

Suomen poronhoitoalueen lumiolosuhteet ja niiden vaikutukset poronhoitoon

Sirpa Rasmus ja Minna Turunen



2015



LAPIN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF LAPLAND

Arktisen keskuksen tiedotteita 62/2015

**Suomen poronhoitoalueen lumiolosuhteet ja
niiden vaikutukset poronhoitoon**

Sirpa Rasmus ja Minna Turunen

Lapin yliopisto
Arktinen keskus
Rovaniemi 2015

Julkaisija: Lapin yliopisto, Arktinen keskus
Sarjan toimittaja: Jukka Jokimäki
Sarjan avustava toimittaja: Marja-Liisa Kaisanlahti-Jokimäki

Etukannen kuva: Olli-Pekka Karlin
Takakannen kuva: Minna Turunen

ISSN 1235-0583
ISBN 978-952-484-852-7 (pdf)

SISÄLLYSLUETTELO

ESIPUHE	7
TIIVISTELMÄ	8
ABSTRACT	10
1. TAUSTA JA TAVOITTEET	12
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	13
2.1. Tutkimuspaliskunnat	13
2.2. Sää- ja lumiaineisto	14
2.3. Lumen rakenteen mallinnus	17
2.3.1. SNOWPACK –malli	17
2.3.2. Malliajot ja mallitulosten käsittely	17
2.3.3. SNOWPACK-mallin luotettavuuden arviointi	19
2.3.4. Jääkerrosten pehmeneminen	19
2.4. Ilmastokenaariot	20
2.5. Tilastolliset analyysit	22
2.6. Poronhoitajien kokemukseräinen tieto talviolosuhteiden vaikutuksista	22
2.7. Porotilastot	24
3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	24
3.1. Vaihtelevat talviset sääolot	24
3.2. Lumimallinnukseen pohjautuvat tulokset lumen määrästä ja ominaisuuksista	24
3.2.1. Keskimääräiset lumiolot paliskunnissa ja vuosivälin vaihtelu	25
3.2.2. Lumiolojen paikalliset ja alueelliset korrelaatiot	25
3.2.3. Harvinaiset ja poikkeukselliset olot	25
3.3. Pitkän aikavälin trendit talvisäässä	26
3.4. Jääkerrosten pehmeneminen	29
3.4.1. Pakkanen on hyvästä, uusi lumi ei	29
3.4.2. Toinen esimerkki: hankikanto Pokassa lokakuussa 2009	29
3.5. Muuttuvat lumiolot	30
3.5.1. Lämpenemisen vaikutukset lumen ominaisuuksiin	30
3.5.2. Metsän vaikutus lumen ominaisuuksiin lämpenevinä talvina	31
3.5.3. Jäiset olosuhteet nykyilmastossa ja lämpenevinä talvina	31
3.5.4. Muutokset nykyisin harvinaisten tai poikkeuksellisten lumiolojen yleisyydessä	32
3.6. Poronhoitajien kokemukseräinen tieto talviolosuhteiden vaikutuksista	32
3.6.1. Toimintakertomukset	32
3.6.2. Vaikeiden talviolojen vaikutukset poronhoitotyöhön	33
3.6.3. Poronhoitajien selviytymiskeinot vaikeissa talvioloissa	35
3.6.4. Vaikeista talvioloista selviytymiseen vaikuttavat tekijät	36
3.7. Porotilastot	39
4. JOHTOPÄÄTÖKSET	42
4.1. Tulosten käytännön sovellettavuus	43
4.2. Tulosten tieteellinen merkitys	44
KIRJALLISUUS	46
Liite 1: Lumimallinnustuloksiin liittyviä taulukoita ja kuvia	52
Liite 2: Kysely vaikeista lumioloista selviämistä ja muuttuviin vuodenaikoihin sopeutumisesta	70

ESIPUHE

Maa- ja metsätalousministeriö rahoitti vuosina 2012-2015 Makera –varoista hanketta ”Lumiolosuhteiden vaikutus porojen talvikuolleisuuteen ja vasatuotantoon –lumi- ja kaivuolosuhteet sekä poronhoidon sopeutumisskenaariot muuttuvassa ilmastossa” (projektinumero 2327/312/2011). Työskentelin hankkeen vastuullisena johtajana Jyväskylän yliopiston Bio- ja ympäristötieteen laitoksella. Ohjausryhmän jäsenet (Minna Turunen Lapin yliopiston Arktisesta keskukselta, Kirsti Jylhä Ilmatieteen laitokselta, Keijo Alanko ja hänen eläköidyttyään Päivi Kainulainen Lapin Ely-keskukselta, Mika Kavakka Kemin-Sompion paliskunnasta, Nils-Heikki Näkkäljärvi Sallivaaran paliskunnasta ja Tuomas Palojarvi Käsivarren paliskunnasta) ovat olleet aktiivisesti mukana hankkeessa jo suunnitteluvaiheesta asti, ja antaneet arvokkaita ajatuksia hankkeen edetessä. Alkuvaiheessa käydyt lukuisat keskustelut poroasioissa jo kauan vaikuttaneiden, ilmasto- ja luonnontutkimuksen merkityksen ymmärtävien kanssa ovat olleet merkityksellisiä: kiitokseni etenkin Pekka Aikiolle, Timo Helteelle, Reijo Kyrölle ja Matti Särkelälle.

Hyvät suhteet tutkimuspaliskuntien poroisänttiin ovat olleet ratkaisevassa asemassa hankkeen onnistumisen suhteen. Poroisännät ja monet poronhoitajat ovat ottaneet lukuisat puhelinsoitot, haastattelukäynnit, lomakkeidentäytöt ja kysymykset hyvin vastaan ja suhtautuneet tutkijaan kärsivällisyydellä. Käytännön poronhoitotyötä tekevien syvälinen ymmärrys syy- ja seuraussuhteista sekä sään, lumen, laidunympäristön, poron ja porosta elävän ihmisen vuorovaikutuksista lisäsi ymmärrystä lumesta osana pohjoista ympäristöä. Selväksi kävi sekin, ettei tämänkaltaista tutkimusta voi tehdä ilman asiantuntijoiden – poronhoitajien – osallistamista. Tähän raporttiin on koottu hankkeen päätulokset, jotka ovat tarkemmin esitetty seuraavissa julkaisuissa tai tieteellisiin lehtiin lähetetyissä käsikirjoituksissa:

- Kivinen S & Rasmus S 2015. Observed cold season changes in a Fennoscandian fell area over the past three decades. *Ambio* 44: 214-225;
- Rasmus S 2014. Millä ehdoin jäinen lumi pehminee kahden viikon aikana? *Poromies* 81(2): 14-17;
- Rasmus S, Kivinen S, Bavay M & Heiskanen J 2015b. Local and regional variability in snow conditions in northern Finland: a reindeer herding perspective. Submitted to *Ambio*;
- Rasmus S, Kumpula J, Jylhä K 2014a. Suomen poronhoitoalueen muuttuvat talviset sääolosuhteet. [The changing winter weather and snow conditions in Finnish reindeer husbandry area]. *Terra* 126(4): 169-185;
- Turunen M, Rasmus S, Bavay M, Ruosteenoja K & Heiskanen J 2015a. Coping with increasingly difficult weather and snow conditions: Reindeer herders' views on climate change impacts and coping strategies. Submitted to *Climate Risk Management*;
- Turunen M, Rasmus S, Bavay M, Ruosteenoja K & Heiskanen J 2015b. Talvisäät, lumiolot ja poronhoitotyöt: poronhoitajien näkemyksiä ilmastonmuutoksen vaikutuksista ja keinoista selviytyä ongelmista. *Suomen Riista* 61.

Kiitän lämpimästi kaikkia kanssakirjoittajia hyvästä yhteistyöstä. Työssä yhdistimme ammattitaitomme aidon monitieteellisesti. Kanssakirjoittajien lisäksi haluan kiittää Hanna-Reetta Hannulaa, Matti Kämäräistä, Leena Leppästä, Pentti Piristä, Jouni Räisästä, Henriikka Simolaa ja Juho Vehviläistä Ilmatieteen laitokselta, Heidi Sjöblomia Suomen ympäristökeskukselta, tutkija ja taiteilija Leena Valkeapäästä Kivijärveltä, Ilmo Kukkosta ja Lauri Korhosta Helsingin yliopistolta sekä Charles Fierziä ja Michael Lehningiä sveitsiläisestä lumitutkimuslaitoksesta WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF. Jyväskylän yliopiston myöntämä liikkuvuusapuraha mahdollisti kuukauden työskentelyjakson Sveitsissä, mistä kiitokset.

Jyväskylässä, syyskuussa 2015
Sirpa Rasmus

TIIVISTELMÄ

Poron selviytyminen talvesta riippuu sopivien laidunten ja talviravinnon määrästä sekä ravinnon saavutettavuudesta laitumilla – siis lumiolosuhteista. Poro on hyvin sopeutunut lumeen, mutta ongelmia saattaa tulla, jos lunta on erittäin paljon, se on jäistä tai se sulaa harvinaisen myöhään. Hankkeen tavoitteet olivat:

- Tuottaa 30-50 vuoden aikasarjoja talvisään sekä lumen määrän ja rakenteen muutoksista ja niiden vaihteluista useassa erilaisessa paliskunnassa. Vaihtelulla tarkoitetaan sekä vuosien välistä vaihtelua, että lumen määrän ja ominaisuuksien vaihtelua paikallisesti.
- Kerätä yhteen tiedot vaikeiden talvien vaikutuksista poronhoitoon ja porojen hyvinvointiin.
- Arvioida ilmastoennusteiden pohjalta lumiolojen muutoksia tällä vuosisadalla.
- Esittää aikaisemmin koettujen lumiolosuhteiden ja käytettyjen poronhoitomenetelmien perusteella poronhoidon sopeutumisskenaarioita odotettavissa oleviin muutoksiin.

Hanke toteutettiin Jyväskylän yliopiston Biologian ja ympäristötieteen laitoksella yhteistyössä mm. WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF:n, Ilmatieteen laitoksen, Helsingin yliopiston Geotieteiden ja maantieteen laitoksen, Lapin yliopiston Arktisen keskuksen sekä paliskuntien kanssa. Tutkimukseen valittiin viisi paliskuntaa poronhoitoalueen eri osista: Poikajärvi, Pohjois-Salla, Kyrö, Hammastunturi ja Käsivarsi. Hankkeessa käytettiin Ilmatieteen laitoksen talvisäähavaintoja 30-50 kuluneelta vuodelta, lumimallinnusta ja ilmastonmuutosskenaariota. Lisäksi kerättiin poronhoitajien kokemukseräistä tietoa vaikeista talvioloista, niiden vaikutuksista poronhoitoon ja niistä selviytymiseen haastattelujen sekä paliskuntien toimintakertomusten ja tilastojen avulla. Päätulokset ovat:

- Talvikauden keskimääräiset sääolot vaihtelevat huomattavasti poronhoitoalueen eri osissa. Lumi- ja sääolojen vuosien välinen vaihtelu on myös suurta. Lumen ominaisuuksien vaihtelu on suurempaa saman paliskunnan erilaisten ympäristöjen välillä (avoin ympäristö ja metsät) kuin eri paliskuntien välillä.
- Talven keskilämpötilat ovat nousseet ja lumipeitteisen ajan kesto lyhentynyt.

- Pohjoisimmilla havaintoasemilla (Kevolla ja Kilpisjärvellä) havaittiin tutkituista muuttujista muutoksia vain lumipeiteajan kestossa, joka on lyhentynyt. Leutojen talviolojen yleistyminen näkyi selvimmin Rovaniemen, Savukosken, Sodankylän, Pokan ja Saariselän alueella.
- Talvet leudontuvat kuluvan vuosisadan aikana edelleen poronhoitoalueella. Epävakaat alkutalvet ja yleistyvät maajääolot aiheuttavat vaikeuksia poroille sekä lisäävät poronhoidon kustannuksia. Toisaalta lumen aikaisempi sulaminen ja kasvukauden alun aikaistuminen helpottavat vasomisaikaa ja auttavat poroja kuntoutumaan talven jäljiltä. Ilmaston lämmetessä vuosien välinen vaihtelu lisääntyy, ja nykyilmastossa harvinaiset tai poikkeukselliset talviolot lisääntyvät.
- Paliskunnat raportoivat toimintakertomuksissaan useimmiten lumen myöhäisestä sulamisesta tai pakasta lumipeitteestä. Toiseksi useimmin mainittiin maajäätalvet ja jäiset kerrokset lumessa. Nämä olivat pohjoisissa paliskunnissa eteläisiä yleisemmät. Mainintoja oli myös homeiden muodostumisesta lumen sataessa suhteellisen lämpimään maahan.
- Keinoit vaikeista lumioloista selviämiseksi ovat yhdistelmä vanhaa ja uutta – esimerkiksi laidunmaan monipuolisuuden hyödyntäminen, paimennus petojen aiheuttaman uhan vähentämiseksi, jälkien ajo moottorikelkalla pehmeän ja syvän lumen aikaan, teknisten apuvälineiden hyödyntäminen sekä lisäruokinta.
- Selviytymistä helpottavat eniten oma tieto ja taito porojen käsittelystä, oma arvostus elinkeinoa kohtaan, laidunympäristön monipuolisuus ja laidunkieppon käyttö, teknisten apuvälineiden käyttö sekä lisäruokinta. Eniten selviytymistä vaikeuttavat petojen esiintyminen, muu maankäyttö ja epävarmuus tulevasta maankäytöstä sekä pororehujen ja polttoaineiden kallis hinta.

Poronhoitajat sopeutuvat lämpeneviin talviin kokemukseräisen tietonsa pohjalta. Nykyisin harvinaisten tai poikkeuksellisten olosuhteiden yleistyminen tulevaisuudessa voi asettaa perinteisen tiedon ja poronhoitajien kokemuksen koetukselle ja lisätä elinkeinon epävarmuutta. Eri paliskunnissa vaikeisiin talvioloihin sopeudutaan eri tavoin. Hyviksi havaituista toimintatavoista olisi tärkeä tiedottaa koko poronhoitoaluetta: mm. teknisten apuvälineiden käyttöön,

laidunkierron järjestämiseen tai lisäruokintaan liittyvissä kysymyksissä.

Riittävän monimuotoiset laitumet sekä vielä jäljellä olevien luppometsien säilyminen ovat erittäin tärkeitä, mikäli poronhoitoa luonnonlaitumilla halutaan tukea sekä nyt että tulevaisuudessa. Hyvin suunniteltu ja toteutettu laidunkierto voi olla tärkeä vaikeita talvioloja helpottava keino. Toimiva laidunkierto tarvitsee kyläksi tilaa. Maankäyttöhankkeiden olisi aidosti huomioitava poroelinkeinojen tilatarve, mukaan lukien riittävä puskurialue vaikeissa olosuhteissa.

Hankkeessa kerättiin arvokasta lisätietoa Suomen poronhoitoalueen talvioloista ja niiden vaihtelusta. Poronhoitajien omia kokemuksia ja näkemyksiä on erittäin harvoin hyödynnetty suomalaisessa ilmasto-oloihin liittyvässä tutkimuksessa. Myös lumimallinnuksen yhdistäminen pitkiin sääaineistoihin ja poronhoitajien kokemukseräiseen tietoon on uusi lähestymistapa. Mallinnus tuottaa arvokasta, vaikeasti saatavissa olevaa lisätietoa lumioloista. Tutkimustuloksia on julkaistu ja julkaistaan paitsi kansainvälisissä tieteellisissä lehdissä, myös suomenkielisissä ammattilehdissä, kuten Poromies -lehdessä (Rasmus & Siitari 2013, Rasmus 2014).

Jatkotutkimuksille on tarvetta. Lumioloiltaan vaikeiden talvien aiheuttamia kustannuksia poronhoitajille ei ole selvitetty. Suomessa ei myöskään ole tehty poroelinkeinoille erillistä ilmastonmuutokseen sopeutumisen strategiaa; suunnittelua on tosin aloitettu. Tärkeää on, että itse poronhoitajat osallistuisivat työhön aktiivisesti. Poronhoitajien tiedon ja paliskuntien toimintakertomusten tehokas hyödyntäminen olisi arvokasta. Tähän liittyy erilaisten vaikeiden olosuhteiden yleisyyden tarkastelu pidemmällä aikavälillä historiallisen tiedon pohjalta.

Avainsanat: lumiolot, talvisää, ilmastonmuutos, poikkeukselliset talviolot, kokemukseräinen tieto, poronhoito, selviytyminen

ABSTRACT

Winter survival of reindeer depends on the animals having a sufficiently large and diverse pasture environment. Access to winter forage on pastures is mainly determined by snow conditions. Reindeer are well adapted to snowy conditions, but problems may arise if snow is very deep or melts late or if there are icy layers within the snow cover or at the ground-snow interface. The paper aims:

- To produce 30-50 winter time series on weather, amount of snow and snow structure in a range of reindeer herding districts in Finland, and to study the variability and trends in those conditions. By variability we mean temporal variability between winters as well as spatial variability between and within districts;
- To collect information about the effects of difficult winter conditions on reindeer and reindeer herding;
- To estimate the changes in snow conditions expected during this century based on recent climate scenarios; and
- To present scenarios describing how reindeer herding might best adapt to the expected changes, with these projections drawing on the information available about the herding practices used by the herders in known winter conditions.

The project described in the paper was carried out at the Department of Biological and Environmental Sciences of the University of Jyväskylä in collaboration with, among other partners, the WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, the Finnish Meteorological Institute, the Department of Geosciences and Geography of the University of Helsinki, the Arctic Centre of the University of Lapland and the participating herding districts. Five districts from different parts of the Finnish reindeer management area were chosen: Poikajärvi, Pohjois-Salla, Kyrö, Hammastunturi and Käsivarsi. The study drew on weather observations made by the Finnish Meteorological Institute, which were used together with climate scenarios and snow modelling. In addition, the researchers used interviews, annual management reports and statistics on reindeer to investigate the experience-based knowledge of reindeer herders about difficult winter conditions, the effects of such conditions on reindeer herding and the strategies herders used to cope. The principal results are:

- Average winter conditions vary significantly within the Finnish reindeer management area. Variation of snow and weather conditions from winter to winter is also significant. Snow properties vary more within a district (between open environments and forests) than between similar environments in different districts.
- Mean winter temperatures have risen and the duration of the snow season has shortened.
- The data from Kevo and Kilpisjärvi, the northernmost observation stations, showed a shortening of the snow season. More frequent occurrences of mild winter conditions were observed in the area of Rovaniemi, Savukoski, Sodankylä, Pokka and Saariselkä.
- Winters in the Finnish reindeer management area will become milder during this century. Unstable weather during the early winter and more frequent occurrence of ground ice will cause difficulties for reindeer and increase the costs of reindeer herding. On the other hand, earlier snow melt and start of the growing season will make the calving time easier and help reindeer to become fit after the winter. Annual variation will increase when the winter climate gets warmer, and winter conditions now considered rare or exceptional will become more frequent.
- The most frequently reported difficult snow conditions in the annual management reports were late snow melt and deep snow. Difficulties related to ground ice or the occurrence of icy layers were the second most frequently reported, being more frequent in the northern than the southern districts. Mold on pastures was sometimes reported when the snow cover had formed on relatively warm soil.
- Strategies applied by herders to cope with difficult snow conditions represented a combination of traditional and modern methods, with these including utilization of pasture diversity, herding to decrease vulnerability of reindeer to predators, making tracks for reindeer by snowmobile when snow was deep and soft, use of technical applications and supplementary feeding.
- Herders' coping capacity was most significantly facilitated by their experience-based traditional knowledge (TK) and skills, a diversity of pasture environments, the use of pasture rotation and technical applications, and supplementary feeding. Predators, competing land uses and the high prices of supplementary feeding and fuel were the major threats to the herders' coping capacity.

Reindeer herders adapt to warming winters using their experience-based knowledge. The increasingly frequent occurrence of winter conditions now considered rare or exceptional may pose challenges for the applicability of traditional knowledge in the future and make herding a less secure livelihood. Different coping strategies are used in different districts. It would be important for districts to share information on good practices, for example those related to the use of technical applications, pasture rotation or supplementary feeding.

Sufficient and diverse forest pastures and preservation of existing old growth forests are important if reindeer herding is to be practiced on natural grazing grounds in the future. Well-planned pasture rotation may be an important method to mitigate the adverse effects of winter conditions, but the practice requires sufficient space. The needs of the livelihood, including buffer zones during difficult winter conditions, should be taken into account seriously when planning land use within the reindeer management area.

Valuable new information was gathered in the project regarding snow conditions and their variability in the Finnish reindeer management area. The experiences and views of reindeer herders have rarely been utilized in climate-related studies in Finland. Combining climate data with snow modelling and reindeer herders' experiences is also a novel approach. Modelling gives valuable information on snow structure phenomena that is otherwise difficult to gain. Results from this project have been published not only in international scientific journals, but also in professional journals in Finnish, e.g. *Poromies* (Rasmus 2014, Rasmus & Siitari 2013).

The need for further research is clear. The costs to herders caused by winters with difficult snow conditions are not known. There is no separate adaptation strategy in reindeer herding for climate change in Finland, but planning has been started by the actors within the livelihood. It is very important that herders themselves participate actively in the preparation of any strategy. Further utilization of herders' experience-based knowledge and annual management reports is also important; this should include studying the frequency of difficult weather and snow conditions using longer-term observations and historical data.

Keywords: snow conditions, winter weather, climate change, exceptional winter conditions, experience-based knowledge, reindeer herding, coping

1. TAUSTA JA TAVOITTEET

Poron selviytyminen talvesta riippuu sopivien laidunten määrästä ja käytettävyydestä – viime kädessä siis talviravinnon määrästä, laadusta ja saavutettavuudesta laitumilla. Suomessa poron talvilaitumet ovat lumen peitossa 6-8 kk vuodesta, ja porolla onkin lumisissa olosuhteissa selviytymistä helpottavia rakenteellisia ja käytösopeumia (Telfer & Kensall 1984). Aiempien tutkimusten mukaan ongelmia saattaa kuitenkin tulla syvälumisina talvina tai kun lumi sulaa harvinaisen myöhään (Kojola & Helle 2009). Upottava lumi lisää liikkumisen ja ravinnon kaivamisen vaatimaa energiankulutusta (Helle 1984). Joskus paksun lumipeitteen sataminen lämpimään maahan syystalvella suosii homekasvustojen kehittymistä maan rajaan (Kumpula et al. 2000). Lumen rakenne vaikuttaa kaivuolosuhteisiin: lumen tiheys, kovuus ja jäiset kerrokset, etenkin maajää vaikuttavat ravinnon saatavuuteen (Pruitt 1959, Helle 1984, Skogland, 1984, Fancy & White 1985, Collins & Smith 1991, Kumpula et al. 2004, 2007, Kumpula & Colpaert 2007). Toisaalta lumen kovetuminen kevättalvella edesauttaa metsäalueilla lupon saantia ja voi hyödyttää poroja petojen saalistaessa niitä (Helle & Tarvainen 1984, Kumpula 2001).

Vaikka ihminen on paimentanut poroja jo vuosisatoja, ja vaikka porot ovat sopeutuneet pohjoisiin lumi- ja sääolosuhteisiin, talviset laidunolosuhteet vaikuttavat poropopulaatioiden hyvinvointiin. Skandinaviassa, Huippuvuorilla ja Kanadassa tehtyjen tutkimusten mukaan vaikeat lumiolot lisäävät talvikuolettaisuutta ja laskevat vasaprosenttia ja syntyvien vasojen painoa (Skogland 1978, Adamczewski et al. 1988, Adams & Dale 1998, Solberg et al. 2001, Weladji & Holand 2003). Samankaltaisia havaintoja on tehty myös Suomessa. Vasaprosentti pieneni Muonion paliskunnassa, kun lumen syvyys kasvoi tai kun joulukuu oli lämmin (Kumpula & Colpaert 2003). Suuri lumen syvyys lisäsi porojen talvikuolettaisuutta Sodankylän ja Ivalon alueilla (Hammastunturin, Ivalon, Sattasniemen ja Oranien paliskunnissa), Muonion paliskunnassa sitä lisäsi lämmin joulukuu (Kumpula & Colpaert 2003). Käsi-varren paliskunnassa lumen syvyys, sulamispäivä ja lumen jäätymistä aiheuttavat olosuhteet selittivät erään tutkimuksen mukaan yli 50 % vasatuotosta - syvä lumi, myöhäinen lumen sulamisajankohta, leudot talvet sekä

usein toistuvat sulamis-jäätymis-syklit vaikuttavat haitallisesti vasatuotantoon (Helle & Kojola 2008). Poronhoitajat ovat perinteisesti tiedostaneet lumen määrän ja laadun tärkeyden laidunolosuhteille ja porotokkien hyvinvoinnille (Magga 2006, Roturier & Roué 2009). Etenkin ennen talviruokinnan yleistymistä ja porokannan kasvaessa suureksi äärimmäiset lumiolot aiheuttivat kuolovuosia, toistumisaika näille on ollut paliskunnasta riippuen 5-20 vuotta (Helle 1980, Helle & Kojola 1993).

Lumipeite koostuu jääkiteiden muodostamasta tukirangasta, jonka huokosissa on ilmaa ja usein myös nestemäistä vettä. Lumen rakenne elää halki talven kiteiden muuttaessa muotoaan sääolojen mukaan. Jään, ilman ja veden osuus ja kiteiden muoto, koko ja sidostuneisuus määräävät muun muassa lumen lämmönjohdotokyvyn, kovuuden ja kantavuuden (Fierz et al. 2009). Lumen rakenteen merkitystä porojen populaatiodynamiikassa on vaikea osoittaa pelkillä säähavainnoilla ilman lumimittauksia tai mallinnustyökalua (Kojola & Helle 2008). Tutkimustietoa lumen rakenteesta tietynä aikana tietyssä paikassa on saatavilla heikosti, lähinnä lumimittausten työläyden vuoksi.

Suomessa lumen rakenteen mallinnusta käytettiin porotutkimuksessa ensimmäistä kertaa Muonion paliskunnassa porojen talvikuolettaisuuden ja vasatuotannon selvittämisessä (Rasmus et al. 2014b). Sveitsiläisen SNOWPACK-mallin lähtötietoina oli vuosien 1971/1972 – 2009/2010 aikasarja talven sääoloista. Mallin avulla tuotettiin 37 vuoden aikasarja lumen rakenteesta. Lumen määrän ja laadun tunnuslukuja verrattiin Muonion paliskunnassa laskettuihin porojen vuosittaisiin talvikuolettaisuuden ja vasatuotannon tunnuslukuihin. Lumimallinnus vahvisti kokemusperäistä tietoa lumen roolista talvisessa poronhoidossa. Lumen määrä on tärkeä tekijä porojen selviytymiselle talvesta ja vasatuotolle, mutta lumen rakenteella on myös merkitystä. Lumen merkitys on erityisen selvä sellaisina talvina, jolloin lunta on paljon ja se on jäistä. Toisaalta myös ohutluminen talvi voi olla vaikea, jos maajääkerroksia muodostuu (Rasmus et al. 2014b).

SNOWPACK-mallin arvo on etenkin siinä, että sen avulla on mahdollista arvioida laidunolosuhteiden muutoksia myös muuttuvassa ilmastossa. Mallia on käytetty mm. arvioitaessa tulevia lumioloja alueellis-

ten ilmastonmuutosskenaarioiden avulla (Rasmus et al. 2004, Bavay et al. 2009, Magnusson et al. 2010). Sitä on myös testattu Norjassa Ealát-hankkeessa tutkittaessa, miten ilmasto-olosuhteet ja niiden vaihtelu vaikuttavat porotalouteen (Vikhamar-Schuler et al. 2013). Poronhoidon käytännöt ovat perinteisesti muotoutuneet sää- ja ympäristöolojen mukaan (Helle & Kojola 1993, Helle & Jaakkola 2008). Talvi on kriittinen vuodenaika poroille ja poronhoidolle, ja ilmastonmuutoksen vaikutukset talviaikana tullaan kokemaan erityisesti lumiolosuhteiden muuttumisen kautta. Tarve kehittää ennusteita lumi- ja laidunolosuhteille muuttuvassa ilmastossa on siten suuri.

Tämän työn tavoitteet olivat:

- tuottaa 30-50 vuoden aikasarjoja talvisään sekä lumen määrän ja rakenteen muutoksista ja niiden vaihteluista useassa erilaisessa paliskunnassa. Vaihtelulla tarkoitetaan sekä vuosien välistä vaihtelua että lumen määrän ja ominaisuuksien vaihtelua paikallisesti.
- kerätä yhteen tiedot vaikeiden talvien vaikutuksista poronhoitoon ja porojen hyvinvointiin.
- arvioida ilmastoennusteiden pohjalta lumiolojen muutoksia tällä vuosisadalla
- esittää aikaisemmin koettujen lumiolosuhteiden ja käytettyjen poronhoitomenetelmien perusteella poronhoidon sopeutumisskenaarioita odotettavissa oleviin muutoksiin.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1. Tutkimuspaliskunnat

Suomen poronhoitoalueella on 57 paliskuntaa, joissa oli poronhoitovuonna 2013-2014 190 776 eloporoa (PY 2015). Tämä tutkimus toteutettiin viidessä paliskunnassa Suomen poronhoitoalueen eri osissa (Kuva 1, Taulukko 1). Yksi tärkeimmistä tutkimuspaliskunnan valintakriteereistä oli se, että ko. paliskunnan alueelta tai sen läheisyydestä oli saatavilla Ilmatieteen laitoksen sääaineistoa vähintään 30-50 vuoden ajanjaksolta. Tutkimukseen valittiin keskimääräiseltä talvisäältäään, luonnonympäristöltään sekä poronhoitotavoiltaan erilaisia paliskuntia, joissa lumiolojen tiedetään vaikuttavan suuresti elinkeinon vuosittaiseen menestykseen. Käsivarsi ja Hammastunturi kuuluvat

saamelaisalueen 13 paliskunnan joukkoon. Poronhoito perustuu näissä paliskunnissa siida-järjestelmään, eli perhe- ja sukulaisuussuhteet ovat avainroolissa porotöiden hoidossa (Vuojala-Magga et al. 2011).

