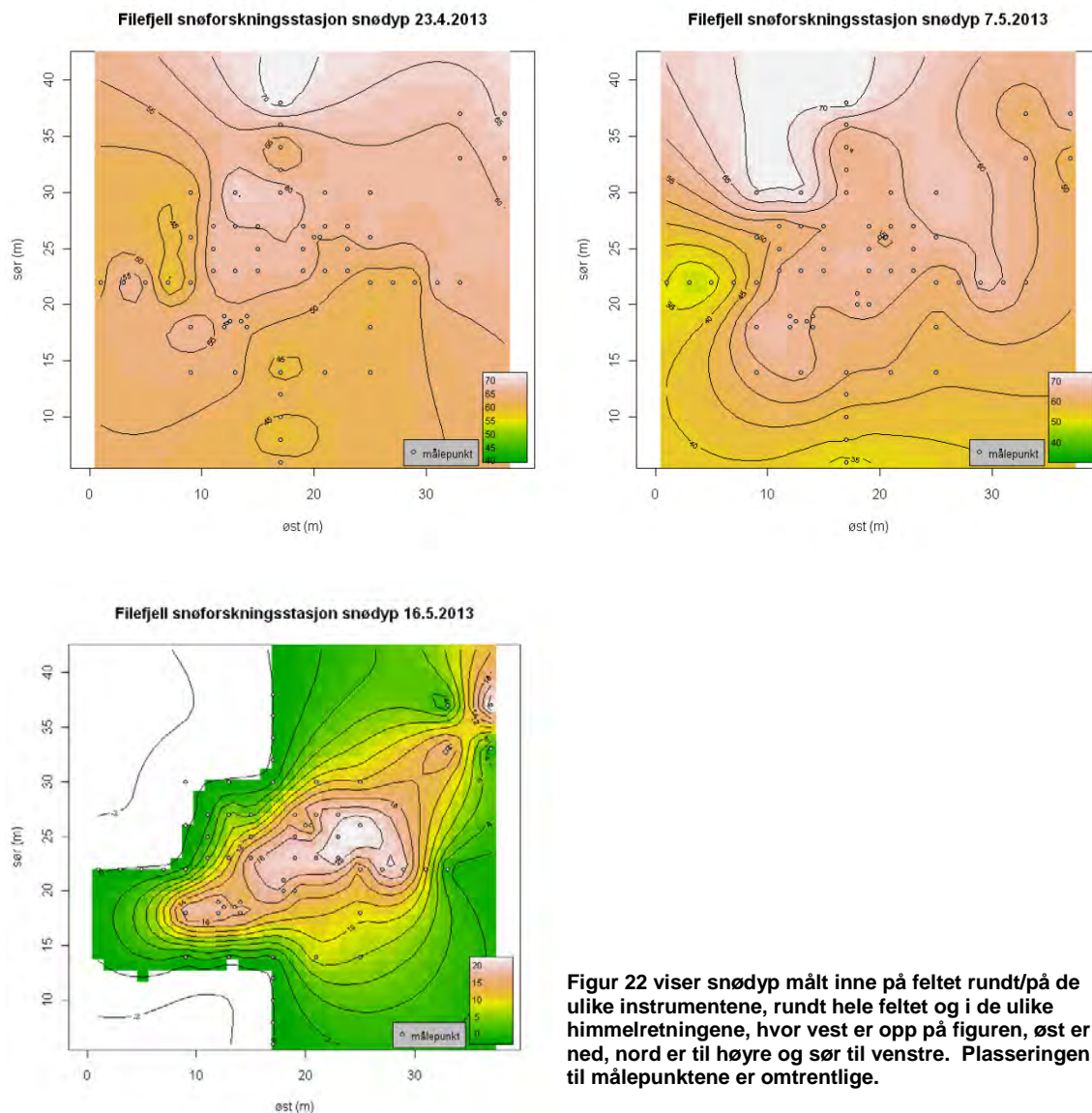
Filefjell snøforskningsstasjon snødyp 30.3.2013



Filefjell snøforskningsstasjon snødyp 10.4.2013

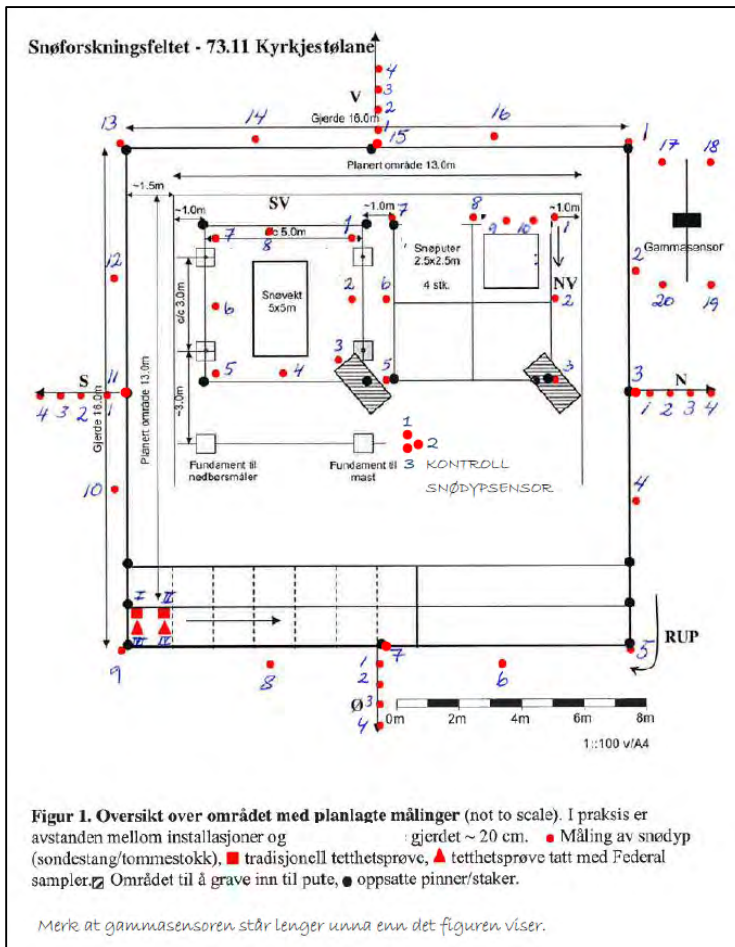


Figuren fortsetter på neste side.



Figur 22 viser snødyp målt inne på feltet rundt/på de ulike instrumentene, rundt hele feltet og i de ulike himmelretningene, hvor vest er opp på figuren, øst er ned, nord er til høyre og sør til venstre. Plasseringen til målepunktene er omtrentlige.

Tabell 6 viser gjennomsnittlig målt snødyp i centimeter rundt feltet (RUP), på Møen2525 og rundt/på putene, på SSG-snøvekten og rundt gammasensoren. Merk at de statistiske verdiene for 16.5.2013 også inneholder 0-verdier. 30. mars er det skrevet følgende kommentar til målingene på SSG-snøvekten; «Snødyp målt oppå SSG-snøvekten er lavt (54 og 55 cm) i forhold til det som er målt rundt vekten (74, 71, 76 og 78 cm). Har tidligere kjent at det er et tykt islag som det er vanskelig å komme gjennom med sondestanga oppå vekta». Gjennomsnittet av de fire målingene rundt vekten er derfor benyttet som kontrolldyp i Tabell 6. Gjennom vinteren er det størst variasjon (standardavvik) mellom målingene rundt gammasensoren, og mellom målingene som er tatt rundt feltet. Det er i hovedsak minst variasjon mellom målingene som er tatt på Møen2525.



Figur 23 viser en skisse over feltet på Filefjell hvor det er avmerket hvor målinger for snødyb er blitt utført (sorte nummererte prikker). Merk at punktene NV 9 og 10 SKAL tas mellom NV 8 og NV 1, ikke mellom NV 7 og NV8 som inntegnet på figuren. Det er usikkert hvor disse målingene er tatt sesongen 2012-2013.

Tabell 6 viser gjennomsnittlig målt snødyb rundt feltet (RUP) og standardavviket i centimeter ved de ulike datoene det ble gjort målinger. Tabellen viser også gjennomsnitt og standardavvik på snødyb målt på Møen2525 (benevnt «SV» på takseringskjema), rundt/på putene (benevnt «NV» på takseringsskjema), på SSG-snøvekten (benevnt «PRO» på takseringsskjema) og omkring Gammiasensoren (benevnt «RUP**» på taksering skjema).

Dato	Felt	Gjennomsnitt [cm]				Gamma	Standardavvik [cm]			
		Møen 2525	Puter	Sommervekt	Felt		Møen 2525	Puter	Sommervekt	Gamma
22.1.2013	56	49	54	44	----	4,5	1,1	3,9	9,5	---
29.1.2013	61	57	59	53	60	7,4	4,3	7,2	4,3	12,2
4.3.2013	68	67	71	62	68	7,3	2,7	6,4	3,5	9,4
14.3.2013	68	67	71	62	69	7,3	3,9	6,4	2,0	9,8
30.3.2013	75	72	77	74	75	13,1	10,9	6,2	1,6	9,9
10.4.2013	76	78	77	75	74	7,0	1,7	4,6	3,1	7,4
23.4.2013	54	59	56	53	62	7,7	0,8	3,7	2,7	3,9
7.5.2013	56	58	57	54	53	8,9	2,1	5,6	2,9	8,1
16.5.2013	14*	14	17	6	11 ¹	6,3 ¹	5,5	9,0	4,1	12,9

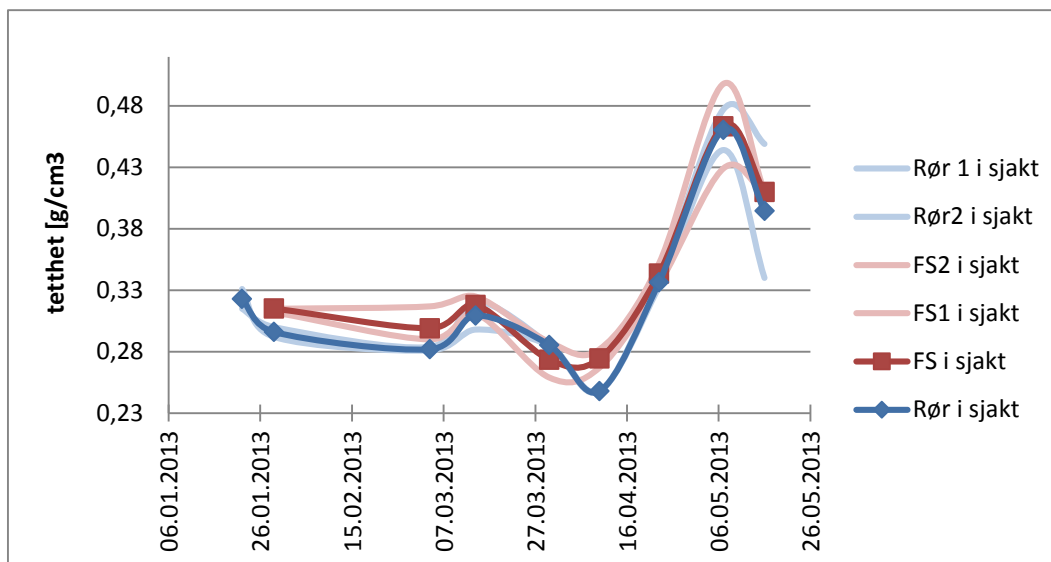
¹ ubetinget statistikk. "snødekningsgrad" ca. 50%

4.6.2 Tetthetsmålinger

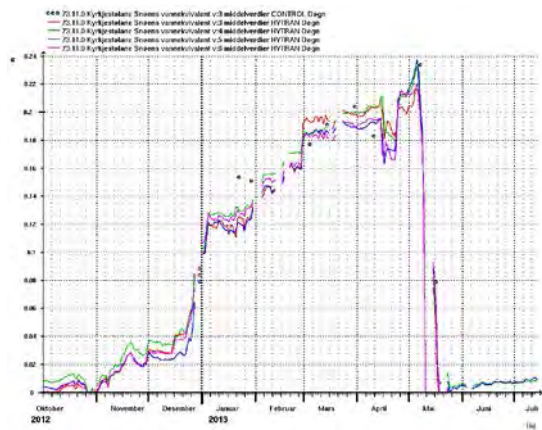
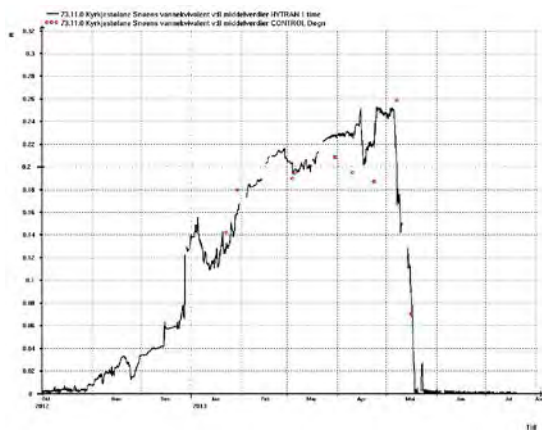
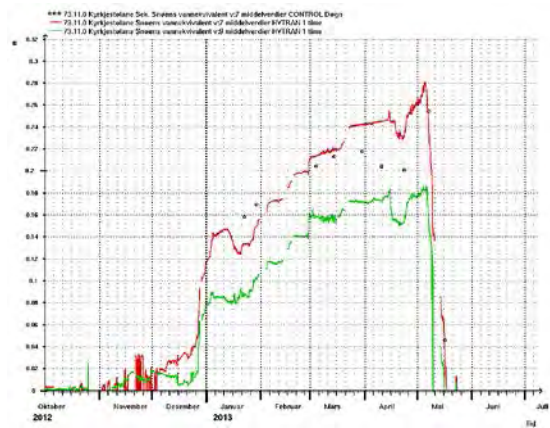
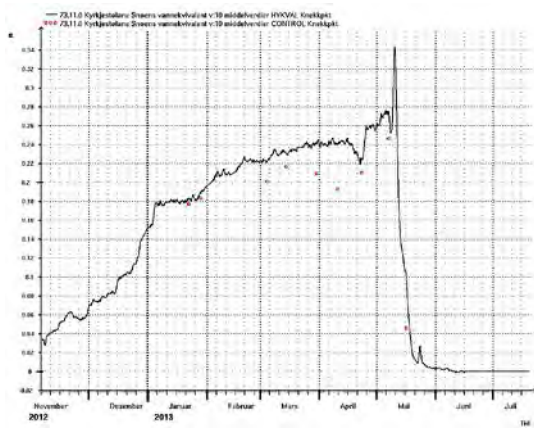
Tetthet er målt med Federal Sampler (U.S. Federal snow sampler og McCall sampler) fra nå kalt FS, og standard rør med lengde 50 cm (2 liters rør) i sjakt på oppmålt område (2 målinger med hver metode). Målingene er utført i henhold til NVE sin instruks for manuelle snømålinger (se vedlegg D i Ree m.fl. (2011)). Figur 24 viser tetthetsmålingene ved de ulike datoene. Ved de tre siste målingene i sesongen er det relativt godt samsvar mellom gjennomsnittet av de to ulike målemetodene, mens «rør-i-sjakt» gir noe lavere tetthet tidligere på sesongen. Ved flere av målingene (29. januar og 7. mai) er det rapportert at det er vanskelig å få med islag i bunn når man måler med FS. Det er stort sett ikke veldig store avvik mellom enkeltmålingene innenfor samme målemetode, men ved målingen 7. mai spenner målt tetthet fra 0,43-0,50 g/cm³ målt med FS. 16. mai er det store variasjoner for målingene målt med rør, og målingene spenner fra 0,34 g/cm³ til 0,41 g/cm³. Til forskjell fra tidligere år (Stranden og Grønsten, 2010, Fjeldheim og Barfod, 2013) ble det denne sesongen ikke foretatt tetthetsmålinger utenfor sjakten.

4.6.3 Kontroll av instrumenter

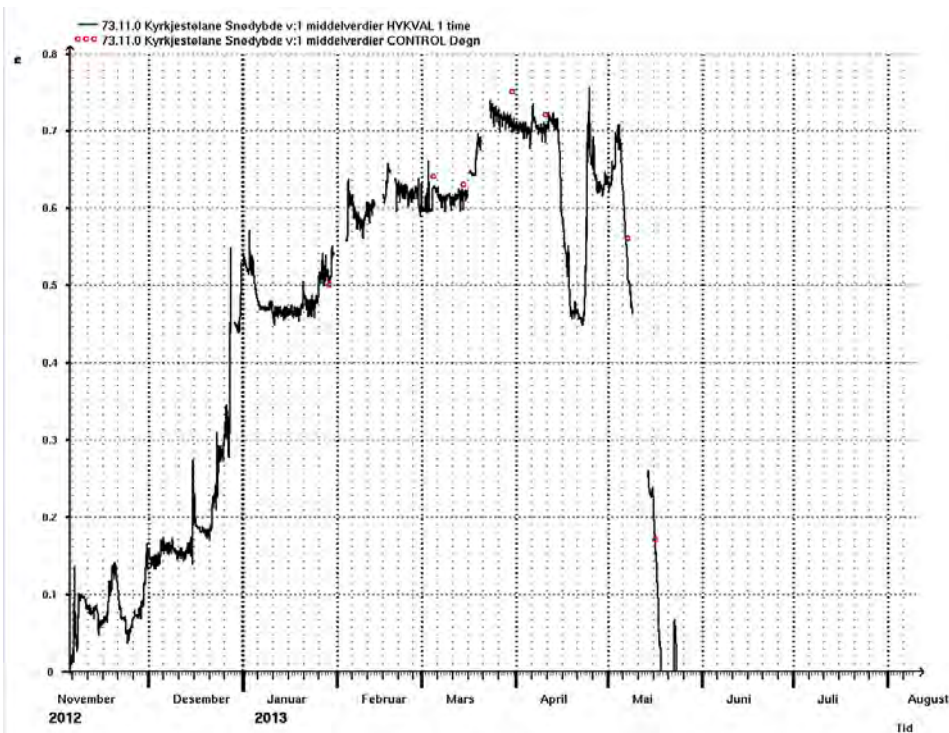
I Figur 25 er kontrollmålingene plottet sammen med de respektive automatiske målemetodene. Ved gammasensoren (øverst t.v. i Figur 25) og tidvis i ved Sommervekt (nederst, t.v. i Figur 25) gir kontrollmålingene lavere SWE enn de automatiske målemetodene. For snøvekten, Møen2525 (rød kurve i figur øverst t.h. i Figur 25) viser også kontrollpunktene for lave verdier sammenliknet med det vekten registrerer. Unntaket er de to siste kontrollmålingene som ble gjort i sesongen, de føyer seg pent inn på kurvene til de automatiske målemetodene. Der kontrollpunkt for snødyp er sammenliknet med automatisk målt snødyp fra snødypsensoren, later det til å være noe bedre samsvar (Figur 26). Dette kan indikere at de kontrollmålte tetthetene er noe lave.



Figur 24 Figuren viser manuelle målinger av snøtetthet målt med Federal sampler i sjakt (rød linje) og i sjakt med rør (blå linje). Lys blå og lys rød linjer viser laveste – og høyeste måling tatt med aktuell målemetode.



Figur 25. Sammenstilling av kontrollpunkt (punkt) og de ulike automatiske målemetodene for SWE (linje). Det er i de fleste tilfellene benyttet lokalt målt snødyb, og snøtetthet fra sjakt. I tilfellet snøputer (figur nederst t.h.) er det benyttet snitt av alle målingene på feltet, da det denne sesongen ikke er laget en egen versjon for kontrollpunkt rundt snøputer.



Figur 26 Sammenstilling av kontrollpunkt (snødyb) og snødyb fra NVE sin snødypsensør.

4.7 Snøstrekk – snøfordeling langs et 420 m strekk

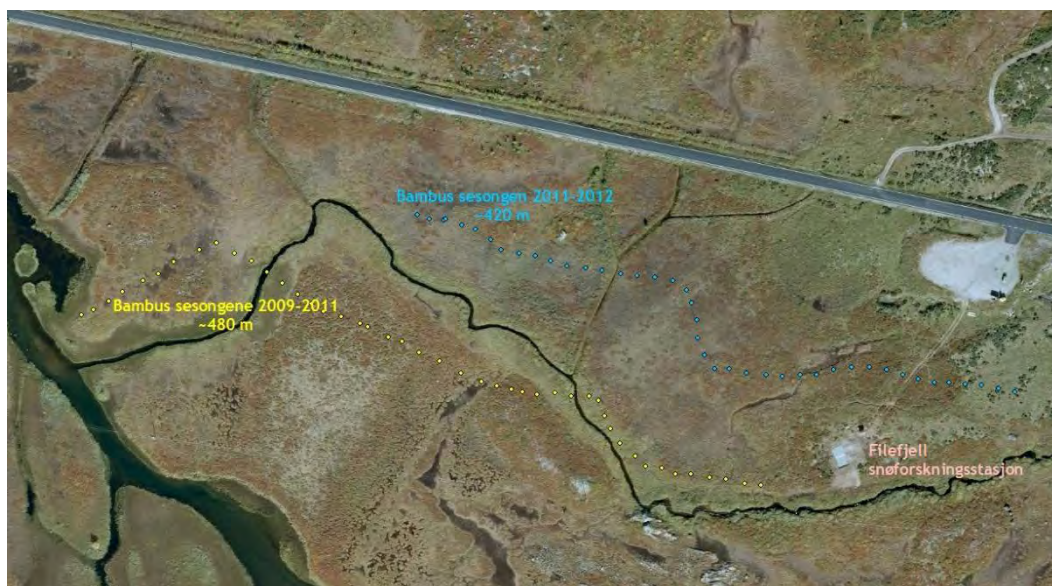
4.7.1 Utvikling gjennom sesongen

Sesongen 2011/2012 ble snøstrekket, referert i Stranden og Grønsten (2011), flyttet grunnet vanskeligheter med å forsere smeltevannselver utover smeltesesongen (se Figur 27). Strekket ble flyttet noe nordover og er nå 420 m langt, se Figur 27. I sesongen 2012/2013 ble tilsvarende strekk som i 2011/2012 målt.

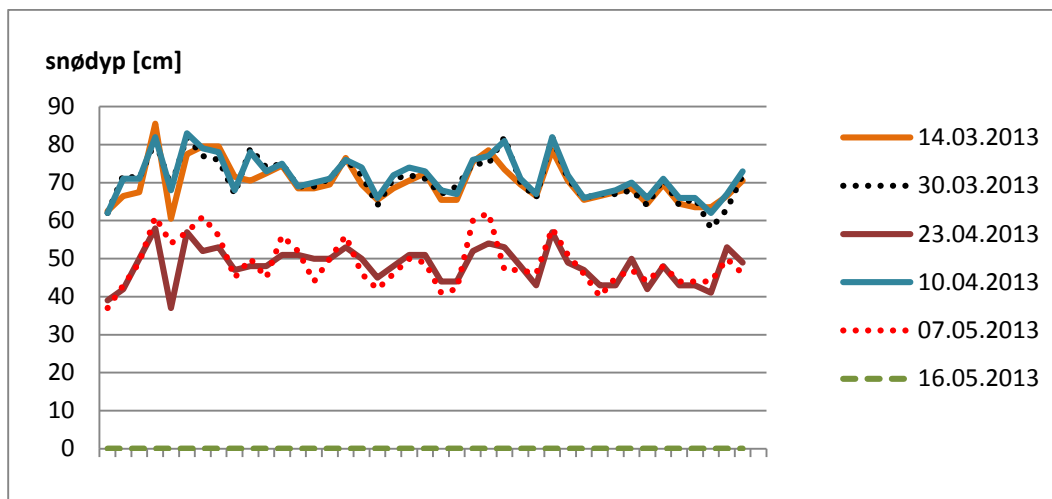
Langs strekket er ca. hver 10. m markert med bambusstenger, og snødyb er målt ved hver bambusstang. Tetthet er målt med jevne mellomrom, i utgangspunktet ved ulike bambusstenger de ulike datoene. Gjennomsnittet av tetthetsmålingene danner grunnlaget for beregning av vannekvivalent på måletidspunktet.

Snødyb og tetthet ble målt 6 ganger i løpet av sesongen, og utviklingen i snødyb gjennom sesongene 2012/2013 er vist i Figur 28. Utviklingen i SWE er vist i Figur 29. I likhet med tidligere år er snømengden relativt konstant gjennom vinteren, men når det begynner å smelte, smelter det fort. Mellom målingen 7. mai og målingen 16. mai smeltet all snøen. Det var i denne perioden mesteparten av snøen på de automatiske måle metodene også forsvant (Figur 18, Figur 22 og Figur 35).

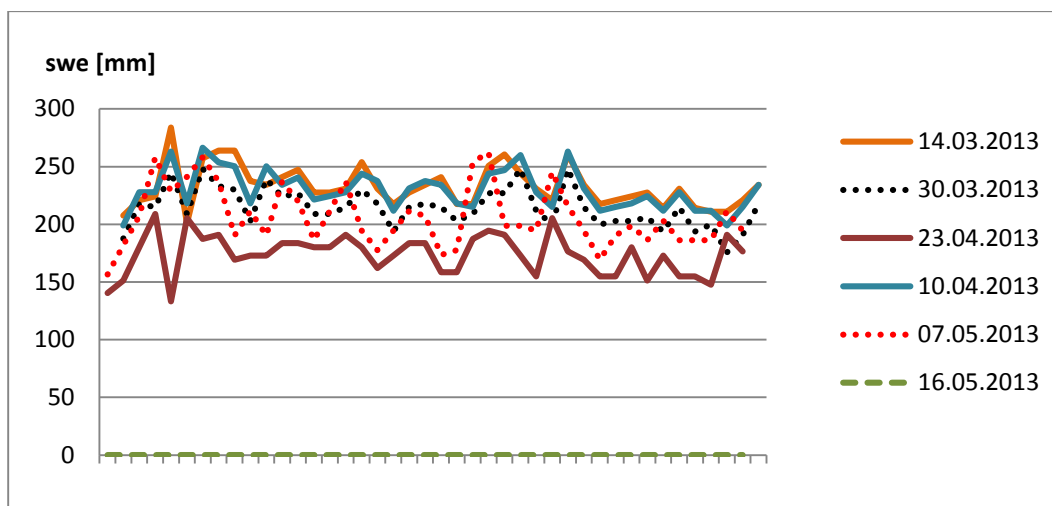
Målingene som er foretatt langs strekket med bambuspinner, er blant annet brukt til å beregne romlig smeltefordeling, se Skaugen og Randen (2013). Data fra siste sesong (2012/2013) er foreløpig ikke benyttet i smeltestudier.



Figur 27. Lengde og beliggenhet til snøstrekket de ulike sesongene. Strekkets lengde og beliggenhet 2012/2013 tilsvarer året før; 2011/2012. Målestokk: 1:2000



Figur 28 Snødyb langs bambusstrekket sesongen 2012/2013.



