

Janne Trøstaker

Isdannelse og kjøving i stikkrenner

Utfordringer og mulige løsninger for jernbane og annen infrastruktur



Masteroppgave i geografi

Trondheim, Våren 2016

Veileder: Ivar Berthling

Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet

Fakultet for samfunnsvitenskap og teknologiledelse

Geografisk institutt

Abstract

Icing in culverts. Challenges and possible solutions for railroads and other infrastructure

A field experiment have been conducted through the winters since November 2013 in Trysil and November 2015 in Dovre, to test if curtains of geotextiles or plastic can prevent icing in culverts. Curtains of geotextiles have been up in Trysil since November 2013, and curtains of plastic have been up in both Trysil and Dovre since November 2015. Effects have been measured with temperature loggers and trail cameras, but the temperature loggers could only be collected in Trysil in April, which made Dovre less comparable than anticipated. It seems that curtains in both inlet and outlet have a thermal effect on the culvert. Plastic curtains designed to keep the thermal conditions more stable are more able to do that, than curtains made of geotextiles. Without a lot of icing, and over a short amount of time, it is not certain that it will keep the culvert from icing, but it looks promising. It should be researched further, to see if this effect is repeatable, and since it does not seem to be a less common phenomenon in the future despite the climate change. This thesis has been written in collaboration with Jernbaneverket.

Et felteksperiment har vært gjennomført siden november 2013 i Trysil, og november 2015 i Dovre, for å teste om kuldeskjørt av fiberduk eller plaststrimler kan forebygge kjøving i stikkrenner. Kuldeskjørt av fiberduk har vært oppe i Trysil siden november 2013, og kuldeskjørt av plast har vært oppe i både Trysil og Dovre siden november 2015. Målinger av effekten har blitt gjort med temperaturlogger og viltkamera, men temperaturloggerne kunne bare hentes i Trysil i april, noe som gjorde Dovre mindre sammenlignbart enn forventet. Det ser ut til at kuldeskjørt i både innløp og utløp har en termisk effekt på stikkrenner. Plaststrimler designet for å holde termiske forhold mer stabile, er mer egnet til dette, enn kuldeskjørt av fiberduk. Uten særlig med kjøving, og med målinger over en kort tidsperiode, er det ikke sikkert at kuldeskjørt av plast vil hindre kjøving i stikkrennene, men det ser lovende ut. Det bør forskes på videre, for å se om effekten kan gjentas, og siden det ikke ser ut til å bli et mindre vanlig fenomen i fremtiden, til tross for klimaendringer. Denne masteroppgaven har blitt skrevet i samarbeid med Jernbaneverket.

Forord

Stor takk til alle som har hjulpet meg med oppgaven, med innspill, feltarbeid, veiledning, praktisk utførelse og mye mer. Særlig takk til Steinar Myrabø og Bent C. Braskerud, som lot meg bruke feltområdet i Trysil. Takk til Maria Hetland Olsen, Agathe Alsaker Hopland og Per Lars Erik Viréhn i Jernbaneverket for all støtte og hjelp. Takk til Geir Vatne og Ivar Berthling for veiledning, og alltid inspirerende naturgeografiske fag på NTNU. Takk for all hjelp og innspill fra Jernbaneverket, Mesta Trysil, NVE, Harald Norem og alle andre som har bidratt på den ene eller andre måten.

Stor takk til mine foreldre Mette og Morten Trøstaker, for all hjelp de har ytt. Både som moralsk støtte, for lån av utstyr, gode råd og oppmuntring. Stor takk til Kristin Kvitrud for god hjelp i Excel, og til Marte Sofie Kaldhussæter Tenold, Trine Trøstaker og Martin Einemo Finstad for korrekturlesing. Takk til familie og venner som har støttet meg, selv om de ikke forstår at det går an å skrive en så lang oppgave om kjøving. En stor takk til alle på og utenfor lesesalen, som har sørget for en flott studietid. Det hadde ikke vært det samme uten dere!

Alle bilder er tatt av undertegnede, om ikke annet er oppgitt.

Forkortelser

JBV - Jernbaneverket

NGU – Norges Geologiske Undersøkelse

NVE – Norges vassdrag- og energidirektorat

SVV – Statens vegvesen

Innholdsfortegnelse

Innhold

Abstract	iii
Forord	v
Forkortelser	v
Innholdsfortegnelse	vi
Figurliste.....	x
1 Innledning.....	1
1.1 Kjøving	1
1.2 Forsknings spørsmål	2
1.3 Oppgavens relevans og samfunnsnytte.....	3
2 Områdebeskrivelse	5
2.1 Geologi og kvartærgeologi	6
2.1.1 Dovre	6
2.1.2 Trysil	8
2.2 Klima	9
3 Teori	11
3.1 Energiutveksling	11
3.1.1 Dannelse av isdekke og kjøving	12
3.2 Kjøving som fenomen	13
3.2.1 Geomorfologi i bekke- og elvekanaler	15
3.3 Ytre faktorer	16
3.3.1 Hydrologisk regime	17
3.3.2 Topografi	19
3.3.3 Termisk regime	19

3.3.4	Antropogen påvirkning og effekt på kjøving	23
3.4	Klimaendringer	25
3.5	Tiltak mot kjøving nevnt i litteratur	26
3.5.1	Tining av is	27
3.5.2	Terrenggrøfter	28
3.5.3	Endring av bekkeprofiler og grøfter	29
3.5.4	Dreneringsgrøfting i is	30
3.5.5	Sprenging	30
3.5.6	Kvister og isolasjonsmatter	30
3.5.7	Kunstsnow og omfordeling av snow	31
3.5.8	Kuldeskjørt	32
4	Metode	35
4.1	Kuldeskjørt	35
4.1.1	Kuldeskjørt av fiberduk	35
4.1.2	Kuldeskjørt av plaststrimler	36
4.2	Temperaturloggere	39
4.2.1	Feste/oppsett av temperaturloggere	39
4.3	Viltkamera	41
4.3.1	Oppsett av viltkamera	42
4.4	Feltdesign	44
4.4.1	Trysil	44
4.4.2	Dovre	49
4.5	Metodekritikk	55
4.5.1	Temperaturloggere og datapresentasjon	55
4.5.2	Viltkamera	55
5	Resultater	57

5.1	Trysil.....	57
5.1.1	Trysil 2013-2015	58
5.1.2	Trysil 2015/2016	73
5.2	Dovre	87
5.3	Bilder fra viltkamera.....	87
5.3.1	Trysil – Ø3	87
5.3.2	Dovre – D2	91
5.3.3	Dovre – D3	93
5.4	Visuelle observasjoner og henting av temperaturloggere.....	96
6	Diskusjon.....	99
6.1	Termisk regime.....	99
6.1.1	Visuelle observasjoner i felt	99
6.1.2	Jordvarme	100
6.1.3	Pipeeffekten.....	100
6.1.4	Energiutveksling.....	101
6.1.5	Snø.....	102
6.2	Hydrologisk regime	104
6.2.1	Grøfter og bekkeløp, drenering	104
6.2.2	Stikkrenner	104
6.3	Praktisk og økonomisk sammenligning av materiale til kuldeskjørt.....	105
6.4	Viltkamera	108
6.5	Isoppbyggingen i Dovre, D3	109
6.6	Klimaendringer og fremtidig kjøving.....	111
6.7	Relevans.....	112
7	Konklusjon	115
8	Videre forskning.....	116

Referanser.....	117
Vedlegg	2

Figurliste

Figur 1. Oversiktskart Sør-Norge, med studieområdene avmerket.....	5
Figur 2. Løsmasser Dovre, hentet fra NGU (i.d.-c).	7
Figur 3. En 3D-modell hentet fra Norkart (i.d.), som viser skråningen ovenfor studieområdet (avmerket med rød prikk). Redigert av oppgaveforfatter. Synsretning er sør-vest.....	7
Figur 4. Løsmassekart over Osensjøen. Stikkrennene og vegen ligger i et område med tykk morene i følge løsmassekartet hentet fra NGU (i.d.-c).	8
Figur 5. 3D-modell over Osensjøen, hentet fra Norkart (i.d.), viser det relativt slake terrenget i området.....	9
Figur 6 Hentet fra Vinson og Lofgren (2003), viser hvordan kjøving kan oppstå på oversiden av en veg, med en raskere kuldefront ned gjennom vegen som holdes fri for snø, og dermed skaper en nærmest impermeabel barriere.....	15
Figur 7. Figur 7. Farget is før innløpet og på siden av innløpet (til høyre i bildet) til stikkrenne Ø3 ved Osensjøen.....	18
Figur 8. Farget is ved utløp av stikkrenne Ø3 ved Osensjøen.....	18
Figur 9. Viltkameraet fanger et bilde av en rev som går i stikkrenne D2 på Dovre, og gikk her gjentatte ganger.	22
Figur 10. Bildet viser en en smal dyp kanal for vintervannføring, i Alaska 1968. Kanalveggene er laget av steinfylte gabionnett. Bilde hentet fra Carey (1973).....	30
Figur 11. Kunstig tildekking av snø over isdekket, ved hjelp av kvister eller bygde strukturer.	32
Figur 12. Illustrasjon av kuldeskjørt/gardin foran stikkrenne, hentet fra Jernbaneverket (2015), redigert av oppgaveforfatter.	33
Figur 13. Fiberduken er også festet på siden, rundt selve rammen. Fra utløp på stikkrenne Ø1.	36
Figur 14. Plaststrimler over utløp til stikkrenne D2 i Dovre. Lengdene er tilpasset terrenget. Enkle verktøy som målebånd og saks i bruk. Festeskinnen og platene gjør det enkelt å fjerne strimlene i perioder, og sette dem på igjen.....	37
Figur 15. Innløp på stikkrenne D2 i Dovre.	38

Figur 16. Kuldeskjørt av plaststrimler foran innløp på stikkrenne Ø3 i Trysil.....	38
Figur 17. Bilde av temperaturloggere som er benyttet i stikkrennene og i luft. Her med isolasjon mot betongtaket i stikkrenner. Foto: Bent C. Braskerud, (2013).....	39
Figur 18. Viltkamera Uovision UM 562, MMS, bilder hentet fra (Friluftsmagasinet, 2015)..	41
Figur 19. GorillaPod, brukt som feste til viltkamera, for å oppnå riktig vinkel i forhold til bilder av innløp/utløp på stikkrennene. Bilde hentet fra (Elkjøp, 2015).....	42
Figur 20. Viltkamera festet med GorillaPod og festebånd.....	43
Figur 21. Utløp stikkrenner Ø3 sett fra vegen. Viltkamera markert med rød sirkel, nokså godt skjult.....	43
Figur 22. Studieområdet i Trysil avmerket på kart over Sør-Norge, hentet fra Kartverket (i.d.).	44
Figur 23. Stikkrennene avmerket langs østsiden av Osensjøen, med Ø1 lengst sør, Ø2 lenger nord, og Ø3 lengst nord. Kart hentet fra Kartverket (i.d.), og redigert av oppgaveforfatter....	44
Figur 24. Trysil kommune i Hedmark fylke, kart hentet fra SNL (2015b).....	45
Figur 25. Innløp Ø1	45
Figur 26. Utløpet til Ø1 sin beliggenhet mot Osensjøen.....	46
Figur 27. Utløp Ø1. Fortsatt fiberduk i 2015, som ble satt opp i 2013.....	46
Figur 28. Innløp Ø2. Fiberduken er fjernet i 2015, fra 2013 til november 2015 var det slisset fiberduk ved både innløp og utløp.....	47
Figur 29. Utløp Ø2. Fiberduken er fjernet i 2015, rammeverket står fortsatt.....	47
Figur 30. Innløp Ø3, med nytt kuldeskjørt av plaststrimler.....	48
Figur 31. Utløp Ø3, med kuldeskjørt av plaststrimler.....	48
Figur 32. Stikkrennene avmerket i NVEs hydrologiske data, tilgjengelig fra NVEs karttjenester. Tegnforklaring: Gul/oransje – Is, vanntemperatur, saltholdighet. Rosa – Meteorologiske data.....	49
Figur 33. Studieområdet på Dovre avmerket på kart over Sør-Norge, hentet fra Kartverket (i.d.).	50
Figur 34. Dovre kommune i Oppland fylke (SNL, 2014).....	50

Figur 35. Studieområdet på Dovre, ved Stuguflothen. Kart hentet fra Kartverket (i.d.), redigert av oppgaveforfatter.	50
Figur 36. Km 318,780. Innløp stikkrenne D3, hvor det vanligvis kjøver ved innløp.	51
Figur 37. Innover stikkrenne D3 fra innløp mot utløp. Oppmurte, firkantede stikkrenner.....	51
Figur 38. Km 318,880, D2. Utløp til stikkrenne før oppsett av kuldeskjørt. Vanlig med kjøving fra utløp og videre oppstrøms	52
Figur 39. Utløp på D2 sett fra jernbanen.....	52
Figur 40. Tilløp og innløp på D2, sett fra området hvor temperaturmåler i luft er festet. En smal murt renne leder ned mot innløpet av rennen.	53
Figur 41. Tilløpet og innløpet til stikkrenne D2, med feste til kuldeskjørt satt opp. Etter den smale rennen er det et sirkulært oppmurt område før selve innløpet	53
Figur 42. Figur hentet fra Norem et al. (2016), redigert for å vise omtrentlig plassering av temperaturloggere i stikkrenner, og i luft utenfor, i trær eller stolper.....	57
Figur 43. De ulike stikkrennene markert på kart over Osensjøen (Kartverket, i.d.).	58
Figur 44. Graf over temperaturlogging, fra NVE. Målinger fra november 2013 til november 2015.....	59
Figur 45. Stikkrenne Ø1, lufttemperatur og temperaturer inne i stikkrenna, fra november 2013 til april 2014.	60
Figur 46. Stikkrenne Ø1, lufttemperatur og temperaturer inne i stikkrenna, fra november 2014 til april 2015.	61
Figur 47. Stikkrenne Ø2, oversikt over temperatur i luft, innløp og utløp mellom november 2013 og april 2014.....	62
Figur 48. Stikkrenne Ø2, oversikt over temperatur i luft, innløp og utløp mellom november 2014 og april 2015.....	63
Figur 49. Stikkrenne Ø3, oversikt over temperatur i luft, innløp og utløp mellom november 2013 og april 2014.....	64
Figur 50. Stikkrenne Ø3, oversikt over temperatur i luft, innløp og utløp mellom november 2014 og april 2015.....	65

Figur 51. Fellesfigur over lufttemperaturmålinger i de tre ulike stikkrennene, vinteren 2013/14 og 2014/15.....	66
Figur 52. Temperaturdata luft, november 2013 til april 2014.....	67
Figur 53. Temperaturdata i luft, november 2014 til april 2015.....	68
Figur 54. Temperaturdata fra innløp, november 2013 til april 2014.....	69
Figur 55. Temperaturdata fra innløp, november 2014 til april 2015.....	70
Figur 56. Temperaturmålinger på utløpssiden av stikkrennene ved Osensjøen, november 2013 til april 2014	71
Figur 57. Sammenligning av temperaturer målt i utløp på alle tre stikkrennene, fra november 2014 til april 2015.	72
Figur 58. Stikkrenne Ø1 vinteren 2015/16.....	74
Figur 59. Stikkrenne Ø2 vinteren 2015/16.....	75
Figur 60. Stikkrenne Ø3 vinteren 2015/16, fra 13. november til 4. april.....	76
Figur 61. Innløp Ø1, 2015/16.....	77
Figur 62. Innløp og utløp Ø2, 2015/16.....	78
Figur 63. Innløp og utløp Ø3, 2015/16.....	79
Figur 64. Temperaturer i luft og innløp på stikkrennene Ø2 og Ø3, vinteren 2015/16.	80
Figur 65. Temperaturer i innløp og utløp på Ø2 og Ø3, samt lufttemperaturer fra Ø3, vinteren 2015/16. Lufttemperatur er med for å vise hvordan svingninger inne i stikkrenne eventuelt henger sammen med temperaturer utenfor.....	81
Figur 66. Temperaturer i innløp og utløp på Ø2 og Ø3, vinteren 2015/16.	81
Figur 67. Temperaturer i innløp på alle tre stikkrennene, vinteren 2015/16.....	83
Figur 68. . Temperaturer i innløp Ø1 alle tre vintrene, 2013/14, 2014/15 og 2015/16, fra 13. november til 4. april.	84
Figur 69. Temperaturer i innløp Ø2 alle tre vintrene, 2013/14, 2014/15 og 2015/16, fra 13. november til 4. april.	85
Figur 70. Sammenligning av innløpstemperatur alle tre vintrene, november - april 2013/14, 2014/15 og 2015/16.....	86

Figur 71. Plastforhengene har fått kondens på innsiden, som har gått over i dråpeform og renner nedover på innsiden av plasten. Bildet er tatt 24.12.15.	87
Figur 72. Bildet fra 28.01.16 viser at det fortsatt er dogg på plasten.	88
Figur 73. Bilde fra 05.02.16, fortsatt dogg.	89
Figur 74. Bilde tatt 27.02.16, dogg og iskrystaller.	89
Figur 75. Bilde fra 08.03.16, dypere snølag, fortsatt dogg.	90
Figur 76. Det begynner å bli mindre dogg på plastremsene 14. mars.	90
Figur 77. Dogg på innsiden av plaststrimlene 25.12.15, ved stikkrenne D2 i Dovre.	91
Figur 78. Snøfall, og fortsatt dogg, 10.01.16.	91
Figur 79. Fortsatt dogg på innsiden av plaststrimlene 27.01.16, samtidig som det kommer stadig mer snø. Spor etter en rev til høyre.	92
Figur 80. Kuldeskjørtet på D2 var nedsnødd deler av tiden. Her fra 20.02.16.	92
Figur 81. Helt i starten av frysingen. Bekken fryser delvis til, og bygger seg utover og oppover. Bilde fra 20.11.15.	93
Figur 82. Dette bildet fra 23.11.15 illustrerer godt en lagvis oppbyggingen av isen. Snø fremhever de ulike trinnene, og er også en viktig del av isoppbyggingen.	94
Figur 83. Snø har vært en viktig del av isoppbyggingen i stikkrenne D3. Her begynner vann å smelte noe av snøen mens det renner ut, og bidrar til isoppbyggingen, 17.12.16.	94
Figur 84. Isen har fylt store deler av bekkeløpet, og innløpet på stikkrennen er nesten tett 20.01.16.	95
Figur 85. 19.02.16 er stikkrenne D3 helt fylt opp av is. Isen går et stykke over innløpet, og fyller gradvis opp hele området foran.	95
Figur 86. På feltbefaring 17.03.16 var det tydelig at kjøvingen starter et godt stykke ovenfor stikkrenne D3. Svellis kan ses under grantreet, og legger seg også rundt bjørka til høyre.	96
Figur 87. Observert isdannelse i utløp på stikkrenne Ø1.	97
Figur 88. Observert svellis i utløp på stikkrenne Ø2.	97
Figur 89. Ingen særlig isdannelse observert ved utløp på stikkrenne Ø3.	98
Figur 90. Ingen is observert inne i stikkrenne Ø3, 4. april 2016.	98

1 Innledning

«Dæ renn eit vassikkel neover svæe, som um vintern bli te ei habbele svellkule, som dæ æ reint orå å tå se over» (Årbok for Gudbrandsdalen 1971, s. 47, Ordoguttrykk (2012b)).

I forbindelse med avslutningen av mastergraden ønsket jeg å skrive en masteroppgave som kan være til nytte for interesserte og som kanskje kan bidra med noe. Derfor var jeg glad for at Jernbaneverket ønsket å samarbeide med meg, slik at jeg kunne gjøre noe som de kan bruke om de finner det nyttig. Denne oppgaven er derfor skrevet i samarbeid med Jernbaneverket.

Oppgaven omhandler kjøving, også kjent som iskjøving, stevling, speking, kjøvhøla, kjøvgard, kravbom, kjøvis, krava, kræv, kråvvå, kråggå, ora, kreppe opp, ræse, kova, stævle, husar opp, hølkskvåll, klagadrons, svellfloge, svall, svallkule, svellkule, issvuller, svellis, rauvaballis etc. (Ordoguttrykk, 2012a, 2012b). Selv kjenner jeg best til begrepet kjøving, og synes det er et veldig interessant fenomen. Som vi kan se ut fra alle de ulike begrepene for kjøving og svellis, er dette et fenomen som betyr og har betydd noe for folk opp gjennom tiden.

Jeg vil i oppgaven bruke Norges Vassdrags og Energidirektorats (heretter NVE) definisjoner, altså kjøving som fenomenet og svellis som resultatet. I andre språk blir det brukt begrep som icing (engelsk), aufeis (tysk), naled/naledi (russisk) og taryn (russisk).

1.1 Kjøving

Begrepet kjøving referer vanligvis til prosessen der en masse av is utvikles gjennom vinteren ved suksessiv lagvis frysing av vann, som siger fra bakken, fra en kilde, fra elvebunnen eller gjennom sprekker i elveisen (Mawhinney, 1979; Swanson-Hysell & Dandar, 2005; Vinson & Lofgren, 2003; Woo, 2012; Yu et al., 2005). Det er et vanlig fenomen i kalde regioner, blant annet på eller ved veg og jernbane. Dannelsen av svellis skyldes prosesser som er vanlige i områder hvor vinteren er kald nok til å fryse det eksfiltrerte grunnvannet, som kan komme kontinuerlig eller periodevis (Woo, 2012). Kjøving kan føre til store problemer når det opptrer nær infrastruktur som veger, bruer, bygninger, flyplasser eller jernbane (Londagin, 1968). Det kan hindre trafikk og føre til trafikkulykker, skape store utfordringer for vedlikehold, og også føre til skade på veger og annen infrastruktur i vårløsningen (Vinson & Lofgren, 2003; Yu et al., 2005). En mangel på kunnskap om kjøving har i følge Londagin (1968) resultert i store

kostnader og utlegg til vedlikeholdsutstyr og personell, og dette gjelder trolig fortsatt i dag. Reisende i nordlige (permafrost) regioner har rapportert om grunnvannsfenomener som kjøving, så tidlig som 1828 (Mawhinney, 1979).

I denne oppgaven vil det bli særlig fokus på kjøving i sammenheng med stikkrenner og drenering, selv om det er flere spennende aspekter man kan se på. Hvordan og hvorfor det skjer, og om det kan forebygges på en rimelig og effektiv måte er noe av det som forsøkes å finnes ut av. Det å forebygge hendelser kan gjerne være rimeligere i lengden enn å måtte gjøre tiltak under og/eller etter en hendelse. Det blir testet ut et tiltak med såkalte kuldeskjørt, for å se om disse kan ha en termisk effekt på stikkrennene, og dermed hindre at det kjøver og tetter stikkrennene.

1.2 Forskningsspørsmål

Denne oppgaven er en form for felteksperiment, der det har blitt sett på om kuldeskjørt har en effekt på det termiske regimet til stikkrenner, og slik forebygge kjøving. Forskningsspørsmålene blir derfor:

- Har kuldeskjørt en termisk effekt, og kan det hindre kjøving i stikkrenner?
- Vil plast eller fiberduk ha størst effekt?

1.3 Oppgavens relevans og samfunnsnytte

Noen søk på Google gir flere avisoppslag, som viser at kjøving og svellis kan være en utfordring flere steder i landet, og under flere ulike navn. Noen eksempler kan ses ut ifra disse ulike avisoverskriftene:

Kjøving truar beredskapen – Heidal, 2011

<http://www.vigga.no/arkiv/article11526499.ece>

Kjøving gir krisestemning – Dovre, 2010

<http://www.vigga.no/arkiv/article11526429.ece>

Må leve med stevling – Folldal, 2010

<http://www.rekken.no/motornytt/ma-leve-med-stevling/s/1-25-5493830>

Stevling truer eiendommer – Alvdal, 2011

<http://www.rekken.no/lokale-nyheter/stevling-truer-eiendommer/s/1-25-5526900>

Issvull skaper trafikkfare – Røyken, 2011

<http://www.dt.no/nyheter/royken/nyheter/issvull-skaper-trafikkfare/s/2-2.1748-1.5932699>

Issvull knuste frontrute – Sauda, 2010

<http://www.h-avis.no/sauda/nyheter/samferdsel/issvull-knuste-frontrute/s/2-2.921-1.4938918>

Må legge varmekabler i skogen – Lillehammer, 2011

<http://www.gd.no/nyheter/ma-legge-varmekabler-i-skogen/s/1-934610-5437321>

Mykje vatn skapte problem i Gudbrandsdalen – Dovrebanen, Fron - Brennhaug, 2011

<http://www.jernbaneverket.no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2011/Mye-vann-skapte-problemer-i-Gudbrandsdalen/>

Dette lille utvalget gir en liten pekepinn på at kjøving fortsatt er et problem flere steder, særlig i enkelte år. Dette gjelder mest i innlandet med mer kontinentalt klima med kalde vintre, og i mindre grad i kystnære strøk, hvor det gjerne er mildere temperaturer. (Alle lenker hentet 28.09.15).

Gjenfrosne stikkrenner skapte også problemer i Gudbrandsdalen under flommen i 2013, hvor det ble store skader, blant annet på Dovrebanen (Sellevold & Edvardsen, 2013). Før en eventuelt får større dimensjoner på dreneringsanlegg, kan det være økonomisk gunstig å forebygge isdannelse i stikkrenner, slik at dreneringskapasiteten som allerede er begrenset, ikke blir enda mindre på grunn av is.

2 Områdebeskrivelse

Oppgaven har to studieområder med kjøvingsproblemer, et i Trysil og et i Dovre. Studieområdet i Trysil er påbegynt av Bent Braskerud (NVE) og Steinar Myrabø (Jernbaneverket) i 2013, som har vært så vennlige å la meg bruke dataene fra temperaturloggere de har satt ut i og ved stikkrenner, og fortsette å samle inn data denne vinteren 2015/2016. Studieområdet i Dovre er stikkrenner med kjøvingsproblemer, hvor jeg gjorde et utvalg innenfor stikkrenner plukket ut av Jernbaneverkets banemannskap, som har lokal kunnskap om dette. Figur 1 viser studieområdene avmerket på kart. I Dovre har målinger vært utført siden november 2015.

Siden begge disse områdene sliter med kjøving i stikkrenner, var de relevante for uttesting av tiltak som forsøker å hindre slike problemer. I begge områder er steaming en mye brukt metode for å hankses med kjøving, samt varmekabler noen steder langs Dovrebanelen. Disse tiltakene omtales nærmere under kapittel 3.5 *Tiltak mot kjøving nevnt i litteratur*. Tiltaket som ble testet i denne oppgaven, er et forbyggende tiltak som kalles kuldeskjørt. Dette omtales også nærmere i kapittel 3.5, samt under kapittel 4 *Metode*.



Figur 1. Oversiktskart Sør-Norge, med studieområdene avmerket.

2.1 Geologi og kvartærgeologi

2.1.1 Dovre

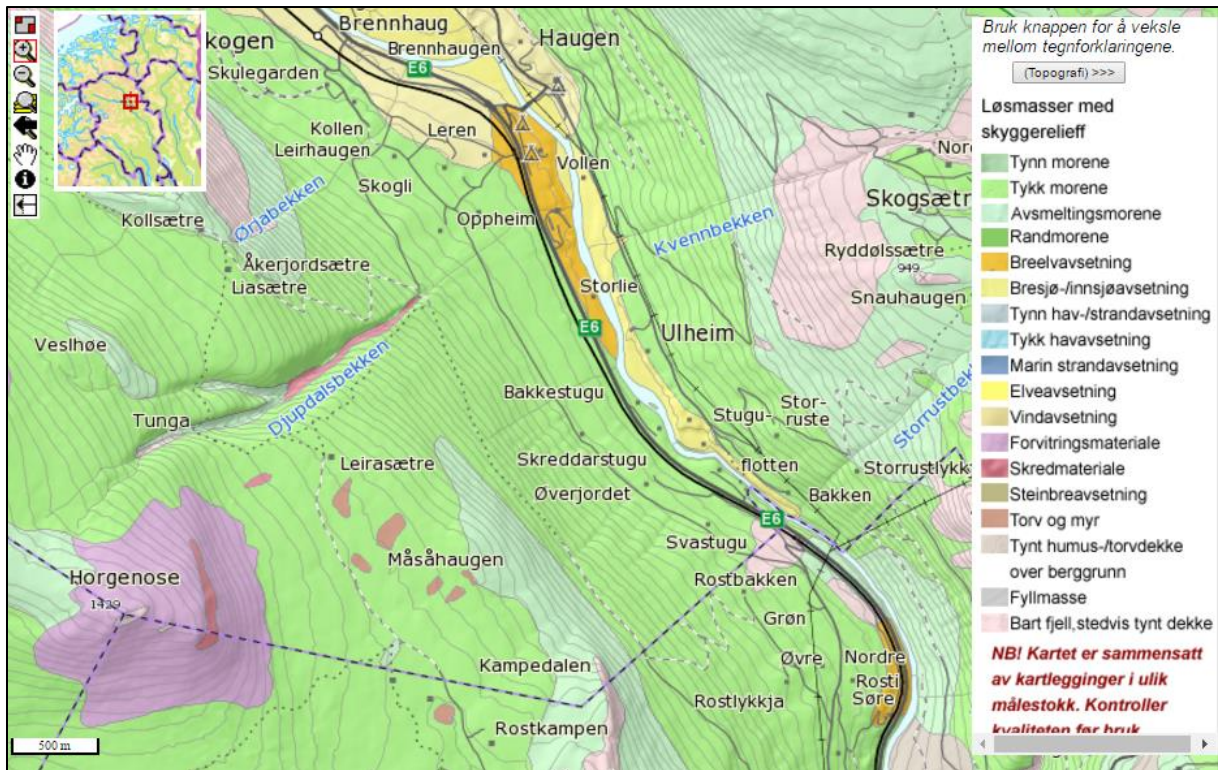
Ifølge kartblad N250 fra NGU (i.d.-a; i.d.-b), er den underliggende berggrunnen i dette området (Dovreskogen) en del av Rostenformasjonen, som består av *«konglomerat, grågrønt med boller av ulike bergarter og/eller sandstein; øyegneis lengst i nordvest.»*

Under og i sluttfasen av siste istid, som begynte for 115 000 år siden, og sluttet for 10 000 år siden (Reite, 1999), ble de fleste løsmassene i Dovre dannet (Wolden, 1995). Løsmassekart fra NGU (i.d.-c) over det samme området (figur 2), viser at det i stor grad er dekket av tykk morene. Litt lengre opp i dalsiden er det stedvis noe tynnere morenedekker, samt forvittringsmateriale, noe skredmateriale, bart fjell, og flekker med torv og myr. Ved dalbunnen og elva er det både bresjø-, breelvavsetninger og elveavsetninger.

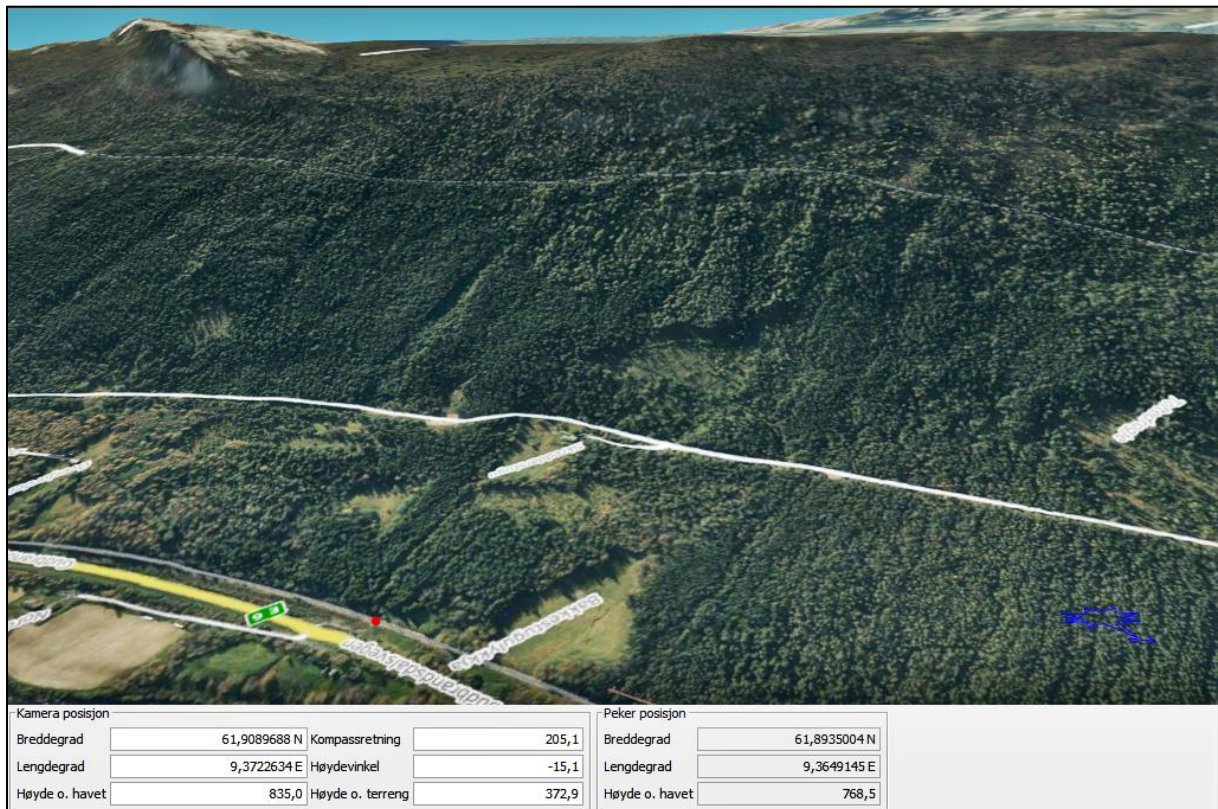
Morener er materiale plukket opp, fraktet og avsatt direkte av breer, og er usortert. Det kan være alt fra leir til stein og blokk (Andersen, 2000; NGU, i.d.-c). Kartgrunnlaget til NGU (i.d.-c) angir disse morenedekkene som: *«Morenemateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet».*

Spesielt fra Dovreskogen til Dombås finner vi bresjøsedimenter, avsatt av Store Dølasjø. Denne bresjøen oppsto i en periode under nedsmeltingen av siste istid, mellom smeltende is og stadig lavere passpunkt. En isbarriere sperret sør i Gudbrandsdalen, og smeltevannet tok veien over Lesja til Romsdalen. Bresjøsedimenter er finkorninge sedimenter, som ligger med varierende mektighet over andre sedimenter. Breelvavsetninger finner vi langs dalganger og andre steder hvor smeltvannselvene fra isavsmeltingen gikk (Wolden, 1995).

Topografien er noe varierende, med stedvis ganske bratte skråninger. Ovenfor selve studieområdet ved jernbanen, er det en relativt bratt skråning, som blir noe slakere før jernbanetraseen, se figur 2 og 3.



Figur 2. Løsmasser Dovre, hentet fra NGU (i.d.-c).

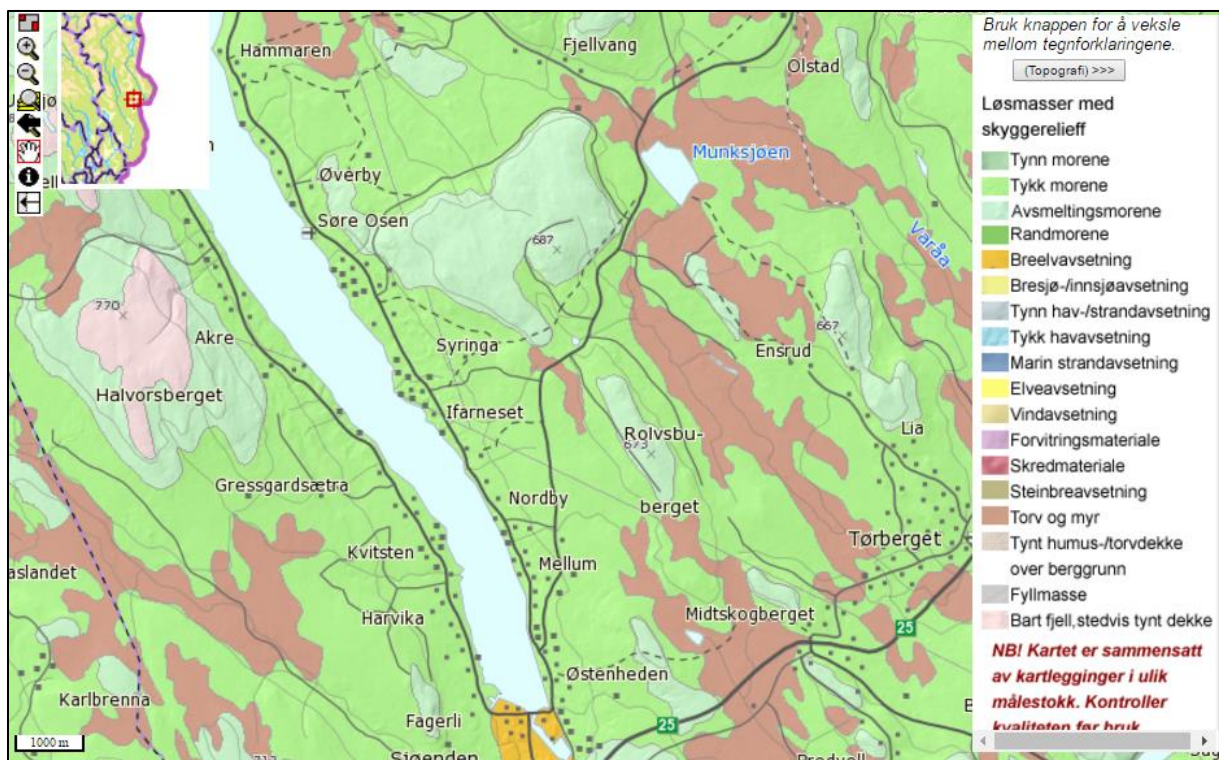


Figur 3. En 3D-modell hentet fra Norkart (i.d.), som viser skråningen ovenfor studieområdet (avmerket med rød prikk). Redigert av oppgaveforfatter. Synsretning er sør-vest.

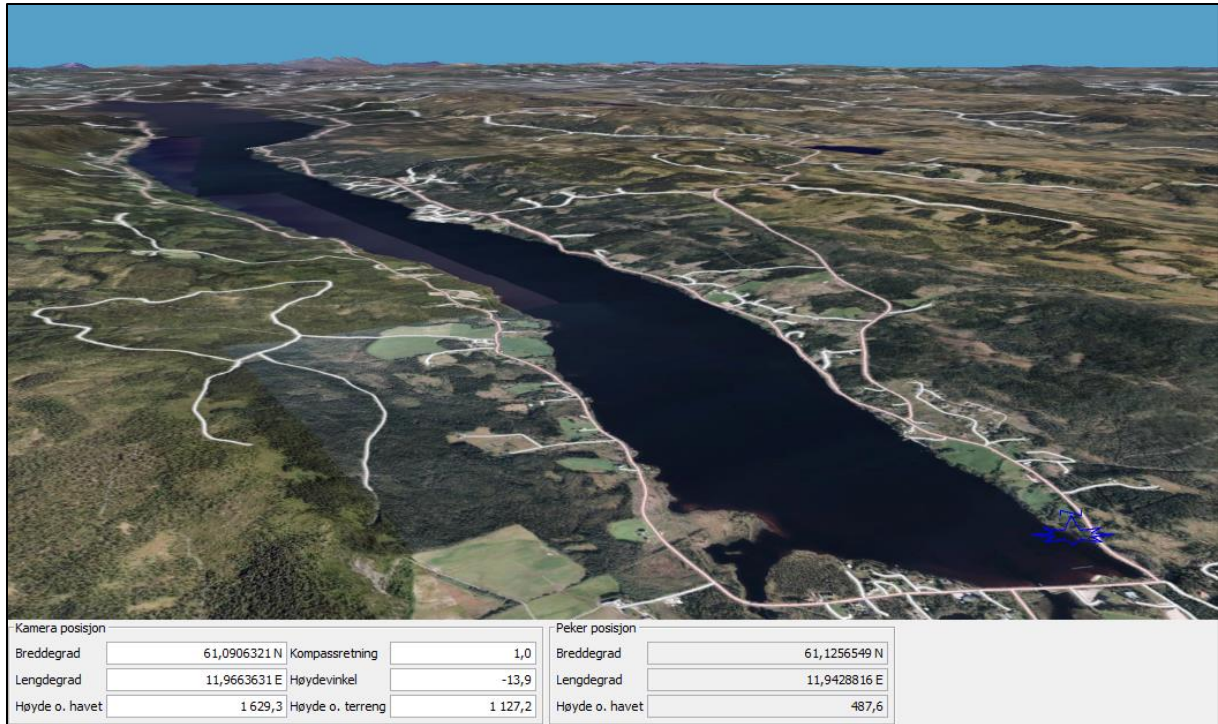
2.1.2 Trysil

Berggrunnen på østsiden av Osensjøen består for det meste av «Diorittisk til granittisk gneis, migmatitt», og også «Granitt, lys grå og rosa, stedvis foliert», i følge N250 kartbladet til NGU (i.d.-b). Litt nord, nord-øst er det en skyvegrense med sandstein, og et tynt belte med sandstein, leirskifer.

Løsmassene består hovedsakelig av morenedekker (se figur 4), og torv og myr (NGU, i.d.-c). Morener er en dominerende avsetningstype i Hedmark (Hofsten, Rekdal, & Strand, 2014), og finnes rundt Osensjøen i både tykke og tynnere dekker. Definisjonen angir morene tykkere enn 0,5 m som tykk morene. Det er breelv og bresjøavsetninger både nordover fra innløpet (Osdalen og Slemdalen) og sørover ved utløpet av Osensjøen (NGU, i.d.-c), som tyder på bresjøer også i disse områdene fra siste istid (Hofsten et al., 2014). Området rundt Osensjøen er preget av relativt slakt terreng, noe vi kan se i figur 5.



Figur 4. Løsmassekart over Osensjøen. Stikkrennene og vegen ligger i et område med tykk morene i følge løsmassekartet hentet fra NGU (i.d.-c).



Figur 5. 3D-modell over Osensjøen, hentet fra Norkart (i.d.), viser det relativt slake terrenget i området.

2.2 Klima

Studieområdene ligger begge på nordøstlandet, som er kaldere på vinteren enn områder langs kysten, men gjerne varmere på sommeren. Dette er typisk innlandsklima. Også på høsten vil landområdene kjøles ned fortere enn ved kysten, og det kontinentale klimaet fører også til relativt lite nedbør. Det kommer mest om sommeren, og gjerne i form av byger, da det ligger nokså beskyttet og i le for de vanligste større værsystemene (Meteorologisk institutt, i.d.-b).

Det er gjerne mindre nedbør om vinteren enn om høsten på Østlandet, og snøen legger seg som regel rundt november. Kulden kommer ofte i slutten av oktober eller i løpet av november (Meteorologisk institutt, i.d.-b).

3 Teori

Kapittelet deles opp i en beskrivelse av energiutveksling og fysiske prinsipper, hva slags fenomen kjøving er, ytre årsaker, og til slutt kort omtale av noen mulige tiltak mot kjøving.

3.1 Energiutveksling

Til tross for omfattende litteratur om kjøving, er det i følge Hu, Pollard, og Lewis (1999) fortsatt uklarerheter om energiutvekslingen gjennom dannelsen av svellis og tilbakevirkningsmekanismene til overflatens energibalanse.

Energiutveksling mellom atmosfæren og en overflate av is eller snø kan føre til enten endringer i tilstanden til vann (frysing, smelting ol.) eller temperaturendringer (Benn & Evans, 2010). Hvis temperaturen til isen eller snøen er under frysepunktet, vil en energitilførsel øke temperaturen, og hvis temperaturen når 0 °C, vil ytterligere energioverskudd føre til smelting. Motsatt kan et netto energiunderskudd ved overflaten føre til isakkumulasjon gjennom kondensasjon av damp eller frysing av vann (Benn & Evans, 2010).

Summen av alle energiflukser over ethvert gitt tidsintervall er kjent som energibalansen. De viktigste komponentene til energibalansen ved en isoverflate er: Kortbølgestråling, som er energi fra solen; langbølgestråling som er terrestrisk og atmosfærisk stråling; følbare varmeutveksling med atmosfæren; latent varme overført ved kondensasjon, evaporasjon og sublimasjon; varme tilført av regn; varme brukt for å endre istemperaturen; og latent varme forbrukt eller frigitt ved smelting og frysing (Benn & Evans, 2010).

Siden energi hverken kan oppstå eller forsvinne, må all energibalanse summeres til 0.

$$SW + LW + QH + QE + QR - QT - M = 0$$

SW er netto kortbølget strålingsfluks, LW er netto langbølget strålingsfluks, QH er følbare varmeoverføring, QE er latent varmeoverføring, QR er energi fra regn, QT er energi brukt for temperaturendringer i isen, og M er energi brukt for å smelte is eller fryse vann (Benn & Evans, 2010).

I et system som en kulvert, blir noen av komponentene av mindre betydning, og kan ses bort ifra, da kulverttaket blir et brudd i den direkte utvekslingen mellom isen og atmosfæren. SW kortbølget strålingsfluks kan dermed trolig ses bort ifra. Når det gjelder LW langbølgestråling

vil det sannsynligvis bli en tilnærmet balanse, men med et langsiktig tap til taket i perioder hvor taket er kaldere, og eventuelt en tilførsel til bakken om taket blir varmere. QR regn er heller ikke like aktuelt, og kan trolig erstattes med QV + QVL, som blir et ledd med advektiv varmetilførsel ved tilførsel av vann til svellisen. QV blir advektiv tilførsel av følbare varme, og QVL er latent varme fra vanntilførselen. Dermed vil komponentene kunne bli:

$$LW + QH + QE + (QV + QVL) - QT - M = 0$$

Ett av leddene i energibalansen, QT – energi brukt for temperaturendringer i isen, vil styres av Fouriers lov.

$$Q = -k \frac{dT}{dZ}$$

Fouriers lov om konduksjon, formel for varmeledning (NGU, 2015). Q er varmestrøm ved konduksjon, k er termisk konduktivitet til materialet – altså varmeledningsevne, dT/dZ er temperaturgradienten (Mechanical Engineering, 2016; NGU, 2015).

3.1.1 Dannelse av isdekke og kjøving

Under dannelsen av et elveisdekke, er det et tynt isdekke flytende på en film av rennende vann, og fryseprosessen fortsetter mye saktere enn ved stillestående vann. Det rennende vannet tilfører energi i begynnelsen av dannelsen av islaget, men også gjennom fortykningsperioden. Varmetilførselen fra det rennende vannet er derfor meget signifikant (Hu et al., 1999). Prosessen hvor isdekke over elver dannes, utvikles og avtar er dermed vesentlig forskjellig fra det på innsjøer. Elver har vanligvis betydelige strømningshastigheter og vesentlig turbulens. Dermed spiller strømningshydraulikk en viktig rolle i isdekkedannelse og -nedbrytning, sammen med meteorologiske forhold (Hicks, 2009). Påfølgende fortykning av isdekket i løpet av vintermånedene kan skje både ovenfra og fra undersiden. For eksempel kan manglende isolerende snødekke føre til at isdekket vokser nedover fra undersiden som resultat av termisk varmetap gjennom isdekket. På et punkt kan isdekket i seg selv nå en tykkelse som gjør det selvisolerende (Hicks, 2009).

Prosessen til isdekke over en bekk følger et veldefinert mønster. Først kjøles bekken ned til vanns frysetemperatur. Et isdekke vil sakte begynne å utvikles langs bekkekanten, der hastigheten til vannet er nokså lav. På klare netter er langbølgestrålingstapet betydelig, og fører til dannelsen av sarr i det underkjølte vannet (Kane, 1981). Denne sarren som fester seg til kanalgrensene, fører til en reduksjon i den gjennomsnittlige hastighet til vannstrømmen. En

umiddelbar økning i dybden til bekken kan observeres, som er direkte relatert til mengden av sarr som produseres. Noe av sarren flyter til overflaten som slush/slaps, der det bidrar til isdekket på overflaten (Kane, 1981). Avhengig av temperaturene på dagtid, kan denne isen forsvinne. Syklusen kan gjentas mange ganger, men et stabilt isdekke vil etter hvert dannes. Så fort et isdekke har blitt dannet, er ikke lenger langebølgestrålingstapet dominant. I stedet er det konduksjon av varme gjennom det nylig formede islaget som er den styrende prosessen (Kane, 1981). Mange grunne bekker fryser til bunnen, unntatt i de dypeste delene av tverrsnittet, før noen store svellis er dannes. Hvis tykkelsen på svellis øker fort, kan det skje noe tining i bunnen av isdekket (Kane, 1981).

Yoshikawa, Hinzman, og Kane (2007) har funnet en korrelasjon i dannelsen av svellis som korresponderer med svingninger i lufttemperatur. Overvannhendelser over svellis opptrer hovedsakelig når store svingninger i lufttemperatur skjer innen en 2 dagers periode (48 timer). Årsaken til overvannshendelser er knyttet til en økning i det hydrostatiske potensialet under en varm periode etter en nylig kald periode. Det ble observert av Kane (1981) maksimalt potensial under de varmeste periodene på vinteren, og lavest potensial under lengre kuldeperioder (Yoshikawa et al., 2007).

I følge Carey (1977) er det vanlig at is kan blokkere enden av en kulvert også der stikkrennen har et design som lar vannet renne fritt ned fra en utstikkende ende i skråningen. Dette gjør at utsiden av stikkrennen er utsatt for luft rundt hele, slik at vannet ikke bare blir avkjølt fra toppen, men også fra bunnen av stikkrennen.

3.2 Kjøving som fenomen

I Vassdragshåndboka (NVE, 2010) har de brukt begrepet svellis når de omtaler resultatet av kjøvingsprosessen hvor vann i sakte bevegelse fryser kompakt med underlaget. Grunnvann kan ofte ha en temperatur på 2-3 °C om vinteren, og gi et jevnt tilsig av flytende vann som fryser til ved kontakt med kald luft (NVE, 2010). Dette danner grunnlaget for kjøving om vinteren. Når frosten trenger ned i bakken, blir grunnvannet tvunget til overflaten av hydraulisk gradient, hvor det renner over og fryser (Mawhinney, 1979).