Tutkimuksen kohteeksi valittuja paliskuntia voidaan luonnehtia seuraavasti:

- Poikajärven paliskunta sijaitsee Rovaniemen tuntumassa, missä asutus, metsätalous ja tiestö ovat pirstoneet laidunmaita. Kukin poronomistaja huolehtii omista poroistaan, eikä selkeää laidunkiertoa ole. Vaikeat alkutalven olosuhteet aiheuttavat ongelmia poronhoidolle, sillä paliskunnan alueella ei juuri ole vaihtoehtoisia laidunalueita, jos laitumet jäätyvät tai homehtuvat vaikean alkutalven johdosta. Talvinen lisäruokinta ja porojen tarhaus on yleistä.
- Pohjois-Sallan paliskunta sijaitsee Itä-Lapin alueella. Laidunympäristö käsittää vaaroja, tuntureita sekä kuusi- ja mäntymetsiä. Alueella on laajasti metsätaloutta, Tuutsan paloalue ja Värriön luonnonpuisto. Kesä- ja talvilaitumet on erotettu aidoilla toisistaan. Poroja paimennetaan yhteistokassa ympäri vuoden, eikä poroille tarjota paljoa talvista lisäruokaa.
- Kyrön paliskunnan alueella lumiolosuhteet vaikuttavat voimakkaasti poronhoidon tuottavuuteen. Kyrön sijainti tunturivyöhykkeen kupeessa merkitsee paliskunnan kannalta varsin hankalia lumiolosuhteita suuren lumimäärän vuoksi. Kesä- ja talvilaitumet on erotettu aidalla toisistaan. Talven ajan poroja paimennetaan yhteistokassa. Poroja ruokitaan talvisin tarpeen mukaan maastoon, ja jos lumiolut ovat vaikeat, porot tai osa niistä otetaan tarhaan.
- Hammastunturin paliskunnan sijainti Inarjärven länsipuolella ja tunturivyöhykkeellä on luonnonolosuhteiden kannalta haastavaa poronhoidolle. Talvella poroja paimennetaan alueelta toiselle lisäruokinnan avulla. Vasomisaikaan osalla siidoista on ollut käytössä aitasotus.
- Käsivarren paliskunnan poronhoito käsittää talviaikaan kymmenen ja kesäaikaan neljä siidaa. Kukin niistä järjestää itsenäisesti laidunkierron alueellaan. Osalla siidoista poronhoito perustuu kokonaan luonnonlaitumiin, osa tarjoaa poroille talvista lisäruokaa maastossa. Käsivarren paliskunnan poronhoito on herkkä lumiolojen vaihtelulle. Luonnonolosuhteet vaihtelevat suuresti alueen sisällä; merkittävä osa paliskunnan pinta-alasta on tuntureita.

2.2. Sää- ja lumiaineisto

Talvisäähän liittyvä tutkimusaineistomme koostui päivittäisistä lumen syvyyden, sademäärän ja auringon säteilyn havainnoista sekä ilman lämpötilan, tuulen ja suhteellisen kosteuden mittauksista kolmen–kahdeksan tunnin välein, havaintoasemasta riippuen (Rasmus et al. 2014a; 2015b). Käytössämme oli havaintoja 13 Ilmatieteen laitoksen havaintoasemalta. Aikasarjojen pituus vaihteli 33:sta 53:n talveen (**Taulukko 2**). Havaintoasemista Poikajärven paliskunnan sääoloja vastaa parhaiten Apukka, Pohjois-Sallan Väriötunturi, Kyrön sekä Hammastunturin Pokka ja Käsivarren Kilpisjärvi. Sodankylän havaintoja käytettiin kuvaamaan keskimää-

räisiä poronhoitoalueen oloja ja niissä tapahtuneita ja tapahtuvia muutoksia. Ko. sääaseman lumiolojen havaittiin edustavan hyvin useiden tutkimuspaliskuntien oloja. Sodankylässä keskimääräinen lumen maksimisyvyys on 87cm, keskimääräinen lumen sulamisajankohta 3.5, keskitalven lumen tiheys 205 kgm-3 ja maajään paksuus 2.5cm (Turunen et al. 2015a) (**Taulukko 1**).

Määritimme seuraavat kahdeksan suuretta, jotka ovat merkityksellisiä 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) lumipeitteen ajan leudot päivät (niiden vuorokausien lu-

Taulukko 1. Tutkimuspaliskuntien ominaisuudet (a) ja keskimääräinen ilmasto (b) (Kalliola 1973, Kumpula et al. 1997, 2009, Mattila 2012, Pirinen et al. 2012, PY 2015, Turunen et al. 2015a). Säähavaintoasemista Apukka edustaa Poikajärven, Väriö Pohjois-Sallan, Pokka Kyrön ja Hammastunturin sekä Kilpisjärvi Käsivarren paliskuntaa. Sodankylän säähavaintoaseman havaintoja käytettiin kuvaamaan Metsä-Lapin keskimääräisiä oloja.

(a)

Tutkimuspaliskunta	Poikajärvi	Pohjois-Salla	Kyrö	Hammastunturi	Käsivarsi
Pinta-ala (km ²)	2414	2130	1650	2155	4567
Suurin sallittu poroluku	4600	4800	3500	5500	10000
Eloporot (2013-2014)	4217	4682	3109	4229	11795
Porotiheys poroja/km ² (2013-2014)	1,7	2,2	1,9	2,0	2,6
Vasaprosentti (2013-2014)	48	43	49	29	56
Liikennevahingot (2013-2014) / % poroluvusta	166 / 4	8 / <1	45 / 1	57 / 1	93 / 1
Petovahingot (2013-2014) / % poroluvusta	18 / <1	243 / 5	168 / 5	68 / 2	704 / 6
Poronomistajat (2013-2014)	103	103	100	89	177
Jäkälälaitumia (ha/poro)	ei aineistoa	9,23	6,48	12,2	11,3
Luppolaitumia (ha/poro)	ei aineistoa	14,86	12,2	16,0	0,83
Varpu-, lehti- ja ruoholaitumia (ha/poro)	ei aineistoa	15,15	12,6	11,9	14,0
Tuntureita (ha/poro)	ei aineistoa	2,3	0,6	1,2	21,4
Soita (ha/poro)	ei aineistoa	7,52	18,6	4,7	10,1
Infrastruktuurin vaikutusalue (% pinta-alasta)	ei aineistoa	7,82	9,47	6,7	4,6

kumäärä pysyvän lumipeitteen aikana, joina vuorokauden keskilämpötila ylitti 0 °C tai 2 °C; näistä edellinen on yleinen tapa kuvata leutoa vuorokautta, kun taas jälkimmäinen kuvaa varmemmin vesisadepäivän todennäköisyyttä; (f) lumipeitteisen ajan leudot sadepäivät (sama kuin (e), mutta lisäksi vuorokauden aikana oli havaittu sadetta); (g) alku- ja keskitalven leudot päivät (sama kuin (e), mutta ajanjaksona pysyvän lumipeitteen tulopäivästä helmikuun loppuun); sekä (h) alku- ja keskitalven leudot sadepäivät (sama kuin (f), mutta ajanjaksona pysyvän lumipeitteen tulopäivästä helmikuun loppuun) (Rasmus et al. 2014a).

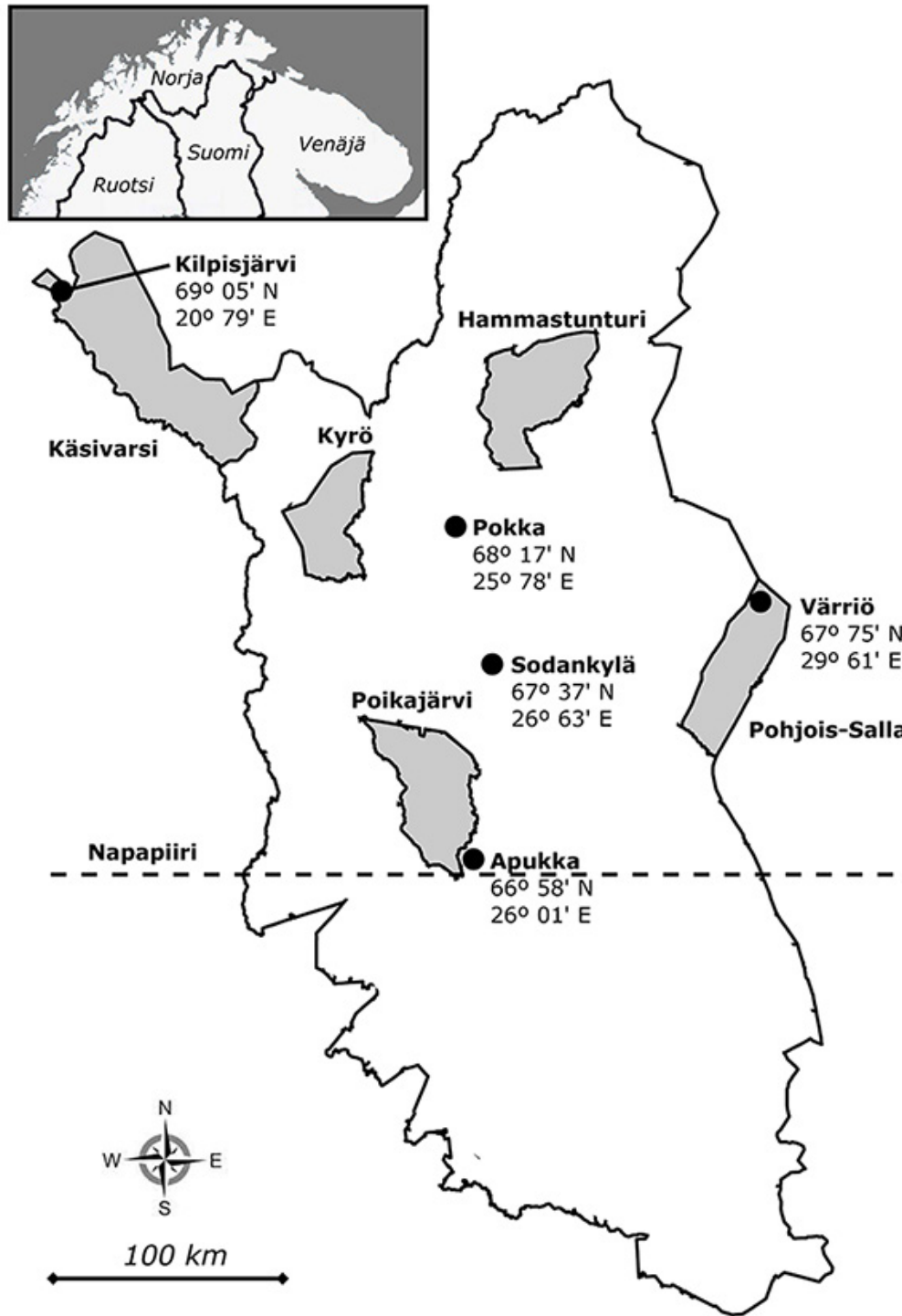
Koska tarkastelemme pysyvän lumipeitteen aikaa kokonaisuutena, eivät ensilumet ja takatalvet ole mukana

analyyseissämme. Vesisadepäiviksi oletimme ne vuorokaudet, joina keskilämpötila on ollut yli 2 °C ja sademäärä yli 0 mm. Lumeen muodostuu jäisiä kerroksia ja maajätätä todennäköisimmin silloin, kun alkutalvi on leuto tai alku- ja keskitalven aikana esiintyy vesisateita. Useimmat tarkastelut teimme 30 vuoden vertailukaudelle 1981–2010. Toisaalta tutkimme mahdollisia trendejä ottamalla huomioon kunkin havaintoaseman koko käytettävissä olleen aikasarjan (Rasmus et al. 2014a).

Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) hallinnoimien lumilinjojen lumen vesiarvon ja tiheyden mittauksia oli käytettävissä lumimallinnuksen tukena (Rasmus et al. 2015b). Mittaukset lumilinjolla tehdään kuukausittain,

(b)

Säähavaintoasema tutkimuspaliskunnan alueella	Apukka (Poikajärvi)	Värriö (Pohjois-Salla)	Pokka (Kyrö)	Pokka (Hammas-tunturi)	Kilpisjärvi (Käsivarsi)	Sodankylä (Metsälappi)
Sijainti	66,58°N 26,01°E	67,75°N 29,61°E	68,17°N 25,78°E	68,17°N 25,78°E	69,05°N 20,79°E	67,37°N 26,63°E
Korkeus merenpinnasta (m)	106	370	275	275	480	179
Vuoden keskilämpötila 1981-2010 (°C)	0.4	-0.5	-1.3	-1.3	-1.9	-0.4
Tammikuun keskilämpötila 1981–2010 (°C)	-12.8	-11.4	-14	-14	-12.9	-13.5
Heinäkuun keskilämpötila 1981–2010 (°C)	15.1	13.1	13.3	13.3	11.2	14.5
Keskimääräinen vuosisadanta 1981–2010 (mm)	556	601	547	547	487	527
Keskimääräinen lumen maksimisyvyys 1981–2010 (cm)	68	83	101	101	110	87
Keskimääräinen lumen sulamispäivä 1981–2010	2.5.	16.5.	17.5.	17.5.	26.5	3.5



Kuva 1. Suomen poronhoitoalue, tutkimuspaliskunnat (harmaalla) ja niitä vastaavat Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemat (Turunen et al. 2015a). Sodankylän säähavaintoaseman havaintoja käytettiin kuvaamaan Metsä-Lapin keskimääräisiä oloja.

ja ne käsittävät 80 lumen syvyys- ja 8-10 lumen tiheysmittausta neljän kilometrin vakioreitillä. Lumilinjat edustavat paikkakuntansa tyypillisiä ympäristöoloja ja käsittävät tavallisesti aukeaa ympäristöä, metsäaukkoja, soita ja erilaisia metsätyyppejä (Perälä & Reuna 1990). Lumilinja-aineistoa oli saatavilla Apukan, Pokan ja Sodankylän ympäristöstä. Helsingin yliopiston Värriön tutkimusaseman pitkäaikaisen lumilinjain aineistoja käytettiin yhteistyössä FT Sonja Kivisen kanssa (Kivinen & Rasmus 2015). Lapin ilmatieteellisen tutkimuskeskuksen havaintoaineisto Sodankylästä sisälsi lisäksi hajanaisia lumen syvyyden, vesiarvon, tiheyden, säteilytaseen ja lämpötilan havaintoja (Rasmus et al. 2015b).

2.3. Lumen rakenteen mallinnus

2.3.1. SNOWPACK -malli

Käytimme SNOWPACK –mallia tutkimuspaliskuntien lumipeitteen rakenteen arviointiin. SNOWPACK (Bartelt & Lehning 2002, Lehning et al. 2002ab) on yksiulotteinen tietokonemalli, jolla arvioidaan lumipeitteen massa- ja energiatasetta säähavaintoja vastaavassa pisteessä. Koska malli huomioi useita fysikaalisia lumipeitteen kehittymiselle tärkeitä prosesseja, sen avulla voidaan arvioida lumen eri kerrosten paksuutta ja ominaisuuksia (esim. kovuus ja tiheys). Malli on alun perin kehitetty lumivyöryjen ennustamista varten (Lehning & Fierz 2008), mutta sitä on käytetty laajasti erilaisissa sovelluksissa, esimerkiksi hydrologisessa mallinnuksessa (Lehning et al. 2006) ja yhdessä ilmastonmuutosennusteiden kanssa (Rasmus et al. 2004, Bavay et al. 2009, Schmucki et al. 2014). Poronhoitoalueen lumioloja mallilla on arvioitu Norjan Kautokeinosssa (Vikhamar-Schuler et al. 2013) sekä Suomessa Muoniossa (Rasmus et al. 2014a). Mallin luotettavuutta on arvioitu useissa eri ilmasto-oloissa (Lehning et al. 1998, Lundy et al. 2001, Rasmus et al. 2007) ja se on osoittautunut luotettavaksi etenkin avoimessa (puuttomassa) ympäristössä. Malliin lisätty latvusmalli (Lehning et al. 2006) simuloi kasvipeitteen vaikutusta lumen ominaisuuksien kehittymiseen, ja mahdollistaa lumen määrän ja rakenteen arvioinnin metsäisissä oloissa. Myös latvusmallin luotettavuus on osoitettu useissa tutkimuksissa (Stähli et al. 2009, Musselman et al. 2012, Rasmus et al. 2015a).

2.3.2. Malliajot ja mallitulosten käsittely

SNOWPACK –malliin tarvitaan laskennan lähtötiedoksi vähintään ilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden, tuulen nopeuden, tulevan lyhytaaltosäteilyn (auringon säteily) ja sadannan mittauksia. Havaintoja olisi oltava ainakin kuuden tunnin välein; ihannetapauksessa jopa puolen tunnin välein. Latvusmalli tarvitsee lähtötiedoksi puuston keskimääräisen korkeuden, metsän keskimääräisen lehtialaindeksin (LAI) ja latvuston keskimääräisen aukkoisuuden.

Käytössämme oli Ilmatieteen laitoksen säähavaintoja edellä listatuilta havaintoasemilta kolmen tai kuuden tunnin välein. Tulevan lyhytaaltosäteilyn ja sadannan saimme päivittäisinä arvoina. Oletimme havaintojen kuvaavan tutkimuspaliskuntien keskimääräisiä sääoloja aukeassa ympäristössä. Metsien lumiolojen laskentaan tarvitsimme lisäksi tietoa metsistä ja latvuksista. Metsäisten paliskuntien poroisäntiä pyydettiin kartalta arvioimaan metsäalueita, joilla porot talvisaikaan usein laiduntavat. Alueiden keskitiheää ja tiheää metsää vastaavat puuston korkeuden arvot arvioitiin Luonnonvarakeskuksen (LUKE) kartoista (<http://kartta.metla.fi>) ja lehtialaindeksin arvot LAI-kartoista (Heiskanen et al. 2011). Latvuston keskimääräinen aukkoisuus arvioitiin LAI-arvojen perusteella (Pomeroy et al. 2002). Kilpisjärvellä mallinnus tehtiin ainoastaan aukealle ympäristölle. Kts. mallinnuksen yksityiskohdat Rasmus et al. (2015b).

Malliajot tehtiin 30 talven ajalle (1981/1982 – 2010/2011) syyskuun alusta kesäkuun loppuun. Poroisäntien kanssa käytyjen keskustelujen jälkeen talven eri jaksoja päätettiin käsitellä erikseen. Talvi jaoteltiin kolmeen osapuulle yhtä pitkään jaksoon. Alkutilvi (1.10-15.12) on vaihtelevien sää- ja lumiolojen aikaa, jolloin kaivuolosuhteet muotoutuvat. Keskitalvella (16.12-28.2) lumiolut ovat yleensä tasaantuneet, ja porot kaivavat ravintoa. Lopputilvesta (1.3-15.5) lumipeitteen kovettuminen ohjaa porot metsäpaliskunnissa mahdollisuuksien mukaan luppolaitumille; keväällä vasonta-aika lähestyy. Kultakin talvelta määritettiin seuraavat suureet:

- Lumen maksimisyvyys
- Lumipeitteen muodostumis- ja sulamispäivä
- Lumen tiheys

- Niiden kerrosten paksuus, joiden tiheys ylittää 350 kgm-3 (tätä tiheimmät kerrokset oletetaan jäisiksi)
- Lumipeitteen pohjalla olevien kerrosten paksuus, joiden tiheys ylittää 350 kgm-3 (“maajäkerrokset”).

Kolmesta viimeisimmästä suureesta määritettiin keskimääräiset arvot alku-, keski- ja loppupalvelle (Rasmus et al. 2015b).

Taulukko 2. Työssä hyödynnetyt Ilmatieteen laitoksen havaintoasemat (Rasmus et al. 2014a Suomen maantieteellisen seuran luvalla).

Sijanti		Korkeus merenpinnasta	Talvien lukumäärä	Käytössä ollut ajanjakso	Katkokset tai puutteet
Rovaniemi, lentoasema	66,56°N 25,83°E	195	53	1959-1960- 2011/2012	
Rovaniemi, Apukka	66,58°N 26,01°E	106	53	1959/1960- 2011/2012	
Savukoski	67,29°N 28,18°E	180	48	1964/1965- 2011/2012	
Sodankylä	67,37°N 26,63°E	179	53	1959/1960- 2011/2012	
Salla, Värriötunturi	67,75°N 29,61°E	370	38	1974/1975- 2011/2012	
Sodankylä, Lokka	67,82°N 27,75°E	240	48	1961/1962- 2011/2012	1972/1973- 1974/1975
Muonio, Alamuonio	67,97°N 23,67°E	252	50	1960/1961- 2011/2012	
Sodankylä, Vuotso	68,08°N 27,19°E	248	44	1959/1960- 2011/2012	1982/1983
Kittilä, Pokka	68,17°N 25,78°E	275	41	1971/1972- 2011/2012	1999/2000- 2007/2008
Saariselkä	68,42°N 27,41°E	302	35	1977/1978- 2011/2012	
Inari, Ivalo, lentoasema	68,61°N 27,41°E	147	49	1959/1960- 2011/2012	
Enontekiö, Kilpisjärvi	69,05°N 20,79°E	480	33	1979/1980- 2011/2012	1999/2000- 2002/2003, sadanta puuttuu 1999/2000-
Utsjoki, Kevo	69,76°N 27,01°E	107	50	1962/1963- 2011/2012	

2.3.3. SNOWPACK-mallin luotettavuuden arviointi

Tutkimuspaliskuntien lumihavaintoaineisto koottiin mallin luotettavuuden arviointia varten. Arviointi tehtiin ainoastaan aukean ympäristön havaintoja ja malliajoja käyttäen. Ilmatieteen laitoksen lumen syvyyden aineisto oli käytössä kaikilta havaintoasemilta. Suomen ympäristökeskuksen lumilinjoilta kerättyä lumen vesiarvon ja tiheyden aineistoa oli käytettävissä läheltä Apukkaa (Poikajärven paliskunta), Pokkaa (Hammastunturin ja Kyrön paliskunta) ja Sodankylää (Pohjois-Sallan paliskunta). Sodankylästä oli lisäksi saatavilla lyhyemmiltä jaksoilta lisähavaintoja lumen syvyydestä ja vesiarvosta, samoin kuin lyhyt- ja pitkäaaltohavaintoja ja lumen lämpötilan mittaustietoa. Taulukossa 3 on esitetty mallin luotettavuuden arviointia varten lasketut tunnusluvut havaintojen ja mallitulosten välillä: korrelaation vahvuus ja merkitsevyys, keskivirhe (mean bias error, MBE) ja virheiden neliöllinen keskiarvo (root mean square error, RMSE). Havaintojen ja mallitulosten väliset korrelaatiot olivat vahvat lumen määrälle ($r = 0.78-0.94$, $p < 0.001$), samoin kuin lumipeiteajalle ($r = 0.79-0.97$, $p < 0.001$) ja lumipinnan säteilytaseen termeille ($r = 0.75-0.88$, $p < 0.001$). Lumen tiheydelle ne olivat kohtalaiset ($r = 0.42-0.73$, $p < 0.001$) samoin kuin lämpötiloille lumen ja maan pinnassa ($r = 0.59-0.86$, $p < 0.001$). Virheet vaihtelivat muuttujasta ja paikkakunnasta riippuen (Rasmus et al. 2015b; Turunen et al. 2015a).

Havaintoaineistoa lumen rakenteesta (esimerkiksi maajääkerroksista) oli erittäin vähän saatavilla. Tutkimuspaliskuntien vuosittaisista toimintakertomuksista listattiin ne talvet, joina maajääoloja oli havaittu, ja näitä verrattiin lumen rakenteen graafisiin mallinnustuloksiin, joista haettiin talvet joiden alku- ja keskivaiheilla oli nähtävillä yli 5cm paksuisia maajääkerroksia (Rasmus et al. 2015b). Sodankylän sääaineiston avulla mallinnettuja lumen rakenteita verrattiin Sodankylää ympäröivien paliskuntien toimintakertomusten mainintoihin maajääoloista (Oraniemi, Pyhä-Kallio, Sattasniemi, Syväjärvi) (Turunen et al. 2015a).

Paliskuntien raportoimista maajäätalvista 75-88 % nähtiin myös mallituloksissa. Jäätömien lumipeitteiden mallinnus onnistui 62–73 % talvista. Maajään mallinnus epäonnistui (maajäää havaittu mutta ei mallin-

nettu) vain 1-2 talvena paliskunnasta riippuen. Mallin antamat väärät hälytykset (maajäää mallinnettu mutta ei havaittu) voivat osaltaan johtua mallin taipumuksesta muodostaa maajäää liian herkästi. Toisaalta kaikkia maajääepisodeja ei välttämättä kirjata paliskuntien toimintakertomuksiin, esimerkiksi jos kyseessä on paikallinen ilmiö tai tilanteesta selviydytään helposti vaikkapa vaihtoehtoisia laidunalueita hyödyntämällä. Mallin luotettavuus maajääolojen todentamisessa oli samaa luokkaa kuin aiemmissa tutkimuksissa (Vikhamar-Schuler et al. 2013, Rasmus et al. 2014b). Myös muita lumimuuttujia ajatellen simulaatioiden tuloksia voidaan pitää luotettavina (Taulukko 3).

2.3.4. Jääkerrosten pehmeneminen

Lauhan jakson tai talvisen vesisateen jälkeen lumipeitteeseen voi syntyä paksujakin jäisiä kerroksia. Riippuen jäisen kerroksen paksuudesta ja sijoittumisesta lumipeitteessä sen pehmeneminen talven edetessä on mahdollista, kokonaan tai osittain. Laboratoriotutkimusten mukaan kiteiden välinen sidostuminen alkaa heiketä ja kiteet muokkautua yksittäisiksi ”ryynilumen” kiteiksi kun lämpötilanmuutos pituusyksikköä kohden lumen pohjaosien ja pinnan välillä on riittävän suuri. Teoriassa tällaisissa olosuhteissa jäinenkin kerros alkaisi pehmetä ja esimerkiksi helpottaa porojen ravinnonsaantia lumen alta. Kokemusperäisesti tiedetään, että paitsi pakkasen ja uuden lumen kertyminen, myös tuuliolot vaikuttavat jäisen lumen pehmenemiseen (Rasmus 2014).

SNOWPACK –mallin avulla arvioitiin karkeasti millä ehdoin paksuhko jäisen lumen kerros lähtee pehmenemään kahden viikon ajanjaksolla (Rasmus 2014). Esimerkiksi otimme alkutalven 2012 tilanteen eteläisessä Lapissa. Marraskuussa koetun leudon jakson jälkeen ohentunut lumipeite muuttui erittäin jäiseksi. Samanlaisia oloja ja näistä aiheutuneita hankaluuksia koettiin laajalti ympäri pohjoista Suomea syystalvella 2012. Haarukoimme mahdollisia säätyyppejä, jotka voivat vallita jäisen lumikerroksen muodostumisen jälkeen. Näissä ei ole huomioitu erittäin leutoja, lisää sulamista aiheuttavia olosuhteita. Laskimme mallin avulla lumen rakenteen kehittymisen kahden viikon aikana kun uutta lunta ei kerry, kertyy tasaisesti 5, 10 tai 20 cm tai kertyy jakson alussa 5, 10 tai 20 cm. Jokaisen vaihtoehdon

sisällä annoimme tuulen olla tasaista ja heikkoa (1 m/s), kohtalaista (5 m/s) tai navakkaa (10 m/s). Eri tuulivaihto-
toehtojen sisällä lämpötila pysyi vakiona lukemissa -0.5 °C, -10 °C, -20 °C tai -30 °C (Rasmus 2014).

2.4. Ilmastoskenaariot

Selvitimme viimeaikaisen kirjallisuuden (mm. Google Scholar –haku) perusteella, miten Suomen poronhoitoalueen talvisen ilmastoon voidaan odottaa lähivuosikymmeninä muuttuvan. Selvityksen tulokset on esitetty tiiviisti **taulukossa 4**.

Arvioimme lisäksi lumiolojen muutosta lähivuosikymmeninä ilmastoon todennäköisesti lämmitessä SNOWPACK-mallin avulla. Käytimme esimerkkipaikkana Sodankylää. Sodankylä sijaitsee keskellä poronhoitoaluetta, ja sen talvi-ilmastosta ja lumioloista edustavat hyvin Suomen pohjois-boreaalisen vyöhykkeen oloja (Pirinen et al. 2012) (**Taulukko 1**).