Figur 29 SWE langs bambusstrekket sesongen 2012/2013.

4.8 Temperaturutvikling i snøpakken

Tabell 7 gir en oversikt over hvor temperaturen ble målt med Vemca minilog og temperaturlogger CS215 fra Campbell Scientific for vinteren 2012/2013. De har en måleusikkerhet på $\pm 0,4$ grader.

Temperatursensorene (versjon 30 og 31) som var montert sammen med snøpute NVE1997 ble tatt bort høsten 2012 samtidig som den punkterte snøputen ble fjernet fra feltet.

I de neste avsnittene (4.8.1, 4.8.2 og 4.8.3) og figurene (Figur 30, Figur 31, Figur 64 og Figur 32) er data fra de gjenværende temperatursensorene presentert. Merk at aksene/temperaturskalaen på de ulike figurene er ulike, og figurene er således ikke direkte sammenliknbare.

Tabell 7 Plassering av temperatursensorer på Filefjell og versjonsnummer for seriene i Hysopp. Data ligger under generell parameter 9153 på Hydra2.

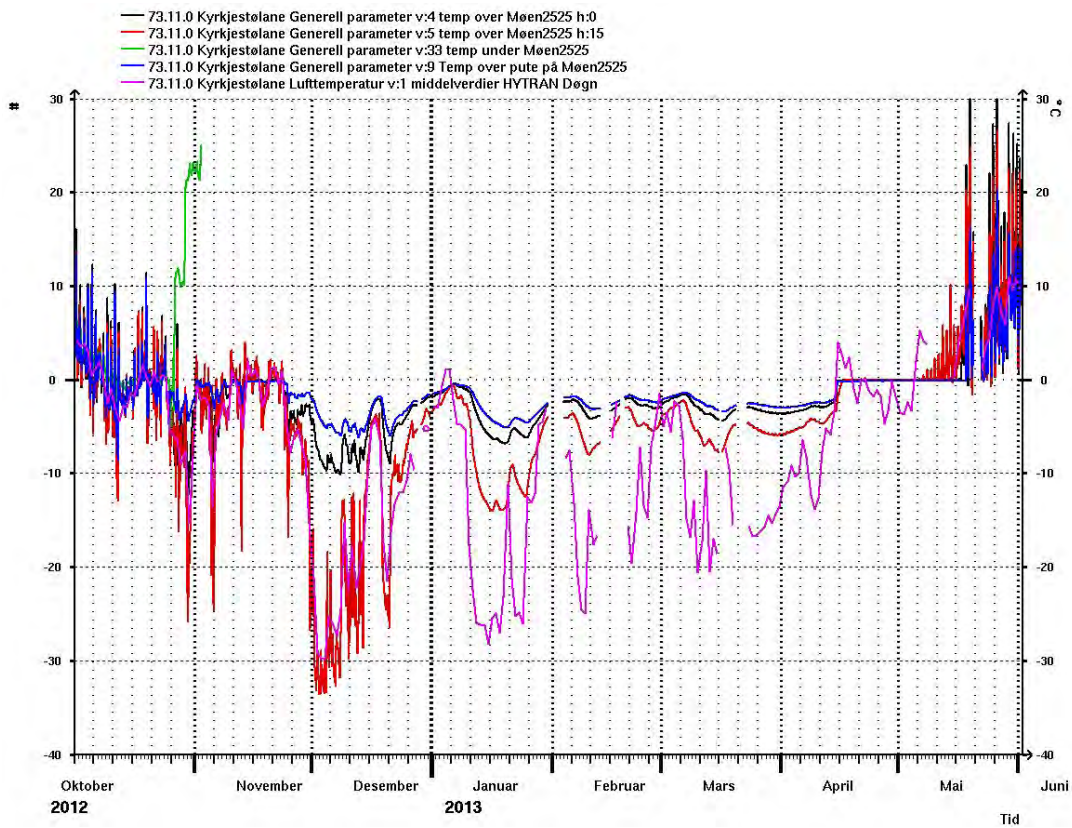
Over bakken:	Versjon i Hysopp (parameter 9153)	Høyde over bakkenivå(cm)/installasjon (cm)
Snø temp. – h: 0	Versjon 1.0	0
Snø temp. – h: 5	Versjon 1.1	5
Snø temp. – h: 15	Versjon 1.2	15
Snø temp. – h: 30	Versjon 1.3	30
Snø temp. – h: 55	Versjon 1.4	55
Over/under måleinstrument:		
Temp under pute 2003.5	Versjon 2	0
Temp over pute 2003.5	Versjon 3	10
Temp over Møen2525, h:0	Versjon 4	0
Temp over Møen2525, h:15	Versjon 5	15
Temp under Møen2525	Versjon 33	0
Temp over snøpute på Møen2525, 2003.9	Versjon 9	0
Temp over pute 2003.4 (pute med plate) – ikke fjernoverført	Versjon 32	10
Temperatur i stigerør til 2003.5	9155, versjon 3	----

4.8.1 Snøtemperaturer ved Møen 2525 (stor snøvekt)

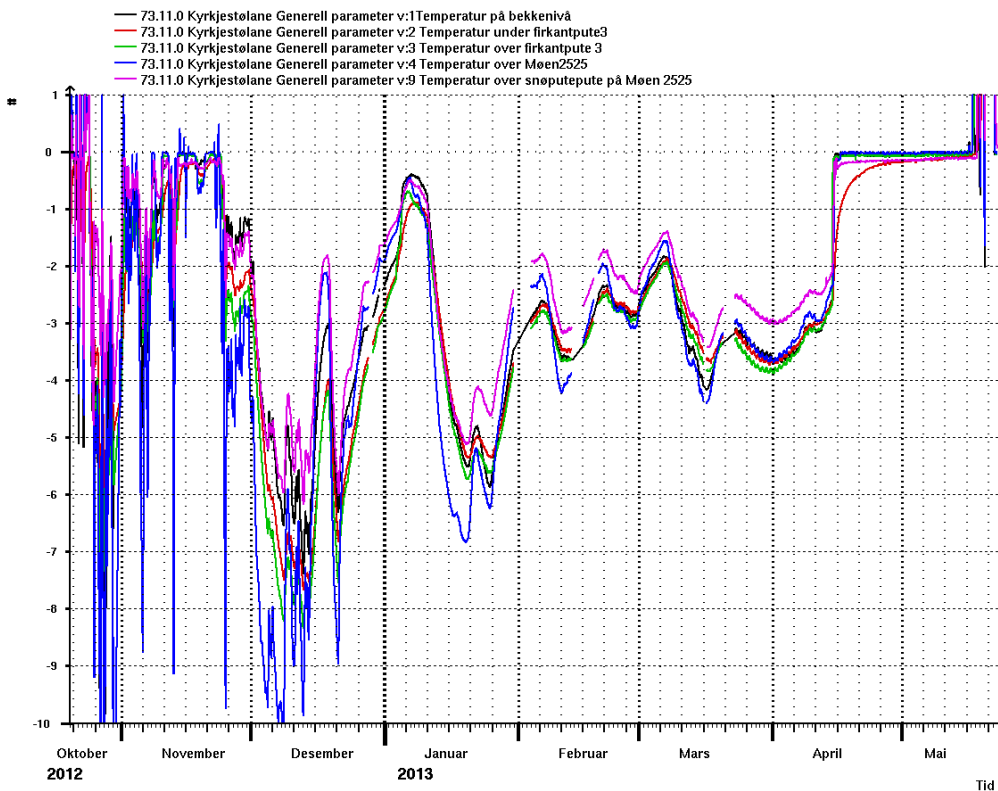
I Figur 30 er temperaturen over Møen2525 plottet sammen med temperaturen over puten som ligger på vektene, temperaturen målt 15 cm over vekten, samt lufttemperaturen. Sensoren som ligger under Møen2525 har ikke fungert denne vinteren. Temperaturloggerne viser at temperaturen i snøen generelt varierer mindre enn for eksempel lufttemperaturen, og at temperaturen i snøen holder seg under 0°C gjennom hele vinteren på tross av mildvær i perioden 5.-9 januar. Det er færrest svingninger i temperaturen for sensoren som ligger på puten på vekten. Like over vekten, i høyde 0 cm, er også variasjonen i temperaturen relativt små så lenge puten er dekket med snø.

4.8.2 Snøtemperatur over og under snøputene

Figur 31 viser temperaturregimet omkring de ulike snøputene (NVE2010, 2003.3 – over og under, NVE2010 2003.9 - over), på Møen 2525 (som et mål på temperaturen rundt puten som ligger på vekten) og på bakken (som et mål på temperaturen rundt puten som ligger på bakken). De ulike sensorene svinger i takt, og det er relativt små avvik. Merk at temperaturskalaen i Figur 30, Figur 31 og Figur 32 er ulike. I perioden medio november til medio mai er temperaturen under 0°C ved alle sensorene. Temperatursensoren som ligger under snøpute NVE2010, 2003.3 blir 0°C i starten av mai, mens de øvrige blir ~0°C i midten av april. Temperaturen stiger også saktere ved denne enn ved de øvrige snøputene.



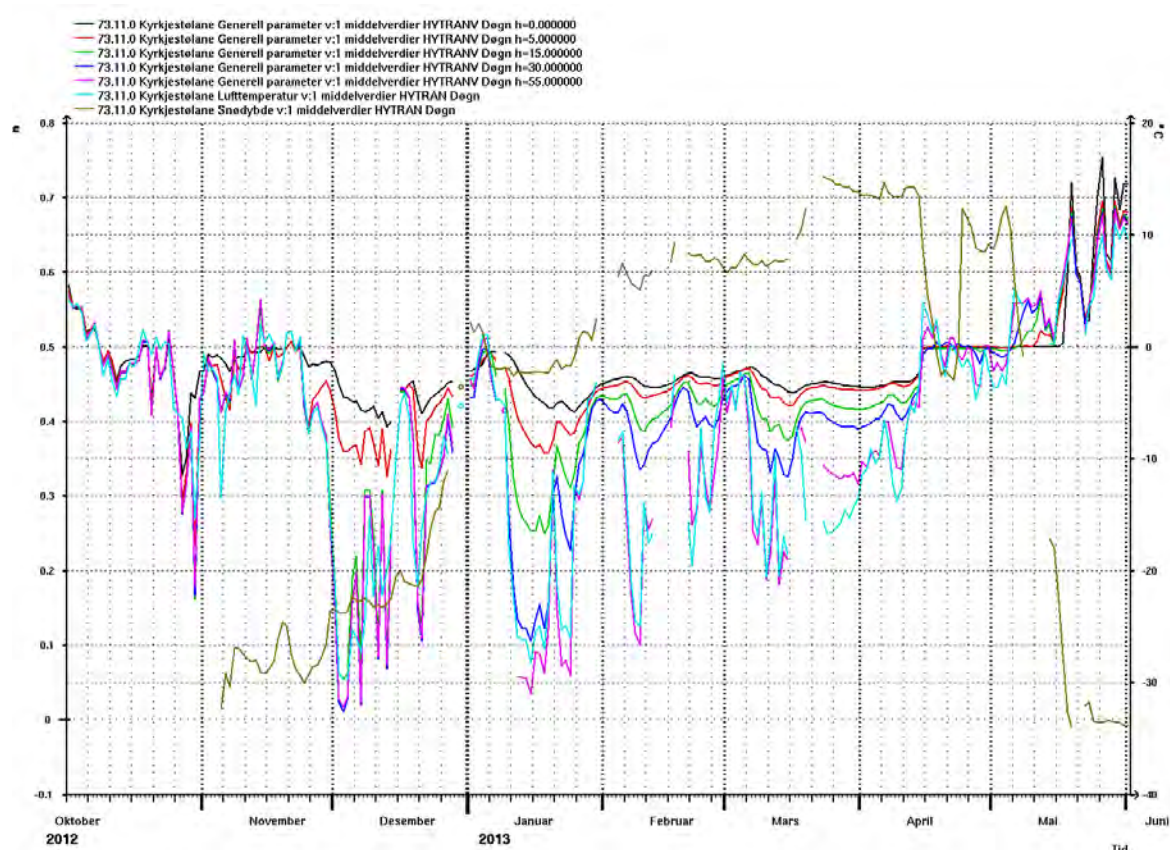
Figur 30 viser temperaturen under den store vekta (grønn linje), oppe på vekta (sort linje), over puta som ligger på vekta (blå linje) og 15cm over vekta (rød linje). Rosa linje angir lufttemperaturen.



Figur 31 viser temperaturen i snøpakka ved bakken (sort linje), under og over firkantpute nr 3 (rød og grønn farge) og over Møen 2552 (blå) og over snøputen oppå snøvekten (lilla)

4.8.3 Snøtemperaturer over bakken

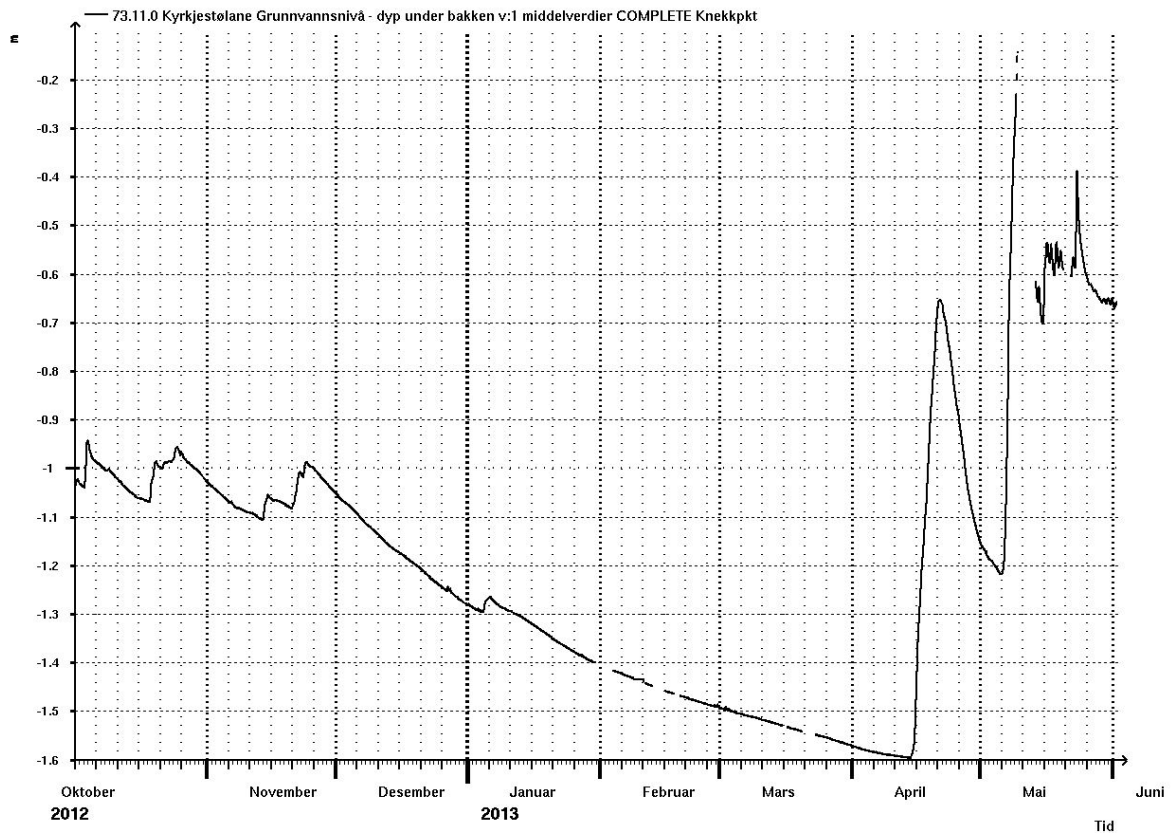
Figur 32 viser temperaturen over bakken i høyde 0, 5, 15, 30 og 55 cm. Formålet med denne installasjonen er å avdekke temperaturforskjeller i snøpakken med økende snødyb. Figuren viser at temperaturen er varmest ved bakken. Jo lenger opp i snøpakka sensoren ligger til mer påvirket blir de av lufttemperaturen. Som antatt er det godt samsvar mellom lufttemperaturen og de sensorer som på starten av sesongen ikke er dekket av snø. Det er først ved snødyb over 65-70 cm hvor det er merkbart avvik mellom lufttemperaturen og den temperaturen som registreres i 55 cm høyde. Som antatt er det mindre fluktasjoner i temperaturen nedover i snøpakken. Merk at i forbindelse med mildværet i starten av januar steg temperaturen til nesten 0°C i hele snøpakken, før det igjen ble kaldere. Når milde temperaturer inntreffer i midten av april, øker temperaturen i snøpakken. Snøpakken blir isoterm rundt 5. mai og snødypet reduseres.



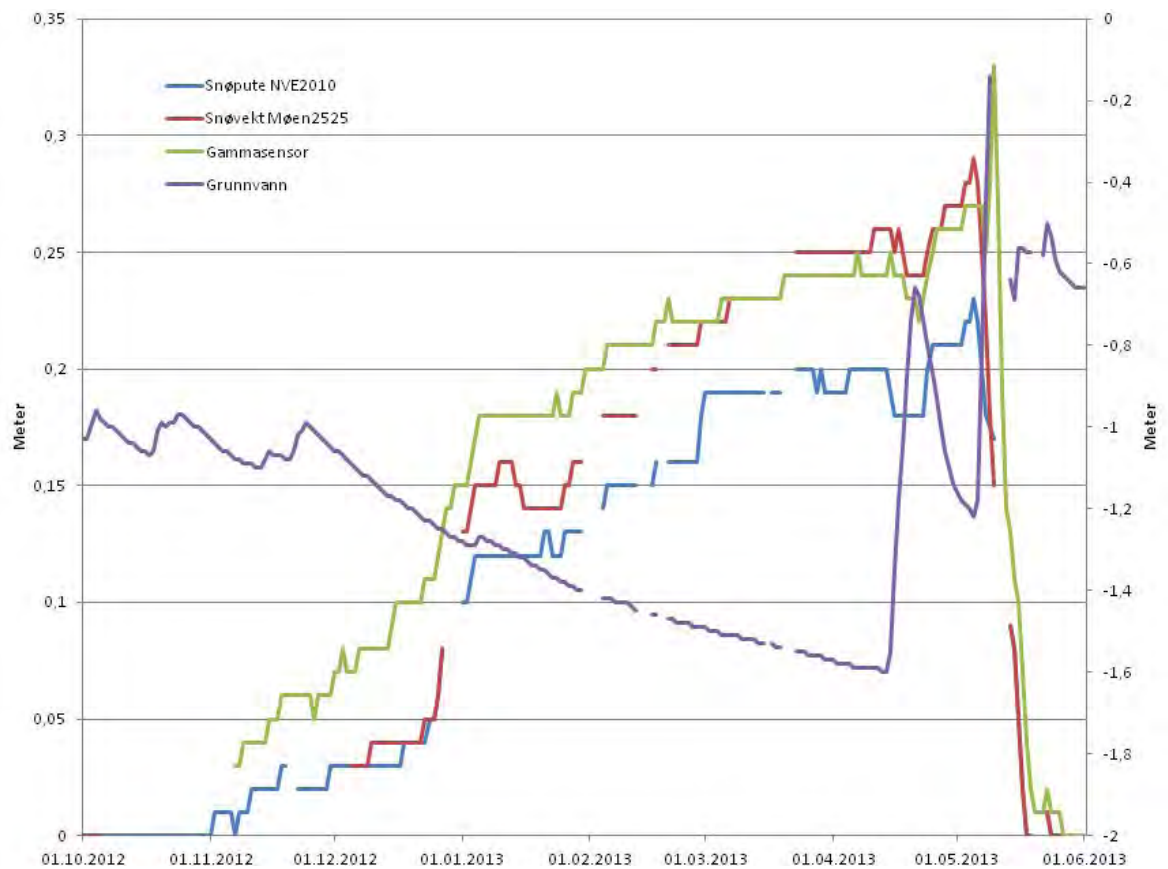
Figur 32 viser temperaturen i snøpakken over bakken i høyden 0 cm (sort), 5 cm (rød), 15 cm (grønn), 30 cm (blå) og 55 cm (rosa) over bakken, samt lufttemperaturen (turkis) plottet mot NVE sin snødypsensoren (brun).

4.9 Grunnvann

Figur 33 viser grunnvannsnivået ved stasjonen i fra oktober til juli. Fra slutten av november til 15. april var grunnvannet stabilt synkende med unntak av en liten økning i mildværsperioden 4.-5. januar. Det ble registrert plussgrader og 6,9 mm nedbør disse dagene, og stigningen i grunnvannsnivået tyder på snøsmelting. (Tabell 2). Grunnvannet steg mye i perioden 15. – 21. april når det var mildt vær og nedbør. I denne perioden registrerte måleinstrumentene en reduksjon i SWE og snødyb og det var trolig snøsmelting fra feltet. Så kom en kald periode igjen hvor grunnvannsnivået synker fram til kraftig stigning fra 6. mai. Grunnvannsnivået steg da fra -1,2 m og var på sitt høyeste 9. mai kl 20.00 med -0,155 m.



Figur 33: Figur som viser grunnvannstanden under bakkenivå ved stasjonen fra oktober 2012 til juli 2013.



Figur 34: Figur som viser grunnvannstand under bakkenivå (lilla, sekundær akse) og SWE på snøpute (blå), snøvekt (rød) og gammasensoren (grønn) vinteren 2012/2013.

Som en ser av Figur 34 registrerte gammasensoren i perioden 9.-10. mai også en kraftig økning i SWE. Denne økningen er ikke registrert ved noen av de andre måleinstrumentene for SWE eller snødyp og kan ikke komme av en faktisk økning i snøens vannekvivalent. En har ikke sett dette fenomenet tidligere ved Filefjell, men ved Anestølen skjedde det samme også i snøsmeltingen mai 2013 (se avsnitt 52.)

For mer informasjon om grunnvannsmålingene på Filefjell, se Glad (2014).

4.10 Bilder fra webkamera

Kameraet på Filefjell er lokalisert på samme stativ som gammasensoren. Bilder fra webkamera har vist seg å være nyttig for verifikasjon av de andre måledataene fra området i forbindelse med arbeidet med å kvalitetssikre data. Kameraet tar bilde av feltet og terrenget rundt med jevne mellomrom. Fra sesongen 2012/2103 er det første bildet fra 12. desember, og det er stort sett daglige bilder fra minst en av (himmel-)retningene hver dag.

Tabell 8 gir en oversikt over hva det er tatt bilde av, og antall bilder i perioden 12. desember – 27. juni. Et utvalg av webkamerabilder er vist i vedlegg 1. Webkamerabilder i perioden fra feltet er snødekket til det er snøfritt er gjengitt i Figur 35. Alle snøputene og snøvektene var snøfrie i løpet av 6 dager, og 20.mai var det snøfritt på feltet. Møen2525 og snøputa på denne ble først snøfrie. 22.-23. mai registrerte imidlertid alle instrumentene en økning i SWE. At det faktisk kom snø, underbygges av webkamerabildene gjengitt i Figur 19.

Tabell 8. Oversikt over webkamerabilder sesongen 2012/213. Merk at betegnelse i enkelte tilfeller ikke stemmer, og at kameraet har tatt bilder i en annen (himmel-)retning enn angitt.

Hvor	Antall bilder
Hele feltet	846+225 (sistnevnte kan inneholde noen dubleringer)
Snødypskala	214+7 (de siste er feil navngitt)
Målebu	12
Mot parkeringsplass	7
Møen2525	4
Stigerør	3
Gammasensor	2
Vindsensor	2
Øst	108+45 (de siste er ikke navngitt)
Nord	138
Vest	115
Sør	110



Figur 35. Bildeserie over snøsmeltingen 15. (øverst t.v.) – 20. (nederst t.v.) mai 2013. Bildene er tatt mot sør.

4.11 Data fra strålevernssensor

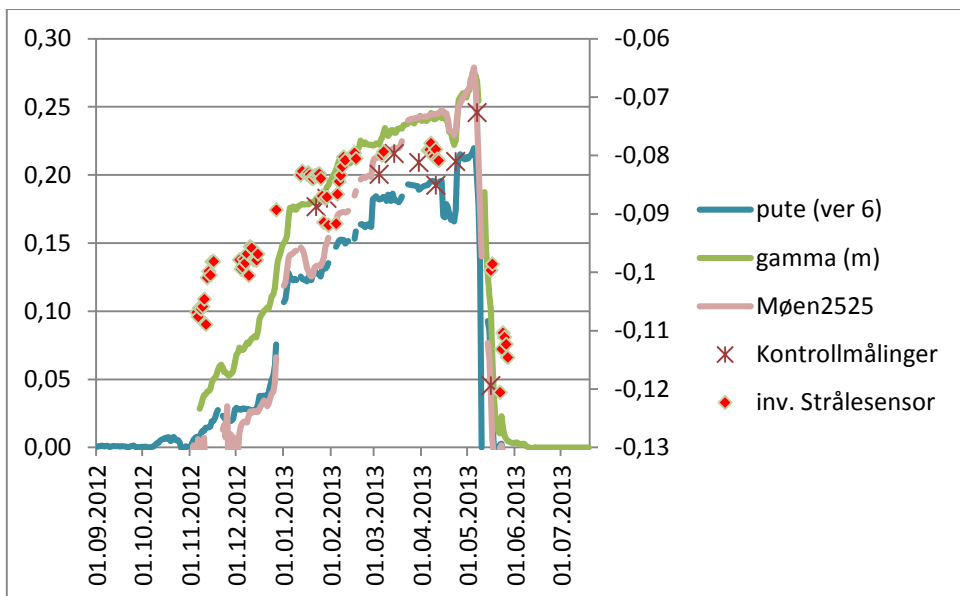
Høsten 2012 ble en sensor tilsvarende det Statens strålevern har i sitt Radnett (se <http://radnett.nrpa.no>) montert på Filefjell. Sensoren har typebetegnelse Gamma Detector IGS421A fra produsent Envinet³. Siden vi ikke har valgt å implementere datafangsten fra denne sensoren til Sutron-loggeren der oppe, har overføringen av data fungert slik at vi har kjørt innsamlingen separat med innsamlingsprogram lokalisert på en maskin i NVE/M29. I de tilfellene der innsamlingsprogrammene i NVE/M29 er restartet eller internett/mobilnettet på Filefjell har falt ut, har også datafangsten fra strålevernssensoren blitt brutt. Det er derfor ingen kontinuerlig dataserie fra sensoren. Dette gjør sammenlikningen med de øvrige SWE instrumentene utfordrende. Sammenliknet med snøpute (NVE2010), snøvekt (Møen2525) og gammasensoren virker det som om det er en sammenheng mellom dempingen i signalet og snømengde (Figur 36). Merk at data fra Radnett-sensoren er gjort invers for å gjøre sammenlikningen mellom de ulike parameterne lettere.