Permafrost er definert som en temperatur i bakken som holder seg på eller under 0 °C over minst to sammenhengende år (Noetzli & Gruber, 2009), mens sesongfrost er sesongbaserte temperaturvariasjoner, hvor bakken kan fryse. Jorden fryser fra overflaten og ned (en-veis frysing). I permafrostområder kan frysing av det aktive laget skje fra to retninger. Fra

oversiden av sesongfrost, og fra undersiden av permafrostlaget (Thomas, Cleall, Li, Harris, & Kern-Luetschg, 2009).

I store deler av kalde regioner, under selv det kaldeste vær, er fortsatt noe grunnvann som ikke er frosset og fortsetter å flyte, og forsyner kilder, bekker og elver med vann. Tilstrømmende grunnvann og overflatevann om vinteren er ikke noe problem i seg selv, frem til vannveien blir blokkert (Carey, 1973). I tilfellet med grunnvann, kan blokkeringene komme av dyp sesongfrost som går sammen med en ugjennomtrengelig bunn (som kan være permafrost, berggrunn ol.) (Vinson & Lofgren, 2003). For overflatevann kan forhindringen skyldes fortykning av bekke- eller elveisdekke slik at den når kanalbunnen, og blokkerer kanalens tverrsnitt som normalt er tilgjengelig for flytende vann. Når en slik blokkering til grunnvann eller overflatevann oppstår, blir vannet tvunget til overflaten av sitt hydrauliske potensial. Når vannet blir eksponert, fryser det omgående, bare for å bli fulgt av mer vann som renner ut over den foregående frosne overflaten og også fryser. På denne måten utvikler kjøving seg gjennom vintersesongen eller til tilgangen på vann avtar, vokser seg høyere lag for lag, og sprer seg lateralt dersom topografien tillater det (Carey, 1973).

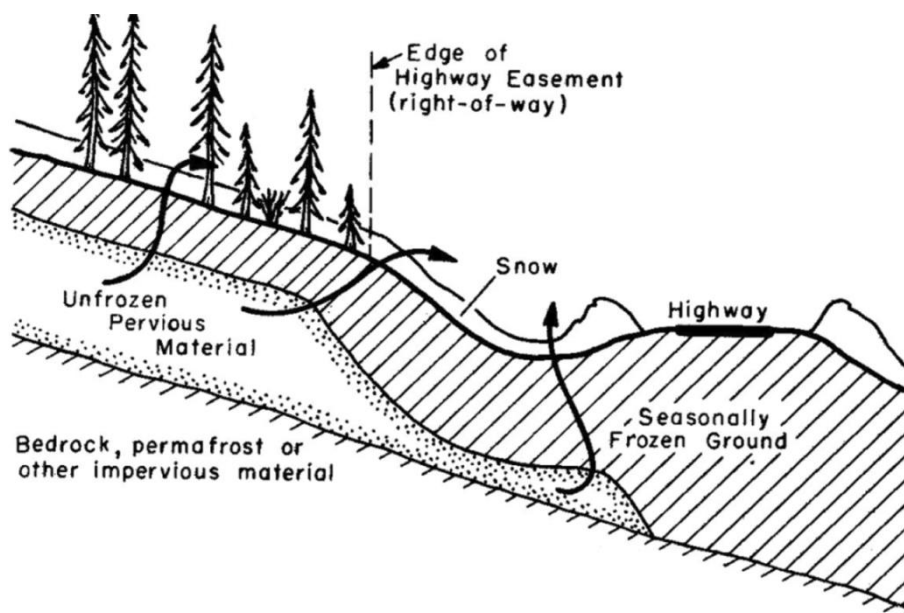
Store mengder av massiv is kan dannes og dekke store områder. Ulike fyllinger kan krysse den naturlige dreneringsruten til overflatevann og grunnvann, og demme opp, og skjæringer kan kutte dreneringsruten til grunnvannet. Dette bør tas hensyn til ved planlegging av vegger (Seppälä, 1999), men også annen infrastruktur som kan ha innvirkning på drenering. Når kjøving opptrer nær veg, jernbane eller annen infrastruktur kan dreneringsstrukturer som sidegrøfter og kulverter bli fylt med is, og kjøvingen kan spre seg over dekke eller spor og danne svellis her, og trafikken forstyrres og settes i fare (Carey, 1973; Seppälä, 1999; Yu et al., 2005). Statens vegvesen (2014) oppgir at det er et velkjent problem at stikkrenner og grøfter fylt av is.

Figur 6, hentet fra Vinson og Lofgren (2003), viser hvordan kjøving kan oppstå i forbindelse med vegkonstruksjon. Om vinteren kan kuldefronten trenge fortere ned gjennom vegfyllingen enn det omkringliggende området, og vannet blir tvunget opp til overflaten da det møter et impermeabelt frossent lag før vegfyllingen. Dette kan resultere i kjøving på oversiden av vegen (Vinson & Lofgren, 2003).

Isen kan spesielt dannes ved utløp av mindre bekkeløp, og kan tette stikkrenner, kulverter og grøfter. Svellis kan bli flere meter tykk, og ise ned vegger, hus, jorder etc. (NVE, 2010). I små bekker kan islagene bygge seg opp til det fyller hele bekker eller grøfter. Det kan også

føre til store problemer under vårløsning eller mildværsperioder og regn, da vannet ikke kan følge de vanlige dreneringsveiene (NVE, 2012). Vannet kan finne seg nye veier, og gjøre skade, enten det er på infrastruktur som veg og bane, eller hus og annet som måtte komme i veien (Carey, 1973).

Kjøving skjer ikke alltid bare på ett bestemt sted, og oppstår ikke nødvendigvis hvert år. I tørre år hender det at middels eller små kjøvinger ikke skjer, men bare oppstår i år med mye nedbør (Yu et al., 2005). I tillegg er det mange andre faktorer som spiller inn. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 3.3 *Ytre faktorer*.



Figur 6 Hentet fra Vinson og Lofgren (2003), viser hvordan kjøving kan oppstå på oversiden av en veg, med en raskere kuldefront ned gjennom vegen som holdes fri for snø, og dermed skaper en nærmest impermeabel barriere.

3.2.1 Geomorfologi i bekke- og elvekanaler

I noen elver og bekker er vintervannføringen ekstremt lav og grunn nok til at frysingen går helt ned til bunnen. En av mekanismene som fører til dannelse av svellis er at påfølgende vannføring presser seg gjennom sprekker i isen og opp til overflaten, hvor det fryser i suksessive lag, hvert lag oppå det forrige (Hicks, 2009).

Kjøving er en vanlig kilde til blokkering av vannføring i vegkulverter, særlig hvor kanalen har blitt utvidet for å romme disse konstruksjonene (Hicks, 2009). Swanson-Hysell og Dandar (2005), NVE (2010) og flere andre, peker også på at kanalutvidelse og grunne strekninger ofte er utsatt for kjøving. Små sideelver og kilder kan også være en årsak til kjøving i store elver (Hicks, 2009). Når avrenningen gjennom den permeable avsetningen i elvekanalen er blokkert og tvunget til å renne på overflaten, dannes det svellis. Mulige mekanismer som fører til

blokkeringer, kan være et frembrudd av berggrunn i elvekanalen, eller frysing av grunne strekninger i kanalen slik at oppstrøms avrenning blir hindret (Mawhinney, 1979).

Fordi svellis vanligvis dannes i bredere deler av kanaler, er det en positiv tilbakevirkningsmekanisme knyttet til denne utviklingen. Svellis dannes i en bredere del av kanalen, deler opp vannstrømmen og skaper skjæringer/underkuttinger, kanalen utvides, og neste vinter dannes en enda bredere svellis. (Swanson-Hysell & Dandar, 2005). Wanty, Wang, Vohden, Day, og Gough (2007) mener det er mulig å antyde tilstedeværelsen av svellis på bakgrunn av kanal morfologien, og at lokasjonen og utbredelsen til svellis i bekker kan være nyttig for å relatere lokal hydrologi til geologiske strukturer.

Kjøving kan oppstå overalt i alluviale elvesletter i nærheten av elver, avhengig av permeable og impermeable soner. Elvekjøving kan vokse til enorme størrelser, på grunn av tilgang på mye vann i elvebunnen. De fører til store problemer ved elvekrysninger, da broer og kulverter kan bli ødelagt av kjøvingen oppstrøms (Alekseyev, 2015; Mawhinney, 1979).

3.3 Ytre faktorer

Mange nevner spesielt forhold med lite snø og sterk kulde som en viktig årsak til kjøving (Londagin, 1968; Mawhinney, 1979; Muller, 1947; NVE, 2010; Vinson & Lofgren, 2003; Wanty et al., 2007). Ofte skjer dette i bekker og mindre elver, når vannføring er generelt lav.

Noen fordelaktige forhold for dannelse av kjøving kan i følge Carey (1973) og Mawhinney (1979) oppsummeres som følgende:

1. Rikelig med vann i suprapermafrostlaget eller de årlige frostsonene til jorda, vanligvis på grunn av en regnfull sesong før frost.
2. Lave lufttemperaturer og lite snø i første halvdel av vinteren (tidlig snøfall har en tendens til å minimere kjøving).
3. Nærhet permafrostbelte eller en annen impermeabel horisont har til overflaten.
4. Tilstrekkelig akkumulering av snødybde i senere perioder av vinteren.

Noe som i følge Carey (1973), bør være ganske åpenbart, er at faktorer i klima, hydrologi, geologi og topografi, påvirker hvordan kjøving oppstår og oppfører seg. Faktorene opptrer i kombinasjon med hverandre, og gjør det vanskelig å avgjøre hvilke detaljerte roller hver individuelle effekt har (Carey, 1973). Det gjør det også vanskelig å finne gode metoder for å hindre skade fra kjøving.

3.3.1 Hydrologisk regime

Det er to hovedtyper akviferer, vannførende formasjoner i grunnen, i Norge. Dette er fjellgrunn med sekundær oppsprekking, og primær porøsitet i løsmasser (NVE, 2009). I følge NVE (2013) utgjør grunnvannstilførselen bortimot 100 % av vannføringa i bekker og elver i vinterhalvåret med snødekke. Tilsiget fra grunnvannet kan komme som kilder eller overflatesig i skrånende terreng, på vei mot elva. Geologien til et område bestemmer i stor grad grunnvannssituasjonen, gitt en viss gjennomsnittlig nedbør. Permeabiliteten og porøsiteten til jordmaterialene, sammen med utbredelse og vertikal utstrekning, setter det kvartærgeologiske rammeverket for hvor grunnvannet opptrer, og setter grenser for kvantiteten og bevegelsen til grunnvannet (Carey, 1973).

Kjøving er en naturfare, i følge Morse og Wolfe (2015), som har negativ påvirkning på infrastruktur, enten ved svellisen i seg selv, eller ved vårløsning og flom. Styrt av lokale og regionale faktorer, er kjøving romlig tilbakevendende, men ikke nødvendigvis årlig, eller i samme utstrekning. Derfor er det nødvendig med datasett over lang tid av kjøvingsdynamikk og utbredelse for å forbedre prosess-studier og identifisere potensielle terrengskader (Alekseyev, 2015; Morse & Wolfe, 2015).

Farget is

Svellis kan være gjennomsiktig eller boblete, og er ofte farget på grunn av tilstedeværelse av oppløste mineraler. Når det er farget av organisk materiale, kan svellisen få en gulbrun tone. Mineralavsetninger funnet på overflaten av svellis skyldes trolig utfelling av salter på grunn av frysing (Woo, 2012).

At isen er farget, og derfor kan inneholde mineraler eller organiske stoffer, kan bekreftes av NVEs oversikt over tilløpsvassdrag til Osensjøen, hvor vanntypen beskrives som «Små, kalkfattig, humøs» (NVE, i.d.-b). På figurene under (figur 7 og 8) ses farget is, som tyder på organiske stoffer i vannet.



Figur 7. Farget is før innløpet og på siden av innløpet (til høyre i bildet) til stikkrenne Ø3 ved Osensjøen.



Figur 8. Farget is ved utløp av stikkrenne Ø3 ved Osensjøen.

Nedbør

Nedbør, både i form av regn og snø, har stor innflytelse på kjøvingsfenomen. Snø blir omtalt under *Termisk regime*. Mengden og fordelingen av regn om sommeren avgjør den tilgjengelige vannmengden som kan forsyne kjøvingen om vinteren (Carey, 1973; Yu et al., 2005). Jo senere om sommeren eller høsten store mengder regn kommer, desto større effekt

får det til å støtte isdannelsen. Rike nedbørsforhold gir rikelig med grunnvann som kan støtte tilførselen til elver og kilder gjennom vinteren, og som kan mette bakken over de impermeable lag som kan finnes lokalt. På samme måte kan manglende nedbør om sommeren, eller spesielt sensommer og høst, føre til mer moderate kjøving, eller at det ikke blir kjøving på steder hvor det vanligvis opptrer (Carey, 1973; Yu et al., 2005). Mye vann i grunnen kan særlig gi utslag som kjøving hvis det er en lang tørr kuldeperiode uten snødekke som kan isolere bakken. Grunnvannet kan fortsette å sive ut, men fryser på overflaten relativt raskt (NVE, 2012).

3.3.2 Topografi

Det har i følge Carey (1973) vært observert en større tendens til kjøving i bratt topografi enn i områder med flattere relieff. I brattere terreng flyter grunnvannet under en høyere hydraulisk gradient, og derfor er det større trykk tilgjengelig for å tvinge avgrenset grunnvann til overflaten. Andre faktorer er at bekker i brattere terreng generelt er karakterisert med grunnere kanaler, og dermed tynnere isdekke som effektivt bremser vannstrømmen og tvinger den til overflaten. Dessuten er dybden til permeabel grunn generelt mindre i øvre, brattere deler av et nedbørsfelt, som gir mindre muligheter for vann til å flyte under bakken (Carey, 1973).

3.3.3 Termisk regime

Varigheten og intensiteten til kaldt vær en viktig faktor. Temperaturer under bakken, som regulerer forholdene til vannkilden og langs overføringsveiene, respondere på endringer i lufttemperatur. Responsen er noe forsinket og dempet, og er avhengig av materialet (elveis eller type jord og fuktighetsinnhold) og dybden. Dermed kan årsakene som fører til elve- eller bakkekjøving følge lufttemperaturen i omgivelsene i signifikante perioder (Carey, 1973).

Lufttemperaturer kan også påvirke form og størrelse på kjøving til en viss grad. Veldig lave temperaturer favoriserer frysing av kjøvingens vanntilførsel nær utgangspunktet, og fører til tykkere kjøving over mer moderate områder. Mildere frysetemperaturer tillater vannet å spre seg lengre før det fryser, noe som fører til bredere, men tynnere svellis. Inversjon av vintertemperaturer i daler, et resultat av topografi, gjør at dalområder er mer utsatt for lave lufttemperaturer og fører til bedre forhold for kjøving (Carey, 1973).

Snø

Endringer i snødekkeforhold kan signifikant endre påvirkningen lufttemperatur har på det termiske regime i bakken (Zhang, 2005). Snøoverflaten har høy albedo (måling av refleksjonsgrad til en overflate (Holden, 2008)) som leder til en reduksjon i absorbert solenergi og en senkning av snøoverflatetemperatur. Snø har også en relativt høyere termisk emisjon som fører til en økning i den utgående langbølgede strålingen, som dermed kjøler ned snøoverflaten (Zhang, 2005). Snø har en ekstremt lav termisk konduktivitet og virker som en svært god isolator mellom atmosfæren og landoverflaten, og kan dermed hemme forplantningen av lave temperaturer ned i bakken, reduserer dybden sesongfrost når ned i bakken, og tykkelsesutviklingen til elveisdekket (Carey, 1973; Zhang, 2005). Mye snø i de første to eller tre månedene av vinteren kan ha en slik effekt at kjøvingen resten av vinteren blir minimal eller ikke-eksisterende. Korresponderende kan lite eller ingen snø i denne perioden føre til omfattende og alvorlige kjøving (Carey, 1973; Londagin, 1968).

Når vinteren beveger seg mot siste halvdel, blir tykkelsen på snødekket mindre viktig for å hemme kjøving. Akkumulasjonen av et tykt snødekke i denne delen av vinteren, bidrar hovedsakelig til å preservere det termiske regimet som er etablert i grunnen tidligere på vinteren, og kan forlenge perioden hvor kjøvingen er aktiv (Carey, 1973; Mawhinney, 1979; Zhang, 2005). Kjøvingen er i følge Mawhinney (1979) størst på slutten av vinteren, når snødekket er på sitt maksimum, hvis det da preserverer lave temperaturer som skyldes tidligere frost og minimum snødekke.

I følge forskningen til Vinson og Lofgren (2003), kan man fra klimadata datert tilbake til 1922 i Denali park, se en sammenheng mellom tykkelse på snødekket og mengde kjøving. Det viste at når det maksimale snødekket nådde rundt 50 cm tykkelse var det ikke kjøving, noe Vinson og Lofgren (2003) selv trekker frem at stemmer godt overens med påstanden til Muller (1947), som mente at et snødekke mindre enn en halv meter kunne føre til kjøving. Dataene til Vinson og Lofgren (2003) viste at når den gjennomsnittlige snømengden var tykkere enn rundt 25 cm for oktober, november og desember, ble det ikke kjøving. Vinson og Lofgren (2003) fremhever at det likevel ikke var mulig å identifisere en terskelverdi for fryseindeks hvor kjøving alltid vil oppstå.

Snødybde er i følge Zhang (2005) en av hovedfaktorene som kontrollerer i hvilken grad snødekket påvirker det termiske regimet i bakken i kalde regioner. Når snødekket er relativt tynt med høy albedo og lite isolasjon, fører snødekket til en kjøligere jordoverflate. Den

isolerende effekten når maksimum når snødekket er på optimal tykkelse, som i følge Zhang (2005) blir oppgitt å være rundt 40 cm. Etter det vil den isolerende effekten (varmingen) avta i takt med økningen av tykkelsen til snødekket. Hvis snødekket er tykt nok så snøen kan vare til sen vår eller sommer, kan snødekke ha en generelt nedkjølende effekt på grunn av snøens albedo og effekten av latent varme (Zhang, 2005). Variasjoner i snødybde er mer kritisk for bakketemperatur hvor snødekket er relativt tynt. Snødybdeeffekten er mindre utpreget når den er over 40 cm (Zhang, 2005). En gjennomsnittstykkelse et sted mellom 25 og 40 cm, virker å være optimalt, ut i fra Zhang (2005) og Vinson og Lofgren (2003).

I et eksempel fra Finland, angir Seppälä (1999) at hvis overflaten er holdt snøfri, kan frosten nå ned til en dybde på omtrent 3 meter i grus og grov morene, mer enn 2 meter i silt og siltig morene, og omtrent 2 meter i leire og leirig silt. Hvis overflaten er dekket av snø, er frostdybden grunnere. Sesongsnødekke kan føre til høyere bakketemperaturer, redusere frostdybden, og øke jordfuktigheten (Zhang, 2005). Økende vanninnhold i bakken øker varmeledningsevnen, og frostsensitivitet eller frostaktivitet i jord er relatert til kapillaritet (Seppälä, 1999). Siden veier, jernbane, flyplasser og lignende blir holdt fri for snø gjennom vinteren, vil det si at kuldefronten som regel kan trenge dypere ned i disse områdene. Den termiske ledningsevnen er høyere i frosset enn i ufrosset jord, og kulde kan dermed også trenge fortere ned i frossen jord (Seppälä, 1999).

Nettoeffekten av snødekke på bakkens termiske regime og dets omfang er avhengig av timing, varighet, akkumulasjon og smelteprosessen; tykkelsen, tettheten og strukturen til snødekket; interaksjoner/samhandlinger av mikrometeorologiske forhold, lokalt mikrorelieff, vegetasjon og geografisk lokasjon (Zhang, 2005).

Vind

Vind kan spille en rolle i kjøving på to måter. Snødekket kan forflyttes i lokale områder ved vinddrifting, med korresponderende effekt på avanseringen av sesongfrost eller tykkelsen på elveisdekket. En mindre effekt av vind er dens rolle i varmeoverføringsprosesser ved overflaten av aktiv kjøving, eksempelvis ved fremskyndet (hurtigere) frysning av vannet som mater kjøvingen, noe som kan påvirke utviklingen (Carey, 1973).

Trekk er en annen side av vind, som tas opp i neste punkt, om skorsteinseffekten.

Pipe/skorsteinseffekt

Luftskiftet man får av vindtrykket og den termiske oppdriften, som kommer av temperaturforskjeller inne og ute, når det gjelder ventilasjon i bygninger, kalles skorsteinsvirkning eller skorsteinseffekt (SNL, 2009). Det samme prinsippet gjelder trolig skorsteinseffekten i stikkrenner, med termisk oppdrift på grunn av vind og temperaturforskjeller inni og utenfor stikkrennen.

Statens vegvesen (2014) og Jernbaneverket (2015) omtaler kort skorsteinseffekten (også kalt pipeeffekten) som «[...] kaldlufttrekk gjennom lengre kulverter/ledninger med stort lengdefall [...]» (Statens vegvesen, 2014, p. 156). Rett og slett kald luft som strømmer gjennom stikkrennen (Statens vegvesen, 2014).

Biologiske påvirkninger

Når mennesker og/eller dyr beveger seg i områdene hvor det kjøver, for eksempel i bekker eller grøfter like ved stikkrenner, kan dette påvirke kjøvingen, for eksempel på grunn av tettpakking av snø, som kan bidra til blokkering. Viltkameraene fanget opp tilfeller hvor dyr beveget seg i eller ved stikkrennene og bekken, se eksempel figur 9.



Figur 9. Viltkameraet fanger et bilde av en rev som går i stikkrenne D2 på Dovre, og gikk her gjentatte ganger.

3.3.4 Antropogen påvirkning og effekt på kjøving

Veger, jernbane, flyplasser og andre arbeider av mennesker som påvirker det naturlige, fysiske miljøet kan ha en betydelig og dramatisk effekt på kjøving (Carey, 1973). Fjerning av vegetasjon, skjæringer og fyllinger i jord, utgraving av berg og drenering er noen eksempler på aktiviteter som grunnleggende endrer det naturlig termiske regimet i bakken og det hydrologiske regimet til både grunnvann og overflatevann (Carey, 1973; Mawhinney, 1979; Vinson & Lofgren, 2003).

Endringer i det termiske regimet

Fjerning av vegetasjon og organisk jord, som generelt har bedre bakkeisolerende egenskaper enn konstruksjonsmaterialene som erstatter det, eller den underliggende mineraljorden som blir avdekket, kan føre til økt frostdyp. Denne økningen i nedtrengning av sesongfrost kan skape eller øke oppdemmingen av grunnvannsstrømmen i umiddelbar nærhet, og slik føre til kjøving. Områder som holdes snøfrie om vinteren, som veger, fører til dypere nedtrengning av sesongfrost, siden isolasjonen av snø ikke er til stede. Dermed kan en veg føre til et kontinuerlig frossent jordbelte som demmer opp under det i signifikant utstrekning, og dermed, som en konsekvens av egen eksistens, blir påvirket av kjøving (Carey, 1973; Seppälä, 1999). Se eksempel figur 6, fra Vinson og Lofgren (2003), som også er å finne i Carey (1973).

Broer over elver kan utøve en termisk effekt på elvefrysingen som kan føre til dannelse av kjøving. Broen skjærmer den vanlige elveisen fra snøakkumulasjon, i forhold til elver i åpent landskap. Den reduserte eller manglende snømengden under broen fører til høyere varmetap fra den delen av elveløpet/isdekket, og som en konsekvens blir isdekket tykkere her enn andre steder. Brodekket kan også kaste skygge på isdekket, slik at deler av isen ikke får sollys. Større varmetap og fortykning av isdekket kan oppstå i det skyggefulle området. Dette kan føre til restriksjoner på vannstrømmen som kan initiere kjøving. Mulig reduksjon av nattlig varmetap på grunn av brodekket er vurdert å være mindre signifikant enn den kombinerte termiske effekten av broen som kan resultere i kjøving (Carey, 1973).

Endringer i det hydrologiske regimet

Av minst like stor effekt som endringer i det termiske regimet, er endringer i det hydrologiske regimet. Konstruksjoner som veger, jernbane og annet endrer topografien permanent og tilføyer en menneskelig komponent i den lokale geologien. Skjæringer og fyllinger forstyrrer det naturlige grunnvannsregimet, skjæringen kan bryte grunnvannsspeilet og fyllinger kan

komprimere og til en viss grad redusere permeabiliteten til naturlig organisk jord under fyllingene, og også blokkere naturlige dreneringsveier (Carey, 1973; Seppälä, 1999; Vinson & Lofgren, 2003).

I tilfeller med skjæringer kommer vann lett i kontakt med den kalde atmosfæren og skaper kjøving hvor det ikke er kjøving under naturlige forhold. Kjøvingen vokser i skjæringen, fyller grøften med is, og går etter hvert over vegoverflaten. Under slike forhold kan tykt snødekke være en ulempe, fordi det isolerer vannet der det siver ut av skjæringen og i grøften. Vannet kan dermed renne under snøen uten å fryse, og dermed nå vegen, hvor det fryser på det snøfrie dekket (Carey, 1973).

Snøbrøyting kan forverre en elvekjøving. Rygger av kompakt snø som er avsatt ved kjøveoverflaten parallelt og på hver side av broen kan virke som demninger for overvannet som forsyner kjøvingen. Konsekvensen blir at isoverflaten heves høyere enn det ville gjort uten disse demningene. Dette kan være grunnen til at det ofte ses tykkere kjøving oppstrøms for broen enn nedstrøms. En slik forskjell i isnivå også kan skyldes den hydrauliske effekten til broen, ved at den smalner inn elveløpet (Carey, 1973).

Under bygging av eksempelvis veger og jernbane, blir gjerne små elvekanaler og bekker endret på en måte som forverrer kjøvingssituasjonen. Små naturlige bekker har gjerne en utvikling som hindrer kjøving. De kan være smale og dype, og de kan være omgitt av overhengende vegetasjon som holder tilstrekkelige mengder med snø. Begge disse forholdene minker varmetapet fra bekken. Under bygging blir gjerne vegetasjon fjernet, og kanalene rettes og graderes i brede og grunne tverrsnitt. Ofte blir bekkegradienten også mye slakere. Resultatet av disse endringene er at bekkene blir mye mer utsatt for store varmetap og omfattende frysing, og kan lettere begynne å kjøve. Dermed er det gjerne ugunstige aspekter ved designet og bivirkning av kanalforbedringen som fører til kjøving, heller enn utformingen til dreneringskonstruksjonen som er involvert (Carey, 1973).

Dreneringskapasitet

Utilstrekkelig hydraulisk kapasitet til dreneringskonstruksjoner kan initiere eller bidra til alvorlighetsgraden til kjøvingen. Kulverter og små broer som er designet for å takle en maksimal avrenning er gjerne for små og har ikke plass til isvolumet før det blir helt blokkert, ifølge Carey (1973). Når de er blokkert, får gjerne isvolumet en markert økning oppstrøms for dreneringskonstruksjonen. Kjøving kan føre til at vann dreneres til områder langs veg eller

bane som ikke har dreneringssystemer, fordi de ikke er nødvendige om sommeren. Utilstrekkelig dreneringskapasitet til å takle kjøving, både i forhold til kapasitet og antall, fører til tilsvarende mer alvorlige effekter av kjøving på konstruksjoner (Carey, 1973). I sin håndbok om vegbygging, har Statens vegvesen (2014, p. 156) selv skrevet at «*Det er viktig å utforme utløpet slik at det er rom for iskjøving uten at røret stenges.*»

3.4 Klimaendringer

Klimafremskrivninger er beregninger av hvordan klimaet kan se ut frem i tid, og alle klimafremskrivninger er heftet med usikkerhet (Norsk klimaservicesenter, 2015). Det er ventet høyere gjennomsnittstemperatur og flere intense regnskyll i Norge som følge av klimaendringene. Dette kan gi flere flom- og skredhendelser (Bye, 2013).

I følge Zhang (2005) vil klimaendringer trolig resultere i varmere vintre som fører til mindre snøfall. Disse endringene kan gi en senkning i bakketemperaturer og en økning i bakkefrosten på grunn av mangelen på et isolerende snødekke (altså kaldere jord i en varmere verden) og endringer i jordvannodynamikken under den viktige snøsmelteperioden (Zhang, 2005). Resultater fra snømanipuleringseksperimenter i nordøstre USA indikerer at milde vintre med lavt snøfall resulterte i økt jordfrost (Groffman, 2001; Hardy et al., 2001). Disse resultatene antyder at et klimaskifte mot mindre snøfall eller kortere varighet av snø på bakken vil føre til økt jordfrost i nordlige breddegrader. Zhang (2005) fremhever at tilbakevirkningsmekanismen av økt jordfrost til klimasystemer ikke er godt kjent, og trenger videre undersøkelser.

«*Hovedtendensen for Norge som helhet er at det blir varmere og våtere, det er spesielt vinteren som blir varmere. Typisk ligger oppvarmingen på 2 °C i gjennomsnitt over året. [...]*» (Meteorologisk institutt, i.d.-a) Den årlige nedbørmengden er ventet å øke i hele landet, med variasjoner mellom landsdelene (SNL, 2015a), og til dels store regionale og lokale variasjoner (Bye, 2013). Regionale variasjoner kan bli forsterket, og det kan bli "*mer beskjedne endringer*" i deler av indre Østlandet (Meteorologisk institutt, i.d.-a).

Det kommer trolig til å bli varmere vintre i innlandet, med mer snø i høyere strøk, og mindre i lavlandet (Meteorologisk institutt, i.d.-a). I følge Carey (1973) er det større fare for kjøving i dalbunnen, blant annet på grunn av inversjon. Med mindre snødekke og muligens i kortere perioder, kan det føre til større sannsynlighet for kjøving. Bli det derimot varmere og tørrere på Østlandet på sommeren, med fare for tørke, kan det på sin side føre til mindre kjøving.

3.5 Tiltak mot kjøving nevnt i litteratur

Her blir det redegjort kort for noen ulike tiltak nevnt i litteraturen.

Kjøvingsproblemer er komplekse og vanskelige å forebygge. Egenskapene til svellisen er avhengig av tilførselen av vann, topografi, klima etc. Selv om prinsippene om hvordan isen formes er kjent, er det fortsatt en stor utfordring å kontrollere kjøvingsproblemene i praksis (Yu et al., 2005). Kostnader og beskyttelse av miljøet bør regnes med før en tar en beslutning om kontrolltiltak. Generelt vil veger kunne føre til kjøvingsproblemer, og de bør ikke anlegges nedstrøms for vannkilder. Feltkartlegging og datasamling om kjøving på lokale steder er viktig for å redusere kjøvingsproblemene på veger før planlegging og design (Yu et al., 2005).

I noen tilfeller kan det være mulig å forebygge kjøving, og Mawhinney (1979) fremhever viktigheten av å gjøre skikkelige undersøkelser for å finne årsaken til kjøvingen, blant annet fordi årsaken gir hvilke tiltak som vil bli mest effektive (Mawhinney, 1979; Vinson & Lofgren, 2003). Ufullstendig forståelse av kjøvingsfenomenets natur har ført til feil bruk av ulike tiltak, og som en konsekvens av dette har noen tiltak fått ufortjent dårlig kritikk og rykte (Mawhinney, 1979). Ikke alle tiltak er like gode, og ikke alle fungerer på samme type kjøving. Londagin (1968) konkluderer med at få generaliserte utsagn kan bli gjort om passive eller aktive tiltak av kjøvingskontroll. Ved å studere hvert kjøvingsområde kan det forstås, og når det er forstått kan det bli kontrollert eller forebygget (Londagin, 1968). Selv om type kjøving antas å være kjent, kan det likevel være vanskelig å få til vellykkede tiltak (Carey, 1973)

For å kontrollere eller forebygge kjøving blir økonomi et viktig aspekt. Dersom all kjøving kunne blitt kontrollert uten bekymring for kostnader eller arbeidstimer, ville det ikke vært noe problem, i følge Londagin (1968). Det er mange tradisjonelle tiltak for å håndtere kjøving, men de har ikke alltid vært like effektive, de kan også være veldig kostbare eller arbeidskrevende (Yu et al., 2005). I følge Seppälä (1999) kan geomorfologer forutse slike utfordringer ved å analysere landformer, vannveier og vegetasjonsmønster. For eksempel vokser Vier (*Salix*) på steder hvor grunnvannsspeilet er nært overflaten, og er en indikasjon på et sted som kan være utsatt for kjøving (Seppälä, 1999).

Det er nevnt flere ulike tiltak hos Jernbaneverkets tekniske regelverk, da «*Problemer og skader på stikkrennene står meget sentralt ved drift og vedlikehold av eldre*

jernbanestrekninger i Norge.» (Jernbaneverket, 2015), samt at de ofte støtter seg til Statens vegvesens håndbøker og retningslinjer (Statens vegvesen, 2014).

Videre omtales kort noen få av mange tiltak som har vært forsøkt mot kjøving gjennom årene, fra flere steder i verden.

3.5.1 Tining av is

En kan tine og fjerne svellis som har dannet gjennom kjøving, men som Statens vegvesen selv sier er det *"et krevende og risikofylt arbeid som også er til hinder for trafikken"* (Reitan, 2013). Det finnes flere måter å tine is på, her presenteres kort noen av dem.

Steaming

I Norge er bruk av steam den vanligste metoden for å åpne gjenfrosne stikkrenner. En dampkjele produserer damp med høy temperatur og trykk, som ledes gjennom en slange dit en vil tine isen. Slangen presses gjennom stikkrennen og tiner isen etter hvert (Reitan, 2013). Noen slanger ligger permanent i stikkrennen, som en leder damp gjennom ved behov.

Siden dette ikke er et permanent tiltak, anbefaler Jernbaneverket (2015) at dette ikke brukes som et primærvalg for stikkrenner som ofte iser.

Ice Guard System (IGS)

I Statens vegvesens rapport (Reitan, 2013) testes det ut en alternativ løsning for tining av grøfter og stikkrenne, og kalles IGS (Ice Guard System). *"Metoden er utviklet og leveres av et Narvik-firma, HeatWork, og er prøvd både av Narvik kommune, Jernbaneverket og Statens vegvesen i samarbeid med Mesta."* (Reitan, 2013)

IGS-metoden gjør bruk av varm (frostsikker) væske som sirkulerer i et lukket system, og tiner opp isen som ligger rundt. Dette kan være faste installasjoner i stikkrenner, eller slanger som legges ut på isen i grøfter. Varm væske får en fra et aggregat som står på en tilhenger eller pick-up (Reitan, 2013). Aggregatet kan løftes vekk fra kjørebane (og trolig jernbane), og trafikken kan derfor gå uhindret forbi mens isen tines. Metoden sies også å være enklere og tryggere å bruke enn steamkjele. Reitan (2013) oppgir at stikkrenner som er lett tilgjengelige og enkle å finne åpningen på, kan åpnes like raskt med steam. Det er altså de stikkrennene som ligger litt vanskeligere til som helst drar nytte av denne metoden. Slik som *"Grøfter*

mellom rekkverk og fjellskjæringer er vanskelig å åpne med gravemaskin og umulig med veggøvel." (Reitan, 2013).

Varmekabler

Etter artikkelforfatteren Londagin (1968) sin kjennskap, var han den første til å bruke varmekabler for å kontrollere kjøving langs veger. The Department of Highways, South Central District (i Alaska), brukte disse varmekablene for første gang i 1963 (Londagin, 1968). Varmekabel kan brukes på steder hvor det er tilgang på strøm, og behov for å tine hyppig (Reitan, 2013).

Dette blir også brukt på Dovrebanen der en lampe som lyser, vendt mot banen, viser om varmekablene er slått på og fungerer, slik at man kan se det på en enkel måte når man kjører forbi med et arbeidstog og gjør annet arbeid på linjen (Odde, 2015). Det gjør at det ikke nødvendigvis kreves stans og nøye sjekk hver gang man passerer.

Fremskyndet smelting

En kan også fremskynde smelting av is ved å strø på sand og grus, aske, eller annet materiale som absorberer solenergi. Dette blir blant annet brukt av NVE (2010) på elver for å redusere problemer under isgang, men også av grunneiere og andre for å fremskynde smeltingen av svellis, blant annet på traktorveger (Trøstaker, 2015).

Dette kan føre til at både smelting og opptørking av bakken fremskyndes, og veger kan tas i bruk fortere, blant annet for å få ut tømmer ol. som isen hindrer transport av om vinteren eller tidlig vår (Trøstaker, 2015). NVE (2010) påpeker også viktigheten av å bruke et materiale som ikke fører til noen form for forurensning.

3.5.2 Terrenggrøfter

Det er utviklet en rekke forskjellige teknikker for å drenere vann langs og gjennom vegfyllinger for minimere vanskeligheter. Grunnvannet kan samles i dreneringsrør ved en frostfri dybde før det når vegen, og deretter dreneres inn i vinterkulverten. Dette vil holde den opprinnelige store kulverten åpen og isfri for våravrenningen og snøsmeltingen (Seppälä, 1999). Passive måter å avskjære og drenere grunnvannet ble utviklet og praktisert mer utbredt i Russland, for eksempel ved bruken av frost-belter (frost belts) (Londagin, 1968). Dette er en grøft 1 til 10 meter bred og 0,5 til 2,5 meter dyp hvor alt det naturlige isolasjonsmaterialet er fjernet. Disse beltene skal lages før frysingen starter om høsten og skal bli holdt snøfrie

gjennom vinteren (Londagin, 1968). Et frostbelte kan føre til at frosten trenger langt nok ned i bakken til å avskjære grunnvannsstrømmen, slik at kjøving eventuelt skjer lengre unna vegen, hvor det ikke gjør skade. Dette gjelder særlig i forhold med bakkekjøving (Mawhinney, 1979).

Også Norem, Flesjø, Sellevold, Rødin, og Viréhn (2016) trekker frem viktigheten av å samle vannet i relativt smale nedløp for å få mindre problemer med kjøving, da en konsentrert vintervannføring er mindre utsatt enn vann i små mengder som spres over en stor flate. De fremhever terrenggrøfter, grøfter mer eller mindre parallelt med veg eller bane, utenfor veg eller baneområdet, som kan samle vannsig og føre det til naturlige vannveger. Dette gjelder særlig vannsig i nærhet av skjæringer, hvor isnedfall er en reel fare, men som også kan fylle grøfter og tette stikkrenner.

3.5.3 Endring av bekkeprofiler og grøfter

I Vassdragshåndboka til NVE (2010) er det blant annet nevnt kanalisering og opprensning som metoder for å bøte på kjøving i mindre elver og bekker. Smale og dype bekkefar kan være å foretrekke. Det kan også utdypes og etterfylles med grov stein i bunnen, slik at vannet renner mellom steinene og er mindre utsatt for å fryse (NVE, 2010). Kanalisering og utretting kan ha uheldige virkninger for vassdragsmiljøet (NVE, 2010), og kan også ha betydning for erosjon, og må derfor vurderes sterkt mot nytten av tiltaket.

Også Londagin (1968) og Seppälä (1999) nevner konstruksjon av dype, smale kanaler. Vannet gis liten sjanse til å fryse på grunn av den begrensede overflaten som er i kontakt med atmosfæren, og varmetapet er holdt til et minimum. Denne metoden har blitt brukt på små bekker av Londagin (1968), men han kan ikke se noen grunn til at det ikke kan gå på større elver også.

Mawhinney (1979) og Carey (1973) nevner også modifisering av elvekanalen, blant annet ved å grave ut en smal og dyp grøft som kan transportere vannet forbi kritiske steder, i deler av bekk- eller elveleiet, slik at vintervannføringa blir konsentrert, men det også er rom for økt vannføring ellers i året, se figur 10. De trekker frem arbeidsmengden som kan komme av vedlikehold, da den smalere kanalen kan fylles med sedimenter, og mister sin effekt med mindre det renskes opp. Steinfylte gabionnett kan brukes for å bygge opp stabile kanalvegger, som i figur 10.



Figur 10. Bildet viser en en smal dyp kanal for vintervannføring, i Alaska 1968. Kanalveggene er laget av steinfylte gabionnett. Bilde hentet fra Carey (1973)

Grøfter langs veg har andre krav til trafikksikkerhet enn de langs jernbane. Ulike hensyn må tas, og smale og dype grøfter som er mer gunstige for å motvirke kjøving og svellis i grøfter og stikkrenner, må kanskje vike for mer trafikksikre vide og grunne grøfter (Norem, 2016; Norem et al., 2016; Statens vegvesen, 2014). Dette vil omtales mer under diskusjonskapittelet.

3.5.4 Dreneringsgrøfting i is

En kan grave grøfter i selve isen, slik at avrenninga samles i grøfta og konsentreres der, heller enn å kjøve utover andre steder en ikke ønsker. NVE (2010) fremhever at slike isgrøfter vil ha «*størst effekt på ettervinteren eller utenom sterke kuldeperioder tidligere på vinteren.*». Slik grøfting utføres gjerne med gravemaskin med smal grøfteskuffe og skarpe tenner.

3.5.5 Sprenging

Store ismasser kan også sprenges vekk, eller sprenges for å skape sprekker i isen og øke vannstrømmen (Carey, Huck, & Gaskin, 1966-70; Odde, 2015). Dette blir ikke gjort i like stor grad som tidligere, det er nå mer vanlig å bruke gravemaskin for å grave vekk ismassene, i følge banemannskapet i Dovrebanen Sør, ved Odde (2015).

3.5.6 Kvister og isolasjonsmatter

Kvister og isolasjonsmatter er noe av det som er blitt brukt og er godt kjent av Jernbaneverket (2015) Kvister sies å hindre kjøving i de fleste tilfeller både ved innløp og utløp, men er avhengig av lokale forhold og snøforhold (Jernbaneverket, 2015).

Detteses også fra spørreundersøkelser utført blant flere vegstasjoner/ansvarlige i Alaska av Carey et al. (1966-70). Her kom det opp flere materialer som ble brukt for å isolere kulvertene, blant annet tjærepapir, plastark, striesekker, kryssfiner, grantrær og mer. Londagin (1968) og Carey (1973) nevner også isoleringer av kritiske seksjoner som en mulig løsning, for å minske varmetap, men med klare ulemper at de er tidkrevende, og må fjernes før vannføringen øker. Også Jernbaneverket (2015) påpeker arbeidsmengden, selv om grankvister ikke koster så mye, er det tidkrevende å hogge og plassere dem der de skal, og fjerne dem om våren. I tillegg fremheves faren for å glemme både kvister og isolasjonsmatta, eller at det i varmeperioder med plutselig økning i vannføring kan føre til tetting av stikkrennene.

3.5.7 Kunstsne og omfordeling av sne

Vinson og Lofgren (2003) mener at den sterke korrelasjonen mellom snødekke og kjøving gir en mulig løsning på kjøveproblemet i Denali park. De foreslår at man kan produsere kunstsne sen høst/tidlig vinter og bruke den til å isolere vannkilder og dreneringsveier, og slik unngå kjøving. I følge Vinson og Lofgren (2003) virker det tilstrekkelig med et lag på 25 cm opprettholdt gjennom oktober, november og desember for å motvirke kjøving. Siden også Zhang (2005) oppgir at 40 cm gir maksimum isolerende effekt, skulle en tykkelse på mellom 25-40 cm trolig være tilstrekkelig for å oppnå ønsket effekt. En må også ta høyde for at snøen kan smelte igjen, omfordeles av vind, og annet som også kan skje under naturlige snøforhold. Med kunstsne har en anledning til å følge opp og produsere mer sne om nødvendig underveis.

Carey (1973) nevner også kort at det kan lages snøgjerdar som fanger opp noe av snøen over elve- eller bekkeleiet, og dermed bli tykt og isolerende på isdekket. Kunstig tildekking med natursne er også nevnt som en mulig metode for å hindre fortykning av isdekket over elver og bekker, i følge Carey (1973), se figur 11.

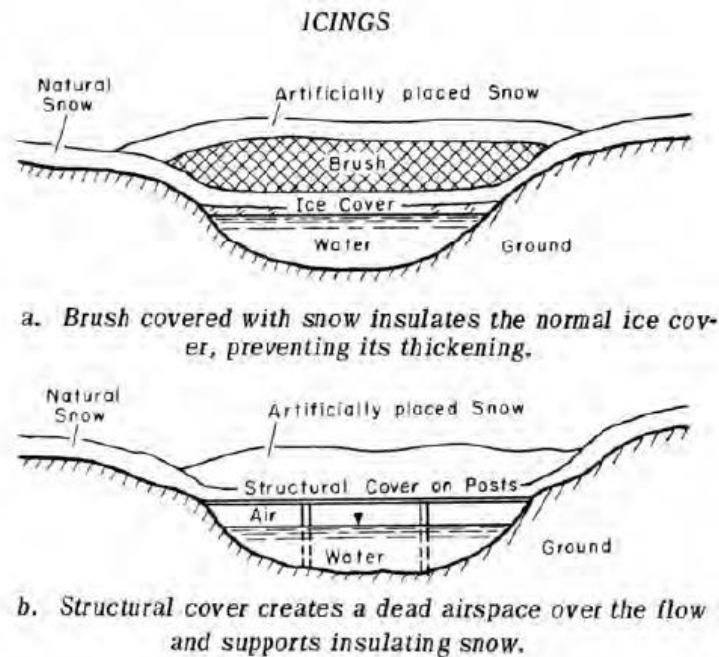


Figure 33. Techniques of insulating rivers.⁶

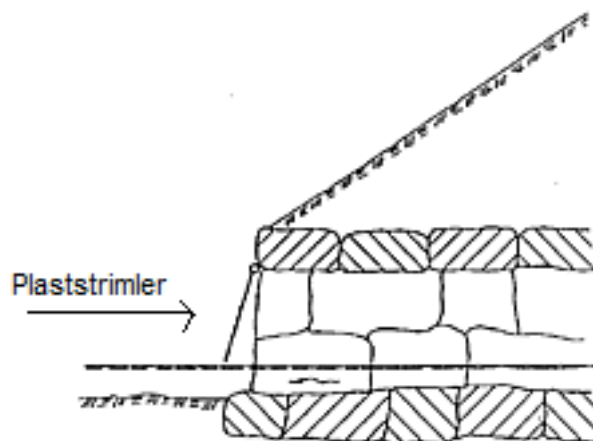
Figur 11. Kunstig tildekking av snø over isdekket, ved hjelp av kvister eller bygde strukturer.

3.5.8 Kuldeskjørt

I sitt tekniske regelverk har Jernbaneverket (2015) også nevnt "*gardin av plaststrimler ved innløp og utløp*", se figur 12. I denne oppgaven velges det å kalle dem kuldeskjørt, fordi det er et greit fellesbegrep uavhengig av materialet som blir brukt. De nevner at det også kan brukes fiberduk, og at tiltaket hindrer skorsteinseffekt. Det Jernbaneverket (2015) trekker frem som fordeler med kuldeskjørt, er at konstruksjonene er ganske varig, krever lite ettersyn og ikke hindrer inspeksjon av rennen. Ulemper er derimot at dette ikke hindrer kjøving foran innløpet, og at det er en viss fare for at kuldeskjørtene fryser fast i bunnen om våren når det er vekslende tining og frysing, noe som også blir nevnt av Braskerud (i.d.). Det er også i følge Braskerud (i.d.) en tanke om at jordvarmen skal holdes lengre i stikkrennen, når ikke snøen gjør det. Dette vil bli diskutert under kapittel 6, *Diskusjon*.

Statens vegvesen (2014) sier selv i sin håndbok om vegbygging, at stikkrenner med diameter på 600 mm eller mindre, normalt ikke krever frostsikring. Som nevnt under kapittel 3.3.3 *Termisk regime - pipe/skorsteinseffekt*, angir de at pipeeffekten «*kan reduseres ved tiltak som reduserer luftgjennomstrømning.*» (Statens vegvesen, 2014, p. 156) Her foreslår de også selv plaststrimler ved innløp og utløp som et mulig tiltak for å redusere luftgjennomstrømning. Også Braskerud (i.d.) nevner i sitt notat at store kulverter oftere fryser igjen enn små.

Denne oppgaven vil forsøke å se på hvilken effekt disse kuldeskjørtene faktisk har, blant annet ved å dokumentere den termiske effekten med termisk målere i tillegg til enkelte viltkamera, på renner med og uten kuldeskjørt.



Figur 12. Illustrasjon av kuldeskjørt/gardin foran stikkrenne, hentet fra Jernbaneverket (2015), redigert av oppgaveforfatter.

4 Metode

Som en videreføring av arbeider/studier satt i gang av Braskerud og Myrabø på østsiden av Osensjøen i Trysil, er det et studieområde med kuldeskjørt og temperaturmålere som har vært oppe siden november 2013. Disse dataene har blitt samlet inn, og forsøkt tolket, og videreført gjennom vinteren 2015/16. I tillegg ble det gjort noen endringer på kuldeskjørtene i Trysil, samt satt opp et viltkamera på en av stikkrennene.

Det ble også opprettet et studieområde i Dovreskogen på Dovre, der temperaturloggere i to stikkrenner under Dovrebanen samlet inn data om kjøving, ved hjelp av temperaturmålere og viltkamera. En renne var med kuldeskjørt, og en uten noe. Det var et mål å kunne sammenligne data fra Dovre mot data fra Trysil, blant annet for å se om det var noen forskjeller eller likheter som er verdt å merke seg, og for å teste ut tiltaket med kuldeskjørt. Ut i fra disse datainnsamlingene (temperaturmålere og viltkamera) kan det forsøksvis trekkes ut noen indikasjoner på om et slikt tiltak har noen effekt, og er verdt å bruke ressurser på.

Hensikten med disse undersøkelsene er å finne ut om kuldeskjørt kan ha en termisk effekt på stikkrenner, og slik hindre at det kjøver og tetter kulvertene.

4.1 Kuldeskjørt

4.1.1 Kuldeskjørt av fiberduk

Bent C. Braskerud (NVE) og Steinar Myrabø (JBV), sammen med ansatte i Mesta Trysil, hadde i forsøksfeltet i Trysil benyttet fiberduk til kuldeskjørt. Dette ble satt opp i november 2013, og stikkrennene er navngitt fra sør og nordover, Ø1, Ø2 og Ø3. Se figur 23 for kart og oversikt over stikkrennene. Det var to lag fiberduk per kuldeskjørt. Disse var kuttet opp i overlappende slisser i innløp og utløp på stikkrennene Ø1 og Ø2, og innløp på Ø3, mens det ved utløpet til Ø3 var en hel duk uten slisser. Disse ble endret i forbindelse med mitt opplegg. Ø1 har beholdt det tidligere oppsettet, mens Ø2 har fått fjernet fiberduken, og Ø3 har fått erstattet fiberduken med plaststrimler, som er nærmere beskrevet i neste underkapittel.

