

Suomen poronhoitoalueen muuttuvat talviset sää- ja lumiolosuhteet

SIRPA RASMUS¹, JOUKO KUMPULA² & KIRSTI JYLHÄ³

¹ Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto

² Porontutkimusasema, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

³ Ilmatieteen laitos



Rasmus, Sirpa, Jouko Kumpula & Kirsti Jylhä (2014). Suomen poronhoitoalueen muuttuvat talviset sää- ja lumiolosuhteet (The changing winter weather and snow conditions in Finnish reindeer husbandry area). *Terra* 124: 4, 169–185.

Snow is an environmental factor affecting the reindeer population dynamics as well as practices in reindeer husbandry. Deep snow, late snow melt and ice layer formation in the snow cover are problematic for reindeer and reindeer herding. The expected climate change will cause changes in winter weather and snow conditions in Finnish Lapland. Based on meteorological observations from 13 stations in central and northern Lapland, duration of the snow cover, snow depth, as well as precipitation sum and air temperature during the snow season vary considerably in time and space across the reindeer management area. Duration of the snow season has declined during the past 30-50 years in several observation stations while mean air temperatures during the snow season have increased. Trends seen in the time series of snow depths were not consistent among the stations. Some trends towards more frequent warm days and rain events during the winter were seen in the time series, but only few that were statistically significant.

Key words: winter weather, snow, reindeer herding, climate change

Sirpa Rasmus, Department of Biological and Environmental Science, University of Jyväskylä, P. O. Box 35, FI-40014 University of Jyväskylä. E-mail: <sirpa.rasmus@jyu.fi>

Jouko Kumpula, Reindeer research Station, Game and Fisheries Research, Toivonien-
mentie 246, FI-99910 Kaamanen. E-mail: <jouko.kumpula@rktl.fi>

Kirsti Jylhä, Finnish Meteorological Institute, P. O. Box 503, FI-00101 Helsinki, E-mail: <kirsti.jylha@fmi.fi>

Suomen talviset sääolot ja lumi-ilmastot eroavat suuresti toisistaan maan eri osissa. Vaihtelu on suurta myös vuosien välillä – Lapissa vuosittainen vaihtelu on kuitenkin vähäisempää kuin Etelä-Suomessa ja rannikkoseuduilla. Pääsääntöisesti lumen syvyys kasvaa pohjoiseen ja itään mentäessä. Lumitalven pituus ja lumen määrä ovat suurimmillaan Käsivarren Lapissa (Kersalo & Pirinen 2009). Lumen syvyys ja sen laatu vaihtelevat voimakkaasti myös maastonmuotojen mukaan, etenkin vaara- ja tunturialueilla (Kuisisto 1984; Eklund 2010). Lumipeite koostuu jääkiteiden muodostamasta tukirangasta, jonka huokosissa on ilmaa ja usein myös nestemäistä vettä. Lumen rakenne elää halki talven kiteiden ja kiteiden välisten sidosten muuttuessa muotoaan sääolojen mukaan. Jään, ilman ja veden prosentiosuudet lumen eri kerroksissa vaihtelevat (Fierz ym. 2009).

Poronhoitoalueella lumi on yksi tärkeimmistä porokannan hyvinvointiin ja koko elinkeinoon vaikuttavista ympäristökijöistä (Holleman ym.

1979). Porojen selviytyminen riippuu talvisin viime kädessä ravinnon määrästä, laadusta ja saavutettavuudesta laitumilla. Suomessa porojen talvilaitumet ovat lumen peitossa kuudesta kahdeksaan kuukautta vuodesta (Solantie ym. 1996).

Sekä poroilla että niiden pohjoisamerikkalaisilla sukulaisilla karibuilla on lumisissa oloissa selviytymistä helpottavia rakenteellisia ja toiminnallisia sopeumia (Telfer & Kensall 1984). Poronhoitajat pyrkivät vastaavasti sopeuttamaan toimensa laidunnusolosuhteiden vaihteluun (Tyler ym. 2007; Roturier & Roue 2009; Riseth ym. 2010; Vuojala-Magga ym. 2011). Tästä huolimatta syvä lumi ja myöhäinen lumen sulaminen voivat aiheuttaa porojen ja karibujen keskimääräistä suurempaa talvikuolleisuutta (Adamczewski ym. 1988; Kumpula & Colpaert 2003; Helle & Kojola 2008) ja alhaista vasatuottoa (Adams & Dale 1998; Post & Stenseth 1999; Aanes ym. 2000; Kumpula 2001).

Paitsi lumen määrä myös lumen laatu vaikuttaa porojen hyvinvointiin ja poronhoitoon. Talviai-

kaisten sulamisvesien tai sadevesien jäätyminen lämpötilan laskiessa suojasäiden jälkeen aiheuttaa tiheitä tai jäisiä kerroksia lumipeitteeseen (Putkonen & Roe 2004). Etenkin alkutalven vaihtelevat sääolot voivat muodostaa jääkerroksen maanpinnalle lumipeitteen alle, eli poronhoidon kielellä ilmaistuna ”pilata pohjan”. Lumen tiheyden ja kovuuden kasvaessa talviravinnon kaivaminen lumen alta käy poroille työlämmäksi (Fancy & White 1985; Kumpula ym. 2004). Maanpinnan laaja-alaisen, jäkälän ja muun kaivettavan ravinnon hyödyntämistä estävän jäätyminen, eli niin sanotun maajään, on osoitettu alentaneen porojen vasatuottoa Huippuvuorilla ja aiheuttaneen kannan koon romahduksia muun muassa Huippuvuorilla ja Suomessa (Helle 1980; Kohler & Aanes 2004; Hansen ym. 2011). Talvenaikaisten leutojen päivien (vuorokauden keskilämpötila $> 0^{\circ}\text{C}$) tai vesisadepäivien määrällä on siten yhteys alentuneeseen vasatuottoon (Lee ym. 2000; Solberg ym. 2001; Kumpula & Colpaert 2003; Helle & Kojola 2008).

Lumi vaikuttaa poroihin muutoinkin kuin vain vaikeuttamalla kaivettavan ravinnon saantia. Metsäisillä alueilla puustossa kasvavat loppojäkälät ovat tärkeä ravinnonlähde poroille kevättalvella. Kovettunut lumi auttaa poroja liikkumaan ja saamaan loppoa korkeammalta oksistosta, eikä poro tällaisissa oloissa kuluta turhaan energiaa kaivamalla jäkälää kovan lumen alta (Kumpula ym. 2004). Poronhoidossa lumen määrä ja laatu vaikuttavat porojen paimennettavuuteen ja päätöksiin siitä, milloin, missä ja kuinka paljon talvista lisäravintoa niille annetaan. Poronhoitajat joutuvatkin seuraamaan lumen laatua ja ravinnon saatavuutta tarkkaan.

Saalistustilanteissa lumiolosuhteet voivat hyödyttää joko poroa tai petoa. Esimerkiksi kevättalven syvä lumipeite, jonka pintakerros kantaa loppoilevaa poroa sen kävellessä mutta ei juostessa, luo ahmalle otolliset saalistusolosuhteet. Tällainen lumi kantaa saalistustilanteessa hyvin ahmaa, mutta pakeneva poro uppoaa lumeen maahaansa myöten. Lumen pinnan kovettuessa pakenevan poron kantavaksi tilanne muuttuu poron kannalta paremmaksi.

Tässä artikkelissa tarkastelemme poronhoitoalueen talvisia lumi-, lämpötila- ja sadantaoloja käyttämällä Ilmatieteen laitoksen aineistoja 13 havaintoasemalta poronhoitoalueen eri osista. Havainnot ovat pääosin poronhoitoalueen keski- ja pohjoisosasta. Pyrimme työssämme vastaamaan seuraaviin kysymyksiin: (1) Millaiset ovat keskimääräiset talviset sääolot Suomen poronhoitoalueella, ja kuinka suuri lämpötila-, sadanta- ja lumiolojen vuosittainen ja paikallinen vaihtelu on

ollut viimeisen 30 vuoden (1981–2010) aikana? (2) Millaisia talven sääoloja poronhoitajat pitävät vaikeina poronhoitoa ajatellen, ja kuinka yleisiä vaikeat olot ovat? (3) Näkyykö lämpötila-, sadanta- ja lumiolojen pitkissä aikasarjoissa muutoksia viimeksi kuluneitten 30–50 vuoden aikana? (4) Ovatko talvet lämmenneet, ovatko leudot talvipäivät yleistyneet ja näkyvätkö mahdolliset muutokset koko tarkastelualueella? (5) Mitä tämänhetkinen kirjallisuus kertoo odotettavissa olevista sää- ja lumiolosuhteiden muutoksista lämpenevässä ilmastossa?

Näihin kysymyksiin on tärkeä vastata, sillä julkaistua tietoa talviolojen muutoksesta Suomen Lapissa on vähän ja kokemusperäistä tietoa lumiolojen vaikutuksesta poronhoitoon on käytetty tutkimuksissa erittäin harvoin. Tiedot nykyisistä oloista, olosuhteista koetuista muutoksista ja näiden molempien koetuista vaikutuksista elinkeinon ovat erityisen tarpeellisia talvi-ilmaston oletettavasti muuttuessa lähivuosikymmeninä entistä leudommaksi.

Aineistot ja menetelmät

Tutkimusaineistomme koostui päivittäisistä lumen syvyyden ja sademäärän havainnoista sekä ilman lämpötilan mittauksista 3–8 tunnin välein, asemasta riippuen. Käytössämme oli havaintoja 13 Ilmatieteen laitoksen havaintoasemalta. Aikasarjojen pituus vaihteli 33:sta 53:n talveen (taulukko 1, kuva 1).

Havaintojen pohjalta määritimme joka talvelle seuraavat kahdeksan suuretta, jotka ovat merkittäviä poronhoidon kannalta: (a) pysyvän lumipeitteen tulo- ja lähtöaika; (b) pysyvän lumipeiteajan kesto; (c) lumen syvyyden keskiarvo ja maksimi; (d) pysyvän lumipeitteen aikainen keskilämpötila ja sadanta; (e) lumipeitteisen ajan leudot päivät (niiden vuorokausien lukumäärä pysyvän lumipeitteen aikana, joina vuorokauden keskilämpötila ylitti 0°C tai 2°C); (f) lumipeitteisen ajan leudot sadepäivät (sama kuin [e], mutta lisäksi vuorokauden aikana oli havaittu sadetta); (g) alkua ja keskitalven leudot päivät (sama kuin [e], mutta ajanjaksona pysyvän lumipeitteen tulopäivästä helmikuun loppuun); sekä (h) alkua ja keskitalven leudot sadepäivät (sama kuin [f], mutta ajanjaksona pysyvän lumipeitteen tulopäivästä helmikuun loppuun).