I Figur 37 er sammenhengen mellom snøens vannekvivalent fra gammasensoren og stråling til strålevernssensoren plottet opp. Det ser ut til at strålingen til strålevernssensoren avtar med økende snømengde. Tidligere analyser fra Vinje har vist at det er en sammenheng mellom demping i stråling og snømengde, i alle fall opp mot 250 mm SWE (Stranden, 2012). I dette tilfellet har vi ingen data for snømengder større enn ca. 250 mm, og vi har også et betydelig færre antall

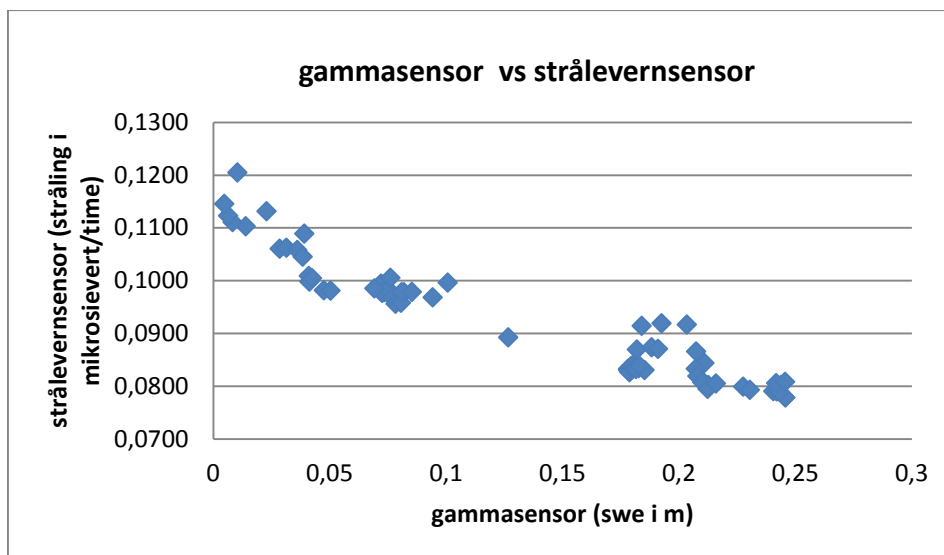
³ For mer informasjon om sensoren: <http://www.envinet.com/en/gamma-detectors/igs411.php>

datapunkter for SWE lavere enn 250 mm enn det som ble brukt i studien fra Vinje der data fra fire kontinuerlige sesonger inngikk.

Data fra sensoren på Filefjell sesongen 2012/2013 er videre beskrevet i et internt notat, gjengitt i sin helhet i Vedlegg 2.



Figur 36 Sammenlikning mellom strålingssensoren (type Radnett, sekundær y-akse, gitt i mikrosievert per time ($\mu\text{Sv/h}$)) og de øvrige instrumentene (primær y-akse, gitt i mm).



Figur 37 Sammenheng mellom snøens vannekvivalent fra gammasesnoren og stråling fra stråleversensoren.

4.12 Sammenlikning med seNorge.no

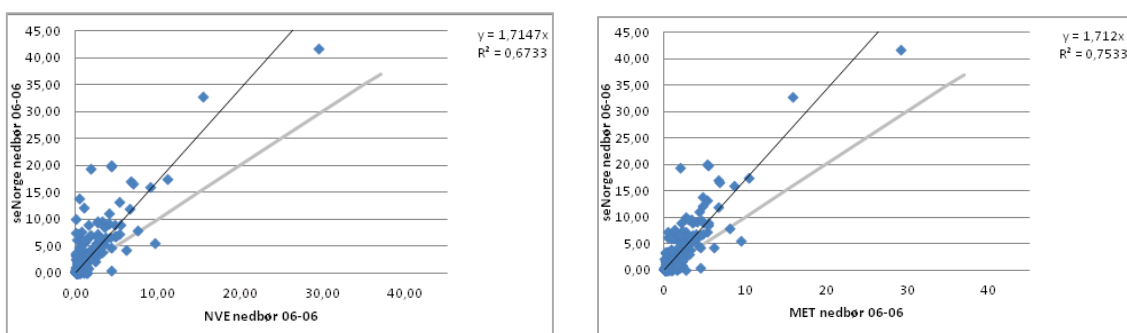
I seNorge (www.senorge.no) og xgeo (www.xgeo.no) simuleres daglig blant annet nedbør, temperatur, snøens vannekvivalent og snødyp. Kartene på seNorge og xgeo består av interpolerte kart over nedbør, temperatur, snø m.m. som dekker hele landet med en oppløsning på 1 x 1 km. Observert nedbør og temperatur fra målestasjonene til MET brukes til å lage kart over nedbør og temperatur, og snøens vannekvivalent og snødyp modelleres ved hjelp av snørutinen i HBV-modellen (se Engeset, 2013). Det er de samme kartene som ligger til grunn for både seNorge og

xgeo, men xgeo inneholder flere karttema og er mer rettet mot beredskapsmyndigheter, varslingsjenestene og andre med høy faglig kompetanse. Hvordan nedbør- og temperaturkartene er laget er også nærmere beskrevet i Mohr, 2008.

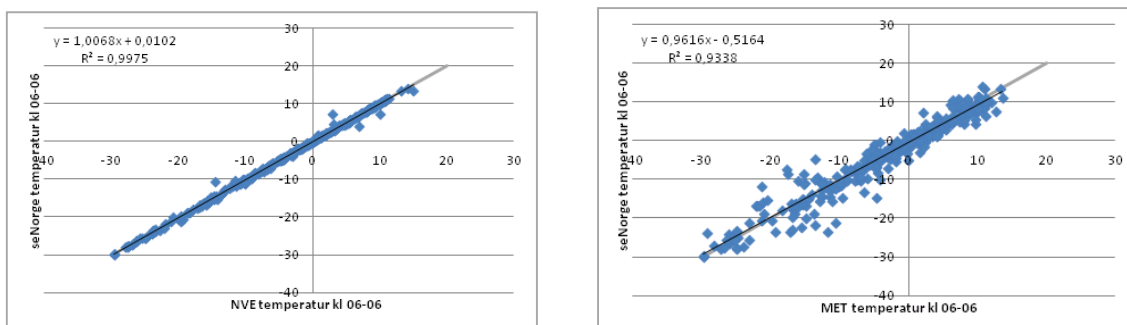
4.12.1 Nedbør og temperatur

Sammenliknet med observert nedbør simuleres det betydelig mer nedbør i seNorge, tidvis dobbelt så mye (Figur 38) og i gjennomsnitt en faktor på 1,7. Overestimeringen øker med økende nedbør.

Når det gjelder temperatur (Figur 39) er det bedre samsvar mellom seNorge og observasjonene enn når det gjelder nedbør. Det er ingen systematiske avvik. Det er langt bedre samsvar mellom NVEs temperatursensor og seNorge enn det er mellom MET sin sensor og seNorge.



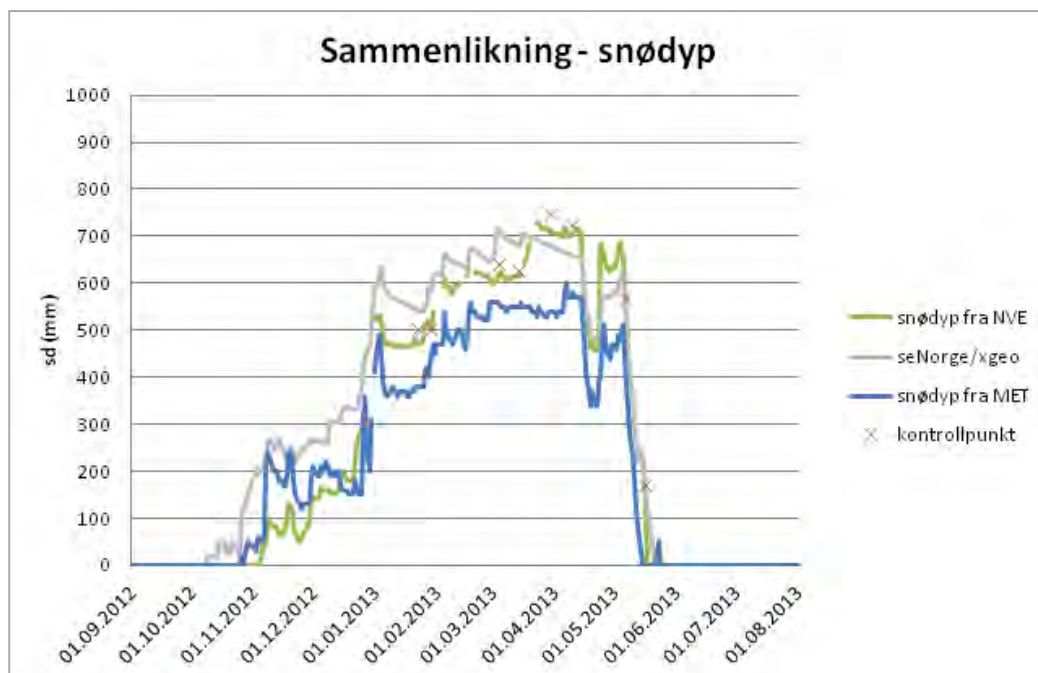
Figur 38 (t.v.) sammenhengen mellom observert nedbør ved NVE sin stasjon på Filefjell sesongen 2012/2013 og simulert nedbør i senorge.no. (T.h.); sammenhengen mellom observert nedbør ved MET sin stasjon på Filefjell sesongen 2012/2013 og simulert nedbør i senorge.no. Den sorte linjen viser 1:1 forholdet mellom målt- og simulert nedbør.



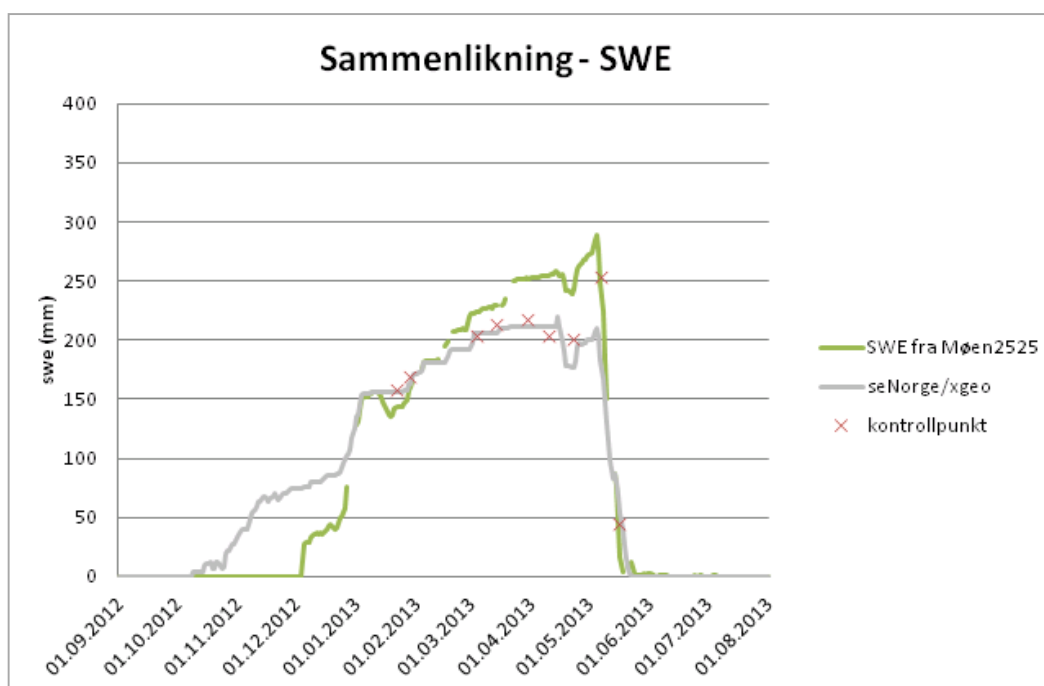
Figur 39 (t.v.) Sammenheng mellom observert temperatur ved NVE sin stasjon på Filefjell sesongen 2012/2013 og simulert temperatur i senorge.no. (T.h.): Sammenheng mellom observert temperatur ved MET sin stasjon på Filefjell sesongen 2012/2013 og simulert temperatur i senorge.no Den sorte linjen viser 1:1 forholdet mellom målt- og simulert nedbør.

4.12.2 SWE og snødyb

I Figur 40. Målt snødyb ved NVEs målestasjon, MET sin målestasjon og estimert snødyb fra seNorge sesongen 2012/2013. Figur 40 og Figur 41 er målt snødyb og SWE plottet opp sammen med snødyb og SWE fra seNorge. Det er relativt godt samsvar mellom målte og simulerte verdier. Både seNorge og de målte verdiene reduseres under mildværet i midten av april, og de er snøfrie omtrent samtidig.



Figur 40. Målt snødyp ved NVEs målestasjon, MET sin målestasjon og estimert snødyp fra seNorge sesongen 2012/2013.



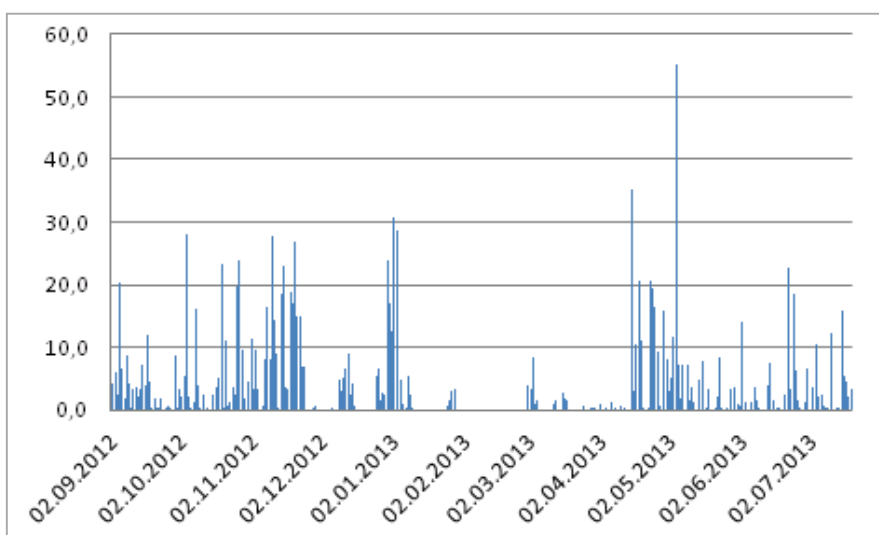
Figur 41 viser målt SWE (Møen2525) og SWE fra seNorge sesongen 2012/2013.

Merk at når det gjelder snødyp og SWE er måledøgn (00-24) og seNorge-døgnnet (06-06) ulike. Det antas at forskyvingen når det gjelder døgn har mindre å si for snøen som akkumuleres gjennom en sesong, og dette er derfor ikke korrigert for. Måledøgnnet for de meteorologiske dataene til NVE er omgjort til å gjelde fra 06-06, slik at de samsvarer med seNorge-døgnnet.

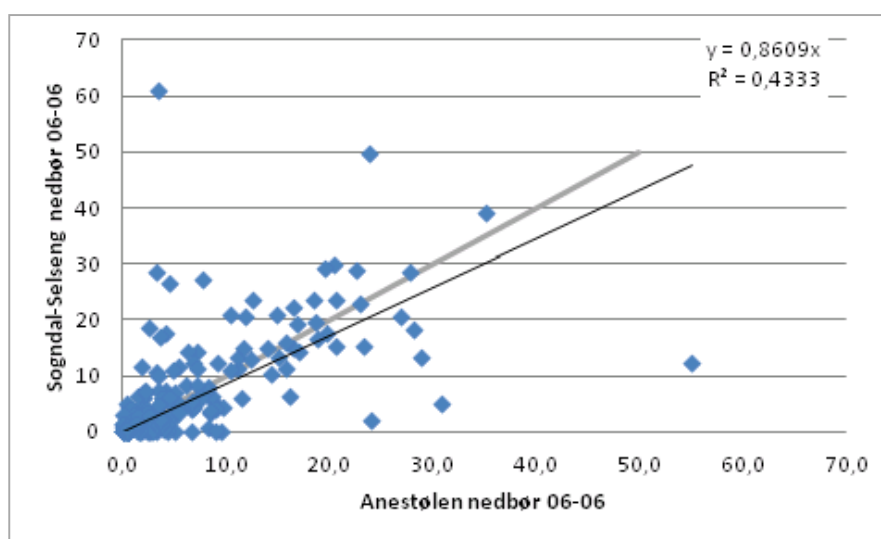
5 Måleresultat Anestølen

5.1 Nedbør og lufttemperatur

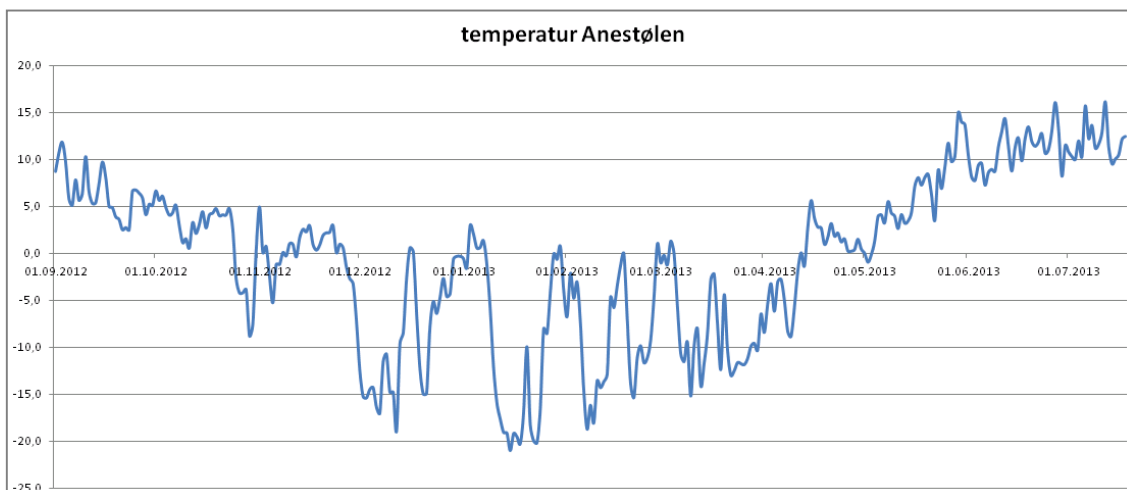
Nedbør på Anestølen (Figur 42) måles av en OTT-pluvio nedbørmåler som må tømmes jevnlig. Den har tilsynelatende fungert greit, men i enkelte dager og perioder er det observert urealistisk høye nedbørverdier (4. januar, og perioden 29. januar til 28. februar). Hva dette skyldes er uvisst. For å vurdere kvaliteten til vår nedbørstasjon er data fra nedbørmåleren er sammenliknet med data fra MET sin stasjon på Sogndal-Selseng (421 moh), 4 km sørøst for Anestølen (Figur 43). Selv om det er en sammenheng mellom registrert nedbør på Anestølen og registrert nedbør i Sogndal-Selseng, er det flere avvik som *kan* indikere at kvaliteten på nedbørdata fra Anestølen er usikre. Det må likevel påpekes at stasjonene tross alt ligger 4 km fra hverandre, og at naturlige avvik kan forekomme. Registreringsdøgnet er likt, våre data er omgjort til å gjelde for døgnet målt fra kl 06-06.



Figur 42. Målt nedbør på Anestølen i perioden 1. september 2012 – 31. august 2013. Merk at enkelte datoer og -perioder er utelatt på grunn av urealistiske verdier. Figuren viser døgnet nedbør (kl 06-06) i mm.



Figur 43. Sammenheng mellom målt nedbør på Anestølen (NVE) og målt nedbør på Sogndal Selseng (MET). Måledøgnet er likt (kl 06-06). Lys grå linje viser 1:1 forholdet.



Figur 44 viser lufttemperaturen på Anestølen sesongen 2012/2013. Figuren viser døgnmiddelverdier

Tabell 9 viser lufttemperatur (døgnmiddeltemperaturer) i °C registrert fra 25. oktober til 20. mai sesongen 2012/2013.

Periode	25.10-20.5
Gjennomsnittlig temperatur	-4,9
Maksimums temperatur	8,9
Minimums temperatur	-21,0
Lengste periode med tempr. < 0°C.	38 dager (5.3-12.4)
Antall dager med tempr. > 0°C, Tabell 10	70

Tabell 10 viser mildværsperioder (én eller flere dager med døgnmiddeltemperatur > 0 °C), under vintersesongen 2012/2013 på Anestølen. Tabellen viser også hvorvidt det kom nedbør i perioden.

Mildværsperioder	Antall dager	mm nedbør ⁴
31. oktober - 3. november	4	29,2
8. november	1	16,6
10.-11. november	2	42,3
13. – 26. november	14	155,7
16. – 17. desember	2	0,6
3. – 7. januar	5	35,1
30. januar	1	Ukjent
28. februar	1	Ukjent
4. mars	1	0,9
12. april	1	0,1
14. april – 1. mai 2013	18	174,8
Fra 4.mai og ut sesongen	-	-

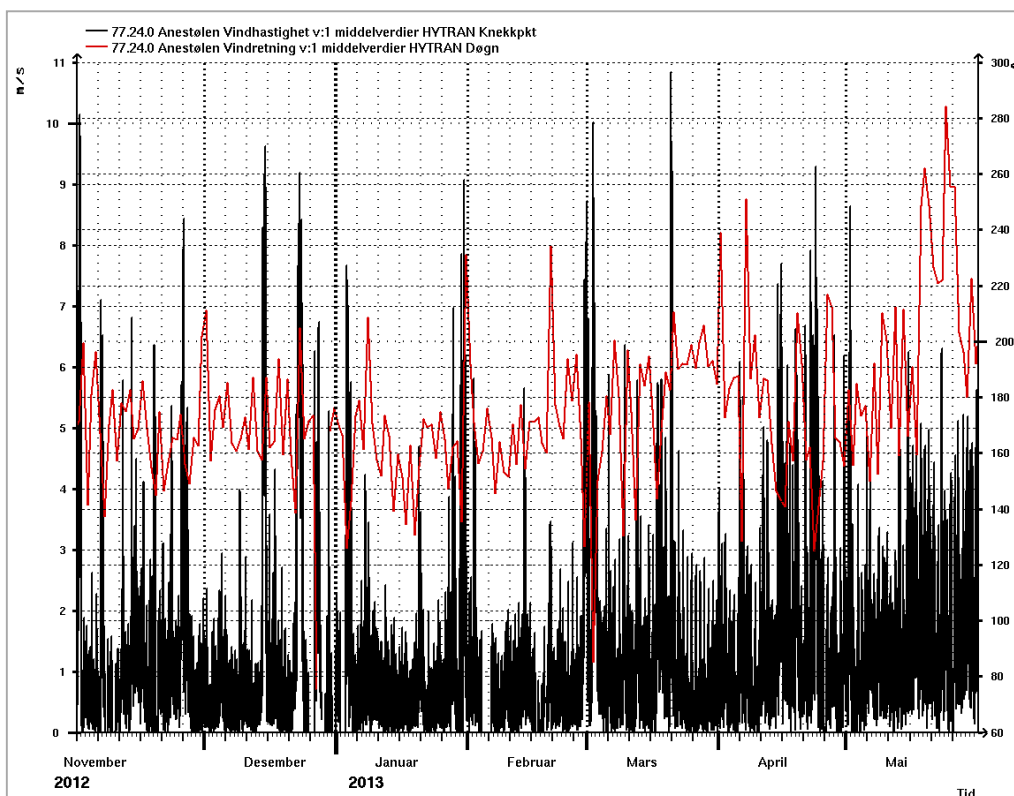
⁴ Målt med NVE's sensor. Som nevnt tidligere kan det settes spørsmålsteget ved kvaliteten på denne.

Figur 44 viser lufttemperaturen sesongen 2012/2013. Tabell 9 viser gjennomsnittlig døgnmiddeltemperatur for vintersesongen (i perioden 25. oktober - 23.mai), maksimum og minimum temperatur, lengste periode med sammenhengende minusgrader og antall dager med plussgrader i løpet av sesongen. Sammenlignet med Filefjell har Anestølen mange flere dager med plussgrader på vinteren. Tabell 10 viser mildværsperiodene (én eller flere dager med plussgrader på rad) i løpet av sesongen. Totalt er dette 11 perioder. Det kom nedbør i flere av periodene, dels mye nedbør. Dette er nedbør som kan ha kommet som regn, og således ført til at is- og skarelag kan ha blitt dannet i snøpakken. Det er forventet at mildvær vinterstid opptrer langt hyppigere på Anestølen enn på Filefjell. Det er også derfor det er etablert en snøforskningsstasjon her; for å finne ut på hvilken måte vi kan måle snø i maritime klima på en best mulig måte.

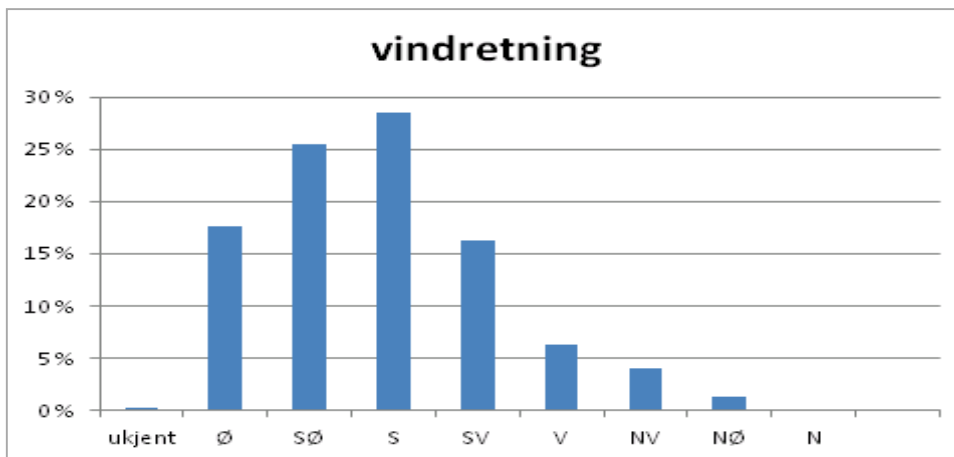
Vintersesongen 2012/2103 var langt kaldere og mer langvarig enn vinteren 2011/2012 (se Fjeldheim og Barfod, 2013). I 2011 la snøen seg i siste halvdel av november, mens i 2012 la snøen seg i slutten av oktober (se Figur 47). I 2011/2012 varte sesongen totalt i 179 dager, hvorav det ble registrert 124 dager med plussgrader i perioden (70% av dagene). I 2012/20123- sesongen var det snø på feltet i 208 dager, og i kun 70 av dagene (33%) ble det registrert temperaturer høyere enn 0°C.