Noen av grunnene som er oppgitt for valg av fiberduk som materiale, er at det er lett tilgjengelig og kjent materiale for Mesta, som oppsettet i Trysil er et samarbeid med. Det er lett å håndtere og forme, er slitesterkt, men kan kanskje revne ved stor belastning. Dette nevner Braskerud (i.d.) som en mulig fordel, hvis det kommer av at stikkrennen holder på å bli blokkert av is eller annet, eller er fryst fast i bunnen slik at det hindrer drenering.

Oppsettet i Trysil er relativt enkelt. Stolper er slått ned på hver side av innløp eller utløp. Tverrbjelker er lagt over, og fiberduken er festet mellom to slike tverrbjelker, med spiker gjennom. Fiberduken er i tillegg plassert på siden, se figur 13. Se også figur 25, 26 og 27 i kapittel 4.4 *Feltdesign*.



Figur 13. Fiberduken er også festet på siden, rundt selve rammen. Fra utløp på stikkrenne Ø1.

4.1.2 Kuldeskjørt av plaststrimler

Kuldeskjørt av plaststrimler fungerer på samme måte som de av fiberduk, bare at det er et annet materiale. Strimlene som ble brukt i denne oppgaven ble kjøpt av Nessemaskin AS, og er samme type som blir brukt som porter på gårder, i industribygninger, kjølelagre osv.

Forarbeidet er noe mer tungvint enn for fiberduk, da festeplater av metall ble montert øverst på hver plaststrimmel, og deretter festet på en metallskinne som ble skrudd fast i tverrbjelken. Dette er ikke nødvendig å gjøre, men det gir mulighet til å fjerne strimlene igjen ved behov på en enkel og rask måte.

Plaststrimlene er 20 cm brede, 2 mm tykke, og av varierende lengde tilpasset stikkrennenes størrelse og terreng rundt, se figur 14. Plaststrimlene er av UV-stabil PVC plast, og er kuldebestandige til $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Nessemaskin, i.d.-b). Før de henges opp, gjøres de klare med omtrentlig lengde og påslag av festeplater. I felt blir lengden finjustert ut fra terrenget, slik at de ikke blir for lange og har større risiko for å fryse fast. Akkurat hvor lange de skal være er et viktig, og vanskelig, aspekt å vurdere. Mer om dette i diskusjonskapittelet. Festeskinnen er i rustfritt stål, med en lengde på 100 cm (Nessemaskin, i.d.-a).



Figur 14. Plaststrimler over utløp til stikkrenne D2 i Dovre. Lengdene er tilpasset terrenget. Enkle verktøy som målebånd og saks i bruk. Festeskinnen og platene gjør det enkelt å fjerne strimlene i perioder, og sette dem på igjen

Oppsettet rundt er mye det samme som for kuldeskjørtene av fiberduk, og i Trysil ble samme oppsettet brukt, bare med en utskiftning av fiberduk mot plaststrimler. I Dovre ble det derimot litt mer utfordrende, da dette var tørrmurte stikkrenner, og det ikke var mulig å sette opp stolper på helt samme måte som i Trysil. Det kom ikke så tett inntil utløpet som på de sirkulære betongrennene i Trysil, se figur 16. På innløpssiden var det ikke mulig å slå ned stolper i det hele tatt, men måten det var murt på gjorde det mulig å legge en stolpe på tvers som tverrbjelke, og feste strimlene i denne, se figur 15. Ulempen her er at denne kan rulle rundt og flytte på kuldeskjørtet, og kanskje føre til at disse faller ned. Det er vanskelig å få en jevnlig oversikt over dette, blant annet fordi viltkameraet er montert mot utløpssiden.



Figur 15. Innløp på stikkrenne D2 i Dovre.

Fordelen med å montere med både festeplate og festeskinne, er at det gjør utbygging/demontering for vedlikehold og reparasjon enkelt. Strimlene kan også enkelt tas vekk ved varmeperioder, i forkant av store nedbørsmengder, eller annet om dette skulle være ønskelig.



Figur 16. Kuldeskjørt av plaststrimler foran innløp på stikkrenne Ø3 i Trysil.

4.2 Temperaturloggere

Typen logger som ble benyttet er Vemco Minilog-II-T Temperature Data Logger, med et temperaturspenn på -30 til +80 °C. Oppløsning: 0,01 °C (-5/+35 °C), minne på 1 million prøver per utsetting, og en batteritid på opptil 10 år. De er produsert i Canada, og registrert som et oseanografisk forskningsinstrument (Vemco, 2013), se figur 17. Loggerne har en lengde på 9,8 cm, og en diameter på 2,3 cm. De veier 52,2 gram (Vemco, 2013).

Temperaturloggerne fra november 2013 ble samlet inn manuelt i oktober 2015, og tatt med til NVE for datatømming, før de ble satt ut igjen i november 2015. Prosessen ble gjentatt på våren 2016, hvor data fra vinteren 2015/2016 ble samlet inn og tolket. Se figur 42, under kapittel 5 *Resultater*, for skisse over plassering av loggerne. Microsoft Excel og Minitab 17 ble brukt for å fremstille resultatene fra loggerne.



Figur 17. Bilde av temperaturloggere som er benyttet i stikkrennene og i luft. Her med isolasjon mot betongtaket i stikkrenner. Foto: Bent C. Braskerud, (2013).

4.2.1 Feste/oppsett av temperaturloggere

I Trysil var det ordnet fester inne i stikkrennene, som gjorde det relativt enkelt å hente loggerne ut, og feste de igjen. En bolt med mutter som måtte skrus ut var den enkle og effektive løsningen. Loggerne ble festet i innløp, utløp og i luft i nærheten, fortrinnsvis skyggefullt for ikke å bli påvirket av solen (se figur 42 for skisse av oppsettet). I studieområdet på Dovre ble loggerne festet med skruer i steinrenner, hvor de ble forsøkt

kilt/skrudd fast mellom steinblokker i tak/side. Temperaturmålerne som hang i friluft ble festet med strips på trær og stolper i begge studieområdene.

Utsett av temperaturloggere Dovre 09.11.15

Firkantete, steinsatte renner.

Loggernr.	Sted	Satt ut kl.	Type forheng	Diameter
355364	D3 Innløp	12.20	Ingen	60 x 60 cm h/b
354189	D3 Luft	12.20		
355363	D3 Utløp	12.50	Ingen	60 x 60 cm h/b
354184	D2 Innløp	13.20	Plast	60 x 50 cm h/b
355361	D2 Utløp	13.30	Plast	60 x 50 cm h/b
355360	D2 Luft	13.30		

Utsett av temperaturloggere Trysil 12.11.15

Sirkulære betongrenner.

Loggernr.	Sted	Plassering inn	Satt ut kl.	Type forheng
354182	Ø1 Innløp	80cm	Ca. 13.00	Fiberduk
354191	Ø1 Utløp	200cm	"	Fiberduk
354187	Ø1 Luft		"	
	32V0660323/6780828			
354192	Ø2 Innløp	90cm	Ca. 13.30	Ingen
354193	Ø2 Utløp	100cm		Ingen
354183	Ø2 Luft			
	32V0659454/6782168			
354190	Ø3 Innløp	80cm	Ca. 14.15	Plast
354188	Ø3 Utløp	170cm	"	Plast + viltkamera
354185	Ø3 Luft			
	32V0656010/6786889			Ca 90/100cm i diameter

4.3 Viltkamera

Det ble brukt viltkamera i dette feltarbeidet for å kunne følge med på og dokumentere isutviklingen, men også for å teste ut muligheten for et relativt rimelig overvåkningsverktøy. Viltkamera kan sende bilder en eller flere ganger i døgnet, slik at en kan følge med på utvikling og sette inn tiltak når det er nødvendig, også hvis en ikke har anledning til å holde oppsyn med området rent fysisk.

Viltkameraene som ble brukt, var tre stykk *Uovision UM 562 MMS* (se figur 18). Disse kameraene har en bildekvalitet på opptil 12 megapiksler, og kan ta bilder både i dagslys og mørke. I godt dagslys tar det fargebilder, i dårlig dagslys og mørke tar det svart-hvitt-bilder. Bildene angir blant annet dato, tidspunkt, månefase og temperatur. Kameraene ble installert med SIM-kort, og benytter GSM teknologi for å sende bilder direkte til epost og/eller som MMS til mobiltelefon (Friluftsmagasinet, 2015).

I tillegg til selve viltkameraene måtte det til 3stk 16GB SD kort, og totalt 36 AA batterier, Det ble brukt Lithium-batterier siden disse er anbefalt fremfor alkaliske, særlig i kulde (Friluftsmagasinet, 2015).



Figur 18. Viltkamera Uovision UM 562, MMS, bilder hentet fra (Friluftsmagasinet, 2015)

4.3.1 Oppsett av viltkamera

Viltkamera ble satt opp i Dovre 30.10.15. Viltkamera D2 ble plassert mot utløp på km 318,880 og viltkamera D3 mot innløp på km 318,780 (Måleverdi brukt av Jernbaneverket, angir avstand fra Oslo Sentralbanestasjon). Alle kamera fungerte og kunne sende fra der de sto. Oppsettet på kameraene ble endret 09.11.15, da kamera D2 og D3 ble satt på en GorillaPod, se figur 19 og 20. Dette gav noe bedre bilder, da vinkelen ble mer hensiktsmessig. Det tredje kameraet ble satt opp i Trysil, mot utløpet til Ø3. Dette fordi det var oppsettet med plaststrimler som var av størst interesse å få dokumentert. Det ble festet med medfølgende bånd og strips, da det helst skulle være så lite synlig som mulig. Se figur 21 for plassering og synlighet.



Figur 19. GorillaPod, brukt som feste til viltkamera, for å oppnå riktig vinkel i forhold til bilder av innløp/utløp på stikkrennene. Bilde hentet fra (Elkjøp, 2015)

Med Gorillapod som er svart og hvit, ville det trolig blitt mer synlig, noe som er en ulempe når det er så nærme veg. Kameraene ved jernbanen hadde fordel av at det er et område med strenge ferdselsrestriksjoner, og det var derfor mindre sannsynlig at folk ferdes der, kunne oppdage og fjerne/stjele kameraene. Dette var det større risiko for ved vegen, der det er fri ferdsel. Det kunne vært mulig å få satt opp informasjonsplakater eller lignende, men samtidig kunne dette tiltrekke seg uønsket oppmerksomhet. Derfor var det vurdert som best at det sto anonymt og umerket, og siden kameraene er laget for å gå i ett med naturen, med et håp om at folk ikke så det, eller i det minste lot det være i fred. Personvern hensyn ble vurdert, men ikke funnet problematisk ved oppsett av viltkameraene, jamfør Lovdata (2010, 2012).



Figur 20. Viltkamera festet med GorillaPod og festebånd.



Figur 21. Utløp stikkrenner Ø3 sett fra vegen. Viltkamera markert med rød sirkel, nokså godt skjult.

4.4 Feltdesign

4.4.1 Trysil

Studieområdet i Trysil var tre stikkrenner under veg, langs østsiden av Osensjøen i Trysil kommune, Hedmark Fylke, se figur 22, 23 og 24. Disse stikkrennene er sirkulære betongrenner, i motsetning til tørrmurte, firkantete renner på Dovre.

Det ble oppgitt at isdannelsen og tetting av stikkrennene her skyldes frysing fra utløp og inn, antatt på grunn av kaldluftdrenering. Det har vært mange problemer med hyppig kjøving, eller speking av stikkrenner, som de sier lokalt i området (Mesta Trysil, 2015/16). Ved svært mange stikkrenner kan en se monterte rør for steaming av rennene, en metode som ble kort omtalt i kapittel 3.5.1 *Tining av is*.



Figur 22. Studieområdet i Trysil avmerket på kart over Sør-Norge, hentet fra Kartverket (i.d.).



Figur 23. Stikkrennene avmerket langs østsiden av Osensjøen, med Ø1 lengst sør, Ø2 lenger nord, og Ø3 lengst nord. Kart hentet fra Kartverket (i.d.), og redigert av oppgaveforfatter.



Figur 24. Trysil kommune i Hedmark fylke, kart hentet fra SNL (2015b).

Stikkrenne Ø1

Ved stikkrenne Ø1 ble kuldeskjørtet av fiberduk som ble satt opp november 2013, beholdt og videreført, se figur 25 ved innløp og figur 26 og 27 ved utløp. Denne rennen ligger lengst sør. Som en kan se i figur 25, ligger innløpet til Ø1 nokså lavt i terrenget.



Figur 25. Innløp Ø1



Figur 26. Utløpet til Ø1 sin beliggenhet mot Osensjøen.



Figur 27. Utløp Ø1. Fortsatt fiberduk i 2015, som ble satt opp i 2013.

Stikkrenne Ø2

Ved stikkrenne Ø2 ble fiberduken skåret vekk november 2015, og rennen sto dermed uten kuldeskjørt vinteren 2015/16. Denne fungerte som en referanserenne i forhold til de med kuldeskjørt. Figur 28 viser innløpet og figur 29 viser utløpet. Rammeverket til kuldeskjørtet står fortsatt, og kan enkelt brukes for å sette opp nye kuldeskjørt.



Figur 28. Innløp Ø2. Fiberduken er fjernet i 2015, fra 2013 til november 2015 var det slisset fiberduk ved både innløp og utløp.



Figur 29. Utløp Ø2. Fiberduken er fjernet i 2015, rammeverket står fortsatt.

Stikkrenne Ø3

På stikkrenne Ø3 ble kuldeskjørt av fiberduk byttet ut med plaststrimler november 2015, figur 30 og 31. Alle rennene har temperaturmålere ved innløp, utløp og i luft like ved (forsøksvis skyggefullt sted skjermet for solinnstråling).

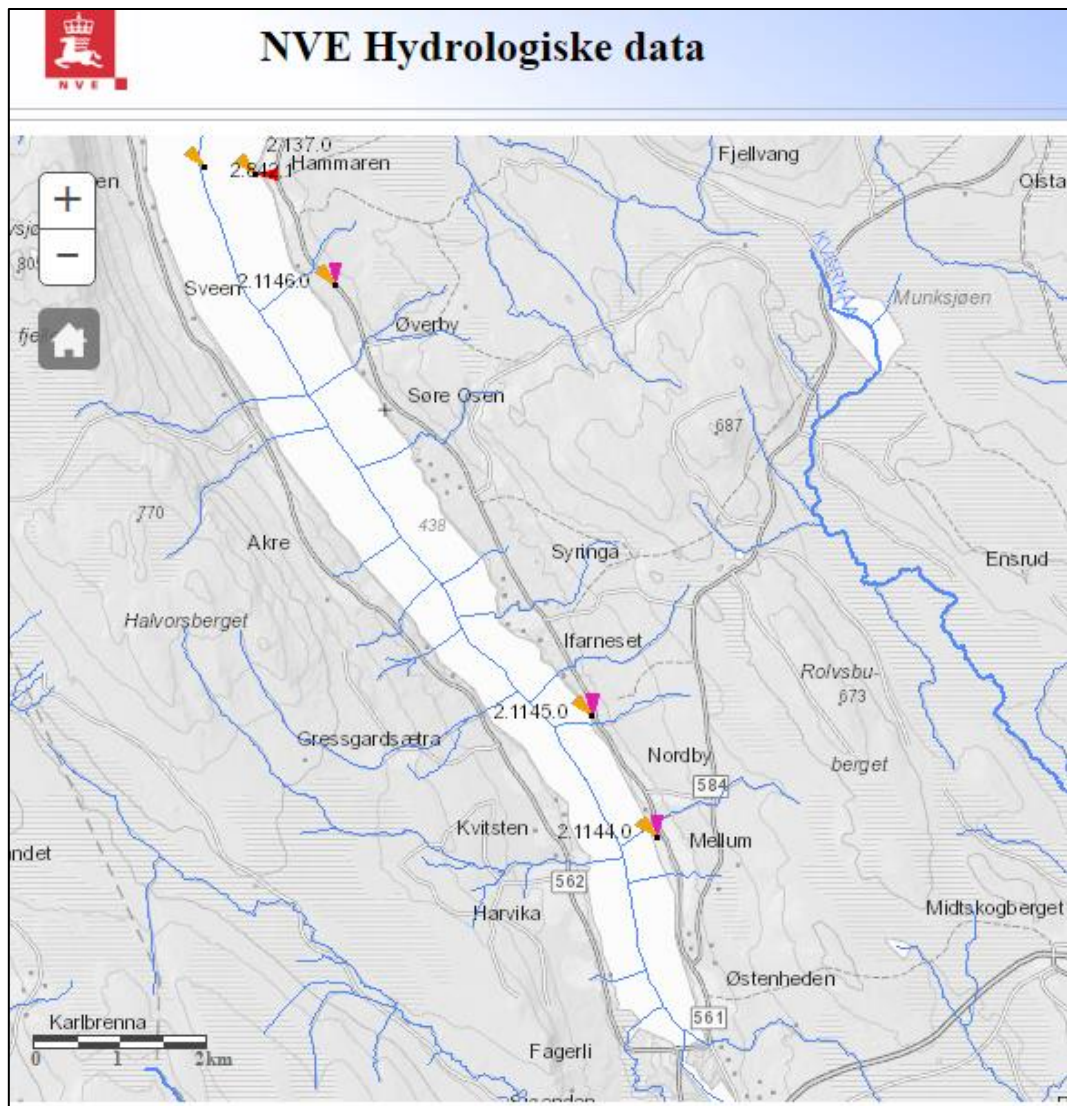
Stikkrennene er inne i NVEs hydrologiske kartdata, hentet fra NVE (i.d.-a), se kartutsnitt figur 32.



Figur 30. Innløp Ø3, med nytt kuldeskjørt av plaststrimler.



Figur 31. Utløp Ø3, med kuldeskjørt av plaststrimler.



Figur 32. Stikkrennene avmerket i NVEs hydrologiske data, tilgjengelig fra NVEs karttjenester. Tegnforklaring: Gul/oransje – Is, vanntemperatur, saltholdighet. Rosa – Meteorologiske data.

4.4.2 Dovre

Studieområdet i Dovre er to stikkrenner 100 meter fra hverandre langs Dovrebanen, Dovreskogen/Stuguflothen i Dovre kommune i Nord-Gudbrandsdalen, Oppland fylke (Figur 33, 34 og 35). De to stikkrennene er på henholdsvis km 318,780 og km 318,880. Dette er to av rundt 750 stikkrenner langs Dovrebanen Sør mellom Fåberg og Dombås, og ligger i et område som har mye kjøvingsproblematikk (Odde, 2015). Disse to rennene er tørrmurte, firkantformede renner, henholdsvis 60 og 50 cm brede, og omtrent like høye (55-60 cm).



Figur 33. Studieområdet på Dovre avmerket på kart over Sør-Norge, hentet fra Kartverket (i.d.).



Figur 34. Dovre kommune i Oppland fylke (SNL, 2014).



Figur 35. Studieområdet på Dovre, ved Stuguflothen. Kart hentet fra Kartverket (i.d.), redigert av oppgaveforfatter.

Stikkrenne D3

Ved km 318,780, kalt D3, kunne Odde (2015) opplyse at JBV hadde erfaring med hyppig kjøving ved innløp. Det er en tram over bekken på oversiden av banen, like ved gjerdet, hvor det hender isen bygges opp så mye at også denne blir isdekt. Kjøvingen strekker seg ofte videre oppover bekkeløpet. Svellisen bygges opp i stor tykkelse ved innløp, opp mot jernbanesporet. Isen fjernes før den når opp til banen av banemannskap, gjerne med gravemaskin. Stikkrennene er tørrmurte, se figur 36 og 37.



Figur 36. Km 318,780. Innløp stikkrenne D3, hvor det vanligvis kjøver ved innløp.



Figur 37. Innover stikkrenne D3 fra innløp mot utløp. Oppmurte, firkantede stikkrenner

Stikkrenne D2



Figur 38. Km 318,880, D2. Utløp til stikkrenne før oppsett av kuldeskjørt. Vanlig med kjøving fra utløp og videre oppstrøms



Figur 39. Utløp på D2 sett fra jernbanen.

Ved km 318,880, kalt D2, er det vanligvis kjøving ved utløp, trolig på grunn av for liten gradient slik at vannet blir nesten stillestående etter utløp (figur 38 og 39). Dette kan muligens bedres ved å øke gradienten noe, altså senke bekkeløpet. Her ble det satt opp et kuldeskjørt av plast for å se om det kunne hindre isdannelse i selve stikkrennen, se omtale under kapittel 4.1.2. Temperaturmålere ble montert i begge disse stikkrennene i november 2015. Innløpet av D2 var oppmurt med relativt bratt gradient før et sirkulært innløpsbasseng, se figur 40 og 41.



Figur 40. Tilløp og innløp på D2, sett fra området hvor temperaturmåler i luft er festet. En smal murt renne leder ned mot innløpet av rennen.



Figur 41. Tilløpet og innløpet til stikkrenne D2, med feste til kuldeskjørt satt opp. Etter den smale rennen er det et sirkulært oppmurt område før selve innløpet

4.5 Metodekritikk

4.5.1 Temperaturloggere og datapresentasjon

Hvordan temperaturdataene er tolket og presentert er en kilde som kan inneholde opptil flere feil. Dette kan skyldes egen kunnskap til statistikk og databehandling, og tolkingen av dette. Hvor lenge temperaturloggerne har fått stå har også mye å si for resultatene. For å kunne rekke å samle inn dataene, tømme loggerne, få tilsendt data, behandlet og tolket dem, og deretter få skrevet om dem, måtte loggerne tas ned litt tidligere enn egentlig ønsket med tanke på optimalt datamateriale. Datatap var et problem som oppstod, ved at loggerne i Dovre ikke var mulig å få tak i, og heller ikke logger i utløp på Ø1 i Trysil. Skuddårsdagen i 2016 skapte også litt hodebry, men det ble valgt å fjerne denne fra de aktuelle datasettene som skulle sammenlignes direkte. Dette antas ikke å ha påvirket dataene i stor grad.

På stikkrenne Ø2 var kuldeskjørtene brettet opp, uvisst hvor lenge. Vi oppdaget dette da vi skulle hente inn temperaturloggere for datatømming den 23.10.15. Dette kan ha påvirket dataene. Utvalget av hvilke stikkrenner som skulle ha de ulike løsningsene kan også ha påvirket resultatene. Både på grunn av lokale forhold, ulikheter i terreng, dimensjoner osv. Disse ulikhetene er omtalt i kapittel 4.4 *Feltdesign*. At det ikke ble mulig å sammenligne Dovre og Trysil er også en svakhet.

På grunn av reiseavstander, tidsbruk, krav om hovedsikkerhetsvakt, og at en bør være flere enn en på grunn av HMS hensyn, satte dette noen begrensninger for hvor ofte det ble befaringer. Mesta Trysil tok noen bilder og sendte over underveis, som gav en viss oversikt. I tillegg sa viltkameraene noe om forholdene på stedet når disse sendte bilder.

4.5.2 Viltkamera

En ulempe i oppgaven, som bare hadde tre viltkamera i bruk, var at en bare så en side av kulverten. Jeg måtte velge om det var viktigst å se innløp eller utløp, og på hvilke kulverter, noe som påvirker resultatet. Det ga likevel et visst inntrykk av hvordan situasjonen var i forhold til snødekke, isdannelse og temperatur siden kameraet logget dette også (om ikke veldig nøyaktig, ga det et inntrykk av svingninger). Ofte kunne en se noe forskjell i snødekke mellom stikkrennene på Dovre, enda de bare lå 100m fra hverandre. Det var litt forskjeller i terreng, og ikke minst at det var innløp på D3 og utløp på D2, noe som kan være med på å påvirke forskjeller i både temperatur, snømengde og snøfordeling, med mere.

I perioder stoppet viltkameraene å sende bilder over flere dager, av ukjente årsaker. Dette kan komme av kulde, vær, dekningsforhold eller andre årsaker. En stor feilkilde er datatap, ved at viltkameraet på D3 gikk tom for strøm, og dermed sluttet å ta bilder mens det fortsatt var aktiv kjøving i slutten av februar. Siden dette sto langs jernbanelinjen, krevde det litt planlegging og koordinering før kameraet kunne sjekkes og hentes. Med relativt kort tid igjen, ble det sett på som lite hensiktsmessig å sette kameraet opp igjen etter årsaken var oppklart. For å kunne gå gjennom dataene, og vurdere bruken av dem, ble det prioritert å ta kameraet hjem for å tømme det for bilder. Dette var den eneste av stikkrennene med kameralogging som hadde kjøvingsaktivitet. Innstillinger på kameraene, som hvor ofte bilder skulle tas, og hvor sensitiv bevegelsessensoren skulle være, kan også ha påvirket resultatene.

Når en ikke vet grunnen til at en ikke får bilder, vet en heller ikke om det fortsatt blir tatt bilder. Uten bilder mistes oversikten over utviklingen av isen, noe som var hovedpoenget med kameraene. Likevel har kameraene stort sett bare hatt korte perioder uten sending, og har fungert som et greit overvåkningsverktøy, som er veldig praktisk når en ikke har anledning til å dra ut i felt så ofte, primært på grunn av avstand. Når en har tatt hensyn til ferdsel, personvern, eiendomsrett ol., er det store bruksområder for disse kameraene. Rimeligere typer finnes, med bedre og dårligere kvalitet, med og uten GSM som sender til epost og/eller MMS. Kamera som sender bilder er best til jevnlig overvåkning, men der det ikke er dekning, eller ikke behov for å få tilsendt bilder, kan et rimeligere og enklere kamera være å foretrekke.

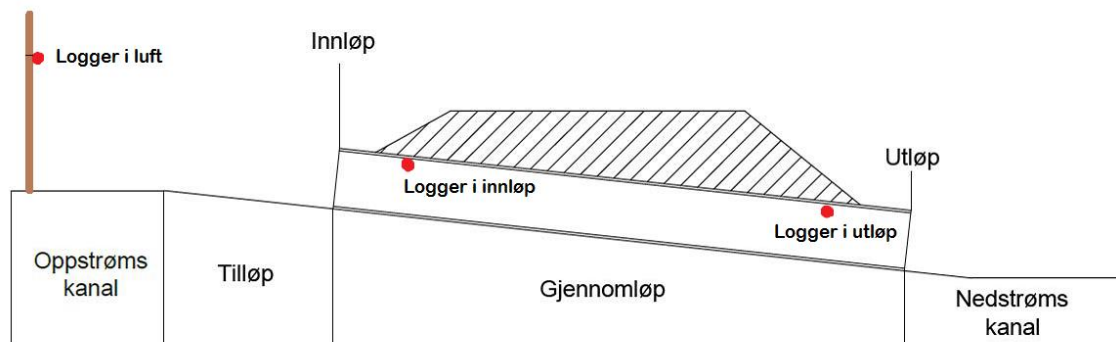
De dataene som er brukt i oppgaven, regnes for å være pålitelige, når de nevnte forhold er tenkt over. Grafene gir tolkningsgrunnlag, og viltkamerabildene ga også nyttig innsikt.

5 Resultater

Temperaturloggerne blir her presentert i grafer, som hjelper oss å vurdere om kuldeskjørtene har en termisk effekt. Det har vært stort sett kjøvingsfrie vintre i måleperiodene (eller ikke nok is til at det blokkerer stikkrennene helt). Det sier likevel noe om kjøvingens ustadige natur, og at det kommer av et kompleks samspill mellom termisk og hydrologisk regime.

De første to vintrene, 2013/14 og 2014/15 hadde alle tre stikkrennene i Trysil kuldeskjørt av fiberduk. Dette ble som nevnt endret før vinter 2015/16, da det ble en stikkrenne uten kuldeskjørt (Ø2), og en med kuldeskjørt av plast (Ø3). Dette for å gi et sammenligningsgrunnlag, og kunne si noe om den termiske effekten til kuldeskjørt. Ø1 hadde kuldeskjørt av fiberduk alle tre vintrene. Plassering av loggerne er vist i figur 42 og 43. Stikkrenne Ø3 hadde også viltkamera ved utløp.

I Dovre var det kuldeskjørt av plast i stikkrenne D2, og uten kuldeskjørt i D3. Begge stikkrennene i Dovre hadde viltkamera, plassert henholdsvis ved utløp og innløp.



Figur 42. Figur hentet fra Norem et al. (2016), redigert for å vise omtrentlig plassering av temperaturlogger i stikkrenner, og i luft utenfor, i trær eller stolper.

5.1 Trysil

Trysil hadde mye isdannelse og kjøving et par år før termaturmålere og kuldeskjørt ble satt opp, angivelig på grunn av barfrost og lite snø. Etter utstyr ble satt opp i 2013 har det vært to vintre med mye snø som har isolert godt, og ført til lite isdannelse og kjøving (Mesta Trysil, 2015/16). Det er likevel gjort forsøk på å tolke de dataene som er samlet inn.

Data fra vinteren 2013/2014, 2014/2015 er fra prosjektet til Bent C. Braskerud (NVE) og Steinar Myrabø (JBV), som satte opp dette i samarbeid med Mesta, ved Osensjøen i Trysil. Dette er langt fra jernbane, men er i lignende områder, og relevant for jernbane. Siden det er

på veg, er det enkelt å holde under oppsyn og hente inn igjen dataloggere, og krever ikke hovedsikkerhetsvakt, slik som ferdsel ved jernbane gjør.



Figur 43. De ulike stikkrennene markert på kart over Osensjøen (Kartverket, i.d.).

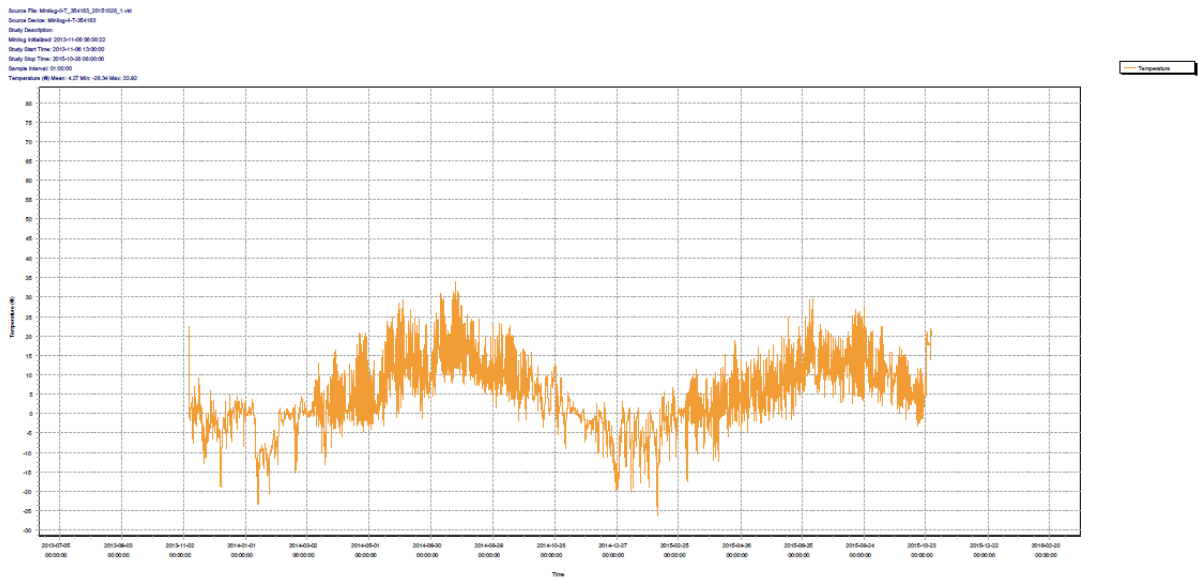
5.1.1 Trysil 2013-2015

Det er gjort et utvalg av temperaturdata for å få et best mulig sammenligningsgrunnlag og mest relevante data. Tidsrommet for tidsseriene i vintrene 2013/14 og 2014/15 er fra 8. november til 30. april. Vinteren 2015/16 er perioden 8. november til 4. april.

Først kommer samlede loggerdata per stikkrenne (luft, innløp og utløp), begge vintrene 2013/14 og 2014/15. Altså først Ø1 i 2013/14, Ø1 i 2014/15, så Ø2 med det samme, og deretter Ø3. Deretter kommer en del med sammenligning av lufttemperatur de tre stedene de to første vintrene, deretter samme prosedyre med innløp, og deretter utløp. Alle grafene ligger også som vedlegg, i større størrelse.

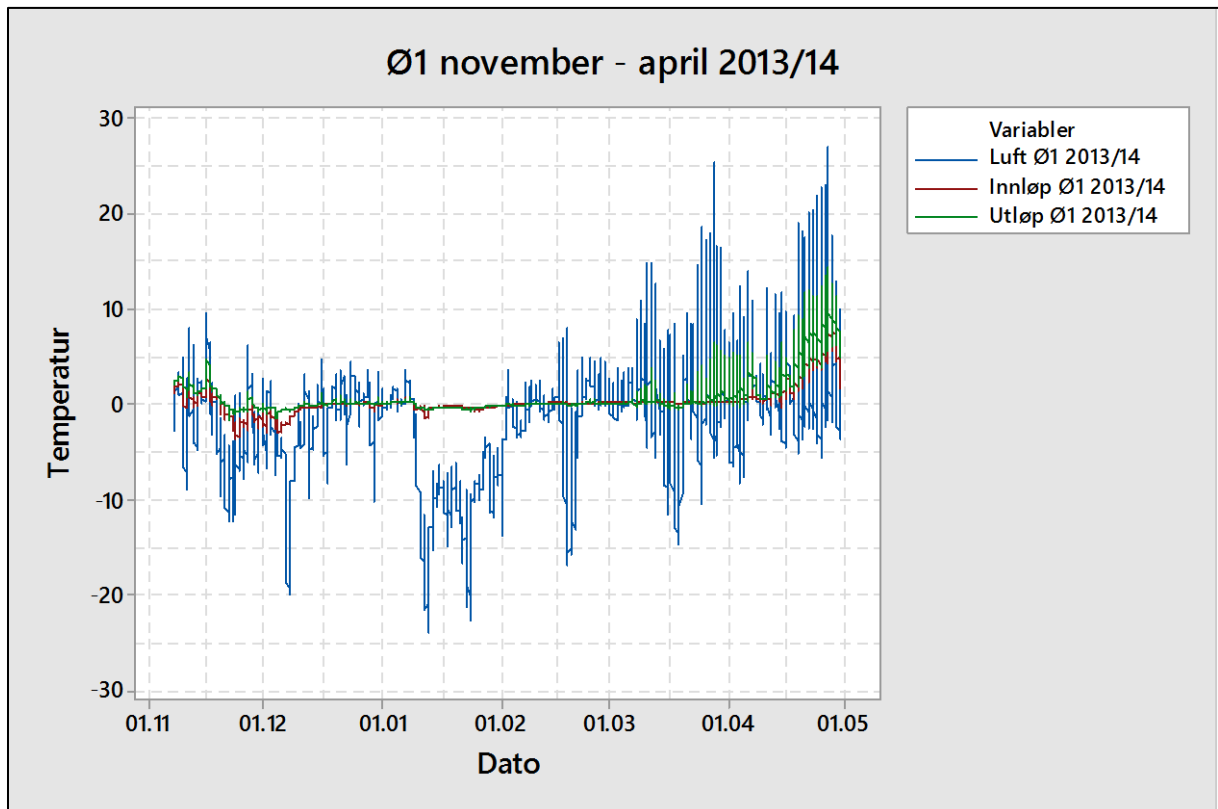
Det er lokale forskjeller, noe en kan se på en sammenligning av de tre ulike loggerne som har overvåket i luft. Her er laveste temperatur på Ø1, Ø2 og Ø3 (se figur 43) henholdsvis $-28,01$ °C; $-26,34$ °C og $-24,75$ °C (i følge data i grafene fra TeeChart og NVE, se eksempel figur 44). Dette ser ut til å stemme nokså bra med nærheten til vannet, Osensjøen. Det er kaldere nærmere vannet (Ø1), mens Ø3, som også ligger litt lunere til med mer skog nedstrøms for

utløpet og i lenger avstand fra Osensjøen, har mildere minimumstemperatur. Det ble målt temperatur én gang i timen, hver hele time.



Figur 44. Graf over temperaturlogging, fra NVE. Målinger fra november 2013 til november 2015..

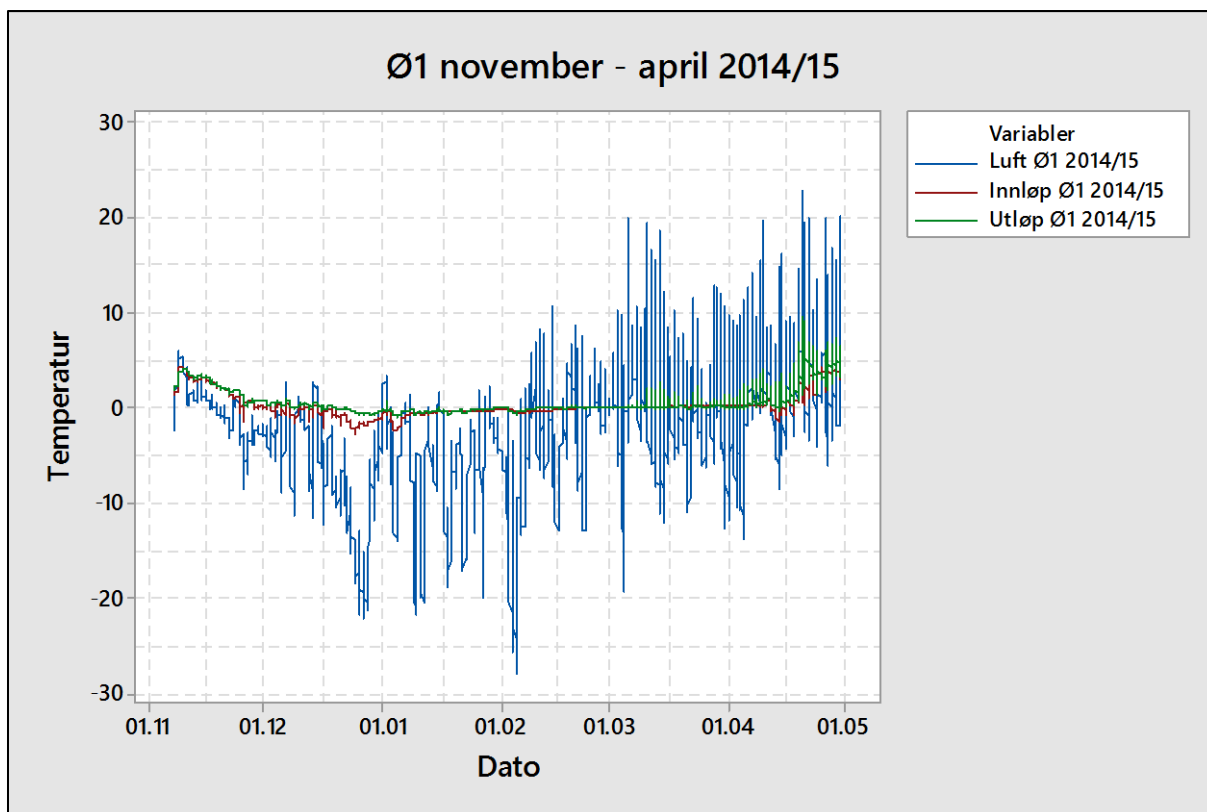
Målinger per stikkrenne, 2013/14 og 2014/15



Figur 45. Stikkrenne Ø1, lufttemperatur og temperaturer inne i stikkrenna, fra november 2013 til april 2014.

Stikkrenne Ø1, november – april 2013/14

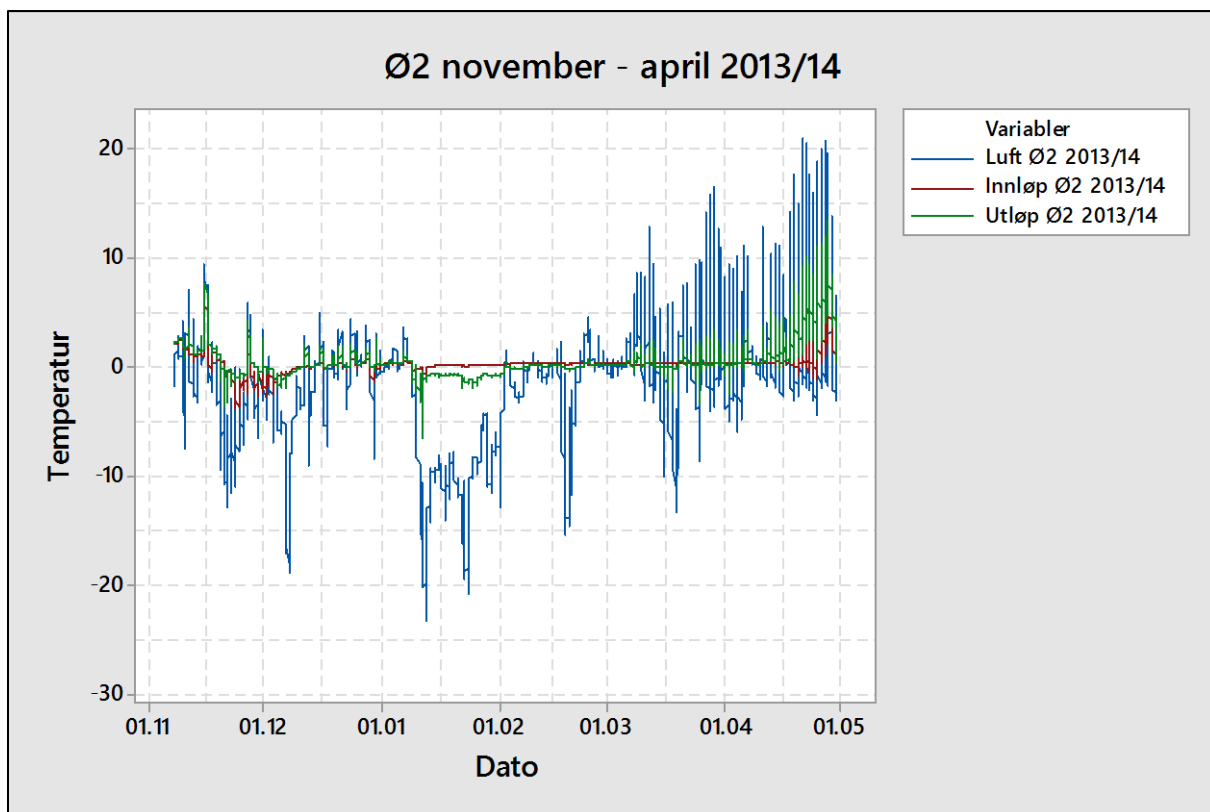
Jevnt over stabile, milde temperaturer gjennom store deler av vinteren. Etter opplysninger fra Mesta Trysil (2015/16) var dette en vinter med stort snøfall, og tykt snødekke gjennom vinteren, noe temperaturdataene trolig reflekterer. Det kan ikke sies sikkert at kuldeskjørtene av fiberduk har en effekt.



Figur 46. Stikkrenne Ø1, lufttemperatur og temperaturer inne i stikkrenna, fra november 2014 til april 2015.

Stikkrenne Ø1, november – april 2014/15

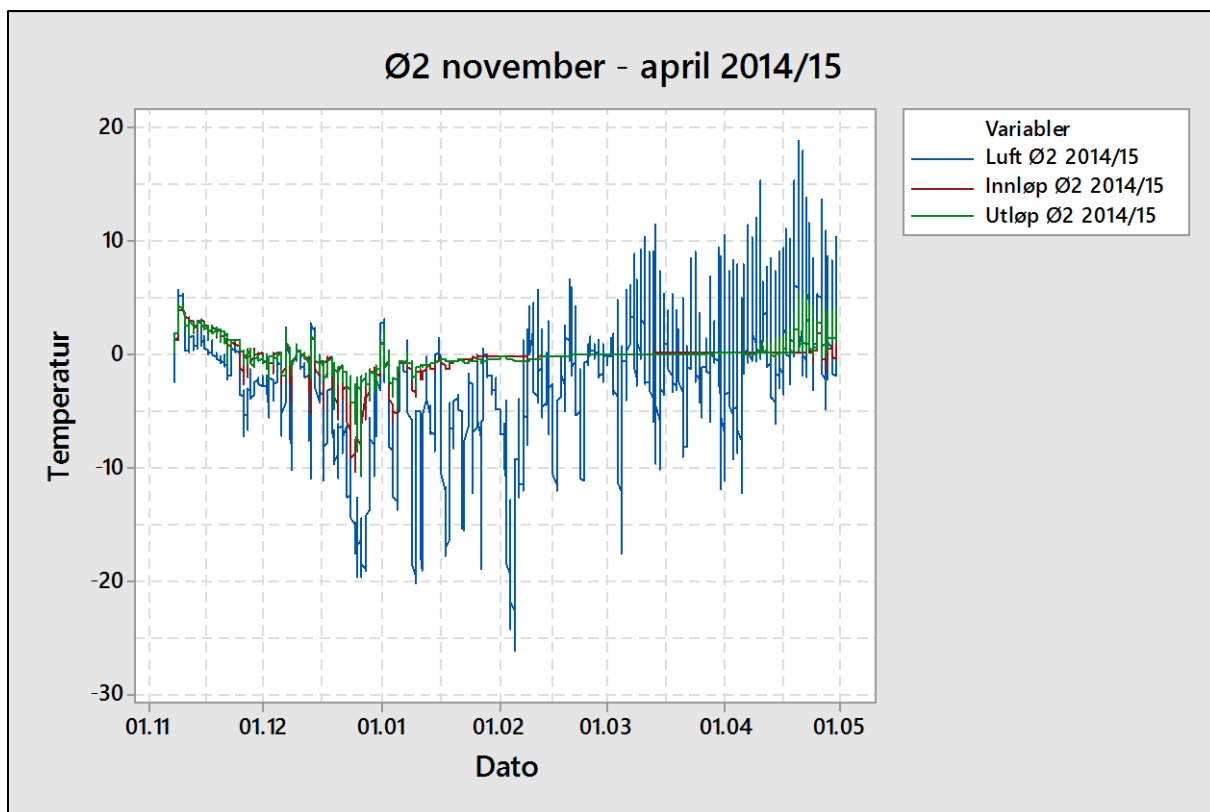
Temperaturmålinger fra Ø1 både i 2013/14 og 2014/15 viser en relativt stabil temperatur i stikkrennen, som ikke påvirkes nevneverdig av svingninger i lufttemperatur, bortsett fra nærmere vårparten, i mars og særlig utover april. Varme lufttemperaturer ser ut til å påvirke mer enn kalde, og kuldeskjørtet kan kanskje ha en viss innvirkning på denne rennen, selv om det er vanskelig å si sikkert. Det kan også være snødekket som fører til den isolerende effekten, og smelting av snøen som gir tilgang til mildere temperaturer i april.



Figur 47. Stikkrenne Ø2, oversikt over temperatur i luft, innløp og utløp mellom november 2013 og april 2014.

Stikkrenne Ø2, november – april 2013/14

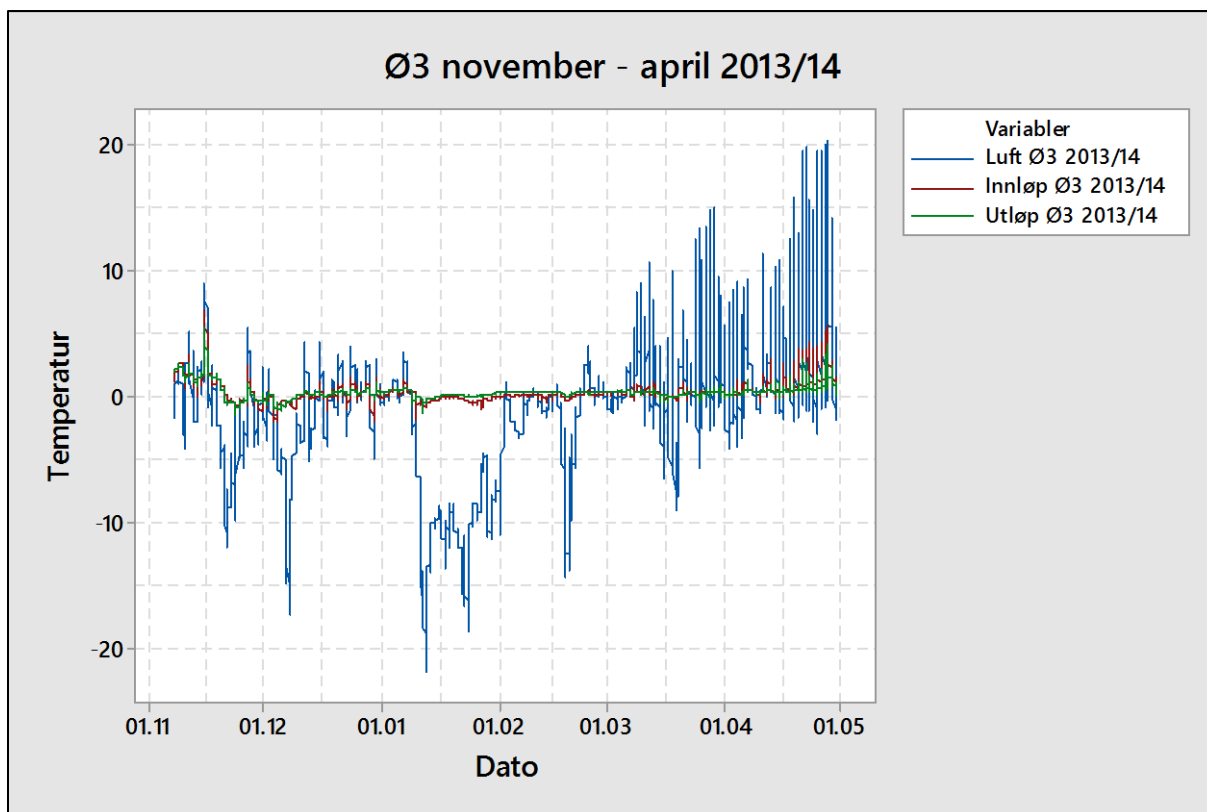
I denne stikkrennen ser vi mye av de samme tendensene som i Ø1, hvor temperaturen stabiliseres mye etter hvert, og skyldes trolig snøfallet og snødekket i løpet av vinteren, og smeltingen om våren.



Figur 48. Stikkrenne Ø2, oversikt over temperatur i luft, innløp og utløp mellom november 2014 og april 2015.