Koska tarkastelemme pysyvän lumipeitteen aikaa, eivät ensilumet ja takatalvet ole mukana analyseissämme. Vesisadepäiviksi oletimme ne vuorokaudet, joina keskilämpötila on ollut yli 2°C ja sademäärä yli 0 millimetriä. Lumeen muodostuu

Taulukko 1. Työssä hyödynnetyt Ilmatieteen laitoksen havaintoasemat.

Table 1. Weather stations of the Finnish Meteorological Institute (FMI) used in this study.

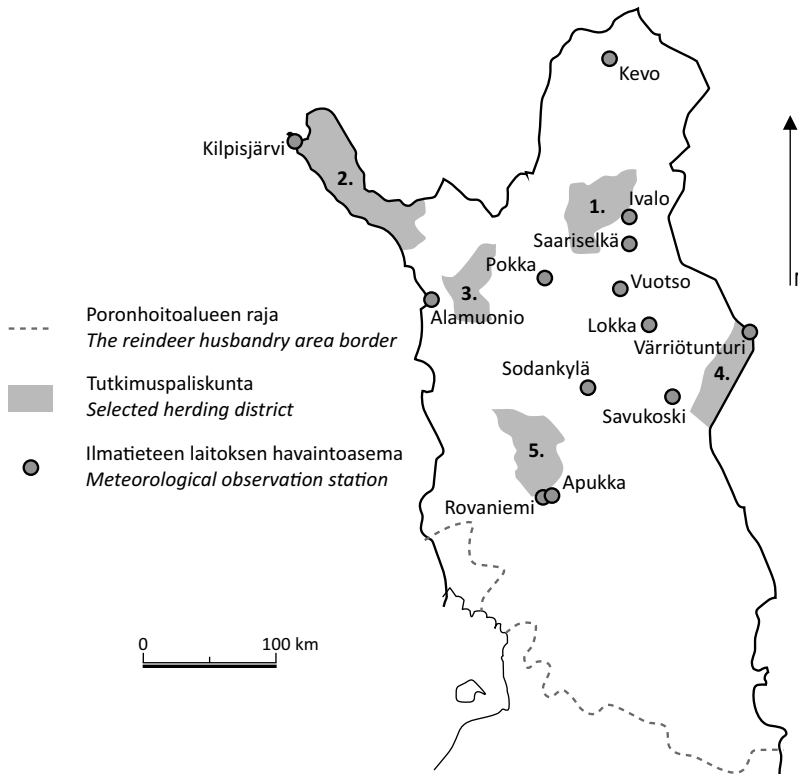
	<i>Sijanti</i> <i>Location</i>	<i>Korkeus meren-</i> <i>pinnasta</i> <i>Elevation</i>	<i>Talvien luku-</i> <i>määrä</i> <i>Number of</i> <i>winters</i>	<i>Käytössä ollut</i> <i>ajanjakso</i> <i>Observational period</i>	<i>Katkokset tai puutteet</i> <i>Data gaps</i>
<i>Rovaniemi,</i> <i>lentoasema</i>	66,56°N 25,83°E	195	53	1959/1960–2011/2012	
<i>Rovaniemi,</i> <i>Apukka</i>	66,58°N 26,01°E	106	53	1959/1960–2011/2012	
<i>Savukoski</i>	67,29°N 28,18°E	180	48	1964/1965–2011/2012	
<i>Sodankylä</i>	67,37°N 26,63°E	179	53	1959/1960–2011/2012	
<i>Salla, Värriö-</i> <i>tunturi</i>	67,75°N 29,61°E	370	38	1974/1975–2011/2012	
<i>Sodankylä,</i> <i>Lokka</i>	67,82°N 27,75°E	240	48	1961/1962–2011/2012	1972/1973–1974/1975 ei aineistoa / no data
<i>Muonio,</i> <i>Alamuonio</i>	67,97°N 23,67°E	252	50	1960/1961–2011/2012	1982/1983 ei aineistoa / no data
<i>Sodankylä,</i> <i>Vuotso</i>	68,08°N 27,19°E	248	44	1959/1960–2011/2012	1999/2000-2007/2008 ei aineistoa / no data
<i>Kittilä, Pokka</i>	68,17°N 25,78°E	275	41	1971/1972–2011/2012	
<i>Saariselkä</i>	68,42°N 27,41°E	302	35	1977/1978–2011/2012	
<i>Inari, Ivalo,</i> <i>lentoasema/</i> <i>Airport</i>	68,61°N 27,41°E	147	49	1959/1960–2011/2012	1999/2000–2002/2003 ei aineistoa; sadanta puuttuu 1999/2000 lähtien / no data – precipitation data missing since 1999/2000
<i>Enontekiö,</i> <i>Kilpisjärvi</i>	69,05°N 20,79°E	480	33	1979/1980–2011/2012	
<i>Utsjoki, Kevo</i>	69,76°N 27,01°E	107	50	1962/1963–2011/2012	

jäisiä kerroksia ja maajäätä todennäköisimmin silloin, kun alkutalvi on leuto tai alku- ja keskitalven aikana esiintyy vesiteitä.

Useimmat tarkastelut teimme 30 vuoden vertailukaudelle 1981–2010. Toisaalta tutkimme mahdollisia trendejä ottamalla huomioon kunkin havaintoaseman koko käytettävissä olleen aikasarjan. Tilastolliset analyysit teimme Systat 13-ohjelmistolla. Pitkän aikavälin trendejä ja niiden merkitsevyyksiä tutkimme Mann-Kendallin testillä. Laskimme tarkastelemillemme suureille ajalliset ja paikalliset vaihtelukertoimet (havaintojen keskihajonta/keskiarvo). Nämä kuvaavat yksittäisten havaintoasemien vuotuisvaihtelua

sekä alueellista vaihtelua yksittäisen talven aikana.

Säähavaintoaineiston lisäksi perehdyimme viiden esimerkkipaliskunnan vuosittaisiin toimintakertomuksiin vuodesta 1968 eteenpäin. Valitut paliskunnat (kuva 1) sijaitsevat poronhoitoalueen eri osissa, joten niiden ympäristöolosuhteet sekä poronhoidon käytännöt eroavat toisistaan. Kirjasimme toimintakertomuksista muistiin kaikki merkinnät, joissa lumen määrä, laatu tai lumipeiteajan kesto oli mainittu syyksi talviolojen vaikeudelle. Listasimme samalla toimintakertomuksissa mainitut hankalien talviolojen aiheuttamat ongelmat poronhoidolle.



Kuva 1. Suomen poronhoitoalue ja työssä käytetyt ilmatieteen laitoksen havaintoasemat. Tutkimuspaliskuntien alueet näkyvät kartassa varjostettuina: (1) Hammastunturi, (2) Käsivarsi, (3) Kyrö, (4) Pohjois-Salla, (5) Poikajärvi.

Figure 1. The reindeer husbandry area in Finland and locations of the meteorological observation stations operated by Finnish Meteorological Institute used in the study. Selected herding districts are shaded: (1) Hammastunturi, (2) Käsivarsi, (3) Kyrö, (4) Pohjois-Salla, (5) Poikajärvi.

Lumipeiteajan kesto, lumen tulo ja sulaminen

Pysyvä lumi satoi havaintoasemille keskimäärin lokakuun lopussa tai viimeistään ennen marraskuun puoltaväliä ja sulii toukokuun aikana (taulukko 2). Vuosien välillä on kuitenkin suurta vaihtelua; aikaisimman ja myöhäisimmän lumen tulon välillä oli eroa jopa parisen kuukautta ja aikaisimman ja myöhäisimmän sulamisen välillä noin kuukausi.

Lumipeiteajan 30-vuotiskeskisarvo vaihteli poronhoitoalueella 200 vuorokauden molemmin puolin. Lyhin keskiarvo muodostui Rovaniemen Apukassa (175 vrk) ja pisin Kilpisjärvellä (219 vrk). Lyhin lumipeitteinen aika havaintosarjoissamme oli Apukan 123 vuorokautta ja pisin Kilpisjärven 250 vuorokautta. Lumipeitteen tulopäivän keskijointa oli hieman suurempi kuin sulamispäivän. Lumipeitteen keston alueellisesta vaihtelusta kertovan vaihtelukertoimen arvo oli välillä 0,04–0,18 (suurimmillaan talven 2006/2007 aikana).

Pitkien aikasarjojen perusteella lumipeiteajan kesto on hiukan lyhentynyt viime vuosikymmeninä useilla havaintoasemilla (kuvasa 2 esimerkki

Savukoskelta). Tilastollisesti merkitseviä (5 % merkitsevyystasolla) ovat pysyvin lumipeitteen muodostumisen myöhäistyminen Alamuonion, Kevon ja Ivalon havaintoasemilla sekä lumen sulamisen aikaistuminen Apukan, Sodankylän, Kevon, Savukosken, Ivalon ja Lokan havaintoasemilla. Kokonaisuutena lumipeitteen ajan kesto on lyhentynyt tilastollisesti merkitsevästi Kilpisjärven, Kevon, Savukosken, Ivalon, Pokan ja Lokan havaintoasemilla.

Lumen syvyys ja sadanta

Lumen maksimisyvyyden 30-vuotiskeskisarvo vaihteli havaintoasemilla 68 ja 110 senttimetrin välillä (taulukko 3), joskin vuosien välinen vaihtelu oli jokaisella havaintoasemalla merkittävää. Vuosien välinen vaihtelu oli pienimmillään Sodankylän, Saariselän ja Värriötunturin alueella (vaihtelukerroin 0,17–0,18) ja suurimmillaan Kilpisjärvellä (0,31). Lumen syvyyden alueelliset vaihtelukertoimet olivat välillä 0,11–0,34. Suurimmillaan ne olivat talvina 1991/1992 ja 1996/1997. Myös lumipeitteen

Taulukko 2. Pysyvän lumipeitteen tulo- ja sulamispäivät vertailukaudella 1981–2010. Aikasarjassa havaittu tilastollisesti merkitsevä kasvava trendi merkitty (+-merkillä) ja laskeva trendi (–merkillä).

Table 2. Formation and melt dates for the seasonal snow cover in 1981–2010. Statistically significant increasing trend in the time series is marked with (+), decreasing trend with (–).