5.2 Vind

Figur 45 viser vindhastighet (middel av 10 minutter, sort linje i figur) gjennom vintersesongen 2012/2013 på Anestølen. Høyeste målte vindhastighet var 20. mars med 11 m/s. Figuren viser også vindretning (rød linje i figuren), hvor 360 er nord, 180 er sør, 90 er øst og 270 er vest. Gjennom sesongen er det i hovedsak vind fra sørøst og sør (Figur 46), noe som er naturlig siden dalføret går sør-nord. Middelvinden gjennom sesongen later til å ligge mellom 5-6 m/s, noe som er langt mindre enn på Filefjell (Figur 11).



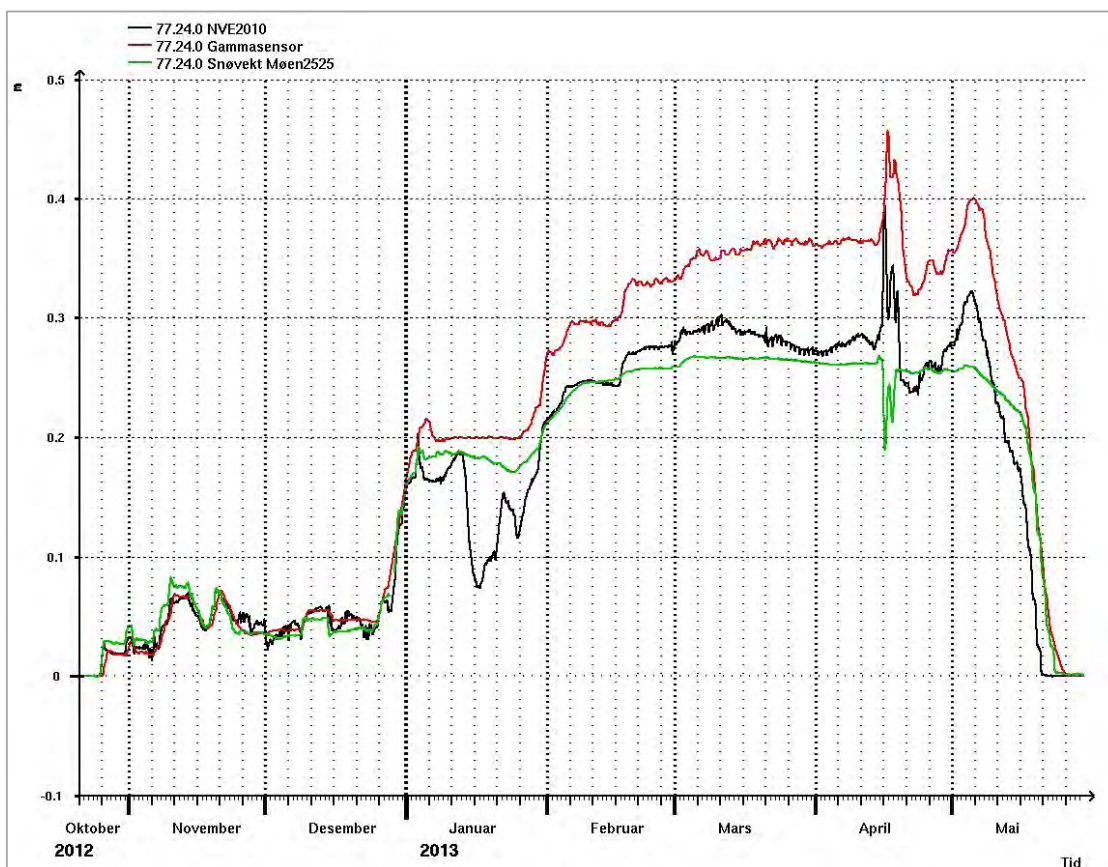
Figur 45 viser vindhastighet (sort linje) og vindretning (rød linje) gjennom vintersesongen 2012/2013 på Anestølen.



Figur 46 Fordelingen av vind fra ulike vindretninger i perioden 1. november 2012 - 31. mai 2013. Bakgrunnsdata for figuren er timesverdier av vindretning, ikke momentanverdier

5.3 Snøens vannekvivalent

På Anestølen måles snøens vannekvivalent ved hjelp av en snøpute (type NVE2010), snøvekt (Møen2525), samt en gammasensor. Gammasensoren har, etter den forrige evalueringsrapporten (Fjeldheim og Barfod, 2013), og i likhet med sensorene som står på Filefjell, fått endret sitt versjonsnummer i hydra2. Nå ligger data fra gammasensoren som versjon 2003.3. Gammasensoren er uten blyskjerm. De øvrige versjonsnumrene (1 og 2) innehas av snøpute (versjon 2003.1) og snøvekt (versjon 2003.2).



Figur 47 viser snøens vannekvivalent i millimeter målt av snøpute NVE2010 (sort linje), gammasensor (rød linje) og snøvekt Møen2525 (grønn linje).

Figur 47 viser snøens vannekvivalent fra de tre ulike instrumentene. Sesongen 2012/2013 startet med snøfallet 25. oktober, og det var kontinuerlig snø på feltet til henholdsvis 20. mai (snøpute – sort kurve i Figur 47), 23. mai (snøvekt – grønn kurve i Figur 47) og 26. mai (gamma – rød kurve i Figur 47). Gammasensoren registrerte mest SWE gjennom hele vinteren, og snømaksimum var 05.03.2013 med 401 mm (Tabell 11). Det ble registrert enda høyere SWE 16.04.2014 men verdien til både gammasensoren og snøputen ble påvirket av høy grunn og markvannstand og gjenspeiler ikke reelle snøforhold på stasjonen. Dette er nærmere omtalt i avsnitt 5.7. Høyeste registrerte SWE verdi vinteren 2011/2012 var 616 mm vannekvivalent (målt av snøputa den 28.02.2012). Sesongen med snø på instrumentene 2012/2013 varte en måned lenger, men var mer snøfattig enn vinteren før.

Tabell 11: Oversikt over snølegging, snømaksimum og når snøputen var snøfri på feltet.

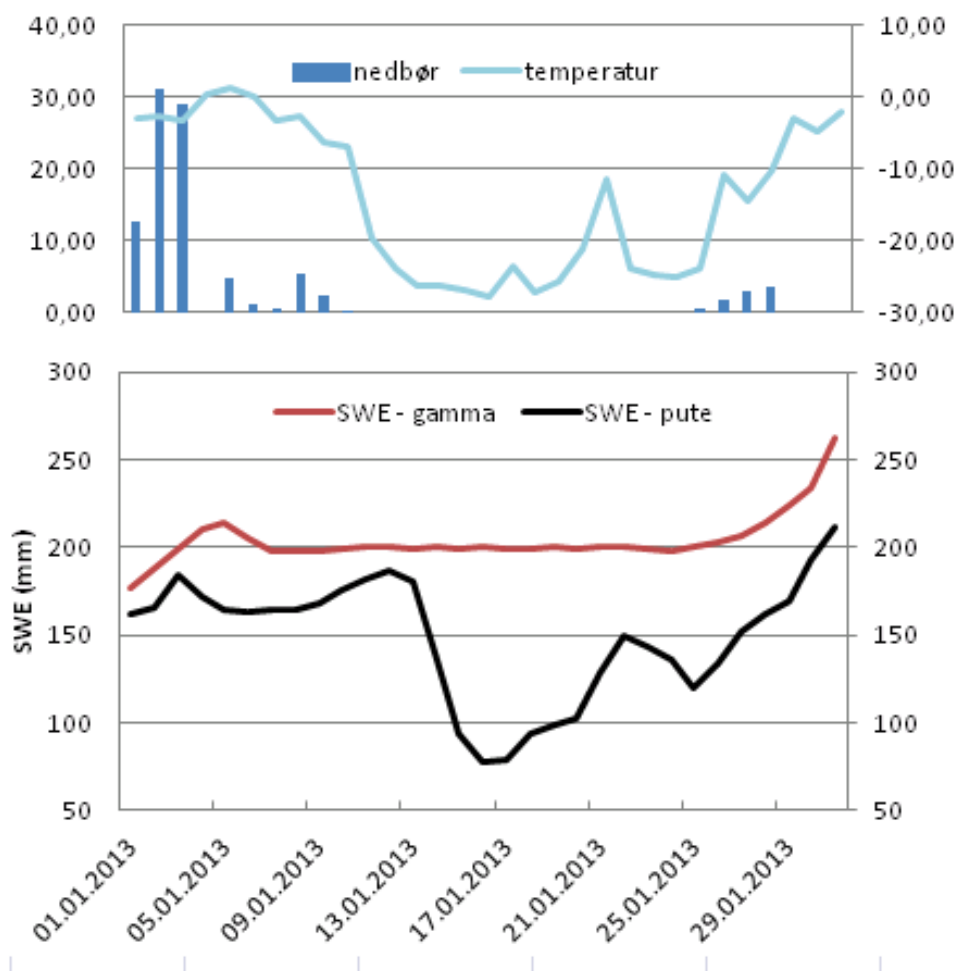
	Instrument	Snølegging ⁵	Snømaksimum	Snøfritt
2011/2012	NVE2010 (2003.1)	25.11.2011	28.02.2012 (616 mm)	22.05.2012
	Møen2552 (2003.2)	25.11.2011	16.03.2012 (153 mm)	20.05.2012
	Gammasensor (2003.3)	25.11.2011	28.02.2012 (547 mm)	30.05.2012
	Snødypsensoren (2002.1)	25.11.2011	22.02.2012 (1,49 m)	20.05.2013
2012/2013 ⁶	NVE2010 (2003.1)	25.10.2012	05.05.2013 (322 mm)	20.05.2013
	Møen2552 (2003.2)	25.10.2012	05.03.2013 (267 mm)	23.05.21013
	Gammasensor (2003.3)	25.10.2012	05.05.2013 (401 mm)	26.05.2013
	Snødypsensoren (2002.1)	25.10.2013	18.02.2013 (1,13 m) ⁷	Mangler data

De ulike instrumentene følger hverandre i utvikling av SWE så lenge det er lite snø/på starten av sesongen. I perioden 3.-7 januar var det 5 dager med døgnmiddeltemperatur over 0°C og det ble registrert 35 mm nedbør (se Tabell 10). Alle tre instrumentene registrere i denne perioden først en økning og så en minke i SWE. Reduksjonen i SWE kom trolig av snøsmelting da det også ble registrert en økning i grunnvannstand i denne perioden (se Figur 55). Fra 13. januar er det registrert en nedgang i SWE på snøputen som ikke er registrert på verken gammasensor eller snøvekten. Temperaturen i forkant av droppet sank fra et par minusgrader til under -20°C. Figur 48 er en sammenfatting av SWE data fra snøpute og gammasensor sammen med lufttemperatur og nedbør i forkant og under droppet på snøputen. I hele perioden hvor snøputen har «droppet» har det vært veldig kaldt. Fra rundt 30 januar er SWE på snøputen sammenfallende med snøvekten igjen. Denne dagen er det igjen registrert døgnmiddeltemperatur på 0°C. I februar er det registrert snøakkumulasjon på alle måleinstrumentene, men gammasensoren ligger 50-60 mm høyere enn snøputen og vekten fra starten av måneden.

⁵ Første snøfall som blir liggende vinteren over på snøputen. Det kan ha vært kortere perioder med snø på puten før denne datoen.

⁶ Snøputen NVE2010 og gammasensoren hadde høyere SWE 16.04.2013, men denne verdien var påvirket av høy grunn og markvannstand og gjenspeiler ikke faktisk SWE maksimum.

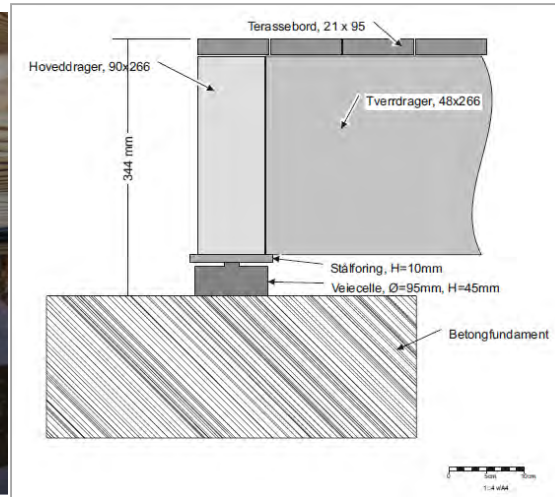
⁷ Ikke snømaksimum. Snødypsensoren virket ikke etter 13. mars.



Figur 48: Snøputen hadde et dropp i midten av januar som ikke ble registrert på gammasensoren. I dagene før ble det registrert en stor temperaturgradient fra 0 °C til -20 °C. Det kom ikke nedbør i perioden.

Fra midten av februar til mars, stagnerer snøvekten på et mistenkelig stabilt nivå, mens SWE målt av gammasensoren og SWE målt fra snøputen øker og reduseres mer i takt med endringen i snøforholdene. Årsaken til at snøvekten stagnerte på dette nivået, var en monteringsfeil. Stålforingene som lå mellom selve treverket og veiecellene på vekten var for små i forhold til vekten av snø + egenvekten til treverket (Figur 49). Treverket på vekten ble derfor presset ned rundt veiecellen. Som nevnt i avsnitt 3.1 er det, forut for sesongen 2013/2014 satt inn større stålforinger slik at ikke treverket skal avlastes rundt veiecellen. I Figur 49 er også prinsippskisse for snøvekt vist.

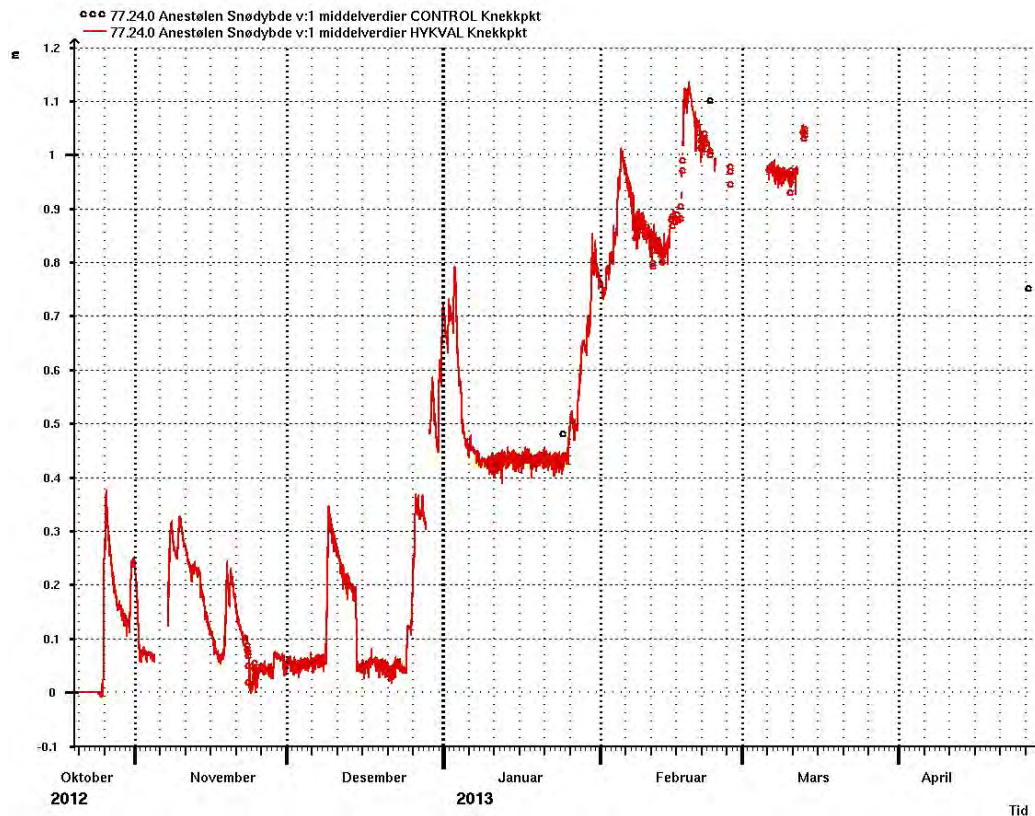
Differansen mellom gammasensoren og snøputen øker i midten av mars da gammasensoren registrerer en liten økning i SWE mens snøputen har en minke i SWE. 15.-19. april har både gammasensoren og snøputen et markant og stort sprang i observert trykk. Snøvekten har registrert en avlastning i denne perioden. Dette markante spranget/avlastningen skyldes ikke at det kom snø, men at det var snøsmelting på feltet og en fikk en veldig høy grunnvannstand som påvirket alle SWE målingene (mer om dette i avsnitt 5.6 Grunnvann). Etter dette spranget har SWE nivået på både snøputen og gammasensoren blitt lavere på grunn av snøsmelting. I siste halvdel av april øker snømengden på både snøputen og hos gammasensoren med 50-80 mm, før det igjen blir mildt 5. mai og all snøen på feltet smelter bort.



Figur 49 (t.h.) viser prinsippskisse av veiecelle (t.v.) oppsettet av betongfundament-veiecelle-stålplate-trebjelke (hoved-drager) slik det var på Anestølen sesongen 2012/2013. Foto og illustrasjon: Knut Møen, NVE

5.4 Snødyb

Figur 50 viser snødyb målt over snøvekta Møen2525. Snødypsensoren er av type Campbell SR50AT hvor temperaturkorrigeringen skjer i sensoren. På grunn av tekniske problem med snødypsensoren ble den forsøkt skiftet 13.3.2013. Den nye sensoren virket fortsatt ikke, så fra denne datoen og ut sesongen finnes det dessverre ikke data over snødypet. Høyeste målte snødyb i perioden frem til midten av mars, var 1,13 meter den 18. februar. Kontrollpunktene som er vist i Figur 50, er gjennomsnittet av fire målinger av snødypet på vekta. Som figuren viser har snødypet variert utover sesongen. Kontrollmålingene stemmer godt med de automatiske registreringene.



Figur 50 viser snødyb målt med Campbell snødybdesensor av typen SR50AT over snøvekten sammen med kontrollmålinger.

5.5 Kontrollmålinger

Ottar Husum er ansatt som observatør på stasjonen og har gjennom vinteren foretatt kontrollmåling fem ganger. Han sender inn registrerte målinger både som ordinær kontroll av snøputer (egen skjema) og målt snødyp innskrevet på plantegning, tilsvarende som plantegningen i Figur 51 Eva Klausen, HI, oppbevarer disse originalene i egen perm. Siden observatøren sender inn observasjonene på denne måten, er det mulig å stedfeste målingene i større grad for denne sesongen, enn det som var mulig sesongen 2011/2012, da sistnevnte skjema ikke ble sendt inn.

5.5.1 Snødyp

Figur 51 viser plott av snødyp på Anestølen. I likhet med Figur 22 (det er gjort tilsvarende figur for Filefjell, 4.6.1) er det benyttet funksjonen *kriging* i R (Diggle & Ribeiro Jr., 2007, Ribeiro Jr & Diggle, 2001) for å generere plottene. Målepunktene er markert, og skissert i figuren nederst til høyre i Figur 38. Merk at kontrollpunktene som er markert som N-S-Ø-V-NV og SV gjenspeiler ikke reelle himmelretninger (det var ikke praktisk gjennomførbart i terrenget), men av praktiske hensyn har målepunktene fått samme betegnelse som tilsvarende kontrollpunkt på Filefjell.

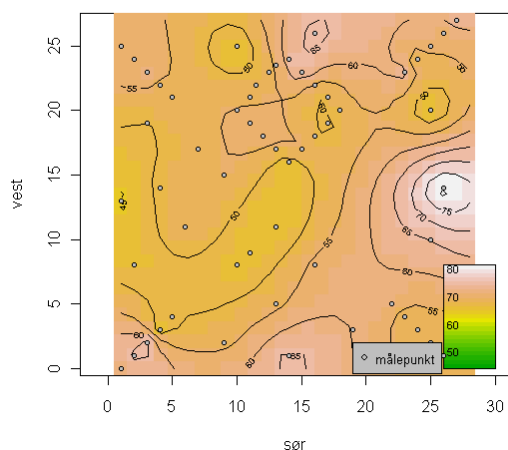
Det virker til at det er mer snø i sørøst, men mindre snø i de vestlige delene/over instrumentene. Snømengden over/under enkelte av instrumentene utmerker seg ikke i forhold til de øvrige. Sammenliknet med forrige sesong, er det et markert minimum sørvest i fjorårets plott (se vedlegg 3 i Fjeldheim og Barfod, 2013). Det er for øvrig ingen stor forskjeller i romlig variasjon fra år til år. Som nevnt over knytter det seg imidlertid usikkerhet til hvor nøyaktig fjorårets målinger er stedfestet.

Som Figur 51 og Tabell 12 viser, er det liten variasjon i snødypet rundt om på feltet. Bortsett fra noe høyere snødyp rundt feltet (RUP) sammenliknet med de øvrige 26. april og noe større snødyp rundt gammasensoren (PRO) sammenliknet med de øvrige 18.mai, er det svært liten forskjell. Det er også stort sett liten variasjon innad blant målingene de ulike målestedene (se standardavvik i Tabell 12).

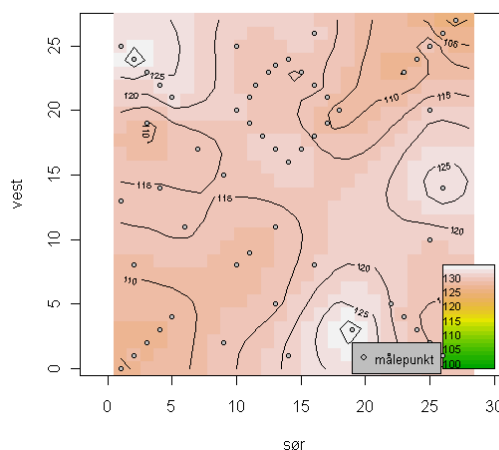
Tabell 12 Gjennomsnittlig snødyp, samt standardavviket i målingene, rundt de ulike målemetodene.

Dato	Gjennomsnitt [cm]				Standardavvik [cm]			
	Felt (RUP)	Møen 2525 (SV)	Pute NVE2010 (NV)	Gamma (PRO)	Felt (RUP)	Møen 2525 (SV)	Pute NVE2010 (NV)	Gamma (PRO)
24.1.2013	56	50	54	54	12,3	5,3	6,5	2,4
22.2.2013	116	112	116	115	5,7	2,9	3,9	2,7
2.4.2013	117	112	107	105	14,7	12,5	5,2	2,9
26.4.2013	87	78	79	79	13,5	4,9	2,6	6,6
18.5.2013	37	30	30	56	11,5	4,1	2,9	12,3

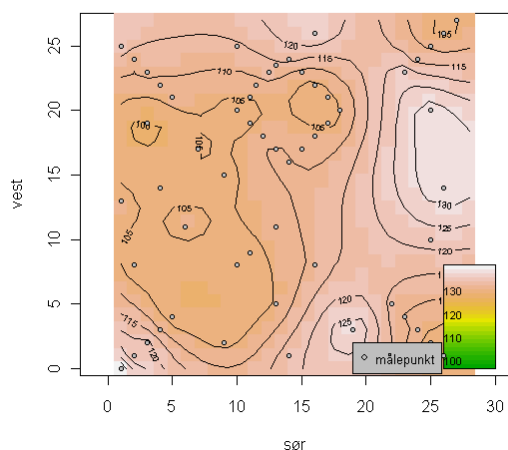
Anestølen snøforskningsstasjon snødyp 24.1.2013



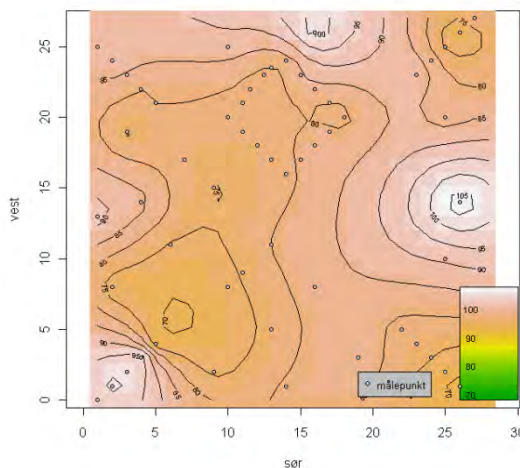
Anestølen snøforskningsstasjon snødyp 22.2.2013



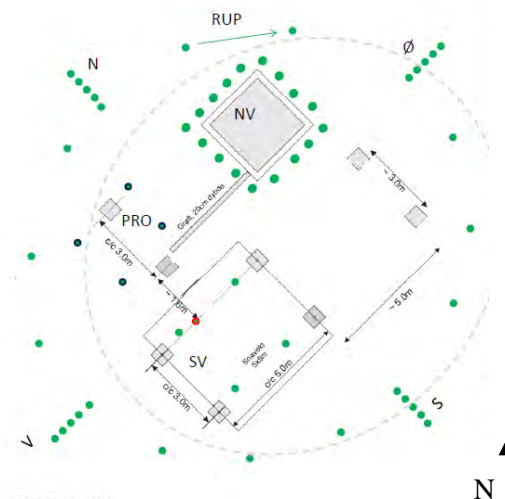
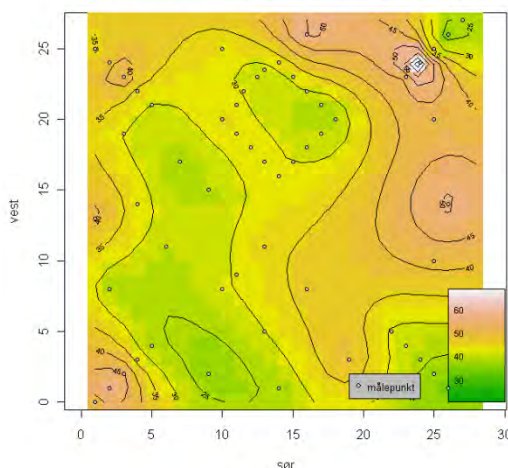
Anestølen snøforskningsstasjon snødyp 2.4.2013



Anestølen snøforskningsstasjon snødyp 26.4.2013



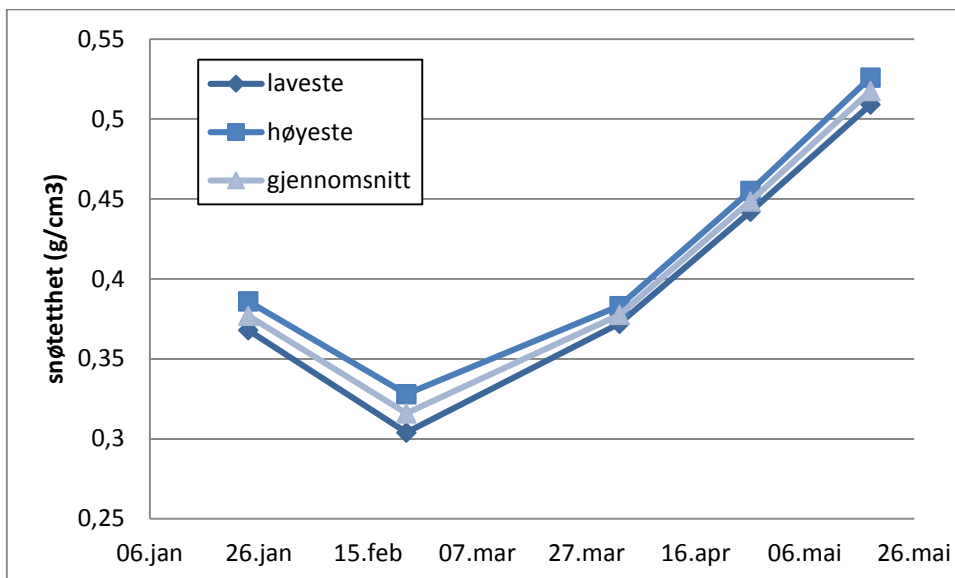
Anestølen snøforskningsstasjon snødyp 18.5.2013



Figur 51 viser plott over snødyp på Anestølen. Plottene er generert ved hjelp av funksjonen *kriging* i R. Målepunktene er markert. Figuren nederst, t.h. viser utdrag av måleplan for kontrollmålinger på Anestølen. Grønne punkt indikerer hvor det er tatt målinger av snødyp. NV er snøpute (NVE2010), SV er snøvekt (Møen 2525), PRO er gammasensoren. Måleplanen er i sin helhet hentet fra figur 39 i Fjeldheim og Barfod (2013).