Stikkrenne Ø2, november – april 2014/15

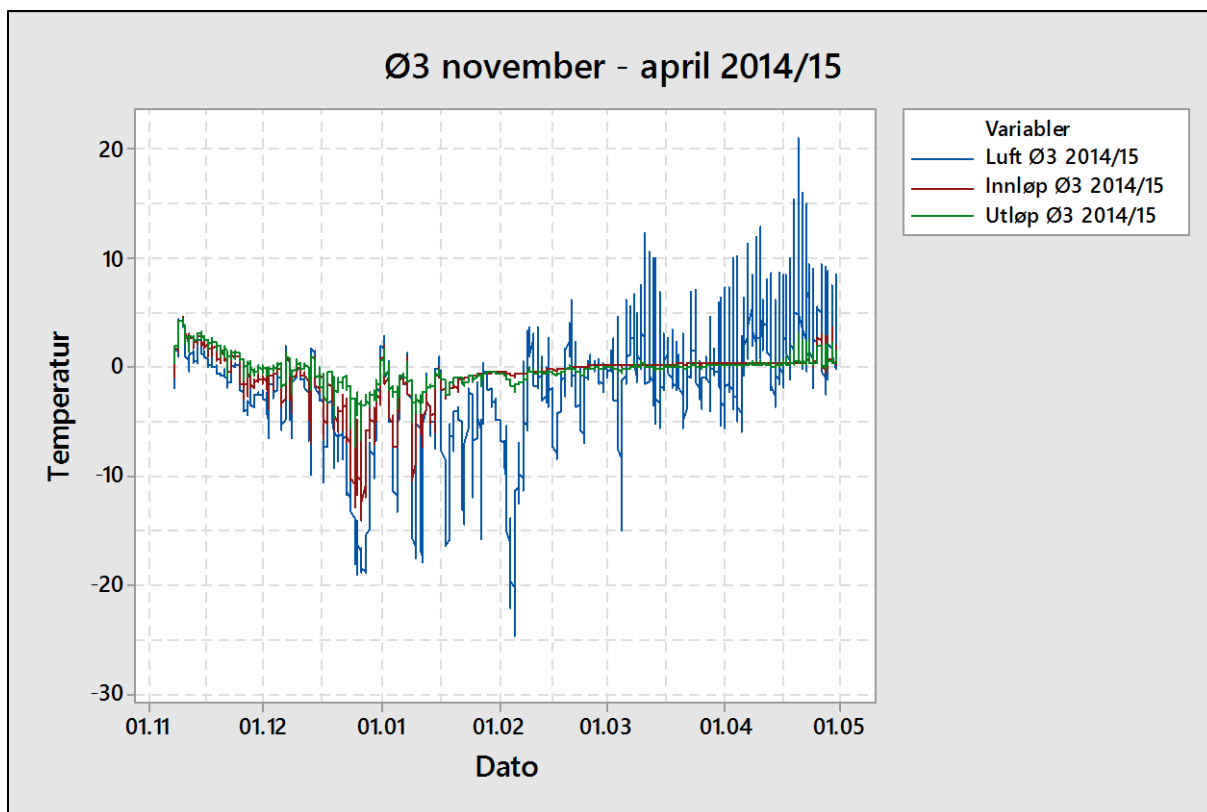
I forhold til året før, kommer temperaturstabiliseringen noe senere, men er som nevnt under Ø1, også trolig på grunn av snøfall. Temperaturene i stikkrennen er likevel noe dempet i forhold til lufttemperatur, også når det blir mildere vær. Dette kan komme av både snø og kuldeskjørtet, eller is i stikkrennene.



Figur 49. Stikkrenne Ø3, oversikt over temperatur i luft, innløp og utløp mellom november 2013 og april 2014.

Stikkrenne Ø3, november – april 2013/14.

Relativt jevne temperaturer inne i stikkrennene, i motsetning til målingene i neste graf, av neste vinter (figur 50). Snødekket er som nevnt trolig årsaken mer enn kuldeskjørtet. Likevel peker april seg ut med en dempet oppvarming i forhold til lufttemperatur, sammenlignet med Ø1 og Ø2 i 2013/14.



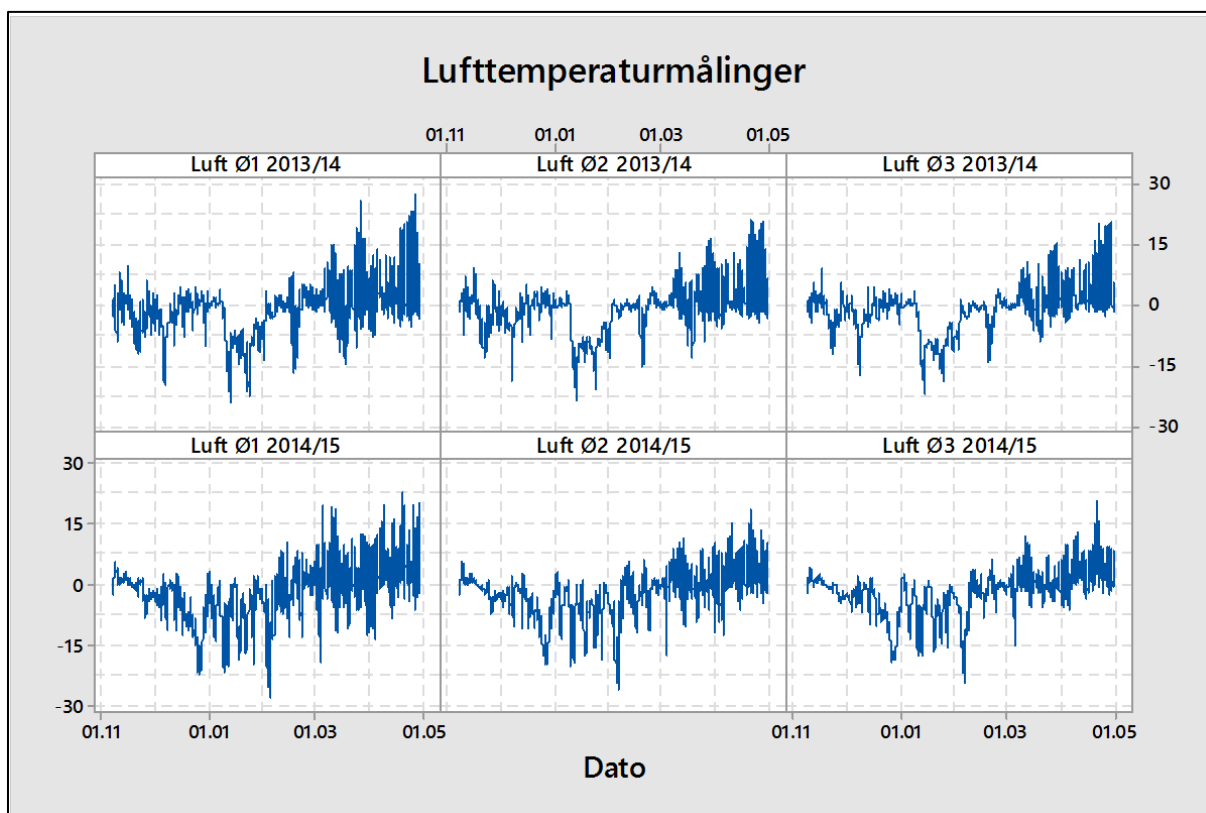
Figur 50. Stikkrenne Ø3, oversikt over temperatur i luft, innløp og utløp mellom november 2014 og april 2015.

Stikkrenne Ø3, november – april 2014/15.

Her stabiliserer temperaturene i stikkrennene seg i løpet av januar, trolig på grunn av isolerende snøfall. Før midten av januar kan det virke som om duken til en viss grad er med på å dempe svingningene i lufttemperaturen, og mest ved utløp i forhold til innløp. Temperaturen dempes mer i utløp enn i innløp, med en større forskjell mellom innløp og utløp enn i de to andre stikkrennene (Ø1 og Ø2). Dette kan komme av at det i denne rennen var en hel duk uten slisser foran utløpet, mens det ved alle andre innløp og utløp er slisset fiberduk. Utløpet til Ø3 ligger også mer skjermet til, f.eks. i forhold til vind, da det er mer skog nærmere selve utløpet. Ved Ø1 er det svært åpent (se figur 26), Ø2 har noen trær rundt (figur 29), men færre og lengre mellom enn ved Ø3 (figur 21). Vind fra sjøen kan blåse direkte opp i stikkrennene Ø1 og Ø2 ved «riktig» vindretning. Solinnstrålingen kan ha nesten motsatt effekt i forhold til skygge fra skog og temperaturendringer.

Det ser ikke ut til å være mye forsinkelse i temperaturrespons. Når lufttemperatur synker, følger temperaturen i stikkrennen like etter, til tross for kuldeskjørt. Ut fra grafene ser det ut til å være en tilnærmet umiddelbar respons, frem til temperaturene inne i stikkrennen stabiliseres og deretter forblir nærmest upåvirket av svingningene i lufttemperatur utenfor.

Sammenligninger 2013/14 og 2014/15

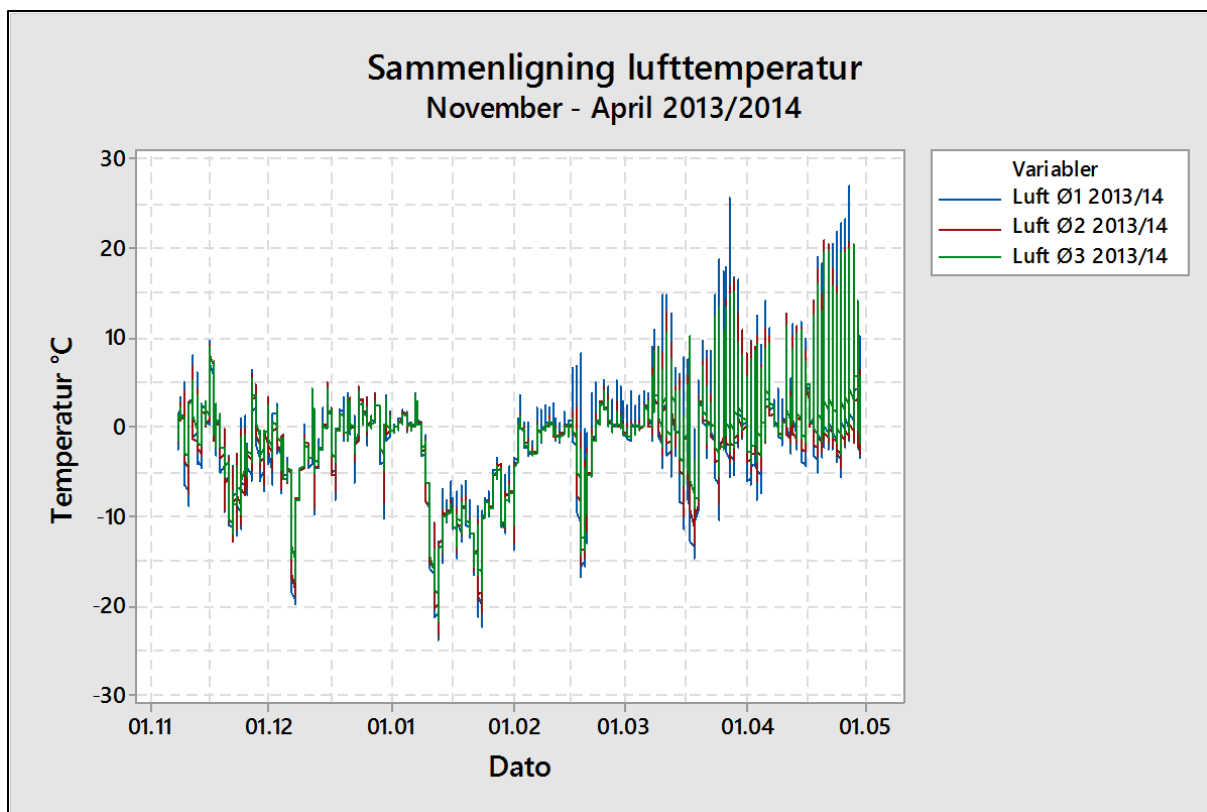


Figur 51. Fellesfigur over lufttemperaturmålinger i de tre ulike stikkrennene, vinteren 2013/14 og 2014/15.

Lufttemperaturer, november – april 2013/14 og 2014/15.

Figur 51 viser en oversikt over alle tre punktene hvor det er målt lufttemperatur i to vintre. Vi kan se en viss forskjell mellom de ulike punktene, men trendene er stort sett like. De to vintrene har ikke vært så veldig forskjellige, bortsett fra en del kaldere temperaturer i 2014/15. Mesta kunne opplyse at begge vintrene har vært snørike og med få problemer med kjøving. Dette kan se ut til å gi utslag på de ulike stikkrennene når vi sammenligner lufttemperatur med temperaturer inni stikkrennen, ved innløp og utløp (se graf 45-50). Relativt stabile milde temperaturer ser dermed ut til å være gunstig for å unngå kjøving.

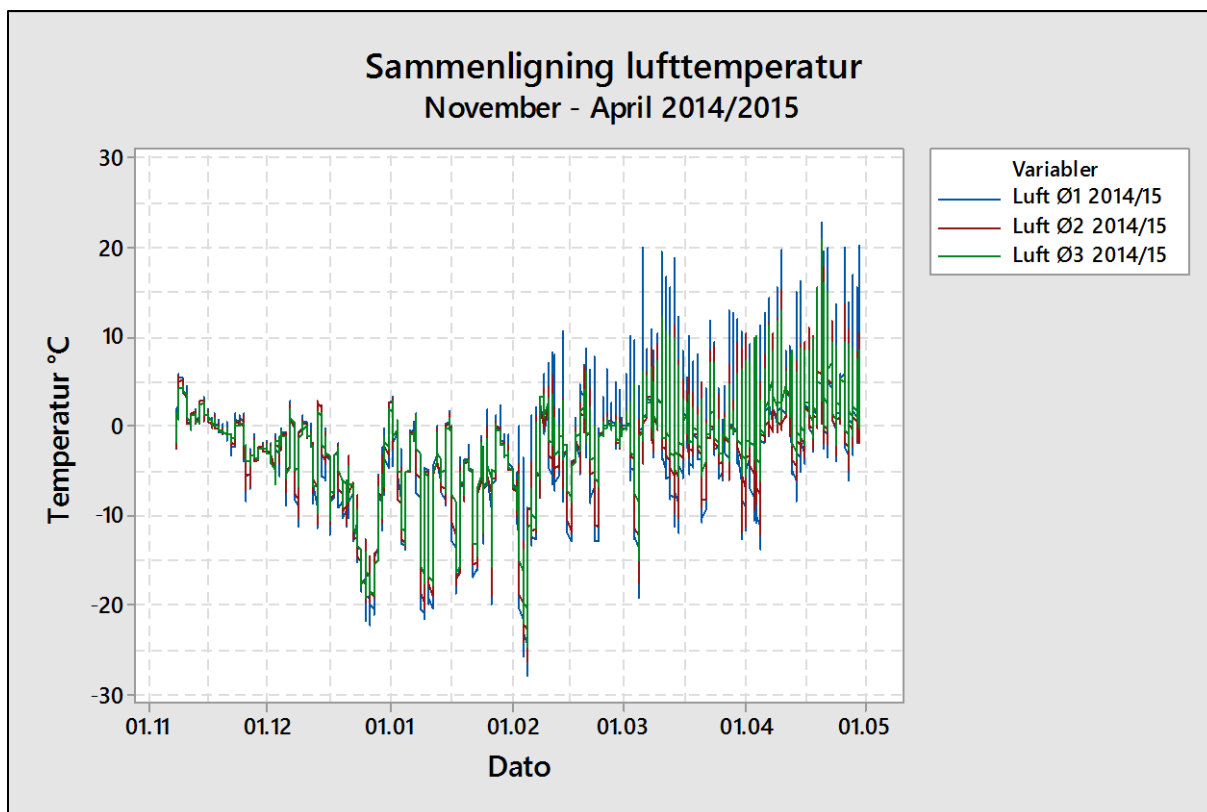
Stikkrenne Ø1 ser ut til å ha større temperaturvariasjoner enn både Ø2 og Ø3, og Ø3 har minst av alle tre. Dette kan komme av solinnstråling, da temperaturlogger i luft henger mer utsatt til ved Ø1, på en skiltstolpe, enn de to øvrige, som henger i trær med en treklynge rundt. Ø1 kan derfor få mer sol, og dataene kan påvirkes av dette.



Figur 52. Temperaturdata luft, november 2013 til april 2014.

Lufttemperaturer, november – april 2013/14.

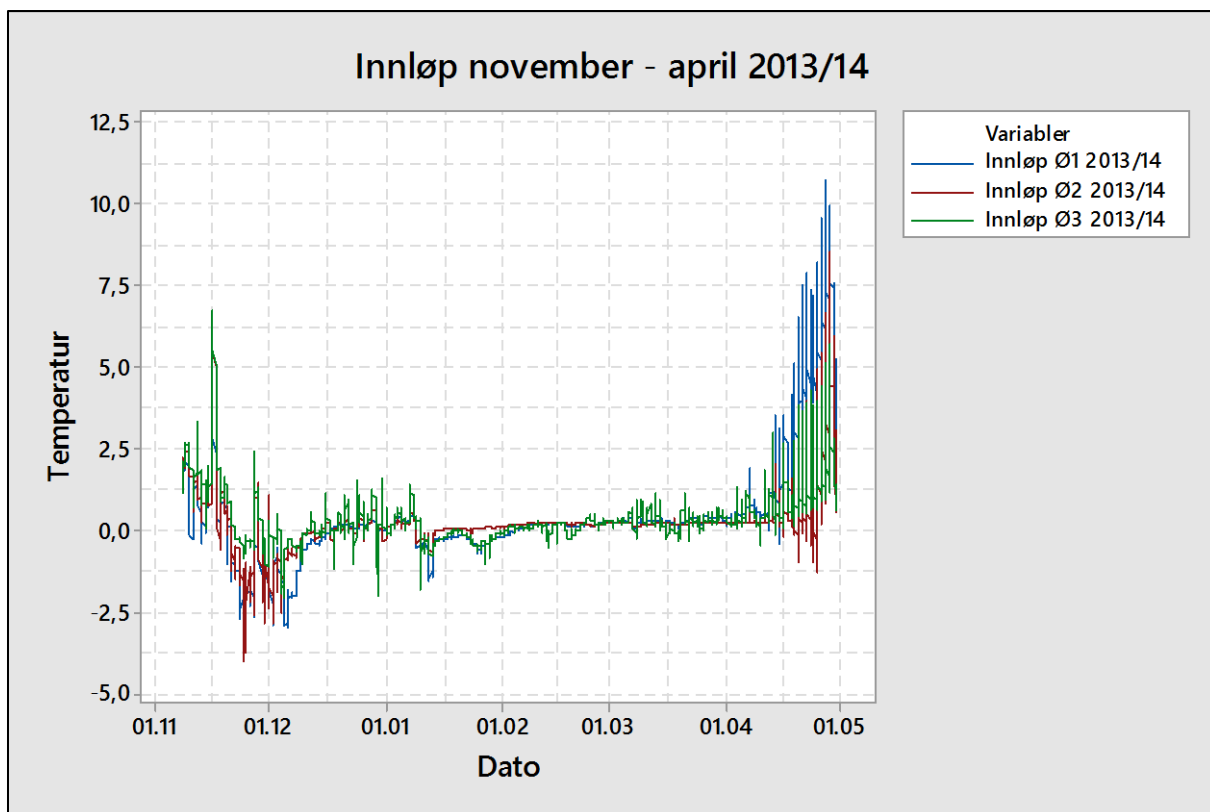
Det er noen forskjeller mellom punktene, men trendene er like, bare ulike maks- og minimumstemperatur. Det er visse lokale forskjeller, som også kan forklare hvorfor det er forskjeller mellom de ulike stikkrennene. Ø1 virker å ha størst svingninger, og er hyppig både kaldest og varmest, Ø3 er ikke langt unna det samme, mens Ø2 ofte er innenfor de to øvrige svingninger.



Figur 53. Temperaturdata i luft, november 2014 til april 2015.

Lufttemperaturer, november – april 2014/15.

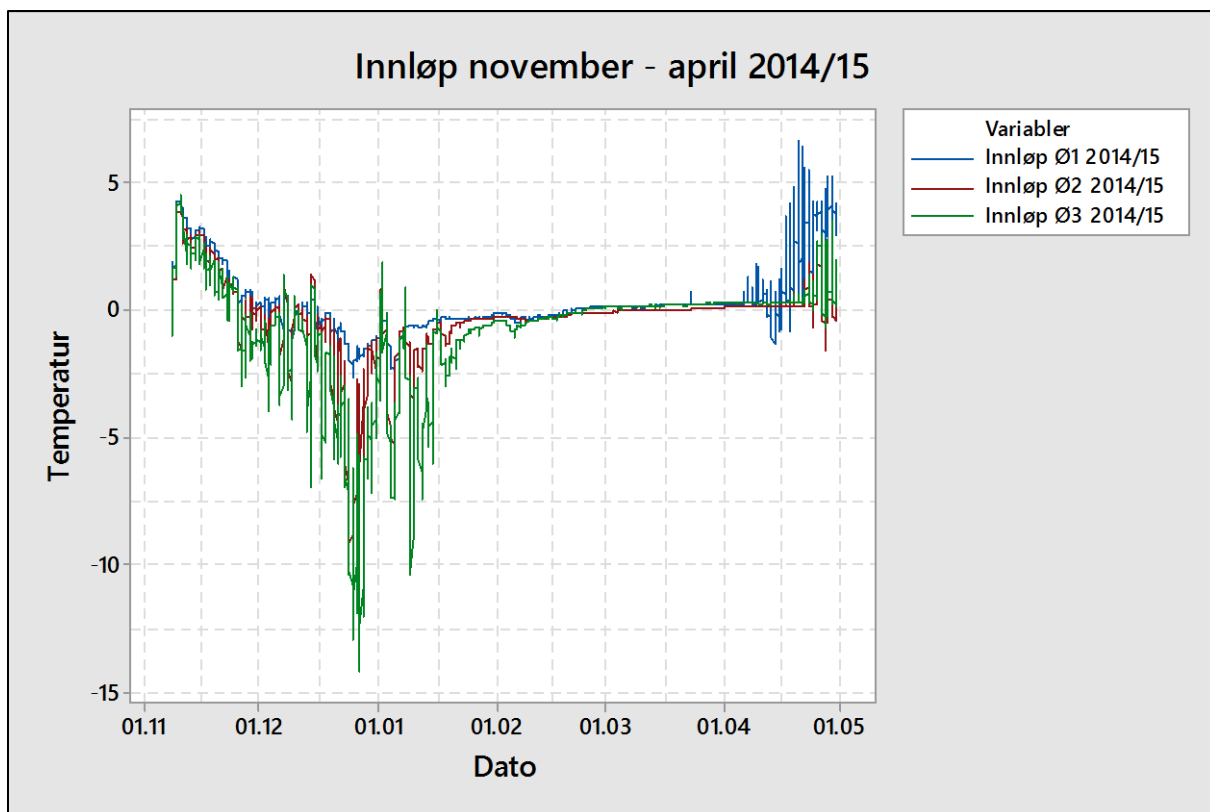
Denne viser omtrent de samme trendene som forrige graf, og det som er omtalt under graf 51.



Figur 54. Temperaturdata fra innløp, november 2013 til april 2014.

Innløp, november - april 2013/14.

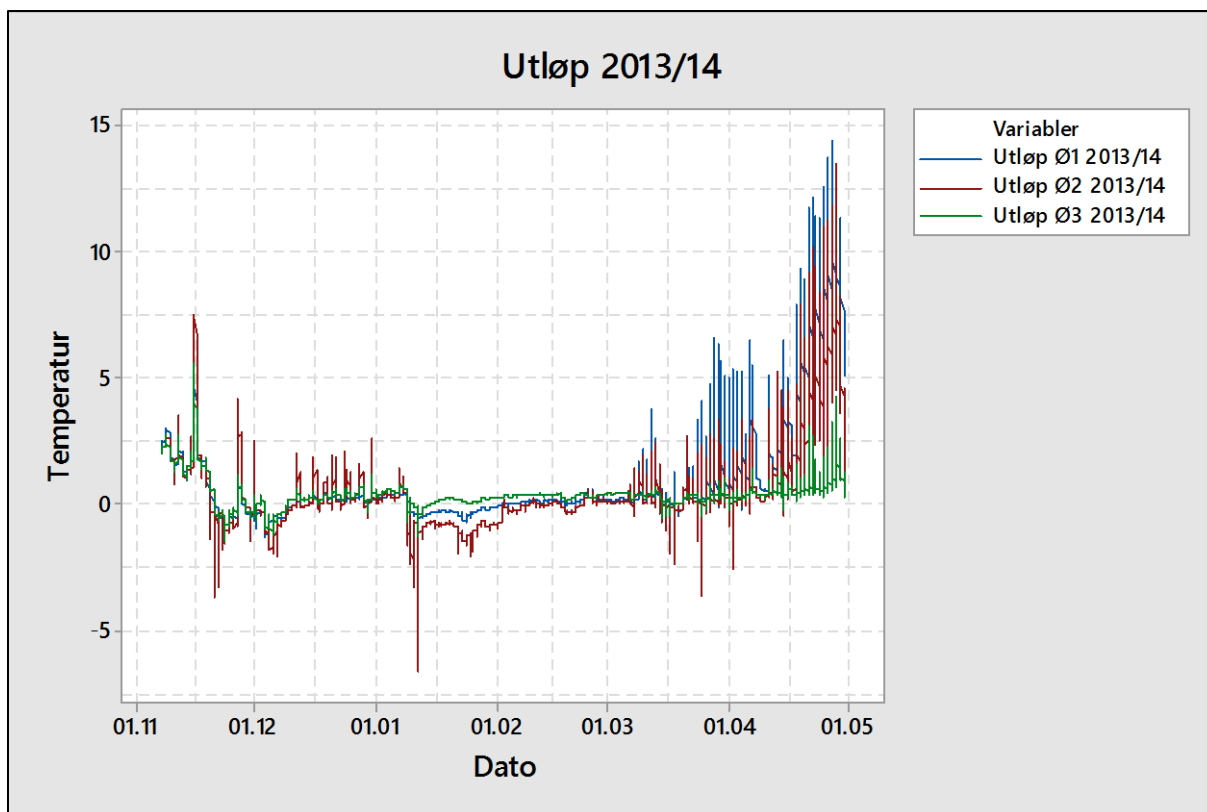
Den stabiliserende effekten vi ser i denne grafen kan trolig tilskrives snøfall. Trolig ble snødekket tykkere og mer stabilt litt før midten av januar. I disse målingene virker det til at Ø3 har størst svingninger, noe som kanskje kan skyldes at denne stikkrennen har en noe større diameter enn de to øvrige. Se mer under diskusjon om snødekkets innvirkning, og dimensjon av stikkrenner.



Figur 55. Temperaturdata fra innløp, november 2014 til april 2015.

Innløp, november - april 2014/15.

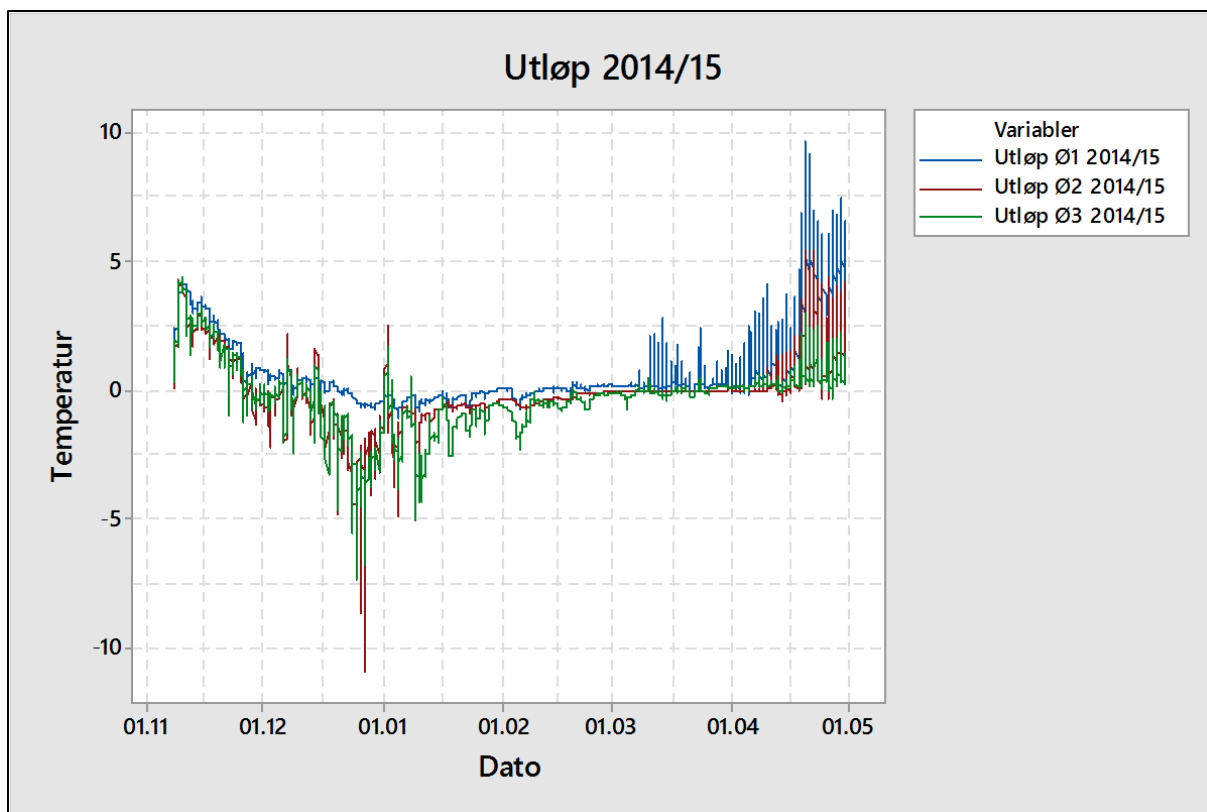
Innløpet til Ø1 ligger lenger ned i bakken, mer skjermet, noe som kan være grunnen til at det ikke er registrert like store temperaturopp som de øvrige innløpene, og særlig Ø3. Ø2 har også lavere temperaturer enn Ø1, men ikke under -10 °C . Ø3 er det eneste innløpet som har registrert temperatur på $-14,19\text{ °C}$ (27. desember 2014, kl. 10.00), som er laveste registrerte temperatur i innløp alle tre vintrene.



Figur 56. Temperaturmålinger på utløpssiden av stikkrennene ved Osensjøen, november 2013 til april 2014

Utløp, november – april 2013/14.

I figur 56 er det tydelig at utløpet til Ø2 har en periode med stort temperaturopp i januar, mens de to andre rennene er relativt stabile i temperatur. Det er også denne rennen som har de laveste temperaturene gjennom store deler av vinteren, men også varmere enn Ø3, altså har den generelt større svingninger. Dette kan komme av det ligger i en brattere og høyere skråning enn Ø3, som nesten ikke har helling i forhold. Lufttemperaturer i samme periode har et tilsvarende dropp (se figur 52), så droppet i Ø2 sin temperatur tyder på nær kobling til lufttemperatur, og lite forsinkelse. Stabilisering av høyere temperaturer senere kan trolig knyttes til kombinasjonen økte lufttemperaturer og snøfall. Særlig understøttes dette av at alle tre stikkrennene oppnår en nokså stabil temperatur rundt null omtrent på samme tid. Innløpet til Ø2 har ikke samme temperaturopp (figur 55), noe som kan skyldes at det kreves mindre snø ved innløpet for å isolere.



Figur 57. Sammenligning av temperaturer målt i utløp på alle tre stikkrennene, fra november 2014 til april 2015.

Utløp, november – april 2014/15.

Grunnen til at det ser ut til å bli tidligere varmt og varmere ved utløp Ø1 enn de to øvrige (fra omtrent midten av mars), og at Ø3 varmes opp senest og minst om våren, kan være på grunn av forskjell på solinnstråling. Ø1 ligger veldig åpent til, med muligheter for mye solinnstråling og dermed oppvarming. Ø2 ligger litt mer skjermet til, med trær rundt, mens Ø3 ligger mest skjermet til, har relativt tett med trær rundt utløpet og ligger lengre ifra Osensjøen. At Ø2 og Ø3 ser ut til å få de laveste temperaturene i slutten av desember og i januar, er mer overraskende, da man kunne tro at skogen ville være med på å skjerme og lune. Ø2 kan ha hatt oppbrettet duk, som ble observert i 2015 da temperaturmålerne ble hentet inn, da vi ikke vet hvor lenge den har vært oppbrettet. Det er også usikkert om det skyldes vær og vind, eller menneskelig inngripen.

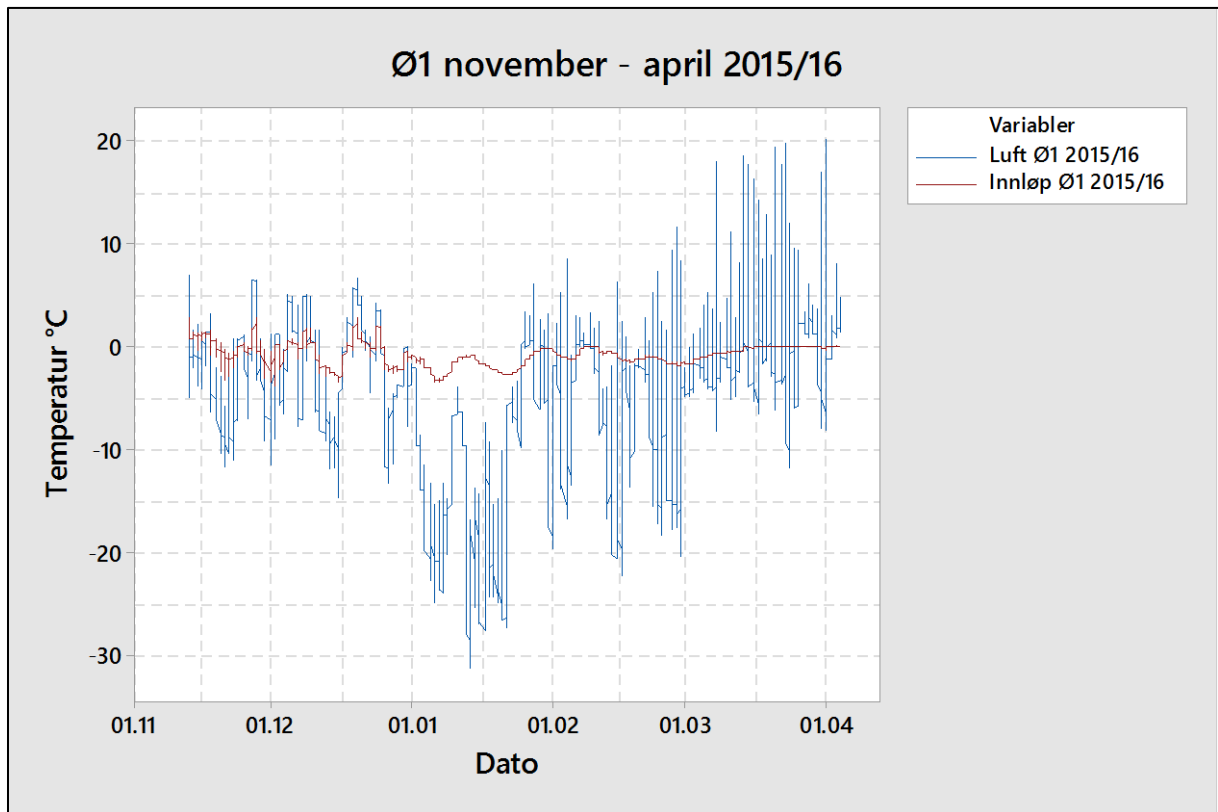
5.1.2 Trysil 2015/2016

Data fra denne perioden har jeg hovedsakelig hatt ansvar for, men også her har NVE stått for datatømming, og videresending av data. Det blir også en sammenligning med tidligere år, men viktig å påpeke de endringer som er gjort i oppsettet. Stikkrenne Ø1 har fortsatt fiberduk og skal kunne fungere som et referansepunkt slik sett, da det skal ha vært like forhold alle år. Ø2 har fått fjernet fiberduk og står uten noen form for kuldeskjørt, men har også tidligere hatt noe tid med oppbrettet skjørt, uten at vi kan være sikre på hvor lenge dette har vært. Dataene må derfor tas høyde for å kunne være noe usikre. Ø3 har fått byttet ut fiberduken med plaststrimler. I tillegg har det vært et viltkamera plassert ved utløpet på denne rennen, slik at det har vært under oppsikt gjennom vinteren. Se kapittel 5.3 *Bilder fra viltkamera* for noen bildeeksempler fra viltkameraene, og tilhørende beskrivelser.

Data fra denne perioden ble hentet inn ganske sent, og ikke alle var mulige å hente inn. Derfor er det også datatap fra denne perioden. Resultater fra avlesning ble mottatt 11.04.16, og er forsøkt å lage grafer av, og tolket selv om det var begrenset med tid. Det var ikke mulig å hente ut loggerne tidligere, på grunn av snø og isforhold i og ved stikkrennene, og nettopp isen gjorde at det ikke var mulig å få tak i logger som satt i utløp på Ø1. Dette er de dataene som har hatt størst betydning for oppgava, i og med at disse er de eneste med sammenligning mellom stikkrenner med kuldeskjørt av plast, fiberduk, og uten kuldeskjørt. Derfor er det forsøkt å bygge oppgava i stor grad rundt disse dataene.

Grafene presenteres per stikkrenne, deretter kun innløp og utløp, sammenligning mellom stikkrenner 2015/16, og til slutt en sammenligning fra alle tre vintrene.

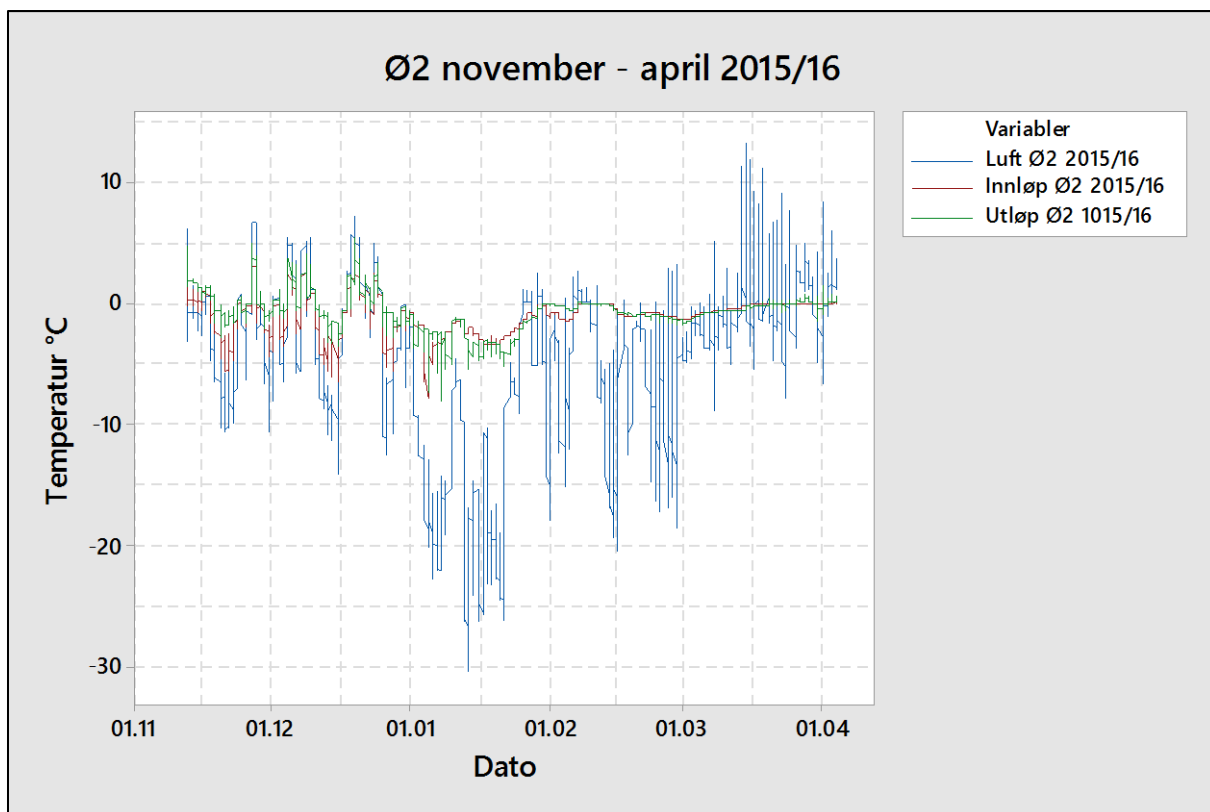
Målinger per stikkrenne, 2015/16



Figur 58. Stikkrenne Ø1 vinteren 2015/16.

Stikkrenne Ø1, november – april 2015/16

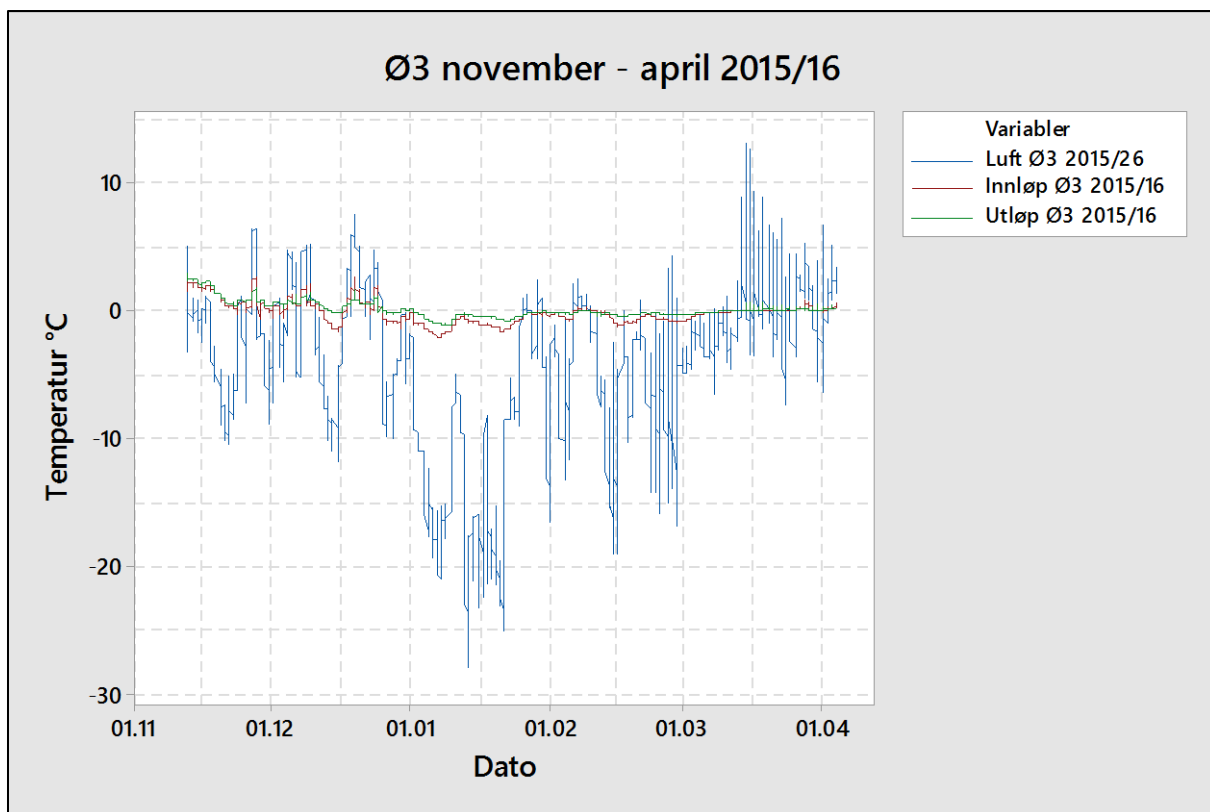
Utløpsdata mangler på grunn av at loggeren ikke var mulig å hente inn i felt. Vi ser at temperaturen i innløp følger lufttemperaturen til en viss grad, men med en dempet effekt. Dette er særlig tydelig fra januar og utover. Fordi det litt tvil om dataene er helt korrekte, på grunn av avvikende tall i Minitab 17, blir det ikke lagt vekt på i like stor grad som data fra Ø2 og Ø3 i sammenligningen.



Figur 59. Stikkrenne Ø2 vinteren 2015/16.

Stikkrenne Ø2, november – april 2015/16

Temperaturene i stikkrenne Ø2 ser ut til å følge lufttemperaturen nokså likt, både i innløp og utløp, frem til et trolig snødekke. En mildere «luke» i kuldeperioden, hvor det trolig har falt snø, har ført til at temperaturen inne i stikkrennen har begynt å stabilisere seg, og ikke følger de kalde temperaturene utenfor. Det ser ut til at temperaturen utenfor følges mer før mildperioden i januar, enn etter. På samme måte som grafene fra tidligere vintre, kan dette vise snøens termiske effekt. Brøyting av snø ser ut til å ha bidratt til mer snø ved innløpet av Ø2, og dermed bedre isolering.

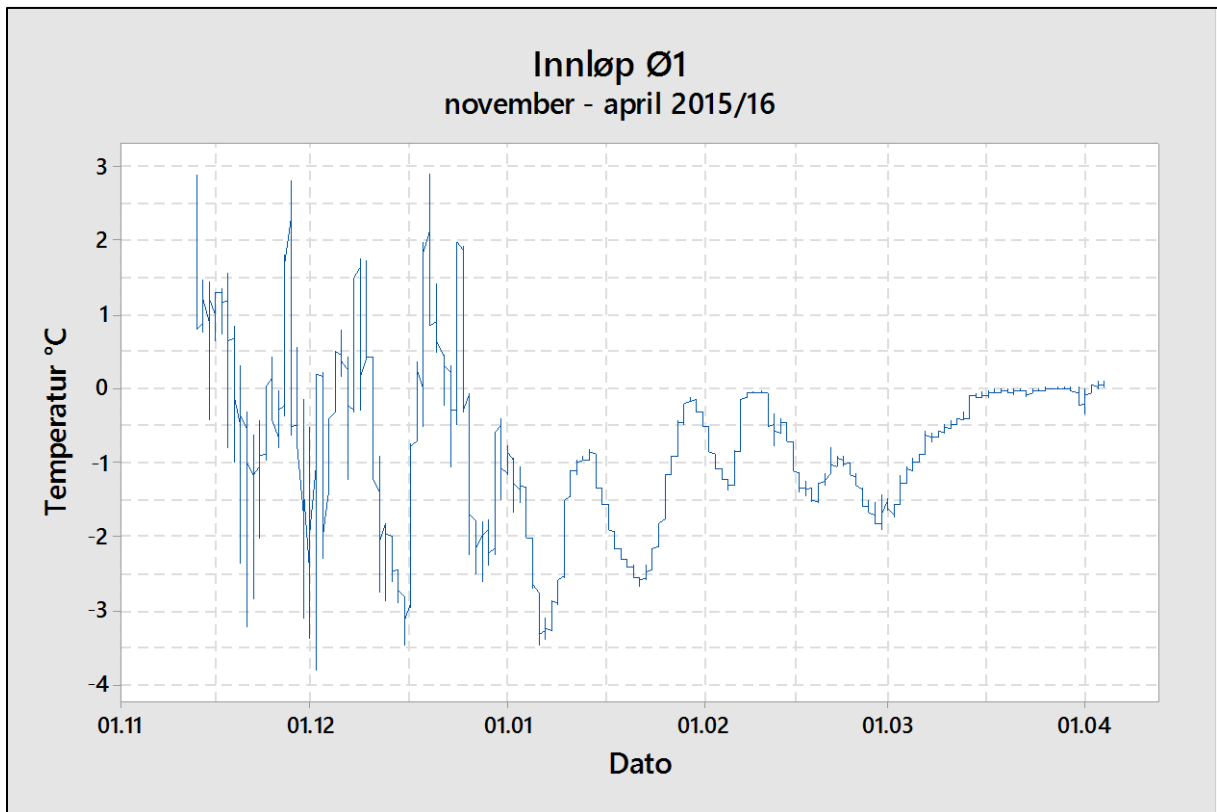


Figur 60. Stikkrenne Ø3 vinteren 2015/16, fra 13. november til 4. april.

Stikkrenne Ø3, november – april 2015/16

Temperaturene holder seg nokså jevnt gjennom vinteren, med små variasjoner, og det ser dermed ut til at kuldeskjørtet av plast hindrer store temperatursvingninger. Det blir minusgrader, men ikke under -3 °C i innløp, og -2 °C i utløp. Denne vinteren har ikke hatt så store snøfall, og sammenlignet med Ø2 som var uten kuldeskjørt (figur 59), er det ganske store forskjeller. Se nærmere sammenligning i figur 65 og 66.