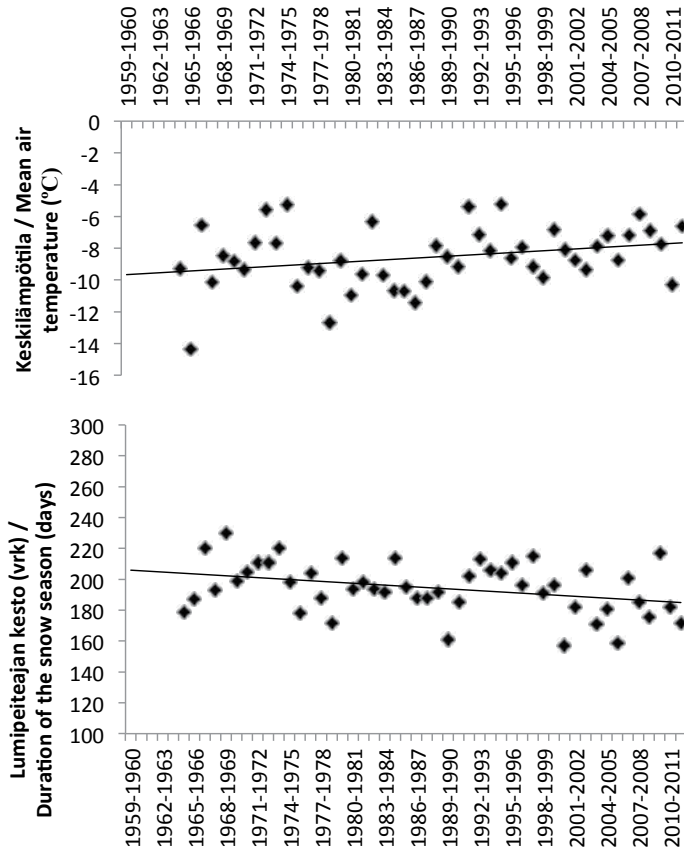
<i>Tulo Formation</i>	<i>Keskiarvo Mean</i>	<i>Keskihajonta Standard deviation</i>	<i>Aikaisin Earliest</i>	<i>Myöhäisin Latest</i>
<i>Rovaniemi</i>	6.11.	15	8.10.	16.12.
<i>Apukka</i>	10.11.	17	8.10.	21.12.
<i>Savukoski</i>	29.10.	13	8.10.	28.11.
<i>Sodankylä</i>	26.10.	12	8.10.	20.11.
<i>Värriötunturi</i>	23.10.	11	6.10.	16.11.
<i>Lokka</i>	30.10.	13	8.10.	30.11.
<i>Alamuonio (+)</i>	26.10.	11	7.10.	27.11.
<i>Vuotso</i>	24.10.	11	8.10.	18.11.
<i>Pokka</i>	22.10.	9	8.10.	13.11.
<i>Saariselkä</i>	25.10.	11	7.10.	18.11.
<i>Ivalo (+)</i>	28.10.	13	7.10.	30.11.
<i>Kilpisjärvi</i>	20.10.	9	26.9.	4.11.
<i>Kevo (+)</i>	28.10.	14	9.10.	30.11.
<i>Sulaminen Melt</i>	<i>Keskiarvo Mean</i>	<i>Keskihajonta Standard deviation</i>	<i>Aikaisin Earliest</i>	<i>Myöhäisin Latest</i>
<i>Rovaniemi</i>	7.5.	6	26.4.	18.5.
<i>Apukka (–)</i>	2.5.	6	19.4.	16.5.
<i>Savukoski (–)</i>	8.5.	7	23.4.	26.5.
<i>Sodankylä (–)</i>	13.5.	8	27.4.	30.5.
<i>Värriötunturi</i>	16.5.	10	27.4.	5.6.
<i>Lokka (–)</i>	9.5.	10	13.4.	31.5.
<i>Alamuonio</i>	14.5.	8	28.4.	1.6.
<i>Vuotso</i>	18.5.	7	8.5.	3.6.
<i>Pokka</i>	17.5.	8	29.4.	30.5.
<i>Saariselkä</i>	13.5.	9	25.4.	3.6.
<i>Ivalo (–)</i>	11.5.	9	25.4.	1.6.
<i>Kilpisjärvi</i>	26.5.	9	6.5.	14.6.
<i>Kevo (–)</i>	15.5.	8	28.4.	1.6.

ajan sademäärät vaihtelivat suuresti vuodesta toiseen. Alhaisin havaintoarvo, 89 millimetriä, mitattiin talven 1981/1982 aikana Alamuoniossa, ja suurin talven 1996/1997 aikana Kilpisjärvellä (605 mm). 30-vuotiskeskiarvo oli pienimmillään Kevolla (170 mm) ja suurimmillaan Kilpisjärvellä (261 mm). Sekä lumen syvyys että sademäärät vaihtelivat vuosittain vähiten keskisessä Lapissa ja eniten Kilpisjärvellä.

Lumen syvyyden trendit olivat havaintoaineistossamme heikkoja ja suunnaltaan vaihtelevia. Maksimisyyvyys on esimerkiksi kasvanut Rovaniemen havaintoasemalla tilastollisesti merkitse-

västi, mutta pienentynyt Ivalon havaintoasemalla. Sadanta-aikasarjassa lumipeitteisen ajan tilastollisesti merkitsevä kasvava trendi näkyy Rovaniemen, Ivalon ja Lokan aineistoissa.

Maantieteilijä Hanna-Reetta Hannula (2012) on tutkinut lumiolosuhteiden muutosta Suomessa napapiirin eteläpuolisella alueella vuosina 1919–2010. Lumiolot vaihtelivat alueella vuodesta toiseen. Selittäviksi tekijöiksi Hannula on löytänyt talven keskilämpötilan, kohteiden korkeuden merenpinnasta (m) sekä NAO-indeksin (*North Atlantic Oscillation*). Hannulan mukaan lumensyvyyden minimi ovat pienentyneet ja ohuiden lumi-



Kuva 2. Lumipeitteisen ajan keskilämpötila (yllä; °C) sekä pysyvän lumipeitteen kesto (alla; vrk) Savukoskella talvina 1964/1965–2011/2012.

Figure 2. Mean air temperature during the snow season (upper panel; °C) and duration of the snow season (lower panel; days) at Savukoski 1964/1965–2011/2012.

Taulukko 3. Lumipeitteisen ajan lumen suurin syvyys (cm) vertailukaudella 1981–2010. Aikasarjassa havaittu tilastollisesti merkitsevä kasvava trendi merkitty (+-merkillä) ja laskeva trendi (–merkillä).

Table 3. Greatest snow depth (cm) during the snow season in 1981–2010. Statistically significant increasing trend in the time series is marked with (+), decreasing trend with (–).

	<i>Keskiarvo</i> Mean	<i>Keskihajonta</i> Standard deviation	<i>Vaihtelukerroin</i> Coefficient of variation	<i>Minimi</i> Minimum	<i>Maksimi</i> Maximum
<i>Rovaniemi (+)</i>	88	18	0,20	57	127
<i>Apukka</i>	68	17	0,25	34	102
<i>Savukoski</i>	81	16	0,20	54	113
<i>Sodankylä</i>	87	15	0,17	63	119
<i>Värriötunturi</i>	83	15	0,18	54	115
<i>Lokka</i>	81	16	0,19	44	118
<i>Alamuonio</i>	80	15	0,19	55	109
<i>Vuotso</i>	93	19	0,20	62	125
<i>Pokka</i>	101	21	0,21	59	155
<i>Saariselkä</i>	91	16	0,18	69	129
<i>Ivalo (–)</i>	74	16	0,21	49	113
<i>Kilpisjärvi</i>	110	34	0,31	59	190
<i>Kevo</i>	79	16	0,20	56	114

Taulukko 4. Lumipeitteisen ajan sekä alku- ja keskitalven keskilämpötilat (°C) vertailukaudella 1981–2010. Aikasarjassa havaittu tilastollisesti merkitsevä kasvava trendi merkitty (+-merkillä) ja laskeva trendi (–merkillä).

Table 4. Mean air temperature (°C) during the snow season and the early and mid-winter in 1981–2010. Statistically significant increasing trend in the time series is marked with (+), decreasing trend with (–).

Lumipeiteaika Snow season	<i>Keskiarvo</i> Mean	<i>Keskihajonta</i> Standard deviation	<i>Minimi</i> Minumum	<i>Maksimi</i> Maximum
Rovaniemi (+)	–7,0	1,5	–10,5	–4,4
Apukka	–8,4	1,9	–12,2	–4,6
Savukoski (+)	–8,4	1,6	–11,4	–5,2
Sodankylä (+)	–8,1	1,6	–10,8	–5,1
Värriötunturi	–6,9	1,0	–9,1	–5,0
Lokka	–8,9	1,5	–11,9	–5,9
Alamuonio	–8,8	1,6	–12,3	–5,9
Vuotso	–8,8	1,7	–11,9	–5,8
Pokka (+)	–8,4	1,6	–11,7	–5,7
Saariselkä (+)	–7,7	1,2	–9,8	–5,5
Ivalo	–7,9	1,6	–10,4	–5,1
Kilpisjärvi	–7,9	1,6	–11,4	–4,7
Kevo	–8,8	1,7	–12,2	–5,8
Alku- ja keskitalvi Early and mid-winter	<i>Keskiarvo</i> Mean	<i>Keskihajonta</i> Standard deviation	<i>Minimi</i> Minumum	<i>Maksimi</i> Maximum
Rovaniemi (+)	–9,6	2,3	–14,8	–5,3
Apukka	–11,1	2,7	–16,3	–6,0
Savukoski (+)	–11,1	2,3	–15,3	–6,7
Sodankylä (+)	–11,1	2,4	–15,5	–6,6
Värriötunturi	–9,4	1,6	–12,8	–6,1
Lokka (+)	–11,4	2,2	–16,3	–7,2
Alamuonio	–12,0	2,3	–16,4	–8,1
Vuotso	–12,0	2,4	–16,3	–7,7
Pokka (+)	–11,5	2,3	–15,7	–7,7
Saariselkä (+)	–10,3	1,7	–13,6	–7,0
Ivalo	–10,8	2,4	–14,4	–6,4
Kilpisjärvi	–10,6	2,0	–14,5	–6,7
Kevo	–11,9	2,5	–17,5	–7,4

peitteiden esiintyminen lisääntynyt tilastollisesti merkitsevästi maan eteläosissa. Pohjois-Pohjanmaan, Kainuun ja eteläisen Lapin alueella lumen syvyyden laskevat trendit eivät ole merkitseviä.

Lumipeitteisen ajan lämpötilat

Taulukko 4 kokoa yhteen havainnot lumipeitteisen ajan sekä alku- ja keskitalven (lumipeitteen muodostumisesta helmikuun loppuun) keskilämpötiloista. Pitkien aikasarjojen perusteella talvien keskilämpötilat ovat nousseet useilla havainto-

asemilla. Lumipeitteisen ajan keskilämpötila on noussut tilastollisesti merkitsevästi Rovaniemellä, Sodankylässä, Savukoskella, Saariselällä ja Pokassa. Lisäksi Lokassa keskilämpötilan nousu on ollut tilastollisesti merkittävää ajanjaksolla lumipeitteen synnystä helmikuun loppuun. Alku- ja keskitalvet ovat lämmenneet koko alueella noin kaksi astetta 50 vuodessa (kuva 2). Tulos vastaa muita lämpötila-aikasarjoja tutkimalla saatuja tuloksia (Tietäväinen ym. 2011; Kivinen ym. 2012). Koko Suomen keskilämpötilan arvioidaan nousseen 0,9 asteella kaudella 1911–2010. Lapissa vuoden keskilämpötilat ovat muuttuneet vain 0–1 °C, mutta

Taulukko 5. Niiden vuorokausien lukumäärä, joiden keskilämpötila lumipeitteisenä aikana ylittää 0 °C, vertailukaudella 1981–2010. Aikasarjassa havaittu tilastollisesti merkitsevä kasvava trendi merkitty (+-merkillä) ja laskeva trendi (–merkillä).