Mallinsimme Sodankylän lumioloja käyttämällä mallin lähtötietoina Ilmatieteen laitoksen aiemmin tuottamaa REFI-B-aineistoa nykyilmastosta (kontrollijakso, 1980-2009) ja tulevasta ilmastosta (skenaariojakso, 2035-2064). REFI-B –aineistossa nykyilmaston aikasarja on

Taulukko 3. Mallin luotettavuuden arviointi. Havaintojen ja mallitulosten välinen Spearmanin korrelaatio-
kerroin ($p < 0.001^{***}$), keskipvirhe (MBE) ja virheiden neliöllinen keskiarvo (RMSE) (Rasmus et al. 2015b;
Turunen et al. 2015a).

	Korrelaatio	MBE	RMSE
Lumen syvyys (cm)			
Apukka (n=45657)	0.78***	-3.24	15.59
Sodankylä (kaksi aineistoa; n=274/50344)	0.90***	-1.71	11.05
Pokka (n=52732)	0.91***	2.38	12.92
Kilpisjärvi (n= 55589)	0.94***	5.74	15.15
Lumen vesimäärä (mm)			
Pokka (kaksi aineistoa; n=136/148)	0.87***	-4.27	37.70
Sodankylä (kaksi aineistoa; n=164/232)	0.87***	-26.46	42.47
Lumen tiheys (kg m-3)			
Apukka (n=31)	0.60***	-41.44	59.17
Pokka (kaksi aineistoa; n=128/148)	0.73***	-23.39	55.69
Sodankylä (n=185)	0.42***	-67.86	107.84
Havainnot vain Sodankylästä			
Lumipeitteen muodostumispäivä (n=29)	0.79***	2.72	7.97
Lumen sulamispäivä (n=29)	0.97***	2.28	3.25
Heijastunut lyhytaaltosäteily (W m-2; n=697)	0.88***	-3.90	59.07
Pinnan heijastuskyky (n=470)	0.75***	-0.22	0.26
Tuleva pitkäaaltosäteily (W m-2; n=1440)	0.84***	48.88	124.07
Lumen pintalämpötila (°C; kaksi aineistoa; n=229/320)	0.74***	3.08	7.63
Maan pintalämpötila (°C; kaksi aineistoa; n=19/275)	0.73***	-1.30	2.43

muutettu edustamaan lämmennyttä ilmastoa ns. delta –menetelmällä, jossa tunnin välein havaittujen eri säämuuttujien (esim. ilman lämpötila) arvot muunnetaan käytetyn ilmastoennusteen mukaisesti. Menetelmä säilyttää sääaineistossa havaitun vaihtelun sekä säämuuttujien väliset riippuvuussuhteet. Työssä käytettiin ilmastoennusteena useiden eri ilmastomallien antamien tulosten keskiarvoista ennustetta (hankkeesta ”Coupled Model Intercomparison Project, phase 3; kts. Meehl et al. 2007). Ennuste pohjautuu keskiuuren kasvun arviolle tulevien kasvihuonekaasujen päästöissä (A1B-skenaario; IPCC, 2000). Vuoden keskilämpötila oli kontrollijaksolla (1980-

2009) -0.4 °C, ja 2.4 °C skenaariojaksolla (2035-2064). Kuukausittaiset lämpötilamuutokset vaihtelivat: esimerkiksi tammikuun keskilämpötilan nousu oli yli neljä astetta (kontrollijaksolla -13.6 °C; skenaariojaksolla -9.4 °C) kun taas heinäkuun keskilämpötilan nousu jäi noin kahteen asteeseen (kontrollijaksolla 14.5 °C; skenaariojaksolla 16.6 °C) (**Kuva 2a**). Keskimääräinen vuosisadanta nousi kontrollijakson arvosta 522 mm skenaariojakson arvoon 567 mm, kuukausisadantojen kasvu oli suurinta kesän ja alkutalven aikana (**Kuva 2b**). Menetelmällä ei ole tarkoitus ennustaa yksittäisen ajanhetken tai vuoden säätä useiden vuosikymmenien päähän, mutta kontrolli-

Taulukko 4. Lähivuosikymmeninä odotettavissa olevat muutokset Pohjois-Suomen vuodenajoissa. Viitteet:

¹Venäläinen et al. 2001, ²Räisänen et al. 2003, ³Rasmus et al. 2004, ⁴ACIA 2005, ⁵Jylhä et al. 2008, ⁶Räisänen 2008, ⁷Jylhä et al. 2009, ⁸Eklund 2010, ⁹Kellomäki et al. 2010, ¹⁰Kivinen et al. 2012, ¹¹Räisänen & Eklund 2012, ¹²Veijalainen et al. 2012, ¹³Ruosteenoja et al. 2013, ¹⁴Stocker et al. 2013.

Vuodenaika	Muutokset
Kevät	Pakkaskausi päättyy keväällä aikaisemmin ⁷ Lumi sulaa ja pälviä muodostuu aikaisemmin ^{1,2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12} Kasvukausi alkaa aikaisemmin ⁷ Jäänlähtö joista ja järvistä aikaistuu ¹² Kevättulvat pienenevät ja aikaistuvat ¹²
Kesä	Kesät lämpenevät; hellejaksot ovat yleisempiä, pidempiä ja kuumempia ⁷ Kuivuus yleistyy kesällä ja alkusyksystä, mutta kovat sateet ovat aiempaa rankempia ^{7,13} Kasvukausi on pidempi ja lämpimämpi ⁷
Syksy	Sadanta lisääntyy ^{7,12} Jokien virtaamat kasvavat ^{7,12} Pakkaskausi alkaa muutamaa viikkoa myöhemmin ⁷ Lumipeite muodostuu myöhemmin ^{1, 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12} Maa routaantuu myöhemmin ^{1,9} Jokien ja järvien jääpeite muodostuu myöhemmin ¹²
Talvi	Lämpötila nousee ^{4, 5,7, 8,11, 13, 14} Pakkaspäivien lukumäärä vähenee noin kolmanneksen ^{5, 7, 10} Suojapäivien määrä kasvaa, ja niiden päivien joiden aikana lämpötila on sekä nollan ylä- että alapuolella ^{5,7} Talviaikainen sadanta ja lumen sulaminen yleistyy ^{7, 8, 11, 12, 13} Vähälumiset talvet yleistyvät ^{1, 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12} Kuivan pakkaslumen osuus vähenee ja märän tai jäisen lumen osuus kasvaa ³ Talvitulvat yleistyvät ¹² Pilvisuus lisääntyy ¹³ Routa ohenee ^{1,9}

skenaariojaksojen tilastollisia tunnuslukuja voi verrata toisiinsa. Samoin niitä lumimallinnuksen lähtötietoina käyttämällä saatuja mallinnettuja lumioloja ei tule pitää tarkkoina ennusteina yksittäisen ajanhetken tai talven lumioloista. Katso tarkka kuvaus aineistosta ja delta- menetelmästä (Ruosteenoja et al. 2013) sekä lumimallinnuksesta (Turunen et al. 2015a).

2.5. Tilastolliset analyysit

Sekä Ilmatieteen laitoksen havaintoaineistosta arvioituista muuttujista että mallinnustuloksista laskettiin 30 vuoden keskiarvot, minimi, maksimit, keskihajonnat ja variaatiokertoimet. Avoimen (puuttoman) ympäristön mallinnustulokset käsiteltiin erikseen metsäoloja kuvaavista tuloksista.

Pitkän aikavälin trendejä ja niiden merkitsevyyksiä tutkimme Mann-Kendall- ja Sen -testeillä. Lumiolojen samankaltaisuutta paliskunnan sisällä (eli avoimen ympäristön ja keskitiheän / tiheän metsän) ja eri paliskuntien avoimien ympäristöjen välillä arvioitiin laskemalla Spearmanin järjestykskorrelaatiokertoimia (Rasmus et al. 2015b).

Harvinaisten ja poikkeuksellisten olojen rajat arvioitiin paliskuntien avoimille ympäristöille ja metsille lajittelemalla tarkasteltujen suureiden aikasarjat kasvavaan järjestykseen (havainnot tai mallinnustulokset pienimmästä suurimpaan) ja valikoimalla tämän jälkeen kolme pienintä ja suurinta arvoa edustamaan ko. suureen ja ko. paikan harvinaisia oloja ("kerran kymmenessä vuodessa"); pienimmät ja suurimmat arvot edustavat poikkeuksellisia oloja ("kolme kertaa sadassa vuodessa").

2.6. Poronhoitajien kokemukseräinen tieto talviolosuhteiden vaikutuksista

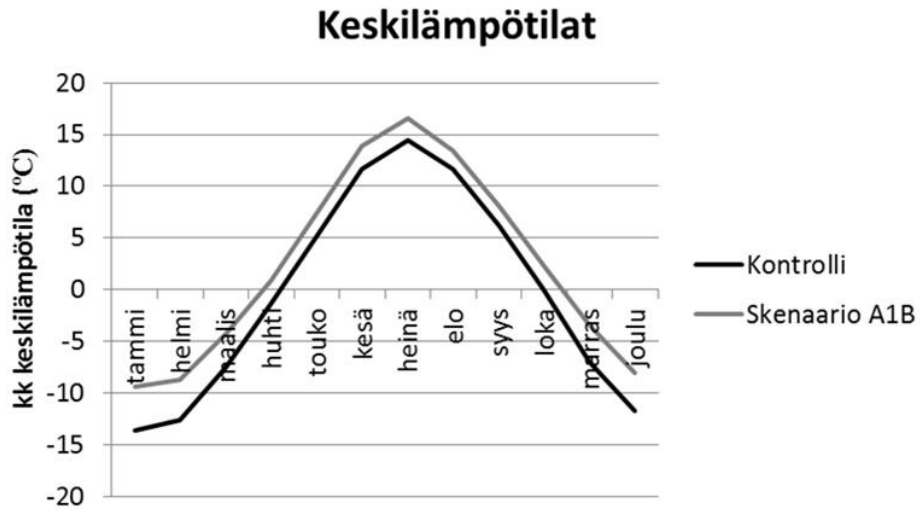
Paliskuntien toimintakertomukset pitävät muun tiedon ohessa sisällään mainintoja laidunolosuhteista sekä poronhoitovuoden sääoloista ja niiden vaikutuksista poronhoitotöihin ja porojen hyvinvointiin. Kävimme läpi vuodesta 1968 alkaen tutkimuspaliskuntien toimintakertomukset, ja kirjassimme ylös talvioloihin liittyvät maininnat (Rasmus et al. 2014a;

2015b). Tarkimmin keskityttiin ajanjaksoon 1981-2010, joka on tuorein ilmastollinen vertailukausi ja kuvaa siis hyvin vallitsevan ilmaston olosuhteita.

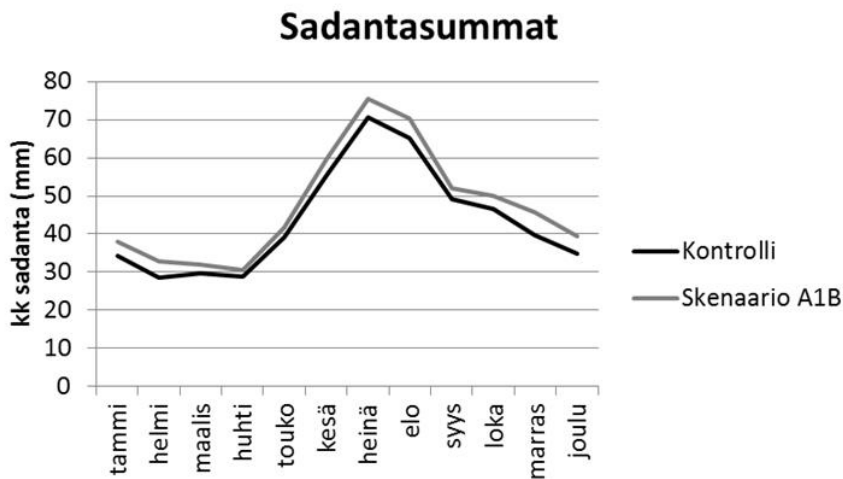
Kokemukseräistä tietoa kerättiin myös haastatteleamalla 21 poronhoitajaa neljässä paliskunnassa (Pojakajärvi, Pohjois-Salla, Kyrö, Käsivarsi) marraskuun 2012 ja tammikuun 2015 välisenä aikana (Turunen et al. 2015a). Haastattelut olivat joko ryhmä- tai yksilöhaastatteluja. Haastattelijoina toimivat Sirpa Rasmus ja Minna Turunen. Haastatteluihin osallistui 19 miestä ja kaksi naista, jotka olivat iältään 23-84-vuotiaita. Heidän joukossa oli tutkimuspaliskuntien poroisännät sekä heidän ja Paliskuntain yhdistyksen ehdottamia henkilöitä. Kolmannes haastatelluista henkilöistä oli eläkkeellä, mutta silti aktiivisesti poronhoitotöihin osallistuvia. Poronhoito oli tai oli ollut haastateltujen päätoimi. Haastattelut toteutettiin suomeksi joko poronhoitajien kotona tai Lapin yliopiston Arktisen keskuksen tai Paliskuntain yhdistyksen tiloissa Rovaniemellä (Turunen et al. 2015a).

Kolmasosa poronhoitajista haastateltiin 2-3 kertaa, jotta haastattelijat saisivat elinkeinosta mahdollisimman kokonaisvaltaisen kuvan. Ensimmäisissä osittain strukturoiduissa haastatteluissa kerättiin taustatietoa paliskunnista ja poronhoitotavoista. Lisäksi keskusteltiin niistä paliskunnan alueista, joilla lumiolosuhteet on koettu helpoiksi tai vaikeiksi ja muistissa olevista talvioloiltaan vaikeista vuosista. Haastattelut nauhoitettiin, litteroitiin ja koodattiin. Toisissa ja kolmansissa haastatteluissa poronhoitajilta kysyttiin, miten sääolosuhteet vaikuttavat poronhoitotöihin ja miten he suhtautuvat muuttuviin vuodenaikoihin (**Liite 2**). Lisäksi käytimme kyselykaavaketta, jossa keskityttiin kolmeen vaikeaan lumiolosuhteeseen: maajään muodostumiseen laiturille, poikkeuksellisen syvälumiseen talveen sekä myöhäiseen lumen sulamiseen keväällä (**Liite 2, osa I**). Poronhoitajia pyydettiin selostamaan selviytymistapojaan poronhoitotöissä em. olosuhteissa, sekä arvioimaan 27 eri tekijän vaikutusta heidän selviytymiseensä poronhoitotöissä asteikolla -5-+5 (-5-vaikeuttaa selviytymistä erittäin paljon, 0-ei lainkaan ja +5-helppottaa selviytymistä erittäin paljon). Tuloksista laskettiin keskiarvot ja hajonnat (Turunen et al. 2015a).

a)



b)



Kuva 2. REFI-B-aineiston kuukausittaiset keskilämpötilat (a) ja sadantasummat (b) nykyilmastossa (kontrollijakso, 1980-2009) ja tulevassa ilmastossa (skenaariojakso, 2035-2064).

2.7. Porotilastot

Paliskuntain yhdistykseltä koottiin vuosittaiset tiedot tutkimuspaliskuntien poromääristä, vasaprozentista ja teurasmääristä. Tilastoissa ”Lukuporot” tarkoittavat syksyn erotuksissa laskettuja yli vuoden ikäisiä poroja, sekä tulevaksi talveksi elämään jätettäviä että teuraaksi meneviä. ”Eloporot” tarkoittavat erotuksissa elämään jätettyjä poroja, niin yli vuoden ikäisiä kuin vasojakin. Jakamalla tietyn vuoden lukuporojen määrä edellisen vuoden eloporojen määrällä saadaan laskettua likimääräinen talvesta selviytymisen indeksi (Winter survival index, WSI). WSI vaihtelee teoriassa välillä 0 ja 1. Alhaiset arvot tarkoittavat suurta kuolleisuutta poronhoitovuoden aikana, esimerkiksi ankarasta talvesta johtuen, ja korkeat arvot ongelmatonta poronhoitovuotta. Porot saadaan koottua erotuksiin eri syksyinä vaihtelevalla menestyksellä, siksi lukemistarkkuus vaihtelee vuosittain. Em. syystä johtuen WSI saattaa saada yli yhden meneviä arvoja ja sitä voidaan pitää vain likimääräisenä indeksinä. Teurasporojen määrään on laskettu sekä yli yksivuotiaat että vasoina teurastetut porot. Vasaprosentti on suhdeluku eloon jääneiden vasojen ja vaatimien määrästä; ankarana talven tai epäedullisen kevään jälkeen prosentti jää alhaisemmaksi kuin hyvien olojen vallitessa. Talviolojen vaikutuksia porokannan tuottavuutta ja hyvinvointia kuvaaviin muuttujiin tutkittiin vertailemalla porotilastoista saatavia aikasarjoja talvien sää- ja lumioloista tuotettuihin aikasarjoihin.

3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

3.1. Vaihtelevat talviset sääolot

Säähavaintoaineistoon pohjautuvat tulokset on esitetty julkaisussa Rasmus et al. (2014a). Pysyvä lumi satoi havaintoasemille keskimäärin lokakuun lopussa tai viimeistään ennen marraskuun puoltaväliä ja suli toukokuun aikana. 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.

Lumen maksimisyvyyden 30-vuotiskeskisarvo (1981–2010) vaihteli havaintoasemilla 68 ja 110 cm välillä, 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 talvina 1991–1992 ja 1996–1997. Myös lumipeitteisen ajan sademäärät vaihtelivat suuresti vuodesta toiseen. Alhaisin havaintoarvo, 89 mm, mitattiin talven 1981–1982 aikana Alamuoniossa, ja suurin talven 1996–1997 aikana Kilpisjärvellä (605 mm). 30-vuotiskeskisarvo oli pienimmillään Kevolla, 170 mm, ja suurimmillaan Kilpisjärvellä, 261mm. Sekä lumen syvyys että sademäärät vaihtelivat vuosittain vähiten poronhoitoalueen keskiosassa ja eniten Kilpisjärvellä (Rasmus et al. 2014a).

Leutojen talvipäivien esiintyminen vaihteli sekä paikkakohtaisesti että talvien välillä. Yleisimpiä lumipeitteisen ajan leudot päivät olivat pohjoisilla havaintoasemilla, erityisesti Kilpisjärvellä. Talvien välinen vaihtelu oli tässäkin tapauksessa pienintä Saariselällä ja suurinta Kilpisjärvellä. Etenkin keskilämpötilaltaan yli 2°C ylittäneet alku- ja keskitalven päivät olivat harvinaisia tarkastelemiemme havaintojen aineistossa: paikkakunnasta riippuen niitä esiintyi 0-7. Sateiden esiintyminen näinä päivinä oli vielä hieman harvinaisempaa. Vuosien välinen vaihtelu leutojen talvipäivien ja talvien sadepäivien määrässä oli merkittävää; mitä harvinaisemmasta ilmiöstä oli kysymys (esimerkiksi keskilämpötilaltaan yli 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 (Rasmus et al. 2014a).

3.2. Lumimallinnukseen pohjautuvat tulokset lumen määrästä ja ominaisuuksista

Lumimallinnukseen pohjautuvat tulokset on esitetty julkaisussa Rasmus et al. 2015b. Suurin osa tuloskuvista sekä taulukoista on koottu tämän raportin liitteeseen 1 (merkitty tekstiin koodilla L).

3.2.1. Keskimääräiset lumiolot paliskunnissa ja vuosienvälinen vaihtelu

Lumen määrässä ja rakenteessa esiintyi kaikissa paliskunnissa suurta vuosien välistä vaihtelua (**Taulukko L-1 – L-3**; vaihteluväli ja keskihajonta). Lumiolot paliskuntien välillä erosivat myös selkeästi toisistaan (keskiarvojen vaihteluväli **taulukkoissa L-1 – L-3**). Lisäksi vaihtelua oli paikallisesti paliskunnan sisällä eli avoimen paikan ja metsäympäristöjen välillä (keskiarvojen vaihteluväli eri ympäristöjen välillä **taulukkoissa L-1 – L-3**). Lumen syvyyden maksimi on loppupalven aikana. Lumipeite on selkeästi ohuempi metsässä, latvuksen alla kuin avoimessa (puuttomassa) ympäristössä (**Taulukko L-1**). Lumen tiheyden alueellinen ja paikallinen vaihtelu on vähäisempää, mutta tiheys selkeästi kasvaa kevättä kohden (**Taulukko L-2**). Maajääkerrokset ovat keskimäärin ohuita alkupalven aikana ja paksuuntuvat kevättä kohden (**Taulukko L-3**). Paksut maajääkerrokset ovat yleisimpiä Poikajärven ja Käsivarren paliskuntien alueella. Metsän vaikutus on pieni. Taulukoissa on listattu myös variaatiokerroin, joka kertoo vuosien välisestä suhteellisesta vaihtelusta ko. muuttujassa. Esimerkiksi maajääkerrosten paksuuden variaatiokerroin vähenee kaikissa paliskunnissa kevättä kohden, eli loppupalven maajääolojen vuosien välinen vaihtelu on pienempää kuin alku- ja keskitalven (Rasmus et al. 2015b).

3.2.2. Lumiolojen paikalliset ja alueelliset korrelaatiot

Useimpien paliskuntien lumipeitteen muodostumispäivien välillä oli vahvoja merkitseviä korrelaatioita jaksolla 1981-2010 aikana, eteläisin Poikajärven paliskunta pois lukien (**Taulukko L-4**). Lumen sulamispäivien välillä korrelaatiot vaihtelivat kohtalaisen ja vahvan välillä. Talven lumen syvyydet korreloivat vahvasti paliskuntien välillä, lukuun ottamatta pohjoisinta Käsivartta. Lumen tiheyden korrelaatiot vaihtelivat kohtalaisen ja vahvan välillä mutta maajään paksuus eri paliskunnissa ei yleisesti ottaen korreloinut (**Taulukko L-5**). Tiheys ja maajääolot olivat samankaltaisimpia eteläisimmässä paliskunnissa (Rasmus et al. 2015b).

Paliskuntien sisällä eri ympäristöjen (avoin ympäristö, keskitiheä ja tiheä metsä) lumen syvyydet kor-

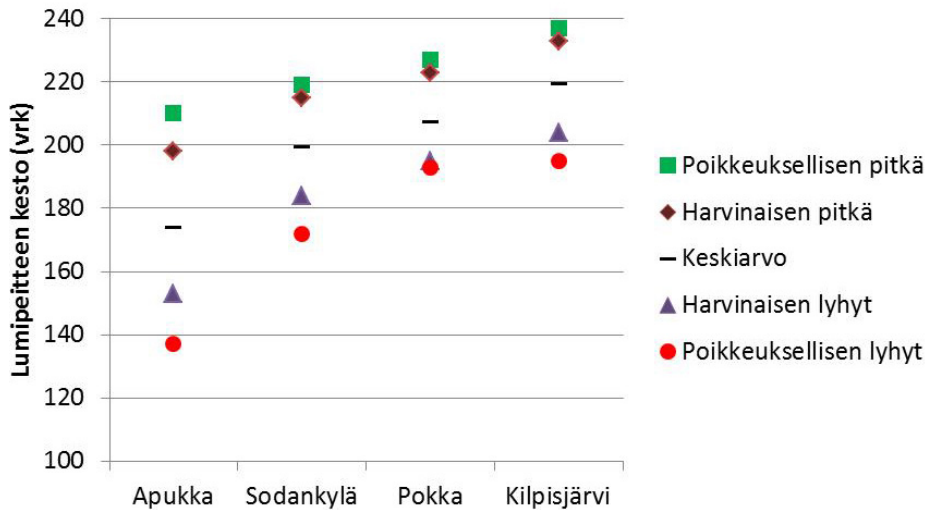
reloivat vahvasti, etenkin eri metsäympäristöjen välillä (**Taulukko L-6**). Myös lumen tiheyksien korrelaatiot olivat vahvimpia eri metsäympäristöjen välillä (**Taulukko L-7**), ja ne olivat vahvimmillaan alkupalvesta. Maajään paksuuden korrelaatiot vaihtelivat loppupalvesta kohtalaisen ja vahvan välillä kaikissa ympäristöissä (**Taulukko L-8**), mutta alku- ja keskitalvesta merkitseviä korrelaatioita nähtiin lähinnä eri metsäympäristöjen välillä. Mallituloksissa oli maajäätä yhtä aikaa kaikissa kolmessa ympäristössä kahdeksan talven aikana. Maajäätä ei ollut missään ympäristöistä viitenä talvena (Rasmus et al. 2015b).

3.2.3. Harvinaiset ja poikkeukselliset olot

Keskimääräinen lumipeitteisen kauden pituus vaihtelee Poikajärven 174 ja Käsivarren 220 vuosittaisen vuorokauden välillä (**Kuva 3**). Poikkeuksellisen lyhyt lumikausi oli Poikajärvellä sen alittaessa 137 vrk, Käsivarressa 195 vrk. Poikkeuksellisen pitkä lumikausi oli Poikajärvellä yli 210 vrk; Käsivarressa yli 237 vrk (Rasmus et al. 2015b).

Harvinaisen tai poikkeuksellisen ohuen tai syvän lumipeitteen rajat vaihtelivat myös suuresti paliskuntien välillä (**Kuva L-1a**), samoin kuin lumipeitteiden, joiden tiheys oli harvinaisen tai poikkeuksellisen pieni tai suuri (**Kuva L-1b**) tai joissa oli maajääkerroksia joiden paksuus oli harvinainen tai poikkeuksellinen (**Kuva L-1c**). Tutkituista paliskunnista paksut maajääkerrokset olivat tyypillisimpiä Käsivarressa (Rasmus et al. 2015b).

Harvinaisen ja poikkeuksellisen rajat olivat erilaisia avoimessa ympäristössä metsäympäristöihin verrattuna. Kuvassa L-2 on esimerkkinä näytetty tuloksia Poikajärven paliskunnasta. Paksuimmat lumipeitteet olivat tyypillisimpiä avoimessa ympäristössä, missä harvinaisen tai poikkeuksellisen paksun lumipeitteen rajat olivat muita tutkittuja ympäristöjä korkeampia (**Kuva L-2a**). Rajat olivat alhaisimpia tiheässä metsässä. Lumen harvinaisessa ja poikkeuksellisessa tiheydessä ei nähty suuria eroja eri ympäristöjen välillä, joskin korkeimmalla olevat rajat lumen keski- ja loppupalven tiheydelle nähtiin tiheissä metsissä (**Kuva L-2b**). Myös paksuimmat maajääkerrokset olivat tyypillisimpiä tiheissä metsissä (**Kuva L-3c**) (Rasmus et al. 2015b).

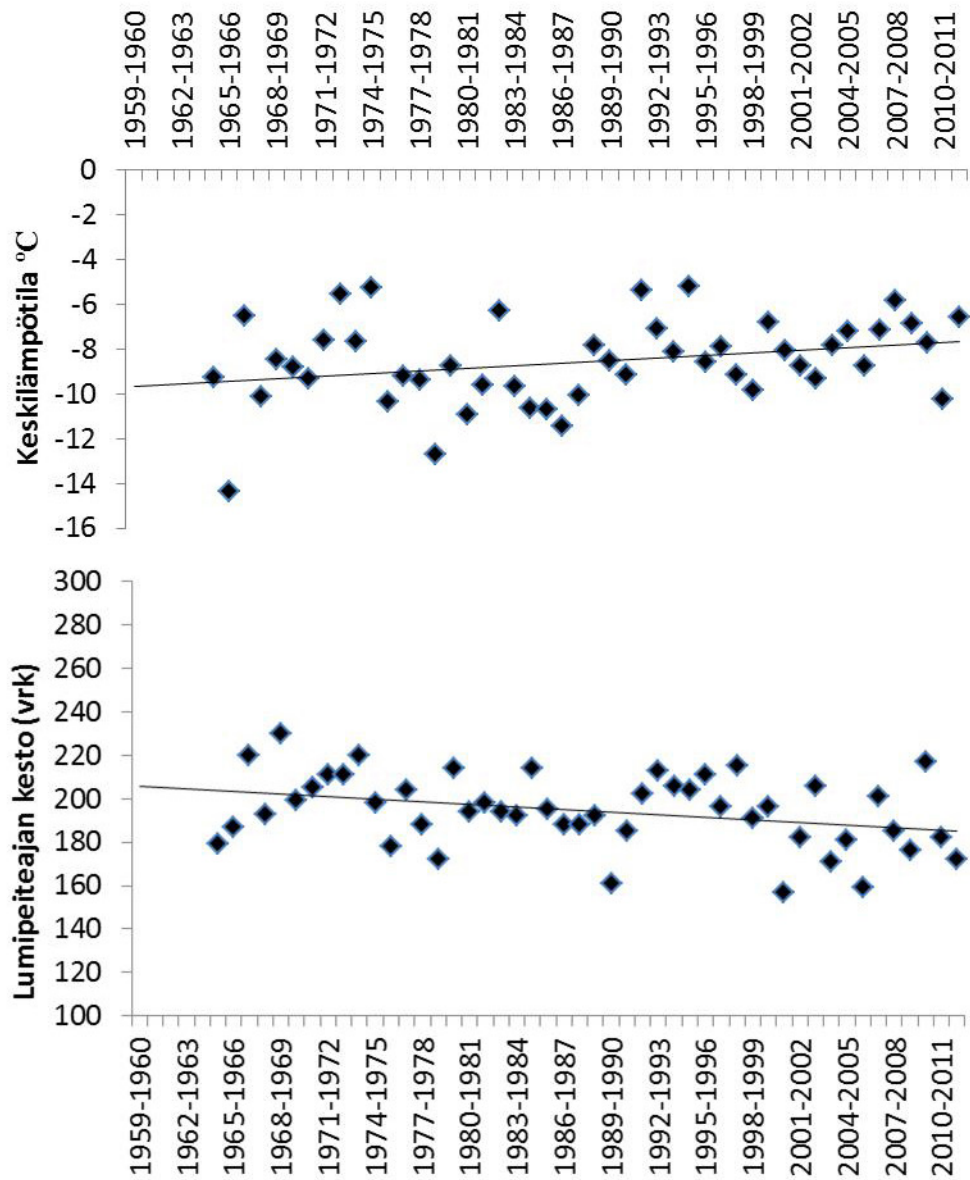


Kuva 3. Harvinaisen ja poikkeuksellisen lyhyen tai pitkän lumipeitteisen kauden keston rajat eri paliskunnissa (Rasmus et al. 2015b). Säähavaintoasemista Apukka edustaa Poikajärven, Pokka Kyrön ja Hammastunturin sekä Kilpisjärvi Käsivarren paliskuntaa. Sodankylän säähavaintoaseman havaintoja käytettiin kuvaamaan keskimääräisiä Metsä-Lapin oloja. Väriön säähavaintoasemalta ei saatu tarpeeksi dataa lumimallinnusta varten.