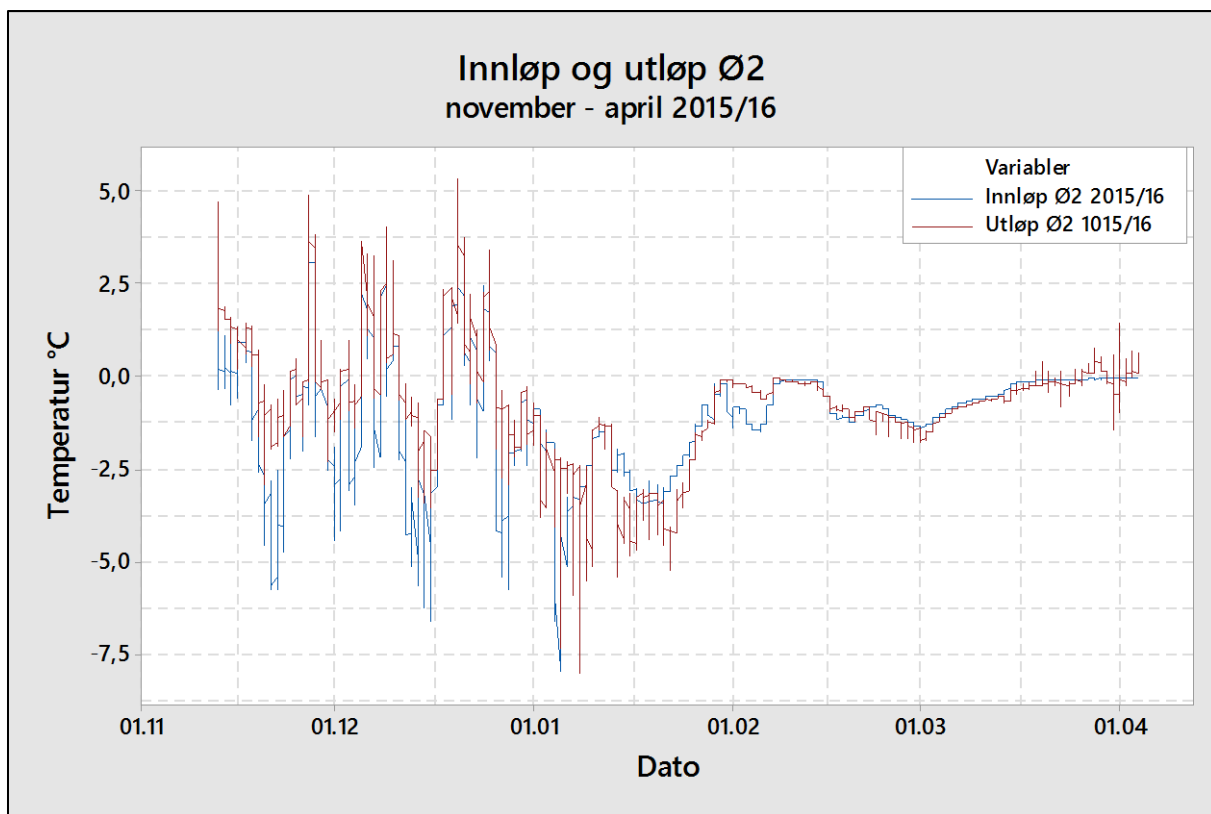
Kun innløp og utløp



Figur 61. Innløp Ø1, 2015/16

Innløp Ø1, 2015/16.

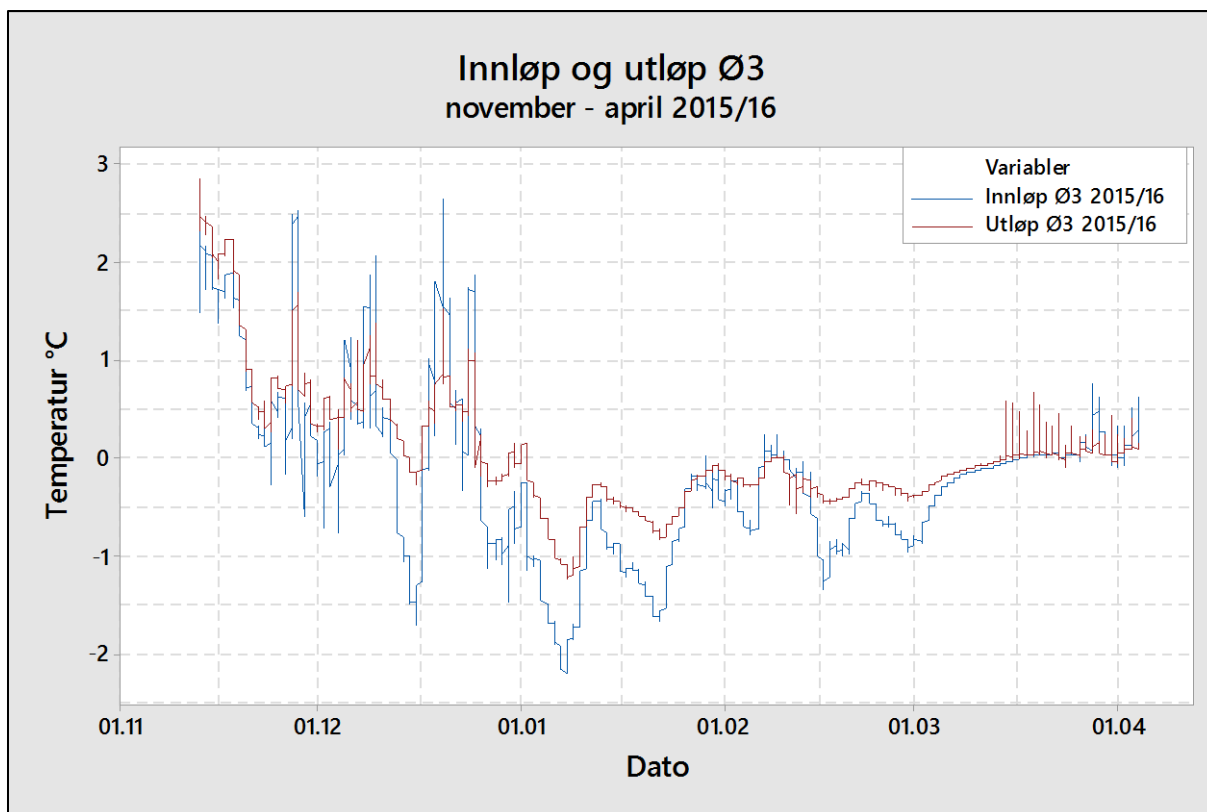
Utløpsdata mangler. Dataene viser relativt store variasjoner, som dempes mer fra januar og utover. Trolig er dette på grunn av snøfall i denne perioden.



Figur 62. Innløp og utløp Ø2, 2015/16

Innløp og utløp Ø2, 2015/16.

Jevnt over lavere temperaturer i innløp enn i utløp, og et større temperaturspenn enn både Ø1 (figur 61) og Ø3 (figur 63).



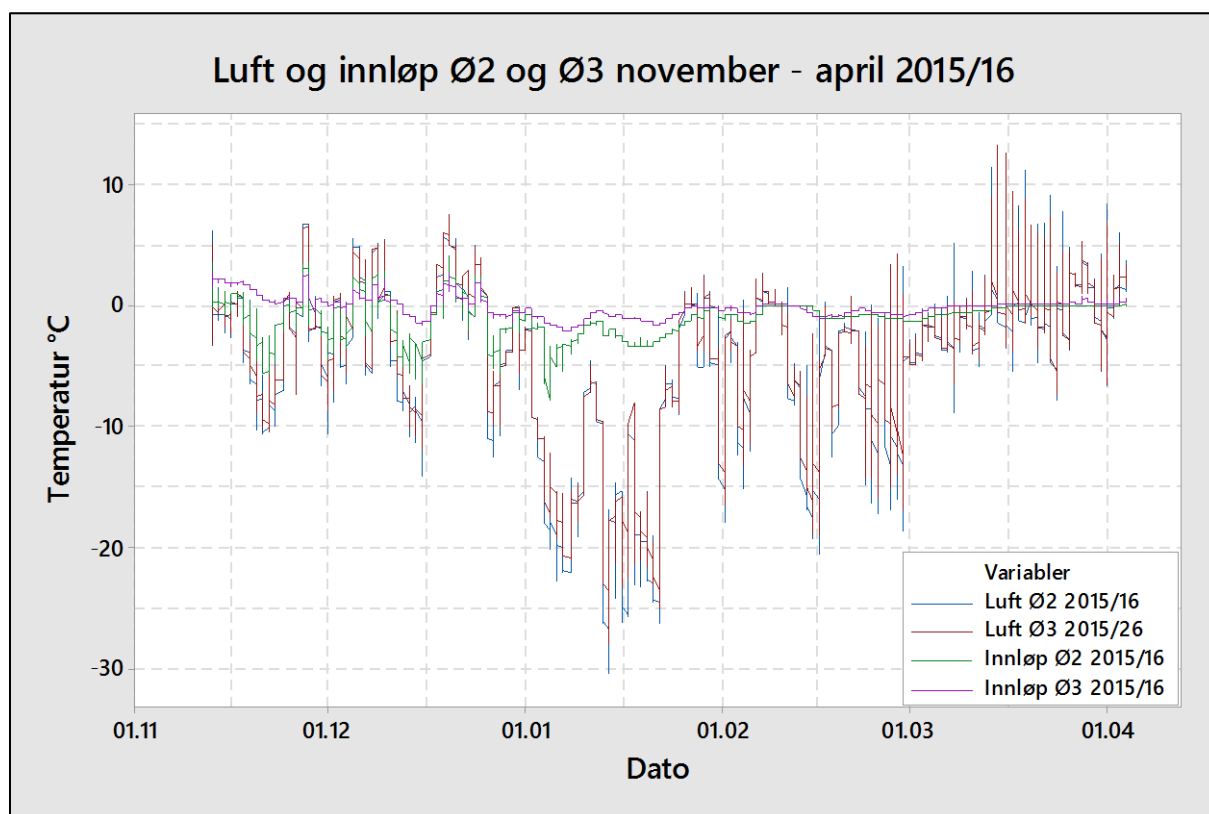
Figur 63. Innløp og utløp Ø3, 2015/16

Innløp og utløp Ø3, 2015/16.

Temperaturvariasjonene i innløp har et spenn på 6 grader, og kommer tydeligere frem i denne grafen. Dette er mindre enn både Ø1 (figur 61) og Ø2 (figur 62). I forhold til de andre grafene, virker innløp på Ø3 veldig jevnt og stabilt. Ved nærmere blikk, som her, ser vi bedre variasjonene også med kuldeskjørt av plaststrimler. Utløpet har et mindre temperaturspenn enn innløp.

Sammenligninger mellom stikkrenner 2015/16

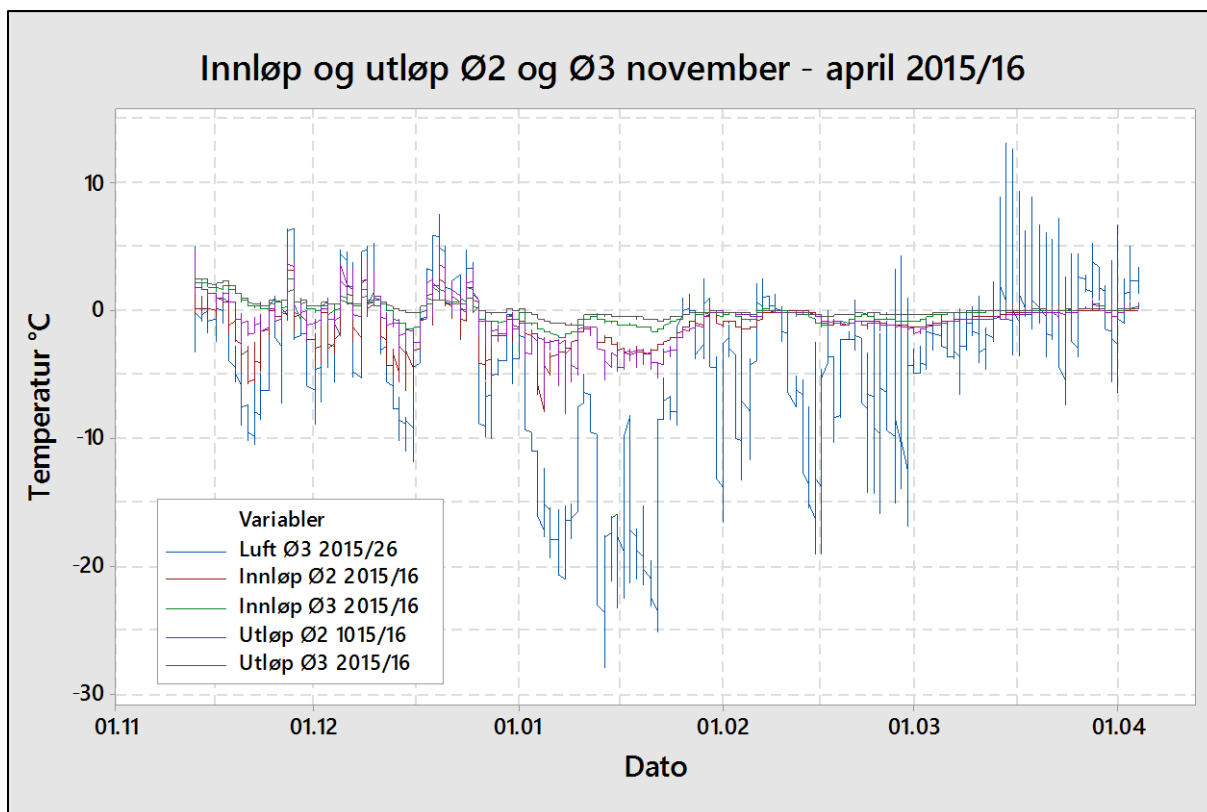
Det var ikke mulig å få tak i temperaturlogger i utløp på Ø1, og denne er derfor utelatt i flere grafer. Dette er også for å enklere kunne sammenligne direkte mellom Ø2 og Ø3, uten og med kuldeskjørt. Som nevnt tidligere har det også vært utfordringer med lufttemperatur på Ø1.



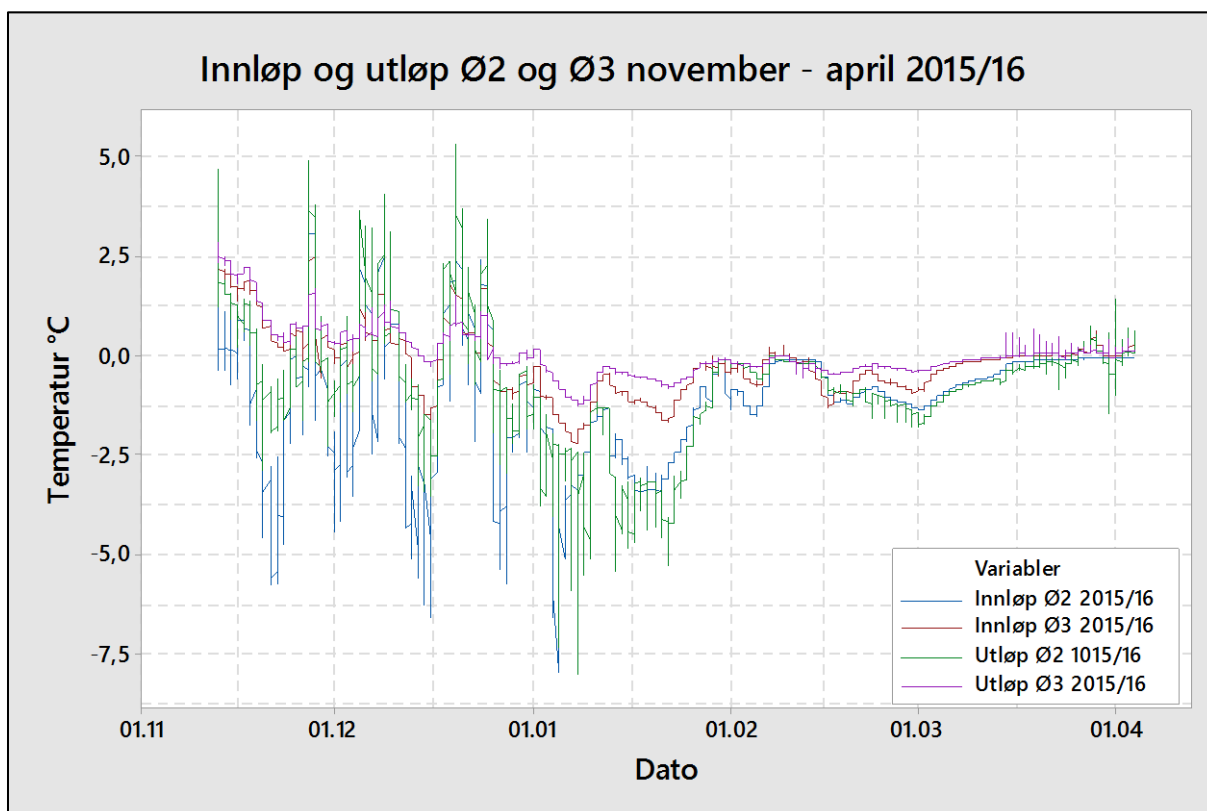
Figur 64. Temperaturer i luft og innløp på stikkrennene Ø2 og Ø3, vinteren 2015/16.

Luft og innløp Ø2 og Ø3, november – april 2015/16

Her ser vi at lufttemperaturer er nokså like. Innløpene er mer forskjellige, noe som også er forventet, da Ø2 ikke har kuldeskjørt, mens Ø3 har. Ut i fra denne grafen, kan det se ut som at kuldeskjørtet i Ø3 har en viss termisk effekt. Dette gjelder også når temperaturene utenfor stikkrennene er milde. Inni stikkrennene er det en mer stabil temperatur, så når det blir varme dager, vil det kunne være kaldere inni stikkrennen enn utenfor, noe vi særlig ser i de varme toppene i november, desember, og i slutten av mars. Varme på dagtid påvirker ikke temperaturen inni stikkrennene i nevneverdig grad. Dette kan også komme av snødekke, særlig i Ø2, som var dekket av snø ved innløpet, særlig fra februar.



Figur 65. Temperaturer i innløp og utløp på Ø2 og Ø3, samt lufttemperaturer fra Ø3, vinteren 2015/16. Lufttemperatur er med for å vise hvordan svingninger inne i stikkrenne eventuelt henger sammen med temperaturer utenfor.

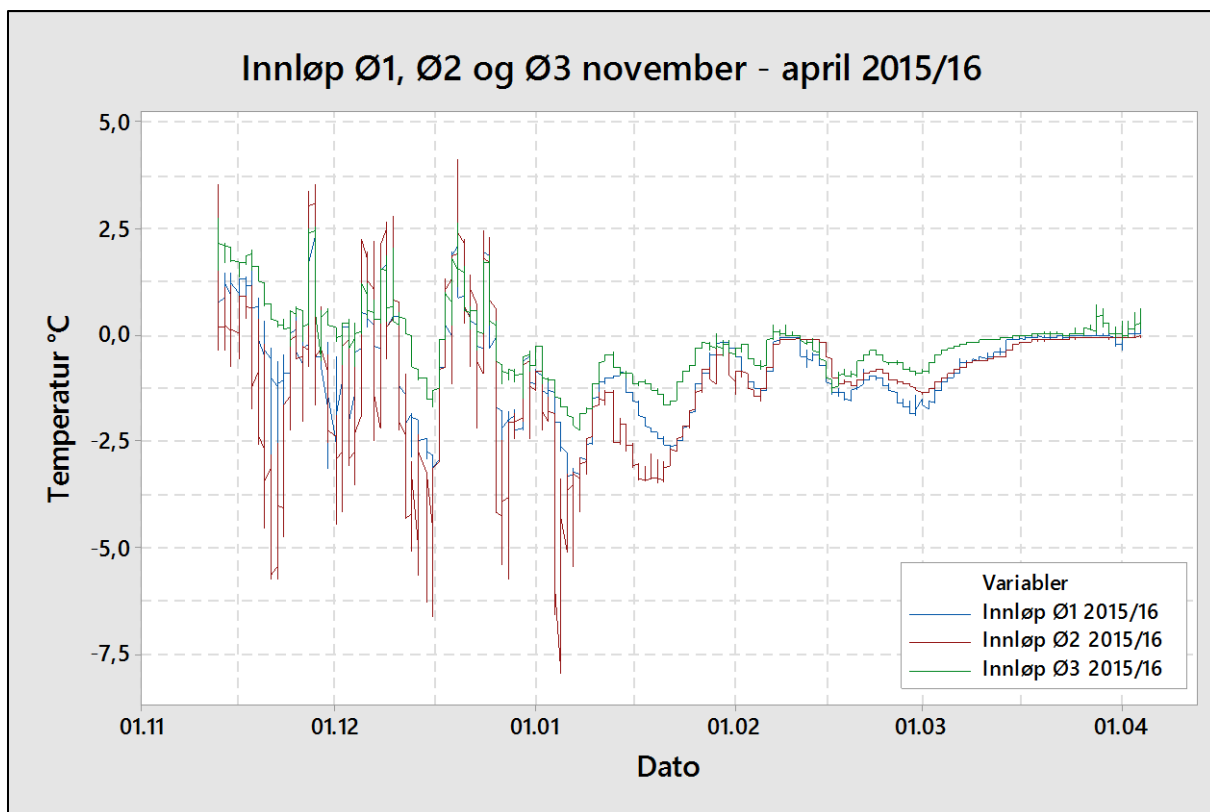


Figur 66. Temperaturer i innløp og utløp på Ø2 og Ø3, vinteren 2015/16.

Innløp og utløp Ø2 og Ø3, november – april 2015/16. Med lufttemperatur, og uten lufttemperatur (mer detaljert).

I figur 65 kan en se at temperaturene i stikkrennene stabiliserer seg og ikke følger svingningene i lufttemperatur like mye utover i januar, hvor vi ut i fra viltkameraene ser at det har lagt seg et nokså stabilt snødekke. Særlig utover februar blir også temperaturen i Ø2 mer stabil.

I figur 66 ser vi en ganske stor forskjell mellom temperaturene i Ø2 og Ø3, hvor Ø3 har en generelt mer stabil temperatur, noe som peker på at kuldeskjørtet av plast (Ø3) har en viss termisk effekt i forhold til Ø2, som er uten kuldeskjørt. Denne forskjellen kommer tydeligere frem i figur 66 enn i figur 65. Hvor forskjellig lokalitetene er, og hva det har og si, blir omtalt under diskusjon.



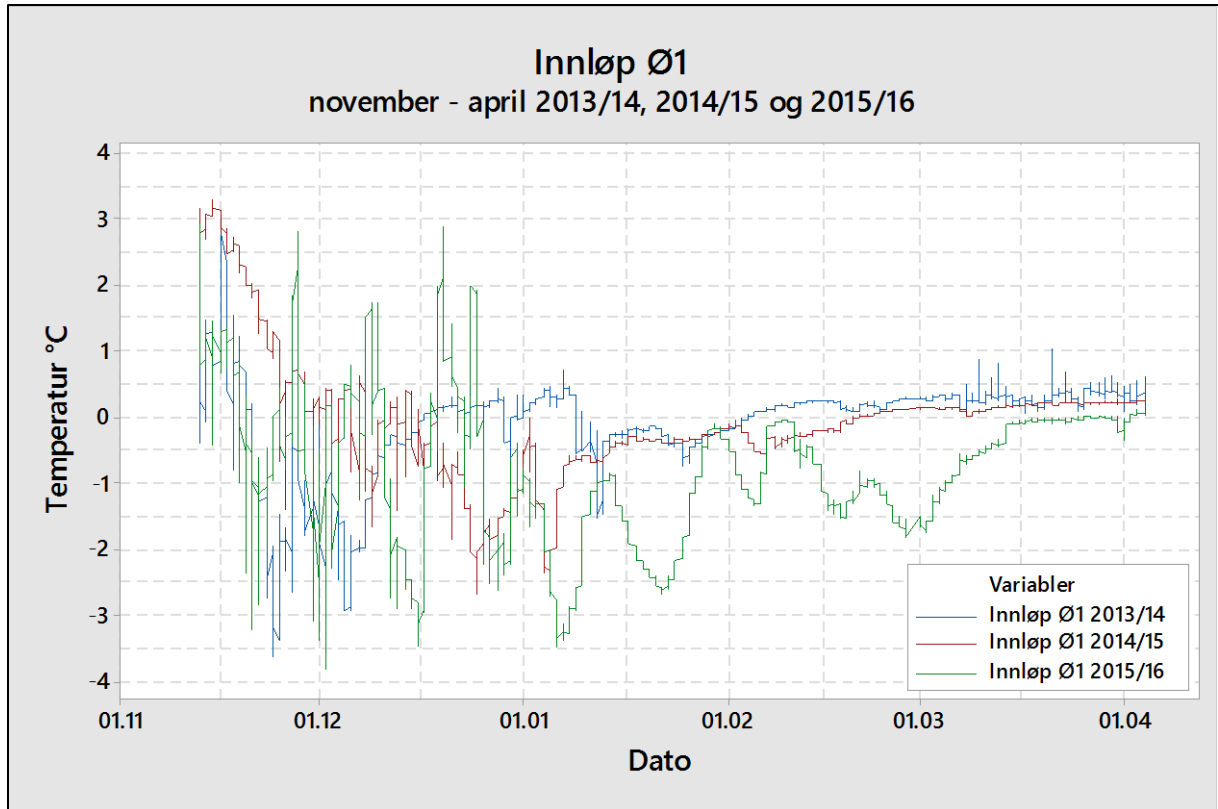
Figur 67. Temperaturer i innløp på alle tre stikkrennene, vinteren 2015/16.

Innløp Ø1, Ø2 og Ø3, november – april 2015/16

Her ser vi at temperaturene i Ø3 jevnt over er mildere i 2015/16 enn i de to øvrige stikkrennene, som er relativt like, til tross for kuldeskjørt i fiberduk i Ø1. Ø1 har ikke fullt så lave temperaturer som Ø2, men likevel lavere enn Ø3. Alle stikkrennene følger til en viss grad svingninger i lufttemperatur.

Sammenligning alle tre år

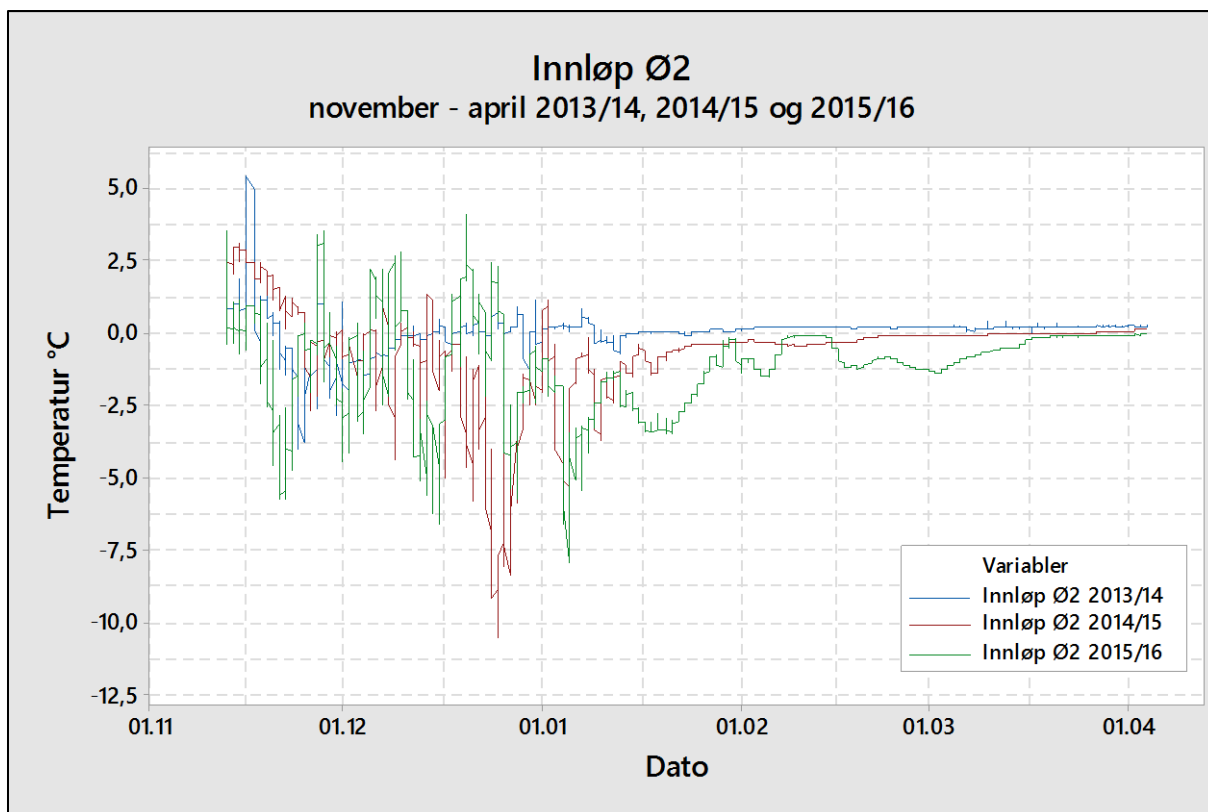
På grunn av skuddårsdag og trøbbel med direkte sammenligning av data med den til stede, er dagen fjernet fra 2015/16 dataene i de tre kommende grafene.



Figur 68. . Temperaturer i innløp Ø1 alle tre vintrene, 2013/14, 2014/15 og 2015/16, fra 13. november til 4. april.

Innløp Ø1, alle tre vintre, 2013/14, 2014/15 og 2015/16.

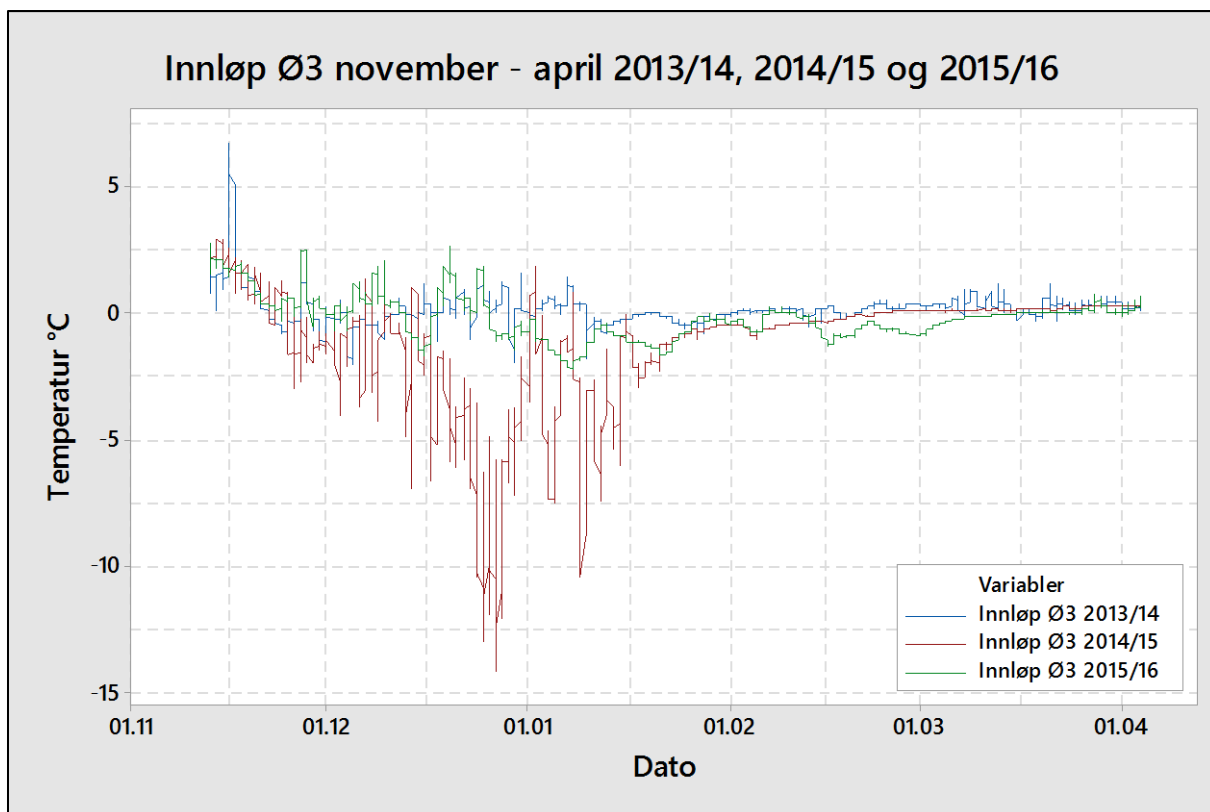
Her er det året 2015/16 som skiller seg mest ut, blant annet ved mer varierende temperaturer gjennom hele året. Dette kan komme av det det denne vinteren ikke har vært så mye snø som i de øvrige vintrene, det ble også observert en del is i stikkrennen. Det er likevel ikke de helt store temperaturvariasjonene, særlig ikke i forhold til Ø2 (se neste graf). Det er et temperaturspenn på ca. 7,5 grader.



Figur 69. Temperaturer i innløp Ø2 alle tre vintrene, 2013/14, 2014/15 og 2015/16, fra 13. november til 4. april.

Innløp Ø2 alle tre vintre, 2013/14, 2014/15 og 2015/16

Her ser det ikke egentlig ut som kuldeskjørt av fiberduk har hatt noen særlig virkning, men det må også bemerkes at det kan ha vært brettet opp, som nevnt tidligere. Siden vi ikke vet hvor lenge det har vært oppbrettet, kan det hatt innvirkning på resultatene også hele forrige vinter (2014/15). Det kan også forklare den laveste målingen på under - 10 °C, uten at dette kan sies sikkert. Det er en periode som også vises i Ø3 (graf 70), og i mindre grad i Ø1 (graf 68). I denne grafen er det et temperaturspenn på ca. 16 grader.



Figur 70. Sammenligning av innløpstemperatur alle tre vintrene, november - april 2013/14, 2014/15 og 2015/16.

Innløp Ø3 alle tre vintre, 2013/14, 2014/15 og 2015/16

Blå og rød strek viser Ø3 med kuldeskjørt av fiberduk, mens grønn strek er kuldeskjørt av plast. 2013/14 og 2015/16 virker begge relativt jevne, men det var mye snø i området vinteren 2013/14, og effekten kan muligens i stor grad tilskrives snøens isolerende effekt. Vinteren 2014/15 ser det ikke ut til at kuldeskjørtet har hatt noe særlig effekt på temperaturen i stikkrennen, før i midten av januar og utover, og da trolig i forbindelse med snøfall og varig snødekke. Her er temperaturspennet størst av de tre grafene, med nærmere 21 grader. Det store spennet skyldes i stor grad de lave temperaturene i 2014/15.

5.2 Dovre

På grunn av mye is og vanskeligheter med å få tak i temperaturloggerne til brukbar tid, ble dette avlyst. Det er derfor ikke mulig å presentere noen temperaturdata fra dette studieområdet. Dette er noe av risikoen med å gjennomføre målinger samme året som oppgaven skal skrives, og med fenomener som har store romlige og tidsmessige variasjoner.

5.3 Bilder fra viltkamera

En av fordelene med viltkameraene som sender bilder med jevne mellomrom, er at en kan få en viss indikasjon på hvordan temperatur og nedbør virker i området, samt at en til tider kan få litt inntrykk av om vinden gjør store utslag på snøfordelingen.

Vi kan få oversikt over når det eventuelt begynner å kjøve, og hvor fort det skjer. Den største fordelen er kanskje at man kan se når det er behov for å settes i gang tiltak, uten at man må dra ut til stedet på mange unødvendige befaringer.

5.3.1 Trysil – Ø3

Utviklingen gjennom vinteren 2015/2016



Figur 71. Plastforhengene har fått kondens på innsiden, som har gått over i dråpeform og renner nedover på innsiden av plasten. Bildet er tatt 24.12.15.

At det dogger på innsiden av plaststrimlene (figur 71) tyder på at det er høyere temperaturer inni stikkrennen enn utenfor (hvor det er 0 °C). I følge temperaturlogger i utløp var det 24.12.15 kl. 10 0,50 °C inne i stikkrennen.



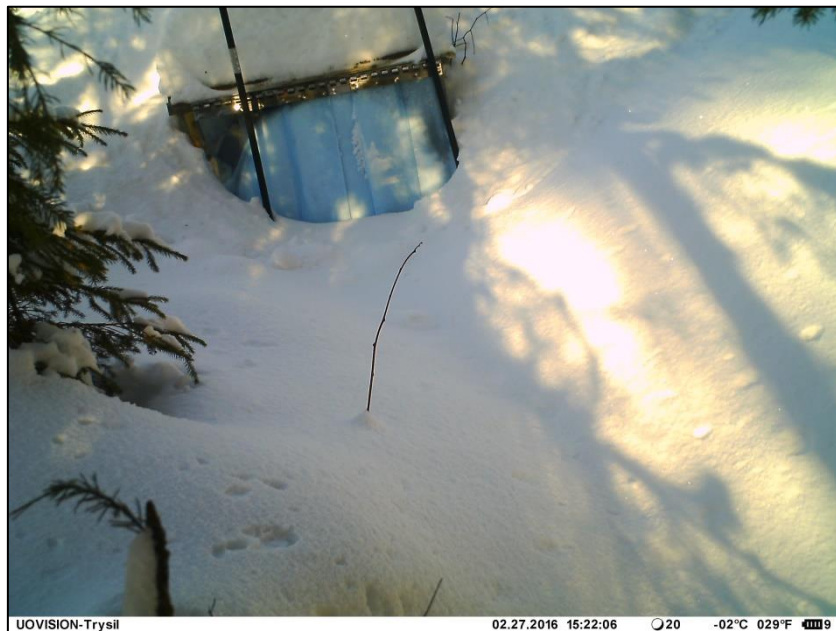
Figur 72. Bildet fra 28.01.16 viser at det fortsatt er dogg på plasten.

Viltkamera viser -3 °C 28.01.16 kl. 15.22 (figur 72). Temperaturlogger ute viser -0,70 °C kl. 15, men går ned til -2,74 °C kl. 16, og -3,74 °C kl. 17. Denne loggeren er på oversiden av vegen, altså på motsatt side og høyere i terrenget enn viltkameraet. Logger i utløp viser -0,18 °C kl. 15, og deretter ned til -0,19 °C fra kl. 16 og videre frem til kl. 02.00.



Figur 73. Bilde fra 05.02.16, fortsatt dogg.

Den 05.02.16 er det fortsatt dogg, og temperaturloggerne viser $-0,28\text{ }^{\circ}\text{C}$ på innsiden, $-4,57\text{ }^{\circ}\text{C}$ på luftlogger, $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ på viltkamera (figur 73). Det er fortsatt mildere inne i stikkrennen.



Figur 74. Bilde tatt 27.02.16, dogg og iskrystaller.

Det er fortsatt noe kondens på innsiden den 27.02.16 (figur 74). Noe varme ser ut til å lekke litt ut, siden det dannes iskrystaller på siden av den ene plaststrimlen mot midten.



Figur 75. Bilde fra 08.03.16, dypere snølag, fortsatt dogg.

Utover mars har det kommet stadig mer snø (figur 75), noe som også gjenspeiler de stabile temperaturene i alle stikkrennene på denne tiden. Dogg indikerer fortsatt mildere temperaturer, noe som blir bekreftet av temperaturdataene.



Figur 76. Det begynner å bli mindre dogg på plastremene 14. mars.

Som beskrevet så det ut til å dogge på innsiden av plaststrimlene i Ø3. Dette skjedde over lang tid, både i figur 71, 72, 73, 74 og 75, mens det så ut til å avta i figur 76. Doggen fjernet seg delvis 14. mars i 21-tiden (figur 76), noe som gjenspeiler seg i temperaturdataene. Det er

kaldere inni stikkrennen med $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, enn utenfor med $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ på viltkameraet og $1,96\text{ }^{\circ}\text{C}$ på luftloggeren kl. 22.

Deretter bytter det på å dugge og ikke dugge, gjennom resten av mars, men med helt klart flest tider med dugg. Dette viser en god korrelasjon med temperaturdataene, som viser at det gjennom store deler av vinteren er mildere temperaturer inne i stikkrennen, enn utenfor.

5.3.2 Dovre – D2



Figur 77. Dugg på innsiden av plaststrimlene 25.12.15, ved stikkrenne D2 i Dovre.



Figur 78. Snøfall, og fortsatt dugg, 10.01.16.



Figur 79. Fortsatt dogg på innsiden av plaststrimlene 27.01.16, samtidig som det kommer stadig mer snø. Spor etter en rev til høyre.



Figur 80. Kuldeskjørtet på D2 var nedsnødd deler av tiden. Her fra 20.02.16.

På viltkamerabildene fra utløpet til D2 (figur 77, 78 og 79), som hadde samme type kuldeskjørt som Ø3 i Trysil, så det ut til å dannes dogg på innsiden av plaststrimlene. Dessverre ble det ikke tid til å hente temperaturloggerne her, så det var ikke mulig å sammenligne med temperaturdata. Det kan antas at det var mildere temperaturer inne i stikkrennen, enn utenfor, men dette kan ikke bekreftes. Det ble ikke observert kjøvingsproblemer i D2.

5.3.3 Dovre – D3

Dette var stikkrennen med best kjøving, sett med studieøyne. Dessverre sluttet kameraet å ta bilder 22.02.16, på grunn av plutselig tap av batteri. Uten å få varsel om dette, og da ingen av de andre kameraene slet med dårlig batteri, var det vanskelig å få gjort noe med. Likevel ble det gode bilder fra oppbyggingen av isen som kan brukes. Viltkameraet på denne stikkrennen tok bilder av innløpet. Figur 81, 82, 83, 84 og 85 gir et inntrykk av den gradvise oppbyggingen av svellisen.



Figur 81. Helt i starten av frysingen. Bekken fryser delvis til, og bygger seg utover og oppover. Bilde fra 20.11.15.



Figur 82. Dette bildet fra 23.11.15 illustrerer godt en lagvis oppbyggingen av isen. Snø fremhever de ulike trinnene, og er også en viktig del av isoppbyggingen.

Kjøvingen starter 20.11.15 (figur 81), og utviklet seg rykkvis gjennom vinteren.



Figur 83. Snø har vært en viktig del av isoppbyggingen i stikkrenne D3. Her begynner vann å smelte noe av snøen mens det renner ut, og bidrar til isoppbyggingen, 17.12.16.

Isen bygget seg opp relativt fort når det først begynner å kjøve, og tok «pauser», før det fortsatte. Snøen så ut til å bidra til oppbyggingen på flere måter (figur 82 og 83).



Figur 84. Isen har fylt store deler av bekkeløpet, og innløpet på stikkrennen er nesten tett 20.01.16.



Figur 85. 19.02.16 er stikkrenne D3 helt fylt opp av is. Isen går et stykke over innløpet, og fyller gradvis opp hele området foran.

Figur 84 viser stikkrennen like før innløpet blir helt fylt opp av svellis. Like etter bildet i figur 85 ble tatt, sluttet kameraet å ta bilder og sende. Isen vokste seg stadig større, og ansatte i Jernbaneverket kunne opplyse om at de hadde brukt steam for å tine vei gjennom rennen i løpet av mars. På grunn av tykkelsen på isen, som ikke hadde smeltet tilstrekkelig, var det ikke mulig å få tak i temperaturloggerne tidsnok til å bruke dem i oppgaven.



Figur 86. På feltbefaring 17.03.16 var det tydelig at kjøvingen starter et godt stykke ovenfor stikkrenne D3. Svellis kan ses under grantreet, og legger seg også rundt bjørka til høyre.

På befaring og i snakk med ansatte på Dovrebanen (Jernbaneverket), kom det frem at det står og ligger mye trær i og ved bekkeløpene, som trolig kan bidra til kjøvingen. Et eksempel kan ses i figur 86. Dette kan og bør ryddes opp i, men er utenfor Jernbaneverkets eiendom. Et samarbeid med grunneiere tilgrenset jernbanen kan derfor være av stor nytte.

5.4 Visuelle observasjoner og henting av temperaturlogger.

Ved henting av temperaturloggerne 4. april 2016, ble det også gjort observasjoner av isforholdene i stikkrennene. Snø og is måtte fjernes fra innløp og utløp før det var mulig å gå inn i stikkrennene og hente ut loggerne.

Is i utløp på Ø1 gjorde at det ikke var mulig å hente ut temperaturlogger, da den ikke var mulig å løsne eller hogge bort med utstyret som var brakt med, se figur 87.



Figur 87. Observert isdannelse i utløp på stikkrenne Ø1.

I Ø2 måtte en del av de øverste islagene hogges bort for å få tak i utløpslogger, se figur 88. Dermed har det vært kjøving i begge stikkrennene, men ikke nok til å blokkere dem helt. Vann rant under isen i begge stikkrenner ved henting av loggerne 4. april. Ø3 hadde ikke is inne i stikkrennen ved henting av temperaturloggerne, se figur 89 og 90.



Figur 88. Observert svellis i utløp på stikkrenne Ø2.



Figur 89. Ingen særlig isdannelse observert ved utløp på stikkrenne Ø3.



Figur 90. Ingen is observert inne i stikkrenne Ø3, 4. april 2016

6 Diskusjon

6.1 Termisk regime

I og med at de tre vintrene det har vært temperaturmåling i stikkrennene i Trysil, ikke har vært preget av særlige kjøvingsproblemer, blant annet på grunn av mye snø, er ikke alle data enkle å tolke. Vi kan likevel få en del nyttige observasjoner, som legger grunnlag for noen enkle konklusjoner, og peker ut retning for videre studier på kuldeskjørts termiske effekt.

6.1.1 Visuelle observasjoner i felt

Visuelle observasjoner kommer stort sett fra vinteren 2015/16, som også er perioden som legger hovedgrunnlaget for tolkninger i oppgaven. Ved befaring den 15.12.15 ble det observert begynnende islegging, særlig ved utløpet av Ø1, hvor duken iset fast til stikkrennen og nedenfor, se figur 27 i kapittel 4.4 *Feltdesign*. I Ø2 ble det observert is både på oversiden og nedsiden av stikkrennen. Dette kan ses i figur 28 og 29. Ø3 hadde også noe is i nærheten, blant annet et farget isdekke, beskrevet under kapittel 3.3.1 *Hydrologisk regime - Farget is*. Figur 7, 8, 30 og 31 viser dette, og også begynnende bakkekjøving i grøften nord for innløpet på Ø3.

Isdannelse observert i Ø1 og Ø2 i april 2016 (figur 87 og 88) kan ha vært en videreutvikling av observert is i desember 2015. Is-observasjonene sammenlignet med temperaturmålingene, viser at det generelt har vært lavere temperaturer i Ø1 og Ø2 i forhold til Ø3, noe som kommer godt frem i blant annet figur 67 (innløp Ø1, Ø2 og Ø3 2015/16). De mildere temperaturene i Ø3 er trolig grunnen til at det ikke ble observert is i stikkrenne Ø3 i april (figur 89 og 90).

Kombinasjonen av visuelle observasjoner og temperaturloggere gir et inntrykk av at plast fungerer bedre som materiale til kuldeskjørt, enn fiberduk. Dette blant annet fordi isen hang bedre fast i duken av kuldeskjørt, mens det løsnet lett fra plaststrimlene (is utenfor stikkrennen). Det kan komme av slitasje på fiberduken etter tre sesonger, og at plasten er helt ny. Med mer slitasje kan muligens is lettere henge fast på plasten, men trolig ikke i like stor grad. I tillegg ble det observert mye is inne i stikkrenne Ø1, til tross for kuldeskjørt av fiberduk. Dette kan komme litt av lokale forskjeller, men også være på grunn av forskjeller i egenskapene til materialene. Det er viktig å påpeke at det er et tynt grunnlag å trekke konklusjoner fra, da plastremene bare har hengt oppe i en sesong. Likevel kan det antas at

plast fungerer bedre som materiale i kuldeskjørt, enn fiberduk. Det er også lettere å ta av plaststrimlene ved spyling av stikkrennene, og ved generelle observasjoner og befaringer.

6.1.2 Jordvarme

Det nevnes i notat av Braskerud (i.d.) om kuldeskjørt sin effekt, at det blant annet skal bevare jordvarmen lengre. Det er ikke funnet noen støtte til dette i litteratur gjennomgått i denne oppgaven. Heller ikke temperaturmålinger virker å støtte teorien om jordvarme. De fleste stikkrenner her i landet vil uansett bli omgitt av frost. Med teori fra blant annet Seppälä (1999), kan vi i stor grad anta at frostfronten vil bevege seg fortere nedover i konstruksjoner som veg og jernbane, enn i mer naturlig områder rundt, blant annet på grunn av materialene som er i konstruksjonene, endringene som er gjort i de nærliggende områdene, samt det faktum av de blir holdt fri for snø som ellers kunne virket isolerende.

Selv om vegen i stor grad holdes snøfri, ser vi at stikkrennene holder en relativt stabil temperatur når snøen har lagt seg rundt. Dette kan muligens være på grunn av isolasjon på vegskuldrene og rundt, men også at det stanser kaldluft i å drenere gjennom stikkrennene. Heller enn å se på jordvarme som et enkeltkomponent, kan vi se på energibalansen. Det er et varmebidrag fra jordvarme, men latent varme er trolig viktigere.

6.1.3 Pipeeffekten

I sin beskrivelse har Statens vegvesen (2014) som tidligere nevnt, beskrevet pipeeffekten som *kaldlufttrekk gjennom lengre kulverter/ledninger med stort lengdefall*. (Statens vegvesen, 2014, p. 156). Hvor aktuelt det er at denne effekten er gjeldende ved relativt korte stikkrenner, er usikkert.

Granbar og isolasjonsmatter (Jernbaneverket, 2015) kan virke å være blant de tiltakene som ligner mest på kuldeskjørt. Likevel kan det være at disse har andre effekter. Blant annet kan granbar virke som en brems for kaldlufttrekk, men også føre til at snø lettere legger seg oppå kvistene, slik at vannet kan renne beskyttet under, og slik hindre varmetap. Kuldeskjørt vil ikke samle snø på samme måten. Isolasjonsmatter har trolig litt den samme effekten som granbar, ved at den hindrer varmetap fra bekken, og også trolig trekk inn i stikkrennene. Den er også slik sett noe likere kuldeskjørt. Fordelen kuldeskjørt har, er at om det blir glemt, vil det trolig i mindre grad tette stikkrennen, slik granbar og isolasjonsmatter kan gjøre.

Mesta Trysil (2015/16) har påpekt at svellis ofte blokkerer utløpet av stikkrenner i området rundt Osensjøen. Dette nevner Carey (1977) som vanlig på grunn av design hvor stikkrennen stikker ut av skråningen. Slik design er det til en viss grad på både Ø1 og Ø2 i Trysil, men ikke ved Ø3 (se figur 26, 27, 29 og 31). Siden det også skjer tetting i utløp av svellis også i områder hvor stikkrennen ikke stikker like langt ut av skråningen, er det ikke bare fordi de er utsatt for luft rundt hele stikkrennen, at det fryser i utløp. Det kan være en medvirkende faktor, men trolig ikke den eneste. Dette kan likevel være en del av grunnen til at det ble observert is i Ø1 og Ø2 denne vinteren 2015/16, men ikke i Ø3, og ikke bare på grunn av kuldeskjørtet. Det må likevel understrekes at stikkrennene ikke stikker veldig langt ut på noen av stedene, og at det er begrenset med luft under både Ø1 og Ø2. Mest utsatt er kanskje Ø1.

6.1.4 Energiutveksling

Dogg på innsiden av plaststrimlene som sett på blant annet figur 71, og bekreftet gjennom temperaturloggerdata, peker mot en termisk effekt av kuldeskjørtet. Vinterstid er det noe varmere inne i kulverten enn lufttemperaturen utenfor, og det blir kondens på plaststrimlene som blir avkjølt av den utvendige lufttemperaturen. Det er en temperaturgradient gjennom plasten, og ved en temperaturgradient blir det en varmeoverføring ved konduksjon (Fouriers lov om konduksjon).