5.5.1 Tetthetsmålinger

Tetthet er målt med standard rør med lengde 25 cm (1 liters rør) i sjakt (2 målinger). Målingene er utført av observatør Ottar Husum, i henhold til NVEs instruks for manuelle snømålinger (se vedlegg D i Ree m.fl. (2011)). Figur 52 viser de to tetthetsprøvene som observatøren har foretatt hver gang, samt gjennomsnittet. Det er kun små avvik mellom målingene, på det meste ca. 7% (22. februar). For øvrig er det under 5% avvik.



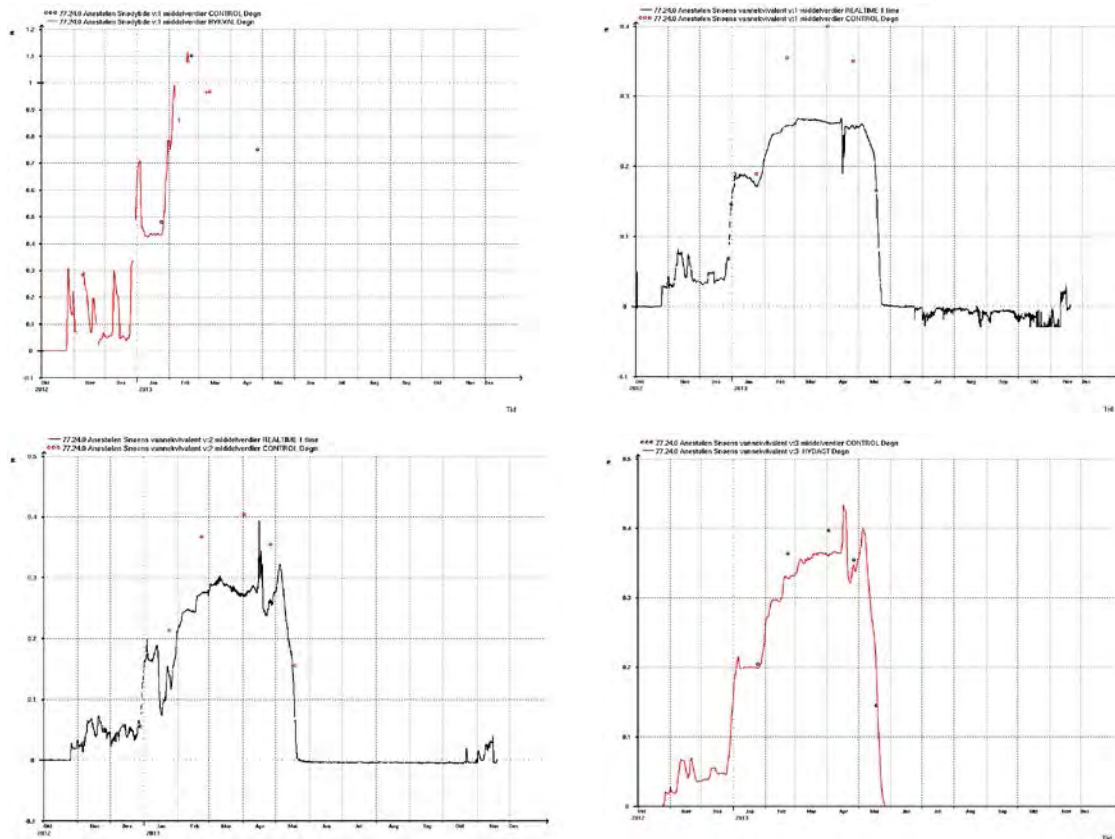
Figur 52 Variasjonen i de ulike tetthetsmålingene gjennom sesongen.

5.5.2 Kontroll av instrumenter

Figur 53 viser SWE fra de ulike automatiske målingene, samt kontrollmålingene (punkt) beregnet fra snittet av de to tetthetsmålingene og snødyp målt rundt det aktuelle instrumentet. I flere av tilfellene er kontrollpunktene høyere enn det de automatiske måle metodene viser. For snøvekten (plott øverst til høyre i Figur 53) er dette helt korrekt siden denne har vist seg å ikke fungere tilstrekkelig gjennom store deler av vinteren. For snøputen (plott nederst t.v.) ligger også kontrollpunktene høyere, mens det for gammasensoren (nederst t.h.) er noe bedre samsvar. Sammenlikning av kontrollpunkt for snødyp og snødypsensoren (øverst t.v.) er vanskelig da sensoren ikke fungerte utover vinteren. Bortsett fra for gammasensoren, er det relative avviket i prosent stort sett tosfret gjennom vinteren (Tabell 13).

Tabell 13 viser avviket mellom kontrollmålinger og instrument i prosent ved de ulike måletidspunktene.

Dato	Snødypsensoren	Snøvekt	Snøpute	Gamma
24.1.2013	9 %	3 %	12 %	37 %
22.2.2013	Ingen data	26 %	22%	7 %
2.4.2013	Ingen data	35 %	32 %	9 %
26.4.2013	Ingen data	27 %	29 %	5 %
18.5.2013	Ingen data	7 %	59 %	12 %



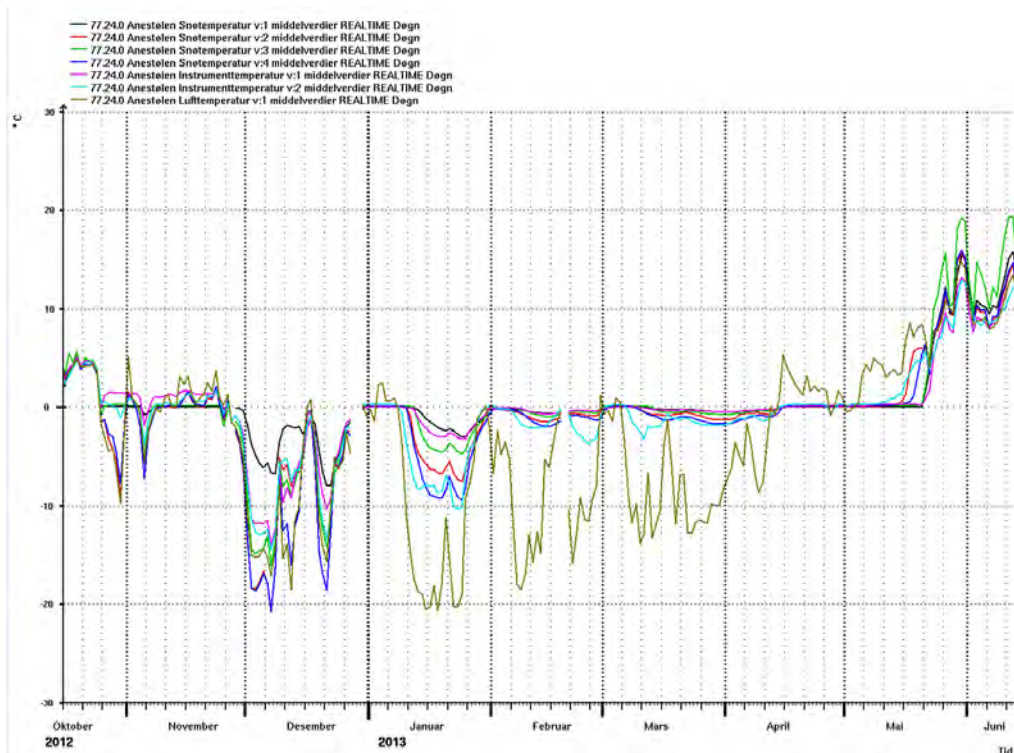
Figur 53 De ulike automatiske målemetodene med tilhørende kontrollpunkt.

5.6 Temperaturforhold i snøpakken

På Anestølen er det, i likhet med på Filefjell, flere temperatursensorer som registrerer temperaturen i snøpakken, samt i og rundt de ulike instrumentene som måler SWE. En oversikt over plasseringen av disse sensorene er gitt i Tabell 14. Utviklingen i temperatur gjennom vinteren er vist i Figur 14. Slik figuren viser var det store fluktuasjoner i temperaturen ved alle plasseringer i desember. Da var det lite snø, så denne variasjonen gjenspeiler bare variasjonen i lufttemperatur. Etter en periode med isoterm snøpakke på 40 – 80 cm snø ved årsskiftet, synker igjen temperaturen ved alle plasseringer i takt med at det blir kaldere utover i januar. I slutten av januar og begynnelsen av februar stiger lufttemperaturen, og snøpakken blir igjen tilnærmet isoterm. Da er snødyptet ca. 75cm. Videre utover vinteren synker og stiger lufttemperaturen, men snødyptet er antageligvis så stort (omkring 1 meter) at svingningene i snøtemperaturen er relativt avdempet. Fra midten av april er snøpakken igjen isoterm og forblir det resten av sesongen.

Tabell 14. Oversikt over temperatursensorer på Anestølen. Fargene gjenspeiler fargene som er benyttet i Figur 54.

Over bakken:	Parameter og versjon i Hydra2	Høyde over bakkenivå/installasjon
Snø temp. – h: 0	Snøtemperatur 2012.1	0 cm
Snø temp. – h: 15	Snøtemperatur 2012.2	15 cm
Over/under måleinstrument:		
Temp over Møen2525, h:0	Snøtemperatur 2012.3	0 cm
Temp over Møen2525, h:15	Snøtemperatur 2012.4	15 cm
Temp under Møen2525	Instrumenttemp. 9155.1	----
Temperatur i trykcellen til snøpute/ stigerør	Instrumenttemp. 9155.2	----

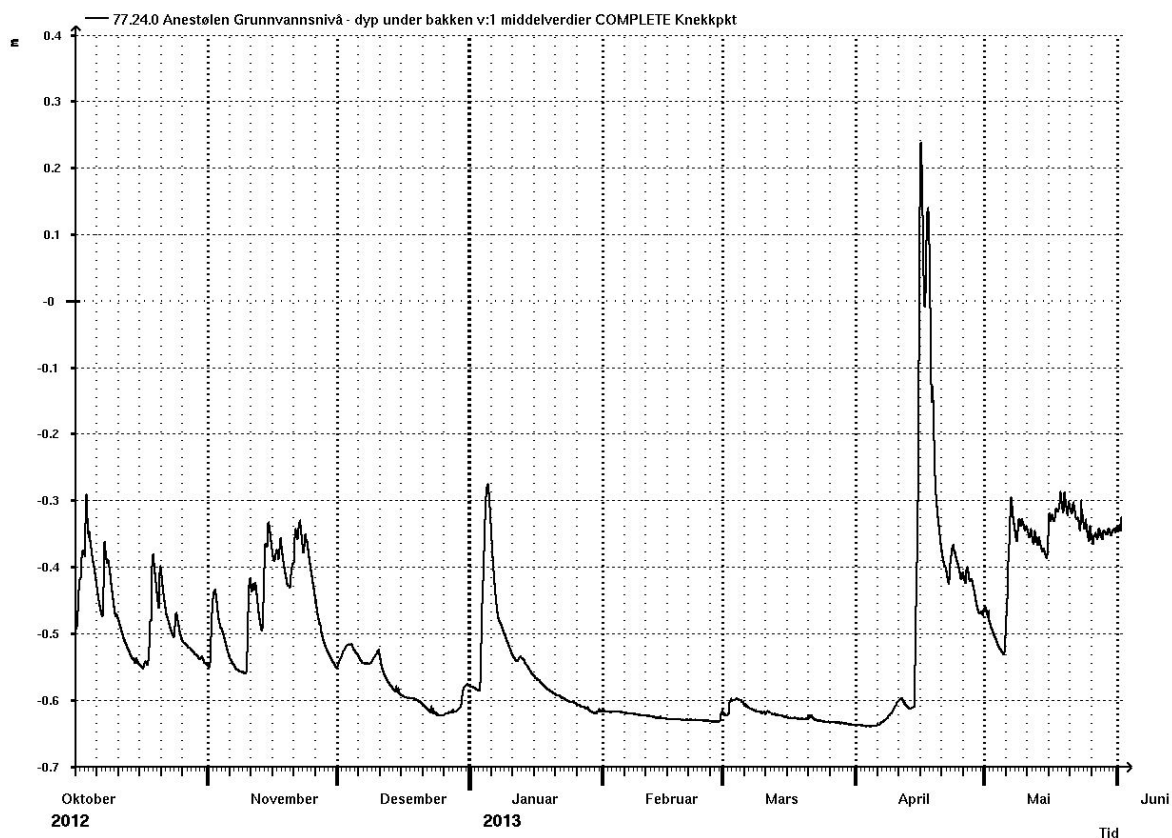


Figur 54. Utviklingen i temperaturen i snøpakken på Anestølen gjennom vinteren. Lufttemperaturer er vist i grønnbrunt. For øvrig sammenfaller fargene med fargekodene i Tabell 14.

5.7 Grunnvann

Figur 55 viser grunnvannstanden ved stasjonen fra oktober 2012 til juni 2013. Grunnvannstanden er ganske stabilt synkende fra slutten av november til 14. april med unntak av en periode fra 3.-7. januar hvor den steg med ca. 30 cm. I denne perioden er det registrert 5 dager med temperatur over 0°C og 35 mm nedbør (Tabell 10). Alle SWE instrumentene fikk også en nedgang i SWE (Figur 56) i denne perioden. Dette tyder på at det i tillegg til mye nedbør, også har vært snøsmelting i området denne perioden.

4. mars ble det også registrert en dag med plussgrader og litt nedbør, og grunnvannstanden steg litt. 14. april ble det mildvær og mye nedbør (174,8 mm fordelt over 18 dager, Tabell 10). I denne perioden steg grunnvannet veldig raskt fra -0,6 m under bakkenivå til 0,24 m over bakkenivå.

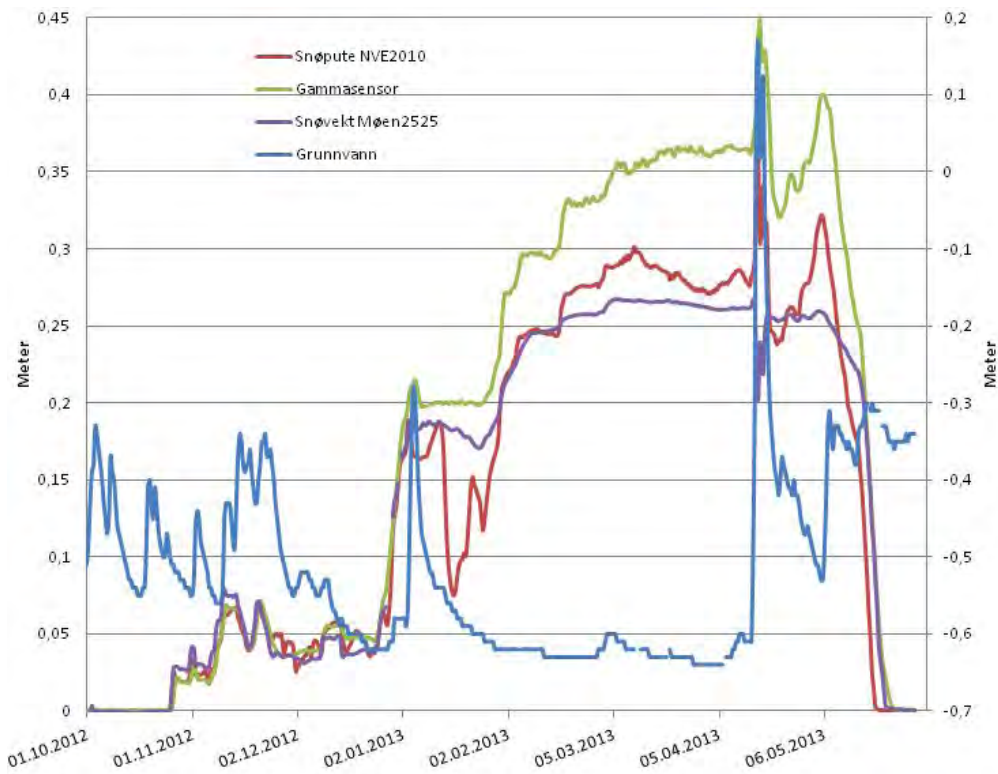


Figur 55. Plott som viser grunnvannstanden under bakkenivå ved Anestølen fra oktober 2012 – juni 2013.

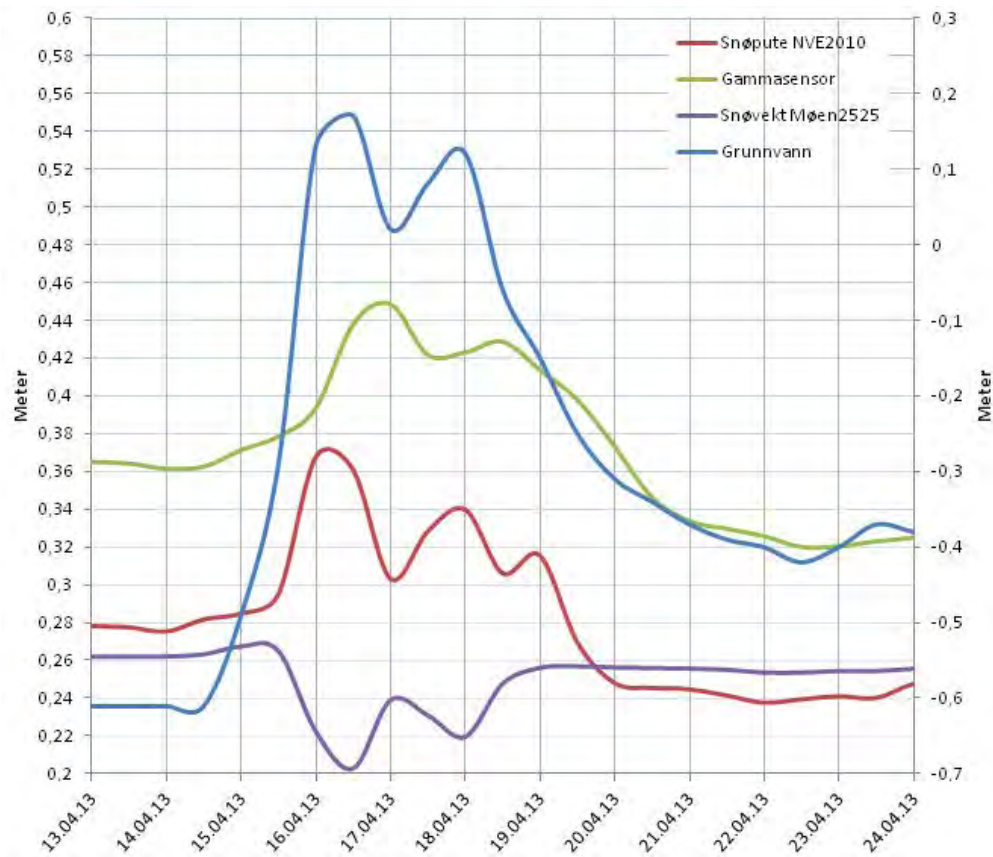
5.7.1 Grunnvannsnivå og målinger av SWE

Figur 56 og Figur 57 viser grunnvannstanden sammen med SWE fra gammasensor, snøpute og snøvekt. Som nevnt ovenfor øker grunnvannstanden (naturlig nok) når snøen smelter, men denne sesongen ser en også at på Anestølen påvirker en veldig høy grunnvannstand registreringen av SWE. I midten av april ble det mildvær, nedbør som regn og snøsmelting. Dette ga kraftig økning i grunnvannstanden, og som Figur 56 og Figur 57 viser fører den veldig høye grunnvannstanden i perioden 16. – 19. april til at det registreres en økning i SWE på både gammasensoren og snøputen. SWE ved snøvekten reduseres imidlertid. Tilsvarende sammenheng mellom økende grunnvannstand og økende SWE målt ved gammasensor er også observert på Filefjell denne sesongen (se avsnitt 4.9).

Årsakene til dette er nærmere diskutert i kapittel 6.



Figur 56 Figur som viser grunnvannstanden under bakkenivå (blå linje) mot snitt av NVE2010 snøpute (rød), snøvekt (lilla) og gammasensoren (grønn). Grunnvannstanden er gitt på sekundær y-akse.



Figur 57: Grunnvann mot SWE instrumentering i tidsrommet der grunnvannstanden påvirker SWE instrumenteringen. Grunnvannstanden er gitt på sekundær y-akse.

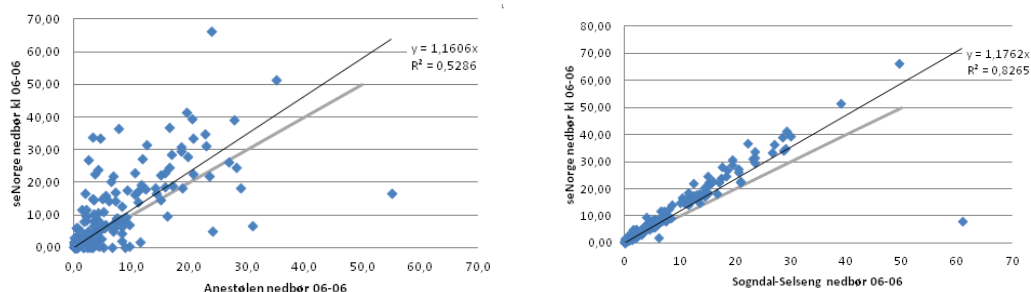
5.8 Sammenlikning med seNorge/xgeo

I seNorge (www.senorge.no) og xgeo (www.xgeo.no) simuleres daglig blant annet nedbør, temperatur, snøens vannekvivalent og snødyb. Kartene på seNorge og xgeo består av interpolerte kart over nedbør, temperatur, snø m.m. som dekker hele landet med en oppløsning på 1 x 1 km. Observert nedbør og temperatur fra målestasjonene til MET brukes til å lage kart over nedbør og temperatur, og snøens vannekvivalent og snødyb modelleres ved hjelp av snørutinen i HBV-modellen (se Engeset, 2013). Det er de samme kartene som ligger til grunn for både seNorge og xgeo, men xgeo er mer rettet mot beredskapsmyndigheter, varslingstjenestene og andre med høy faglig kompetanse på området. Det er også flere karttema i xgeo enn i seNorge.

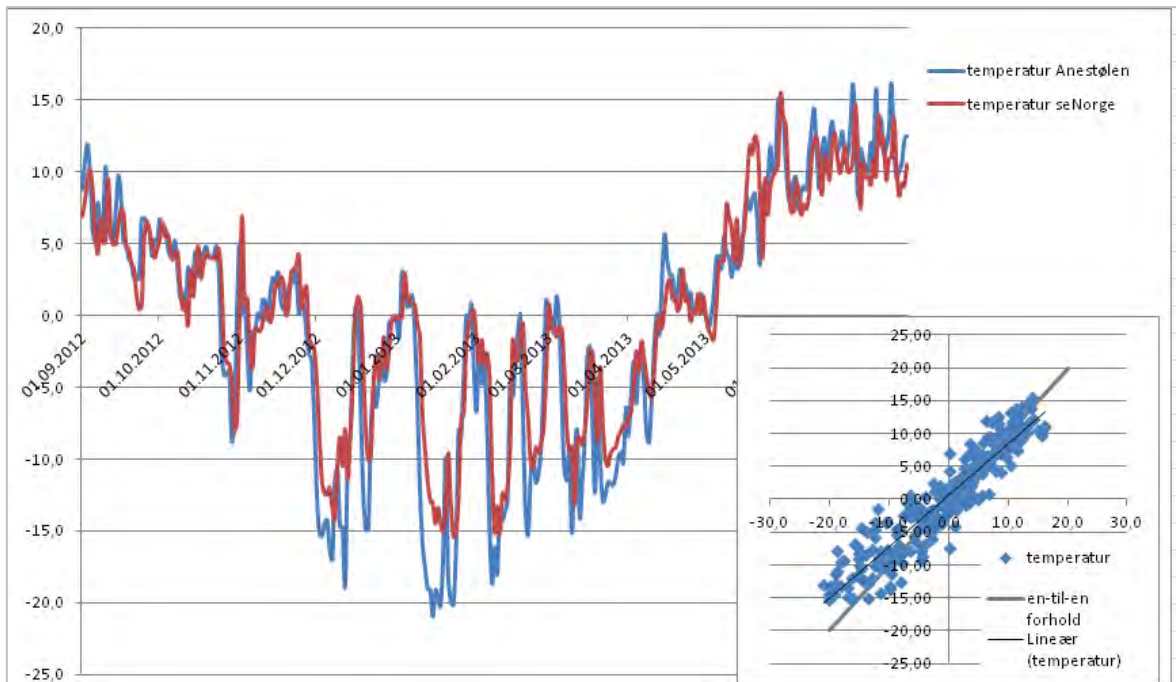
5.8.1 Nedbør og temperatur

Som nevnt i avsnitt 5.1, er det en viss usikkerhet forbundet med våre nedbørdata fra Anestølen, da de ikke er underlagt samme kvalitetskontroll som hos MET. I Figur 58 er derfor både seNorge data fra Anestølen og seNorge data fra Sogndal-Selseng presentert. For nedbørdata fra Anestølen er det beregnet døgnverdier fra timesverdier fra kl 06-06. Dette for at de målte døgnverdiene for nedbør skal sammenfalle bedre med nedbørdøgnet i seNorge (06-06). For data fra Sogndal-Selseng er både observerte verdier og modellerte seNorge verdier på samme døgnformat (06-06). For både Anestølen og Sogndal-Selseng overestimeres nedbøren noe, men det er likevel relativt bra samsvar mellom det som måles og det som simuleres på Sogndal-Selseng. For Anestølen er det noe større spredning.