3.3. Pitkän aikavälin trendit talvisäässä

Pitkien aikasarjojen (**Taulukko 2**) perusteella talvien keskilämpötilat ovat nousseet useilla havaintoasemilla. Alku- ja keskitalvet ovat lämmenneet koko alueella noin kaksi astetta 50 vuodessa (Rasmus et al., 2014a). Tulos vastaa muista lämpötila-aikasarjoista saatuja tuloksia (Tietäväinen et al. 2011, Kivinen et al. 2012). Pitkien aikasarjojen perusteella lumipeiteajan kesto on hiukan lyhentynyt viime vuosikymmeninä kuudella tutkituista havaintoasemista (**kuvassa 4** esimerkki Savukoskelta). Lumen syvyyden trendit olivat aineistossamme heikkoja ja suunnaltaan vaihtelevia. Sadanta-aikasarjassa lumipeitteisen ajan tilastollisesti merkitsevä kasvava trendi näkyy joillakin asemilla. Lumipeitteisen ajan lämpimien päivien ja sadepäivien lukumäärässä 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 alku- ja keskitalvea (lumipeitteen synnystä helmikuun loppuun), tilastollisesti merkitseviä trendejä ei näy. **Taulukkoon 5** on koottu kaikki tutkimuksessa havaitut talvisään tilastollisesti merkitsevät kasvavat ja laskevat trendit. Lisäksi julkaisussa Kivinen ja Rasmus (2015) tarkasteltiin erityisesti Väriötunturin alueen talvikautisten sää- ja lumiolojen vaihtelua ja muutosta vuosien 1978-2012 aikana. Jakson aikana havaittiin tilastollisesti merkitsevää lämpenemistä ja lumipeitteen ohenemista. Suurimmat muutokset näkyivät alkutalven (loka-joulukuu) aikana sekä huhtikuussa. Lumen syvyys pieneni erityisesti metsänrajan alapuolella, mutta ei ylempänä tunturissa. Mallinnetuissa lumen rakenteen 30 vuoden aikasarjoissa näkyi vain muutamia tilastollisesti merkitseviä trendejä. Apukassa tiheiden kerrosten ja maajään paksuus olivat kasvussa keskitiheissä metsäoloissa keski- ja lopputalvesta; Sodankylässä alkutalvesta (Rasmus et al. 2015b).



Kuva 4. Lumipeitteisen ajan keskilämpötila (yllä; °C) sekä pysyvän lumipeitteen kesto (alla; vrk) Savukoskella talvina 1964/1965–2011/2012 (Rasmus et al. 2014a Suomen maantieteellisen seuran luvalla).

Taulukko 5. Havaintoasemien aikasarjoissa havaitut tilastollisesti merkitsevät ($p < 0.055$) kasvavat (+) ja laskevat (-) trendit (varjostetut alueet). Lumen syvyys tarkoittaa lumipeitteisen ajan maksimisyvyyyttä 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 (Rasmus et al. 2014a Suomen maantieteellisen seuran luvalla). Katso katkokset ja puutteet aikasarjoissa **taulukosta 2**.

Havainto- asema	Aikasarja	Tulo- päivä	Sulamis- päivä	Lumen kesto	Lumen syvyys	Sade- määrä	Lämpö- tila	Vrk yli 0 °C	Vrk yli 2 °C
Rovaniemi, lentoasema	1959/1960- 2011/2012				+	+	+	+	+
Rovaniemi, Apukka	1959/1960- 2011/2012	-	-						
Savukoski	1964/1965- 2011/2012		-	-			+		
Sodankylä	1959/1960- 2011/2012		-				+	+	+
Salla, Värriötunturi	1974/1975- 2011/2012								
Sodankylä, Lokka	1961/1962- 2011/2012		-	-		+		-	-
Muonio, Alamuonio	1960/1961- 2011/2012	+							
Sodankylä, Vuotso	1959/1960- 2011/2012								
Kittilä, Pokka	1971/1972- 2011/2012			-			+	+	+
Saariselkä	1977/1978- 2011/2012						+		
Inari, Ivalo lentoasema	1959/1960- 2011/2012	+	-	-	-	+		-	-
Enontekiö, Kilpisjärvi	1979/1980- 2011/2012			-					
Utsjoki, Kevo	1962/1963- 2011/2012	+	-	-					

3.4. Jääkerrosten pehmeneminen

Arvioimme karkeasti SNOWPACK –mallin avulla ehdoon paksuhko jäisen lumen kerros lähtee pehmenemään kahden viikon ajanjaksolla. Tulokset on esitetty julkaisussa Rasmus (2014). Poronhoitajien kokemusperäisen tiedon mukaan tietyt sääolot pehmentävät eli ”hautovat” jäisen kerroksen lumihangessa. ”Hautomisen“ vaikutus voi ulottua paitsi lumipeitteen pinnalla olevaan jäähän, myös syvemmilläkin sijaitseviin jääkerroksiin, myös maajääkerroksiin. Poronhoitajat listasivat ilmiön syiksi mm. tuulen, pakkasen ja uuden lumen (Rasmus, julkaisematon tieto).

Kuvasta 5 näkyy alkutilanne eli SNOWPACK-mallin arvio lumen rakenteesta Apukassa talvena 2012/2013. Apukan sääasema sijaitsee Poikajärven paliskunnassa. Marraskuussa koetun leudon jakson jälkeen ohentunut lumipeite muuttui erittäin jäiseksi.

3.4.1. Pakkanen on hyvästä, uusi lumi ei

Tilanteessa kun uutta lunta ei tule, jäinen lumikerros pehmeni mallilaskelmissa kahden viikon sisällä - paitsi kun lämpötila jätettiin pyörimään vain hiukan alle nollan. Mitä alhaisempi lämpötila ja kovempi tuulen nopeus, sitä nopeammin pehmenemistä tapahtui. Kun lunta tuli tasaisesti 5 cm, vaadittiin vähintään -20 °C lämpötilat ennen kuin pehmenemistä tapahtui – kun lunta tuli tasaisesti 10 cm, lisäksi tarvittiin vielä navakat tuulet. Jos kahden viikon sisällä satoi lunta tasaisesti 20 cm, rakenne ei pehmentynyt millään käytetyistä ehdoista. Entä jos lunta tulee jakson alussa paljon kerralla? Viiden senttimetrin lumisateen jälkeen vaadittiin -30 °C lämpötila ja navakka tuuli alle jääneen jäisen kerroksen pehmittämiseksi. Jos lunta tuli 10 tai jopa 20 cm, ei rakenne pehmentynyt millään käytetyistä ehdoista (Rasmus 2014).

Kun lämpötila pysyi vakiona -0.5 asteessa, ei pehmenemistä tapahtunut olivatpa sade- tai tuuliolot millaiset hyvänsä. 10 miinusasteessa mahdollisuudet pehmenemiseen olivat, jos uutta lunta ei tullut. 20 miinusasteessa lunta sai tulla tasaisesti 5cm, jopa 10cm jos tuuli oli navakkaa. 30 miinusasteessa lunta sai tulla tasaisesti 10cm. -30 °C lämpötila ja navakka tuuli oli ainoa yhdistelmä, joka salli lunta tulla jakson alussa 5 cm niin

että jäinen kerros silti pystyi pehmenemään seuraavan kahden viikon kuluessa (Rasmus 2014).

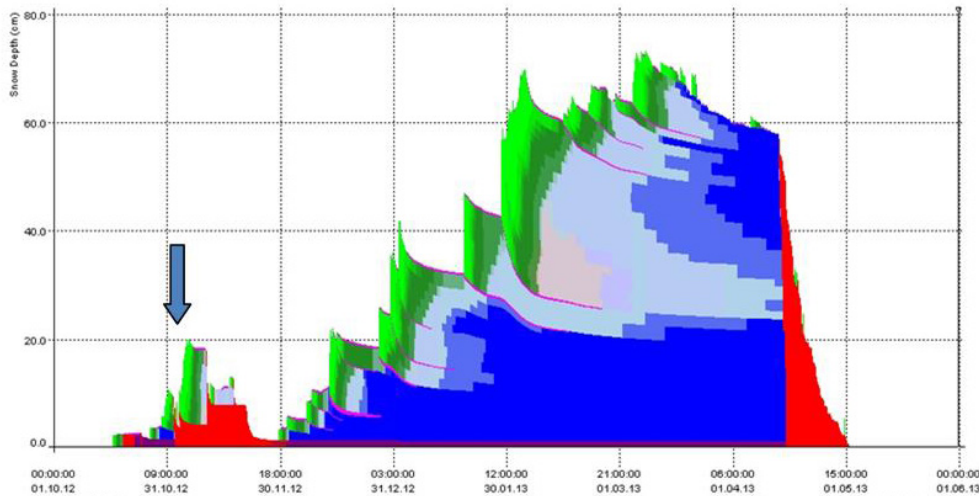
Edellä kuvaillussa esimerkissä poronhoitajien kokemusperäinen tieto ”uuden lumen” ”hautovasta” vaikutuksesta ei näkynyt mallinnustuloksissa.

3.4.2. Toinen esimerkki: hankikanto Pokassa lokakuussa 2009

Teimme edellä kuvatut malliajot toisellekin esimerkitapaukselle, jossa leutojen päivien jälkeen pakkaset saivat Pokassa aikaan muutaman sentin paksuisen hankikannon. Jääkerros oli siis edellä kuvattua esimerkkiä ohuempi, ja lumipeitteen pinnassa (Rasmus 2014).

Mikäli uutta lunta ei satanut, hankikannon pehmenemiseen kahden viikon aikana vaikutti enemmän tuuli kuin pakkasen kireys. Pehmenemiseen ei uuden lumen satamisella ollut useimmissa tapauksissa juurikaan vaikutusta – mikäli pakkasta oli vähintään 10 °C, jäinen kerros pehmeni kahden viikon aikana, tehokkaimmin navakan tuulen tapauksessa. Pakkasan kireydellä ei ollut niin suurta väliä. Lämpimimmissä oloissa jäisen kerroksen pehmeneminen tapahtui kiinnostavaa kyllä useimmiten heikkotuulisissa oloissa – ja nimenomaan niissä tapauksissa kun hangen päälle satoi uutta lunta. Lisäksi uuden lumen pakkaava vaikutus näkyi paitsi hankikannon alla olevan lumikerroksen painumisena kasaan, myös itse jäisen kerroksen ohenemisena (Rasmus 2014).

Taulukosta 6 näkyy kuinka suuri osuus tutkimistamme tapauksista oli otollisia jääkerroksen pehmenemiselle Apukan ja Pokan tapauksissa, kun otettiin huomioon kukin yksittäinen olosuhde (tuuliolo, lämpötilaolo tai uuden lumen määrä). Esimerkiksi olosuhteen ”ei uutta lunta” (tai minkä tahansa lumisateen määrään liittyvän olosuhteen) vallitessa tarkasteltiin tapauksia, joissa tuuli oli heikko, kohtalainen tai navakka; lisäksi kunkin tuuliolon yhteydessä lämpötila saattoi saada neljä eri arvoa. Tarkasteltavia tapauksia kertyi siis yhteensä 12 kappaletta. Vastaavasti, esimerkiksi heikon tuulen (tai minkä tahansa tuuliolosuhteen) vallitessa tarkasteltiin tapauksia, joissa lunta satoi jonkin seitsemästä ehdosta mukaisesti; lisäksi lämpötila saattoi saada neljä eri arvoa. Tällöin tarkasteltavia tapauksia kertyi yhteensä 28 kappaletta.



Kuva 5. Mallinnettu lumen määrän ja rakenteen kehitys lokakuun 2012 alusta huhtikuun 2013 loppuun avoimesa (puuttomassa) maastossa Apukassa, Poikajärven paliskunnassa. Vihreät sävyt merkitsevät uutta lunta, siniset heikosti sidostunutta kuuramaista lunta ja punaiset märkää tai jäistä lunta. Marraskuun puolivälissä koko lumipeite muodostuu jäisestä lumesta. Jäakerroksen muodostumishetki merkitty nuolella (muokattu julkaisusta Rasmus 2014).

Jokaisen lämpötilaolosuhteen vallitessa vaihtoehdot tuuli- ja lumisadeolojen yhdistelmille saadaan yhteensä 21 kappaletta.

3.5. Muuttuvat lumiolut

Ilmastoskenaarioihin ja lumimallinnukseen pohjautuvat tulokset on esitetty käsikirjoituksessa Turunen et al. 2015a. Suurin osa tuloskuvista sekä taulukot on esitetty liitteessä 1 (merkitty tekstiin koodilla L).

3.5.1. Lämpenemisen vaikutukset lumen ominaisuuksiin

Silmämääräinen lumen rakenteiden tarkastelu mallinuskuvien perustella osoittaa, että lähivuosisikymmenten lumipeitteet Sodankylässä ovat nykyistä useammin leudon lumivyöhykkeen lumipeitteiden kaltaisia: lumi sataa ja sulaa alkutalvesta useita kertoja ennen kuin

pysyvä lumipeite muodostuu. Lumiolojen asettuminen kestää huomattavasti nykyistä pidempään. Talven aikana lunta kertyy joidenkin sateiden yhteydessä paljon kerrallaan, mutta lunta kerryttävän sateen jälkeen seuraa usein lämmin kausi ja tapahtuu sulamista. Lopputuloksena on usein nykyistä ohuempia, jäisiä lumipeitteitä. Maajään muodostus on myös nykyistä yleisempää – ja se voi muodostua myös keskitalvella. Jäiset kerrokset pehmenevät nykyistä harvemmin (pakkasjaksojen lyhentyessä ja harvinaistuessa), mutta ne saattavat sulaa kokonaan pois talven aikana (Rasmus 2014).

Lumipeite muodostui skenaariojakson (2035-2064) aikana keskimäärin 19 päivää myöhemmin kuin kontrollijaksolla (1980-2009) ja lumi sulii keskimäärin 16 päivää aikaisemmin (**Taulukko L-9**). Avoimen ympäristön lumen maksimisyvyys on 26 % nykyistä vähemmän; metsän 40% vähemmän (**Kuva L-3a, Taulukko L-9**). Lumi on tiheämpää (**Kuva L-3b, Taulukko L-10**) ja maajäakerrokset paksumpia (**Kuva L-3c, Taulukko L-11**). Vuosien välinen

Taulukko 6. Tutkitut sääolosuhteet ja niiden tapausten osuus, joissa jääkerros pehmeni kahden viikon ajanjaksoilla olosuhteen vallitessa (Rasmus 2014). Apukan sääaseman havainnot edustavat Poikajärven paliskuntaa, ja Pokan havainnot Kyrön ja Hammastunturin paliskuntaa.

Olosuhde	Apukka, maajää	Pokka, hankikanto
Ei uutta lunta (n=12)	66,7 %	83,3 %
Tasaisesti 5cm (n=12)	41,7 %	83,3 %
Tasaisesti 10cm (n=12)	25 %	83,3 %
Tasaisesti 20cm (n=12)	0 %	83,3 %
Alkuun 5cm (n=12)	8,3 %	83,3 %
Alkuun 10cm (n=12)	0 %	83,3 %
Alkuun 20cm (n=12)	0 %	83,3 %
Heikko tuuli (n=28)	21,4 %	96,4 %
Kohtalainen tuuli (n=28)	10,7 %	75 %
Navakka tuuli (n=28)	28,6 %	78,6 %
Lämpötila -0.5 °C (n=21)	0 %	33,3 %
Lämpötila -10 °C (n=21)	9,5 %	100 %
Lämpötila -20 °C (n=21)	28,6 %	100 %
Lämpötila -30 °C (n=21)	38,1 %	100 %

vaihtelu on skenaariojaksos aikana suurempaa kuin kontrollijaksolla (Turunen et al. 2015a).

3.5.2. Metsän vaikutus lumen ominaisuuksiin lämpenevinä talvina

Avoimessa (puuttomassa) ympäristössä ja metsäläpustusten alla tehtyjä malliajoja vertailemalla nähtiin selvästi monipuolisen laidunympäristön arvo myös lumioloja monipuolistavana ja helpottavana tekijänä – myös lämpenevinä talvina (Turunen et al. 2015a). Lumipeitteet muodostuivat ohuemmiksi metsissä kuin aukealla maalla sekä kontrollijaksos (1980-2009) että skenaariojaksos (2035-2064) aikana. Molempien jaksosjen aikana vuosien välinen vaihtelu oli suurempaa metsäympäristöissä. Kontrollijaksos aikana lumi oli osan talvesta tiheämpää ja maajääkerrokset paksumpia avoimessa ympäristössä metsiin verrattuna. Skenaariojaksoslla näin oli koko talven ajan. Vaikka lumen tiheys kasvoi avoimessa ympäristössä skenaariojaksoslla

kontrollijaksoson verrattuna, lumen tiheyden kasvua ei nähty metsäympäristöissä. Myöskään maajääkerrossten paksuus ei kasvanut metsäympäristöissä skenaariojaksosson aikana (Turunen et al. 2015a).

3.5.3. Jäiset olosuhteet nykyilmastossa ja lämpenevinä talvina

Kontrollijaksos (1980-2009) aikana mallituloksissa näkyi maajään muodostusta noin puolessa talvista (Turunen et al. 2015a). Useissa tapauksissa jäiset kerrokset pehmenivät kiteiden muodonmuutosten takia. Läpi talven säilyvä maajääkerros näkyikin mallituloksissa 9 talvena avoimessa ympäristössä ja tiheässä metsässä (31% talvista) sekä 6 talvena keskitiheässä metsässä (21% talvista). Skenaariojaksos (2035-2064) aikana maajään muodostus oli hyvin yleistä. Jääkerrossten pehmeneminen ei lämpimämpinä talvina ole yhtä todennäköistä kuin nykyään (pitkät pakkasjaksot harvinaistuvat), mutta joinakin talvina maajääkerros saattaa kokonaan sulaa.

Läpi talven säilyvä maajääkerros oli skenaariojaksolla paljon nykyistä yleisempi ilmiö: se näkyi mallituloksissa 23 talvena avoimessa ympäristössä (79% talvista), 16 talvena keskitiheässä metsässä (55% talvista) ja 15 talvena tiheässä metsässä (52% talvista) (Turunen et al. 2015a).

3.5.4. Muutokset nykyisin harvinaisten tai poikkeuksellisten lumiolojen yleisyydessä

Skenaariojakson (2035-2064) aikana lumipeite muodostui yleisesti niin myöhään, että nykyilmastossa (1980-2009) muodostumispäivä olisi harvinaisen tai poikkeuksellisen myöhäinen (**Kuva L-4a**). Lisäystä nähtiin myös nykyilmastoa ajatellen harvinaisen tai poikkeuksellisen aikaisten lumipeitteen sulamisten (**Kuva L-4b**) ja avoimen ympäristön ohuiden lumipeitteiden (**Kuva L-4c**) kohdalla. Skenaariojakson aikana ei juurikaan nähty nykyilmastoa ajatellen harvinaisen tai poikkeuksellisen aikaisia lumipeitteen muodostumisia, myöhäisiä lumen sulamisia tai syviä lumipeitteitä. Skenaariojakson aikana avoimen ympäristön lumi oli keski- ja lopputalven aikaan yleisesti niin tiheää, että nykyilmastossa tiheys olisi harvinaisen tai poikkeuksellisen korkea (**Kuva L-4d**). Sama näkyy maajääkerrosten paksuudessa (**Kuva L-4e**). Kontrolli- ja skenaariojaksosten välillä ei nähty eroa harvinaisen tai poikkeuksellisen alhaisten lumen tiheyden tai maajääkerrosten paksuuden arvoissa (Turunen et al. 2015a).

3.6. Poronhoitajien kokemusperäinen tieto talviolosuhteiden vaikutuksista

3.6.1. Toimintakertomukset

Taulukkoon 7 on koottu tutkimuspaliskuntien toimintakertomuksista kootut vaikeisiin talvioloihin liittyneet maininnat. **Taulukossa 8** nämä on listattu vuosittain. Useimmin raportoidut vaikeudet liittyivät lumen myöhäiseen sulamiseen sekä paksuun lumipeitteeseen, jotka merkitsevät poroille pidempää ja vaikeampaa kaivukautta niiden hankkiessa ravintoa lumen alta (Rasmus et al. 2014a). Samalla tavalla porojen talviseen ravinnonsaantiin vaikuttavat maajää ja jäiset kerrokset lumessa. Nämä mainittiin

toiseksi yleisimpinä vaikeuksina talviolosuhteissa. Tämänkaltaiset tilanteet olivat pohjoisissa paliskunnissa (Hammastunturi, Käsivarsi) yleisempiä kuin eteläisemmissä (Rasmus et al. 2014a). Raportoitujen olosuhteiden yleisyys riippuu osittain talvi-ilmaston ominaispiirteistä eri alueilla. Pohjois-Salla, Kyrö ja Pokka ovat kaikki runsaslumisia alueita, ja Kilpisjärvi pitää hallussaan Suomen lumen syvyyden ennätystä. Näillä alueilla myös lumipeiteinen aika kestää pitkään. Käsivarren maajääolojen yleisyyttä voi selittää se, että säähavaintojenkin mukaan leudot talvipäivät ovat Kilpisjärven havaintoasemalla yleisempiä kuin muilla tarkastelluilla asemilla (Rasmus et al. 2014a).

Sääolojen merkitys vaihtelee suuresti laidunympäristön ja poronhoitotavan mukaan. Esimerkiksi Pohjois-Sallassa porojen laidunympäristö on hyvin monimuotoinen. Se sisältää ohutlumisia tunturialueita, kuivia ja karuja mäntymetsiä sekä runsasluppoisia kuusikoita. Niinpä porojen on vaikeissakin lumioloissa mahdollista löytää ravinnon saannin kannalta edullisia laidunalueita (Rasmus et al. 2014a, Turunen et al. 2015a,b). 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. Metsäpaliskunnissa kovat, poron kantavat ja kohottavat kevätthanget mahdollistavat sen, että porot kykenevät käyttämään vanhojen metsien luppojäkäliä ravinnokseen. Kevättalven pehmeä ja syvä lumi koettiin siksi ongelmalliseksi Poikajärven, Pohjois-Sallan ja Kyrön paliskunnissa.

Nykyään useissa paliskunnissa systemaattinen talviaikainen lisäruokinta vähentää sääolojen merkitystä porojen hyvinvoinnille (Nieminen & Autto 1989, Helle & Jaakkola 2008, Nieminen 2010, Turunen & Vuojala-Magga 2011, 2013,2014, Vuojala-Magga & Turunen 2012). Maastoon tarjottu lisärehu antaa poroille lisäenergiaa, jonka avulla ne jaksavat kaivaa vaikeissakin olosuhteissa luonnonravintoa. Toisaalta esimerkiksi Poikajärven paliskunnassa poroja ruokitaan nykyisin paljon myös tarhoissa, joten alueella raportoidaan vaikeista talvioloista muita tutkimuspaliskuntia harvemmin. (Turunen et al. 2015a).

Vaikeita lumioloja koettiin usein 70- luvulla sekä 90-luvulta eteenpäin. Muutamit vuodet on koettu vaikeiksi useissa paliskunnissa. Esimerkiksi vuonna 1972–1973 talvi oli syväluminen, ja sitä pidettiin myös lumen rakenteen kannalta epäedullisena. Vuosina 1984–1985 epävakaa alkutalvi aiheutti laidunten jäätymistä ja paikoin ravintokasvien homehtumista. Lisäksi lumi sulii keväällä myöhään. Myös talven 1996–1997 aikana porojen ravinnonsaanti oli monilla alueilla vaikeaa runsaan lumentulon ja paikoin myös jäisten tai homeisten laidunten takia (Rasmus et al. 2014a, Turunen & Vuojala-Magga 2014,). Talvinen lisäruokinta yleistyí ja tehostui voimakkaasti useimmissa paliskunnissa juuri talven 1996–1997 jälkeen (Turunen & Vuojala-Magga 2011, 2013,2014, Vuojala-Magga & Turunen 2012).

3.6.2 Vaikeiden talviolojen vaikutukset poronhoitotyöhön

Haastatellut poronhoitajat listasivat havaintojaan vuodenaikojen sääilmiöiden vaikutuksista poronhoitoon (**Taulukko 9**). Haastattelujen tulokset on esitetty käsikirjoituksessa Turunen et al. (2015a). Kun porojen ravinnonsaanti lumen läpi vaikeutuu esim. maajään muodostuksen vuoksi, porot hajaantuvat etsimään alueita, joilla ravinnon saanti on helpompaa. Myös ravinnon laadun heikkeneminen esim. homeiden muodostumisen johdosta aiheuttaa porojen hajaantumista. Homeiden muodostumisesta ovat aiemmin raportoineet Kumpulainen et al. (2000) ja Turunen et al. (2009). Joskus porot hajaantuvat runsaan ravinnon vuoksi, esim. hyvänä

sienisyksynä. Porojen kokoaminen syksyllä erotuksia varten voi olla hidasta porojen hajaantumisen vuoksi, tai ohut tai epäyhtenäinen lumipeite voi vaikeuttaa poronhoitajien liikkumista maastossa. Myöhään muodostuvat tai heikot jääpeitteet voivat joko vaikeuttaa (riski hukkumisille kasvaa) tai helpottaa poronhoitoa (vesiesteet saattavat auttaa porojen kokoamista). Erotusten myöhästyminen esim. porojen kokoamisessa koettujen vaikeuksien vuoksi alentaa teurastettavien vasojen painoa – vasojen paino alkaa pudota nopeasti lumipeitteen muodostuttua, etenkin luonnonlaitumille perustuvassa poronhoidossa (Heikkinen et al. 2012).

Talven aikana porot voivat hajaantua jäisten kerrosten muodostuessa lumeen tai joskus kovien tuulen lisättyä lumen päälle pudonneiden loppojäkälien määrää äkillisesti ("lupposade"). Tämä merkitsee poronhoitajien kustannusten kasvua, sillä liikkuminen maastossa ja polttoaineiden kulutus kasvavat. Talviiseen poronhoitotyöhön kuuluu myös porojen suojeleminen pedoilta ja petojen tappamien poronraatojen etsiminen, jotka molemmat lisäävät kelkkailutunteja ja polttoainekustannuksia. Kun lumi on jäistä tai se on erittäin syvä (porojen on käytettävä paljon energiaa kaivettavan ravinnon saamiseksi), eteen voi tulla porojen ruokinta maastoon tai porojen ottaminen tarhoihin ruokittavaksi. Tämä lisää poronhoidon kustannuksia (Turunen et al. 2015a,b).

Myöhäinen lumen sulaminen ja kasvukauden alku aiheuttaa sen, että kantavilla tai imettävillä vaatimilla ei välttämättä ole riittävästi ravintoa energiankulutukseensa nähden. Tilanne voi olla katastrofaalinen

Taulukko 7. Esimerkkipaliskuntien toimintakertomuksista kootut maininnat vaikeista talvioloista (talvilta 1968/1969–2012/2013) (Rasmus et al. 2014a Suomen maantieteellisen seuran luvalla).

	Syvä lumi	Myöhäinen lumen sulaminen	Maajää	Homeita laitumilla	Pehmeä kevät lumi	Jäisiä kerroksia	n
Poikajärvi	2	3	3	1	1	3	44
Pohjois-Salla	14	11	5	1	2	-	44
Kyrö	8	8	3	2	1	1	44
Hammastunturi	3	7	6	2	-	2	44
Käsivarsi	4	7	10	-	-	2	44

Taulukko 8. Tutkimuspaliskuntien toimintakertomuksissa raportoidut vaikeat lumiolosuhteet talvina 1968/1969 – 2012/2013. Pitkä kevät tarkoittaa myöhäistä lumen sulamista.