En beskrivelse av energiforholdene i kulvertene blir gitt av likningen

$$LW + QH + QE + (QV + QVL) - QT - M = 0$$

Det kan se ut til at den turbulente varmeutvekslingen har et større samspill med forhold utenfor med fiberduk, enn med plaststrimler. Dette er innenfor ledd QH og QE (henholdsvis følbare og latent varmeoverføring) som får et større spillerom, sammen med QV og QVL, inne i stikkrenner med kuldeskjørt av fiberduk, mens det blir mer hindret av plaststrimler, som ikke gir like store turbulente varmeutvekslinger. Inne i stikkrenner med plaststrimler er det trolig mest QV og QVL, altså turbulente varmeutvekslinger fra rennende vann, som har en viss påvirkning på temperatursvingningen vi kan observere i blant annet figur 60 (Ø3). Sett i forhold til figur 63, som viser variasjonene i Ø3 med kuldeskjørt av plaststrimler tydeligere enn flere av de øvrige grafene, er det svingninger. I figur 65 (innløp, utløp og luft Ø2 og Ø3) virker temperaturen å være ganske stabil gjennom vinteren inne i stikkrennen, men som nevnt, viser figur 63 (Ø3), 66 (innløp og utløp Ø2 og Ø3), og 67 (innløp Ø1, Ø2 og Ø3) at det er variasjoner også her. Svingninger følger til en viss grad svingninger i lufttemperatur, men er

ganske dempet. Det virker også tidvis å være en forsinkelse i respons i forhold til endringer i temperaturen utenfor.

Figur 77, 78 og 79 fra stikkrenne D2 på Dovre viser at det ser ut til å dogge på innsiden av plaststrimlene i dette studieområdet også. Uten temperaturdata til å sammenligne med, kan vi ikke si noe sikkert, men det antas at det er av samme grunn som på Ø3 i Trysil. Det ble ikke sett noe isdannelse på bildene fra viltkameraet som tok bilder av utløp på D2.

Isen i stikkrenne Ø1 og Ø2 kan ha vært selvforsterkende, ved at det påvirket energibalansen. Frysing av is og frigiving av latent varme spiller en rolle, men i stikkrenne Ø3 var det større muligheter for å «fange» den latente varmen, og dermed varme opp stikkrennen, slik at energien ble brukt til å smelte isen igjen. Dette blant annet på grunn av at det ikke ble en like god kobling til turbulente varmekulser mot atmosfæren, som det blir i vanlige, åpne stikkrenner.

6.1.5 Snø

Snøens isolerende evne og effekt på det termiske regimet i bakken, og dermed også det hydrologiske regimet, har svært mye å si for kjøving. Lite snø og barfrost er gunstige forhold for kjøving, mens tidlig snøfall kan hindre dette (Londagin, 1968; Mawhinney, 1979; Zhang, 2005). Den termiske konduktiviteten til materialet, og temperaturgradienten, som i Fouriers lov om konduksjon, gir et bilde av snøens rolle i kjøving. Når et materiale som snø ligger over is, er det en annen konduktivitet, som gjør at kulden ikke trenger like lett ned til isen. Siden snø har svært lav termisk konduktivitet (Carey, 1973; Zhang, 2005), er den med på å isolere den temperaturen som allerede er i isen eller bakken, om dekket er tykt nok (Vinson & Lofgren, 2003).

Resultatene fra målingene de to første vintrene (2013/14 og 2014/15) kan blant annet si oss noe om hvordan snø og snødekke påvirker temperaturen inne i stikkrennene. Mesta Trysil (2015/16) kunne fortelle at det ikke hadde vært noen kjøvingsproblemer disse vintrene, på grunn av mye snø. De to foregående vintrene var det store problem med kjøving, og det måtte tines nesten hver dag med damp/steam (Mesta Trysil, 2015/16), et tiltak beskrevet i kapittel 3.5.1 *Tining av is*. Kuldeskjørtene hindrer snøen i å komme inn innløpet til stikkrennene, men samtidig er det som nevnt mulig at de også hindrer trekk. Snøens isolerende effekt er tydelig hvor temperaturene stabiliseres inne i stikkrennene i løpet av vinteren, i forhold til

lufttemperaturene utenfor. Dette kan ses i de fleste målinger i både innløp og utløp både i 2013/14 og 2014/15, og de generelle trendene stadfester dermed effekten.

Likevel er det ikke bare snøen som nødvendigvis har noe å si. Nedbørsmengden i forkant av de kalde årstidene har også stor betydning (Yu et al., 2005). En oversikt over nedbør både i form av regn og snø, er derfor av stor interesse og burde optimalt sett vært gjort. Ut fra viltkamera kan det også ses variasjoner i snødekket gjennom vinteren, se figur 71-85. Da tykkelsen på snøen har mye å si for videre nedkjøling eller isolering (Zhang, 2005), har dette absolutt betydning.

Selv om det ikke ble blokkeringer i stikkrennene i studieområdet (i 2015/16), var det enkelte stikkrenner i områdene rundt hvor det var kjøvingsproblemer, og måtte steames (Mesta Trysil, 2015/16). Dette kan komme av lokale forskjeller, som vi ikke har fått undersøkt videre. Det peker likevel på fenomenets romlige og tidsmessige variabilitet (Morse & Wolfe, 2015; Yu et al., 2005).

Siden stikkrennene i studieområdene er tilknyttet veg og bane, blir kuldefronten gjennom brøytet veg og bane, trolig raskere og dypere enn i områdene rundt (Seppälä, 1999). Kuldeskjørt vil dermed ikke bare påvirke innvirkning fra lufttemperatur rundt, som kan trenge gjennom stikkrennen ved vanlige luftstrømmer, men også hindre kuldefronten gjennom vegdekke eller jernbanen i å avkjøle vannføringen gjennom stikkrennen så det fryser. Kuldeskjørtet kan som nevnt, isolere temperaturutvekslingen, slik at den frigitte latente varmen og følbare varmen, blir reflektert ned igjen til vann- eller isoverflaten, og ved tilstrekkelig temperatur, smelte is som har blitt dannet. Dette kan kanskje særlig gjelde hvis det ikke er nok snø til å dekke innløp eller utløp. Er det tilstrekkelig med snø, vil vi kanskje se lignende effekt, en dempet respons som Carey et al. (1966-70) observerte i sine undersøkelser.

Flere av tiltakene som er nevnt, bruker snøens effekt for å isolere, hindre videre nedkjøling og lignende, som grankvister og andre materialer brukt for å isolere kulvertene (Carey et al., 1966-70; Londagin, 1968), men nevner også ulempene ved dette, som arbeidsmengden og tidsbruken (Jernbaneverket, 2015), i tillegg til de konsekvensene det kan få hvis det glemmes. Slik sett er kanskje omfordeling av snø, snøgjerd (Carey, 1973) eller kunstsne (Vinson & Lofgren, 2003) noen litt enklere alternativ til utnyttelse av snøens isolerende evner. Dette er likevel ganske arbeidsomme tiltak, hvor kuldeskjørt kan virke som et noe mer permanent og mindre krevende tiltak, forutsatt at det gir den effekten en ønsker.

6.2 Hydrologisk regime

6.2.1 Grøfter og bekkeløp, drenering

Langs veger bør grøfter være brede og grunne for trafikksikkerhet, lagring av brøytet snø om vinteren, og for å kunne fange opp isnedfall og steinsprang (Norem, 1998; Norem et al., 2016; Statens vegvesen, 2014), men kunne med fordel hatt en smalere og dypere del i bunn for å konsentrere vintervannføring, og muligens hindre svellis i å vokse ut i vegbanen eller opp mot jernbanesporet når stikkrenner går tett. Det er også nevnt av Carey (1973) at ved å legge smale renner i grøfter eller bekkeløp (figur 10), som kan samle vintervannføringa, hindrer en varmetap til atmosfæren, slik at det ikke fryser like lett. Vegetasjon som henger over bekkeløp har også vist å ha stor effekt på varmetap (Carey, 1973). Busker eller i noen tilfeller avkappet granbar, kan få snøen til å legge seg over bekken, og bidra med sin isolerende effekt, som vist i figur 11. Jernbanen må ikke ta hensyn til trafikksikkerhet på samme måte som vegene, og kan slik sett stille friere til å utforme mer optimale grøfter (Norem et al., 2016).

Det er likevel ingen klar eller enkel løsning på kjøvingsproblemer. Forebyggende tiltak som mer kanalisering og samling av vannet, drenering til andre områder hvor det ikke gjør skader, og lignende (Carey, 1973; Londagin, 1968; Mawhinney, 1979; NVE, 2010; Seppälä, 1999), kan være nyttige og gode metoder, men ikke alltid lett gjennomførbare eller praktiske å vedlikeholde over tid. Noen steder vil det likevel kunne ha stor effekt, og kunne spare store utgifter til sikring, isfjerning og lignende. Ifølge Norem (2016) har terrenggrøfter som kanalisierer og samler vannet ført til at kjøving i skjæringer så å si har forsvunnet.

Enkelte steder kan trolig en kombinasjon av riktig design på bekkeløp og innløp på kulvert, og kuldeskjørt, gi en god effekt. En endring av det turbulente varmeutvekslingsleddet, og hindring av frysing i selve kulverten, vil sammen med utforming av grøfter og bekkeløp, gi mindre sannsynlighet for kjøving kanskje i både innløp og utløp. Siden kuldeskjørt er antatt å stort sett bare hjelpe for kjøving i utløp, og ikke i innløp, kunne det vært interessant å testet ut om en slik kombinasjon kunne fått en positiv effekt.

6.2.2 Stikkrenner

Carey (1973) trekker frem viktigheten av tilstrekkelig størrelse på stikkrenner, at det ikke nødvendigvis er nok å ta hensyn til beregnet vannføring, da is tar større plass enn vann, og skal en ha plass til den også, må en ha større dimensjoner. Det er igjen et spørsmål om økonomi, både med tanke på kostnader for rør, som blir større jo større rørene er, i tillegg til

gravearbeid, som blir mer omfattende. I tillegg er det for eksempel svært mange stikkrenner langs Dovrebanen som er ganske små, og tørrmurte, noe som trolig vil ta lang tid å skifte ut, og skape problemer for togtrafikken. Det er ønskelig med metoder som krever minst mulig, eller helst ingen stans i togtrafikken (Jernbaneverket, 2015).

Statens vegvesen (2014) har oppgitt stikkrenner med en diameter under 600 mm som unødvendige å frostsikre. Ut i fra studieområdene, de problemene banemannskap på Dovrebanen har opplyst om, og gjennom oppgaven har blitt observert, virker det ikke alltid å være tilfelle. Disse stikkrennene er 600mm eller mindre i diameter, og har store kjøvingsproblemer. At en generell regel har unntak, er ikke overraskende. Likevel ligger det nok noe til grunn for en slik vurdering. Når mange stikkrenner er underdimensjonert kan en lure på om det er nødvendig eller praktisk med stikkrenner mindre enn dette. Kanskje er det snøen som isolerer godt nok slik at det ikke trengs ytterligere frostsikring, siden det flere steder i landet kan bli dypere enn diameteren på stikkrennene, særlig når snøbrøyting fører til ekstra snø i grøftene (Carey et al., 1966-70).

Et annet viktig aspekt er å holde stikkrenner åpne, å ha jevnlig kontroll og rensk, i forhold til sedimenter, kvister og annet brask, is, og alt som kan tenkes å være med på å blokkere stikkrennene eller redusere kapasiteten. Gode bekkefar og grøfter er også viktig. Alle slike konstruksjoner er inngrep i det naturlige hydrologiske regimet. Med klimaendringer og tilhørende utfordringer, som mye av dreneringssystemene i Norge er underdimensjonert for, blir det stadig viktigere at de systemene vi allerede har, fortsatt har den kapasiteten de er bygd for, før de eventuelt rekker å skiftes ut.

6.3 Praktisk og økonomisk sammenligning av materiale til kuldeskjørt

Det er fordeler og ulemper med begge materialene som ble testet ut i dette prosjektet, og noen sammenligninger blir omtalt her.

6.3.1 Pris

Fiberduken som ble brukt til kuldeskjørtene er av Mesta Trysil (2015/16) oppgitt å være vanlig fiberduk til veg, klasse 3. Disse kommer i store ruller. Et eksempel hentet fra forbruksimport.no (2016), gir en pris på 6000 kr for rull på 5 x 110 meter (angitt som tilbudspris). Forhandler oppgir dette som en middels kraftig duk i klasse 3, som følger

NorGeoSpec 2002. I følge NorGeoSpec (i.d.) er det oppdaterte spesifikasjoner fra 2012, som følger europeiske standarder (NorGeoSpec2012, 2013).

Plaststrimlene er som nevnt samme type som brukes som port i både fjøs og lager, og er slitesterk, UV-bestendig PVC plast. Den er oppgitt å være kuldebestandig til $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$, og 20 cm bred og 2 mm tykk (Nessemaskin, i.d.-b). Det ble kjøpt en rull på 50 m, til en pris på 1500 u/mva. Festeskinne og festeplater ble også kjøpt inn, for stikkrenner både i Trysil og Dovre. Totalpris for alt ble på 3715 kr. Etter oppsettet ble det plast til overs, og det er derfor ikke å regne som fullstendig pris for oppsettet.

Pris pr. kvadratmeter viser at plast er dyrere enn fiberduk, da plast fra Nessemaskin (i.d.-b) har en pris på omtrent 150 kr pr. m^2 , mens fiberduken med pris fra forbruksimport.no (2016) kommer på omtrent 10,90 kr pr. m^2 . I tillegg kommer festeplater og festeskinner for plasten.

Uten å vite forhandler eller pris Mesta Trysil har benyttet, og at forbruksimport.no (2016) på sin nettside angir prisen som tilbudspris, er det mulig at denne utregningen gir en avvikende kvadratmeterpris på fiberduk, noe som må tas høyde for. Totalt arbeid, hvor praktisk det er, og ikke minst hvilke effekt det gir, bør ha en større betydning enn prisen i seg selv.

6.3.2 Arbeid

Forarbeidet til fiberduken har ut fra samtaler med Mesta Trysil (2015/16), virket å være å skjære til passelige størrelser av fiberduk fra store rullet, og deretter tilpasset til rammene rundt stikkrennene, og områdene ved innløp og utløp. Plastduken krevde noe mer forarbeid, da det i tillegg til å kutte i omtrentlige lengder, måtte festet til festeplater. Dette krever noe utstyr og tid, som nevnt i kapittel 4 *Metode*. Til tross for noe mer forarbeid, har plaststrimlene fordel med enkelt påsett og fjerning av strimler.

I løpet av de snart tre årene kuldeskjørtene av fiberduk har hengt oppe, har de hengt hele året gjennom, bortsett fra Ø2 som har blitt brettet opp på et ukjent tidspunkt. Det har ikke vært rapportert om noen problemer eller begrensning av kapasiteten til stikkrennene. Det har likevel vært nevnt i blant annet notatet til Braskerud (i.d.), at det kan hindre gjennomgang for smådyr og fisk. Det kan også bli utfordringer ved store sedimentasjonsføringer, særlig hvis det er mye kvist og grener, og stor vannføring.

Dersom det er meldt store nedbørsmengder kan en forebygge dette ved inspeksjon av stikkrennene, og eventuelt fjerne kuldeskjørtet i de periodene det gjelder. Her har

plaststrimlene en klar fordel, da de bare er å hekte av. De er også lette å sette på igjen når det er aktuelt. Fiberduk er litt mer tungvint, da de enten må brettes opp og holdes fast av en stein eller lignende, eller bare kuttet av. Plastduken er også lettere å kikke gjennom, eller tas vekk for å se inni stikkrennene, enn fiberduken.

6.3.3 Effekt

Ut i fra dette prosjektet, av begrenset omfang og varighet, kan vi anta at plast gir en bedre termisk effekt enn fiberduk. Isen fester seg også lettere på fiberduk enn på plast, i følge de visuelle observasjonene, som nevnt i kapittel 6.1. *Termisk regime - Visuelle observasjoner.*

Fiberduk finnes i mange varianter, men er i utgangspunktet laget for blant annet filtrering, og slipper dermed gjennom både luft og vann, og stopper mineraler og jord (Statens vegvesen, 2014). Dermed kan en anta at det er liten brems i dette materialet når det gjelder luft og temperatur. Plaststrimlene er et tett materiale, som det også er litt tykkelse på, noe som vil skape en liten temperaturgradient gjennom materialet. Det er også konstruert med et formål om å holde temperaturer stabile/hindre trekk. Både for å holde det varmt, som inne i et fjøs, eller kaldt, som i et kjølerom. I utgangspunktet skal altså plaststrimlene være bedre egnet som kuldeskjørt enn fiberduk, og resultatene fra denne vinteren bygger oppunder dette. Som nevnt under resultater, kan en på viltkamerabildene fra utløpet av Ø3 se at det dogger på innsiden av plaststrimlene (figur 71-75), noe som tyder på høyere temperaturer på innsiden av kulverten enn på utsiden. Sammenlignet med temperaturdata fra utløpet på Ø3, lufttemperaturloggeren i samme område, og temperaturen oppgitt på viltkameraet, ser dette ut til å stemme godt overens. Det er jevnt over mildere temperaturer på innsiden av plaststrimlene, enn utenfor. Det ser ut til å dogge på kuldeskjørtet på D2 i Dovre også (figur 77-79), men her har vi ikke temperaturdata til å støtte observasjonen.

Den effekten som vises i alle stikkrennene vinteren 2013/14 med relativt stabile milde temperaturer, kan trolig knyttes til snøfall og tykt snødekke gjennom vinteren, som Mesta Trysil (2015/16) opplyste om. En slik dempet effekt ble også observert av Carey et al. (1966-70), som hadde temperaturmålinger i flere kulverter i Alaska. Snø fra brøyting som blokkerte enden av kulverten førte til en dempet respons på temperaturendringer i forhold til lufttemperaturen utenfor. Det er derfor usikkert om kuldeskjørtene av fiberduk kan tilskrives noen særlig effekt uten snøfall, da det trolig ikke er tett nok til å hindre turbulent varmeutveksling.

Kuldeskjørt av plast ser ut til å ha en større effekt på det termiske regimet i stikkrennen, enn de av fiberduk (se figur 66 og 67). Det må påpekes at det er noe forskjell på de ulike stikkrennene og områdene de ligger i, som nevnt under kapittel 4.4 *Feltdesign*. Dette kan ha påvirket resultatene. Alle tre årene oppnås en viss temperaturstabilisering ved innløpet av Ø3 i slutten av januar, og det henger trolig sammen tykkelse på snødekke som oppnås på denne tiden.

Forhold med snørike vintre og relativt lite kjøving, er noe som har gjort det utfordrende å få data å stole på i forhold til kjøving. Vintre med optimale kjøvingsforhold, og mye kjøving i området kunne vært å foretrekke for virkelig å teste ut tiltaket med kuldeskjørt. Dette er en sjanse en tar når tiltak testes ut i felt, særlig med et varierende fenomen som kjøving. Resultatene fra vinteren 2015/16 i Trysil gir likevel noen pekepinner på effekten, særlig da det kunne observeres is i både Ø1 (med fiberduk) og Ø2 (uten kuldeskjørt), og ingen tegn til is inne i Ø3 (med plaststrimler). Det har altså kjøvet denne vinteren, men ikke nok til å blokkere stikkrennene helt.

Som også Alekseyev (2015) nevner, er det for korte tidsserier med forskning på ulike kjøvingsfenomener, og det kan vi også si at stemmer her. Det hadde vært verdifullt å ha data for mange år, men det er ikke mulig for øyeblikket. Kanskje kan temperaturmålere fortsatt stå oppe i Trysil, og være et verdifullt studieområde, men det krever at noen tar ansvar for prosjektet og viderefører det. Det viktigste blir å hente loggerne og tømme dem for data og sette dem opp igjen, men dette trengs ikke å gjøres så altfor ofte, da loggerne i teorien kan stå i 10 år før de tømmes (Vemco, 2013). I tillegg må en se etter om kuldeskjørtene eller rammeverket deres trenger vedlikehold eller må byttes ut.

Sammenligningen med Dovre som var et av målene for vinteren, ble ikke mulig. Dette er også en av usikkerhetene og risikoene en tar når målingene gjennomføres samme vinter som oppgaven skrives. Bilder fra viltkamera bekreftet mye kjøving i stikkrennen uten kuldeskjørt på Dovre. At dette var kjøving i innløpet av stikkrennen, var en av grunnene til at denne ikke fikk kuldeskjørt, da det er nevnt av Jernbaneverket (2015) at kuldeskjørt ikke er et egnet tiltak mot denne typen kjøving.

6.4 Viltkamera

Viltkameraenes fordel er der hvor det er ikke er så lett tilgjengelig, eller manglende infrastruktur som strømtilførsel, hvor de kan virke som uavhengige enheter, enten de sender

direkte eller bare lagrer på minnekort og kan hentes til ulike tider. Særlig ved jernbane, hvor det er begrenset tilgang til ferdsel, kan viltkameraene spille en viktig rolle. Det gir daglige oppdateringer når en selv ikke har anledning til å sjekke, og en kan få et bedre inntrykk av hvor fort det fryser til og isen sveller opp. Det ga også et inntrykk av hvordan kuldeskjørtene fungerte, da det viste dogg på innsiden av kuldeskjørtet (figur 71-79). Når dette ses på bilder, er det enkelt å gå tilbake i dataene fra temperaturloggerne og sammenligne temperatur utenfor og inne i stikkrennen, for å se om denne effekten er reell, og gir utslag i store forskjeller.

Hvis en ønsker å kunne sette inn tiltak på problemer som oppstår lengre oppstrøms, for eksempel ved en traktorveg, men ikke har anledning til å se innom dette stedet ofte nok, kan et viltkamera være et godt tilskudd i verktøyskuffen. Selv om det koster litt å kjøpe inn og drive, med batterier, abonnement for overføring av bilder, osv., kan det potensielt spare en for store utgifter ved at en kan sette inn tiltak tidlig nok til å unngå store skader og nedetid på jernbanen. Det er heller ikke så veldig dyrt i den store sammenheng. Hvis batteritiden holder det den lover, vil det bare være nødvendig å skifte batterier en gang i året. Dårlige dekningsforhold kan imidlertid føre til at batteriene tømmes fortere. Kameraene er laget for å stå ute og takle de forhold det er utsatt for. Et annet viktig punkt er at en er avhengig av telefondekning i området om en ønsker at bilder skal kunne sendes til epost eller på MMS til mobilen.

6.5 Isoppbyggingen i Dovre, D3

Uten temperaturloggernes data, ble bilder fra viltkameraene det viktigste datamaterialet fra Dovre. Det viser også fordelene med å kombinere de to metodene, ved at det ble data selv om det ikke gikk som planlagt, og temperaturloggerne var utilgjengelige.

Ut i fra figur 81-85 i resultater, kan vi se noe av isoppbyggingen ved innløp av D3. Vi ser at snø er med på å bygge opp isen, noen ganger er den kanskje med på å få vannet transportert lengre ved at snøen isolerer noe mot varmetap til atmosfæren, se særlig figur 83. Isen bygges opp gradvis, og går etter hvert langt over åpningen på stikkrennen. Utformingen ved innløpet gjør at det er plass til en god del is her, men det kan trolig også være med på å bidra til at det bygges opp is. Dette fordi bekkgradienten senkes like før innløpet, og virker noe slak gjennom rennen. En dypere og smalere bekk med brattere gradient kan muligens bidra til å holde vannet rennende gjennom stikkrennen, særlig hvis det er overhengende vegetasjon og noe snødekke over vannet, som hindrer varmetap. Det er likevel ikke sikkert at dette er

tilstrekkelig, da det kjøvet både ovenfor og nedenfor stikkrennen, se figur 86. Som nevnt, kan også mange trær i og nær bekkeløpet, både stående og falne, bidra til økt kjøving. I tillegg til beskjedne snømengder i området gjennom vinteren, og jevnt over nokså kjølige temperaturer (ut fra viltkameradata og observasjoner i felt), er det forhold som i stor grad favoriserer kjøving.

Morenematerialet som løsmassedekket består av, kan variere veldig og virker å transportere grunnvann godt i disse områdene. Bresjø- og breeløvsetninger er også gode vannførende sedimenter og kan være en bidragende årsak til utbredte kjøvingsproblemer i disse områdene. NGUs kartlegging er ikke feilfri og ikke alltid like nøyaktig. I tillegg viser den som regel bare topplaget av løsmassene, og andre, ukjente masser kan befinne seg lengre ned og påvirke grunnvannssituasjonen. Geologien kan også påvirke, avhengig av blant annet oppsprekingsgrad. Det er ikke detaljerte berggrunnskart over Dovreskogen på NGUs nettsider, så utgangspunkt må tas i kartblad på N250 (NGU, i.d.-b), som ikke er så detaljert.

Hvor permeabelt morenematerialet er, har mye å si for hvordan vannet beveger seg. Siden det er morenemateriale på begge studieområdene, er dette av interesse. Morener kan være ulikt sammensatt (Andersen, 2000), og ha veldig forskjellig permeabilitet og hydraulisk konduktivitet. Det er trolig at lokale forskjeller i slike faktorer er avgjørende for hvor det blir kjøving og ikke, på grunn av vannforsyningsgraden. For å danne svellis, må det være vann tilgjengelig for frysing, samt flere av de nevnte ytre faktorene, og det utvikles eller forsterkes gjerne av antropogen påvirkning (Mawhinney, 1979; Vinson & Lofgren, 2003). Siden det er et kompleks og sammensatt fenomen, er det vanskelig å peke akkurat hva som er årsaken. Det kan ligge til rette for kjøving mange steder, men noen manglende faktorer kan endre utfallet, slik at det ikke kjøver i det hele tatt noen år, og blir store problemer andre år (Yu, Guo, Lai, Liu, & Li, 2006; Yu et al., 2005). Det er ikke gitt at det blir kjøving selv om det er lite snø og langvarig barfrost, hvis andre faktorer ikke er til stede.

På figur 3. ser vi et 3D bilde av skråningen over feltområdet i Dovre, hvor det er veger, små jorder og områder fri for trær. Dette kan ha stor innvirkning på avrenningen i området, og spille inn på årsakene til at det kjøver, se figur 6. Veger og inngrep har stor innvirkning på det hydrologiske regimet (Carey, 1973; Seppälä, 1999), og har trolig stor innvirkning også her i dette studieområdet. Det er også hus på oversiden, hvor bekkene trolig går på hver sin side av tomten, og en traktorveg eller sti enda lenger opp i skråningen (markert med stiplet linje på

figur 3). Det er flere tegn på at det har vært drevet hogst i området. Alle slike inngrep er med på å påvirke og endre hydrologien og også deler av det termiske regimet i området.

Topografien kan også spille inn, da Carey (1973) også nevner at kjøving gjerne er mer utbredt i bratt topografi enn slak. Ved selve jernbanelinjen er det gjerne nokså slakt, men skråningene ovenfor er gjerne bratte, særlig nærmere Rosten (se figur 3), lenger sør. Odde (2015) kunne opplyse om mange problempunkter knyttet til kjøving ved jernbanen, noe som er forståelig med den relativt bratte topografien i området. Ved Osensjøen i Trysil er det ikke like bratt, her er det heller veldig slake forhold, men mye kjøvingsproblemer likevel. Topografi er dermed ikke avgjørende for kjøving, men det kan være med på å spille en rolle.

Sett ut i fra figur 81, ser bekken ut til å fryse til bunnen med en gang, men ikke hele profilet samtidig. Det ser ut til å dannes relativt solid is med en gang, i motsetning til beskrivelsen av Kane (1981) nevnt under *Dannelsen av isdekke og kjøving*. Bare basert på bilder fra viltkameraet, som er noe begrenset, ser det ikke ut til å dannes sarr i særlig grad først, eller dannes et solid isdekke over rennende vann. Vannet renner rundt, men etter hvert bare oppå isen, og fryser til. Slik bygges svellisen gradvis opp, som sett i figur 82-84, ved hjelp av snø. Mye blir spekulasjoner, da vi får et begrenset utsnitt, og ikke fikk undersøkt så mye i felt. Det kan være vannføring under isdekket, uten at vi ser tegn til det. Det er ikke lett å se store overvannshendelser, bortsett fra enkelte som vist i figur 83 og 84, hvor det er tydelig rennende vann tilstede. Dette vannet kan ha hold seg rennende lenger, ved at det bevegede seg under et snødekke, og dermed fikk mindre varmetap til atmosfæren. Dette støttes særlig av at det var relativt lave temperaturer i området, med figur 83 som viser $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, og figur 84 som viser $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Det er interessant å merke seg at det så ut til å være mer overvann i figur 84, når det var så kaldt som $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Bildene fra starten av kjøvingen, viser også at det var relativt kaldt, med temperaturer mellom $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$. I 5-6 dager før den første kjøvingen lå temperaturen rundt -1 til $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Noe temperatursvingning var det derfor til de kaldere dagene, men ikke så store at det umiddelbart kan tilskrives effekten med økning av det hydrauliske potensiale, beskrevet av Yoshikawa et al. (2007).

6.6 Klimaendringer og fremtidig kjøving

Som nevnt i kapittel 3.4 *Klimaendringer*, kan det bli mildere vintre, med mer snøfall i høyereliggende strøk og mindre i lavereliggende (Meteorologisk institutt, i.d.-a). Siden det om

vinteren kan bli inversjon i dalstrøk (Carey, 1973) som gjør det kaldere i dalbunnen enn lengre opp, og det ventes mindre snø i lavlandet, kan kombinasjonen føre til økt fare for kjøving. Særlig om det er økning i nedbør i form av regn i tillegg, særlig på høsten. Siden både jernbane og de viktigste hovedvegene i Norge gjerne ligger nær dalbunner, betyr det at disse gjerne er ekstra utsatt og sårbare for kjøving i og nær dreneringsstrukturer.

Flommen i 2013 i Gudbrandsdalen, som blant annet gjorde store skader på Dovrebanen, hadde et stort skadeomfang av flere grunner. En av disse årsakene var blokkerte, delvis blokkerte eller underdimensjonerte dreneringsveier og kulverter. Flere var blant annet fulle av is, og gjenværende tele i bakken kan også ha vært en medvirkende årsak. Dette førte til at vannet tok nye veier, og gjorde stor skade (Sellevold & Edvardsen, 2013).

Flere intense regnskyll (Bye, 2013) og isblokkerte stikkrenner er sjeldent en god kombinasjon, noe som flommen i Gudbrandsdalen i 2013 er et eksempel på (Sellevold & Edvardsen, 2013). Siden det ikke er noe som peker på at kjøving kommer til å skje sjeldnere i fremtiden, til tross for mildere vintertemperaturer, kan en anta at det fortsatt er relevant å forsøke å hindre kjøving i eller i nærheten av viktige dreneringsstrukturer.

6.7 Relevans

Kjøving er stadig et økonomisk- og arbeidskrevende fenomen, som kan skape farer for trafikk, og diverse infrastruktur (Carey, 1973; Carey, 1977; Carey et al., 1966-70; NVE, 2010; Yu et al., 2006; Yu et al., 2005). Derfor kan det være ønskelig å forstå hvordan kjøvingen kan oppføre seg, hvordan den kan styres vekk, eller forebygges slik at det ikke skjer, eller skjer i mye mindre grad og utstrekning.

Viktigheten av snødekket og hvilken rolle det spiller, har vi sett tidligere i oppgaven. Selv om kjøving er kompleks og sammensatt, og det er vanskelig å si akkurat hva som er årsakene til kjøving det ene eller andre stedet, til ulike tider og med ulik gjentakelse, er det stor enighet om at snødekke er viktig, både i akademisk litteratur og som allmennkunnskap hos de som kjenner fenomenet. Endringer både i hydrologisk og termisk regime har stor betydning for kjøving, og det kan se ut til at det ikke nødvendigvis vil bli noe mindre kjøving i årene fremover, til tross for mildere vintertemperaturer (Meteorologisk institutt, i.d.-a).

Dersom det blir mer kjøving i fremtiden, vil det også bli viktig å få økt kunnskap om fenomenet, om det finnes effektive tiltak for å forhindre skader på infrastruktur. Selv om det

er vanskelig å konkludere noe om hvor godt ulike tiltak fungerer, blant annet fordi de er avhengige av hvilken type kjøving det er snakk om, og hva de ulike årsakene er, finnes det informasjon om temaet fra flere områder i verden, og til ulike tider. Med litteraturen brukt i denne oppgaven fra 40-tallet til i dag, og med henvisninger til tidligere litteratur i disse igjen, er det tydelig at det ikke er et nytt fenomen det er snakk om. Noe også de mange navnene på fenomenet bare i lille Norge er et bevis på (se innledning). Så lenge det fortsatt finnes områder med minusgrader og grunnvann til stede, vil det kunne kjøve.

Med mer utrygge, varierende og mildere vintre, med endringer i snøfall, som følge av klimaendringer (Meteorologisk institutt, i.d.-a), vil en stabilisering av det termiske regimet i stikkrenner trolig være gunstig i forsøk på å unngå kjøving og påfølgende skader. Kuldeskjørt at plaststrimler ser ut til å kunne ha en slik effekt, og vil derfor være relevant å forske videre på.

Fenomenet er sammensatte og kompleks, dermed kan det være vanskelig å vite hva som er de viktigste årsakene, og dermed hvilke tiltak som vil være mest aktuelle å utføre. Hvor gode resultater de ulike tiltakene får, vil også være avhengig av mange forhold, og det er ikke mulig å gi klare svar. Ulike tiltak kan fungere på noen steder, og være fullstendig mislykket andre steder. Carey (1973) understreker viktigheten av å vite kilden og årsaken til kjøving (om det lar seg gjøre) før en bestemmer seg for tiltak, men det er ikke nødvendigvis nok. Det kommer også andre forutsetninger inn i bildet, som kunnskap, økonomi, ressurser, muligheter for vedlikehold og oppfølging, med mere. Det finnes ingen universalløsning, men det kan være flere mindre tiltak og råd om hva en bør unngå å gjøre, som kan bidra positivt.

Som tidligere nevnt av både Alekseyev (2015); Carey (1973); Carey et al. (1966-70) og andre, er kjøvinger ofte veldig ulike, og det er viktig med stedsspesifikk kunnskap, og en forståelse av prosesser og årsaker, før en bør sette i gang ulike tiltak. Særlig hvis tiltakene som vurderes er kostbare, tidkrevende eller skaper et stort inngrep, som igjen kan påvirke flere områder eller faktisk gjøre det hele verre, eller ikke være til noen nytte i det hele tatt.

Ulike undersøkelser kan også være tidkrevende og til dels noe økonomisk krevende, da det kan være behov for innleid hjelp med kunnskap om problemene. Det kan likevel være vanskelig å få tak i folk med tilstrekkelig kunnskap, og det vil alltid være en fordel å kjenne til lokale forhold. Dermed bør folk som er godt kjent i områdene og som kjenner til problemer og utfordringer, tas med i vurdering og avgjørelser om tiltak. Hvis det er mulig, kan tidligere vegvoktere eller banemannskap være en god kilde til kunnskap.

Det termiske og hydrologiske regimet er knyttet tett sammen, og nesten all menneskelig aktivitet og inngripen kan føre til store endringer. Disse endringene er ikke alltid like forståelige, forutsigbare eller hurtige. Det kan ta lang tid før vi merker effektene av endringene, men kan da skape store problemer blant annet for jernbane.

De fleste naturfenomener kan være vanskelig å forutse med stor sikkerhet, da vi aldri kan klare å vite noe om absolutt alle forhold som spiller inn. Vi kan anta og si en god del med de kunnskapene vi sitter på, men vi vil aldri kunne vite eller klare å forutsi absolutt alt. Med god kunnskap kan vi likevel i stor grad klare å forebygge en god del skader og ulemper. Ved å ta hensyn til kjøving i områder som er utsatt for dette, og gjøre gode preventive tiltak, kan en potensielt spare seg for store utgifter. Viktigheten av god infrastruktur og drenering og hensyn til dette, blir bare større i fremover. Med økt nedbørsintensitet, muligens mindre snøfall og kaldere jord i varmere klima, er det mye som taler for økt fokus på fagfelt som geomorfologi.

7 Konklusjon

Resultatene fra temperaturloggerne i Trysil vinteren 2015/16 gir oss de mest relevante dataene, da det er en direkte sammenligning mellom stikkrenne med kuldeskjørt av fiberduk, stikkrenne uten kuldeskjørt, og stikkrenne med kuldeskjørt av plaststrimler. Selv om det er et relativt tynt grunnlag, og bør testes videre, virker kuldeskjørt av plaststrimler å ha en viss termisk effekt på stikkrennen. Temperaturen holdes nokså jevn og stabil gjennom vinteren, og har på langt nær like store svingninger som lufttemperaturen utenfor stikkrennene. Visuelle observasjoner i april 2016 støtter også temperaturmålingene, da det ble observert svellis i stikkrennen med kuldeskjørt av fiberduk og stikkrennen uten kuldeskjørt. Stikkrennen med kuldeskjørt av plaststrimler var helt isfri. Målinger de tidligere årene er noe preget av store snøfall, og ingen referansepunkt, da alle tre stikkrennene i Trysil hadde kuldeskjørt av fiberduk. Temperaturloggerne i stikkrennene i Dovre var utilgjengelige for innsamling, og ga dermed ingen data. Bilder fra viltkamera gav derimot informasjon om forhold, hvor stikkrennen med kuldeskjørt av plaststrimler ikke hadde synlige kjøvingsproblemer, mens stikkrennen uten kuldeskjørt hadde relativt mye svellis.

Kjøving er et ustadig og varierende fenomen, som kan gjøre stor skade i flere år, for så å være fraværende andre år. Dette på grunn av varierende forhold i termisk og hydrologisk regime, og er svært sammensatt. Snødybde, lufttemperatur og timing disse imellom, er imidlertid av stor betydning. Klimaendringer med mildere vintre, og endring i nedbørsmønstre ser ikke ut til å ha en veldig stor effekt på kjøving, og en kan trolig vente seg variasjoner fra år til år, som tidligere. Få dokumenterte langtidsobservasjoner og målinger på kjøving er en svakhet, og gir usikkerhet i dataene.

Det kan konkluderes med at kuldeskjørt virker å ha en termisk effekt på stikkrenner, som kan hindre kjøving i selve stikkrennen. Dette gjelder i størst grad kuldeskjørt av plaststrimler, og heller tvilsom effekt av de som er laget av fiberduk.

8 Videre forskning

Studieområdet i Trysil bør videreføres for bedre dokumentasjon av kuldeskjørts effekt, og for å få kjøvingsdata over flere år. Det er fordelaktig med befaringer, da temperaturdata ikke alltid sier nok. Observasjoner både inni og utenfor stikkrennene er viktig, og andre data bør også samles inn. Særlig data om snødekke, når det kommer, varighet og tykkelse kan være viktige indikatorer. Nedbør om sommeren og høsten bør også tas med ved videre forskning.

Det bør jobbes videre med forståelsen av kjøving som fenomen, og muligens kartlegging av hvor stort problemet egentlig er. Hvilke samfunnsøkonomiske kostnader kjøving kan føre til, og dermed begrenses ved ulike tiltak, kan være av stor interesse. Dette inkluderer også hvilke tiltak som vil være mest økonomiske og hensiktsmessige i ulike områder og tilfeller.

Referanser

- Alekseyev, V. R. (2015). Cryogenesis and geodynamics of icing valleys. *Geodynamics & Tectonophysics*, 6 (2), 171-224. doi:10.5800/GT-2015-6-2-0177.
- Andersen, B. G. (2000). *Istider i Norge : landskap formet av istidenes breer*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Benn, D. I., & Evans, D. J. A. (2010). *Glaciers & Glaciation* (2. ed.): Hodder Education.
- Braskerud, B. C. (i.d.). Unngå ising i kulverter. Forslag til forsøksoppsett. Unngå trekk: Bruk av skjørt *NIFS D.p5.2*. NIFS.
- Bye, L. M. Lein, H.; Rød, J. K. (2013). Klima, sårbarhet og tilpasning. In L. M. Bye, H. Lein; J.K. Rød, (Ed.), *Mot en farligere fremtid?* Akademika forlag.
- Carey. (1973). *Icing Developed from Surface Water and Ground Water*. Hentet fra <http://acwc.sdp.sirsi.net/client/search/asset/1011741>
- Carey, K. L. (1977). *Solving Problems of Ice-Blocked Drainage Facilities*. Hentet fra Cold Regions Research and Engineering Lab, Hanover N H <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA044994>
- Carey, K. L., Huck, R. W., & Gaskin, D. A. (1966-70). *Prevention and control of culvert icing : summary report on studies, FY 1966-70*. Hentet fra from Cold Regions Research and Engineering Laboratory (U.S.) Engineer Research and Development Center (U.S.).
- forbruksimport.no. (2016). Fiberduk KL3 Hvit 110x5m. Hentet fra http://www.forbruksimport.no/index.php?option=com_virtuemart&view=productdetails&virtuemart_product_id=384&virtuemart_category_id=83&Itemid=154
- Friluftsmagasinet. (2015). Uovision UM 562, MMS - Viltkamera. Hentet fra <http://www.magasinet.no/partisalg-restesalg/jakt-hund-vaapen/viltkamera-uovision-um-562-mms>
- Groffman, P. M., Driscoll, C. T., Fahey, T. J., Hardy, J. P., Fitzhugh, R. D., & Tierney, G. L. (2001). Colder soils in a warmer world: A snow manipulation study in a northern hardwood forest ecosystem. *Biogeochemistry*, 56(2), 135-150. doi:<http://dx.doi.org/10.1023/A:1013039830323>
- Hardy, J. P., Groffman, P. M., Fitzhugh, R. D., Henry, K. S., Welman, A. T., Demers, J. D., . . . Nolan, S. (2001). Snow depth manipulation and its influence on soil frost and water dynamics in a northern hardwood forest. *Biogeochemistry*, 56(2), 151-174. doi:10.1023/a:1013036803050
- Hicks, F. (2009). An overview of river ice problems: CRIPE07 guest editorial. *Cold Regions Science and Technology*, 55(2), 175-185. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.coldregions.2008.09.006>
- Hofsten, J., Rekdal, Y., & Strand, G.-H. (2014). Arealregnskap for utmark. Arealstatistikk for Hedmark. *Ressursoversikt*(1).
- Holden, J. (2008). *An Introduction to Physical Geography and the Environment*: Pearson Education.

- Hu, X., Pollard, W. H., & Lewis, J. E. (1999). Energy exchange during river icing formation in a subarctic environment, Yukon Territory. *Géographie physique et Quaternaire*, 53(2), 223-234.
- Jernbaneverket. (2015). Ising i stikkrenner. *Løsninger for utbedring av dreneringsanlegg*. Hentet fra https://trv.jbv.no/wiki/Underbygning/Vedlikehold/Drenering/Vedlegg/L%C3%B8sninger_for_utbedring_av_dreneringsanlegg
- Kane, D. L. (1981). Physical mechanics of aufeis growth. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 8(2), 186-195. doi:10.1139/l81-026
- Kartverket. (i.d.). Norgeskart. Hentet fra www.norgeskart.no
- Londagin, H. E. (1968). *A Treatise on Control of Culvert and Roadway Icing*. Hentet fra <http://www.dot.state.ak.us/ch/assets/pdf/19680517.pdf>
- Lovdata. (2010). Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften). Kapittel 7 Drift. § 7-2 Overvåking. *Lovdata.no*. Hentet fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-12-18-1600/KAPITTEL_11-7-2?q=kameraoverv%C3%A5kning#KAPITTEL_11-7-2
- Lovdata. (2012). Lov om behandling av personopplysninger (personopplysningsloven). Kapittel VII. Kameraovervåking. *Lovdata.no*. Hentet fra https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2000-04-14-31/KAPITTEL_7?q=kameraoverv%C3%A5kning#KAPITTEL_7
- Mawhinney, J. R. (1979). *An investigation into the occurrence and development of groundwater in permafrost regions*. (Master), University of Alberta. Hentet fra <https://era.library.ualberta.ca/files/n870zt39x#.VnKTQvnhDIU>
- Mechanical Engineering. (2016). Fourier's Law of Heat Conduction. *Heat Transfer*. Hentet fra <http://me-mechanicalengineering.com/fouriers-law/>
- Mesta Trysil (2015/16). [Personlig kommunikasjon, Mesta Trysil].
- Meteorologisk institutt. (i.d.-a). Fremtidig klima i Norge. *Klima*. Hentet fra http://met.no/Klima/Fremtidsklima/Virkninger/Klimaendringer_i_Norge/
- Meteorologisk institutt. (i.d.-b). Klima i Norge. *Klima*. Hentet fra http://met.no/Klima/Natidsklima/Klima_i_Norge/
- Morse, P., & Wolfe, S. (2015). *Meteorological and geological influences on icing dynamics in subarctic Northwest Territories, Canada*. Paper presented at the Permafrost and Periglacial Processes, GeoQuebec 2015, Quebec City. <https://www.researchgate.net/publication/280873709>
- Muller, S. W. (1947). Permafrost or permanently frozen ground and related engineering problems.
- Nessemaskin. (i.d.-a). Festeskinne for strimmelport. Hentet fra http://www.nessemaskin.no/shop_files/shop_popup.php?Artikkelnr=930-7022
- Nessemaskin. (i.d.-b). Plaststrimmel port, PVCplast, 20 cm. Hentet fra http://www.nessemaskin.no/shop_files/shop_popup.php?Artikkelnr=930-5153
- NGU. (2015). Varmestrøm. *Geofysikk*. Hentet fra <https://www.ngu.no/fagomrade/varmstr%C3%B8m>

- NGU. (i.d.-a). Kart - geologien i min kommune. Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/minkommune/>
- NGU. (i.d.-b). Kartinnsyn - Norges Geologiske Undersøkelse. Hentet fra <http://www.ngu.no/kart-og-data/kartinnsyn>
- NGU. (i.d.-c). Løsmasser. Nasjonal løsmassedatabase. *Norges Geologiske Undersøkelse*. Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- Noetzli, J., & Gruber, S. (2009). Transient thermal effects in Alpine permafrost. *The Cryosphere*, 3(1), 85-99. doi:10.5194/tc-3-85-2009
- Norem, H. (1998). *Sikring av vegar mot isras: årsaker til isras, samling av erfaringer, utføring av sikringstiltak*: Statens vegvesen. Sogn og Fjordane.
- Norem, H. (2016, 11.03.16). [Personlig kommunikasjon].
- Norem, H. S., Flesjø, K. S., Sellevold, J. S., Rødin, M. L. S., & Viréhn, P. L. E. J. (2016). *Drenering for veg og jernbane (28-2016)*. Hentet fra Norges vassdrags- og energidirektorat:
- NorGeoSpec2012. (2013). *Nordic system for the certification and specification of geosynthetics and geosynthetic-related products*. Hentet fra http://www.norgeospec.org/data/uploads/dateien/sintef_guideline_27-09.pdf
- NorGeoSpec. (i.d.). A Nordic system for certification and specification of geosynthetics and geosynthetics related products. Hentet fra <http://www.norgeospec.org/acms/norgeospec/guideline/>
- Norkart. (i.d.). Norge i 3D. *Norkart Virtual Globe*. Hentet fra <http://norgei3d.no/>
- Norsk klimaservicesenter. (2015). Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpassning oppdatert i 2015. In I. Hanssen-Bauer, E. J. Førland, I. Haddeland, H. Hisdal, S. Mayer, A. Nesje, J. E. Ø. Nilsen, S. Sandven, A. B. Sandø, A. Sorteberg, & B. Ådlandsvik (Eds.), *NCCS report / NKSS rapport*. Miljødirektoratet: Miljødirektoratet.
- NVE. (2009). Grunn- og markvann. *Vann og vassdrag. Hydrologi*. Hentet fra <http://www.nve.no/no/Vann-og-vassdrag/Hydrologi/Grunn--og-markvann/>
- NVE. (2010). *Vassdragshåndboka - Håndbok i vassdragsteknikk* (T. Fergus, K. A. Hoseth, & E. Sæterbø Eds.). Trondheim: Tapir Akademiske Forlag.
- NVE. (2012). Isproblemer. Hentet fra <http://www.nve.no/no/Vann-og-vassdrag/Hydrologi/Is-og-vanntemperatur/Isproblemer/>
- NVE. (2013). Grunnvatn og issvullar. *Vann og vassdrag*. Hentet fra <http://www.nve.no/no/vann-og-vassdrag/hydrologi/vannet-vart-2012/grunnvatn-og-issvullar/>
- NVE. (i.d.-a). NVE Hydrologiske data. Hentet fra <http://gis3.nve.no/link/?link=hydrologiskedata>
- NVE. (i.d.-b). Tilløpsvassdrag Osensjøen. *Vannforekomster*. Hentet fra <http://vannnett.no/portal/Water?WaterbodyID=002-1595-R>
- Odde, T. (2015). [Personlig kommunikasjon. Befaring og feltarbeid okt. og nov. Dovre og Sel].