Figur 59 viser samsvaret mellom målt temperatur og simulert temperatur (seNorge) for Anestølen. Det virker som om seNorge simulerer for høyere temperaturer når det er kaldt, og noe for lave temperaturer når det er varmt, men ellers er det relativt godt samsvar.



Figur 58. Sammenlikning mellom målt nedbør på Anestølen og nedbør fra seNorge (t.v.), og sammenlikning mellom målt nedbør på Sogndal-Selseng og seNorge (t.h.). Den grå linjen viser en-til-en forholdet mellom observert og simulert nedbør.

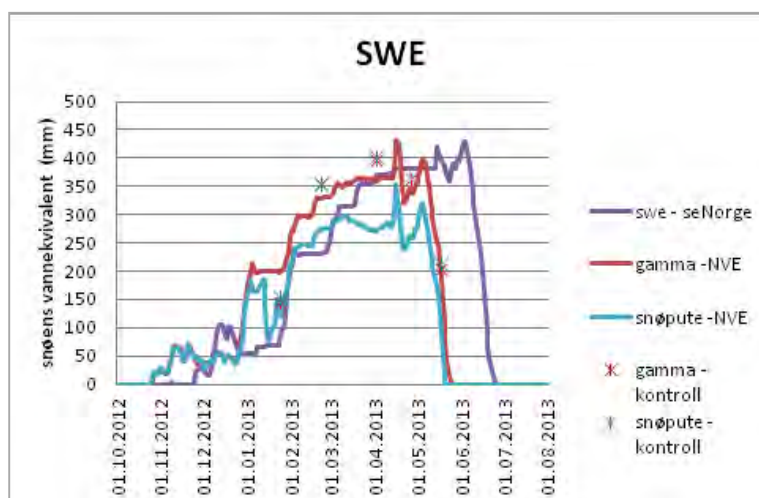


Figur 59 Sammenheng mellom observert temperatur ved NVE sin målestasjon på Anestølen og simulert temperatur i seNorge. Innfelt: sammenhengen illustrert i et xy-plot. Observert temperatur på Anestølen på x-aksen, seNorge-verdier på y-aksen.

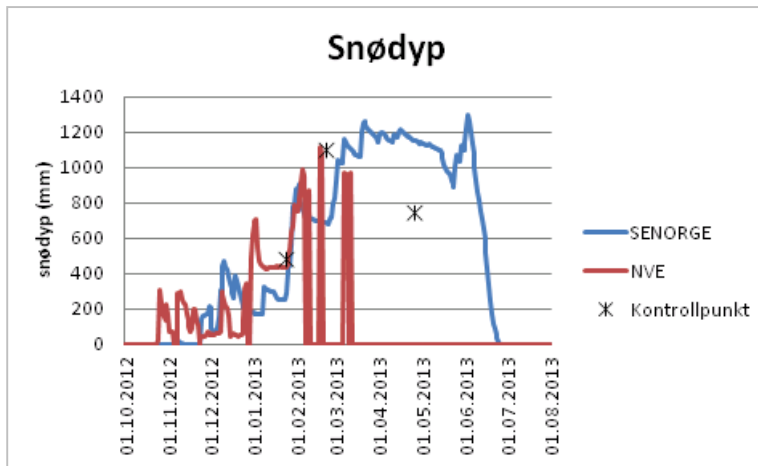
5.8.2 SWE og snødyp

Figur 60 og Figur 61 viser de målte snøforholdene (SWE og snødyp) på Anestølen sammenliknet med snødyp og SWE i seNorge. Det er relativt godt samsvar mellom målt SWE fra gammasensoren og det som seNorge gir. Dette gjelder imidlertid kun fram til observasjonenes kulminasjon i midten av mai. Etter dette fortsetter seNorge å akkumulere snø, og i seNorge er det ikke snøfritt før i slutten av mai. Det virker også til å være relativt godt samsvar mellom målt og simulert snødyp i den perioden hvor det finnes målte snødypdata.

Merk at når det gjelder snødyp og SWE er måledøgn (00-24) og seNorge-døgnet (06-06) ulike. I temperatur- og nedbørplottene er dette korrigerert for, slik at det som vises der er 06-06 data. Det antas at forskyvingen når det gjelder døgn har mindre å si for snøen som akkumuleres gjennom en sesong.



Figur 60. Målt SWE ved snøpute og simulert SWE fra seNorge, sesongen 2011/2012



Figur 61. målt snødyp og simulert snødyp fra seNorge, sesongen 2011/2012.

6 Diskusjon

Det har blitt samlet inn data fra 11 ulike instrumenter som måler SWE denne sesongen på Filefjell og Anestølen. I tillegg har det blitt utført manuelle målinger av snødyb og tetthet, og det har blitt registrert (automatisk) diverse meteorologiske parametere og snøfysiske egenskaper. Som tidligere sesonger, har hovedformålet med forskningsstasjonene vært å kartlegge og teste nytteverdi samt kvalitet av nye metoder og instrumenter for kontinuerlige og manuelle målinger av SWE. Forskningsstasjonene har til nå (vinteren 2014) vært i drift som forskningsstasjoner i fire (Filefjell) og to (Anestølen) hele vintersesonger, og vi har hatt mulighet til å teste utstyr og målemetoder under ulike vinterforhold.

6.1 Filefjell

Klimatiske parametere

Vinteren 2012/2013 var stabil, kald og preget av mer østavær enn de foregående vintrene. Det var også lite snø sammenliknet med tidligere sesonger. Det er derfor nærliggende å tenke seg at år med markant mer vestavær gir mer snø på Filefjell-Kyrkjestølane, enn år med lengre perioder med østavær. I perioden medio november til medio april, var det kun 3 dager hvor døgnmiddeltemperaturen var over 0°C. Det kom noe nedbør disse dagene, men det ser ikke ut som om det var nok til å gi is- og skarelag i snøpakken, som igjen ville kunne gi problemer for snøputene/snømålingene.

MET og NVE måler nedbør med hver sin sensor i samme Geonor-bøtte. Likevel er det 53 mm avvik mellom det som måles ved MET sin sensor (407 mm) og det som måles ved NVE sin sensor (354 mm) i perioden 1. september til 1. juli. Det gir et avvik mellom de to sensorene på ~0,18 mm/dag, som er mer enn den måleusikkerhet en kan forvente ved bruk av disse sensorene. I perioden med snøakkumulasjon (28. oktober til 4. mai) viser NVE sin sensor 124 mm akkumulert nedbør, mens MET sin sensor viser 173 mm akkumulert nedbør. Det gir et avvik på ~0,26 mm dag.

Å måle vinternedbør ved hjelp av en nedbørbøtte kan være heftet med en del oppfangningssvikt. I følge Mohr (2008) kan den meteorologiske stasjonen på Filefjell-Kyrkjestølane karakteriseres som "extremely unsheltered coastal/mountain region" og stasjonen havner i "exposure class 5" når det gjelder oppfangningssvikt. Mohr (2008) viser til Førland m. fl. (1996) der stasjoner som havner i kategori 5, korrigeres for oppfangningssvikt med en faktor på 1,8 dersom temperaturen er under 0°C. Gitt at MET sin nedbørsensor er den mest riktige, gir dette et akkumulert snømagasin på 311 mm. Det er høyere enn det som målingene av SWE viser. Dersom nedbørmålingene fra NVEs sensor legges til grunn, er en oppfangningsfaktor på 1,8 ikke utenkelig der nedbørmålingen sammenliknes mot målinger av SWE. Merk at det nødvendigvis ikke er en entydig sammenheng mellom akkumulert snø og akkumulert nedbør, da vi både har hatt snøsmelting og nedbør som regn i løpet av vinteren. Sistnevnte har likevel forekommet i begrenset omfang (~31 mm i perioden 28. oktober - 4. mai), og er trolig akkumulert i snøpakken fremfor å ha gått direkte til avrenning. I løpet av mildværsperioden 14. - 23. mai, smeltet det ~30-40 mm, før det kom 40-50 mm som snø. Siden sistnevnte smelting og akkumulasjon er i omtrent samme størrelsesorden, så kan det likevel medføre riktighet å sammenlikne akkumulert nedbør og akkumulert snø frem til snømaksimum for å få et estimat på oppfangningssvikten.

Snøens vannekvivalent

Også denne sesongen har det vært forskjeller i hvor mye snø de enkelte av de automatiske måle metodene måler.

En teori er at det kan være lokale forskjeller som gjør at målingene er forskjellige. Dette understøttes derimot ikke av de manuelle målingene som er foretatt rundt om på forskningsfeltet (Figur 22). Den romlige variasjonen i manuelle målinger av snødyp er ikke lik den romlige variasjonen i de automatiske målingene. For eksempel viser de manuelle målingene at det i mange tilfeller er mer snø på de fire NVE2010-snøputene enn det er rundt Møen2525, mens de automatisk registrerte målingene (Figur 14) viser noe annet. Det kan igjen skyldes usikkerhet og unøyaktighet i kontrollmålingene, eller det kan skyldes de ulike automatiske måle metodene.

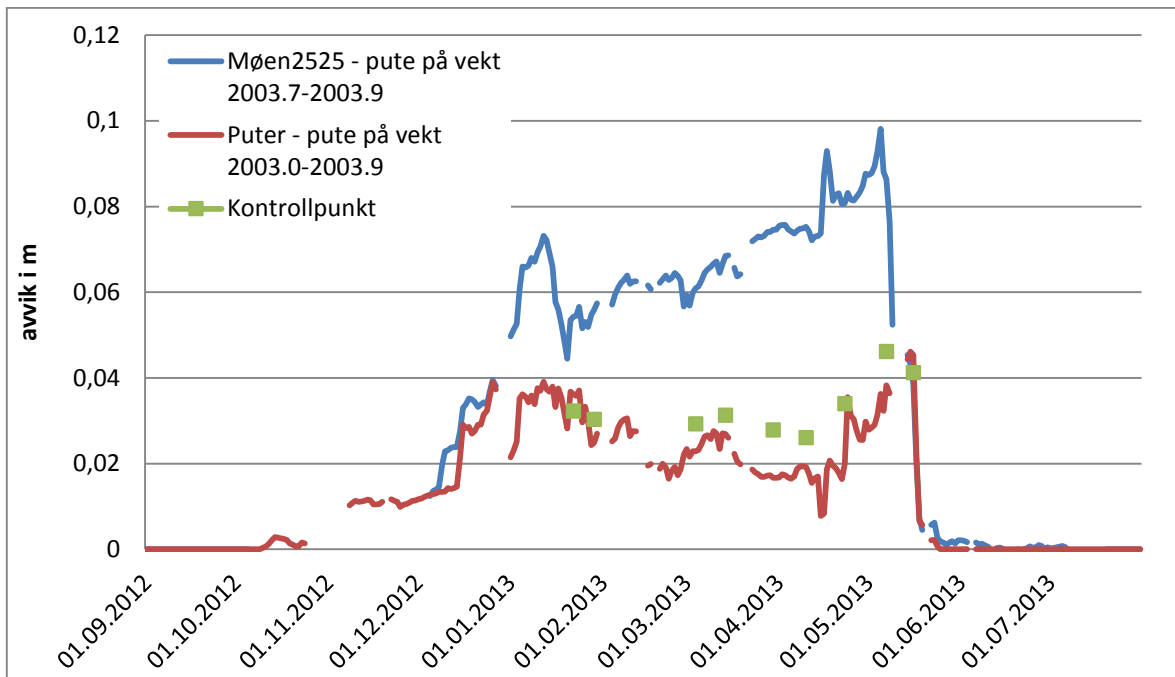
Av opplagte forskjeller mellom instrumentene kan følgende oppsummeres:

- Det later ikke til at finerplaten som ligger på NVE2010 snøpute 2003.4 har noen effekt i det klimaet vi har hatt på Filefjell vinteren 2012/2013. Under andre klimatiske forhold, der is- og skarelag opptrer hyppigere, kan det imidlertid ikke utelukkes at finerplaten har noe for seg.
- Snøputen som ligger på Møen2525 (2003.9) viser konsekvent mindre snø enn de øvrige instrumentene. Det er nærliggende å tenke seg at dette skyldes at snøputen ligger betydelig høyere i terrenget (~10 cm) enn de øvrige installasjonene. 10 cm forskjell i snødyp kan fort utgjøre en forskjell på 20-30-40 mm SWE. Figur 62 viser utviklingen i differansen mellom SWE fra puten på vekten (2003.9), vekten (Møen2525) og gjennomsnittet av de øvrige NVE2010 snøputene (2003.0). Forskjellen mellom pute på vekt (2003.9) og gjennomsnittet av de fire andre snøputene (2003.0) er unntaksvis mer enn 40 mm (0,04 m), mens forskjellen mellom Møen2525 og pute på vekt er mer enn 40 mm (0,04 m) fra omtrent 1. januar, og tilnærmet ut sesongen. De grønne punktene i figuren angir hva en forskjell i 10 cm snødyp vil utgjøre, gitt den tettheten som manuelt ble kontrollmålt de aktuelle dagene. Avviket mellom snøputene (2003.0) og pute på vekt (2003.9) er lavere enn dette i mange av tilfellene.

Basert på dette kan det antas at dersom det ikke hadde vært for høydeforskjellen på 10 cm, ville puten på vekten (2003.9) og de øvrige snøputene (2003.0) vist omtrent det samme.

Det er imidlertid litt uventet at det er såpass stort avvik mellom puten på vekten (2003.9) og vekten (Møen2525). Puten ligger tross alt på vekten og mulige ulikheter i snømengde i mikroskala skal være eliminert. Siden pute på vekt (2003.9) viser relativt likt med de øvrige snøputene (2003.0) (høydeforskjellen tatt i betraktning), er det nærliggende å anta at det er forskjell i måle metoden som utgjør forskjellen mellom vekt og pute.

- I starten på sesongen gir gammasensoren åpenbart mer SWE enn de øvrige instrumentene (Figur 14). Det kan skyldes at det faktisk er mer snø rundt gammasensoren enn rundt de øvrige instrumentene tidlig på sesongen. De første kontrollmålingene er foretatt 22. januar, og på det tidspunktet later det til å være bedre samsvar mellom kontrollmålinger og gamma enn kontrollmålinger og flere av de øvrige instrumenter (Figur 25). Det kan derfor tenkes at de øvrige instrumentene måler for lite snø på starten av sesongen, men det kan også være at andre faktorer, som for eksempel grunnvannsforholdene i bakken spiller inn. For å avdekke dette, er det ønskelig at det i fremtidige sesonger tas kontrollmålinger på et tidligere tidspunkt enn det som ble gjort i sesongen 2012/2013.



Figur 62. Avvik i m SWE mellom Møen2525 og pute på vekt (2003.9) – blå linje, og mellom gjennomsnittet av de fire andre snøputene (2003.0) og pute på vekt (2003.9) De grønne kontrollpunktene refererer til hva som kan være den teoretiske forskjellen mellom putene gitt 10 cm høydeforskjell og kontrollmålt tetthet på det aktuelle tidsrommet.

- En sensor av samme type som Statens Strålevern benytter for overvåking av radioaktivitet ble plassert på Filefjell forut for vinteren 2012/2013. Statens Strålevern har hatt problemer med at dempingen i signalet fra sensoren avtar med økende SWE. Dersom det var en direkte sammenheng mellom SWE og dempingen i signalet, kunne målenettverket til Statens Strålevern gitt oss informasjon om snøforholdene på steder der vi per dags dato ikke måler. Resultater fra Filefjell (Vedlegg 2) og fra Vinje (Stranden, 2012) viser at det er en sammenheng mellom dempingen i signalet og SWE, i hvert fall opp mot 250 mm. Tidlig på sesongen er det mindre sammenheng enn senere på sesongen. På bakgrunn av det begrensede samsvaret både på forsesongen, men mest den manglende sammenhengen ved SWE større enn 250 mm, er vår praktiske nytte av en slik sensor for å overvåke snøens vannekvivalent begrenset.

Snødyb

Snødyb registreres automatisk både på MET sin stasjon og på NVE sitt forskningsfelt. Disse måleinstrumentene står omtrent ~15 m fra hverandre, og det er noe overraskende at avviket er så stort mellom disse sensorene som vist i Figur 20. MET sensoren står imidlertid på vestsiden av masten, og ved vind fra øst kan den ligge i le og derfor få mindre snø. NVE sin sensor står på nordsiden av masten, og påvirkes således ikke av masten ved vind fra vest eller øst. Forrige sesong var det bedre samsvar mellom de to sensorene frem til medio januar, samt fra snødyb-maksimum i slutten av februar og ut sesongen (Fjeldheim og Barfod, 2013). Det var mer østavær vinteren 2012/2013 enn de foregående vintrene (se avsnitt 4.2), og det kan tenkes at det har ført til at MET sin sensoren har fått mindre snø under seg siden den i en større andel av sesongen har stått i le bak masten.

Det mangler webkamerabilder i starten av sesongen, og første webkamerabilde er fra 12.12.2012. Det er derfor vanskelig å se om forskjellene i snøleggingen på starten av sesongen er reelle. Dersom vi tar en rask titt på bildene fra sesongen etter (sesongen 2013/2014) viser de derimot at

det er forskjeller i snømengde mellom de ulike sensorene. Det underbygges også av registrert snødyb ved de ulike sensorene. For eksempel ser det nesten bart ut på bildet av NVEs snødypsensoren 6.12.2013 (4 cm snø registrert), mens det er betydelig mer snø rundt MET sin snødypsensoren (27 cm snø registrert). Etter planen skal data fra sesongen 2013/2014 behandles i en egen rapport.

Kontrollmålinger av tetthet

Tetthet er, som nevnt tidligere, målt i sjakt på avmerket området, men i tillegg er det også foretatt tetthetsmålinger langs snøstrekket med bambuspinner. Intensjonen bak hyppige kontrollmålinger på feltet er å kvalitetssikre snøputer (se appendiks D i Ree m.fl., 2011). Men hittil har kontrollmålingene også vært en ekstra kilde til usikkerhet, da det kan være feil, mangler og usikkerhet i målingene. Da snøen akkumuleres, setter seg og omdannes med tiden kan en forvente at tettheten vil øke utover sesongen (Dingman, 2002). En ser i midlertidig at tettheten på Filefjell er lavere på kontrollmålingene i mars og første del av april enn hva den var i januar (Figur 26). I de to siste målingene i sesongen er det større avvik mellom målingene tatt med samme metode. For eksempel er det målt tetthet på både $0,34 \text{ g/cm}^3$ og $0,41 \text{ g/cm}^3$ med 2 liters rør 16. mai. Målingen på $0,34 \text{ g/cm}^3$ kan muligens antas å være noe urealistisk lav gitt mettede forhold.

Ved målingen 7. mai er det målt tetthet på $0,50 \text{ g/cm}^3$ med Federal sampler (F.S.). Det er opp mot det vi maksimalt tror vi kan forvente under vårlige forhold. På samme tidspunkt er det også målt tetthet på over $0,50 \text{ g/cm}^3$ to steder langs bambusstrekket. Også i 2012 er det målt tettheter på over $0,50 \text{ g/cm}^3$ med F.S. i mai, både langs bambusstrekket og i sjakten. Det kan derfor tenkes at det ikke er urimelig at snøen har såpass høy tetthet under snøsmelting.

Generelt sett knytter det seg også usikkerhet til om det er lagt til 2,5 cm (knivens lengde) på snødyppet med måling ved Federal sampler. Sistnevnte vil påvirke både dyp og utregninger av tetthet og beregning av snøens vannekvivalent, særlig ved små snødyp.

Figur 24 viser at det er relativt godt samsvar mellom gjennomsnittet av de to målingene tatt med 2 liters rør og gjennomsnittet de to målingene tatt med F.S. Dersom vi ser på hvordan målingene avviker fra et felles gjennomsnitt, er det ingen systematikk i hvorvidt det er 2 liters rør eller F.S. som avviker mest. Det er flere F.S. målinger som er større enn gjennomsnittet sammenliknet med målinger med 2 liters rør, og det er flere målinger med 2 liters rør som er mindre enn gjennomsnittet sammenliknet med målinger med F.S.

Langs snøstrekket som er markert med bambusstikker er det utelukkende målt tetthet ved hjelp av Federal sampler. Målingene av tetthet varierer i rommet, noe som ikke er helt utenkelig, men på det meste er tetthet fra $0,314 \text{ g/cm}^3$ til $0,570 \text{ g/cm}^3$ observert på samme tidspunkt. Standardavviket i målingene har ligget mellom ca. $0,02$ og $0,10 \text{ g/cm}^3$, den ovennevnte målingen inkludert. Et standardavvik på snø $0,10 \text{ g/cm}^3$ i overkant av hva som kan forventes å skyldes naturlige variasjoner, og basert på de målingene som er tatt i sjakten på samme tidspunkt kan heller $0,314 \text{ g/cm}^3$ antas å være urealistisk lavt enn $0,570 \text{ g/cm}^3$ urealistisk høyt.

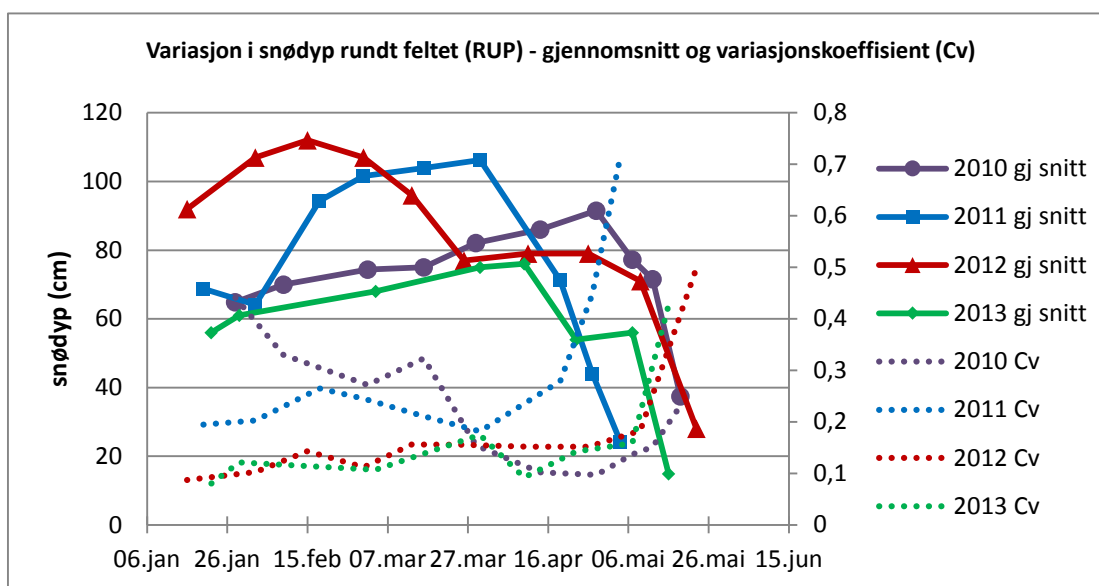
Sammenliknet med de automatiske målemetodene stemmer kontrollmålt snødyb godt med de automatiske snødypmålingene. Ved sammenlikning mot de automatiske SWE-målingene, er kontrollmålt SWE i mange tilfeller lavere enn det som måleinstrumentene registrer. Dette kan indikere at kontrollmålt tetthet er for lav, og at man bør tillegge de største tetthetsverdiene større vekt i beregningen av SWE. Fjeldheim og Barfod (2013) viser til at det, særlig i tilfellet snøvekt (Møen2525), er bedre samsvar mellom kontrollmålinger og de automatiske målemetodene der de høyeste av de kontrollmålte tetthetene på et gitt tidspunkt benyttes.

Årlige variasjoner i snøforhold

Snøforholdene har, naturlig nok, variert fra år til år og sammenliknet med tidligere sesonger, Om vi ser på den romlige utbredelsen var det stort sett mest snø i nord/øst sesongen 2010/2011 (Stranden og Grønsten, 2011) og mest snø i øst i 2011/2012 (Fjeldheim og Barfod, 2013). Vinteren 2012/2013 var det ved de fleste målingene, mest snø i vest (Figur 22). Det var stort sett mindre snø i ytterkanten mot sør og øst. Som nevnt i tidligere avsnitt, kan det skyldes at vinteren 2012/213 var preget av mer østavær enn de foregående vintrene.

Figur 63 viser variasjonen i snødyp, målt rundt feltet (RUP), gjennom de ulike sesongene. Middelverdien for RUP er benyttet. Både tidspunkt for snødypmaksimum og når feltet (RUP) var snøfritt har variert mellom de fire sesongene. I 2012 var det høyest snødyp, men snødypet ble betraktelig redusert frem mot månedsskiftet mars/april. Deretter stagnerte smeltingen, og sammenliknet med de fire sesongene, var sesongen 2012 senest snøfri. I 2011 var snødypmaksimum i månedsskiftet mars/ april, og feltet var snøfritt allerede i begynnelsen av mai. I 2013 var det jevnt over mindre snø, men snøen lå lengre enn i 2012. Variasjonen i målingene, representert ved variasjonskoeffisienten, CV i Figur 63, er relativt konstant gjennom vinteren, omtrent til snøsmeltingen øker på. Det var ganske lik variasjon i målingene i 2012 og 2013, på tross av de store forskjellene i snødyp, særlig på starten av vinteren.

I 2010 er det stor variasjon tidlig på vinteren, mens variasjonen i målingene i 2011 øker i takt med den tidlige smeltingen. Noe av variasjonen i 2010 og 2011 kan også tilskrives usikkerhet i målingene, og at variasjonen avtar med årene kan tolkes dit hen at usikkerheten i målingene også har avtatt.



Figur 63 Variasjon i snødyp rundt feltet (RUP) – gjennomsnitt (heltrukne linjer) og variasjonskoeffisient (stiplet linje)

Grunnvann og gamma

Slik det fremgår i Figur 34 later det til å være en sammenheng mellom økende grunnvannstand og en samtidig kraftig økning i registrert SWE fra gammasensoren. Sammenlikner man med de øvrige SWE-instrumentene ser man at denne økning ikke kommer av snø. Det er da nærliggende å tenke seg at det er den økende grunnvannstanden som er skyld i dette.