Table 5. Days with mean temperature >0° C during the snow season in 1981–2010. Statistically significant increasing trend in the time series is marked with (+), decreasing trend with (–).

	<i>Keskisarvo</i> <i>Mean</i>	<i>Keskihajonta</i> <i>Standard deviation</i>	<i>Vaihtelukerroin</i> <i>Coefficient of variation</i>	<i>Minimi</i> <i>Minimum</i>	<i>Maksimi</i> <i>Maximum</i>
Rovaniemi (+)	28	8	0,29	17	52
Apukka	27	7	0,26	14	41
Savukoski	30	7	0,23	15	46
Sodankylä (+)	35	8	0,23	22	56
Värriötunturi	29	6	0,21	17	47
Lokka (–)	25	7	0,28	12	44
Alamuonio	29	8	0,28	14	46
Vuotso	32	9	0,28	18	53
Pokka (+)	33	8	0,24	17	52
Saariselkä	26	5	0,19	16	40
Ivalo (–)	34	8	0,24	20	60
Kilpisjärvi	37	11	0,30	21	61
Kevo	33	7	0,21	23	44

Taulukko 6. Niiden vuorokausien lukumäärä, joiden keskilämpötila lumipeitteisenä aikana ylittää 2 °C, vertailukaudella 1981–2010. Aikasarjassa havaittu tilastollisesti merkitsevä kasvava trendi merkitty (+-merkillä) ja laskeva trendi (–merkillä).

Table 6. Days with mean temperature >2 °C during the snow season in 1981–2010. Statistically significant increasing trend in the time series is marked with (+), decreasing trend with (–).

	<i>Keskisarvo</i> <i>Mean</i>	<i>Keskihajonta</i> <i>Standard deviation</i>	<i>Vaihtelukerroin</i> <i>Coefficient of variation</i>	<i>Minimi</i> <i>Minimum</i>	<i>Maksimi</i> <i>Maximum</i>
Rovaniemi (+)	14	4	0,29	5	23
Apukka	11	5	0,45	0	20
Savukoski	14	4	0,29	7	23
Sodankylä (+)	17	3	0,18	11	27
Värriötunturi	16	3	0,19	8	24
Lokka (–)	11	3	0,27	6	17
Alamuonio	15	5	0,33	4	32
Vuotso	16	5	0,31	10	26
Pokka (+)	17	4	0,24	10	25
Saariselkä	13	3	0,23	7	20
Ivalo (–)	16	3	0,19	10	25
Kilpisjärvi	20	7	0,35	8	35
Kevo	17	4	0,24	9	26

kevätkauden lämpötilamuutokset ovat 1–3 °C. Kaudella 1961–2010 lämpeneminen on ollut voimakkaampaa kuin koko jaksolla 1911–2010; Lapissa koko vuoden keskilämpötila on noussut tällä kaudella 1–3 °C ja talvikuukausien lämpötila 2–4 °C (Tietäväinen ym. 2011). Kaudella 1995–

2009 lämpötilat ovat kasvaneet etenkin kevään ja alkutalven osalta (Kivinen ym. 2012).

Leutojen talvipäivien esiintyminen vaihteli sekä paikkakohtaisesti että vuosien välillä (taulukot 5 ja 6). Yleisimpiä lumipeitteisen ajan leudot päivät olivat pohjoisilla havaintoasemilla, erityisesti Kil-

Taulukko 7. Niiden vuorokausien lukumäärä alkua- ja keskitalven aikana, joiden keskilämpötila ylittää 2 °C, vertailukaudella 1981–2010. Aikasarjassa havaittu tilastollisesti merkitsevä kasvava trendi merkitty (+-merkillä) ja laskeva trendi (–merkillä).

Table 7. Days with mean temperature >2 °C during the early and mid-winter in 1981–2010. Statistically significant increasing trend in the time series is marked with (+), decreasing trend with (–).

	<i>Keskiarvo</i> <i>Mean</i>	<i>Keskihajonta</i> <i>Standard deviation</i>	<i>Vaihtelu-kerroin</i> <i>Coefficient of variation</i>	<i>Minimi</i> <i>Minimum</i>	<i>Maksimi</i> <i>Maximum</i>
<i>Rovaniemi</i>	0,5	0,7	1,40	0	2
<i>Apukka</i>	1,0	1,2	1,20	0	4
<i>Savukoski</i>	0,6	0,9	1,50	0	3
<i>Sodankylä</i>	1,1	1,3	1,18	0	4
<i>Värriötunturi</i>	0,5	0,7	1,40	0	3
<i>Lokka</i>	0,6	0,9	1,50	0	3
<i>Alamuonio</i>	0,4	0,6	1,50	0	2
<i>Vuotso</i>	0,3	0,8	2,67	0	3
<i>Pokka</i>	0,5	0,8	1,60	0	3
<i>Saariselkä</i>	0,4	0,6	1,50	0	2
<i>Ivalo</i>	1,2	1,4	1,17	0	4
<i>Kilpisjärvi</i>	2,6	1,9	0,73	0	7
<i>Kevo</i>	1,8	1,6	0,89	0	6

Taulukko 8. Keskilämpötilaltaan 2 °C ylittävien sadevuorokausien lukumäärä alkua- ja keskitalven aikana vertailukaudella 1981–2010. Aikasarjassa havaittu tilastollisesti merkitsevä kasvava trendi merkitty (+-merkillä) ja laskeva trendi (–merkillä).

Table 8. Days with mean temperature >2 °C and precipitation > 0 mm during the early and mid-winter in 1981–2010. Statistically significant increasing trend in the time series is marked with (+), decreasing trend with (–).

	<i>Keskiarvo</i> <i>Mean</i>	<i>Keskihajonta</i> <i>Standard deviation</i>	<i>Vaihtelukoeroin</i> <i>Coefficient of variation</i>	<i>Minimi</i> <i>Minimum</i>	<i>Maksimi</i> <i>Maximum</i>
<i>Rovaniemi</i>	0,3	0,6	2,00	0	2
<i>Apukka</i>	0,5	0,9	1,80	0	3
<i>Savukoski</i>	0,3	0,7	2,33	0	2
<i>Sodankylä</i>	0,7	1,0	1,43	0	4
<i>Värriötunturi</i>	0,4	0,7	1,75	0	3
<i>Lokka</i>	0,3	0,6	2,00	0	2
<i>Alamuonio</i>	0,1	0,3	3,00	0	1
<i>Vuotso</i>	0,2	0,6	3,00	0	2
<i>Pokka</i>	0,2	0,6	3,00	0	2
<i>Saariselkä</i>	0,2	0,5	2,50	0	2
<i>Ivalo</i>	0,5	0,8	1,60	0	3
<i>Kilpisjärvi</i>	1,7	1,3	0,76	0	6
<i>Kevo</i>	0,8	1,0	1,25	0	3

pisjärvellä. Talvien välinen vaihtelu oli tässäkin tapauksessa pienintä Saariselällä ja suurinta Kilpisjärvellä. Etenkin keskilämpötilaltaan yli 2 °C ylittäneet alkua- ja keskitalven päivät olivat harvinaisia tarkastelemiemme havaintojen aineistossa: paikkakunnasta riippuen niitä esiintyi vähimmil-

län nolla ja enimmillään seitsemän (taulukko 7). Sateiden esiintyminen näinä päivinä oli vielä hieman harvinaisempaa (taulukko 8). Vuosien välinen vaihtelu leutojen talvipäivien ja talvisten sadepäivien määrässä oli merkittävää; mitä harvinaisemmasta ilmiöstä oli kysymys (esimerkiksi kes-

kilämpötilaltaan 2 °C ylittäneet alku- ja keskitalven päivät, joina esiintyi sadetta), sitä suurempaa vuosien välinen vaihtelu oli. Alueellinen vaihtelu oli pienimmillään koko talven suojapäivinä (keskilämpötila > 0 °C), 0,15–0,35 ja suurimmillaan alku- ja keskitalven vesisadepäivinä, 0,77–3,61.

Tuloksemme ovat sopusoinnussa aiempien havaintojen kanssa. Talvikuukausina (joulu-helmikuu) vettä, tihkua tai räntää sataa Lapissa keskimäärin kerran talvikuukaudessa, Itä-Lapissa harvemmin (Liite Suomen... 1991). Suojapäiviä on vertailukaudella 1981–2010 ollut Lapissa nollasta kuuteen talvikuukautta kohden (Ilmatieteen laitos 2013). Esimerkiksi taulukon 5 suuret lukuarvot johtuvat siitä, että tuloksissa on mukana kaikki suojapäivät pysyvän lumipeitteen muodostumisen jälkeen lumen sulamiseen asti, eli tyypillisesti lokakuun lopulta toukokuulle. Vuorokausia, joina keskilämpötila ylittää +5 °C, on vertailukaudella 1981–2010 havaittu marras-maaliskuun aikana Lapissa harvoin; yleisimmin lämpötila nousee yli +5 °C Perämeren läheisyydessä (2–4 vrk/talvi) (Lehtonen ym. 2013).

Lumipeitteisen ajan lämpimien päivien ja sadepäivien lukumäärätilastoissa on useilla paikoilla nähtävissä silmämääräisesti muutoksia päivien yleistymisen suuntaan, mutta tilastoanalyysi ei aina vahvista tätä. Rovaniemellä, Sodankylässä ja Pokassa lämpimien päivien lukumäärässä näkyy tilastollisesti merkitsevä kasvava trendi mutta Lokassa ja Ivalossa pienenevä. Sadepäivissä trendi on kasvava Rovaniemellä ja Savukoskella, Ivalossa puolestaan pienenevä. Kun tarkastellaan alkutalvea (lumipeitteen synnystä helmikuun loppuun), tilastollisesti merkitseviä trendejä ei näy.