	Poikajärvi	Pohjois-Salla	Kyrö	Hammastunturi	Käsivarsi
1968/ 1969		Syvä lumi			
1970/ 1971		Pitkä kevät		Maajää	
1971/ 1972		Pitkä kevät	Pitkä kevät		Jäinen lumi
1972/ 1973		Syvä lumi, pitkä kevät	Syvä lumi	Syvä, jäinen lumi	Syvä lumi
1973/ 1974			Syvä lumi, pitkä kevät		
1974/ 1975			Syvä, jäinen lumi		
1976/ 1977	Pehmeä lumi	Pitkä kevät	Syvä, pehmeä lumi		Syvä lumi
1977/ 1978			Maajää		Maajää
1978/ 1979		Maajää	Maajää, homeita		
1979/ 1980	Jäinen lumi	Syvä lumi	Pitkä kevät		Maajää
1980/ 1981		Syvä lumi, pitkä kevät		Syvä lumi	
1983/ 1984					Maajää
1984/ 1985		Pitkä kevät, pehmeä lumi	Homeita	Maajää, pitkä kevät	Maajää
1986/ 1987	Jäinen lumi				
1989/ 1990					Maajää
1990/ 1991	Jäinen lumi				
1991/ 1992	Maajää, homeita	Maajää, syvä lumi			
1992/ 1993		Syvä lumi	Syvä lumi		
1993/ 1994		Syvä lumi			
1994/ 1995	Pitkä kevät	Syvä lumi			Pitkä kevät
1995/ 1996	Pitkä kevät	Pitkä kevät	Pitkä kevät	Pitkä kevät	Pitkä kevät
1996/ 1997	Pitkä kevät	Syvä lumi, pitkä kevät	Syvä lumi	Syvä lumi, homeita	Syvä lumi
1997/ 1998		Syvä lumi	Syvä lumi	Pitkä kevät	Maajää
1998/ 1999			Maajää		Maajää
1999/ 2000		Syvä lumi		Jäinen lumi, pitkä kevät	Maajää
2003/ 2004		Maajää			
2004/ 2005		Pitkä kevät		Maajää, pitkä kevät	
2006/ 2007	Maajää	Maajää, syvä lumi	Pitkä kevät	Maajää, homeita, pitkä kevät	Maajää, pitkä kevät
2007/ 2008		Pitkä kevät	Pitkä kevät	Maajää	Pitkä kevät
2008/ 2009			Pitkä kevät		
2009/ 2010	Syvä lumi	Syvä, pehmeä lumi			Maajää, pitkä kevät
2010/ 2011				Maajää, pitkä kevät	
2011/ 2012	Syvä lumi	Homeita, pitkä kevät	Pitkä kevät		Pitkä kevät
2012/ 2013	Maajää	Maajää, syvä lumi	Syvä lumi		Syvä, jäinen lumi, pitkä kevät

syntyville vasoille, jotka voivat menehtyä syvään ja pehmeään lumeen tai jäädä helposti petojen saaliiksi. Myöhäisen kevään aiheuttamista vaikeuksista on raportoitu myös aiemmissa tutkimuksissa (Mårell et al. 2006, Turunen et al. 2009, Vuojala-Magga et al. 2011, Tveraa et al. 2013).

Vaikka talvi onkin poroille kriittinen vuodenaika, haastatellut poronhoitajat muistuttivat, että poron kuntoon ja talvesta selviämiseen vaikuttavat kumulatiivisesti kaikkien vuodenaikojen olot. Kesäoloilla on tärkeä merkityksensä. Poroille sopivat kesäolot auttavat toipumaan vaikeankin talven rasituksista. Hellekesinä etenkin vasat kärsivät korkeista lämpötiloista ja hyönteiskiusasta (räkästä), ja tällaisen kesän jälkeen huonokuntoisen poron voi olla vaikea selvitä talvesta. Myös erittäin kylmä ja sateinen kesä voi vaikuttaa heikentävästi vasojen kasvuun (Turunen et al. 2009, 2015a).

Muuttuvia vuodenaikoja (**Liite 2, osa II**) pohtineet haastatellut poronhoitajat näkivät lyhenevän lumipeitteisen ajan hyödyttävän poroa ja poroelinkeinoa. Etenkin aikaistuva lumen sulaminen ja kasvukauden alku nähtiin elinkeinoa hyödyttävänä tekijänä. Epävakaisten alkutalvien ja yleistyvien maajääolojen nähtiin puolestaan aiheuttavan vaikeuksia poroille ja poroelinkeinoille, sekä lisäävän poronhoidon kustannuksia (Turunen et al. 2015a).

3.6.3. Poronhoitajien selviytymiskeinot vaikeissa talvioloissa

Poronhoitajien listaamia selviytymiskeinoja edellä lueteltuihin vaikeisiin oloihin on myös koottu **taulukko 9**. Selviytyäkseen yhä haasteellisemmista säistä ja lumioloista, poronhoitajat lisäävät porojen hallintaa, tehostavat laidunmaan monimuotoisuuden hyödyntämistä, ottavat poroja tarhoihin ja aloittavat niiden lisäruokinnan tai tehostavat sitä (Turunen & Vuojala-Magga 2011, 2013, 2014, Turunen et al. 2015a). Porojen hallinnan lisääminen voi tarkoittaa niiden kokoamista ja paimenuksen tehostamista, esimerkiksi yhteen kootujen porojen ajamista moottorikelkalla ympäri jopa kahdesti päivässä. Tämä myös suojaa poroja pedoilta. Laidunympäristön monipuolisuutta voidaan hyödyntää laidunkierron avulla tai ottamalla käyttöön vaikeita lumioloja varten säästettyjä alueita. Poroja voidaan

myös ohjata esimerkiksi syvälumisena talvena ohutlumisille alueille (esim. tuntureihin). Toisissa paliskunnissa luotetaan vapaaseen laidunnukseen ja siihen, että porot löytävät monipuolisessa ympäristössä ravintonsa (esim. Pohjois-Sallassa, jossa laidunympäristö on erittäin monimuotoinen), ja toisissa paliskunnissa taas pyritään aktiivisesti ohjailemaan poroja sopiville laidunmaille. Poikajärveä lukuun ottamatta (sijainti kaupungin läheisyydessä) kaikissa tutkimuspaliskunnissa on käytössä laidunkierto. Useimmiten laidunkiertoaikat erottavat kesä- ja talvilaitumet toisistaan, ja estävät poroja tallaamasta lumettomana aikana talvialueiden jäkälikköjä. Käsivarressa kullakin siidalla on oma laidunkiertoonsa omalla alueellaan. Osa haastatelluista poronhoitajista esitti, että poronhoidon sopeutumista lämpeneviin talviin olisi järkevämpää ja kestävämpää tukea ei pelkästään lisäruokinnalla, vaan myös luonnonlaitumien järkevään käyttöön ohjaamisen, esim. laidunkierron suunnittelun avulla (Turunen et al. 2015a).

Tärkeä nykyinen poronhoidon selviytymiskeino on talvinen lisäruokinta, jota voidaan harjoittaa maastossa tai tarhoissa (Aschfalk et al. 2003, Helle & Jaakkola 2008, Nieminen 2010, Turunen & Vuojala-Magga 2011, 2013, 2014, Halvorsen 2012, Vuojala-Magga & Turunen 2012, Turunen et al. 2013). Lisäruokinnan avulla voidaan houkuttaa poroja alueelta toiselle tai pysymään tietyllä alueella. Se voidaan aloittaa vaikeiden olosuhteiden vuoksi, tai sitä voidaan tehostaa niiden aikana. Myös tekniset apuvälineet ovat tärkeässä roolissa vaikeista talvioloista selviämisessä kaikissa tutkimuspaliskunnissa. Uudet viestintä- ja tietotekniset välineet auttavat poronhoitotöissä. Esimerkiksi porojen paikannuksen mahdollistavat GPS-pannat auttavat eläinten liikehännän seuraamisessa. Osassa paliskunnista, esim. Pohjois-Sallassa, käytetään helikopteria porojen kokoamisen apuna (Turunen et al. 2015a).

Haastattelujen mukaan poronhoitaja ei vasonta-aikaan voi tehdä paljoakaan vaikeista sääoloista selviytymisen hyväksi. Vasovia vaatimia on koetettu paimentaa sopiville alueille, ja esimerkiksi Hammastunturissa ja Käsivarressa on käytetty osaksi aitasotusta. Aitasotus on kuitenkin kallista porojen ruokinnan vuoksi, ja tautiriski saattaa kasvaa. Pohjois-Sallassa oli sotien jälkeen vielä käytössä hihnavasotus. Hihnavasotus hylättiin 1960-luvulla paitsi metsätalouden takia myös kasvaneiden poromäärien ja menetelmän työläyden myötä.

Sekä aita- että hihnasoitus suojaavat vassoja pedoilta ja mahdollistavat vassojen varhaisen merkinnän (Hannula 2000, Vuojala-Magga & Turunen 2012, Turunen & Vuojala-Magga 2014).

Kun talviolot muuttuvat vaikeiksi, päätös valittavasta selviytymiskeinosta tehdään nopeasti. Päätös perustuu haastateltujen poronhoitajien mukaan omaan ja toisten poronhoitajien kokemuseräiseen tietoon ja havaintoihin. Säätä tarkkaillaan, lumen rakennetta tutkitaan kaivamalla kuoppa lumeen ja porojen käyttäytymistä ja liikehdintää seurataan esim. GPS-pantojen ja tietokoneen tai kännykän avulla. Ennen päätöksen tekoa keskustellaan tilanteen mukaan perheenjäsenten, sukulaisten tai tokkakunnan/siidan jäsenten kanssa, tai paliskunnan poroisännän ja hallituksen kanssa. Haastattelujen mukaan yksilöllinen päätöksenteko on lisääntynyt kollektiivisen päätöksenteon sijaan (Turunen et al. 2015a).

3.6.4. Vaikeista talvioloista selviytymiseen vaikuttavat tekijät

Taulukkoon 10 on koottu poronhoitajien käsitykset siitä, mitkä tekijät vaikeuttavat tai helpottavat poronhoitotöitä vaikeissa talvioloissa (Turunen et al. 2015a,b). Suuri keskihajonta jonkin tekijän kohdalla merkitsee sitä, että tekijän merkitys vaihtelee suuresti eri poronhoitajien vastausten välillä. Vaikeista talvioloista selviytymistä vaikeutti eniten petojen esiintyminen. Petojen (ahma, susi, karhu, ilves, maakotka) tappamien ja korvattujen porojen määrä oli tutkimuspaliskunnista suurin Käsivarressa ja pienin Poikajärvellä (Taulukko 1). Petojen ja petovahinkojen määrä on ollut kasvussa viime vuosikymmeninä ja oli tutkimusjakson aikana korkea. Erityisesti ahmavahinkoja oli paljon. Haastateltujen mukaan lumiolut vaikuttavat petovahinkojen syntyyn: vahinkoja tulee paljon erityisesti silloin kun lumi kantaa kävelevän poron ja esim. ahman, mutta ei pakoon pyrkivää poroa (Turunen et al. 2015a). Em. olosuhteet aiheuttivat suuret ahmavahingot esimerkiksi Kyrön paliskunnassa talven 2011/2012 aikana. Petokannan vahvistuminen on osaltaan heikentänyt elinkeinon tuottavuutta etenkin poronhoitoalueen itä- ja kaakkoisosissa (Kainulainen 2011). Ratkaisun tilanteeseen olisi oltava kompromissi Suomen kansainvälisten sitoumusten ja myös poroelinkeinoon hyväksymien menettelytapojen välillä (Turunen et al. 2015a).

Poronhoidon kanssa kilpailevat samoista maa-alueista esimerkiksi metsätalous, matkailu, ihmisasutus sekä tie- ja rataverkosto. Muu maankäyttö nähtiin selviytymistä vaikeuttavana tekijänä: se pienentää laidunpinta-alaa, vaikeuttaa maaston monipuolisuuden hyödyntämistä ja laidunkierron toteuttamista. Myös epävarmuus tulevasta maankäytöstä vaikeuttaa tilannetta. Pohjois-Sallan, Kyrön ja Käsivarren haastatellut poronhoitajat mainitsivat suunnitelmat kaivoshankkeista ja koeporaukset. Suojelualueet ovat tärkeitä laidunalueita Hammastunturissa, Kyrössä ja Pohjois-Sallassa – toisaalta porojen laidunnus suojelualueilla saattaa olla paikoin haitallista. Poronhoitajien mukaan erityisesti suojelualueiden vanhat kuusimetsät, joissa kasvaa luppojäkälää turvaavat porojen ravinnonsaantia syvälumisina talvina tai jos lumi on jäistä. Suojelualueiden hyödyntäminen on vaikeampaa vasomisaikaan ihmistoiminnan aiheuttaman häiriön vuoksi (matkailu). Haastatellut korostivat poronhoitajien aidon osallistumisen tärkeyttä maankäytön suunnitteluhankkeiden kaikissa vaiheissa. Tähän saakka osallistuminen on ollut muodollista (Turunen et al. 2015a). Paliskuntainyhdistyksen on julkaissut ohjeistuksen siitä, kuinka poronhoito tulisi huomioida maankäyttöhankkeissa (PY 2013).

Poronhoitajien selviytymistä vaikeuttavat myös pororehujen, ostoheinän ja polttoaineen korkeat hinnat (Turunen et al. 2015a). Nykymuotoisen poronhoidon kustannukset ovat korkeat (Forbes et al. 2006, Heikkinen et al. 2012, Turunen & Vuojala-Magga 2014). Valtion tuki ohjaa kohti suurempia porolukuja poronmistajaa kohden, eikä huomioi riittävästi vähän poroja omistavien poronhoitajien tarpeita tai sivutoimista poronhoitoa (Saarni & Nieminen 2011).

Vaikeista oloista selviytymistä helpottavat tieto ja taito porojen käyttäytymisestä ja käsittelystä; myös arvostus omaa elinkeinoaan kohtaan auttaa jaksamaan ja hakemaan selviytymiskeinoja (**Taulukko 10**) (Turunen et al. 2015a,b). Kokemuseräinen tieto laidunympäristön kasvillisuudesta, pinnanmuodoista ja talvioloista lisää sopeutumiskykyä myös vaikeissa olosuhteissa. Haastattelujen mukaan monipuolinen laidunympäristö helpotti vaikeista oloista selviytymistä. Erityisesti tämä näkyy Pohjois-Sallassa, missä vapaan laidunnuksen periaate yhdistyy erittäin vaihtelevaan luonnonympäristöön (Turunen et al. 2015a,b).

Taulukko 9. Erilaisten sää- ja luonnonolojen vaikutuksia poronhoitoon, ja poronhoitajien käyttämiä selviytymiskeinoja eri vuodenaikoina. Taulukko perustuu vuosina 2012-2015 tehtyihin haastatteluihin (Turunen et al. 2015a,b).

Vuodenaika	Sää- / luonnonolosuhde	Vaikutus poroihin / poronhoitoon	Selviytymiskeinoja
Syksy	Lämmin syksy. Maa routaantuu ja lumi- ja jääpeite muodostuvat myöhään	<ul style="list-style-type: none"> Rykimä viivästyy, eriaikaistuu Porojen kokoaminen ja saaminen erotuspaikoille vaikeaa Lisätöitä ja –kustannuksia Teuraspainot alenevat eli lihaa on vähemmän myytäväksi Riski hukkumisille kasvaa 	<ul style="list-style-type: none"> Paimennuksen tehostaminen Helikopterin käyttö kokoamisessa Heikkojen jäiden välttäminen
	Paljon sieniä	<ul style="list-style-type: none"> Porot hyvässä kunnossa, mutta hajaantuvat ravinnon perässä. Porojen kokoaminen ja saaminen erotuspaikoille vaikeaa. 	<ul style="list-style-type: none"> Paimennuksen tehostaminen
	Homeiden muodostuminen laitumille	<ul style="list-style-type: none"> Porot hajaantuvat hakemaan parempilaatuista ravintoa Kuolleisuutta homemyrkköjen vuoksi 	<ul style="list-style-type: none"> Paimennuksen tehostaminen Laidunympäristön monipuolisuuden hyödyntäminen Ruokinnan aloittaminen tai tehostaminen
Talvi	Maajään tai jääkerrosten muodostuminen lumipeitteeseen	<ul style="list-style-type: none"> Porot hajaantuvat hakemaan helpompia laidunnusolosuhteita tai luppometsiä 	<ul style="list-style-type: none"> Paimennuksen tehostaminen Laidunympäristön monipuolisuuden hyödyntäminen Ruokinnan aloittaminen tai tehostaminen Porojen ottaminen tarhoihin
	Syvä lumipeite	<ul style="list-style-type: none"> Liikuminen ja kaivaminen kuluttavat porojen energiavaroja Poronhoitajien liikkuminen moottorikelkoilla vaikeaa Petovahinkojen riski kasvaa 	<ul style="list-style-type: none"> Paimennuksen tehostaminen (vähentää myös petovahinkoriskiä) Laidunympäristön monipuolisuuden hyödyntäminen Ruokinnan aloittaminen tai tehostaminen Jälkien ajaminen moottorikelkalla porojen liikkumisen avuksi
	Pitkät pakkasjaksot	<ul style="list-style-type: none"> Porojen energiavarannot hupenevat nopeammin 	<ul style="list-style-type: none"> Ruokinnan aloittaminen tai tehostaminen
	Kovat tuulet tai talvimyrskyt	<ul style="list-style-type: none"> Porot hajaantuvat ravinnon perässä 	<ul style="list-style-type: none"> Paimennuksen tehostaminen
	Pitkät lumettomat jaksot	<ul style="list-style-type: none"> Ravinnon saanti helpottuu 	<ul style="list-style-type: none"> Luonnonravinnon hyödyntäminen (ruokinnan tarpeen vähentyminen ja kustannusten aleneminen)
Kevät	Aikainen lumen sulaminen	<ul style="list-style-type: none"> Tuoretta ravintoa saatavilla 	<ul style="list-style-type: none"> Tuoreen ravinnon hyödyntäminen
	Myöhäinen lumen sulaminen	<ul style="list-style-type: none"> Etenkin kantavien vaatimien energiavarannot hupenevat Tuoretta ravintoa ei saatavilla Vasoja menehtyy syvään ja pehmeään lumeen Vasoja jää petojen saaliiksi 	<ul style="list-style-type: none"> Aitavasotus Porojen paimennus vähälumisille alueille
Kesä	Pitkät helteet	<ul style="list-style-type: none"> Porot, etenkin vasat kärsivät kuumuudesta ja hyönteiskiusasta, etenkin merkintöjen aikaan. 	<ul style="list-style-type: none"> Vältetään merkintää kuumimpina aikoina Lykätään merkintöjä
	Rankat sateet	<ul style="list-style-type: none"> Vasat kärsivät 	

Taulukko 10. Eri tekijöiden vaikutus siihen, miten poronhoitajat selviytyvät vaikeista talvioloista, erityisesti maajään muodostumisesta ja syvälumisesta talvesta. Haastateltavia poronhoitajia pyydettiin arvioimaan 26 tekijän vaikutusta heidän selviytymiseensä poronhoitotöissä asteikolla -5–+5 (-5–vaikeuttaa selviytymistä erittäin paljon, 0–ei lainkaan ja +5–helpottaa selviytymistä erittäin paljon). Taulukossa on esitetty keskiarvot ja hajonnat saatujen vastausten (n=15–18) pohjalta. Haastattelut tehtiin vuosina 2012-2015 (Turunen et al. 2015a,b).

Vaikuttava tekijä	Keskiarvo	Keskihajonta	n
Helpottavat tekijät			
Tieto ja taito porojen käsittelystä	+3.94	1.16	17
Oma arvostus elinkeinoa kohtaan	+3.88	1.18	17
Laidunympäristön monipuolisuus	+3.78	0.92	18
Laidunkierron käyttö	+3.56	1.74	18
Teknisten apuvälineiden käyttö	+3.55	1.53	18
Lisäruokinta	+3.00	1.28	17
Porojen laidunnustapa (paimennus ym)	+2.78	1.69	18
Paliskunnan tuki	+2.28	1.69	18
Luppolaitumien määrä	+1.90	3.1	17
Muun yhteiskunnan tuki	+1.83	1.95	18
Muiden arvostus elinkeinoa kohtaan	+1.69	2.39	16
Omien peltojen määrä	+1.56	2.56	18
Poronhoitajien osa/täysiaikaisuus	+1.41	2.55	17
Sääennustusten laatu	+1.33	1.45	18
Työvoiman määrä	+1.22	2.72	18
Oman tokkakunnan/siidan tuki	+0.93	1.48	15
Epävarmuus / varmuus poronhoidon jatkuvuudesta	+0.53	3.09	17
Oma taloudellinen tilanne	+0.25	3.38	16
Vaikeuttavat tekijät			
Petojen esiintyminen	-4.33	0.75	18
Muu maankäyttö	-3.83	0.76	18
Pororehujen hinta	-3.23	0.80	17
Polttoaineiden hinta	-2.94	1.96	18
Epävarmuus tulevasta maankäytöstä	-2.65	1.64	17
Ihmistoiminnan aiheuttama häiriö	-2.33	1.37	18
Lainsäädäntöön liittyvät tekijät	-1.29	1.93	17

Tämän tutkimuksen tulokset laidunympäristön monipuolisuuden merkityksestä poronhoidolle ovat samansuuntaiset aiempien tutkimusten kanssa (Tyler et al. 2007, Riseth et al. 2010).

Haastatellut poronhoitajat kokivat elinkeinon jatkuvuuden turvatuksi, sillä tutkimuspaliskunnissa on lapsiperheitä ja nuoria poronhoitajia. Työvoiman puute kuitenkin vaikeuttaa porotöitä, sillä suuri osa poronhoitajista on osa-aikaisia. Tekniset apuvälineet paikkaavat nykyään osaltaan työvoiman puutetta; joskus intensiivinen lisäruokinta tai porojen tarhaus on miltei välttämätöntä poronhoidon osa-aikaisuuden vuoksi. Teknisiä apuvälineitä käytetään yhdessä perinteisen, kokemusperäisen tiedon kanssa. Tämä tekee poronhoidosta tehokkaampaa, mutta eri-ikäisten poronhoitajien yhdessä viettämä aika porotöissä on nykyään vähäisempi kuin menneinä vuosikymmeninä. Haastatteluissa nousi esiin kysymys, siirtyykö perinteistä tietoa kaikissa paliskunnissa riittävästi nuoremmalle sukupolvelle (Turunen et al. 2015a).

3.7. Porotilastot

Porotilastoihin perustuvat taulukot on koottu **liitteen I** (merkitty tekstiin koodilla L). **Kuvaan 6** on koottu Paliskuntain yhdistyksen arkistosta koottuja tutkimuspaliskuntien porotilastoja vuosilta 1968/1969 – 2012/2013. ”Lukuporot” tarkoittaa syksyisissä erotuksissa laskettuja yli vuoden ikäisiä poroja, sekä tulevaisuuteksi elämään jätettäviä että teuraaksi meneviä. ”Eloporot” tarkoittaa erotuksissa elämään jätettyjä poroja, niin yli vuoden ikäisiä kuin vasojakin. Jakamalla tietyn vuoden lukuporojen määrä edellisen vuoden eloporojen määrällä saadaan laskettua likimääräinen talvesta selviytymisen indeksi (”Winter survival index, WSI). WSI vaihtelee teoriassa välillä 0 ja 1. Alhaiset arvot tarkoittavat suurta kuolleisuutta poronhoitovuoden aikana, esimerkiksi ankarasta talvesta johtuen, korkeat arvot ongelmatonta poronhoitovuotta. Porot saadaan koottua erotuksiin eri syksyinä vaihtelevalla menestyksellä, siksi lukemistarkkuus vaihtelee vuosittain. Siksi WSI saattaa saada yli yhden meneviä arvoja ja sitä voidaan pitää vain likimääräisenä indeksinä. Teurasporojen määrään on laskettu sekä yli yksivuotiaat että vasoina teurastetut porot. Vasaprocentti on suhdeluku eloon jääneiden vasojen ja vaatimien

määrästä; ankaran talven tai epäedullisen kevään jälkeen prosentti jää alhaisemmaksi kuin hyvien olojen vallitessa. Muun muassa porojen lisäruokinta, loislääkintä, poromäärien alentaminen ja laidunkierron käyttöönotto ovat nostaneet vasaprocenttia 1980-luvulta lähtien monissa paliskunnissa.

Luku- ja eloporojen määrissä näkyy jonkin verran pitkän aikavälin muutoksia, kuten myös vuosienvälistä vaihtelua. Poro- ja teurasmääriin sekä vasaprocenttiin vaikuttavat monet muutkin asiat kuin vaikeat talviset sääolot, esimerkiksi laitumien määrä ja laatu, kesän ja syksyn sääolot, hyönteiskiusa eli räkkä, loiset ja taudit, poronhoitotavat, pedot, taloudelliset suhdanteet sekä hallinnolliset seikat kuten lakiin kirjatut porojen enimmäismäärät paliskunnittain. Vaikeiden sääolojen voi kuitenkin olettaa näkyvän poroluvuissa, selvimmin teurasmäärissä, talvesta selviytymisessä sekä vasaprocenteissa. Harvinaisen ankarat lumiolot (syvä lumi-peite tai paksu maajää, myöhäinen sulaminen; myös **Taulukossa 19**) liittyivät useimmissa paliskunnissa keskimääräistä alhaisempaan vasaprocenttiin. Talvesta selviytymisen indeksin kohdalla vaikutusta ei nähty yhtä selkeästi. Esimerkiksi Käsivarren ja Kyrön paliskunnassa harvinaisen ankarat lumiolot näkyivät usein keskimääräistä alhaisempina teurasmäärinä; muissa tutkimuspaliskunnissa vaikutus ei ollut yhtä selkeä (julkaisematon data).

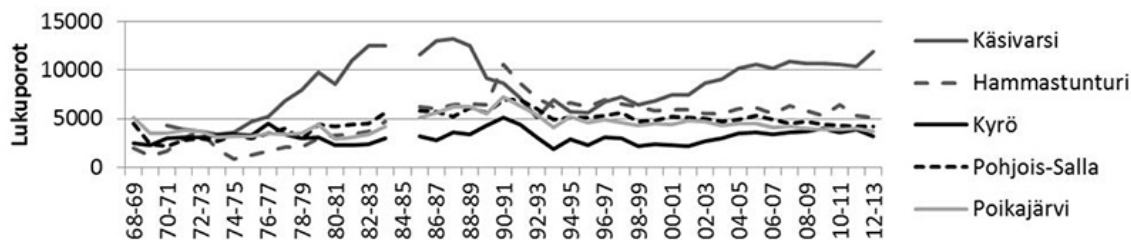
Lumiolojen vaikutus porokantoihin ei ole suoraviivainen. Muun muassa muiden vuodenaikojen merkitys on suurta, ja poronhoitotavoilla voidaan vaikeita oloja kompensoida. Merkitystä on siltäkin, tuleeko useita vaikeita talvia perättäin. Lumiolot ovat vaikuttaneet porojen kuntoon, kuolleisuuteen ja vasatuottoon erityisesti ennen 1970-lukua, jolloin poroja ei vielä ruokittu ollenkaan.

Taulukoihin L-12 ja L-13 on koottu em. porolukujen paliskuntien välisiä tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita, sekä eri porolukujen välisiä korrelaatioita paliskuntien sisällä. Paliskuntien välinen merkitsevä korrelaatio jossakin poroluvussa tarkoittaa, että alhaiset ja korkeat lukujen arvot on saavutettu usein samoina vuosina. Porolukujen välinen merkitsevä korrelaatio jossakin paliskunnassa puolestaan tarkoittaa, että tietyn luvun ollessa alhainen/korkea toinenkin luku on. Korrelaatioiden laskennassa käytettiin

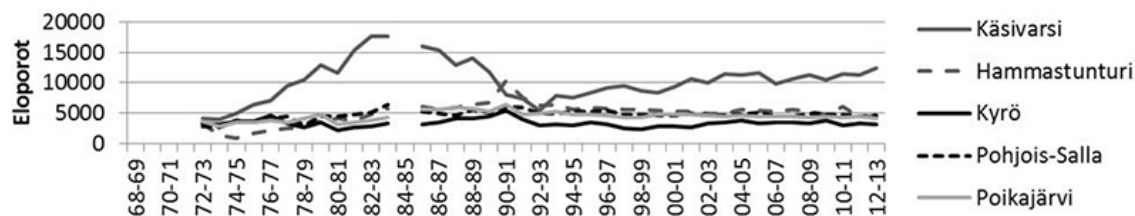
muuttujasta riippuen 38 – 42 vuoden porolukuja. Elo- ja lukuporot korreloivat usein eri paliskuntien välillä. Myös teurasporojen määrissä näkyy useita vahvojen korrelaatioita; vasaprocenttien väliset korrelaatiot ovat heikompia. Vähiten korreloivat keskenään eri paliskuntien talvesta selviytymisen indeksit. Paliskuntien sisäisten, porolukujen välisten korrelaatioiden merkittävyydet ja voimakkuudet vaihtelivat paliskunnan mukaan. Kiinnostavimpia ovat korrelaatiot teurasporojen

määrän, talvesta selviytymisen indeksin ja vasaprocentin välillä. Esimerkiksi Hammastunturissa teurasporojen määrä korreloi vasaprocentin kanssa, Käsivarressa sekä vasaprocentin että talvesta selviämisen indeksin kanssa. Muissa paliskunnissa kaikkien näiden kolmen muuttujan välillä oli merkitsevä korrelaatio. Vaikeiden sääolojen aiheuttamat notkahdukset porokannassa näkyvät siis luonnollisesti teurasmäärissä ja sitä kautta poronhoitajien tuloissa.

a)

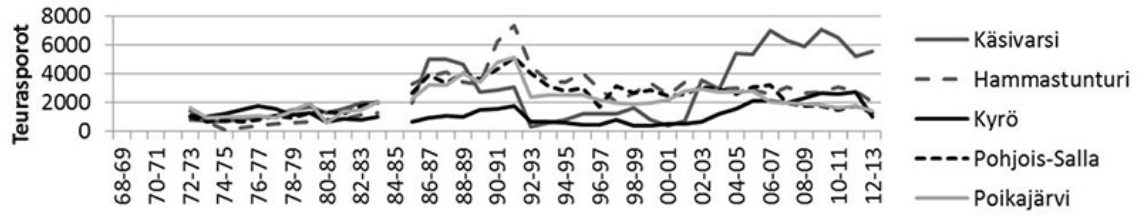


b)

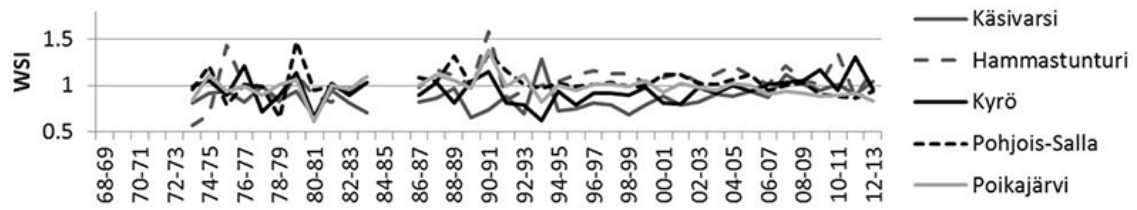


Kuva 6. Lukuporot (a), eloporot (b), teurasporot (c), talvesta selviytymisen indeksit (WSI; d) ja vasaprocentit (e) tutkimuspaliskunnissa vuosina 1968/1969 – 2012/2013.