Grunnvann på -0,14 m under bakkenivået er den høyeste grunnvannstanden som er registrert på stasjonen på Filefjell samtidig som vi har hatt gammasensoren stående her. Datatap på grunn av kabelbruddet gjør at vi dessverre ikke har fått registrert om grunnvannet var enda høyere enn dette. Dessverre har heller ikke markfuktinstrumenteringen fungert sesongen 2012/2013 så vi har ikke data for markvannsforholdene. Vi kan imidlertid anta at når grunnvannstand blir så høy i snøsmeltingen, er også markfuktigheten veldig høy, og det vil kanskje også være fritt vann på bakkenivå. Basert på dette antar vi at gammasensoren trolig har blitt påvirket av det høye vanninnholdet på/under bakkenivå i perioden 9. til 12. mai.

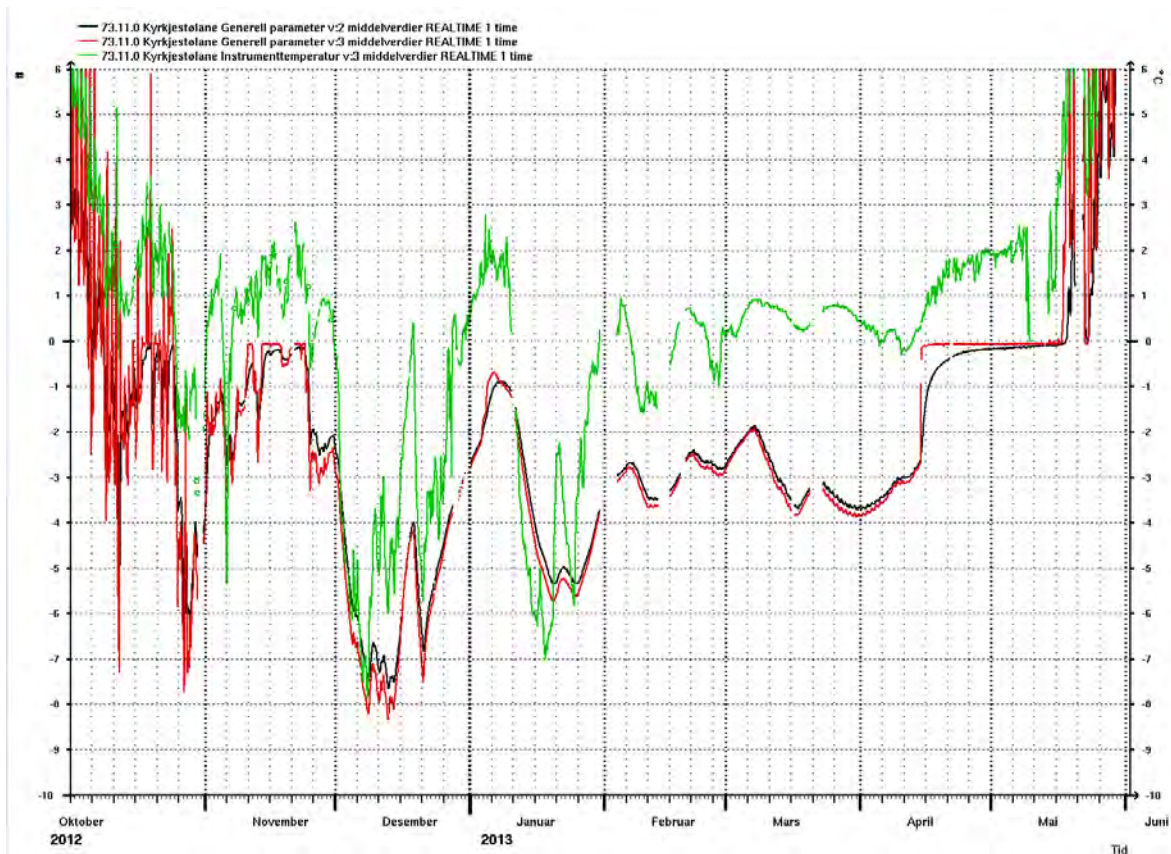
Snøtemperatur

Som beskrevet i avsnitt 4.8 er temperaturen i snøpakken mer avdempet desto lenger ned i snøpakken vi kommer. Langs eikelisten, der de frittstående temperatursensorene er plassert, er det en helt naturlig utvikling. Ved de temperatursensorene som ligger i og rundt instrumentene er det flere forskjeller.

Figur 64 viser et sammenlikningsplott med temperatur over og under NVE2010, versjon3-snøputen sammen med temperatur i stigerøret. Temperaturvariasjonen i stigerøret er større enn i putene. Trykkceller kjøpt inn før 1.4.2011 er ikke kalibrert for minusgrader. Trykkceller kjøpt inn etter dette skal være kalibrert for temperaturer mellom -15°C til + 25°C. Trykkcellene i de fire firkantputene var ikke kalibrert for minusgrader vinteren 2012/2013. De ble erstattet med trykkceller som er kalibrert for minusgrader høsten 2013. Temperaturen i stigerøret er påvirket av lufttemperaturen, og desto mindre snø desto mindre isolasjon er det. En er foreløpig usikker på hvilken betydning dette kan ha for måleresultatet av SWE på snøputer og det kan muligens forklare usikkerheten i måleresultatet.

Hva kan temperaturen i snøpakken bidra med når det gjelder fysisk forståelse av hvordan de ulike installasjonene oppfører seg?

Til sammen har vi 13 temperatursensorer som logger temperaturen både i snøpakken, og rundt om i snøen i forbindelse med de automatiske instrumentene. Formålet med temperatursensorene er, i tillegg til å gi oss informasjon om temperaturvariasjon i snøpakken, å gi oss kunnskap om temperaturforholdene rundt instrumentene. Ved å se hvordan temperaturforholdene i snøpakken varierer, håper vi å kunne se hvorvidt de ulike instrumentene påvirker temperaturregimet i snøpakken, som igjen kanskje påvirker de registreringene instrumentene gjør. Både fra denne sesongen, og fra tidligere (Stranden og Grønsten, 2011 og Fjeldheim og Barfod, 2013) vet vi at temperaturen er annerledes rundt installasjonene sammenliknet med snøpakken forøvrig. Vi mistenkte særlig at det rundt snøputene, som tross alt inneholder 200 liter væske, er annerledes temperaturutvikling sammenliknet med en snøpakke uten snøputer.



Figur 64. Temperaturen i stigerøret til snøputen 2003.3 (grønn), samt under (sort) og over (rød) denne puten.

Når det er kaldt, og temperaturgradienten mellom bakke og snøoverflate er stor, vil det formes såkalte begerkrystaller/sukkersnø⁸ ved bakken. Dette er snøkrystaller som sitter dårlig sammen, og som i snøskredsammenheng betegnes som «vedvarende svake lag». Det er mulig at det samme også skjer i snøpakken på eller rundt snøputer eller snøvekter. En kan muligens få en dannelse av begerkrystaller under gitte værforhold (kaldt og klart vær). Siden et lag med begerkrystaller har dårlig bæreevne kunne man tenke seg at snøpakken, under disse omstendighetene, kan bli avlastet på et nivå høyere enn dette i snøpakken, og trykket på snøputen blir redusert.

Trondsen og Kvernhaugen (2010) fant ut at når 1/3 av arealet til en snøpute var snøfri, var registrert vannekvivalent tilnærmet 0. Dette skyldes antageligvis snøputen sine formelige egenskaper, slik at dette ikke trolig ikke gjelder for snøvekter med stiv overflate. Basert på det, og på en eventuelt dannelse av begerkrystaller med dårlig bæreevne like over snøputene, kunne man tenkt seg at et slikt svakt lag, kan bidra til å redusere trykket på snøputene, om ikke slik at det tilsvarer null vekt på 1/3 av puten, men nok til at trykket reduseres/stagnerer på et unaturlig lavt nivå.

Analyse av temperaturdata over og under snøvektene vinteren 2012/2013 viser at det er mindre forskjeller mellom temperaturen ved snøoverflaten og sensorene som ligger over vekten,

⁸ **Kantkornet (snø)/begekrytaller/rennsnø/sukkersnø** (kilde: www.varsom.no)

”Snøkrystalltype som dannes i kuldeperioder og som danner en type vedvarende svake lag. Denne snøtypen går også under betegnelsen begekrytaller, rennsnø eller sukkersnø og kjennetegnes ved at snøkornene er veldig dårlig bundet til hverandre. Krystallene oppstår enten ved bakken, rundt vegetasjon eller under/over skarelag ved at vannmolekyler i lufta rundt snøkrystallene (vann damp) fester seg som ismolekyler på overflaten. Dette gjør at krystallene vokser. Jo høyere temperaturgradient, desto raskere går omvandlingsprosessen. Temperaturgradient er forholdet mellom snødybde og temperaturforskjell mellom overflaten og bakken. Prosessen går altså fortore jo kaldere det er og der snødekket er tynt. Først oppstår kantkornede krystaller som etter hvert utvikler seg til å bli begerformede og svært porøse/svake dersom kuldeperioden varer lenge nok”.

sammenliknet det den temperaturgradienten vi finner mellom sensoren over pute 2010.9 (pute på vekt), over og under pute 2010.5, ved bakken og snøoverflaten. Dette *kan* underbygge teorien over. Det må likevel bemerkes det ikke er noen registrering ved snøputen denne vinteren som tyder på at snøpakken har blitt avlastet på noe vis. At vi ikke ser effekter av økt temperaturgradient mellom pute og snøoverflate på registreringen av SWE kan muligens skyldes at snøputene på Filefjell er plassert slik at de til sammen har et måleareal like under 25m², og at de da ikke kan avlastes i samme grad som en enkelt pute. Vekten, Møen2525, har likevel et dropp som *muligens* kan knyttes til temperaturfall og økt temperaturgradient i snøpakken, men siden det er mindre forskjeller mellom temperaturen over vekten og snøoverflaten enn ved de øvrige temperatursensorene, er det vanskelig å tenke seg at droppet i SWE skulle være betinget av en stor temperaturgradient i snøpakken.

På flere snøputer andre steder i landet, har vi sett en nedgang i registrert SWE under lange kuldeperioder. Dette underbygger teorien over, men for å verifisere dette er det ønskelig med temperatursensorer over og rundt enkeltstående, mindre snøputer.

Sammenlikning med modellresultater – seNorge.no

Det er betydelig bedre samsvar mellom modellert SWE og snødyp denne sesongen enn foregående sesonger (Fjeldheim og Barfod, 2013 og Stranden og Grønsten, 2011). I blant annet Stranden (2010), Ragulina m.fl. (2011) og Saloranta (2012) vises det også til at det i de fleste tilfellene estimeres for mye nedbør i fjellet. Høsten 2013 ble *snømodellen* i seNorge.no revidert (Saloranta, 2014). For å få et bedre samsvar mellom observert SWE og modellert SWE i seNorge.no ble nedbøren i fjellet nedjustert med ~40% på det meste. Tidligere var det slik at selv om nedbøren var overestimert, og derav også en overestimert i SWE, ble snødypet riktigere modellert. Dette skyldtes at tettheten ble for høy. I versjon 1.1.1 av snømodellen er også tetthetsalgoritmen endret.

Når det gjelder sammenlikning av nedbør og temperatur er det ingen vesentlige endringer fra tidligere år.

6.2 Anestølen

Klimatiske parametere

Klimaet på Anestølen er preget av flere mildværsperioder enn på Filefjell. Det er også en av årsaken til at også denne ble instrumentert opp til en forskningsstasjon med flere ulike SWE måleinstrumenter. Vi har ønsket å teste de ulike målemetodene i et klima som er påvirket av mildværsperioder gjennom vinteren da det er kjent at dette kan skape utfordringer med tanke på dannelse av is- og skarelag i snøpakken over instrumentene.

Manglende og usikre nedbørdata fra Anestølen gjør det vanskelig å trekke konklusjoner vedrørende blant annet oppfangningssvikt og vinternedbør som regn. Figur 43 viser at det heller ikke er en helt entydig sammenheng mellom målt nedbør på Anestølen og målt nedbør på Sogndal-Selseng som ligger 4 km unna. Det kan selvsagt skyldes klimatiske forskjeller, men gir også en pekepinn på usikkerheten i registrert nedbør på stasjonen på Anestølen. Siden nedbørregistreringene på Anestølen er heftet med usikkerhet i februar, vil det å sammenlikne akkumulert nedbør og akkumulert snø frem til snømaksimum gi begrenset informasjon om blant annet forventet oppfangningssvikt. Det er derfor ikke foretatt en slik sammenlikning.

Sammenliknet med foregående sesong, var 2012/2013- sesongen langt kaldere og mer langvarig. De få mildværsperiodene som teoretisk sett kunne skape trøbbel inntraff i starten av januar, samt i slutten av januar og i månedsskiftet februar/mars. Sammenliknet med forholdene på Filefjell er det mindre vind på Anestølen enn på Filefjell. Dette kan skyldes at Anestølen ligger i et dalføre og ikke er like vindutsatt som på Filefjell som ligger mer på høyfjellet.

Registreringer av SWE og snødyb.

Figur 47 viser SWE fra de tre ulike automatiske målingene av SWE på Anestølen, snøvekt (Møen2525), snøpute (NVE2010) og gammasensor.

Det er relativt godt samsvar mellom målingene i starten av sesongen. Fra årsskiftet starter de ulike SWE-instrumentene å avvike fra hverandre. Snøputen registrerte et dropp i SWE i midten av januar (Figur 48.), mens snøvekten flater ut på et mistenkelig stabilt nivå i slutten av mars. Gammasensoren øker jevnt fra slutten av januar til snømaksimum i midten av april. Både gammasensoren og snøputen har en voldsom økning i registrert SWE i midten av april samtidig som snøvekten får en reduksjon i SWE. Som tidligere antydnet er dette trolig forårsaket av høy grunnvannstand.

Sammenliknet med kontrollmålinger er det best samsvar mellom kontrollmålingene og gammasensoren. Basert på dette, samt at de andre instrumentene (snøvekt og snøpute) har hatt problemer som følge av trykkavlastning; dropp og stabilisering på et mistenkelig lavt nivå, er det nærliggende å tenke seg at registrert SWE fra gammasensoren gir det beste estimatet på snømengdene på stasjonen. Ved tre av fem kontrollmålinger er kontrollmålt SWE høyere enn registrert SWE ved gammasensoren. Kontrollmålingene er alle foretatt av observatør, Ottar Husum. Han har fått opplæring av NVE-personell, og målingene han har foretatt virker pålitelige. Blant annet er det i de aller fleste tilfellene under 5% avvik mellom de to tetthetsmålingene. Det at samme person har foretatt kontrollmålinger gjennom vinteren eliminerer den feilkilden det kan være med målinger utført av ulikt personell. De kontrollmålingene som er foretatt av snødyp stemmer godt overens med registrert snødyp, så lenge snødypsensoren fungerte. Dette *kan* indikere at kontrollmålt tetthet muligens er noe høy. På Filefjell ga de fleste kontrollmålingene lavere SWE enn de automatisk registrerte, og her ble det spekulert i hvorvidt kontrollmålt tetthet er noe lav.

Snødypsensoren sluttet å fungere i slutten av mars. Det er synd, for informasjon om snødyppet for eksempel i perioden der grunn- og markvannsinholdet påvirker målingen i midten av april, kunne ha gitt oss verdifull informasjon

Hva skjer med snøputen i slutten av januar?

Snøputen hadde et dropp som starten 13 januar og som ikke ble registrert på gammasensoren eller snøvekten. (Figur 49). Analyse av temperaturdata viser at dette droppet ikke inntreffer i forbindelse med mildt vær, men i etterkant av mildt vær, og i forbindelse med at temperaturen synker fra plussgrader og til under -20°C . Det kan da utelukkes at det er snøsmelting som er skyld i droppet.

Som drøftet i foregående avsnitt om Filefjell, kan en del av forklaringen også være dannelse av svake lag med redusert bæreevne i snøpakken som følge av store temperaturgradienter mellom bakke og snøoverflate. Hittil har vi ikke hatt temperatursensor på, rundt eller under snøputen som kan vise hvilke temperaturforhold som opptrer rundt denne. Fra Filefjell, sesongen 2012/2013, vet vi at det er mye av de samme variasjonene mellom temperaturer som måles ved bakken og temperaturen i luften som det som vi finner mellom sensorer på og under snøputen og lufttemperaturen. Det er også større gradient mellom temperaturen rundt snøputen og lufttemperaturen, enn temperaturen på vekten Møen2525 og lufttemperaturen. På Filefjell så vi derimot ingen avvikende registreringer av SWE på snøputen. Dette ble begrunnet i at snøputene på Filefjell er satt sammen til en flate som dekker nesten 25 m^2 . På Anestølen derimot er snøputen mindre, og kan således lettere avlastes av bærende lag i snøpakken. Filefjell har heller ikke hatt mildværsperioder slik som på Anestølen.

Dersom vi antar at temperaturforholdene ved snøputen på Anestølen er sammenliknbare med temperaturforholdene ved bakken (slik som det var på Filefjell), kan vi bruke sensoren på bakken som et mål på temperaturforholdene over puten. Da lufttemperaturen på Anestølen i januar raskt sank til -20°C , ble temperaturforskjellen mellom bakken (og antageligvis snøputen) og lufttemperaturen stor. Dette kan medføre at begerkrystaller med liten bæreevne dannes over snøputen, og snøputen dermed avlastes. I tillegg er det trolig at et også fikk dannet bærende lag lenger opp i snøpakken på grunn av frysing i etterkant av mildvær. I forkant av droppet var det en mildværsperioden 3.-7.januar hvor det kom en del nedbør som regn og temperatursensorene viser at snøpakken var nesten isoterm. Kuldeperioden i etterkant kan ha gjort at snøpakken fryser sammen, og en kan ha fått dannet et eller flere meget harde lag i snøpakken. På kontrollmålingen 24.01.2013 er det registrert flere harde lag nedover snøpakken.

Som nevnt i avsnittet om Filefjell, og som Trondsen og Kvernhaugen (2010) oppdaget, trenger ikke snøputen å bli avlastet med mer enn $1/3$ før den viser null snø. En liten avlastning i snøpakken på grunn av svake lag, kan dermed tenkes å føre til en reduksjon i vektbelastningen på puten, og dermed også registrert SWE. At SWE øker igjen mot slutten av januar kan forklarer med at temperaturen øker, og at snøen omdannes slik at begerkrystall-laget forsvinner og trykket på snøputen jevnes ut.

Som det også ble diskutert under avsnittet om Filefjell, kan også glykolens egenskaper eller manglende kalibrering av trykksensorer til minusgrader som kan være en (medvirkende) årsak til slike dropp i registreringene ved snøputer. Erfaringer fra januar 2013 på Anestølen kan indikere at temperaturforholdene i trykksensoren i stigerøret kan sammenliknes med temperaturforholdene 15 cm over snøvekt, sekundært 15 cm over bakken. Data fra både Filefjell og Anestølen viser at det er kaldere på disse stedene enn for eksempel over og under snøputer. Det kan derfor spekuleres i om det ville utgjort noen forskjell i registrert SWE dersom trykcellene var plassert direkte i puten og ikke via stigerør. Trykcellen på Anestølen er i motsetning til de på Filefjell, kalibret for minusgrader.

Hva skjer med snøvekten i midten av februar?

Som nevnt i avsnitt 5.3 flater registrert SWE ved snøvekten ut fra midten av februar. Det er også nevnt i avsnittet at dette skyldes en monteringsfeil. Stålforingene som sitter mellom veiecellen og trebjelkene i selve vekten var for liten, slik at treverket ble presset ned rundt veiecellen og avlastet den. Av Figur 49 fremkommer det at stålforingen var så liten at den kun dekker deler av veiecellen. Stålforingen være minst like stor som veiecellen. Forut for sesongen 2013/2014 er disse foringene byttet men noen større.

Sammenheng mellom registreringer av SWE og vanninnhold i og på bakken?

I midten av april (15. – 19. april) øker både grunnvannstand, og registrert SWE ved gammasensor og snøpute. I denne perioden var det også mildt, og det kom 81 mm nedbør som regn i løpet av de fem døgnene.

På det meste var grunnvannstanden 20 cm over bakkenivå. Dette påvirker naturlig nok registreringene av SWE. Figur 56 og Figur 57 viser at både registrert SWE ved snøputen og gammasensoren øker som direkte respons på den økende grunnvannstanden. Det virker som denne direkte responsen inntreffer når grunnvannstanden overskrider et nivå rundt -0,2 meter under bakken.

Fra foregående sesong var det derimot ingen like klar sammenheng mellom økning i grunnvannsstand og eventuelt økning i registrert SWE. Det er derfor nærliggende å tenke seg at markfuktighet og tele spiller en vesentlig rolle når denne brå økningen i registrert SWE ved stasjonen skal forklares. Uheldigvis fungerte ikke målinger av markfuktighet sesongen 2012/2013, så vi har ikke data fra disse for å se hvordan markfuktigheten var i perioden.

Figur 57 viser en litt lengre responstid i registrert SWE fra gammasensoren enn ved de øvrige sensorene, og det skyldes utelukkende, slik som vi så på Filefjell at det er 6 – timers "lag" i registreringene.

På det tidspunktet der snøputen og gammasensor opplever hopp i registrerte vannekvivalent, opplever snøvekten dropp i registreringene. Det skyldes at treverket i vekten fikk oppdrift som følge av at grunnvannstanden økte såpass at vekten ble stående i vann. Sammenliknet med grunnvannsdata, begynte registrert vannekvivalent ved snøvekten å synke da grunnvannstanden nådde den nederste bjelken i vekten, 17-18 centimeter under bakkenivå. I samme periode ble det observert grunnvannstand, opp mot 20 cm, over bakkenivå. Det skyldtes, i tillegg til snøsmelting, tele i bakken, og slike forhold var ikke observert foregående sesong.

Figur 65 illustrerer at det er mulig at grunnvannsstanden har kunne medføre oppdrift av vekten. Figuren viser grunnvannsnivået ved montering av vekten 21. september 2011. Dagen etter, da grunnvannsensorene ble etablert, viste de en grunnvannstand på -0,36 m. Da vekten fikk oppdrift var grunnvannstanden like under -0,1 m.



Figur 65. Figuren viser grunnvannsstanden ved montering av snøvekten 21. september 2011.

Sammenliknet med modellerte verdier (SeNorge)

Der de automatisk registrerte SWE-målingene sammenliknes med modellerte verdier fra seNorge (Figur 60), ser vi at det virker som om snøen akkumuleres senere i seNorge enn i virkeligheten. Feltet er også snøfritt på et senere tidspunkt i modellen enn i virkeligheten. Sistnevnte kan skyldes, slik som Figur 59 indikerer, at seNorge simulerer noe for lave temperaturer i slutten av april. Gjennom vinteren er simulert temperatur i seNorge flere ganger høyere enn observert temperatur, men temperaturen er sjelden over 0°C, så for snøakkumulasjonens- og smeltingens del har dette mindre å si. I en sesong med flere perioder med høyere temperatur, vil nok dette antageligvis gi et større utslag.

Frem mot slutten av februar er det ganske store avvik mellom simulert og observert SWE, tidvis spenner det fra simulerte 50 mm til observerte 200 mm i denne perioden. Det kan skyldes at temperatur har vært omkring det som er terskeltemperaturen for nedbør som regn og snø i modellen, og at modellen trolig har tolket nedbøren som regn istedenfor. Årsaken til denne feiltolkningen kan enten ligge i at temperaturen er simulert feil eller at terskeltemperaturen både for nedbør og for eventuell smelting ikke er ideell for å beskrive forholdene på Anestølen (den er regional kalibrert). Forholdene i midten av desember, der SWE i seNorge først øker, uten at instrumentene gjør det i nevneverdiggrad, for deretter å smelte, mens instrumentene akkumulerer snø under bygger dette.

7 Konklusjon og oppsummering

Siden henholdsvis høsten 2009 og høsten 2011 har stasjonen på Filefjell-Kyrkjestølane og Anestølen vært forskningsfelt for automatiske målemetoder av snø, primært målinger av snøens vannekvivalent. I tillegg, måles det automatisk et betydelig antall andre parametere, som nedbør, lufttemperatur, stråling, markvann, grunnvann, snøtemperatur m.m. Det er også foretatt flere manuelle kontrollmålinger på stasjonene, med det formål å kontrollere de automatisk registrerte målingene av snø.

Vinteren 2012/2013 var relativt kald, og til tider nedbørfattig. Sistnevnte medførte mindre nedbør som snø i løpet av vinteren på begge stasjoner, mens det at vinteren var kald bidro til færre mildværshendelser med påfølgende snøsmelting.

Tidligere er det antatt at det utelukkende er mildvær som kan medføre usikkerhet i registreringen av SWE ved hjelp av snøputer. Analyse av temperaturforholdene, både i snøpakken og i luften i forbindelse med et uforklarlige dropp i registrert SWE ved snøputen på Anestølen, antyder at også at rask endring i lufttemperatur fra rundt 0 grader til meget kaldt vær kan påvirke kvaliteten til data. På Anestølen minket registrert vannekvivalent ved snøputen med omkring 100 millimeter i løpet av få dager medio januar. De øvrige instrumentene for måling av snøens vannekvivalent reagerte ikke. Lufttemperaturen disse dagene var godt under -20°C . Årsaken til dette droppet mener vi kan skyldes at temperaturgradienten mellom snøen over puten og lufttemperaturen blir så stor at det dannes begerkrystaller med liten bæreevne i bunn av snøpakken. De fører til at snøen avlastes såpass at registrert SWE synker. Trondsen og Kvernhaugen (2010) viste at snøputen ikke trenger å være mer enn en tredjedel fri for snø, før den viser null snø. Kombinert med avlasting på grunn av svake lag i snøpakken, mener vi at dette fører til en unaturlig nedgang i SWE ved snøputen. Det er ikke observert tilsvarende problem på Filefjell i vinter, men der er snøputene satt sammen til en stor flate ($\sim 25\text{m}^2$) slik at det trolig skal mer til før putene avlastes. På Filefjell var det heller ikke like mildt og det kom ikke like mye nedbør som på Anestølen forut for kuldeperioden.

Det er nærliggende å anta at den største forskjellen i hvor mye snø som måles ved de ulike instrumentene skyldes selve instrumentet, og ikke nødvendigvis lokale forskjeller i snømengde. Det er begrenset samsvar mellom forskjeller i kontrollmålt snødyb rundt om på feltet og forskjellene i snømengde registrert ved de automatiske målemetodene. Forskjellen mellom SWE fra snøputen som ligger på snøvekten på Filefjell, selve vekten og de øvrige snøputene underbygger at den største forskjellen kan ligge i type måleinstrument.

Gammasensorene lar seg påvirke av økende mark- og grunnvann. På Anestølen hadde vi kombinasjonen regn og tele under snøsmeltingen som førte til en grunnvannet ble registrert til å stå ca. 20 cm over bakken. Dette ga utslag på de automatiske målemetodene. Også på Filefjell ga økende grunnvannstand utslag på registrert SWE fra gammasensoren. Periodevis høy grunnvannstand, og trolig også høyt markvannsnivå medfører en unaturlig brå økning i snøens vannekvivalent ved gammasensoren som ikke kan forklares med akkumulasjon av snø. Disse hoppene er imidlertid ganske karakteristiske og lett identifiserbare, slik at man, så lenge man er klar over at det kan skje, vil klare å identifisere dette, selv uten direkte målinger av grunn- og markvannsnivået.