- Ordoguttrykk. (2012a). Elva kjøver. Hentet fra <https://ordoguttrykk.wordpress.com/tag/kjoving/>
- Ordoguttrykk. (2012b). Rauvaballis. Hentet fra <https://ordoguttrykk.wordpress.com/2012/12/10/rauvaballis/>
- Reitan, K. M. (2013). *Utprøving av alternative metoder for tining av is - Forsøk med varmetransporterende væske i Driftskontrakt Narvik vinteren 2012/2013* (184). Hentet fra Vegdirektoratet Publikasjonsekspedisjonen:
- Reite, A. J., Sveian, H, Erichsen, E.,. (1999). Trondheim fra istid til nåtid - landskapshistorie og løsmasser. *NGU. Gråsteinen*(5).
- Sellevoid, J., & Edvardsen, D. (2013). *Vannrelaterte skader langs E6 Biri - Otta. Befaring etter flom, mai 2013* (323). Hentet fra vegvesen.no: <http://www.vegvesen.no/fag/Publikasjoner/Publikasjoner/Statens+vegvesens+rapporter/statens-vegvesens-rapporter>
- Seppälä, M. (1999). Geomorphological aspects of road construction in a cold environment, Finland. *Geomorphology*, 31(1–4), 65-91. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00073-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00073-2)
- SNL. (2009). Naturlig ventilasjon *Store Norske Leksikon*. Hentet fra https://snl.no/naturlig_ventilasjon
- SNL. (2014). Dovre. *Store Norske Leksikon*. Hentet fra <https://snl.no/Dovre>
- SNL. (2015a). Klimaendringer. *Store Norske Leksikon, Klimalære*. Hentet fra <https://snl.no/klimaendringer>
- SNL. (2015b). Trysil. *Store Norske Leksikon*. Retrieved from <https://snl.no/Trysil>
- Statens vegvesen. (2014). *N200 Vegbygging* Hentet fra <http://www.vegvesen.no/fag/Publikasjoner/Handboker/handboker-etter-hovedtema/vegbygging>
- Swanson-Hysell, N., & Dandar, E. (2005). *A Sheet of Aufeis in the Kharkhiraa Mountains, Mongolian Altai*. Paper presented at the 18th Annual Keck Symposium.
- Thomas, H. R., Cleall, P. J., Li, Y., Harris, C., & Kern-Luetschg, M. (2009). Modelling of cryogenic processes in permafrost and seasonally frozen soils. *Géotechnique*, 59 (3), 173-184. doi:10.1680/geot.2009.59.3.173
- Trøstaker, M. (2015). [Personlig kommunikasjon om håndtering av kjøving.].
- Vemco. (2013). Minilog II-T Temperature Data Logger. Hentet fra <http://vemco.com/wp-content/uploads/2014/01/minilog2t.pdf>
- Vinson, T. S., & Lofgren, D. (2003). Denali park access road icing problems and mitigation options. *Proceedings of the 8th International Conference on Permafrost. A.A. Balkema*, 331- 336.
- Wanty, R. B., Wang, B., Vohden, J., Day, W. C., & Gough, L. P. (2007). *Aufeis accumulations in stream bottoms in arctic and subarctic environments as a possible indicator of geologic structure: (2007-5289F)*. Hentet fra Reston, VA: <http://pubs.er.usgs.gov/publication/sir20075289F>
- Wolden, K. (1995). *Geologi i arelplanlegging og ressursforvaltning. Dovre kommune 1995* (95.049). Hentet fra http://www.ngu.no/upload/publikasjoner/rapporter/1995/95_049.pdf

- Woo, M.-k. (2012). *Groundwater Permafrost Hydrology* (pp. 73-118): Springer Berlin Heidelberg.
- Yoshikawa, K., Hinzman, L. D., & Kane, D. L. (2007). Spring and aufeis (icing) hydrology in Brooks Range, Alaska. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, *112*(G4), n/a-n/a. doi:10.1029/2006JG000294
- Yu, W., Guo, M., Lai, Y., Liu, Z., & Li, Q. (2006). Icing Problems on Road and Mitigation Methods in China. *Cold Regions Engineering 2006*, 1-11. doi:10.1061/40836(210)73
- Yu, W. B., Lai, Y. M., Bai, W. L., Zhang, X. F., Zhuang, D. S., Li, Q. H., & Wang, J. W. (2005). Icing problems on road in Da Hinggangling forest region and prevention measures. *Cold Regions Science and Technology*, *42*(1), 79-88. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.coldregions.2005.02.004
- Zhang, T. (2005). Influence of the seasonal snow cover on the ground thermal regime: An overview. *Reviews of Geophysics*, *43*(4), n/a-n/a. doi:10.1029/2004RG000157

Vedlegg

Utsett av temperaturloggere Dovre 09.11.15

Firkantete, steinsatte renner.

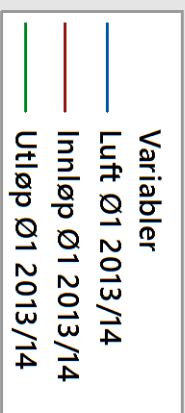
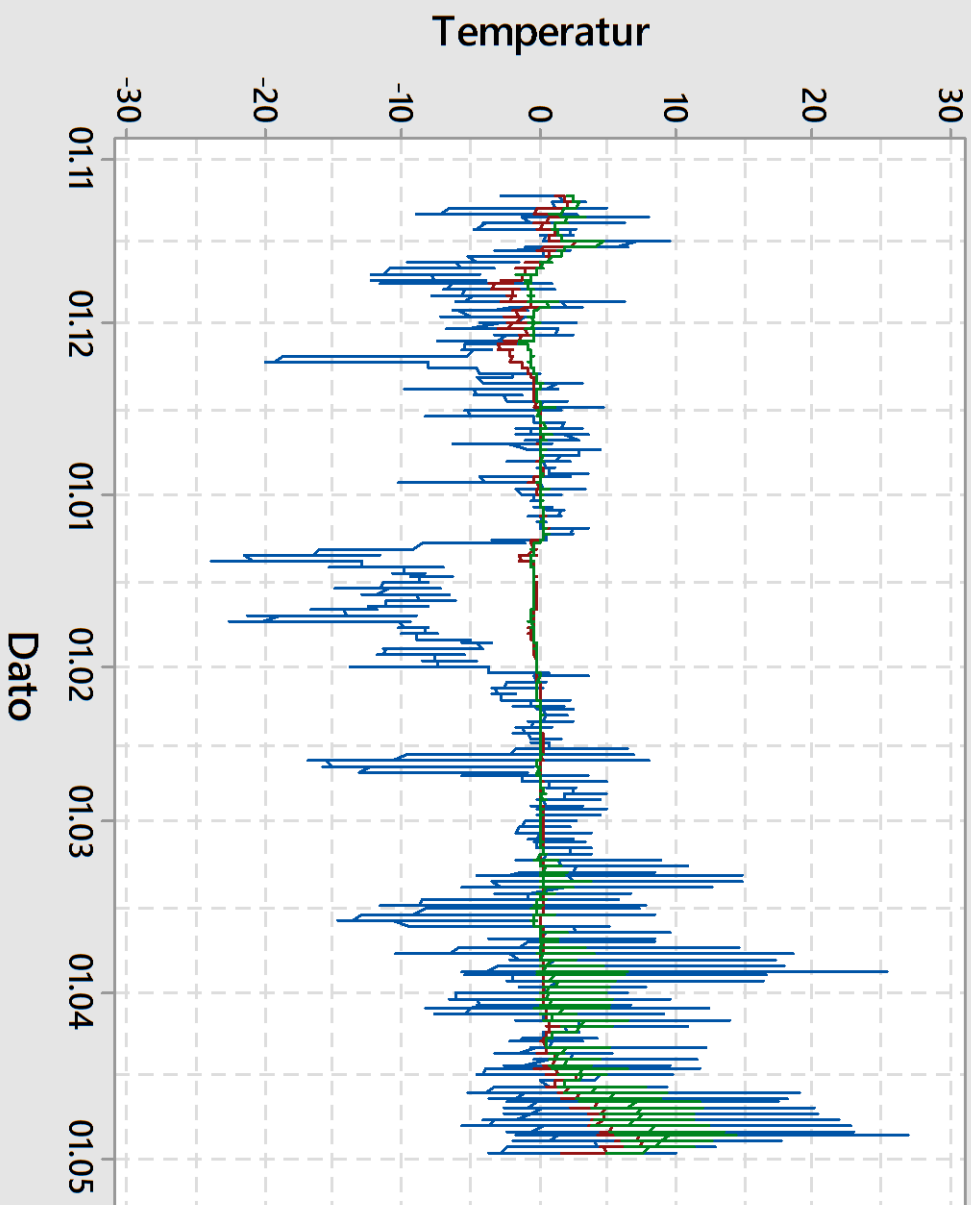
Loggernr.	Sted	Satt ut kl.	Type forheng	Diameter
355364	D3 Innløp	12.20	Ingen	60 x 60 cm h/b
354189	D3 Luft	12.20		
355363	D3 Utløp	12.50	Ingen	60 x 60 cm h/b
354184	D2 Innløp	13.20	Plast	60 x 50 cm h/b
355361	D2 Utløp	13.30	Plast	60 x 50 cm h/b
355360	D2 Luft	13.30		

Utsett av temperaturloggere Trysil 12.11.15

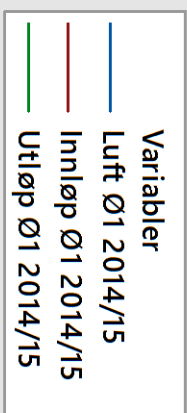
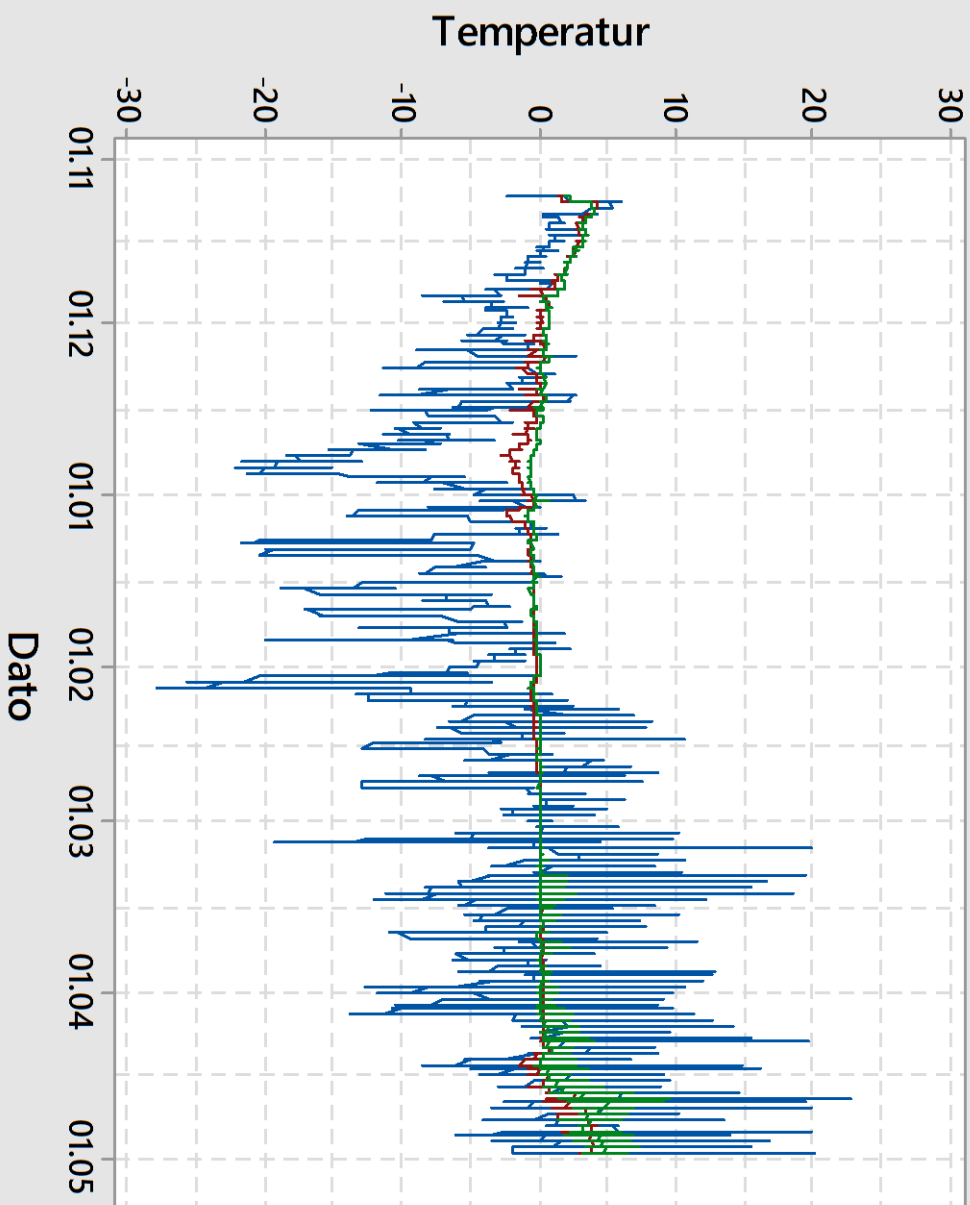
Sirkulære betongrenner.

Loggernr.	Sted	Plassering inn	Satt ut kl.	Type forheng
354182	Ø1 Innløp	80cm	Ca. 13.00	Fiberduk
354191	Ø1 Utløp	200cm	"	Fiberduk
354187	Ø1 Luft		"	
	32V0660323/6780828			
354192	Ø2 Innløp	90cm	Ca. 13.30	Ingen
354193	Ø2 Utløp	100cm		Ingen
354183	Ø2 Luft			
	32V0659454/6782168			
354190	Ø3 Innløp	80cm	Ca. 14.15	Plast
354188	Ø3 Utløp	170cm	"	Plast + viltkamera
354185	Ø3 Luft			
	32V0656010/6786889			Ca 90/100cm i diameter

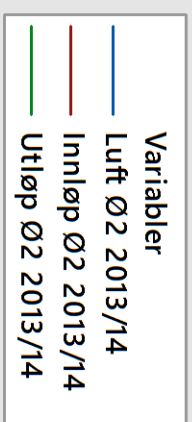
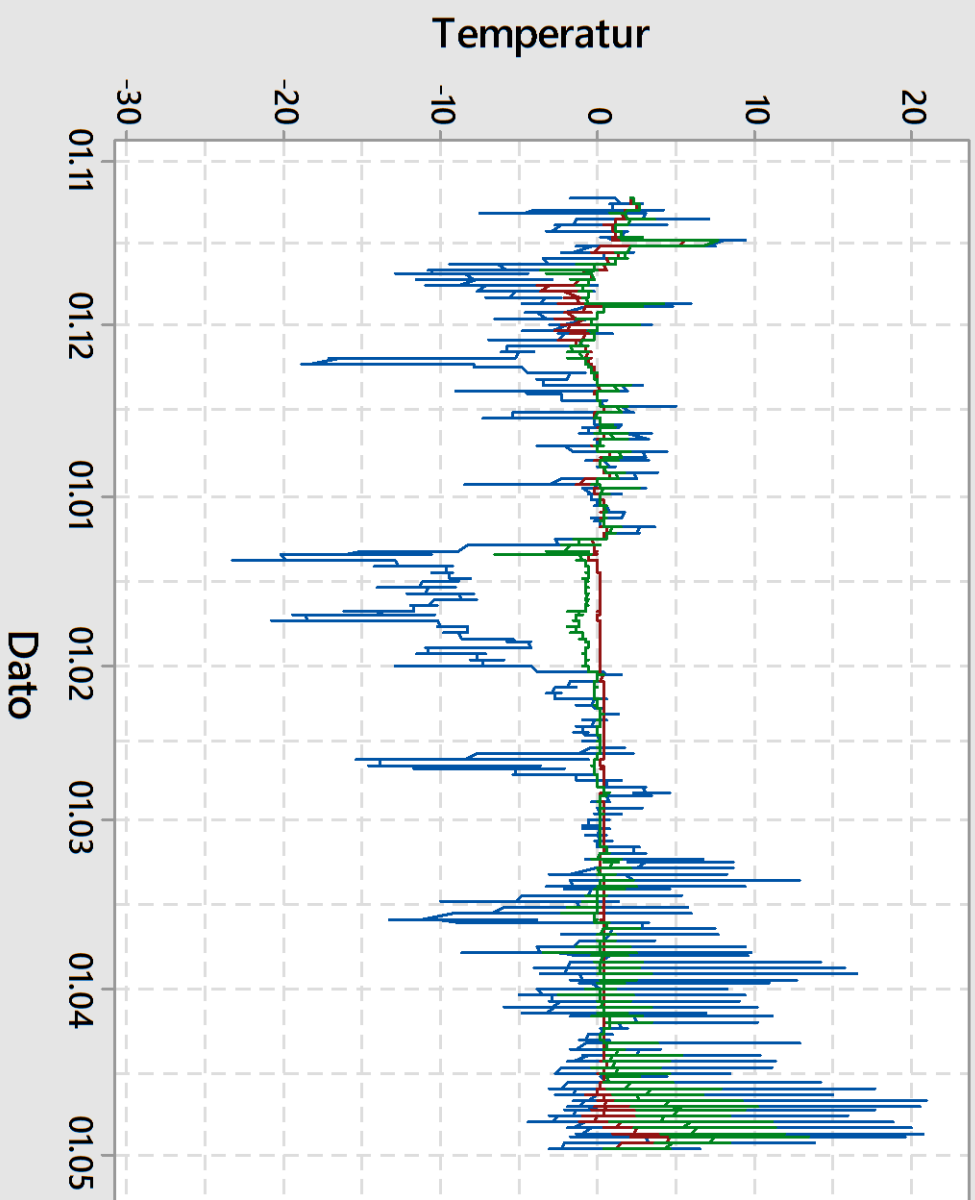
Ø1 november - april 2013/14



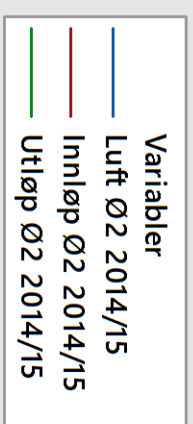
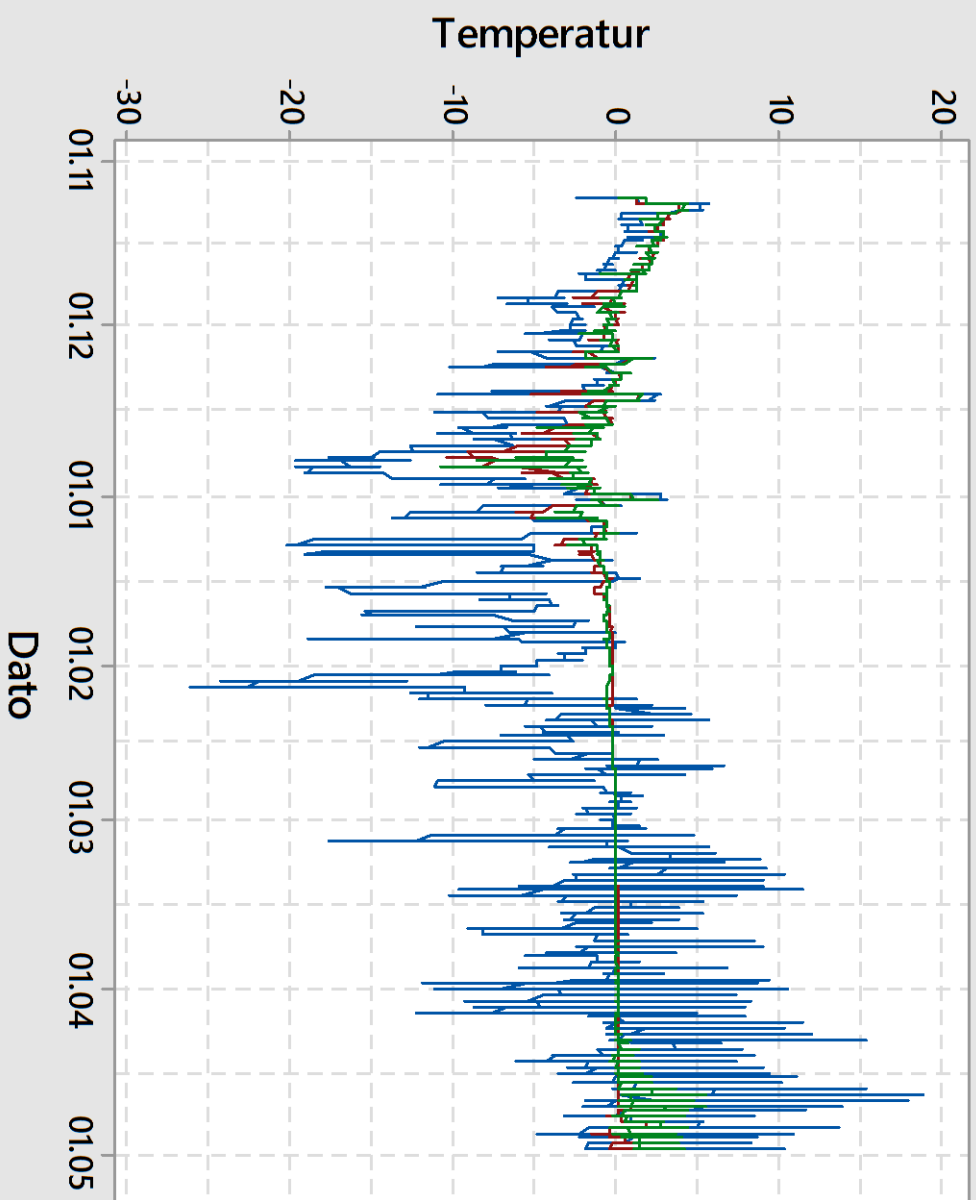
Ø1 november - april 2014/15



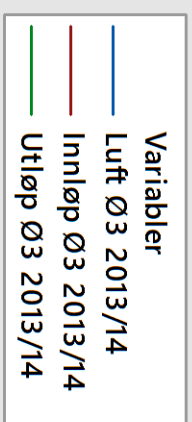
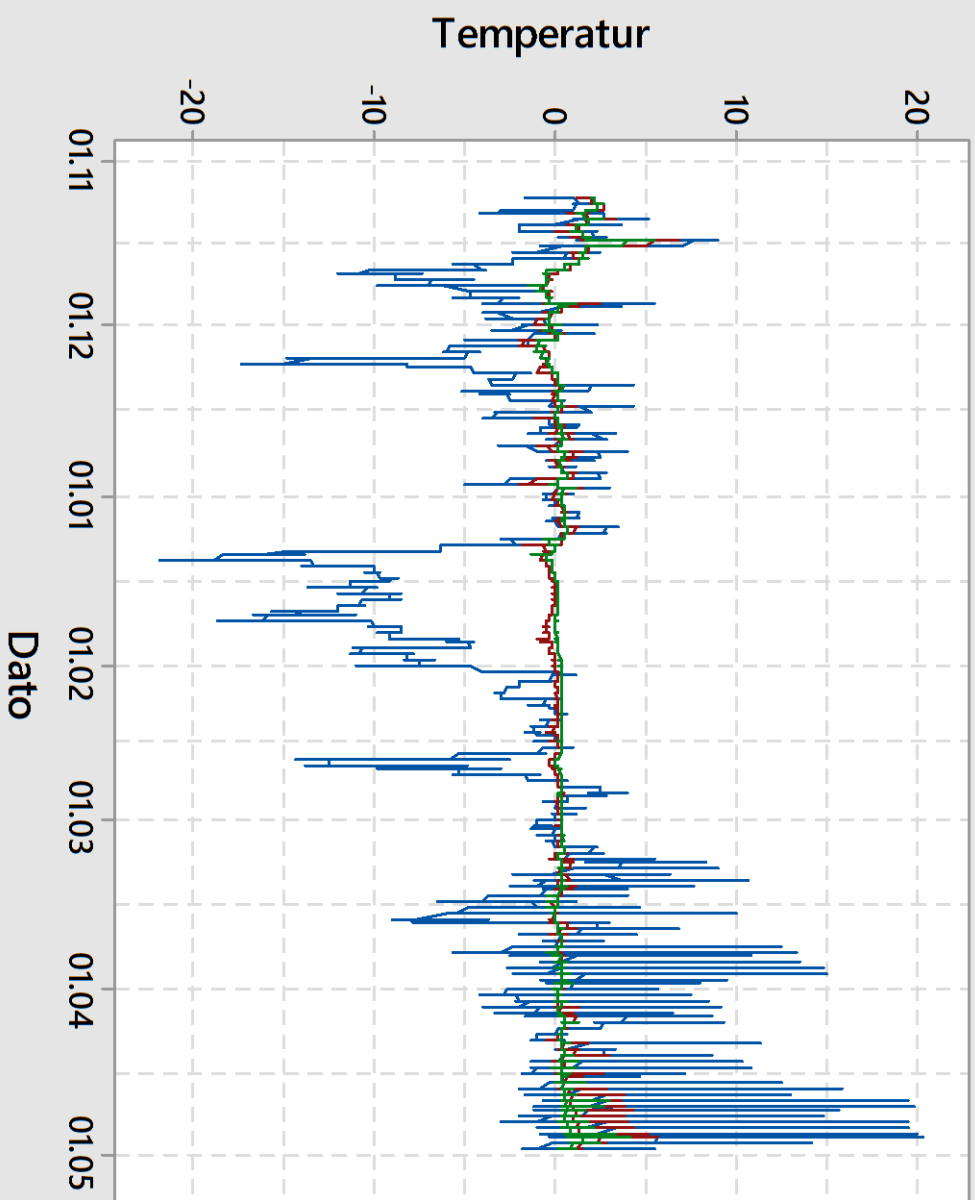
Ø2 november - april 2013/14



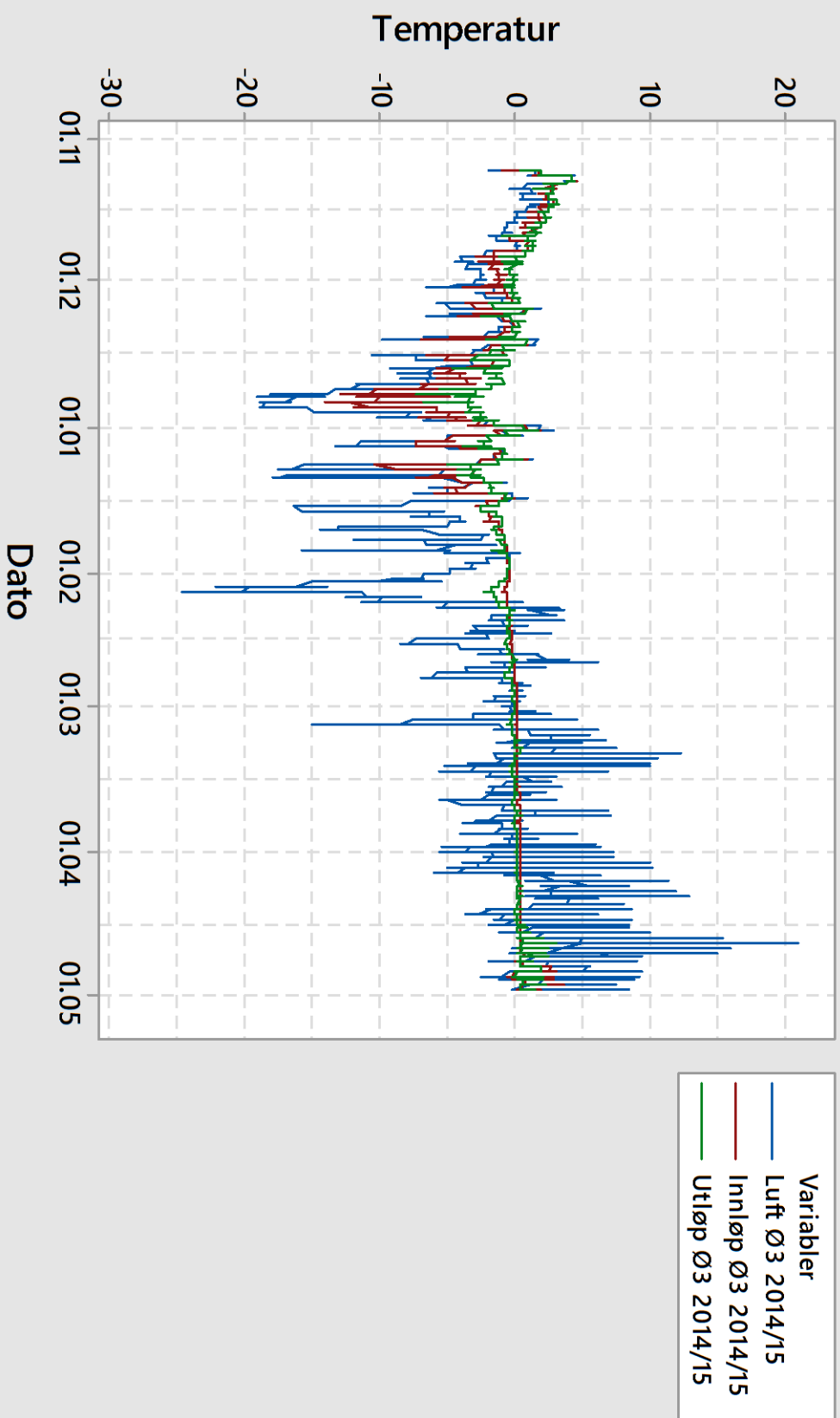
Ø2 november - april 2014/15



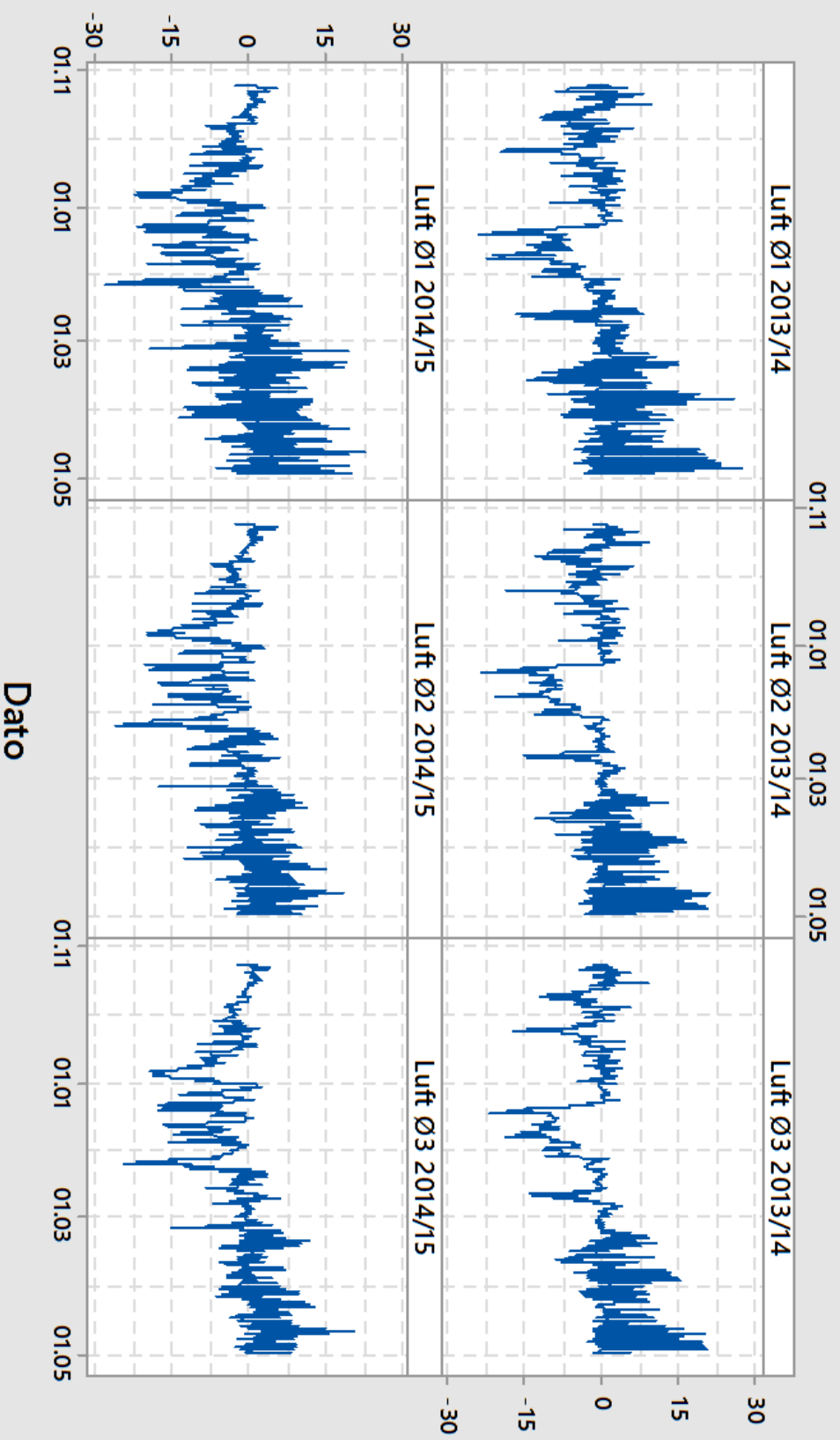
Ø3 november - april 2013/14



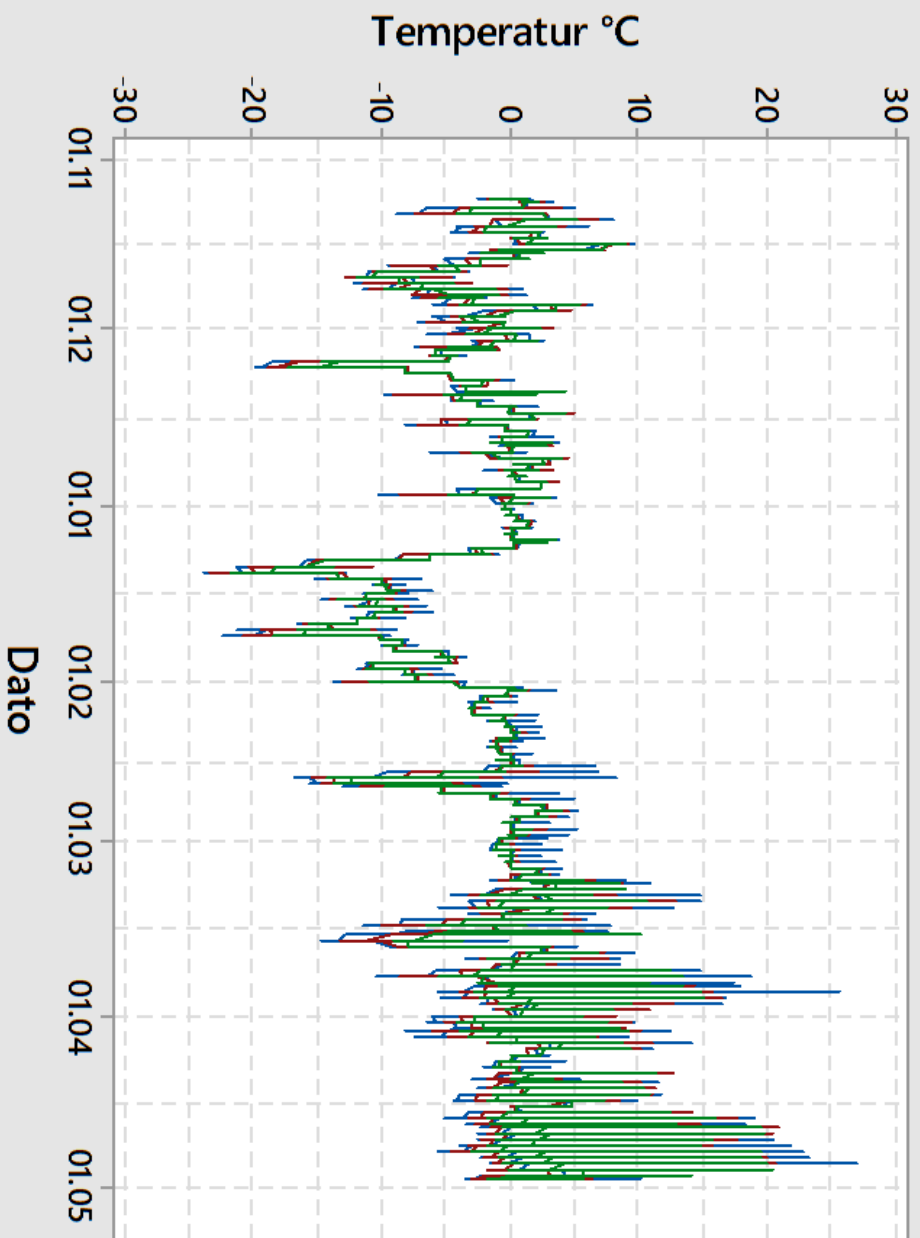
Ø3 november - april 2014/15



Lufttemperaturmålinger

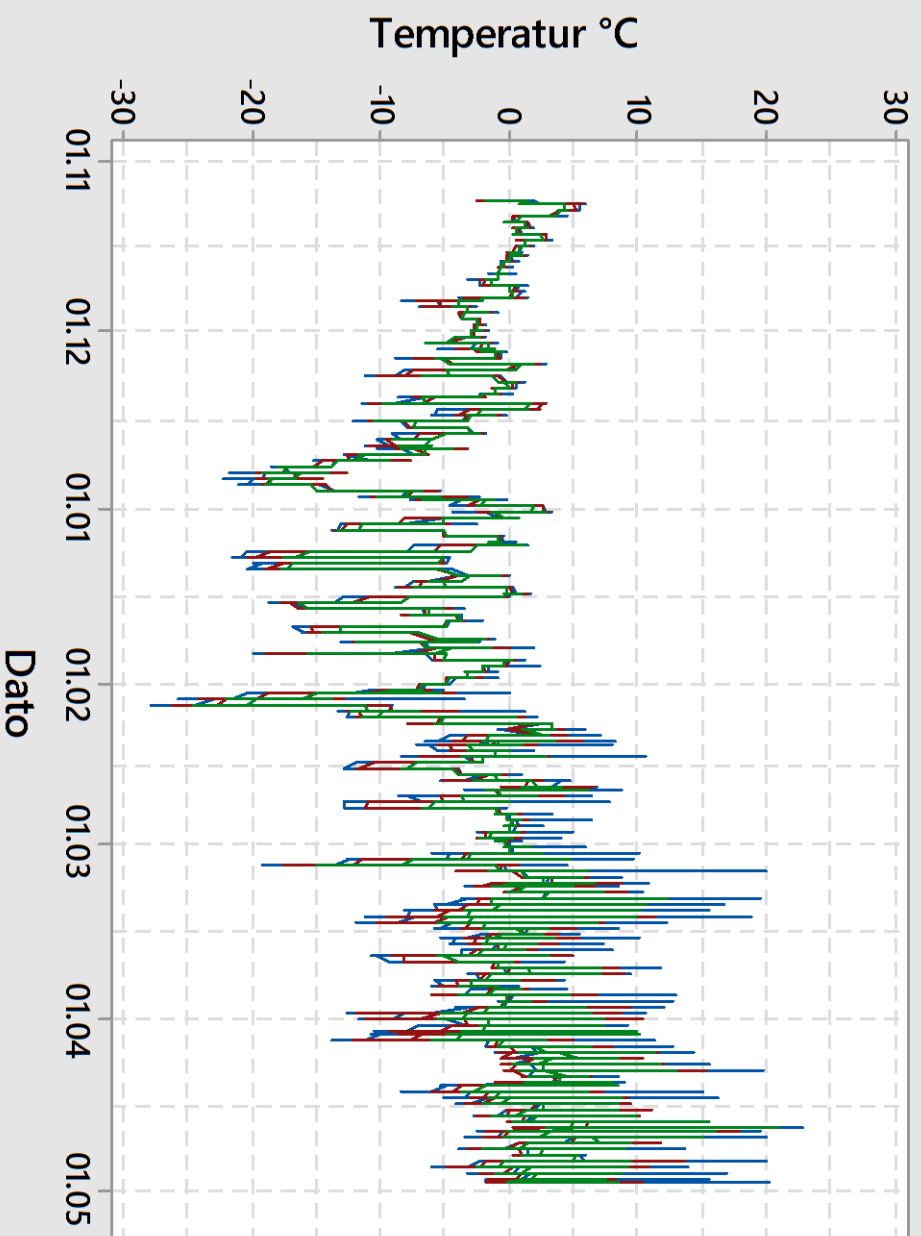


Sammenligning Lufttemperatur November - April 2013/2014



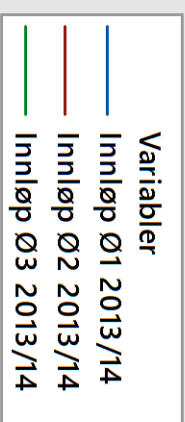
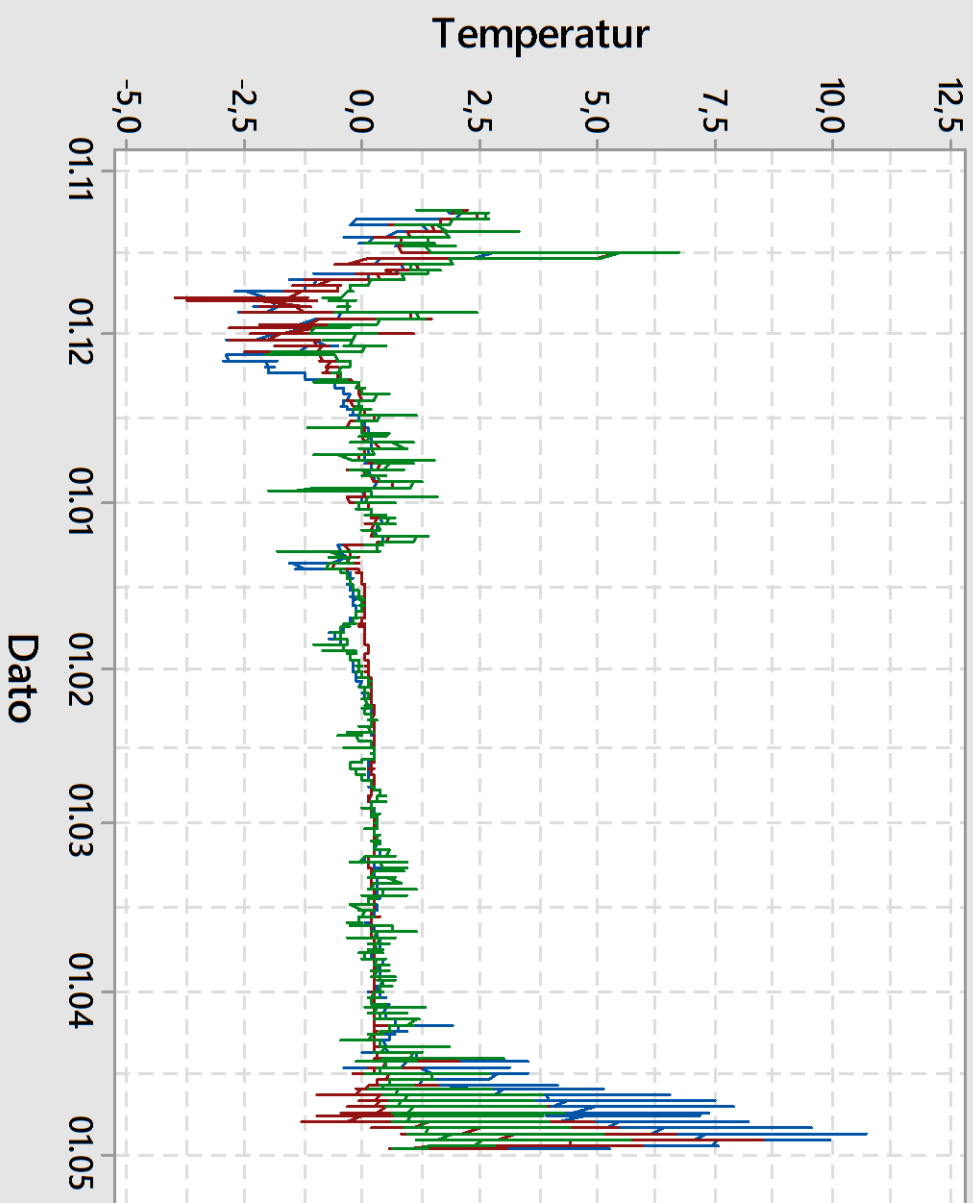
Variabler	
Luft Ø1 2013/14	—
Luft Ø2 2013/14	—
Luft Ø3 2013/14	—

Sammenligning Lufttemperatur November - April 2014/2015

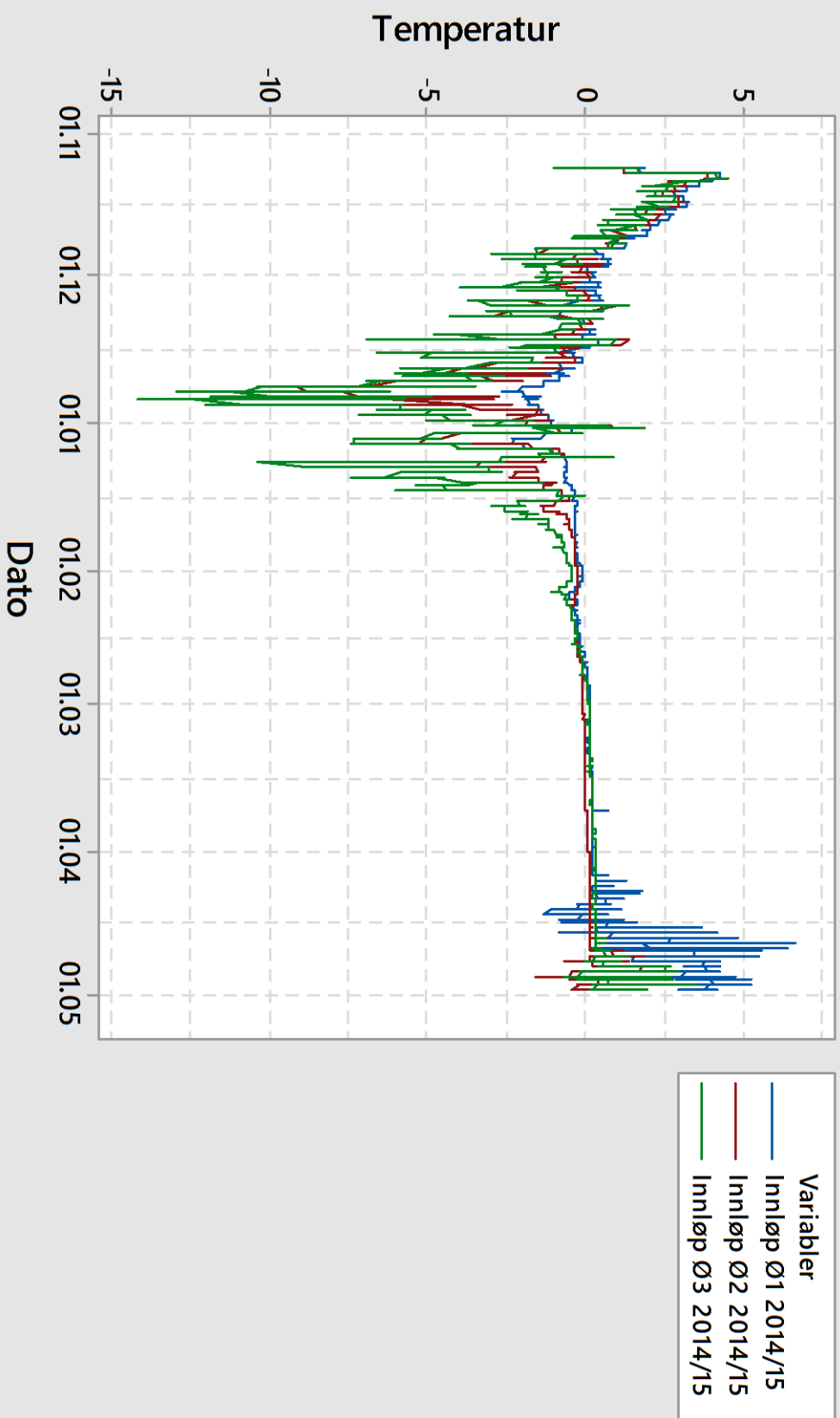


Variabler
Luft Ø1 2014/15
Luft Ø2 2014/15
Luft Ø3 2014/15

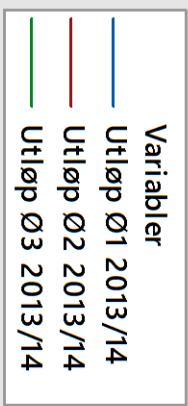
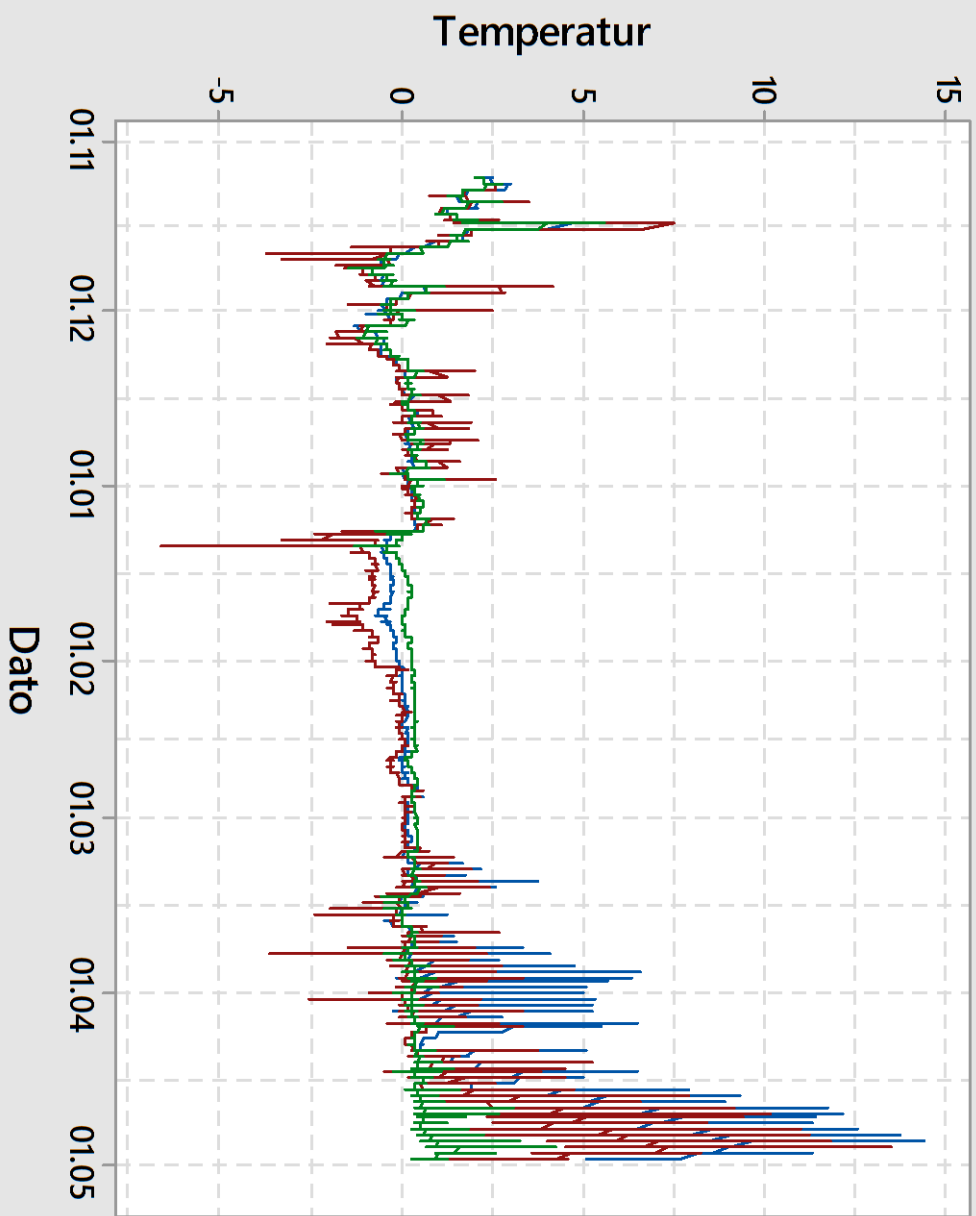
Innløp november - april 2013/14