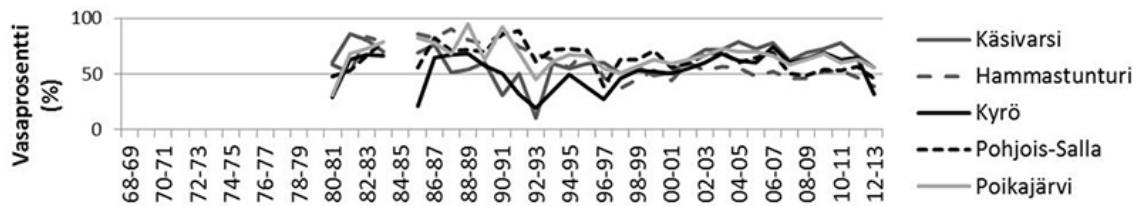
c)



d)



e)



4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämä tutkimus osoitti, että lumipeitteisen ajan kesto on lyhentynyt useilla poronhoitoalueen havaintoasemilla viimeisen 30–50 vuoden aikana. Myös talven keskilämpötilat ovat nousseet. Toisaalta kaikilla tutkituilla havaintoasemilla lumi- ja sääolojen vaihtelu vuosien välillä oli suurta.

Lumen ominaisuuksien vaihtelu oli yleisesti ottaen suurempaa saman paliskunnan erilaisten ympäristöjen välillä (avoin ympäristö, keskitiheä ja tiheä metsä) kuin eri paliskuntien välillä. Tämä johtuu monipuolisesta laidunympäristöstä, joka on etu nimenomaan vaikeiden talviolojen vallitessa; esim. maajäättä muodostui mallinnustutkimuksessa harvoin kaikkiin tarkasteltuihin ympäristöihin yhtä aikaa. Metsän laidunympäristön lumioloja monipuolistava vaikutus tulee vielä selvemmäksi, kun otetaan huomioon metsänsäinen pienipiirteinen vaihtelu. Puuston tiheyden ja latvuksen peittävyuden vaihtelu johtaa lumen määrän ja rakenteen vaihteluun metsän sisällä (Hedström & Pomeroy 1998, Rasmus et al. 2011). Metsä vaikuttaa myös lumen kertymiseen alkutalvesta ja sen sulamiseen keväällä (Kuusisto 1973, McKay & Gray 1981). Mallinnustyössämme lämpenevien talvien vaikutus ei ollut latvuston alla yhtä voimakas kuin aukeassa ympäristössä – lumen tihentymistä ja maajääkerrosten paksunemista ei nähty metsäympäristössä. Poron on siten tulevaisuudessa helpompi kaivaa metsässä kuin aukealla paikalla, sillä lumikerros on latvuston alla ohuempi ja pehmeämpi. Laajoilla, yhtenäisillä, monipuolisilla ja häiriöttömillä metsäalueilla ja niiden suojelulla on siten myös tulevaisuudessa suuri merkitys poron talvilaidunalueina.

Talviolot ovat edelleen merkityksellisiä poroille ja poronhoidolle. Tulostemme mukaan merkittävimpiä vaikeuksia aiheuttavia tilanteita ovat maajäätalvet, pitkät ja lumiset kevät, syvälumiset talvet ja homeiden muodostuminen laitumille lumen alle (Turunen et al. 2009, 2015a,b, Rasmus et al. 2014a, 2015, Kivinen & Rasmus 2015). Talviruokinnan yleistyttyä vaikeat talviolot eivät välttämättä näy yhtä voimakkaasti porojen korkeana talvikuolleisuutena tai alhaisena vasaprosenttina kuin menneinä vuosikymmeninä. Vaikeat talviolot kuitenkin lisäävät poronhoitotyötä

(mm. paimentamisen tarvetta, jos lumiolot hyödyttävät petoja) ja sen kustannuksia (mm. polttoaineet ja talviruokinta). Poronhoidon muu toimintaympäristö ja poronhoitotapa määrittävät osaltaan sen, onko tietty lumiolosuhde haitallinen vai ei. Poronhoitajien mukaan tunturipaliskunnissa, kuten Käsivarren paliskunnassa (tuntureita >20 ha/poro) kovat hanget saattavat heikentää poroja kevättalvella, kun taas monissa metsäpaliskunnissa kuten Kyrön ja Hammastunturin paliskunnissa (tuntureita < 2ha/poro) pehmeä kevättalvinen lumi vaikeuttaa luppolaidunten hyödyntämistä. Mutta mikäli loppoa kasvavat vanhat metsät on hävitetty, ei hyvä hankikelikään auta.

Talvi on usein vuodenaajoista kriittisin poronhoidolle. Haastattelemiemme poronhoitajien mukaan poron hyvinvointia ajatellen kuitenkin mikä tahansa vuodenaika vaikuttaa useita vuodenaikoja eteenpäin. Esimerkiksi kesän (mm. vertaimevien hyönteisten määrä) ja syksyn olosuhteet (mm. sienisadon runsaus) (Hagemoen & Reimers 2002, Inga 2007, Turunen et al. 2015a,b) vaikuttavat suuresti siihen, missä kunnossa poro ottaa talven vastaan. Hyväkuntoinen poro voi selvitä vaikeastakin talvesta, mutta huonokuntoisen poron uhkana ovat vaikeissa lumiolosuhteissa sekä ravinnonsaannin haasteet että saalistuspaine.

Useiden ilmaston kehittymistä kuvaavien ennusteiden perusteella talvet leudontuvat kuluvan vuosisadan aikana myös poronhoitoalueella. (ACIA 2005, Jylhä et al. 2008, Jylhä et al. 2009, Eklund 2010), Myös muut talviset sääolot muuttuvat. Käytännön poronhoitotyössä ilmastomuutoksen vaikutukset näkyvät lumiolosuhteiden muutoksina, jotka puolestaan vaikuttavat porojen liikkumiseen ja ravinnon hankintaan. Lämpenevinä talvina on odotettavissa, että epävakaa alkutalvet aiheuttavat yhä useammin maajäätilanteita sekä homeita laitumille. Toisaalta lumipeitteinen aika todennäköisesti lyhentyä sekä syksystä että kevästä. Etenkin lumen sulamisen ja kasvukauden alun aikaistuminen helpottavat vasomisaikaa ja auttavat poroa kuntoutumaan talven jäljiltä. Myös syvälumiset talvet ovat todennäköisesti harvinaistumassa. Porolle ja poroelinkeinolle lähivuosikymmenet tuovat siis sekä helpotusta että haasteita. Lisäksi vuosien välinen vaihtelu talvisää- ja lumioloissa on tulevaisuudessa todennäköisesti nykyistä suurempaa, mikä tulisi huomioida, kun poroelinkeinoon ohjauksessa ja elinkeinossa toimivien keskuudessa varaudutaan vaikeisiin olosuhteisiin.

Laidunympäristön riittävä laajuus ja monipuolisuus ovat hyvin tärkeitä vaikeista talvioloista, esimerkiksi maajäätalvista selviämiseksi. Koska tulevana vuosikymmeninä etenkin alku- ja keskitalven haasteita lisäävät jäiset olosuhteet mitä todennäköisimmin yleistyvät, on tärkeää pitää huolta nimenomaan laidunten riittävästä määrästä ja laadusta. Tässä voivat tehdä osansa elinkeinon ja koko pohjoisen maankäytön ohjaus kuten myös elinkeino itse. Olisi varmistettava se, että erilaiset hankkeet aidosti huomioivat poroelinkeinon tilatarpeen. Hyvin suunniteltu ja toteutettu laidunkierto nähtiin vaikeista talvioloista helpottavana keinona tutkimuspaliskunnissamme. Vuodenaikaisen laidunkierron toteuttaminen vaatii riittävästi tilaa, eikä sen täydellinen toteuttaminen ole tekemiemme haastattelujen perusteella enää mahdollista monissa paliskunnissa (esim. Poikajärvi) joko muun maankäytön tai jo alun perin kasvillisuudeltaan yksipuolisten laidunalueiden vuoksi (Kumpula et al. 2011, Turunen et al. 2015a). Joissakin paliskunnissa esim. maajäätä huonosti muodostavien laidunalueiden varaaminen tulevaa laidunten jäätymistä silmällä pitäen voisi olla paliskunnan etu.

Poronhoidossa vaikeista oloista on selvitty käyttämällä kokemukseräistä tietoa poroihin, laidunympäristöön, säähän ja käytettävissä oleviin keinoihin liittyen (Inga 2007, Tyler et al. 2007, Riseth et al. 2010, Vuojala-Maggala et al. 2011). Poronhoitajat sopeutuvat lämpeneviin talviin jo olemassa olevan kokemukseräisen tietonsa pohjalta. Nykyisin harvinaisten tai poikkeuksellisten olosuhteiden yleistyminen tulevaisuudessa voi asettaa perinteisen tiedon ja poronhoitajien keräämän kokemuksen koetukselle ja lisätä elinkeinon epävarmuutta. Nykyiset selviytymiskeinot saattavat joutua koetukselle, jos tämän päivän harvinaislaatuista ilmiöstä tulee tulevana vuosikymmeninä hyvinkin yleinen ilmiö (Turunen et al. 2015a, b). Ilmaston lämpeneminen voi tuoda mukanaan muitakin kuin suoranaisesti sääoloihin liittyviä uusia haasteita: tauteja, loisia, lisääntyvää hyönteiskiusua (räkkää) ja muutoksia laidunympäristöön (Hagemoen & Reimers 2002, Weladji et al. 2003, Härkönen et al. 2010, Laaksonen et al. 2010). Vaikeista sääoloista ja laidunympäristön heikentymisestä johtuva lisääntyvä porojen tarhaaminen voi myös lisätä tautiriskiä (Aschfalk et al. 2003).

Sopeutuminen muuttuviin olosuhteisiin on vaatinut ja tulee vaatimaan muutoksia ja toimenpiteitä poron-

hoitajilta sekä koko elinkeinon ohjaukselta. Erilaiset poronhoitotavat, laidunkiertojärjestelmät, vasottamistavat sekä porokarjan sukupuoli- ja ikäjakauma ovat kaikki keinoja sopeutua muutoksiin.

Suomen poronhoitoalueen talvilaidunten käytettyyn tulevat luonnollisesti vaikuttamaan sääolosuhteiden lisäksi myös muu maankäyttö (esim. metsätalous, matkailu, kaivosteollisuus, tuulivoimalat, rakentaminen, tiestön laajeneminen, luonnonsuojelu). Em. tekijät sekä porotiheys määräävät laidunten kunnan (Kumpula et al. 2009). Poronhoitoalueella on luontaisesti avointen ympäristöjen (tunturiylängöt, avosuot) lisäksi myös avohakkuualueita. Vanhojen metsien hakkuut ovat vähentäneet erityisesti luppolaidunten määrää, mutta ne ovat myös vaikuttaneet lumioloihin sekä vähentäneet laidunympäristön monipuolisuutta ja lumiolojen paikallista vaihtelua (Helle & Jaakkola 2008, Kivinen et al. 2010, Jaakkola et al. 2013). Poronhoitajat näkevät luppometsät erittäin arvokkaina resursseina juuri vaikeista talvioloista selviämisen turvaamisessa. Myös tämän tutkimuksen perusteella on selvää että riittävät, monimuotoiset laitumet sekä vielä jäljellä olevien luppometsien säilyminen on erittäin tärkeää, mikäli poronhoitoa luonnonlaitumilla halutaan tukea sekä nyt että tulevaisuudessa.

4.1. Tulosten käytännön sovellettavuus

Suomen poronhoitoalueen talvioloista ja sen vaihtelusta ei ole aikaisemmin julkaistua kokonaisvaltaista tietoa. Aiempi tieto on ollut lähinnä meteorologista havaintoaineistoa, josta on harvoin analysoitu poroille ja poronhoidolle merkityksellisiä säämuuttujia. Poronhoitajilla on kokemukseräistä tietoa erilaisista lumiolosuhteista ja niiden vaikutuksista poronhoitoon. Tutkittua tietoa tästä on kuitenkin aikaisemmin ollut vain vähän. Tämän tutkimuksen tuloksilla on merkitystä käytännön poronhoitotyötä tekeville sekä elinkeinoahallinnoiville tahoille:

- Tutkimuksen aikana käytyjen keskustelujen kautta on tullut selväksi että paliskunnissa on tietoa siitä, mitkä alueet ovat säännöllisesti esim. syvälumisimpia, tai herkkiä esim. maajään muodostumiseen. Paliskuntien poronhoitajilla on tietoa myös lumioloiltaan helpommista alueista. Tämä tieto auttaa

poronhoitajia sopeutumaan erilaisiin lumiolosuhteisiin, ja sen välittyminen seuraaville poronhoitajasukupolville nähtiin tärkeäksi niin tutkijoiden kuin paliskuntien edustajienkin puolesta.

- Eri paliskunnissa vaikeisiin talvioloihin sopeudutaan eri tavoin. Hyviksi havaittuja toimintatapoja, mm. laidunkierron järjestämisessä, lisäruokinnassa, teknisten apuvälineiden käytössä tai sopivien laidunalueiden säästämiseksi vaikeiden olojen varalle olisi hyödyllistä saada käyttöön laajemmin koko poronhoitoalueelle.
- Kerättyä tietoa voisi soveltuvin osin yhdistää esimerkiksi LUKE:n, SYKE:n, Paliskuntain yhdistyksen ja Metsähallituksen yhteisessä POROT – paikkatietohankkeessa tuotettuun karttamateriaaliin.
- Elinkeinon hallinnon ja ohjauksen (Maa- ja metsätalousministeriö) olisi tärkeä tietää se, miten paljon talviolot poronhoitoalueen eri osissa vaihtelevat, miten suuri vuosien välinen vaihtelu voi olla, ja millaiset talviolot ovat harvinaisia/poikkeuksellisia. Tämä tieto auttaa poronhoidon selviytymiskeinojen (selviytymisstrategioiden) kehittämistä. Nykyilmastossa poikkeukselliset olot voivat johtaa porojen suureen talvikuoletuuteen tai alhaiseen vasaprocenttiin. Mikäli poronhoitajien käyttämät selviytymiskeinot ovat tehokkaita, vahingot porokannassa voivat jäädä vähäisemmiksi. Toisaalta poronhoitotöiden määrä ja kustannukset kasvavat tässä tapauksessa suuresti. Elinkeinon hallinnon ja ohjauksen olisi myös tärkeä keskustella mahdollisen tuen järjestämisestä harvinaisiin tai poikkeuksellisiin oloihin varautumista varten.
- Lumioiloiltaan vaikeiden talvien aiheuttamat kustannukset poronhoitajille olisi selvitettävä, jotta sekä elinkeino että sen hallinto ja ohjaus tietävät millaista taloudellista puskuria harvinaisiin tai poikkeuksellisiin oloihin tarvitaan.
- Ilmaston lämmetessä vuosien välinen vaihtelu lisääntyy, ja nykyilmastossa harvinaiset tai poikkeukselliset talviolot lisääntyvät – myös tämä tieto on tärkeä elinkeinon hallinnolle ja ohjaukselle, jotta poronhoitajat voisivat varautua esimerkiksi kasvaviin kustannuksiin ja lisääntyvään työmäärään.
- Riittävät, monimuotoiset laitumet sekä vielä jäljellä olevien luppometsien säilyminen on erittäin tärkeää, mikäli poronhoitoa luonnonlaitumilla halutaan tukea sekä nyt että tulevaisuudessa.
- Poron ravinnon saannin kannalta vaikeita talvioloja on mahdollista helpottaa hyvin suunnitellun ja toteutetun

vuodenaikaisen laidunkierron avulla (Kumpula et al. 2011). Toimiva laidunkierto tarvitsee kylliksi tilaa. Maankäyttöhankkeiden tulisi aidosti huomioida poroelinkeinon tilatarve sekä riittävän laaja elinkeinon vaatima puskurialue vaikeissa olosuhteissa.

- On tärkeää, että poronhoitajat osallistuvat itse aktiivisesti poronhoidolle erikseen suunnatun ilmastonmuutokseen sopeutumisen strategian valmisteluun (MMM 2005, 2013, 2014). Näin poronhoitajien kokemukseräiseen tietoon pohjautuvat, heidän elinkeinonsa kannalta merkitykselliset asiat tulisi huomioida realistisesti päätöksenteossa.

On tärkeää, että elinkeinon hallinto ja ohjaus pyrkivät tukemaan vaikeista talvioloista selviytymistä helpottaviksi koettuja tekijöitä. Näitä ovat mm. tietotaito porojen käsittelystä, teknisten apuvälineiden käyttö, laidunympäristön monipuolisuus ja lisäruokinta. Toisaalta vaikeuttaviksi koettujen tekijöiden merkittävyttä olisi pyrittävä vähentämään (mm. petojen esiintyminen, muu maankäyttö, pororehujen ja polttoaineiden kalteus). Edellämainitut toimenpiteet auttaisivat pitämään poroelinkeinoa elinvoimaisena.

4.2. Tulosten tieteellinen merkitys

Keräsimme arvokasta tietoa Suomen poronhoitoalueen talvioloista ja niiden vaihtelusta. Ilmaston lämpenemisen näkyminen 30-50 vuotta pitkissä sää- ja lumiaikasarjoissa vahvistaa joidenkin aikaisempien tutkimusten tuloksia. Poronhoitajien omia kokemuksia ja näkemyksiä on erittäin harvoin käytetty suomalaisessa ilmasto-oloihin liittyvässä tutkimuksessa.

Lumimallinnuksen yhdistäminen pitkien sääaineistojen käyttöön ja poronhoitajien kokemukseräiseen tietoon on uusi lähestymistapa. Mallinnus antaa arvokasta lisätietoa lumioloista, jota muuten on hyvin vaikea saada. Mallituloksemme vahvistivat kokemukseräisen käsityksen siitä että vaikeiksi koetut lumiolot eivät ole yhtä ankaria poronhoitoalueen kaikissa osissa, ja että paikallinen vaihtelu näissä on suurta.

Sekä paliskuntien toimintakertomusten että poronhoitajien haastattelujen käyttö tieteellisessä työssä on haasteellista. Paliskuntien toimintakertomusten merkintöjen tarkkuus vaihtelee paliskunnasta toiseen,

ja kirjaajan vaihtuessa merkintöjen tekotyylillä vaihtuu. Vaikeistakaan oloista ei välttämättä raportoida, jos ne ovat paikallisia tai väistyvät suhteellisen nopeasti. Käytännönläheisen ja kokemusperäisen tiedon arvo on kuitenkin erittäin suuri, eikä sen käyttöä tutkimuksissa tulisi arkailla. Poronhoitajat ovat yleensä töidensä vuoksi vaikeasti tavoitettavia. Haastatteluisissa saattaa helposti korostua aktiivisimpien ja/tai verbaalisimpien poronhoitajien osallistuminen, kun taas passiivisimpien ja/tai hiljaisimpien poronhoitajien mielipiteet jäävät vähemmälle huomiolle tai tavoittamattomiin. Temaattisen keskustelun ja kyselylomakkeen yhdistetty käyttö, sekä kahden, erityisesti eri tieteenalaa edustavan tutkijan tekemät poronhoitajien ryhmähaastattelut (kuten tässä tutkimuksessa) ovat osoittautuneet toimivaksi ratkaisuksi tutkimuksissamme. Monitieteisyys yhdistettynä poronhoidon kokemusperäiseen tietoon laajentaa keskustelun ja ongelmanratkaisun näkökulmaa (Vuojala-Magga et al. 2011, Vuojala-Magga & Turunen 2015, Turunen et al. 2015a,b).

Jatkotutkimuksia ajatellen esiin nousi mielenkiintoisia mahdollisuuksia:

- Ilmastoskenaarioita voisi käyttää lähivuosisikymmenien talviolojen arvioinnissa laajemminkin kuin esimerkinomaisesti yhdelle paikkakunnalle (Sodankylä). Metsien vaikutus lämpenemiseen ja sitä kautta lumioloihin olisi myös selvittämisen arvoinen asia.
- Lumimallinnuksen avulla saatiin lisätietoa jäisten olosuhteiden helpottumisesta eri sääoloissa; tästä poronhoitajilla on kokemusperäistä tietoa ja oletuksia. Hankitun tiedon avulla on esimerkiksi mahdollista tarkastella säähavaintojen pitkiä aikasarjoja sekä ilmastoskenaarioita, ja hakea näistä olosuhteita, joiden vallitessa jääkerroksia syntyy tai ne pehmenevät. Ovatko jäiset kerrokset jatkossa yleisempiä kuin nykyään, ja onko otollisia olosuhteita niiden pehmenemiseen yhtä usein?
- Paliskuntien toimintakertomusten tehokas hyödyntäminen olisi arvokasta. Kertomusten avulla voisi esimerkiksi kartoittaa millaisia mainintoja eri aikoina ja eri alueilla on tehty sää- ja luonnonolosuhteiden aiheuttamista haitoista, ja kuinka yleisiä nämä ovat olleet. Tärkeää, kokemusperäistä tietoa voisi kerätä myös poronhoitoalueella olevan muun maankäytön aiheuttamista paineista sekä monista muista elinkeinon vaikuttavista tekijöistä, esimerkiksi petokannan koosta,

poronlihan markkinatilanteesta sekä yhteiskunnallisista kriiseistä ja kehityskuluista.

- Koska varhaiset ilmastonmuutosennusteet ulottuvat kuluvalle ajanjaksolle (2010-2039), niiden ennustamia trendejä ja olosuhteita olisi jo mahdollista tarkastella esim. säähavaintojen ja poroelinkeinon kokemusten valossa. Vaikeita talvioloja voisi tarkastella myös pidemmällä aikavälillä esim. käyttämällä Sodankylässä tehtyjä sadan vuoden säähavaintoja ja niiden rinnalla historiallisia merkintöjä poronhoidon kokemista vaikeuksista.

KIRJALLISUUS

- ACIA 2005.** Arctic Climate Impact Assessment
ACIA. Cambridge University Press, Cambridge.
1042 pp.
- Adamczewski JZ, Gates CC, Soutar BM, Hudson RJ 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 LG, Dale BW 1998.** Reproductive performance of female Alaskan caribou. *Journal of Wildlife Management* 62: 4 1184–1195.
- Aschfalk A, Josefson TD, Steingass H, Muller W, Goethe R 2003.** Crowding and winter emergency feeding as predisposing factors for keratoconjunctivitis in semi-domesticated 660 reindeer in Norway. *Deutsche Tierärztliche Wochenschriften* 110(661): 295-298.
- Bartelt P, Lehning M 2002.** A physical SNOWPACK model for the Swiss avalanche warning: Part I. Numerical model. *Cold Regions Science and Technology* 35: 123-145.
- Bavay M, Lehning M, Jonas T, Löwe H 2009.** Simulations of future snow cover and discharge in Alpine headwater catchments. *Hydrological Processes* 22, doi: 10.1002/hyp.7195.
- Collins WB, Smith TS 1991.** Effects of wind-hardened snow on foraging by reindeer (*Rangifer tarandus*) Arctic 44:217-222.
- Eklund J 2010.** Lumiolojen muutokset Pohjois-Euroopassa ENSEMBLES-hankkeen alueellisissa ilmastomallisimulaatioissa [Changes in snow conditions in Northern Europe according to regional climate model simulations of the ENSEMBLES project]. M.Sc. Thesis. University of Helsinki.
- Fancy SG, White RG 1985.** Energy expenditures by caribou while cratering in snow. *Journal of Wildlife Management* 49:987-993.
- Fierz C, Armstrong RL, Durand Y, Etchevers P, Greene E, McClung DM, Nishimura K, Satyawali PK, Sokratov SA 2009.** The International Classification for Seasonal Snow on the Ground. IHP-VII Technical Documents in Hydrology N°83, IACS Contribution N°1, UNESCO-IHP, Paris.
- Forbes BC, Bølter M, Müller-Wille L, Hukkinen J, Müller F, Gunsley N, Konstantinov Y (eds.) 2006.** Reindeer Management in Northernmost Europe. Linking Practical and Scientific Knowledge in Social- Ecological Systems. *Ecological Studies* 184. Springer, Berlin.
- Hagemoen RIM, Reimers E 2002.** Reindeer summer activity pattern in relation to weather and insect harassment. *Journal of Animal Ecology* 71(5): 883-892.
- Halvorsen O 2012.** Reindeer parasites, weather and warming of the Arctic. *Polar Biology* 35:1749–1752.
- Hannula M 2000.** Porojen hihnvasotusperinne [Tether-calving tradition of reindeer]. Maa- ja metsätalousministeriö. Lapin painotuote, Kemijärvi.
- Hedström NR, Pomeroy JW 1998.** Measurements and modelling of snow interception in the boreal forest. *Hydrological Processes* 12: 1611–1625.
- Heikkinen HI, Kasanen M, Lépy E 2012.** Resilience, vulnerability and adaptation in reindeer herding communities in the Finnish-Swedish border area Nordia Geographical Publications 41(5): 107–121.
- Heiskanen J, Rautiainen M, Korhonen L, Möttönen M, Stenberg P 2011.** Retrieval of boreal forest LAI using a forest reflectance model and empirical regressions. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 13: 596-606
- Helle T 1980.** Laiduntilanteen muutokset ja riskinotto porotaloudessa. *Lapin tutkimusseura: Vuosikirja* 21: 13–21.
- Helle T 1984.** Foraging behaviour of semi-domesticated reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) in relation to snow in Finnish Lapland. *Reports of Kevo Subarctic Research Station* 19: 35-47.
- Helle TP, Jaakkola LM 2008.** Transitions in herd management of semi-domesticated reindeer in northern Finland. *Annales Zoologici Fennici* 45(2):81 – 101.
- Helle T, Kojola I 1993.** Reproduction and mortality of Finnish semi-domesticated reindeer in relation to density and management strategies. *Arctic* 46(1): 72-77.
- Helle T, Kojola I 2008.** Demographics in an alpine reindeer herd: effects of density and winter weather *Ecography* 31: 221-230, 2008 doi: 10.1111/j.2008.0906-7590.04912.x
- Helle T, Tarvainen L 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.
- Härkönen L, Härkönen S, Kaitala A, Kaunisto, S, Kortet R, Laaksonen S, Ylönen H. 2010.** Predicting range expansion of an ectoparasite – the effect of spring and summer temperatures on deer ked *Lipoptena cervi* (Diptera: Hippoboscidae) performance along a latitudinal gradient. *Ecography* 33: 906–912.
- Inga B 2007.** Reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) feeding on lichens and mushrooms: traditional ecological knowledge among reindeer-herding Sami in northern Sweden. *Rangifer*, 27 (2): 93–106.
- IPCC 2000.** Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Nakicenovic, N. ja Swart, R., toim.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 570 pp.
- Jaakkola LM, Heiskanen MM, Lensu AM, Kuitunen MT 2013.** Consequences of forest landscape changes for the availability of winter pastures to reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) from 1953 to 2003 in Kuusamo, northeast Finland. *Boreal Environment Research* 18(6):459 – 472.
- Jylhä K, Fronzek S, Tuomenvirta H, Carter TR, Ruosteenoja K 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, Ruosteenoja K, Räisänen J, Venäläinen A, Tuomenvirta H, Ruokolainen L, Saku S, Seitola S 2009.** Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumis-tutkimuksia varten. [Estimations about changing climate in Finland for adaptation research] Ilmatieteen laitos, Raportteja 2009: 4. 102pp.
- Kainulainen P 2011.** Selvitys petojen aiheuttamien vahinkojen vaikutuksista poronhoidolle ja toimenpiteet pedoista aiheutuvien ongelmien ratkaisemiseksi. [Report on the effects of predation losses on reindeer herding and measures to solve the problems caused by predators] Lapin liitto, Rovaniemi.
- Kalliola R 1973.** Suomen kasvimaantiede [Plant geography of Finland]. Wsoy, Helsinki.
- Kellomäki S, Maajärvi M, Strandman H, Kilpeläinen A, Peltola H 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.
- Kivinen S, Kaarlejärvi E, Jylhä K, Räisänen J 2012.** Spatiotemporal distribution of threatened high-latitude snowbed and snow patch habitats in warming climate. *Environmental Research Letters* 7: 3x , 034024, 9 s.
- Kivinen S, Moen J, Berg A, Eriksson Å 2010.** Effects of modern forest management on winter grazing resources for reindeer in Sweden. *Ambio* 39(4): 269 – 278. <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-010-0044-1>
- Kivinen S, Rasmus S. 2015** Observed cold season changes in a Fennoscandian fell area over the past three decades *AMBIO* 44:214–225
- Kojola I, Helle T 2009.** Lumen sulamisen ajoittuminen, vasaprosentti ja eloporomäärä. *Poromies* 4: 31–33.
- 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, Colpaert A 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, Colpaert A 2007.** Snow conditions and usability value of pastureland for semi-domesticated reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) in northern boreal forest area. *Rangifer*, 27(1): 25–39.
- Kumpula J, Colpaert A, Anttonen M 2007.** Does forest harvesting and linear infrastructure change the usability value of pastureland for semi-domesticated reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*). *Annales Zoologici Fennici* 44: 161–178.
- Kumpula J, Colpaert A, Kumpula T, Nieminen M 1997.** Suomen poronhoitoalueen talvilaidunvarat [Winter pasture resources in the reindeer herding area of Finland]. Kala- ja Riistaraportteja 93. 42 pp.
- Kumpula J, Lefrère S, Nieminen M 2004.** The use of woodland lichen pasture by reindeer in winter with easy snow conditions. *Arctic* 57(3): 273–278.
- Kumpula J, Parikka P, Nieminen M 2000.** Occurrence of certain 697 microfungi on reindeer pastures in northern Finland during winter 1996–97. *Rangifer* 20: 3–8.