Vi utplasserte også en sensor som måler den naturlige bakgrunnsstrålingen fra bakken, tilsvarende det Statens strålevern har, på Filefjell. Formålet var å undersøke hvorvidt det er samsvar mellom dempingen i strålingssignalet og økende snømengde. Resultatet av sistnevnte forsøk er at det kan være en sammenheng, men den er ikke helt entydig og både på forsesongen og ved snømengder større enn 250 mm, er sammenhengen uklar.

Sammenliknet med modellerte verdier (snøkartene i seNorge/xgeo) av både snødyb og snøens vannekvivalent er det mye bedre samsvar mellom modellen og det som observeres, enn det har vært tidligere. Det skyldes at snømodellen har blitt forbedret, ved at blant annet nedbøren er nedjustert.

8 Videre arbeid

Både stasjonen på Filefjell og Anestølen er blitt instrumentert opp og hatt ekstra oppfølging i forbindelse med interne forskningsprosjekter siden 2009. Inneværende prosjekt («*Testing og evaluering av nye målemetoder for måling av snøens vannekvivalent*») avsluttes i 2014. Før prosjektet avsluttes skal det, på bakgrunn av det vi har funnet ut fra Filefjell og Anestølen, utarbeides en anbefalingsrapport for hvordan snøstasjoner bør instrumenteres i fremtiden. Utover prosjektperioden er det ikke klarlagt hva som skjer med forskningsstasjonene. Forhåpentligvis driftes de videre slik de er nå, men antageligvis med mindre fokus på kontrollmålinger og vedlikehold av de prosjektbaserte målemetodene.

To masterstudenter fra UiO skal se mer på smeltefordelingen langs bambusstrekket på Filefjell våren 2014. Deres masteroppgaver, basert på målingene fra Filefjell skal, etter planen, innleveres våren 2015.

Det er kjøpt inn en ny gammasensor, som opprinnelig skulle plasseres i 10 meters høyde på Filefjell. Formålet med dette skulle være å se om det ga bedre målinger å måle over et større areal. Etter nøyere vurderinger er den tanken forkastet, da vi var usikre på hvorvidt målingene faktisk ville bli bedre. I stedet er den nevnte gammasensoren plassert på stasjonen 21.127 Breidvatn, et sted der snømålinger ved snøputer tradisjonelt sett har vært problematisk. Det vurderes også å få satt opp en snøvekt, av type Møen2525 på Røldalsfjellet.

I samarbeid med Statkraft har vi også forsket på hva som er maksimal SWE målt med gammasensor.

Referanser

Engeset, R (2013): Hvordan lages vær- og snødata for seNorge.no?, se http://www.nve.no/Global/senorge/weatherandsnowdata_no.pdf

Fjeldheim L. H og E. Barfod (2013): Filefjell og Anestølen forskningsstasjon, Evaluering av måledata for snø sesongen 2011/2012. *Norges Vassdrags- og energidirektorat*, rapport 51, 2013.

Førland, E. J., P. Allerup, B. Dahlström, E. Elomaa, T. Jónsson, H. Madsen, J. Perälä, P. Rissanen, H. Vedin and F. Vejen, (1996): “Manual for operational correction of Nordic precipitation data”, DNMI report nr. 24/96 (available from www.met.no).

Glad, P. A. (2014,). Filefjell – Kyrkjestølane (073.Z). Grunnvanns- og markvannsundersøkelser. Tilstandsoversikt 2012-13. *Norges Vassdrags- og energidirektorat*, Oppdragsrapport A 1, 2014.

R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Diggle, P.J. & Ribeiro Jr, P.J (2007): Model Based Geostatistics, Springer, New York, 2007

Dingman, S.L (2002): Physical hydrology 2nd ed., *Prentice Hall*.

Paulo J. Ribeiro Jr & Peter J. Diggle (2001): geoR: a package for geostatistical analysis, R-NEWS, 1(2):15.-18. June, 2001.

Skaugen, T. og F. Randen (2013): Modeling the spatial distribution of snow water equivalent, taking into account changes in snow-covered area. *Annals of Glaciology* 54(62) 2013.

Mohr, M. (2008): New Routines for Gridding of Temperature and Precipitation Observations for “seNorge.no”. *Met.no note* 8/2008, 43 s.

Ragulina, G., Melvold, K., and Saloranta, T. (2011): GPR-measurements of snow distribution on Hardangervidda mountain plateau in 2008–2011, NVE-report 8-2011.

Ree, B. L., H. Landrø, E. Trondsen, K. M. Møen (2011). Evaluering av NVE sitt snøstasjonsnettverk. *Norges Vassdrags- og energidirektorat*, rapport 4, 2011.

Saloranta, T. M. (2014). New version (v.1.1.1) of the seNorge snow model and snow maps for Norway, *Norges Vassdrags- og energidirektorat*, rapport 6, 2014,

Saloranta, T. M. (2012). Simulating snow maps for Norway: description and statistical evaluation of the seNorge snow model. *The Cryosphere* 6, 1323-1337.

Stranden, H. B. (2012): Sammenlikning mellom strålingsdata og snøputedata, 2012. Internt notat.

Stranden, H. B. og H. A. Grønsten (2011). Filefjell forskningsstasjon Evaluering av måledata for snø, sesongen 2009/2010 og 2010/2011. *Norges Vassdrags- og energidirektorat*, rapport 23, 2011.

Trondsen, E. og F. Kvernhaugen (2010). Oppgraving av snøputa på stasjon 12.142 Bakko. Internt notat, gjengitt i sin helhet i Appendiks K i Ree m.fl. (2011)

Vedlegg

Vedlegg 1: Utvalgte webkamerabilder fra Filefjell, sesongen 2012/2013

Vedlegg 2: Internt notat – Resultat frå utprøving av strålingssensor (type: radnet) på Filefjell.

Vedlegg 1

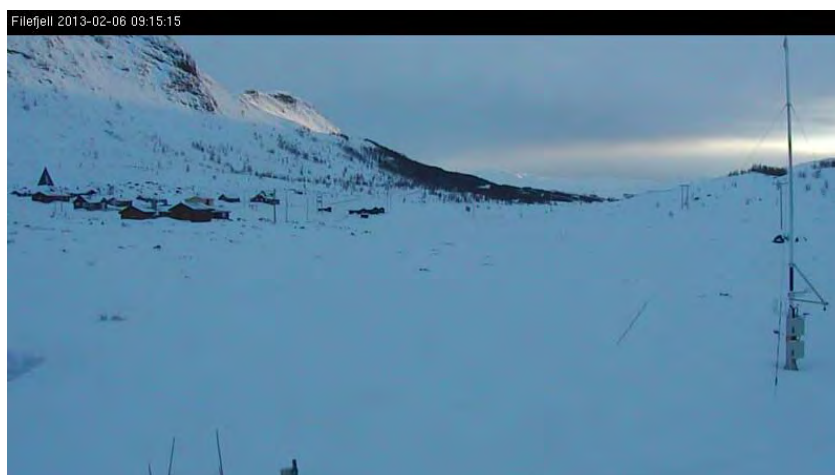
Utvalgte webkamerabilder fra Filefjell, sesongen 2012/2013



Starten av sesongen. 20. desember 2012. Bildet er tatt mot VEST



Starten av sesongen. 20. desember 2012. Bildet er tatt mot SØR



6. februar 2013. Bildet er tatt mot ØST.

Filefjell 2013-02-24 09:15:02



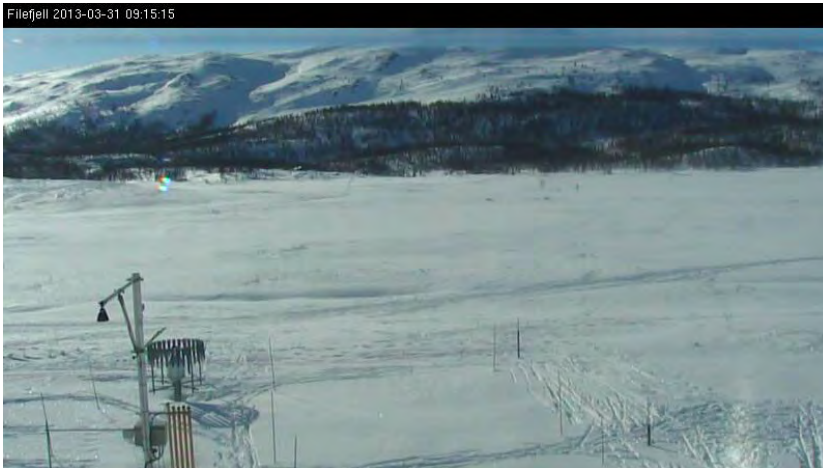
24. febr. 2013.
Bildet er tatt
mot ØST.

Filefjell 2013-02-25 09:15:14



25. febr. 2013.
Bildet er tatt
mot SØR.

Filefjell 2013-03-31 09:15:15



31. mars 2013.
Bildet er tatt
mot SØR.



**Flere skispor,
NVE bil på
parkeringsplas-
sen. 4. april
2013. Bildet er
tatt mot SØR.**



**Mildvær og
snøsmelting. I
bildet skimtes
den
smeltevanns-
elven som var
vanskelig å
krysser under
måling av
snøstrekk
våren 2010. 9.
mai 2013.
Bildet er tatt
mot SØR.**

Vedlegg 2

Internt notat

Til: Snøgruppen m. fl.

Fra: HRB

Ansvarlig:

Dato: 6.9.2013

Saksnr.: NVE

Arkiv:

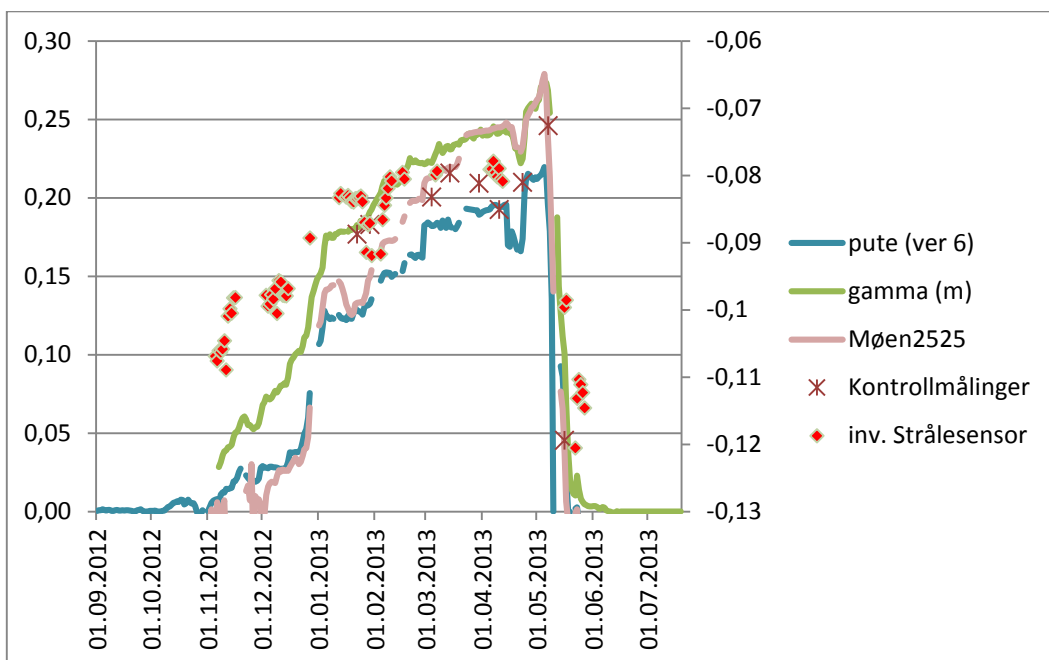
Kopi:

Data fra NVEs strålevernssensor på 73.11 Filefjell

Høsten 2012 ble en sensor tilsvarende den Statens strålevern har i sitt radnett, montert på Filefjell. Sensoren ble montert med overføring til M29, noe som i enkelte perioder feilet. Det er derfor ingen kontinuerlig dataserie fra sensoren. Rådata fra sensoren ligger lagret på

F:\Fastgrupper\Snø\Prosjekter\Strålevernssensor på Filefjell\Rådata, hvis filnavn angir startdato, og "lagret dato" angir sluttdato. Filene er samlet i filen

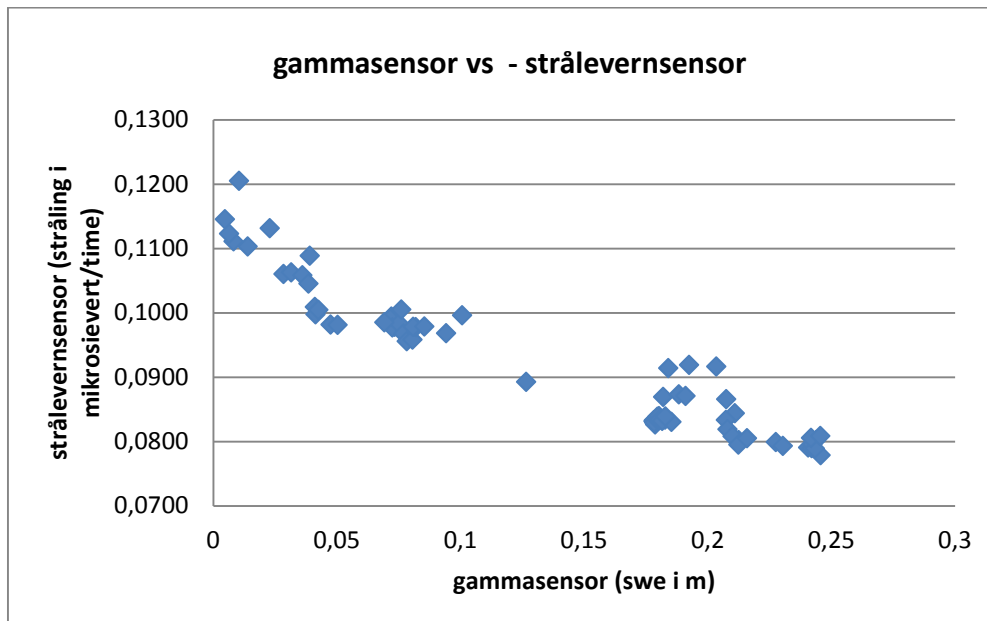
F:\Fastgrupper\Snø\Snøputer\302h60\Strålevernssensor Filefjell1.xlsx. Følgende notat beskriver resultater fra NVEs strålevernssensor på Filefjell, og sammenlikner det med instrumenter som måler snøens vannekvivalent (Møen2525, snøpute (ver. 6) og gammasensor). En utfordring ved de øvrige instrumentene er at de heller ikke er kvalitetskontrollert, slik at sammenlikningen kan være noe usikker.



Figur 1. Snøens vannekvivalent målt ved firkantet snøpute (versjon 6), gammasensor, snøvekt (Møen2525), kontrollmålinger samt stråling fra strålingssensor (invers) vinteren 2012/2013.

Figur 1 viser data fra en av de firkantete snøputene (versjon 6), samt gammasensoren, snøvekten (møen2525), kontrollmålinger og strålingssensoren. Data fra de fire førstnevnte er snøens vannekvivalent gitt i mm, mens data fra strålingssensorene er gitt i mikrosievert per time ($\mu\text{Sv/h}$), og er i Figur 66 gjort invers for å gjøre sammenlikning med snøparametrene lettere. Merk at data fra gammasensoren er justert ned i perioden snølegging – 16. januar med 0,07106 m siden den var for høyt innstilt i denne perioden. En spiker på slutten av sesongen er også fjernet. Fra Figur 66 synes det å være en viss sammenheng mellom strålesensoren og de øvrige, iverfall i smeltesesongen. I starten av sesongen er det ikke like godt samsvar mellom strålesensoren og snømåleparametrene. Tidligere analysene mellom strålevernssensor og snøpute på Vinje viser at det i mange tilfeller er dårlig samsvar mellom data fra strålevernssensoren og SWE-målinger tidlig på sesongen, og at sammenhengen mellom data fra de ulike sensorene varierer fra sesong til sesong.

Figur 2 viser sammenhengen mellom gammasensor og strålevernssensoren, og det er en klar trend på at strålingen avtar med snømengden. Tidligere analyser fra Vinje har vist at det er en sammenheng mellom demping i stråling og snømengde, iverfall opp mot 250 mm SWE. I dette tilfellet har vi ingen data for snømengder større enn ca. 250 mm, og vi har også et betydelig færre antall datapunkter for SWE lavere enn 250 mm enn det som ble brukt i studien fra Vinje der data fra fire kontinuerlige sesonger inngikk.



Figur 2. Sammenheng mellom snøens vannekvivalent fra gammasensoren og stråling fra strålevernssensoren.

Konklusjon:

Det later til å være en sammenheng mellom data fra strålevernssensoren og SWE, men det er lite data, og ingen datapunkter med SWE større enn ca. 250 mm. Tidlig på sesongen er det dårligere samsvar enn midtvinters og i smelteperioden. Det viste også målingene fra Vinje.

Sånn for artigheten sin del, så burde strålevernssensoren fått gå en sesong til, gjerne da med bedre kontinuitet enn foregående sesong.

Det hadde selvsagt også vært artig å sammenliknet radnetdata med kort- og langbølget utstråling, med for sist vinter er utgående strålingsdata dessverre ikke brukbare.

Referanse:

”Vinje-rapporten”: H. B. Stranden: Sammenlikning mellom strålingsdata og snøputedata, 2012.
 F:\Fastgrupper\Snø\Snøputer\302h60\strålingsnotat\Notat om stråling.doc

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Rapportserien i 2014

- Nr. 1 Analyse av energibruk i forretningsbygg. Formålsdeling. Trender og drivere
- Nr. 2 Det høyspente distribusjonsnett. Innsamling av geografiske og tekniske komponentdata
- Nr. 3 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Dimensjonerende korttidsnedbør for Telemark, Sørlandet og Vestlandet: Eirik Førland, Jostein Mamen, Karianne Ødemark, Hanne Heiberg, Steinar Myrabø
- Nr. 4 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 7. Skred og flomsikring. Sikringstiltak mot skred og flom Befaring i Troms og Finnmark høst 2013
- Nr. 5 Kontrollstasjon: NVEs gjennomgang av elsertifikatorordningen
- Nr. 6 New version (v.1.1.1) of the seNorge snow model and snow maps for Norway. Tuomo Saloranta
- Nr. 7 EBO Evaluering av modeller for klimajustering av energibruk
- Nr. 8 Erfaringer fra ekstremværet Hilde, november 2013
- Nr. 9 Erfaringer fra ekstremværet Ivar, desember 2013
- Nr. 10 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 4. kvartal 2013. Ellen Skaansar (red.)v
- Nr. 11 Energibruksrapporten 2013
- Nr. 12 Fjernvarmens rolle i energisystemet
- Nr. 13 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Karakterisering av flomregimer. Delprosjekt. 5.1.5
- Nr. 14 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer
- Nr. 15 Tilleggsrapport: Oppsummering av Energimyndighetens og NVEs gjennomgang av elsertifikatorordningen
- Nr. 16 Flomberegning for Nesttunvassdraget (056.3Z). Thomas Væringstad
- Nr. 17 Årsrapport for tilsyn
- Nr. 18 Verktøyprosjektet - hydrologi 2010-2013. En oppsummering av aktiviteter og resultater. Erik Holmqvist (red.)
- Nr. 19 Flom og jordskred i Nordland og Trøndelag desember 2013. Elin Langsholt, Erik Holmqvist, Delia Welle Kejo
- Nr. 20 Vindkraft i produksjon i 2013
- Nr. 21 FoU-prosjekt 81072 Pilotstudie: Snøskredfarekartlegging med ATES (Avalanche Terrain Exposure Scale) Klassifisering av snøskredterreng for trygg ferdsel
- Nr. 22 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 3.1. Hvordan beregne ekstremverdier for gitte gjentakintervaller? Manual for å beregne returverdier av nedbør for ulike gjentakintervaller (for ikke-statistikker)
- Nr. 23 Flomsonekart Delprosjekt Tuv. Kjartan Orvedal, Julio Pereira
- Nr. 24 Summary of the review of the electricity certificates system by the Swedish Energy Agency and the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE)
- Nr. 25 Landsomfattende mark- og grunnvannsnett. Drift og formidling 2011. Jonatan Haga Per Alve Glad
- Nr. 26 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 1 Naturskadestrategi. Sammenligning av risikoakseptkriterier for skred og flom. Utredning for Naturfareprogrammet (NIFS)
- Nr. 27 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. Skredfarekartlegging i strandsonen
- Nr. 28 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. "Kvistdammer" i Slovakia. Små terskler laget av stedegent materiale, erfaringer fra studietur for mulig bruk i Norge
- Nr. 29 Reestablishing vegetation on interventions along rivers. A compilation of methods and experiences from the Tana River valley
- Nr. 30 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Karakterisering av flomregimer
- Nr. 31 Småkraftverk: Tetthet og reproduksjon av ørret på utbygde strekninger med krav om minstevannføring Svein Jakob Saltveit og Henning Pavels
- Nr. 32 Kanalforvaltningen rundt 1814 – del av en fungerende statsadministrasjon for det norske selvstendighetsprosjektet. Grunnlovsjubileet 2014
- Nr. 33 Museumsordningen 10 år
- Nr. 34 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. Skredfarekartlegging i strandsonen -videreføring
- Nr. 35 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Karakterisering av flomregimer Delprosjekt. 5.1.5. Revisjon av rapport 13-2014
- Nr. 36 Kvartalsrapport for kraftmarknaden 1. kvartal 2014. Gudmund Bartnes (red.)
- Nr. 37 Preliminary regionalization and susceptibility analysis for landslide early warning purposes in Norway

- Nr. 38 Driften av kraftsystemet 2013
- Nr. 39 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. Effekt av progressivbruddutvikling for utbygging i områder med kvikkleire: Sensitivitetsanalyse basert på data fra grunnundersøkelser på vegstrekningen Sund-Bradden i Rissa
- Nr. 40 Naturfareprosjektet DP. 6 Kvikkleire. Effekt av progressiv bruddutvikling for utbygging i områder med kvikkleire: Sensitivitetsanalyse-1
- Nr. 41 Bioenergi i Norge
- Nr. 42 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Dimensjonerende korttidsnedbør for Møre og Romsdal, Trøndelag og Nord-Norge. Delprosjekt. 5.1.3
- Nr. 43 Terskelstudier for utløsning av jordskred i Norge. Oppsummering av hydrometeorologiske terskelstudier ved NVE i perioden 2009 til 2013. Søren Boje, Hervé Colleuille og Graziella Devoli
- Nr. 44 Regional varslings av jordskredfare: Analyse av historiske jordskred, flomskred og sørpeskred i Gudbrandsdalen og Ottadalen. Nils Arne K. Walberg, Graziella Devoli
- Nr. 45 Flomsonekart. Delprosjekt Hemsedal. Martin Jespersen, Rengifo Ortega, Julio H. Pereira Sepulveda
- Nr. 46 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. Mulighetsstudie om utvikling av en nasjonal blokkprøvedatabase
- Nr. 47 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. Detektering av sprøbruddmateriale ved hjelp av R-CPTU
- Nr. 48 En norsk-svensk elsertifikatmarknad. Årsrapport 2013
- Nr. 49 Øvelse Østlandet 2013. Evalueringsrapport
- Nr. 50
- Nr. 51 Forslag til nytt vektsystem i modellen for å fastsette kostnadsnormer i regionalnettene
- Nr. 52 Jord- og sørpeskred i Sør-Norge mai 2013. Monica Sund
- Nr. 53 Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak for 2013
- Nr. 54 Naturfareprosjekt DP. 1 Naturskadestrategi Samarbeid og koordinering vedrørende naturfare. En ministudie av Fellesprosjektet E6-Dovrebanen og Follobanen
- Nr. 55 Naturfareprosjektet DP.6 Kvikkleire. Effekt av progressiv bruddutvikling for utbygging i områder med kvikkleire: Numerisk metode for beregning av udrenert brudd i sensitive materialer
- Nr. 56 Naturfareprosjektet DP.6 Kvikkleire. Effekt av progressiv bruddutvikling for utbygging i områder med kvikkleire: Tilbakeregning av Vestfossenskredet
- Nr. 57 Naturfareprosjektet DP.6 Kvikkleire. Sikkerhet ifm utbygging i kvikkleireområder: Effekt av progressiv bruddutvikling i raviner
- Nr. 58 Naturfareprosjektet DP.6 Kvikkleire. Sikkerhet ifm utbygging i kvikkleireområder: Sannsynlighet for brudd med prosentvis forbedring
- Nr. 59 Naturfareprosjektet DP.6 Kvikkleire. Likestilling mellom bruk av absolutt material faktor og av prosentvis forbedring: bruk av spenningsendring for å definere lokalskred og områdeskred
- Nr. 60 Skredfarekartlegging i Høyanger kommune
- Nr. 61 Flaumsonekart Delprosjekt Førde. Kjartan Orvedal og Ivar Olaf Peereboom
- Nr. 62 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Regionalt formelverk for flomberegning i små nedbørsfelt Delprosjekt. 5.1.6.
- Nr. 63 Naturfareprosjektet DP. 3.2 Datasamordning Ministudie av samordning og deling av flom-og skreddata for tre samarbeidende etater
- Nr. 64 Naturfareprosjektet. Delprosjekt 2- Beredskap og krisehåndtering. Delrapport 1 - Beredskapsplaner og krisehåndtering
- Nr. 65 Grønne tak og styrtregn. Effekten av ekstensive tak med sedum-vegetasjon for redusert avrenning etter nedbør og snøsmelting i Oslo. Bent C. Braskerud.
- Nr. 66 Norges vannbalanse i TWh basert på HBV-modeller. Undertittel: Statistikk og variasjoner 1958-2012. Erik Holmqvist.
- Nr. 67 Effekt av lagringstid på prøve kvalitet. Marie Haakensen / NIFS.
- Nr. 68 Effect of storage time on sample quality. Marie Haakensen / NIFS.
- Nr. 69 Flomsonekart. Delprosjekt Fagernes. Ahmed Reza Naserzadeh og Camilla Meidell Roald.
- Nr. 70 Status høsten 2014 - resultater og veien videre. Marie Haakensen / NIFS.
- Nr. 71 Aktive vannføringsstasjoner i Norge, Lars Evan Pettersson.
- Nr. 72 Smarte målere (AMS) og feedback. VasaaETT og Heidi Kvalvåg.
- Nr. 73 Filefjell og Anestølen. Evaluering av måledata for snø, sesongen 2012/2013. Heidi Bache Stranden og Bjørg Lirhus Ree



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no