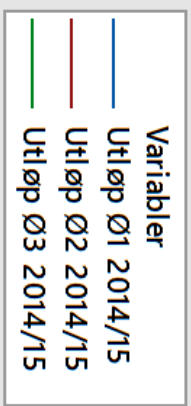
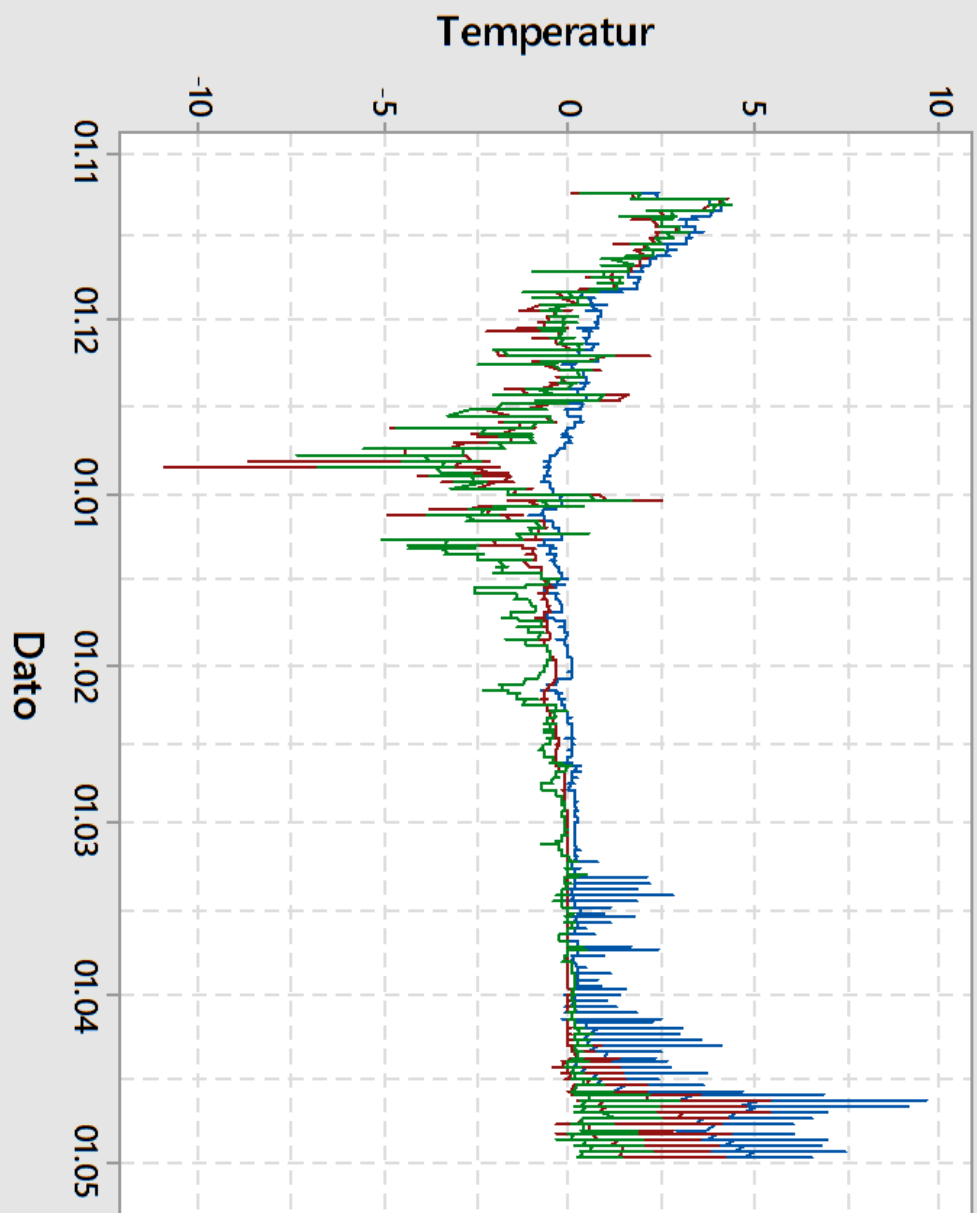
Innløp november - april 2014/15



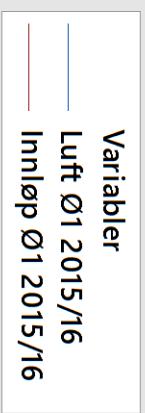
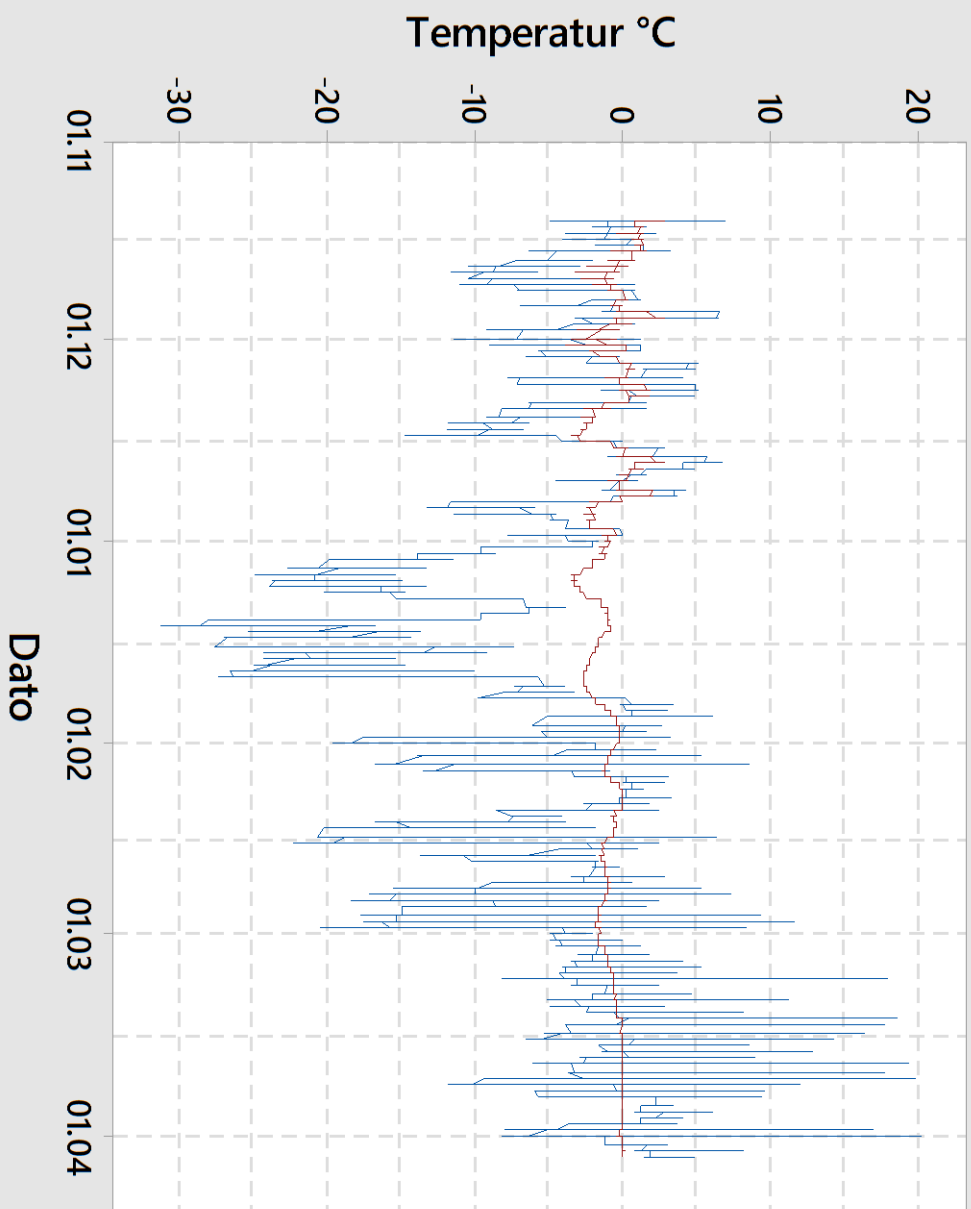
Utløp 2013/14



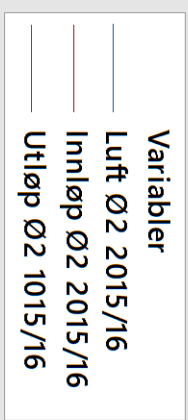
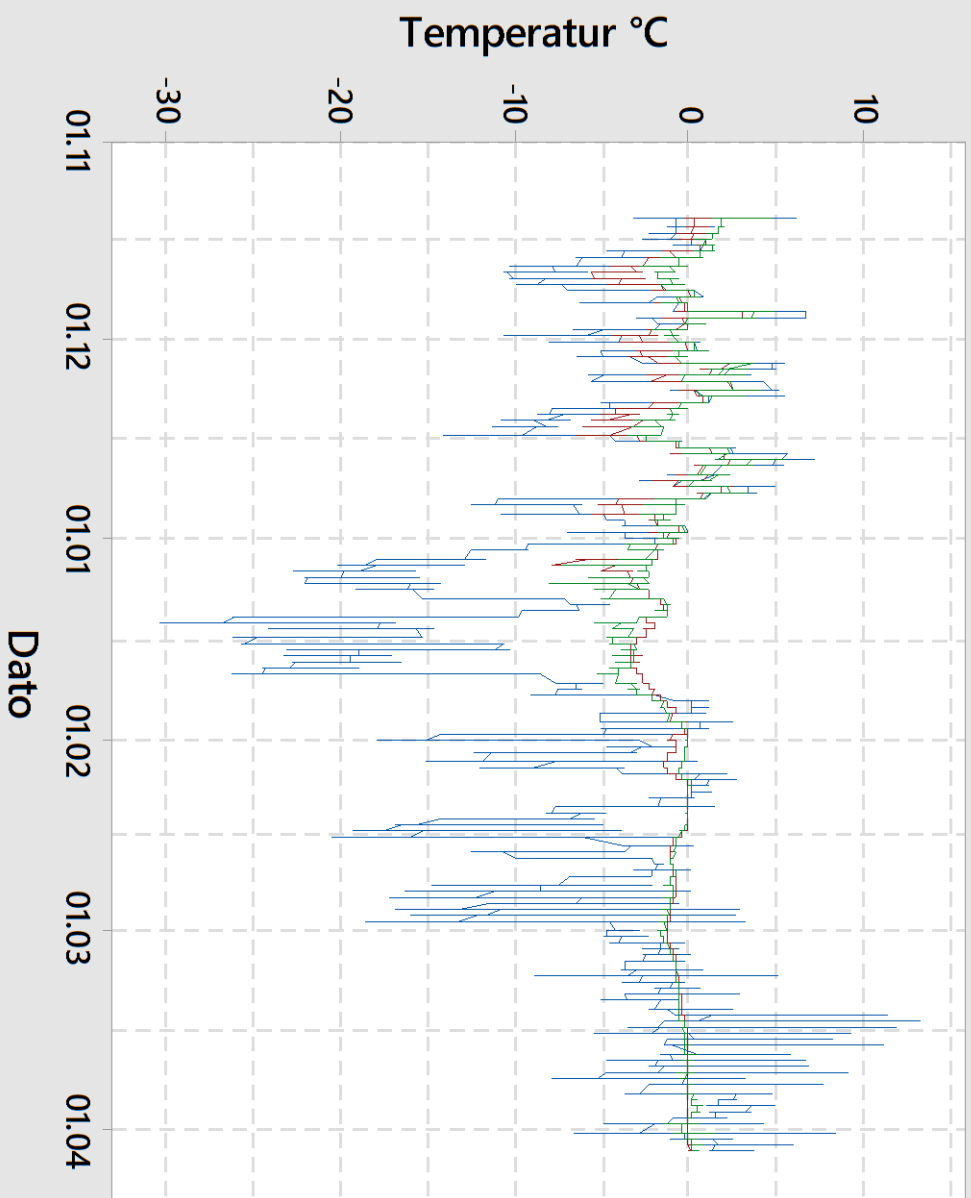
Utløp 2014/15



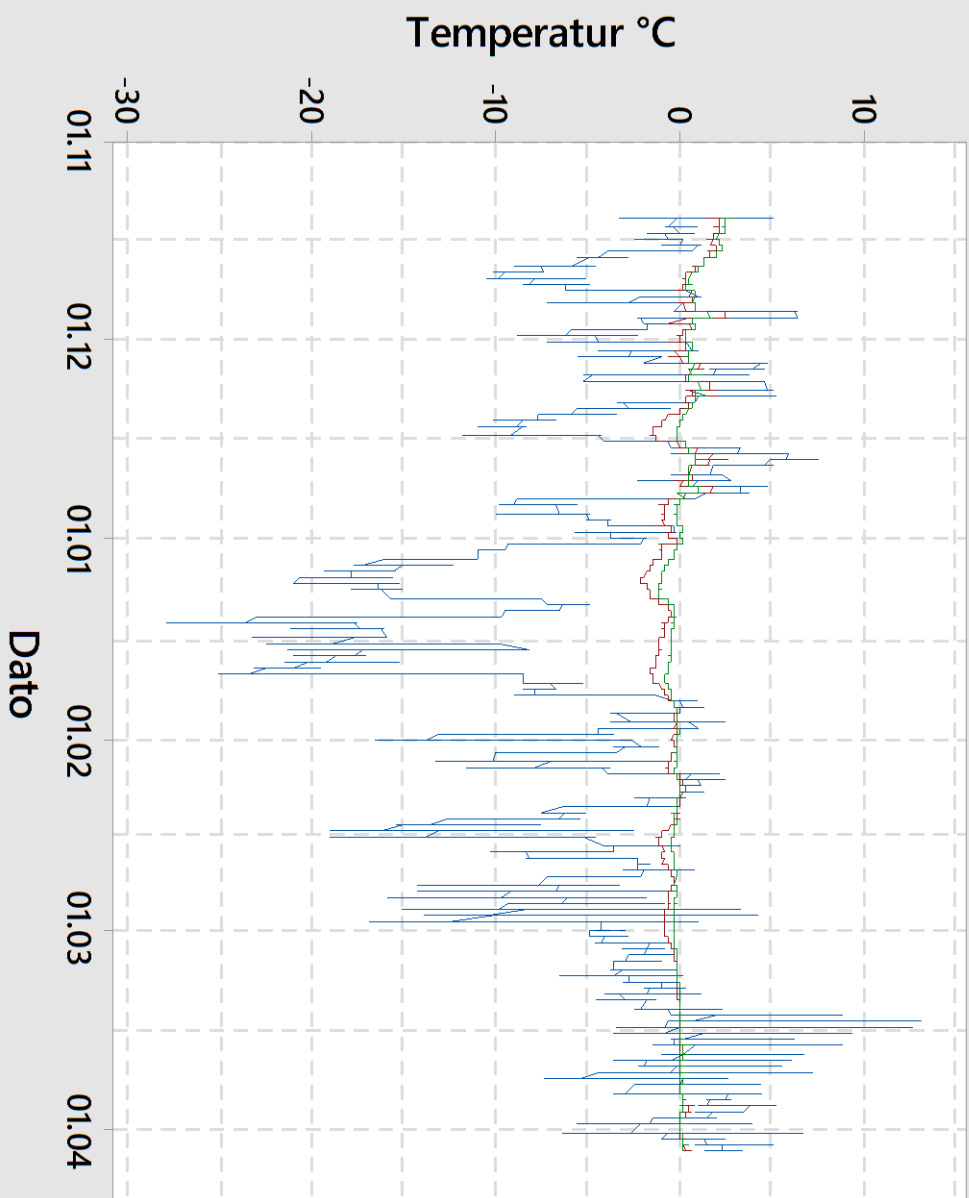
Ø1 november - april 2015/16



Ø2 november - april 2015/16

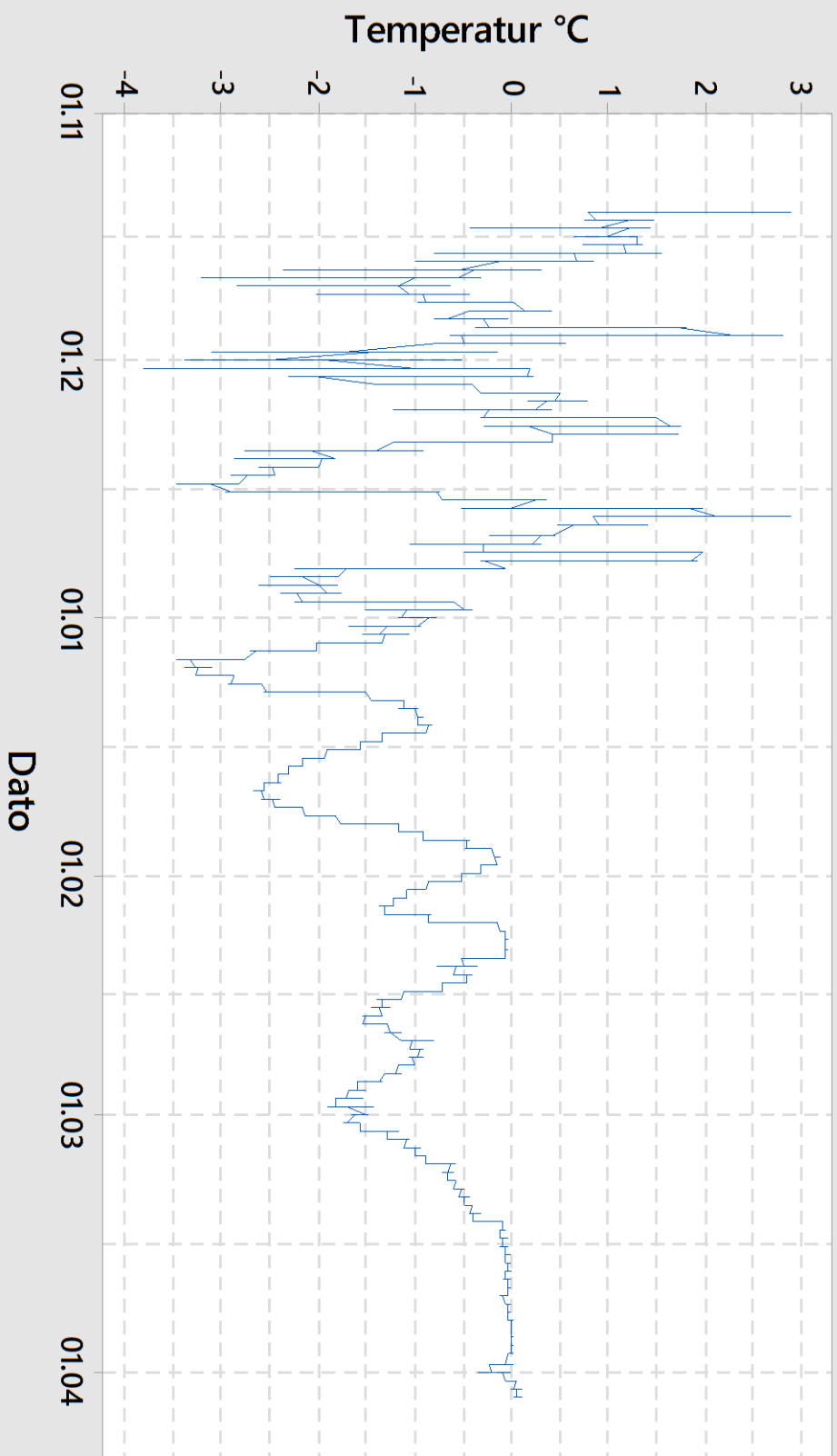


Ø3 november - april 2015/16

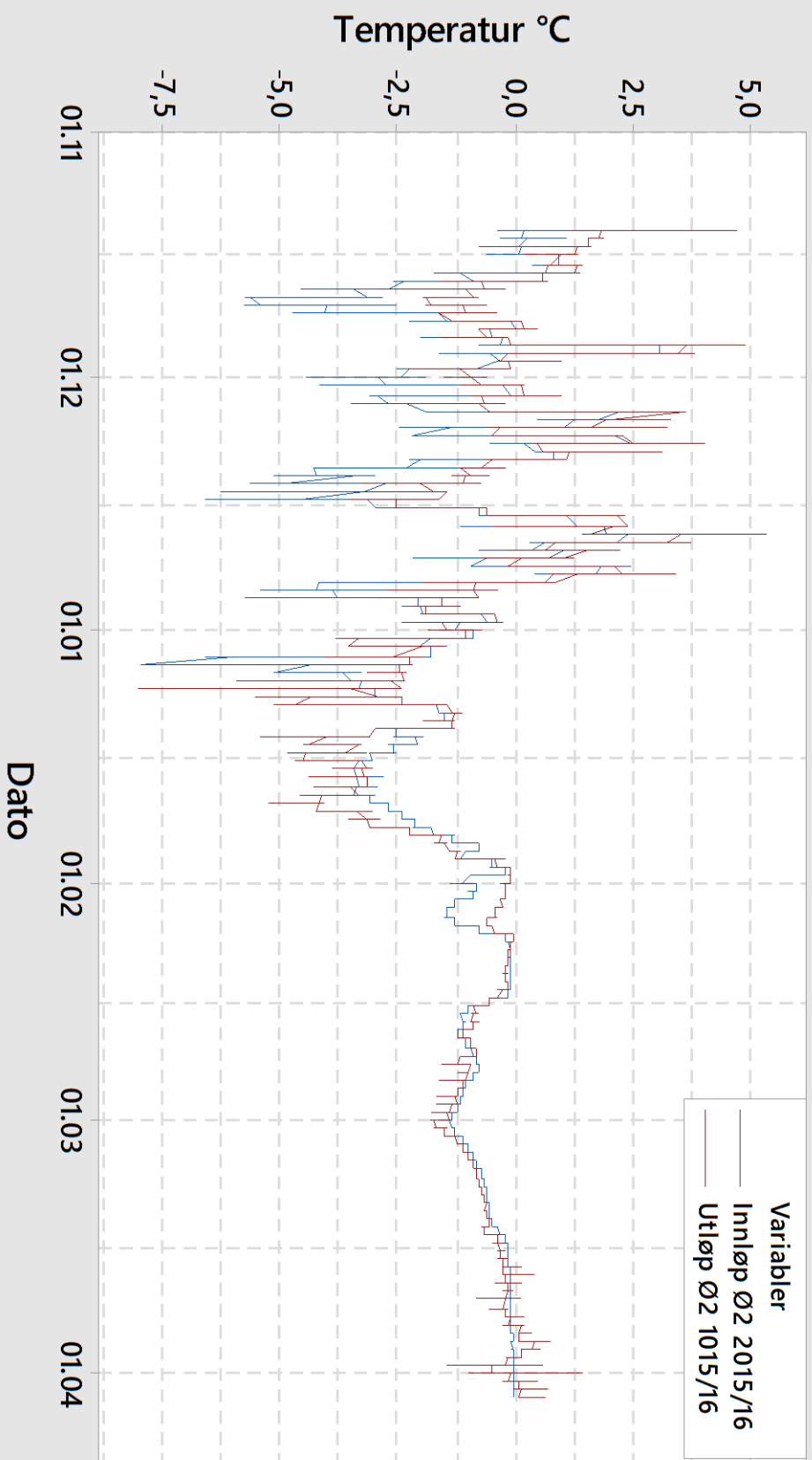


Variabler
Luft Ø3 2015/26
Innløp Ø3 2015/16
Utløp Ø3 2015/16

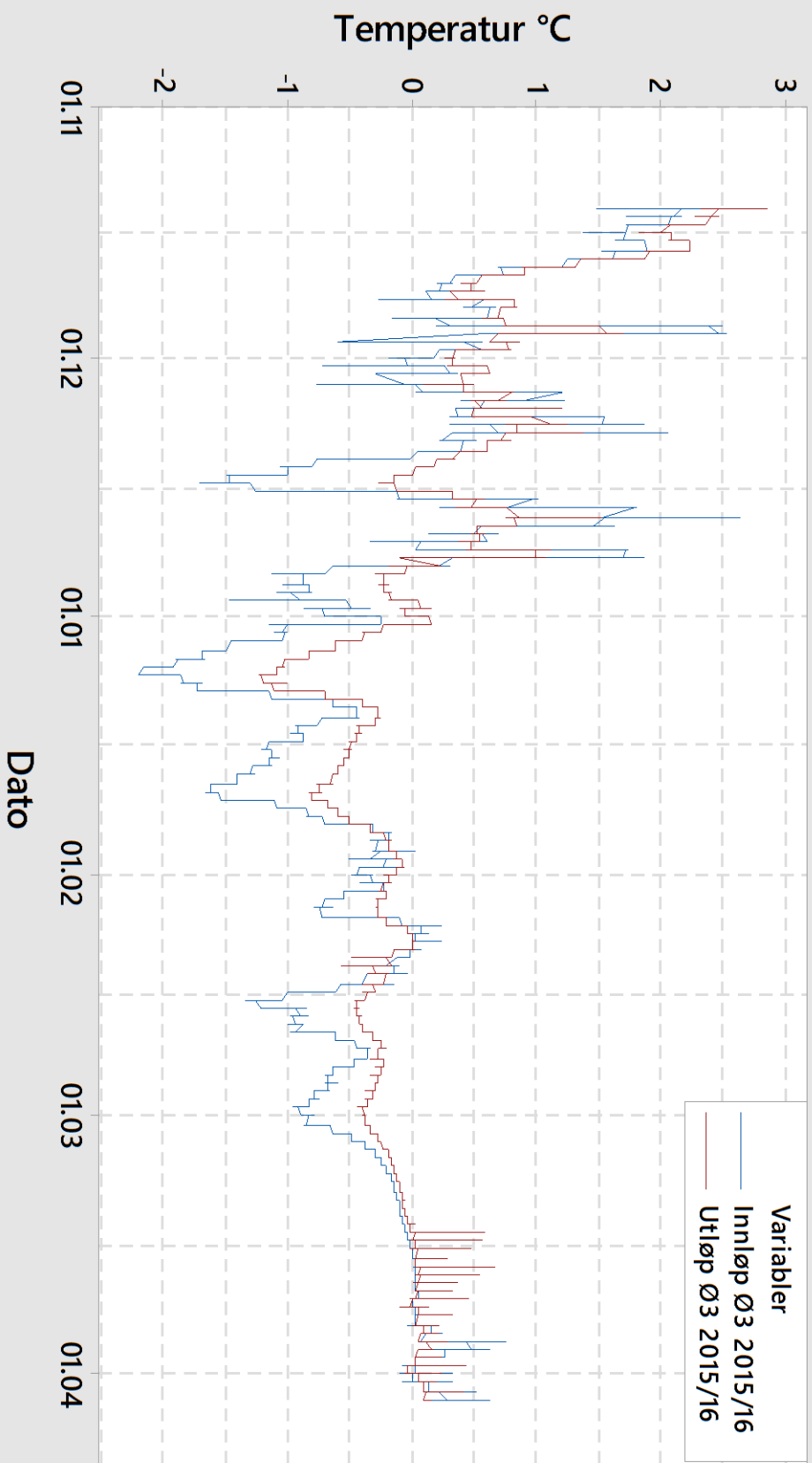
Innløp Ø1
november - april 2015/16



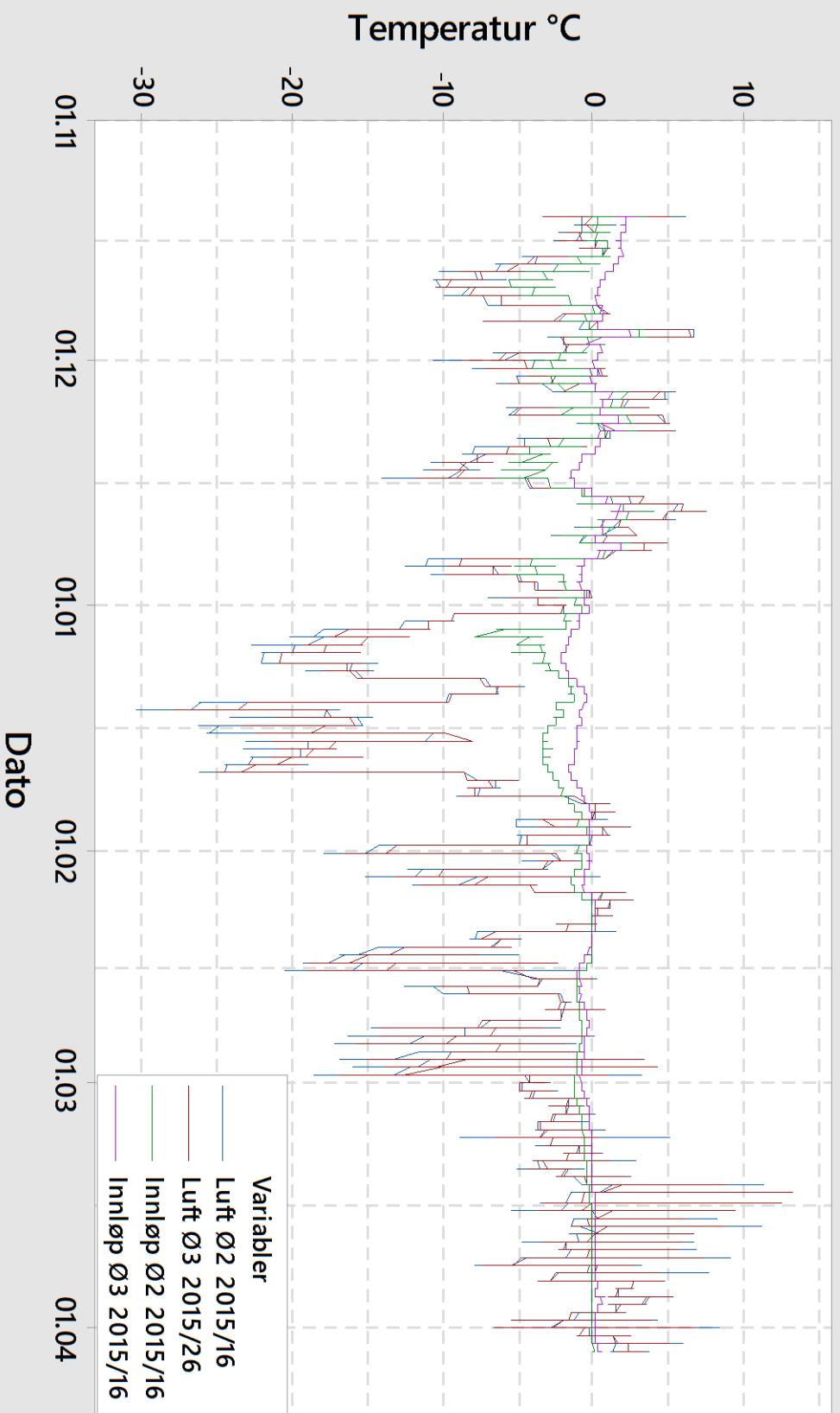
Innløp og utløp Ø2 november - april 2015/16



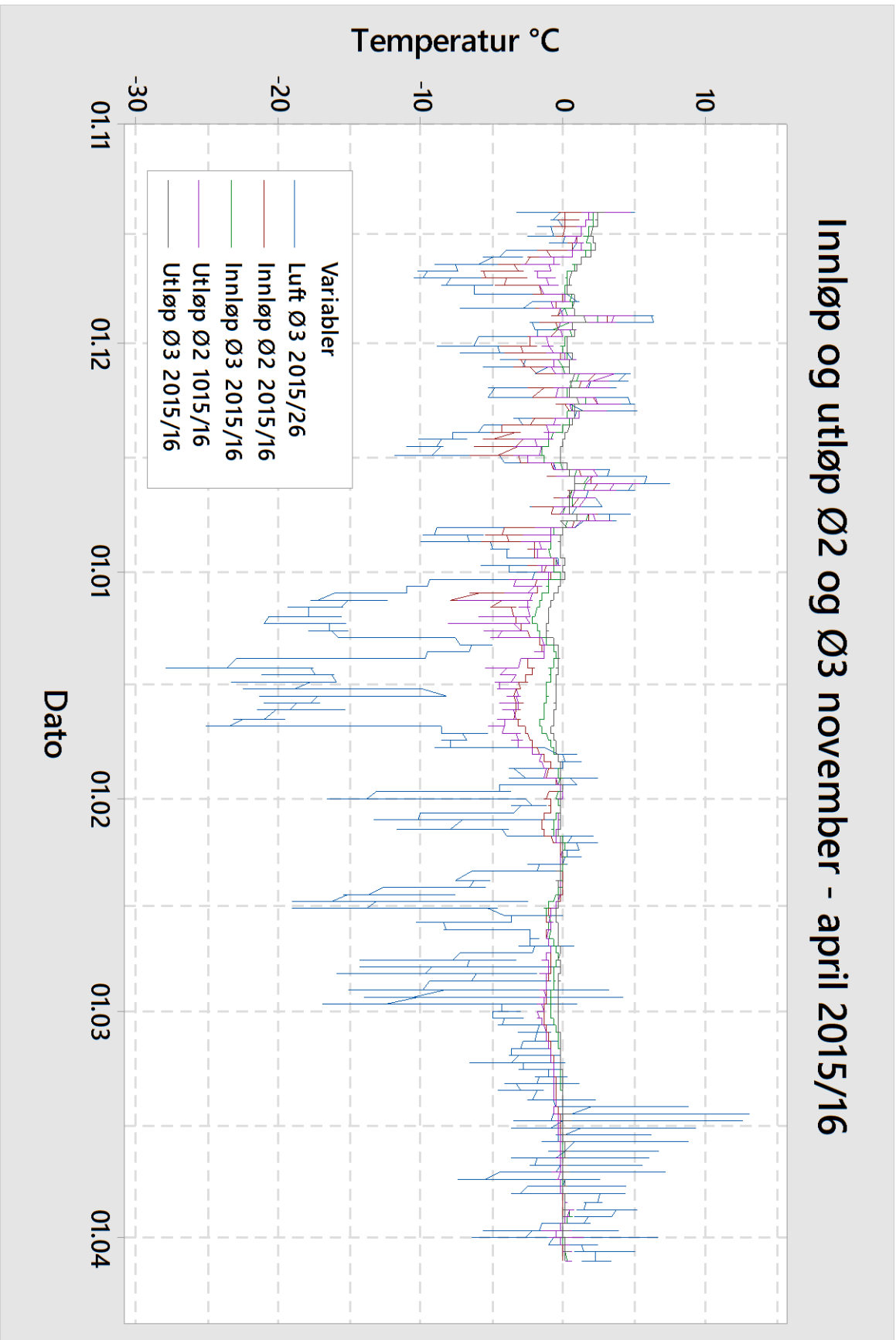
Innløp og utløp Ø3 november - april 2015/16



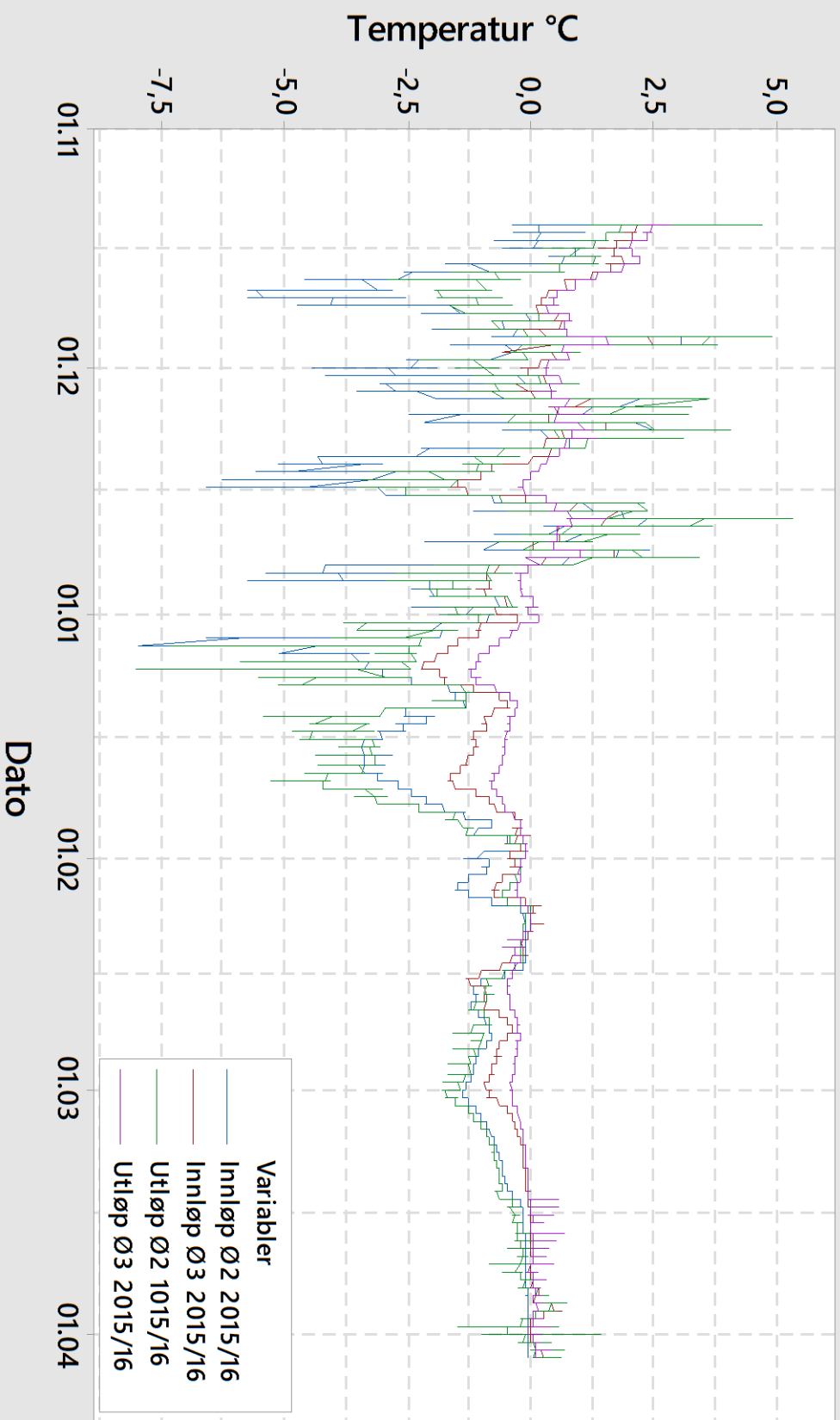
Luft og innløp Ø2 og Ø3 november - april 2015/16



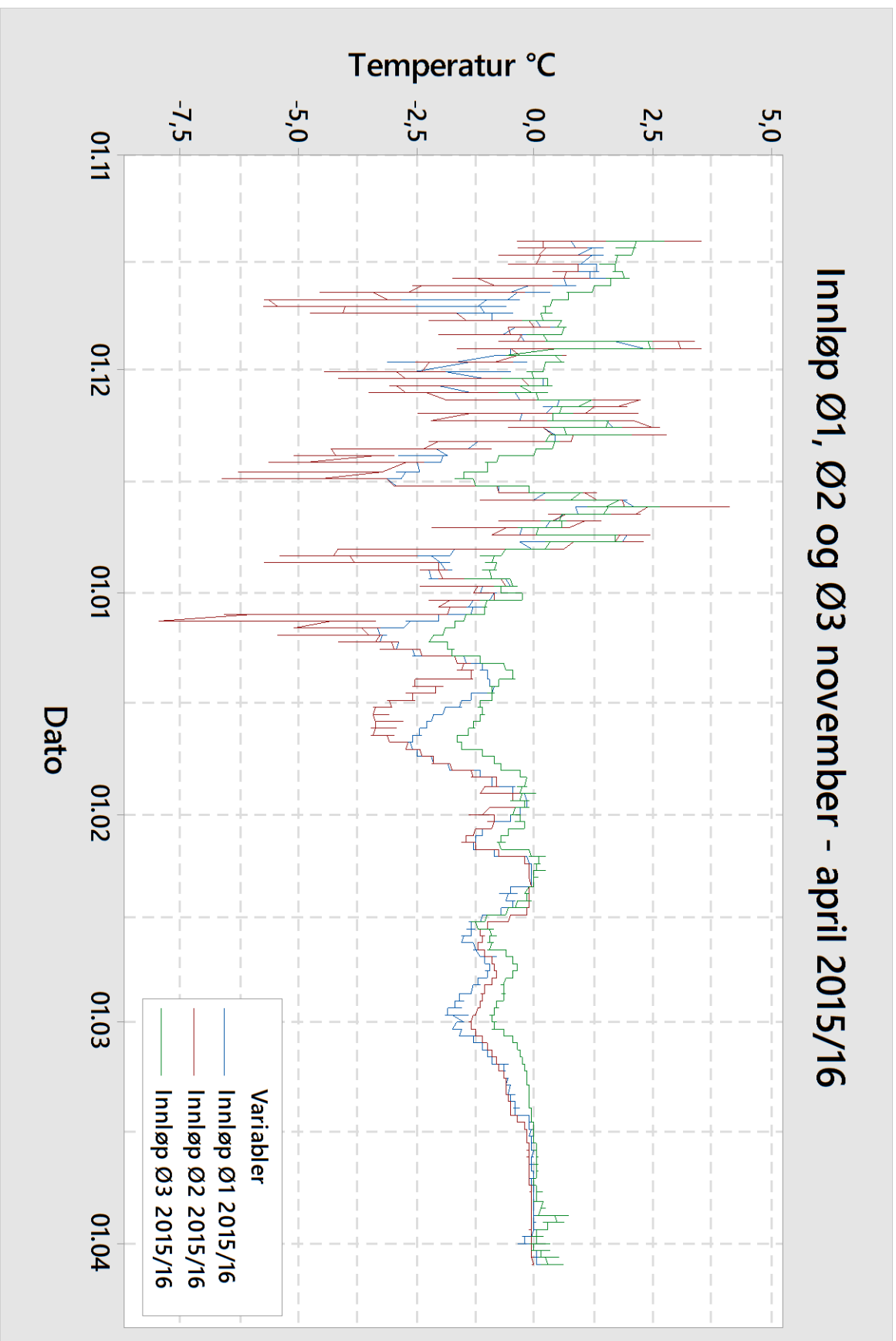
Innløp og utløp Ø2 og Ø3 november - april 2015/16



Innløp og utløp Ø2 og Ø3 november - april 2015/16

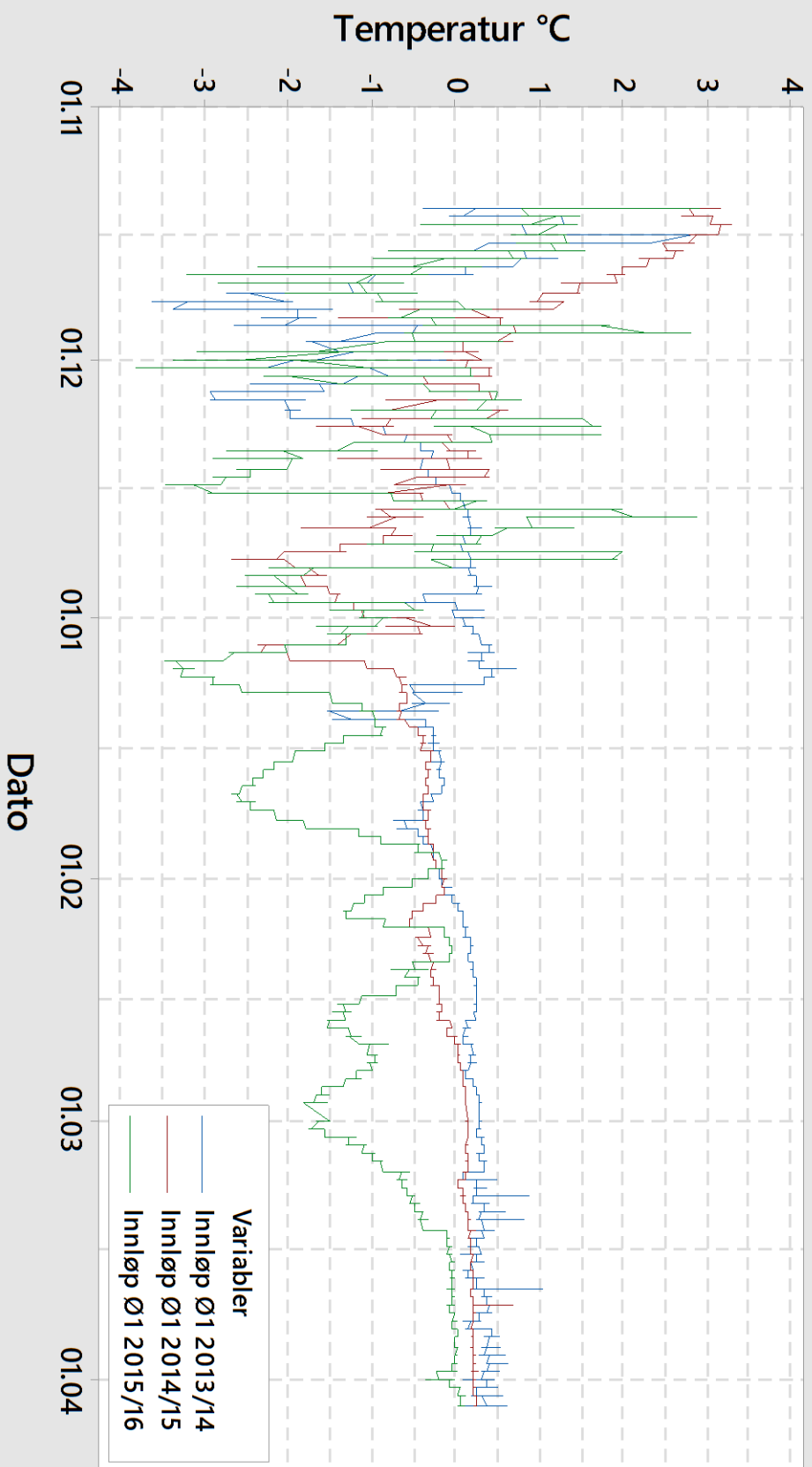


Innløp Ø1, Ø2 og Ø3 november - april 2015/16

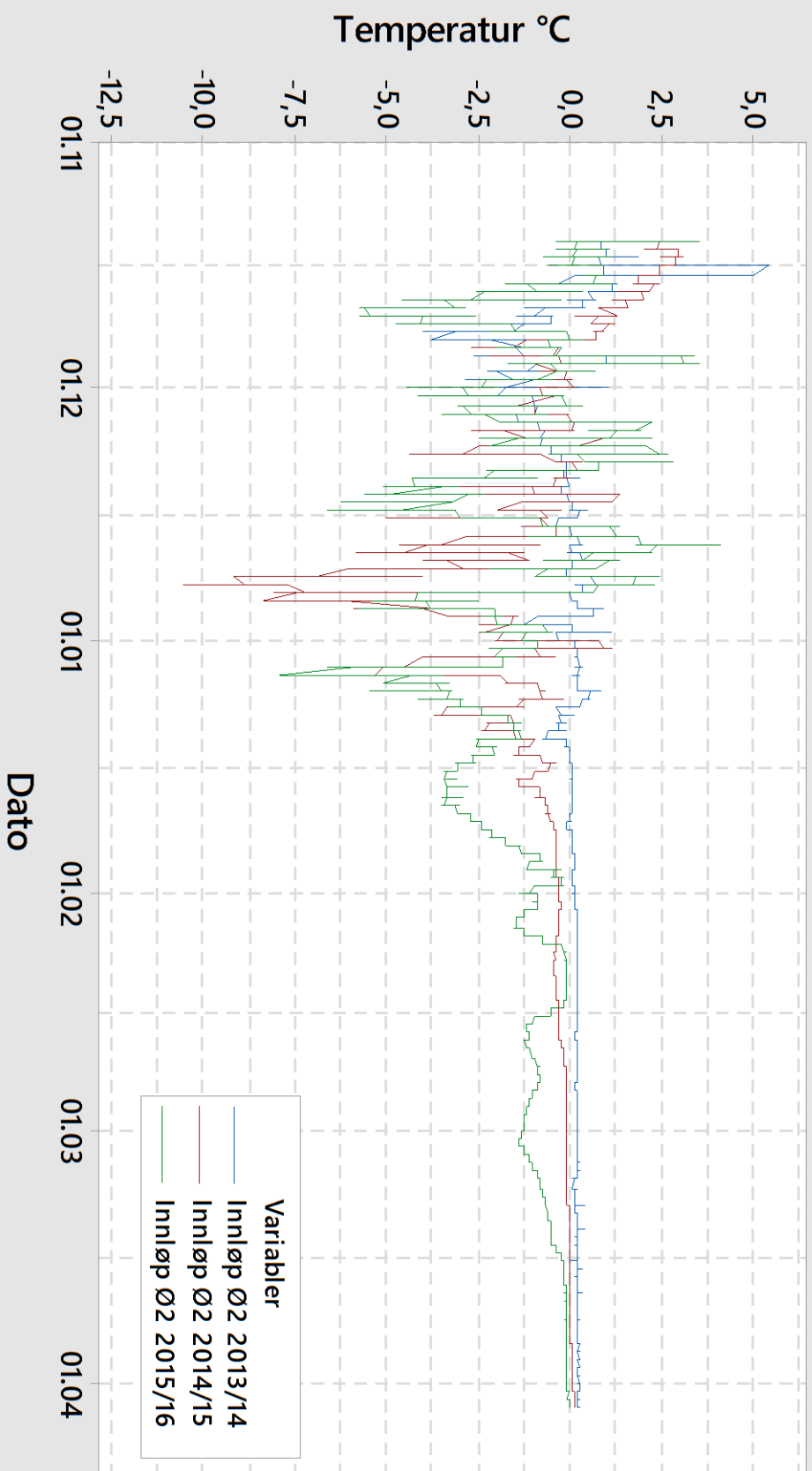


Innløp Ø1

november - april 2013/14, 2014/15 og 2015/16



Innløp Ø2 november - april 2013/14, 2014/15 og 2015/16



Innløp Ø3 november - april 2013/14, 2014/15 og 2015/16