- Kumpula J, Stark S, Holand Ø 2011.** Seasonal grazing effects by semi-domesticated reindeer on subarctic mountain birch forests. *Polar Biology* 34(3):441 – 453. <http://dx.doi.org/10.1007/s00300-010-0899-4>
- Kumpula J, Tanskanen A, Colpaert A, Anttonen M, Törmänen H, Siitari J, Siitari S 2009.** Poronhoitoalueen pohjoisosan talvilaitumet vuosina 2005 – 2008; laidunten tilan muutokset 1990-luvun puolivälin jälkeen [The pastures of the northernmost reindeer herding area during 2005 – 2008; changes in the state of pastures after the mid 1990s]. *Riista- ja kalatalous - Tutkimuksia* 3. 48 p.
- Kuusisto E 1973.** Lumen sulamisesta Lammin Pääjärvellä 1970-72. [On snowmelt and water balance during snowmelt period in Pääjärvi representative basin in 1970-72] *Vesihallituksen tiedotus*. 46.
- Laaksonen S, Pusenius J, Kumpula J, Venalainen A, Kortet R, Oksanen A, Hoberg E 2010.** Climate change promotes the emergence of serious disease outbreaks of filarioid nematodes. *Eco-Health* 7(1):7-13.
- Lehning M, Bartelt P, Brown B, Fierz C 2002b** A physical SNOWPACK model for the Swiss avalanche warning service. Part III. Meteorological forcing, thin layer formation and evaluation. *Cold Regions Science and Technology* 35: 169-184.
- Lehning M, Bartelt P, Brown B, Fierz C, Satyawali P 2002a** A physical SNOWPACK model for the Swiss avalanche warning. Part II. Snow microstructure. *Cold Regions Science and Technology* 35:147-167.
- Lehning M, Bartelt P, Brown B, Russi T, Stöckli U, Zimmerli M 1998.** SNOWPACK model calculations for avalanche warning based upon a network of weather and snow stations. *Cold Regions Science and Technology* 30: 145-157.
- Lehning M, Fierz C 2008.** Assessment of snow transport in avalanche terrain. *Cold Regions Science and Technology* 51: 240-252.
- Lehning M, Völksch I, Gustafsson D, Nguyen T, Stähli M, Zappa M 2006.** ALPINE3D: a detailed model of mountain surface processes and its application to snow hydrology. *Hydrological Processes* 20: 2111-2128.
- Lundy C, Brown RL, Adams EE, Birkeland KW, Lehning M 2001** A statistical validation of the SNOWPACK model in a Montana climate. *Cold Regions Science and Technology* 33:237-246.
- Magga O 2006.** Diversity in Saami terminology for reindeer, snow and ice. *International Social Science Journal* 58(187): 25-34.
- Magnusson J, Jonas T, Lopez-Moreno I, Lehning M 2010.** Snow cover response to climate change in a high alpine and half glaciated basin in Switzerland. *Hydrology Research* 41(3-4): 230-240, doi: 10.2166/nh.2010.115.
- Mattila E 2012.** Porojen laitumia koskevia arviointituloksia 1970-luvulta alkaen [Results from reindeer pasture surveys from 1970s onwards]. *Metlan työraportteja* 238. Vantaa: Metsätutkimuslaitos.
- McKay GA, Gray DM 1981.** The distribution of snowcover. In Gray, DM, Male DH (eds). *Handbook of Snow*. Pergamon Press. Canada. pp.153-190.
- Meehl GA, Covey C, Delworth T, Latif M, McAvaney B, Mitchell JFB, Stouffer RJ, Taylor KE 2007.** The WCRP CMIP3 multimodel dataset: a new era in climate change research. *Bulletin of the American Meteorological Society* 88: 1383–1394.
- MMM 2005.** Maa- ja metsätalousministeriö. Ilmastomuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia. [Ministry of Agriculture and Forestry. National adaptation strategy for climate change] *Vammalan kirjapaino Oy, Vammala* 2005. 272pp.
- MMM 2013.** Maa- ja metsätalousministeriö. Ilmastomuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian arviointi. [Ministry of Agriculture and Forestry. Evaluation of the national adaptation strategy for climate change] 2013/5. *Työryhmämuistio*.123pp.
- MMM 2014.** Maa- ja metsätalousministeriö. Kansallinen ilmastomuutokseen sopeutumis suunnitelma [Ministry of Agriculture and Forestry. National adaptation plan for climate change] 2022. 39p.
- Musselman KN, Molotch NP, Margulis SA, Lehning M, Gustafsson D 2012.** Improved snowmelt simulations with a canopy model forced with photo-derived direct beam canopy transmissivity. *Water Resource Research* 48, W10509, doi:10.1029/2012WR012285.
- Mårell A, Hofgaard A, Danell K 2006.** Nutrient dynamics of reindeer forage species along snowmelt gradients at different ecological scales. *Basic and Applied Ecology* 7:13—30
- Nieminen M 2010.** Poron ravinnon muutokset ja ruokinta. *Poromies* 77:25-28.

- Nieminen M, Autto P 1989.** Porojen laitumet ja ruokinta poronhoitovuonna 1986-87. *Poromies* 2:38-43.
- Nikulin G, Kjellström E, Hansson U, Strandberg G, Ullerstig A 2010.** Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations. *Tellus A*. DOI: 10.1111/j.1600-0870.2010.00466.x
- Perälä J, Reuna M 1990.** Lumen vesi-arvon alueellinen ja ajallinen vaihtelu Suomessa. Publications of Water and Environment Research Institute No. A 56. Water and Environment Research Institute, Helsinki.
- Pirinen P, Simola H, Aalto J, Kaukoranta J-P, Karlsson P, Ruuhela R. 2012.** Tilastoja Suomen ilmastosta 1981 – 2010. [Climate statistics of Finland 1981-2010] Reports 2012:1. Finnish Meteorological Institute. 96pp.
- Pomeroy JW, Gray DM, Hedström NR, Janowich JR 2002** Physically Based Estimation of Seasonal Snow Accumulation in the Boreal Forest. Proceedings of the 59th Eastern Snow Conference 93-108.
- Pruitt WO 1959.** Snow as a factor in the winter ecology of the barren ground caribou. *Arctic* 12(3): 158–179.
- PY 2013.** Opas poronhoidon tarkasteluun maankäytöhankkeissa. [Guide to examining reindeer husbandry in land use projects] Paliskuntain yhdistys, Rovaniemi.
- PY 2015.** Paliskuntain yhdistyksen tilastoja [Statistics of Reindeer Herders' Association].
- Rasmus S 2014.** Millä ehdoin jäinen lumi pehmenee kahden viikon aikana? *Poromies* 81(2): 14-17.
- Rasmus S, Grönholm T, Lehning M, Rasmus K, Kulmala M 2007.** Validation of the SNO-WPACK-model in five different snow zones in Finland. *Boreal Environmental Research*. 12(4): 467-488.
- Rasmus S, Gustafsson D, Lundell R, Saarinen T 2015a.** Observations and SNO-WPACK-model simulations of winter energy balance terms within and between different coniferous forests in Southern Boreal Finland. *Hydrology Research* (accepted).
- Rasmus S, Kivinen S, Bavay M, Heiskanen J 2015b.** Local and regional variability in snow conditions in northern Finland: a reindeer herding perspective. Submitted to *Ambio*.
- Rasmus S, Kumpula J, Jylhä K 2014a.** Suomen poronhoitoalueen muuttuvat talviset sääolosuhteet. [The changing winter weather and snow conditions in Finnish reindeer husbandry area] *Terra* 126(4): 169-185.
- Rasmus S, Kumpula J, Siitari J 2014b.** Can a snow structure model estimate snow characteristics relevant for reindeer husbandry? *Rangifer*. 34(1): 37-56.
- Rasmus S, Lundell R, Saarinen T 2011.** Interactions between snow, canopy and vegetation in a boreal coniferous forest. *Plant Ecology and Diversity* 4: 55–65.
- Rasmus S, Räisänen J, Lehning M 2004.** Estimating snow conditions in Finland in the late 21st century using the SNO-WPACK –model with regional climate scenario data as input. *Annals of Glaciology* 38: 238-244.
- Rasmus S, Siitari H 2013.** Lumi- ja kaivuolosuhteet sekä poronhoidon sopeutumisskenaariot muuttuvassa ilmastossa. *Poromies* 80(2):22-24.
- Riseth JÅ, Tømmervik H, Helander-Renvall E, Labba N, Johansson C, Malnes E, Bjerke JW, Jonsson C, Pohjola V, Sarri L-E, Schanche A, Callaghan TV 2010.** Sámi traditional ecological knowledge as a guide to science: snow, ice and reindeer pasture facing climate change. *Polar Record*. Cambridge University Press 2010.
- Roturier S, Roué M 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, Räisänen J, Jylhä K, Mäkelä H, Lehtonen I, Simola H, Luomaranta A, Weiher S 2013.** Maailmanlaajuisiin CMIP3-malleihin perustuvia arvioita Suomen tulevasta ilmastosta. [Climate change estimates for Finland on the basis of global CMIP3 climate models] Finnish Meteorological Institute. Reports 2013: 4. 83 pp.
- Räisänen J 2008.** Warmer climate: less or more snow? *Climate Dynamics* 30(2–3): 307–319.
- Räisänen J, Eklund J 2012.** 21st century changes in snow climate in Northern Europe as simulated by regional climate models in the ENSEMBLES project. *Climate Dynamics* 38: 2575-2591.
- Räisänen J, Hansson U, Ullerstig A, Döschner R, Graham LP, Jones C, Meier M, Samuelsson P,**

- Willén U 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 pp.
- Saarni K, Nieminen M 2011.** Tukipolitiikan vaikutukset Suomen poronhoitoon. [Effects of subsidiary policy on reindeer herding] Riista- ja kalatalous. Tutkimuksia ja selvityksiä, nro 10, 2011 18pp.
- Schmucki E, Marty C, Fierz C, Lehning M 2014.** Simulations of 21st century snow response to climate change in Switzerland from a set of RCMs. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.4205
- Skogland T 1978.** Characteristics of the snow cover and its relationship to wild mountain reindeer (*Rangifer tarandus tarandus* L.) feeding strategies. *Arctic and Alpine Research* 10 (3): 569-580.
- Skogland T 1984.** Wild reindeer foraging-niche organization. *Ecography* 7(4): 345–379.
- Solberg EJ, Jordhøy P, Strand O, Aanes R, Loison A, Sæther B-E, Linnell JDC 2001.** Effects of density-dependence and climate on the dynamics of a Svalbard reindeer population. *Ecography* 24(4): 441–451.
- Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM 2013** (eds). *Climate Change 2013*. Cambridge University Press, Cambridge. 1535pp.
- Stähli M, Jonas T, Gustafsson D 2009** The role of snow interception in winter-time radiation processes of a coniferous sub-alpine forest. *Hydrological Processes*. 23:2498–2512.
- Telfer ES, Kensall JP 1984.** Adaptation of some large north American mammals for survival in snow. *Ecology* 65(6): 1828–1834.
- Tietäväinen H, Saku S, Venäläinen A 2011.** Mitä havainnot kertovat Suomen tähänastisesta ilmastosta? [What do the observations tell about the recent and current climate in Finland?] Esitelmä ACCLIM-ilmastoseminaarissa (8.3.2011). 30.1.2014.
- Turunen M, Oksanen P, Vuojala-Magga T, Markkula I, Sutinen M-L, Hyvönen J 2013.** Impacts of winter feeding of reindeer on vegetation and soil in the sub-Arctic: Insights from a feeding experiment. *Polar Research* 32, 18610.
- Turunen M, Rasmus S, Bavay M, Ruosteenoja K, Heiskanen J 2015a.** Coping with increasingly difficult weather and snow conditions: Reindeer herders' views on climate change impacts and coping strategies. *Suomen Riista* 61. Climate Risk Management.
- Turunen M, Rasmus S, Bavay M, Ruosteenoja K & Heiskanen J 2015b.** Talvisäät, lumiolot ja poronhoitotyöt: poronhoitajien näkemyksiä ilmastomuutoksen vaikutuksista ja keinoista selviytyä ongelmista. Submitted to *Suomen Riista*.
- Turunen M, Soppela P, Kinnunen H, Sutinen M-L, Martz F 2009.** Does climate change influence the availability and quality of reindeer forage plants? A review. *Polar Biology* 32:813-832. DOI 10.1007/s00300-009-0609-2.
- Turunen M, Vuojala-Magga T 2011.** Talviruokinnan haitat torjuttavissa. *Poromies* 5: 5-7.
- Turunen M, Vuojala-Magga T 2013.** Porojen talviruokinta: loppopuiden hakkuusta tarharuokintaan. [With English summary: Reindeer winter feeding: from lichen tree cuttings to pen feeding]. *Suomen Riista* 59:86-99.
- Turunen M, Vuojala-Magga T 2014.** Past and present winter feeding of reindeer in Finland: herders adaptive learning of the practices. *Arctic* 67(2): 173 – 188.
- Tveraa T, Stien A, Bardsen B-J, Fauchald P 2013.** Population Densities, Vegetation Green-Up, and Plant Productivity: Impacts on Reproductive Success and Juvenile Body Mass in Reindeer. *PLoS ONE* 8(2): e56450.
- Tyler NJC, Turi JM, Sundset MA, Bull KS, Sara MN, Reinert E, Oskal N, et al. 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.
- Veijalainen N, Jakkila J, Nurmi T, Vehviläinen B, Marttunen M, Aaltonen J 2012.** Suomen vesivarat ja ilmastomuutos – vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen. [Finland's water resources and climate change – Effects and adaptation, final report of the WaterAdapt-project] *WaterAdapt –projektin loppuraportti*. The Finnish Environment 16/2012. Finnish Environment Institute (SYKE). 138pp.
- Venäläinen A, Tuomenvirta H, Heikinheimo M, Kellomäki S, Peltola H, Strandman H, Väisänen H 2001.** Impact of climate change on soil frost

under snow cover in a forested landscape. *Climate Research* 17: 63–72.

- Vikhamar-Schuler D, Hanssen-Bauer I, Schuler TV, Mathiesen SD, Lehning M 2013.** Use of a multi-layer snow model to assess grazing conditions for reindeer. *Annals of Glaciology* 54 (62): 214-226.
- Vuojala-Magga T, Turunen MT 2012.** Porojen talvi-ruokintakäytänteet ennen ja nyt. *Poromies* 1:28-29.
- Vuojala-Magga T, Turunen M 2015.** Sámi reindeer herders' perspective on herbivory of subarctic mountain birch forests by geometrid moths and reindeer: a case study from northernmost Finland *SpringerPlus* (2015) 4:134. DOI 10.1186/s40064-015-0921-y
- Vuojala-Magga T, Turunen M, Ryyppö T, Tenberg M 2011.** Resonance strategies of Sámi reindeer herding during climatically extreme years in northernmost Finland in 1970-2007. *Arctic* 64 (2):227-241.
- Weladji RB, Holand Ø 2003.** Global climate change and reindeer: effects of winter weather on the autumn weight and growth of calves. *Oecologia* (2003) 136:317–323 DOI 10.1007/s00442-003-1257-9
- Weladji RB, Holand Ø, Almøy T 2003.** Use of climatic data to assess the effect of insect harassment on the autumn weight of reindeer (*Rangifer tarandus*) calves. *Journal of Zoology* 260(1):79-85. DOI:<http://dx.doi.org/10.1017/S0952836903003510>.

Liite 1: Lumimallinnustuloksiin liittyviä kuvia ja taulukoita

Taulukko L-1. Lumen vuosittaisen maksimisyvyyden tunnuslukuja talvien 1981/1982 – 2010/2011 aikana (Rasmus et al. 2015b). Säähavaintoasemista Apukka edustaa Poikajärven, Pokka Kyrön ja Hammastunturin sekä Kilpisjärvi Käsivarren paliskuntaa. Sodankylän säähavaintoaseman havaintoja käytettiin kuvaamaan keskimääräisiä Metsä-Lapin oloja.

	Alkupalvi Keskiarvo (min, max) Hajonta / Vaiht.kerroin	Keskitalvi Keskiarvo (min, max) Hajonta / Vaiht.kerroin	Loppupalvi Keskiarvo (min, max) Hajonta / Vaiht.kerroin
Apukka avoin	36 (14, 67) 12 / 0.35	69 (40, 103) 16 / 0.22	74 (33, 113) 17 / 0.23
Apukka keskim. metsä	26 (10, 49) 9 / 0.37	57 (31, 91) 14 / 0.24	60 (24, 100) 16 / 0.27
Apukka tiheä metsä	18 (6, 37) 7 / 0.42	42 (23, 71) 12 / 0.28	43 (14, 72) 13 / 0.30
Sodankylä avoin	44 (14, 75) 15 / 0.33	84 (51, 116) 14 / 0.16	87 (43, 124) 16 / 0.19
Sodankylä keskim. metsä	25 (5, 51) 10 / 0.41	55 (34, 83) 12 / 0.21	54 (11, 91) 16 / 0.29
Sodankylä tiheä metsä	21 (5, 48) 9 / 0.44	46 (25, 68) 12 / 0.25	45 (8, 82) 15 / 0.32
Pokka avoin	50 (23, 86) 15 / 0.30	86 (64, 130) 17 / 0.20	92 (62, 120) 16 / 0.17
Pokka keskim. metsä	36 (13, 65) 13 / 0.36	68 (46, 106) 17 / 0.24	70 (40, 106) 19 / 0.27
Pokka tiheä metsä	27 (6, 55) 11 / 0.42	55 (35, 95) 17 / 0.30	57 (29, 93) 19 / 0.33
Kilpisjärvi avoin	47 (24, 84) 15 / 0.32	85 (53, 116) 17 / 0.20	88 (54, 129) 17 / 0.19

Taulukko L-2. Lumen tiheyden tunnuslukuja talvien 1981/1982 – 2010/2011 aikana. Alkutilvella tarkoitetaan ajanjaksoa 1.10-15.12, keskitalvella 16.12-28.2 ja lopputilvella 1.3-15.5. (Rasmus et al. 2015b). Säähavainto-asemista Apukka edustaa Poikajärven, Pokka Kyrön ja Hammastunturin sekä Kilpisjärvi Käsivarren paliskuntaa. Sodankylän säähavaintoaseman havaintoja käytettiin kuvaamaan Metsä-Lapin keskimääräisiä oloja.

	Alkutilvi Keskiarvo (min, max) Hajonta / Vaiht.kerroin	Keskitalvi Keskiarvo (min, max) Hajonta / Vaiht.kerroin	Lopputilvi Keskiarvo (min, max) Hajonta / Vaiht.kerroin
Apukka avoin	162 (93, 256) 38 / 0.23	207 (132, 316) 36 / 0.17	299 (227, 353) 33 / 0.11
Apukka keskim. metsä	161 (88, 232) 36 / 0.23	212 (114, 311) 41 / 0.19	308 (215, 380) 37 / 0.12
Apukka tiheä metsä	160 (102, 213) 30 / 0.19	217 (112, 327) 48 / 0.22	324 (273, 404) 38 / 0.12
Sodankylä avoin	169 (113, 263) 35 / 0.20	205 (159, 248) 21 / 0.10	294 (265, 349) 24 / 0.080
Sodankylä keskim. metsä	149 (81, 202) 29 / 0.19	204 (141, 297) 42 / 0.21	288 (228, 364) 33 / 0.11
Sodankylä tiheä metsä	149 (76, 209) 32 / 0.21	205 (123, 313) 49 / 0.24	290 (226, 360) 38 / 0.13
Pokka avoin	175 (104, 231) 31 / 0.18	200 (158, 234) 18 / 0.090	283 (237, 322) 23 / 0.083
Pokka keskim. metsä	164 (78, 228) 39 / 0.24	203 (153, 256) 24 / 0.12	284 (234, 349) 28 / 0.098
Pokka tiheä metsä	167 (77, 242) 42 / 0.25	216 (142, 296) 38 / 0.18	297 (251, 366) 29 / 0.099
Kilpisjärvi avoin	166 (104, 212) 26 / 0.15	223 (151, 286) 30 / 0.14	313 (229, 394) 42 / 0.14

Taulukko L-3. Maajään paksuuden tunnuslukuja talvien 1981/1982 – 2010/2011 aikana (niiden lumen pohjimmaisten kerrosten paksuus, joiden tiheys ylittää 350kgm⁻³). Alkupalvella tarkoitetaan ajanjaksoa 1.10-15.12, keskitalvella 16.12-28.2 ja loppupalvella 1.3-15.5. (Rasmus et al. 2015b). Säähavaintoasemista Apukka edustaa Poikajärven, Pokka Kyrön ja Hammastunturin sekä Kilpisjärvi Käsivarren paliskuntaa. Sodankylän säähavaintoaseman havaintoja käytettiin kuvaamaan Metsä-Lapin keskimääräisiä oloja.

	Alkupalvi Keskiarvo (min, max) Hajonta / Vaiht.kerroin	Keskitalvi Keskiarvo (min, max) Hajonta / Vaiht.kerroin	Loppupalvi Keskiarvo (min, max) Hajonta / Vaiht.kerroin
Apukka avoin	0.78 (0, 6.87) 1.62 / 2.06	3.00 (0, 27.14) 5.81 / 1.94	13.60 (1.05, 41.66) 9.66 / 0.71
Apukka keskim. metsä	0.35 (0, 4.22) 0.84 / 2.37	3.15 (0, 24.33) 5.21 / 1.66	12.79 (0.046, 39.34) 8.52 / 0.67
Apukka tiheä metsä	0.19 (0, 2.58) 0.49 / 2.52	4.32 (0, 14.85) 4.55 / 1.05	13.12 (0.66, 35.91) 8.98 / 0.68
Sodankylä avoin	1.07 (0, 7.02) 1.67 / 1.56	2.45 (0, 10.91) 3.14 / 1.28	13.58 (4.16, 30.42) 7.12 / 0.52
Sodankylä keskim. metsä	0.19 (0, 1.62) 0.39 / 2.00	2.26 (0, 14.05) 3.82 / 1.69	8.50 (0.57, 28.09) 6.74 / 0.79
Sodankylä tiheä metsä	0.15 (0, 1.90) 0.39 / 2.58	2.42 (0, 12.03) 3.46 / 1.43	7.58 (0.68, 23.62) 5.77 / 0.76
Pokka avoin	0.59 (0, 4.57) 1.26 / 2.13	1.39 (0, 7.16) 2.33 / 1.68	10.96 (2.18, 25.19) 7.05 / 0.64
Pokka keskim. metsä	0.82 (0, 9.61) 2.11 / 2.56	1.83 (0, 14.37) 3.47 / 1.90	9.27 (0.052, 29.32) 7.22 / 0.78
Pokka tiheä metsä	0.79 (0, 9.23) 1.87 / 2.37	3.26 (0, 16.22) 4.89 / 1.50	10.91 (0.096, 29.17) 8.45 / 0.77
Kilpisjärvi avoin	0.37 (0-3.51) 0.81 / 2.20	4.85 (0-22.02) 7.05 / 1.45	21.53 (0.48, 72.89) 16.84 / 0.78

Taulukko L-4. Korrelaatioiden vahvuudet ja merkitsevyydet eri paliskuntien lumipeitteen muodostumis- ja sulamispäivien sekä avoimen ympäristön lumen syvyyksien välillä (alueellinen korrelaatio). Merkitsevyydet: * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 (Rasmus et al. 2015b). Säähavaintoasemista Apukka edustaa Poikajärven, Pokka Kyrön ja Hammastunturin sekä Kilpisjärvi Käsivarren paliskuntaa. Sodankylän säähavaintoaseman havaintoja käytettiin kuvaamaan Metsä-Lapin keskimääräisiä oloja.

Lumipeitteen muodostumispäivä			
	Apukka	Pokka	Kilpisjärvi
Pokka	0.056		
Kilpisjärvi	0.25	0.65***	
Sodankylä	0.25	0.73***	0.68***
Lumen sulamispäivä			
	Apukka	Pokka	Kilpisjärvi
Pokka	0.59***		
Kilpisjärvi	0.37*	0.48**	
Sodankylä	0.73***	0.79***	0.44*
Lumen syvyys			
	Apukka	Pokka	Kilpisjärvi
Pokka	0.7***		
Kilpisjärvi	0.17	0.47**	
Sodankylä	0.87***	0.69***	0.21

Taulukko L-5. Korrelaatioiden vahvuudet ja merkitsevyydet eri paliskuntien avoimen ympäristön lumen tiheysien (a) sekä maajään paksuuksien (b) välillä (alueellinen korrelaatio). Merkitsevyydet: * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 (Rasmus et al. 2015b). Säähavaintoasemista Pokka edustaa Kyrön ja Hammastunturin sekä Kilpisjärvi Käsivarren paliskuntaa. Sodankylän säähavaintoaseman havaintoja käytettiin kuvaamaan keskimääräisiä Metsä-Lapin oloja.

a) Lumen tiheys			
Alkutilvi			
	Apukka avoin	Pokka avoin	Kilpisjärvi avoin
Pokka avoin	0.27		
Kilpisjärvi avoin	-0.14	0.57**	
Sodankylä avoin	0.53**	0.63***	0.21
Keskitalvi			
	Apukka avoin	Pokka avoin	Kilpisjärvi avoin
Pokka avoin	0.43*		
Kilpisjärvi avoin	0.27	0.37*	
Sodankylä avoin	0.83***	0.55**	0.10
Lopputilvi			
	Apukka avoin	Pokka avoin	Kilpisjärvi avoin
Pokka avoin	0.36		
Kilpisjärvi avoin	0.45*	0.21	
Sodankylä avoin	0.75***	0.52**	0.30

b) Maajään paksuus			
Alkutilvi			
	Apukka avoin	Pokka avoin	Kilpisjärvi avoin
Pokka avoin	0.28		
Kilpisjärvi avoin	-0.18	0.37*	
Sodankylä avoin	0.38*	0.31	-0.10
Keskitalvi			
	Apukka avoin	Pokka avoin	Kilpisjärvi avoin
Pokka avoin	0.15		
Kilpisjärvi avoin	0.0062	0.06	
Sodankylä avoin	0.4	0.38	-0.12
Lopputilvi			
	Apukka avoin	Pokka avoin	Kilpisjärvi avoin
Pokka avoin	0.24		
Kilpisjärvi avoin	0.30	0.10	
Sodankylä avoin	0.60***	0.50**	0.14

Taulukko L-6. Korrelaatioiden vahvuudet ja merkitsevyydet lumen syvyyksien välillä eri paliskuntien eri ympäristöissä (paikallinen korrelaatio). Merkitsevyystasot: * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 (Rasmus et al. 2015b). Säähavaintoasemista Apukka edustaa Poikajärven ja Pokka Kyrön ja Hammastunturin paliskuntaa. Sodankylän säähavaintoaseman havaintoja käytettiin kuvaamaan keskimääräisiä Metsä-Lapin oloja.