Poronhoitajien kokemukset talvisäädästä ja sen vaihtelusta

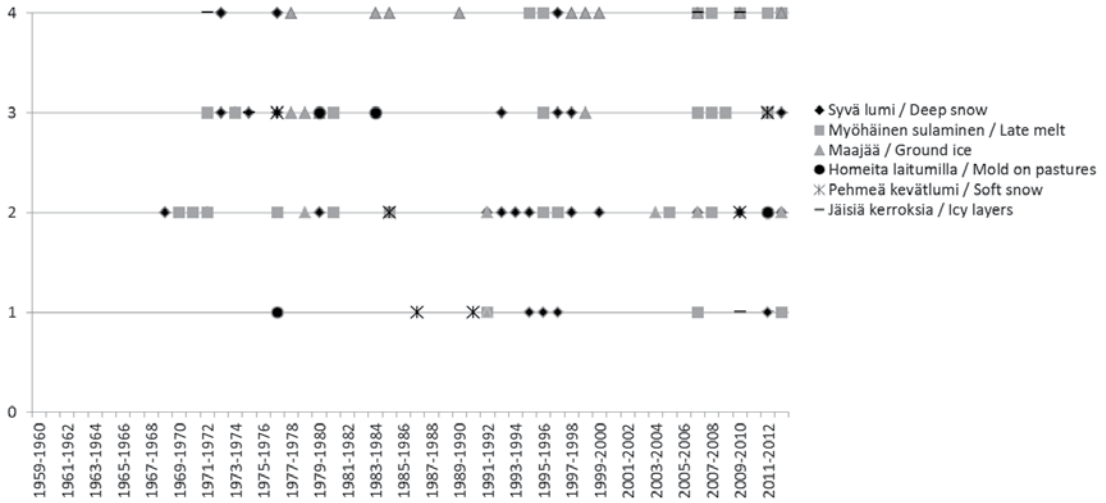
Poronhoitoalueen paliskunnat raportoivat kulu-neista poronhoitovuosista toimintakertomuksis-saan vuosittain. Muiden poronhoitoon liittyvien asioiden ohessa niissä on mahdollisuus kertoa vuo-den sääolosuhteista ja niiden vaikutuksesta. Mainintoja saattaa tulla esimerkiksi syksyn epävakaudesta ja sen seurauksena syntyneestä maajäästä tai homeesta laiturilla, talven aikana koetusta epäta-vallisen paksusta lumipeitteestä, lumen rakentees-ta johtuvista hankalista oloista sekä varhaisesta tai myöhäisestä lumen sulamisesta. Kävimme läpi muutaman paliskunnan toimintakertomuksia vuodesta 1968 eteenpäin ja kokosimme maininnat vai-keista talvioloista (taulukko 9, kuva 3). Tutkimus-paliskunniksi valitsimme Hammastunturin, Käsivarren, Kyrön, Pohjois-Sallan ja Poikajärven, jotka sijoittuvat poronhoitoalueen eri osiin ja ovat poronhoitotavoiltaan sekä laidunympäristöltään eri-laisia.

Useimmin raportoidut vaikeudet liittyivät esi-merkkipaliskunnissa lumen myöhäiseen sulami-seen sekä paksuun lumipeitteeseen, jotka merkit-sevät poroille pidempää ja vaikeampaa kaivukaut-ta niiden hankkiessa lumen alta. Samalla tavalla porojen talviseen ravinnonsaantiin vaikuttavat maajää ja jäiset kerrokset lumessa. Nämä mainitiin toiseksi yleisimpinä vaikeuksina talviolosuh-teissa. Tämänkaltaiset tilanteet olivat pohjoisissa paliskunnissa (Hammastunturi, Käsivarsi) yleisempiä kuin eteläisemmissä. Hankalat olot ovat vaikuttaneet porojen kuntoon, kuolleisuuteen ja vasatuottoon erityisesti ennen 1970-lukua, jolloin

Taulukko 9. Esimerkkipaliskuntien toimintakertomuksista kootut maininnat vaikeista talvioloista (talvilta 1968/1969–2012/2013). Poikajärven paliskunnan sääoloja vastaa parhaiten Apukan havaintoasema, Pohjois-Sallan Väriötunturi, Kyrön sekä Hammastunturin Pokka ja Käsivarren Kilpisjärvi.

Table 9. Difficult winter conditions found in the annual management reports of five selected reindeer herding districts (winters 1968/1969–2012/2013). Winter weather in Poikajärvi district is observed by a FMI station at Apukka, in Pohjois-Salla by a station at Väriötunturi, in Kyrö and in Hammastunturi by a station at Pokka and in Käsivarsi by a station at Kilpisjärvi.

	<i>Syvä lumi</i> <i>Deep snow</i>	<i>Myöhäinen sulaminen</i> <i>Late melt</i>	<i>Maajää</i> <i>Ground ice</i>	<i>Homeita laiturilla</i> <i>Mold on pastures</i>	<i>Pehmeä kevätlumi</i> <i>Soft snow during spring</i>	<i>Jäisiä kerroksia</i> <i>Icy layers</i>
<i>Poikajärvi</i>	2	4	3	1	1	2
<i>Pohjois-Salla</i>	12	10	5	1	2	–
<i>Kyrö</i>	8	8	4	2	2	1
<i>Hammastunturi</i>	4	7	5	4	–	4
<i>Käsivarsi</i>	4	7	10	–	–	3



Kuva 3. Esimerkkipaliskuntien toimintakertomuksista kootut maininnat vaikeista talvioista vuosittain. Pystyakselin numero 1 tarkoittaa Poikajärven, 2 Pohjois-Sallan, 3 Kyrön ja 4 Käsivarren paliskuntaa.

Figure 3. Difficult winter conditions found in the management reports of five selected reindeer herding districts annually. Number 1 on the vertical axis refers to Poikajärvi district, 2 to Pohjois-Salla, 3 to Kyrö and 4 to Käsivarsi.

poroja ei vielä ruokittu ollenkaan (Helle 1980; Helle & Jaakkola 2008).

Raportoitujen olosuhteiden yleisyys riippuu osittain talvi-ilmaston ominaispiirteistä eri alueilla (Poikajärven paliskunnan sääoloja vastaa parhaiten Apukan havaintoasema, Pohjois-Sallan oloja Värriötunturi, Kyrön sekä Hammastunturin oloja Pokka, ja Käsivarren oloja Kilpisjärvi). Pohjois-Salla, Kyrö ja Pokka ovat kaikki runsaslumisia alueita, ja Kilpisjärvi pitää hallussaan Suomen lumen syvyyden ennätystä (Kersalo & Pirinen, 2009; ks. myös taulukko 3). Näillä alueilla myös lumipeitteinen aika kestää pitkään (taulukko 2). Käsivarren maajääolojen yleisyyttä voi selittää se, että säähavaintojenkin mukaan leudot talvipäivät ovat Kilpisjärven havaintoasemalla yleisempiä kuin muilla tarkastelluilla asemilla (taulukot 5–8).

Sääolojen merkitys riippuu suuresti laidunympäristöstä ja poronhoitotavasta. Esimerkiksi Pohjois-Sallassa porojen laidunympäristö on hyvin monimuotoinen. Se sisältää ohutlumisia tunturialueita, kuivia ja karuja mäntymetsiä sekä runsasluppoisia kuusikoita. Niinpä porojen on vaikeissakin lumioiloissa mahdollista löytää ruokailun kannalta edullisia laidunalueita. Laidunympäristön merkitys näkyy myös siinä, kuinka usein paliskunnat raportoivat kovasta tai pehmeästä kevättalven lumesta. Tunturipaliskunnissa porot joutuvat kaivamaan ravintoa lumen alta koko talven

ajan, joten lumen rakenne on näillä alueilla erityisen merkittävä tekijä. Niinpä poronhoitajat kiinnittävät aina siihen huomiota. Metsäisissä paliskunnissa kovat, poron kantavat keväthanget mahdollistavat sen, että porot kykenevät käyttämään vanhojen metsien luppojäkälää ravinnokseen. Kevättalven pehmeä ja syvä lumi koettiin siksi ongelmalliseksi Poikajärven, Pohjois-Sallan ja Kyrön paliskunnissa. Nykyään useissa paliskunnissa systemaattinen talviaikainen lisäruokinta vähentää sääolojen vaikutusta porojen hyvinvointiin. Maastoon tarjottu lisärehu antaa poroille lisäenergiaa, jonka avulla ne jaksavat kaivaa vaikeissakin olosuhteissa luonnonravintoa. Toisaalta Poikajärven paliskunnassa poroja ruokitaan nykyisin paljon myös tarhoissa, joten alueella raportoidaan vaikeista talvioista muita esimerkkipaliskuntia harvemmin.

Muutamit vuodet on koettu vaikeiksi useissa paliskunnissa. Esimerkiksi talvi 1972/1973 oli syväluminen, ja sitä pidettiin myös lumen rakenteen kannalta epäedullisena. Talvella 1984/1985 epävaka alkutalvi aiheutti laidunten jäätymistä ja paikoin ravintokasvien homehtumista. Lisäksi lumi suli keväällä myöhään. Myös talven 1996/1997 aikana porojen ravinnonsaanti oli monilla alueilla vaikeaa runsaan lumentulon ja paikoin myös jäisten tai homeisten laitumien takia. Myös tuona talvena lumi suli myöhään (Kumpula

ym. 2000). Talvinen lisäruokinta yleistyi ja tehostui useimmissa paliskunnissa juuri talven 1996/1997 jälkeen.

Aikasarjoja tarkasteltaessa nähtiin, että esimerkkikeväänä 1985 ja 1997 lumi sulii keskimääräistä myöhemmin ja talven 1996/1997 aikana lumen maksimisyvyys oli useimmilla havaintoasemilla keskimääräistä suurempi. Jäisiä olosuhteita aiheuttavia sääilmiöitä on sen sijaan vaikeampi erottaa havaintoaineistosta. Koetut maajätälvet saattoivat yhtä hyvin olla keskimääräistä lämpimämpiä tai kylmempiä. Alku- ja keskitalven leutojen päivien lukumäärän avulla voi kuitenkin päätellä kohtuullisen hyvin jäätälvien olosuhteita. Esimerkiksi Käsivarren paliskunnassa raportoiduista maajätälvista useimmat olivat sellaisia, jolloin alku- ja keskitalven aikana leutoja päiviä havaittiin Kilpisjärvellä keskimääräistä enemmän (kuva 4). Pokan havaintoasemalla alku- ja keskitalven sateisia suojakelivuorokausia oli vertailukaudella 1981–2010 keskimäärin 3,4. Hammastunturin ja Kyrön paliskunnat puolestaan raportoivat jäisistä lumiolosuhteista vain, jos tällaisia vuorokausia oli talven aikana vähintään kolme (kuva 4). Toisaalta kaikkina niinä talvina, jolloin leutoja talvipäiviä ja talvisia sadepäiviä oli useita, jäisistä oloista lautumilla ei raportoitu. Maajään ja muiden jääkerrosten muodostumisessa onkin olennaista myös säätilan nopea jäähtyminen vesisateen tai sulamisen jälkeen. Tällaisia nopeita muutoksia säätilassa ei pystytä havaitsemaan tässä työssä laskettuja keskiarvoja käyttämällä.

Ennakoidusta ilmastomuutoksesta

Maapallon keskilämpötilan on ennustettu nousevan yhdestä viiteen astetta vuoden 2100 loppuun mennessä (Stocker ym. 2013). Lämpenemisen ennustetaan olevan suhteellisesti voimakkainta talvisin pohjoisilla maa-alueilla. Maailmanlaajuisiin CMIP5-malleihin perustuvien arvioiden mukaan Suomen talvilämpötilat kohoavat ja sadannan oletetaan lisääntyvän – leutoina talvipäivinä tämä merkitsee vesisateita (Ruosteenoja 2013). Aiempiin CMIP3-malleihin perustuvien arvioiden mukaan Suomen talvet tulevat lisäksi olemaan nykyistä kosteampia ja pilvisempiä (Ruosteenoja ym. 2013). Ilmastokehitys tulee johtamaan muutoksiin lumen määrässä, lumipeitteen kestossa ja lumen rakenteessa myös poronhoitoalueilla (Venäläinen ym. 2001; Räisänen ym. 2003; Rasmus ym. 2004; *Arctic climate...* 2005; Kellomäki ym. 2010).

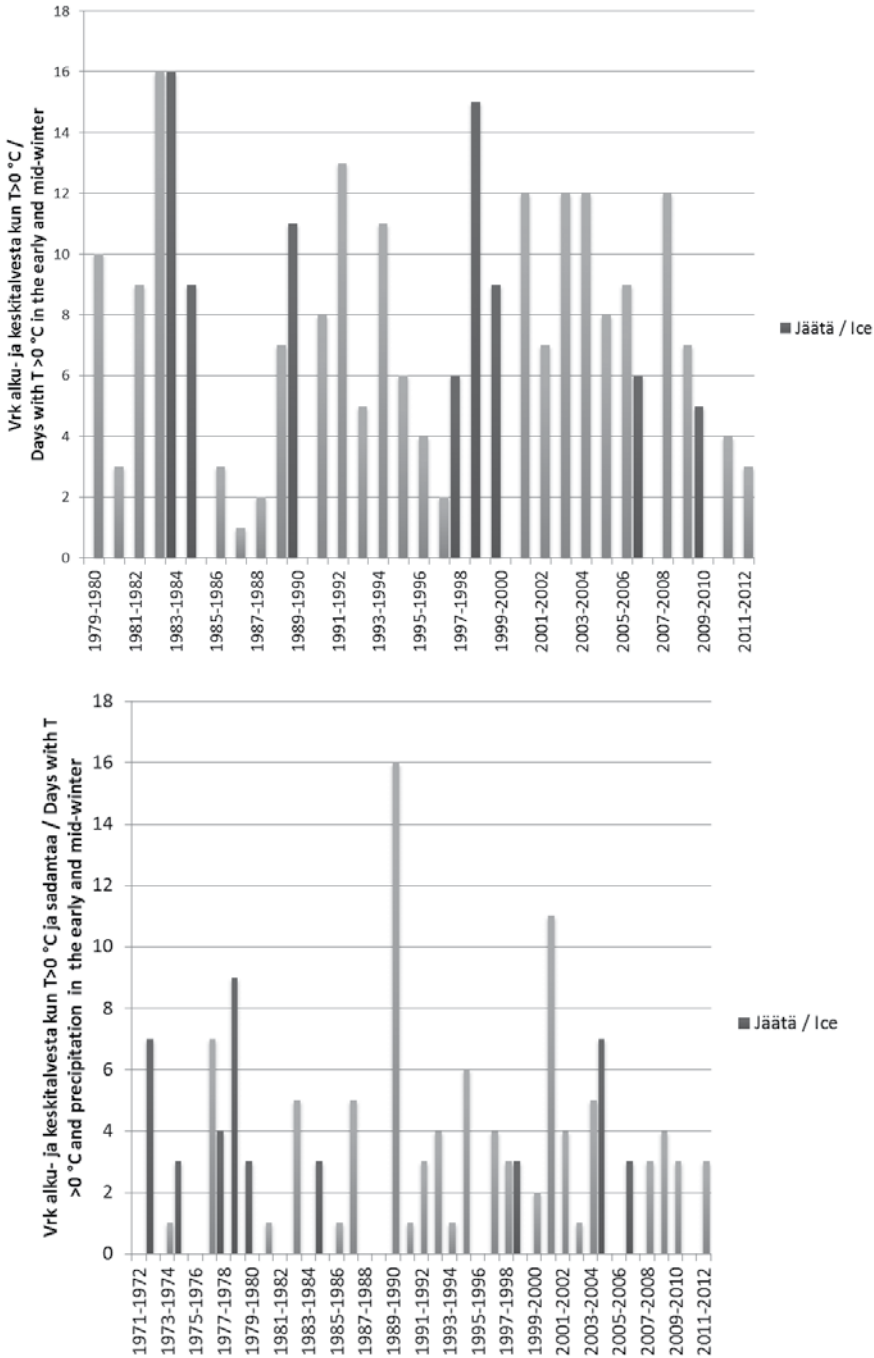
Euroopan ympäristöviraston raportin mukaan ilmastomuutos näkyy Euroopassa jo lämpötilan nousuna, sateisuuden lisääntymisenä Pohjois-Eu-

roopassa sekä lumi- ja jääpeitteiden vähenemisenä. Muutokset vaikuttavat niin ekosysteemeihin kuin elinkeinoihin. Arvion mukaan kehitys tulee jatkumaan samansuuntaisena (*Climate change...* 2012).

Euroopan komission viidennen puiteohjelman vuosina 2001–2004 rahoittamassa ja useiden eurooppalaisten ilmastotutkimuslaitosten toteuttamassa PRUDENCE-hankkeessa ja Euroopan komission kuudennen puiteohjelman vuosina 2004–2009 rahoittamassa ENSEMBLES-hankkeessa (Christensen & Christensen 2007; Van der Linden & Mitchell 2009) on hahmoteltu alueellisia ilmastoskenaarioita, joissa hilakoko on joko 25x25 kilometriä tai 50x50 kilometriä. ENSEMBLES-hankkeessa on tehty 11 malliajoa säämuuttujille vertailukausille 1971–2000, 2010–2039, 2040–2069 ja 2070–2099. Näissä vertailuissa kasvihuonekaasujen määrä kasvaa A1B-skenaariossa (keskisuuret päästöt) mukaisesti (Räisänen & Eklund 2012). Pessimistisessä kulutusyhteiskuntaskenaariossa (A2) kasvihuonekaasujen päästöt kasvavat nopeasti kuluvan vuosisadan aikana, mutta optimistisessä kestävään kehitykseen tähtäävässä skenaariossa (B1) ne kääntyvät vuosisadan puolivälissä voimakkaaseen laskuun. A1B on näiden äärivaihtoehtojen välimuoto. Nykytilannetta vastaava 11 simulaation keskiarvo kuvaa muun muassa havaittua lumen määrän jakaumaa hyvin (Eklund 2010).

Ennusteiden mukaan talvet lauhdutvat Suomessa tällä vuosisadalla, mutta talvien sademäärä kasvaa. Lähtitulevaisuuden simulaatioissa Skandinavian talvikausi lämpenee 1,5–2,5 °C ja sademäärä kasvaa kaudella 2021–2050 noin 10 prosenttia kauteen 1971–2000 verrattuna. Kaudella 2069–2098 lämpötilan kasvu on noin kaksinkertainen ensimmäiseen kauteen verrattuna (Eklund 2010). Pohjoisen Lapin alueella vuoden keskilämpötilan keskimääräinen nousu on simulaatioissa noin 4 °C kausien 1971–2000 ja 2070–2099 välillä (Räisänen & Eklund 2011).

Ajanjaksoa 2040–2069 käsittelevien ENSEMBLES-simulaatioiden mukaan lumisateet vähenevät Pohjois-Euroopassa Lappia lukuun ottamatta. Lumen vesiarvo vähenee simulaatioiden mukaan koko Pohjois-Euroopan alueella. Paikallisesti muutos on kuitenkin hyvin pientä, jos lumisateiden määrä on ollut kasvussa. Lämpötilan nousu dominoi siis lumiolojen kehittymistä (Eklund 2010). Paikasta riippuen muutos voi olla myös verraten pieni, mikäli lämpimämpinä talvina lisääntyvä sadanta saadaan nimenomaan lumisateen muodossa. Lumiolojen kehittymisessä tärkeää on siis se miten paljon lämpötila nousee – ollaanko talvisadannan aikaan useimmiten lämpötiloissa



Kuva 4. Niiden vuorokausien lukumäärä Kilpisjärven havaintoasemalla alkku- ja keskitalven aikana, joina vuorokauden keskilämpötila ylittää 0 °C (yllä) ja niiden vuorokausien lukumäärä Pokan havaintoasemalla alkku- ja keskitalven aikana, joina vuorokauden keskilämpötila ylittää 0 °C ja sadantaa on havaittu (alla). Leutojen vuorokausien tai leutojen sadepäivien määrän kertova pylväs on varjostettu tummalla, jos paliskunnat ovat ko. talvena raportoineet jäisistä olosuhteista.

Figure 4. Days with mean temperature > 0 °C during the early and mid-winter at Kilpisjärvi (upper panel) and with mean temperature > 0 °C and precipitation > 0 mm during the early and mid-winter at Pokka (lower panel). The bar indicating the amount of mild days or mild days with rain is marked with dark shading if the district has reported about icy snow conditions during the winter in question.

joissa sadanta tulee lumena, vai alkavatko sateet tulla useammin vetenä.

Vaikka prosentuaaliset muutokset Lapissakin voivat olla suuria ja vähälumiset talvet saattavat yleistyä 2000-luvun viimeisten vuosikymmenien aikana, Pohjoisen Suomen talvet tulevat olemaan lumisia myös tulevaisuudessa. Esimerkiksi Sodankylässä sydäntalven keskilämpötila pysyy simulaatioiden mukaan pakkasella, ja kokonaissademäärän kasvu lisää tammi-helmikuun lumisateiden määrää. Koska lumisateet kuitenkin alkavat syksyllä myöhemmin ja päättyvät keväällä aiemmin, ei maahan kerry yhtä paksua hankea kuin nykyisin. Ilmaston kehittymistä ennustavien simulaatioiden joukossa on myös arvioita, joiden mukaan pohjoiseen Suomeen on luvassa hiukan nykyistä enemmän lunta. Vuosien välinen merkittävä vaihtelu lumiolosuhteissa säilyy lämpimämmässäkin ilmastossa (Eklund 2010; Räisänen & Eklund 2011; Kivinen ym. 2012).

PRUDENCE-laskelmien avulla on verrattu pakkaspäivien lukumäärän eroa kausien 1961–1990 ja 2071–2100 välillä käyttämällä seitsemää simulaatiota (Jylhä ym. 2008). Pohjoisen Lapin alueella pakkaspäivien lukumäärä väheni näissä simulaatioissa keskimäärin 240:stä 185:een (Kivinen ym. 2012).

Lumen määrän muutoksia lähivuosikymmeninä voi arvioida myös maailmanlaajuisten ilmastomallien tuloksiin tukeutuen. Jouni Räisänen (2008) mukaan mallitulosten perusteella lumen vesiarvon voi olettaa pienenevän leudoilla alueilla (kuten Suomessa) mutta riittävän kylmillä alueilla vesiarvot kasvavat. Ilmastokeskuksen toteuttaman ACCLIM-hankkeen (Jylhä ym. 2009) tulosten mukaan lumipeite vähenee koko Suomessa, tosin etelässä suhteellisesti ottaen enemmän kuin pohjoisessa. Muutos on näkyvin loppusyksyllä ja alkukeväästä.

Arvioiden mukaan runsaslumiset (vesiarvo ylittää mediaaniarvon kaudelta 1971–2000) kuukaudet vähentyvät ilmaston lämmitessä, nopeammin Suomen etelä- kuin pohjoisosassa. Esimerkiksi runsaslumisten helmikuiden osuus pienenee ennusteiden mukaan tulevien 50 vuoden aikana Lapissa noin 50 prosentista noin 30 prosenttiin. Mikäli talvet jaetaan hyvin niukka- tai hyvin runsaslumisiin (jakauman 25 % -pisteen alapuoli ja 75 % -pisteen yläpuoli), noin puolet talvista tulevat olemaan vuosina 2041–2050 Sodankylän korkeudella hyvin niukkalumisia (Räisänen 2009).

Johtopäätökset

Tarkastelemamme havaintoaineiston perusteella talvikauden keskimääräiset sääolot ovat vaihdelleet

huomattavasti Suomen poronhoitoalueen eri osien välillä vuosina 1981–2010. Esimerkiksi pisin keskimääräisen lumipeiteajan kesto oli yli kaksi kuukautta pidempi kuin lyhin, keskimääräinen lumen maksimisyvyys vaihteli 68 senttimetrin ja 110 senttimetrin välillä ja lumenisen ajan keskilämpötila oli kylmimmällä asemalla kaksi astetta alhaisempi kuin lämpimimmällä. Toisaalta kaikilla havaintoasemilla lumi- ja sääolojen vaihtelu vuosien välillä oli suurta.

Lumipeitteisen ajan kesto on lyhentynyt useilla havaintoasemilla viimeisen 30–50 vuoden aikana; sulamisen aikaistuminen erottui aineistossa yleisempänä kuin myöhästynyt lumipeitteen muodostuminen (tilastollisesti merkitsevät muutokset olemme koonneet taulukkoon 10). Talven keskilämpötilat ovat nousseet useilla havaintoasemilla. Lumen syvyyden aikasarjoissa havaitsemamme trendit olivat heikkoja ja sekä vähenemistä että lisääntymistä havaittiin eri paikkakunnilla. Löysimme joitakin merkkejä leutojen talvipäivien ja sadepäivien yleistymisestä, mutta esimerkiksi poronhoidon kannalta merkittävän alkutalven osalta muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Pohjoisimmilla asemilla (Kevolla ja Kilpisjärvelä) havaitsimme muutoksia vain lumipeiteajan keston liittyvissä suureissa; lämpötilojen nousu ja leutojen talviolojen yleistyminen näkyivät selvimmän Rovaniemen, Savukosken, Sodankylän, Pokan ja Saariselän alueella.

Useiden ilmaston kehittymistä kuvaavien ennusteiden perusteella talvet tulevat kuluvan vuosisadan aikana leudontumaan myös poronhoitoalueella. Myös muut talviset sääolot muuttuvat. Käytännön poronhoitotyössä muutokset näkyvät lumiolosuhteiden muutoksina, jotka puolestaan vaikuttavat porojen liikkumiseen ja ravinnon hankkimiseen talven aikana. Muutokset vaikuttavat myös poronhoidon käytäntöihin ja elinkeinon tuottavuuteen. Paksumpi lumipeite, yleistyvät jääkerrokset ja homeiden muodostuminen tulevat mahdollisesti heikentämään porojen talviravinnon saatavuutta ja laatua. Siten ne haittaavat porojen selviytymistä talvilaitumilla. Lumettoman ajanjakson piteneminen puolestaan helpottaa ravinnon hankkimista, etenkin jos vihreää ravintoa on saatavilla varhain keväällä ja kesällä (Heggberget ym. 2002; Post & Forchhammer 2002; Putkonen & Roe 2004; Tyler ym. 2007; Moen 2008; Turunen ym. 2009).

Talvilaidunten käyttöön tulevat luonnollisesti vaikuttamaan sääolosuhteiden lisäksi muu maa- käyttö (esimerkiksi metsätalous, matkailu, kaivosteollisuus, rakentaminen, tiestön laajeneminen) ja talvilaidunten kunto (Kumpula ym. 2009). Muuttuva ilmasto vaikuttaa porojen elinoloihin muu-

Taulukko 10. Havaintoasemien aikasarjoissa havaitut tilastollisesti merkitsevät kasvavat (+) ja laskevat (–) trendit. Lumen syvyys tarkoittaa lumipeitteisen ajan maksimisyyvyttä ja sademäärä lumipeitteisen ajan sademäärää. Lämpötila on lumipeitteisen ajan keskilämpötila. Taulukon kaksi oikeanpuolimmaista saraketta tarkoittavat niiden vuorokausien määrää lumipeitteisenä aikana, kun keskilämpötila ylittää 0 tai 2 °C.

Table 10. Statistically significant increasing (+) and decreasing (–) trends observed in the time series. Snow depth refers to maximum depth during the snow season, and precipitation amount to the precipitation got during the snow season. Temperature refers to mean temperature during the snow season. Two right hand columns refer to days with mean temperature > 0 °C or > 2 °C during the snow season.

	<i>Tulo- päivä</i> <i>Formation date</i>	<i>Sulamis- päivä</i> <i>Melt date</i>	<i>Lumen kesto</i> <i>Snow sea- son length</i>	<i>Lumen syvyys</i> <i>Snow depth</i>	<i>Sade- määrä</i> <i>Precipitation amount</i>	<i>Lämpö- tila</i> <i>Tempe- rature</i>	<i>Vrk yli 0 °C</i> <i>Days > 0 °C</i>	<i>Vrk yli 2 °C</i> <i>Days > 2 °C</i>
<i>Rovaniemi</i>				+	+	+	+	+
<i>Apukka</i>		–						
<i>Savukoski</i>		–	–			+		
<i>Sodankylä</i>		–				+	+	+
<i>Värriötunturi</i>								
<i>Lokka</i>		–	–		+		–	–
<i>Alamuonio</i>	+							
<i>Vuotso</i>								
<i>Pokka</i>			–			+	+	+
<i>Saariselkä</i>						+		
<i>Ivalo</i>	+	–	–	–	+		–	–
<i>Kilpisjärvi</i>			–					
<i>Kevo</i>	+	–	–					

tenkin kuin talviaikana, ovathan myös kesän olot (muun muassa hyönteiskiusa ja kesän kuumuus) tärkeä tekijä porokarjan hyvinvoinnissa. Ilmaston lämpeneminen todennäköisesti siirtää puurajaa pohjoiseen ja ylempiä tuntureiden rinteille samalla, kun jäkälät korvautuvat osittain putkilokasveilla. Mahdollinen ultraviolett-B-säteilyn voimistuminen lisää fenolien pitoisuutta ravintokasveissa ja vähentää siten porolle mieluisten kasvien ravintoarvoa. Kesälämpötilojen nousu lisää myös verta imevien hyönteisten määrää ja vaikuttaa porojen kuntoon ja painokehitykseen (Turunen ym. 2009).

Sopeutuminen muuttuviin olosuhteisiin on vaatinut ja tulee vaatimaan muutoksia ja toimenpiteitä poronhoitajilta sekä koko elinkeinon ohjaukselta. Porojen ravinnonsaantia on aikaisemmin autettu esimerkiksi kaivamalla ravintoa esiin vaikeiden lumiolosuhteiden aikana ja kaatamalla luppopuita. Nytemmin poroille on alettu tarjoilla talvisin lisäravintoa (Helle & Jaakkola 2008; Berg ym. 2011; Vuojala-Magga ym. 2011). Erilaiset laidunnus- ja hoitotavat, laidunkiertäjärjestelmät, vassottamisen tavat ja teurastettujen porojen ikäjakaumat ovat

kaikki tapoja sopeutua muutoksiin. Myös poromäärien säätely ja ympäristö- ja luonnonvarojen käytön laaja-alaisempi tutkimus ja ohjaus palvelevat elinkeinon sopeutumista muuttuvissa oloissa.

Valmius pitää poroelinkeino elinvoimaisena myös tulevana vuosikymmeninä esimerkiksi tukijärjestelmiä, kannanhoitoa ja hoitotapoja kehittämällä vaatii työmme kaltaista menneiden vuosien ilmasto- ja kokemustiedon yhdistämistä tulevaisuuden malleihin.

Kiitokset

Kiitämme Ilmatieteen laitoksen Ilmastokeskusta avunannosta aineistojen valinnassa ja hankinnassa. Kiitämme Pirkko Karlssonian Ilmatieteen laitoksen Ilmastopalvelusta kuvan 1 kartan piirtämisestä. Paliskuntain yhdistyksen henkilökunta, useiden paliskuntien poroisännät sekä tutkija Minna Turunen Lapin yliopiston Arktisesta keskustasta ovat tukeneet työtämme jakamalla auliisti tietoaan ja kokemuksiin liittyen poronhoitoalueen talvioloihin ja niiden vaikutuksiin poroihin ja poronhoitoon. Haluamme esittää heille parhaat kiitoksemme. Tutkimus on saanut rahoitusta maa- ja metsätalousministeriön Makera-tutkimusvaroista.

KIRJALLISUUS

- Aanes, R., B.-E. Sæther & N. A. Øritsland (2000). Fluctuations of an introduced population of Svalbard reindeer: The effects of density dependence and climatic variation. *Ecography* 23: 4, 437–443.
- Adamczewski, J. Z., C. C. Gates, B. M. Soutar & R. J. Hudson (1988). Limiting effects of snow on seasonal habitat use and diets of caribou (*Rangifer tarandus groenlandicus*) on Coats Island, Northwest Territories. *Canadian Journal of Zoology* 66: 9, 1986–1996.
- Adams, L. G. & B. W. Dale (1998). Reproductive performance of female Alaskan caribou. *Journal of Wildlife Management* 62: 4 1184–1195.
- Arctic Climate Impact Assessment ACIA (2005). 1042 s. Cambridge University Press, Cambridge.
- Berg, A., T. Josefsson & L. Östlund (2011). Cutting of lichen trees: A survival strategy used before the 20th century in northern Sweden. *Vegetation History and Archaeobotany* 20: 2, 125–133.
- Christensen, J. H. & O. B. Christensen (2007). A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century. *Climate Change* 81: 1, 7–30.
- Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 (2012). 300 s. European Environment Agency, Copenhagen.
- Eklund, J. (2010). Lumiolojen muutokset Pohjois-Euroopassa ENSEMBLES-hankkeen alueellisissa ilmastomallisimulaatioissa. Julkaisematon pro gradu -tutkielma. Fysiikan laitos, Helsingin yliopisto.
- Fancy, S. G. & R. G. White (1985). Energy expenditures by caribou while cratering in snow. *The Journal of Wildlife Management* 49: 4, 987–993.
- Fierz, C., R. L. Armstrong, Y. Durand, P. Etchevers, E. Greene, D. M. McClung, K. Nishimura, P. K. Satyawali & S. A. Sokratov (2009). The International classification for seasonal snow on the ground. *IHP-VII Technical Documents in Hydrology* 83. 90 s.
- Hannula, H.-R. (2012). Napapiirin eteläpuolisen Suomen lumipeite maaliskuussa 1919–2010. Julkaisematon pro gradu -tutkielma. Maantieteen ja geologian laitos, Turun yliopisto.
- Hansen, B. B., R. Aanes, I. Herfindal, J. Kohler & B. E. Sæther (2011). Climate, icing and wild arctic reindeer: Past relationships and future prospects. *Ecology* 92: 10, 1917–1923.
- Heggberget, T. M., E. Gaare & J. P. Ball (2002). Reindeer (*Rangifer tarandus*) and climate change: Importance of winter forage. *Rangifer* 22: 1, 13–31.
- Helle, T. (1980). Laiduntilanteen muutokset ja riskinotto porotaloudessa. *Lapin tutkimusseura: Vuosikirja* 21, 13–21.
- Helle, T. & L. M. Jaakkola (2008). Transition in herd management of semi-domesticated reindeer in northern Finland. *Annales Zoologici Fennici* 45: 2, 81–101.
- Helle, T. & I. Kojola (2008). Demographics in an alpine reindeer herd: effects of density and winter weather. *Ecography* 31: 2, 221–230.
- Helle, T. & L. Tarvainen (1984). Determination of the winter digging period of semi-domestic reindeer in relation to snow conditions and food resources. *Reports from the Kevo Subarctic Research Station* 19, 49–56.
- Holleman, D. F., J. R. Luick & R. G. White (1979). Lichen intake estimates for reindeer and caribou during winter. *Journal of Wildlife Management* 43: 1, 192–201.
- Ilmatieteen laitos (2013). Talvitalastot. 1.3.2013. <ilmatietaenlaitos.fi>
- Jylhä K., S. Fronzek, H. Tuomenvirta, T. R. Carter & K. Ruosteenoja (2008). Changes in frost, snow and Baltic Sea ice by the end of the twenty-first century based on climate model projections for Europe. *Climatic Change* 86: 3–4, 441–62.
- Jylhä, K., K. Ruosteenoja, J. Räisänen, A. Venäläinen, H. Tuomenvirta, L. Ruokolainen, S. Saku & S. Seitola (2009). Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten. *Ilmatieteen laitos, Raportteja* 2009: 4. 102 s.
- Kellomäki, S., M. Maajärvi, H. Strandman, A. Kilpeläinen & H. Peltola (2010). Model computations on the climate change effects on snow cover, soil moisture and soil frost in the boreal conditions over Finland. *Silva Fennica* 44: 2, 213–233.
- Kersalo, J. & P. Pirinen (2009). Suomen maakuntien ilmasto. *Ilmatieteen laitos, Raportteja* 2009: 8. 185 s.
- Kivinen, S., E. Kaarlejärvi, K. Jylhä & J. Räisänen (2012). Spatiotemporal distribution of threatened high-latitude snowbed and snow patch habitats in warming climate. *Environmental Research Letters* 7: 3. 9 s.
- Kohler, J. & R. Aanes (2004). Effect of winter snow and ground-icing on a Svalbard Reindeer population: Results of a simple snowpack model. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 36: 3, 333–341.
- Kumpula, J. (2001). Winter grazing of reindeer in woodland lichen pasture – Effect of lichen availability on the condition of reindeer. *Small Ruminant Research* 39: 2, 121–130.
- Kumpula, J. & A. Colpaert (2003). Effects of weather and snow conditions on reproduction and survival of semi-domesticated reindeer (*R.t.tarandus*). *Polar Research* 22: 2, 225–233.
- Kumpula, J., S. Lefrère & M. Nieminen (2004). The use of woodland lichen pasture by reindeer in winter with easy snow conditions. *Arctic* 57: 3, 273–278.
- Kumpula, J., P. Parikka & M. Nieminen (2000). Occurrence of certain microfungi on reindeer pastures in northern Finland during winter 1996–97. *Rangifer* 20: 1, 3–8.
- Kumpula, J., A. Tanskanen, A. Colpaert, M. Anttonen, H. Törmänen, J. Siitari & S. Siitari (2009). Poronhoitoalueen pohjoisosan talvilaitumet vuosina 2005–2008: Laidunten tilan muutokset 1990-luvun puolivälin jälkeen. *Riista- ja kalatalous: Tutkimuksia* 3. 50 s.
- Kuusisto, E. (1984). Snow accumulation and snow melt in Finland. *Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja* 55. 149 s.
- Lee, S. E., M. C. Press, J. A. Lee, T. Ingold & T. Kurttila (2000). Regional effects of climate change on reindeer: A case study of the Muotkatunturi region in Finnish Lapland. *Polar Research* 19: 1, 99–105.

- Lehtonen, I., A. Venäläinen, J. Ikonen, N. Puttonen & H. Gregow (2013). Some features of winter climate in Northern Scandinavia. *Ilmatieteen laitos, Raportteja* 2013: 3. 32 s.
- Liite Suomen meteorologiseen vuosikirjaan (1991). *Tilastoja Suomen ilmastosta 1961–1990 Nide 90, osa 1–1990*. 125 s.
- Moen, J. (2008). Climate change: Effects on the ecological basis for reindeer husbandry in Sweden. *Ambio* 37: 4, 304–311.
- Post, E. & M. Forchhammer (2002). Synchronization of animal population dynamics by large-scale climate. *Nature* 420, 168–171.
- Post, E. & N. C. Stenseth (1999). Climate change, plant phenology, and northern ungulates. *Ecology* 80: 4, 1322–1339.
- Pruitt, W. O. (1959). Snow as a factor in the winter ecology of the barren ground caribou. *Arctic* 12: 3, 158–179.
- Putkonen, J. & G. Roe (2004). Rain-on-snow events impact soil temperatures and affect ungulate survival. *Geophysical Research Letters* 30: 4, 1188. 4 s.
- Rasmus, S., J. Räisänen & M. Lehning (2004). Estimating snow conditions in Finland in the late 21st century using the SNOWPACK-model with regional climate scenario data as input. *Annals of Glaciology* 38, 238–244.
- Riseth J. Å., H. Tommervi, E. Helander-Renvall, N. Labba, C. Johansson, E. Malnes, J. W. Bjerke, C. Jonsson, V. Pohjola, L.-E. Sarri, A. Schanche & T. V. Callaghan (2010). Sami traditional ecological knowledge as a guide to science: snow, ice and reindeer pasture facing climate change. *Polar Record* 47: 3, 202–217.
- Roturier, S. & M. Roué (2009). Of forest, snow and lichen: Sámi reindeer herders' knowledge of winter pastures in northern Sweden. *Forest Ecology and Management* 258: 9, 1960–1967.
- Ruosteenoja, K. (2013). Mitä uudet mallit kertovat tulevasta ilmastosta? *Ilmastokatsaus* 2013: 4, 3–6.
- Ruosteenoja, K., J. Räisänen, K. Jylhä, H. Mäkelä, I. Lehtonen, H. Simola, A. Luomaranta & S. Weiher (2013). Maa-ilmastonlaajuisiin CMIP3-malleihin perustuvia arvioita Suomen tulevasta ilmastosta. *Ilmatieteen laitos, Raportteja* 2013: 4. 83 s.
- Räisänen, J. (2008). Warmer climate: less or more snow? *Climate Dynamics* 30: 2–3, 307–319.
- Räisänen, J., U. Hansson, A. Ullerstig, R. Döscher, L. P. Graham, C. Jones, M. Meier, P. Samuelsson & U. Willén (2003). GCM driven simulations of recent and future climate with the Rossby Centre coupled atmosphere Baltic Sea regional climate model RCAO. *Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Reports Meteorology and Climatology* 101. 61 s.
- Räisänen, J. & J. Eklund (2011). Ilmastonmuutoksen vaikutus lumioloihin. *Ilmastokatsaus* 2011: 11, 4–5.
- Räisänen, J. & J. Eklund (2012). 21st century changes in snow climate in Northern Europe as simulated by regional climate models in the ENSEMBLES project: a high-resolution view from ENSEMBLES regional climate models. *Climate Dynamics* 38: 11–12, 2575–2591.
- Solantie, R., A. Drebs, E. Hellsten & P. Saurio (1996). Lumipeitteen tulo-, lähtö- ja kestoajoista Suomessa talvina 1960/1961–1992/1993. *Meteorologista julkaisuja* 34. 159 s.
- Solberg, E. J., P. Jordhøy, O. Strand, R. Aanes, A. Loison, B.-E. Sæther & J. D. C. Linnell (2001). Effects of density-dependence and climate on the dynamics of a Svalbard reindeer population. *Ecography* 24: 4, 441–451.
- Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P. M. Midgley (2013; toim.). *Climate Change 2013*. 1535 s. Cambridge University Press, Cambridge.
- Telfer, E. S. & J. P. Kelsall (1984). Adaptation of some large north American mammals for survival in snow. *Ecology* 65: 6, 1828–1834.
- Tietäväinen, H., S. Saku & A. Venäläinen (2011). Mitä havainnot kertovat Suomen tähänastisesta ilmastosta? Esitelmä ACCLIM-ilmastoseminaarissa (8.3.2011). 30.1.2014. <ilmatieteenlaitos.fi>
- Turunen, M., P. Soppela, H. Kinnunen, M.-L. Sutinen & F. Martz (2009). Does climate change influence the availability and quality of reindeer forage plants? *Polar Biology* 32, 813–832.
- Tyler, N., J. Turi, M. Sundset, K. Strøm Bull, M. Sara, E. Reinert, N. Oskal, C. Nellemann, J. McCarthy, S. Mathiesen, M. Martello, O. Magga, G. Hovelsrud, I. Hanssen-Bauer, N. Eira, I. Eira & R. Corell (2007). Saami reindeer pastoralism under climate change: Applying a generalized framework for vulnerability studies to a sub-arctic social-ecological system. *Global Environmental Change* 17, 191–206.
- Van der Linden, P. & J. F. B. Mitchell (2009, toim.). *ENSEMBLES: Climate change and its impacts*. 160 s. Met Office Hadley Centre, Exeter.
- Venäläinen, A., H. Tuomenvirta, M. Heikinheimo, S. Kellomäki, H. Peltola, H. Strandman & H. Väisänen (2001). Impact of climate change on soil frost under snow cover in a forested landscape. *Climate Research* 17, 63–72.
- Vuojala-Magga T., M. Turunen, T. Ryyppö & M. Tennberg (2011). Resonance strategies of Sami reindeer herding during climatically extreme years in northernmost Finland in 1970–2007. *Arctic* 64: 2, 227–241.