Lumen syvyys		
	Apukka avoin	Apukka keskim. metsä
Apukka keskim. metsä	0.86***	
Apukka tiheä metsä	0.69***	0.93***
	Sodankylä avoin	Sodankylä keskim. metsä
Sodankylä keskim. metsä	0.77***	
Sodankylä tiheä metsä	0.69***	0.96***
	Pokka avoin	Pokka keskim. metsä
Pokka keskim. metsä	0.91***	
Pokka tiheä metsä	0.90***	0.97***

Taulukko L-7. Korrelaatioiden vahvuudet ja merkitsevyydet lumen tiheyksien välillä eri paliskuntien eri ympäristöissä (paikallinen korrelaatio). Merkitsevyydet: * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 . Alkutilvella tarkoitetaan ajanjaksoa 1.10-15.12, keskitalvella 16.12-28.2 ja lopputilvella 1.3-15.5. (Rasmus et al. 2015b). Säähavaintoasemista Apukka edustaa Poikajärven, ja Pokka Kyrön ja Hammastunturin paliskuntaa. Sodankylän säähavaintoaseman havainnot käytettiin kuvaamaan keskimääräisiä Metsä-Lapin oloja.

Lumen tiheys		
Alkutilvi		
	Apukka avoin	Apukka keskim. metsä
Apukka keskim. metsä	0.93***	
Apukka tiheä metsä	0.85***	0.89***
	Sodankylä avoin	Sodankylä keskim. metsä
Sodankylä keskim. metsä	0.60***	
Sodankylä tiheä metsä	0.60***	0.94***
	Pokka avoin	Pokka keskim. metsä
Pokka keskim. metsä	0.76***	
Pokka tiheä metsä	0.77***	0.97***
Keskitalvi		
	Apukka avoin	Apukka keskim. metsä
Apukka keskim. metsä	0.77***	
Apukka tiheä metsä	0.54**	0.67***
	Sodankylä avoin	Sodankylä keskim. metsä
Sodankylä keskim. metsä	0.57**	
Sodankylä tiheä metsä	0.52**	0.92***
	Pokka avoin	Pokka keskim. metsä
Pokka keskim. metsä	0.70***	
Pokka tiheä metsä	0.60***	0.83***
Lopputilvi		
	Apukka avoin	Apukka keskim. metsä
Apukka keskim. metsä	0.89***	
Apukka tiheä metsä	0.55**	0.75***
	Sodankylä avoin	Sodankylä keskim. metsä
Sodankylä keskim. metsä	0.73***	
Sodankylä tiheä metsä	0.46**	0.89***
	Pokka avoin	Pokka keskim. metsä
Pokka keskim. metsä	0.74***	
Pokka tiheä metsä	0.58***	0.88***

Taulukko L-8. Korrelaatioiden vahvuudet ja merkitsevyydet maajään paksuuksien välillä eri paliskuntien eri ympäristöissä (paikallinen korrelaatio). Merkitsevyytasot: * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 . Alkutilvella tarkoitetaan ajanjaksoa 1.10-15.12, keskitalvella 16.12-28.2 ja lopputilvella 1.3-15.5. (Rasmus et al. 2015b). Säähavaintoasemista Apukka edustaa Poikajärven, ja Pokka Kyrön ja Hammastunturin paliskuntaa. Sodankylän säähavaintoaseman havaintoja käytettiin kuvaamaan keskimääräisiä Metsä-Lapin oloja.

Maajään paksuus		
Alkutilvi		
	Apukka avoin	Apukka keskim. metsä
Apukka keskim. metsä	0.65***	
Apukka tiheä metsä	0.56**	0.57**
	Sodankylä avoin	Sodankylä keskim. metsä
Sodankylä keskim. metsä	0.25	
Sodankylä tiheä metsä	0.13	0.83***
	Pokka avoin	Pokka keskim. metsä
Pokka keskim. metsä	0.24	
Pokka tiheä metsä	0.34	0.77***
Keskitalvi		
	Apukka avoin	Apukka keskim. metsä
Apukka keskim. metsä	0.59***	
Apukka tiheä metsä	0.18	0.24
	Sodankylä avoin	Sodankylä keskim. metsä
Sodankylä keskim. metsä	-0.087	
Sodankylä tiheä metsä	-0.15	0.76***
	Pokka avoin	Pokka keskim. metsä
Pokka keskim. metsä	0.047	
Pokka tiheä metsä	0.087	0.63***
Lopputilvi		
	Apukka avoin	Apukka keskim. metsä
Apukka keskim. metsä	0.78***	
Apukka tiheä metsä	0.29	0.52**
	Sodankylä avoin	Sodankylä keskim. metsä
Sodankylä keskim. metsä	0.57**	
Sodankylä tiheä metsä	0.37*	0.89***
	Pokka avoin	Pokka keskim. metsä
Pokka keskim. metsä	0.66***	
Pokka tiheä metsä	0.46**	0.74***

Taulukko L-9. Mallinnettu lumipeitteen muodostumis- ja sulamispäivä sekä lumen syvyys Sodankylässä kontrollijakson (1980-2009) ja skenaariojakson (2035-2064) aikana (Turunen et al. 2015a,b). Sodankylän säähavainto- aseman havaintoja käytettiin kuvaamaan keskimääräisiä Metsä-Lapin oloja.

	Kontrolli Keskiarvo (min, max) Hajonta / Vaiht.kerr.	Skenaario Keskiarvo (min, max) Hajonta / Vaiht.kerr.
Lumipeitteen muodostumispäivä	24.10. (27.9. – 19.11.) 12.0 / 0.040	12.11. (8.10. – 26.12.) 17.9 / 0.057
Lumipeitteen sulamispäivä	11.5. (21.4. – 29.5.) 8.8 / 0.067	25.4. (6.2. – 14.5.) 19.2 / 0.17
Lumen maksimisyvyys, avoin (cm)	91 (54 – 126) 16 / 0.17	67 (43 – 98) 15 / 0.23
Lumen maksimisyvyys, keskim. metsä (cm)	60 (35 – 92) 13 / 0.22	36 (18 – 59) 13 / 0.35
Lumen maksimisyvyys, tiheä metsä (cm)	50 (30 – 83) 13 / 0.25	30 (15 – 52) 11 / 0.36

Taulukko L-10. Mallinnettu lumen tiheys Sodankylässä kontrollijakson (1980-2009) ja skenaariojakson (2035-2064) aikana. Alkupalvella tarkoitetaan ajanjaksoa 1.10-15.12, keskitalvella 16.12-28.2 ja loppupalvella 1.3-15.5. (Turunen et al. 2015a,b). Sodankylän säähavaintoaseman havaintoja käytettiin kuvaamaan keskimääräisiä Metsä-Lapin oloja.

	Alkupalvi		Keskitalvi		Loppupalvi	
	Kontrolli Keskiarvo (min, max) Haj. / V.kerr.	Kontrolli Keskiarvo (min, max) Haj. / V.kerr.	Kontrolli Keskiarvo (min, max) Haj. / V.kerr.	Kontrolli Keskiarvo (min, max) Haj. / V.kerr.	Kontrolli Keskiarvo (min, max) Haj. / V.kerr.	Kontrolli Keskiarvo (min, max) Haj. / V.kerr.
Avoin	172 (120 – 243) 30 / 0.18	163 (109 – 236) 31 / 0.19	208 (163 – 246) 20 / 0.096	239 (121 – 324) 46 / 0.19	294 (263 – 339) 22 / 0.076	326 (111 – 396) 60 / 0.18
Keskim. metsä	157 (110 – 212) 30 / 0.19	141 (77 – 231) 33 / 0.23	211 (140 – 301) 42 / 0.20	193 (103 – 283) 54 / 0.28	294 (228 – 376) 34 / 0.11	231 (101 – 370) 67 / 0.29
Tiheä metsä	156 (110 – 211) 31 / 0.20	143 (84 – 222) 34 / 0.23	212 (128 – 325) 50 / 0.24	185 (102 – 308) 54 / 0.29	298 (236 – 383) 39 / 0.13	212 (95 – 376) 67 / 0.32

Taulukko L-11. Mallinnettu maajään paksuus Sodankylässä kontrollijakson (1980-2009) ja skenaariojakson (2035-2064) aikana. Alkutilvella tarkoitetaan ajanjaksoa 1.10-15.12, keskitalvella 16.12-28.2 ja lopputilvella 1.3-15.5. (Turunen et al. 2015a,b). Sodankylän säähavaintoaseman havaintoja käytettiin kuvaamaan keskimääräisiä Metsä-Lapin oloja.

	Alkutilvi		Keskitalvi		Lopputilvi	
	Kontrolli Keskiarvo (min, max) Haj. / V.kerr.	Skenaario Keskiarvo (min, max) Haj. / V.kerr.	Kontrolli Keskiarvo (min, max) Haj. / V.kerr.	Skenaario Keskiarvo (min, max) Haj. / V.kerr.	Kontrolli Keskiarvo (min, max) Haj. / V.kerr.	Skenaario Keskiarvo (min, max) Haj. / V.kerr.
Avoin	0.99 (0 – 5.43) 1.67 / 1.69	0.42 (0 – 3.99) 0.89 / 2.13	2.32 (0 – 9.18) 3.00 / 1.29	6.94 (0 – 23.18) 5.85 / 0.84	13.64 (4.15 – 33.57) 7.27 / 0.53	17.75 (0 – 39.10) 9.68 / 0.55
Keskim. metsä	0.25 (0 – 2.20) 0.56 / 2.22	0.14 (0 – 2.18) 0.44 / 3.14	2.48 (0 – 14.47) 3.88 / 1.56	2.19 (0 – 10.81) 3.09 / 1.41	9.61 (0.46 – 27.22) 7.30 / 0.76	3.22 (0 – 21.68) 5.16 / 1.60
Tiheä metsä	0.22 (0 – 2.04) 0.48 / 2.17	0.13 (0 – 1.85) 0.39 / 3.03	2.69 (0 – 13.66) 3.94 / 1.47	1.96 (0 – 14.81) 3.59 / 1.83	8.57 (0.67 – 28.02) 6.68 / 0.78	2.52 (0 – 19.29) 5.19 / 2.06

Taulukko L-12. Lukuporojen (a), eloporojen (b), teurasporojen (c) talvesta selviytymisen indeksin (d) ja va-saproentin (e) tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot eri paliskuntien välillä. Merkitsevyystasot: *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$.

a)

	Hammastunturi	Käsivarsi	Kyrö	Pohjois-Salla
Käsivarsi	0.36*			
Kyrö				
Pohjois-Salla	0.87***	0.47**		
Poikajärvi	0.81***		0.36*	0.82***

b)

	Hammastunturi	Käsivarsi	Kyrö	Pohjois-Salla
Käsivarsi				
Kyrö				
Pohjois-Salla	0.81***	0.49**		
Poikajärvi	0.81***		0.43**	0.62***

c)

	Hammastunturi	Käsivarsi	Kyrö	Pohjois-Salla
Käsivarsi				
Kyrö		0.71***		
Pohjois-Salla	0.88***			
Poikajärvi	0.87***			0.89***

d)

	Hammastunturi	Käsivarsi	Kyrö	Pohjois-Salla
Käsivarsi				
Kyrö				
Pohjois-Salla				
Poikajärvi			0.35*	0.53***

e)

	Hammastunturi	Käsivarsi	Kyrö	Pohjois-Salla
Käsivarsi				
Kyrö		0.56***		
Pohjois-Salla	0.62***			
Poikajärvi	0.57***		0.43*	0.57***

Taulukko L-13. Lukuporojen, eloporojen, teurasporojen, talvesta selviytymisen indeksin ja vasaprocentin väliset tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot eri paliskunnissa. Merkitsevyytasot: *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$.

Poikajärvi	Eloporot	Lukuporot	WSI	Teurasporot
Eloporot				
Lukuporot	0.90***			
WSI	0.68***	0.73***		
Teurasporot	0.80***	0.91***	0.63***	
Vasa%	0.58***	0.51**	0.61***	0.63***

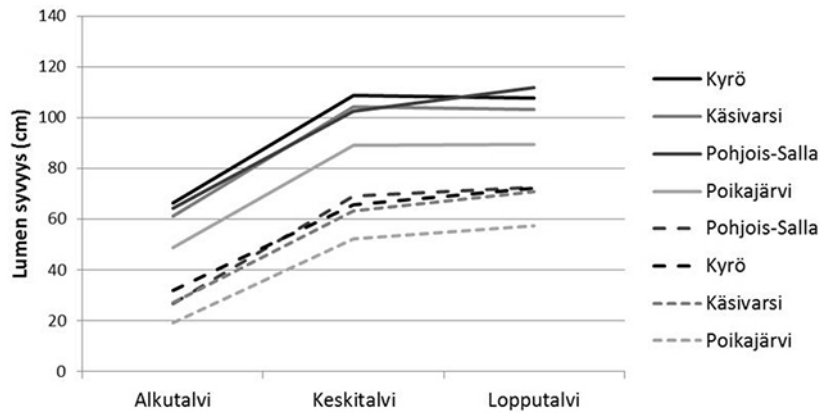
Pohjois-Salla	Eloporot	Lukuporot	WSI	Teurasporot
Eloporot				
Lukuporot	0.74***			
WSI	0.63***	0.81***		
Teurasporot	0.42*	0.86***	0.63***	
Vasa%	0.56***	0.68***	0.52**	0.79***

Kyrö	Eloporot	Lukuporot	WSI	Teurasporot
Eloporot				
Lukuporot	0.81***			
WSI	0.42*	0.60***		
Teurasporot	0.40*	0.70***	0.61***	
Vasa%			0.57***	0.46**

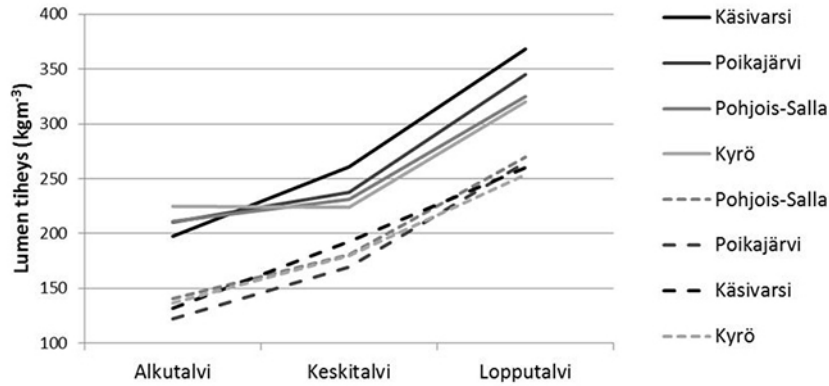
Hammastunturi	Eloporot	Lukuporot	WSI	Teurasporot
Eloporot				
Lukuporot	0.90***			
WSI	0.57***	0.57***		
Teurasporot	0.78***	0.89***		
Vasa%	0.51**			0.42*

Käsivarsi	Eloporot	Lukuporot	WSI	Teurasporot
Eloporot				
Lukuporot	0.85***			
WSI				
Teurasporot		0.68***	0.44*	
Vasa%	0.63***	0.53**		0.44*

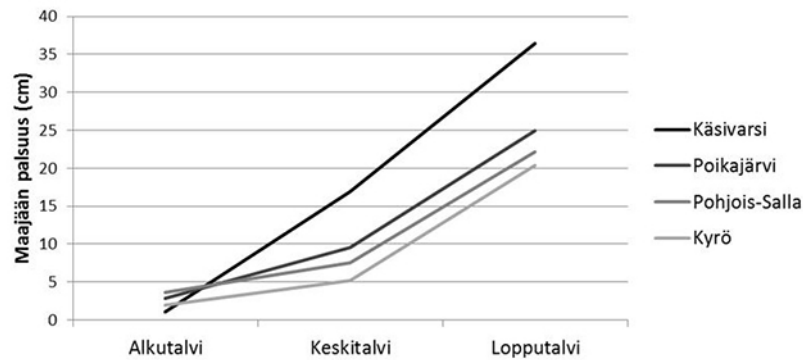
a)



b)

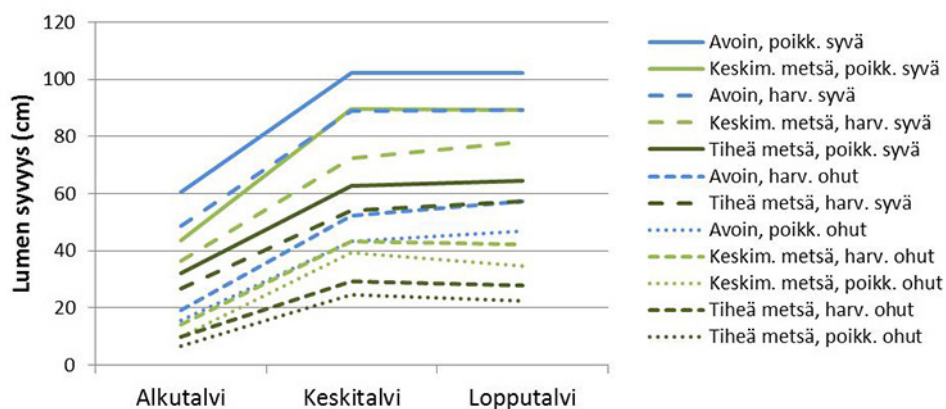


c)

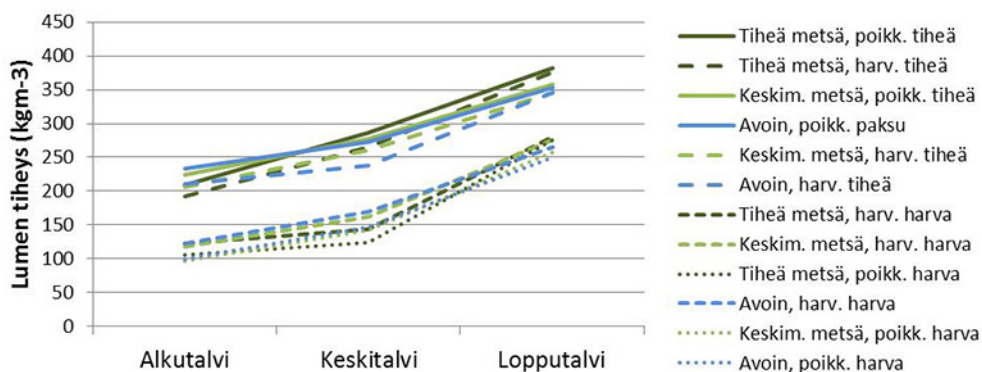


Kuva L-1. Harvinaisen rajat (koetaan kerran 10 vuodessa) lumen syvyydelle (a), lumen tiheydelle (b) ja maa-jään paksuudelle (c) tutkimuspaliskuntien avoimessa ympäristössä. Yhtenäinen viiva = harvinaisen suuren arvon raja, katkoviiva = harvinaisen pienen arvon raja. Alkutilvella tarkoitetaan ajanjaksoa 1.10-15.12, keskitalvella 16.12-28.2 ja lopputilvella 1.3-15.5. (Rasmus et al. 2015b).

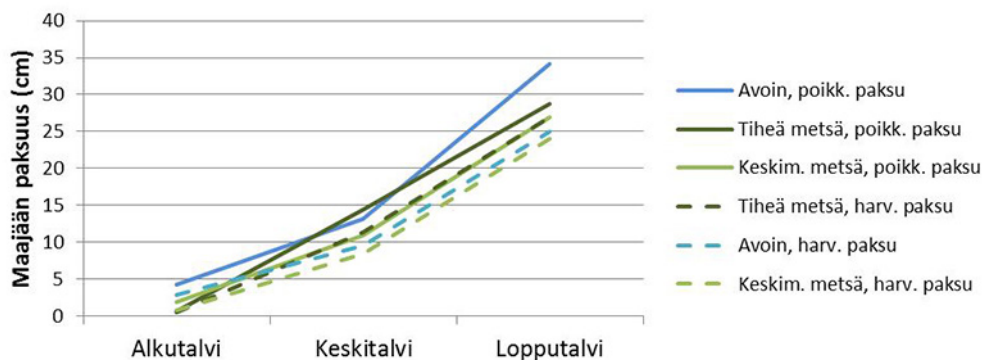
a)



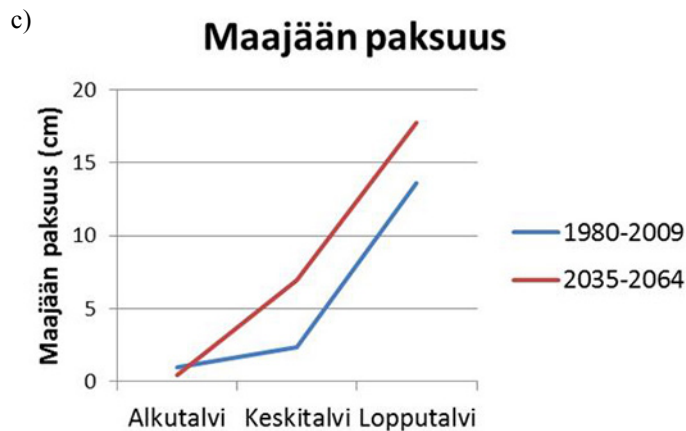
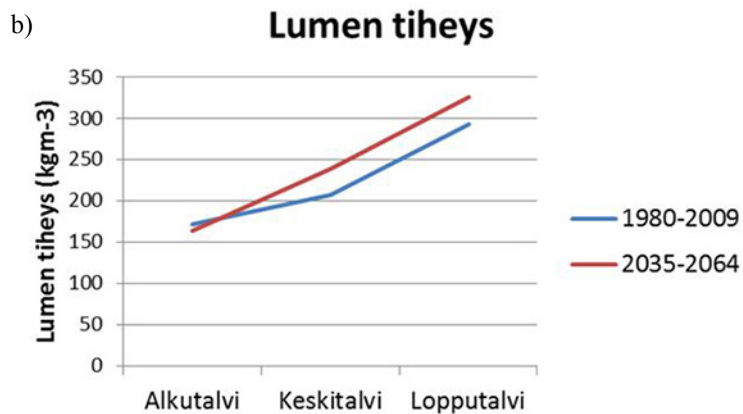
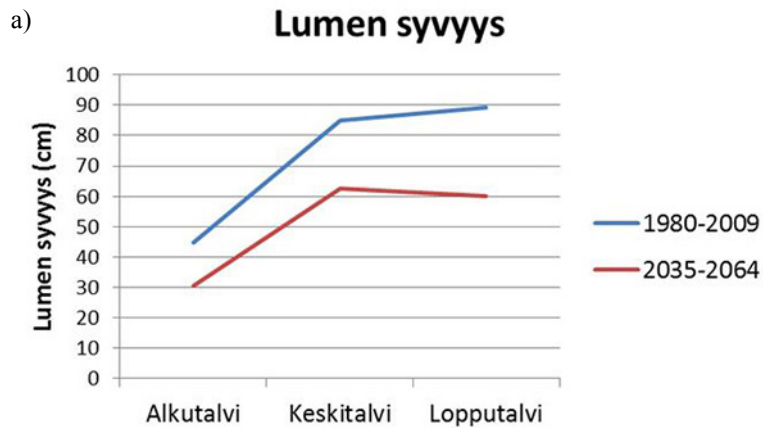
b)



c)

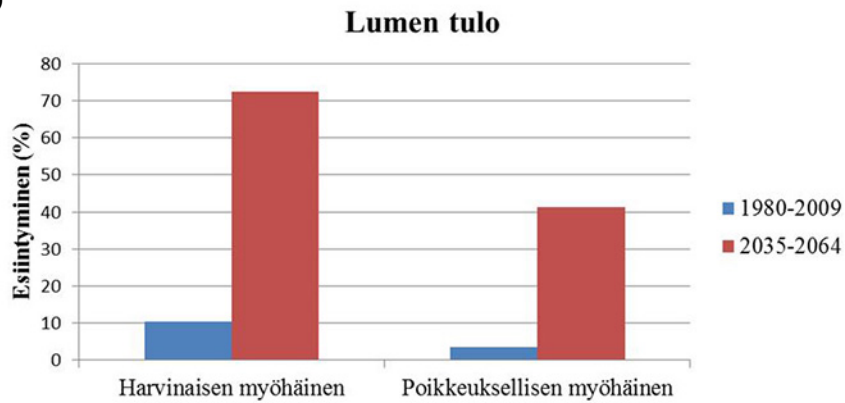


Kuva L-2. Harvinaisen ja poikkeuksellisen rajat lumen syvyydelle (a), lumen tiheydelle (b) ja maajään paksuudelle (c) Poikajärven paliskunnan avoimessa ympäristössä, metsässä jonka tiheys on keskimääräinen sekä tiheässä metsässä. Alkutilvella tarkoitetaan ajanjaksoon 1.10-15.12, keskitalvella 16.12-28.2 ja lopputilvella 1.3-15.5. (Rasmus et al. 2015b).

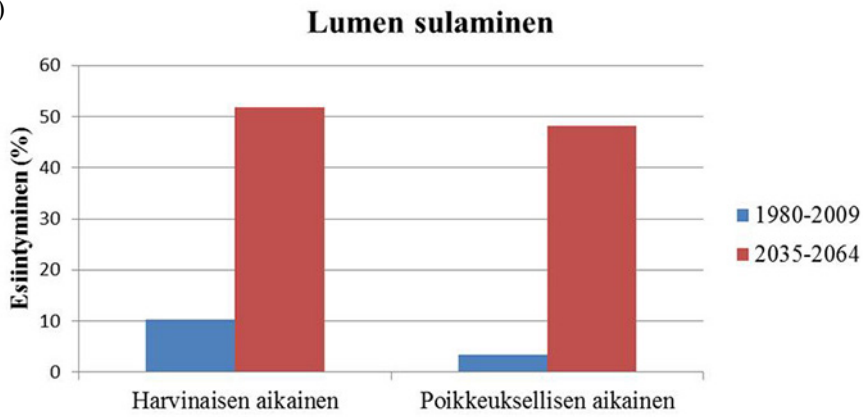


Kuva L-3. Keskimääräinen avoimen ympäristön lumen syvyyden maksimi (a), lumen tiheys (b) ja maajään paksuus (c) kontrollijakson (1980-2009) ja skenaariojakson (2035-2064) aikana Sodankylässä. Sodankylän säähavaintoaseman havaintoja käytettiin kuvaamaan keskimääräisiä Metsä-Lapin oloja. Alkutilvella tarkoitetaan ajanjaksoon 1.10-15.12, keskitalvella 16.12-28.2 ja lopputilvella 1.3-15.5 (Turunen et al. 2015a,b).

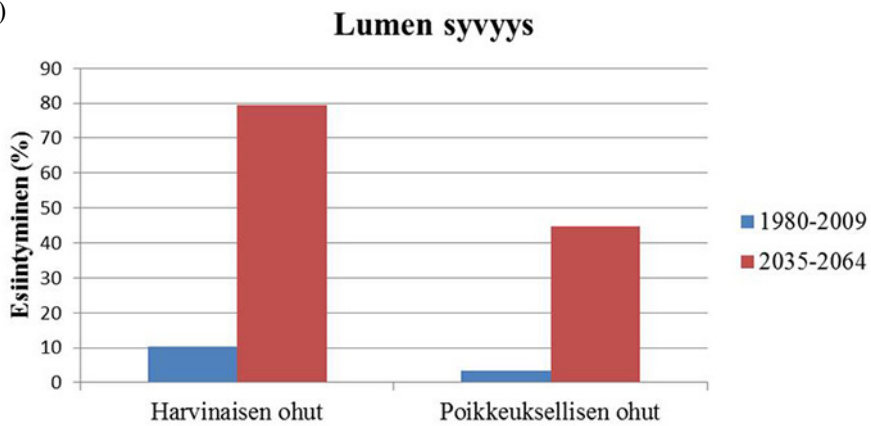
a)

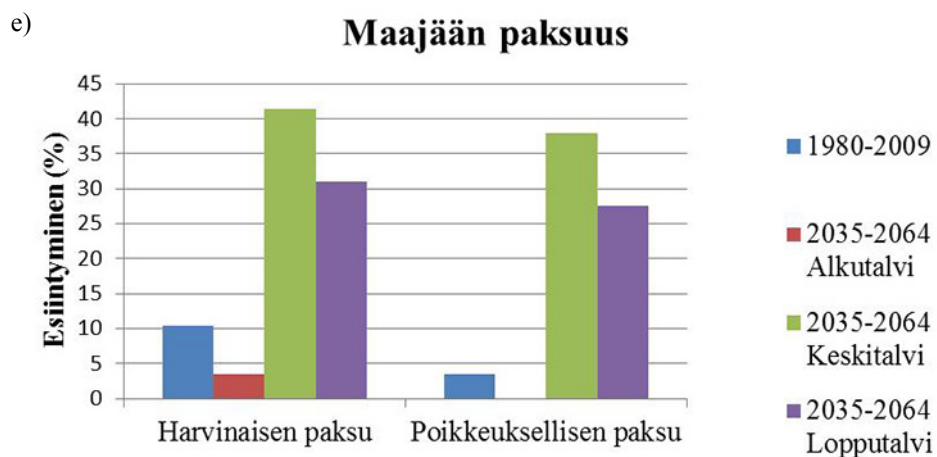
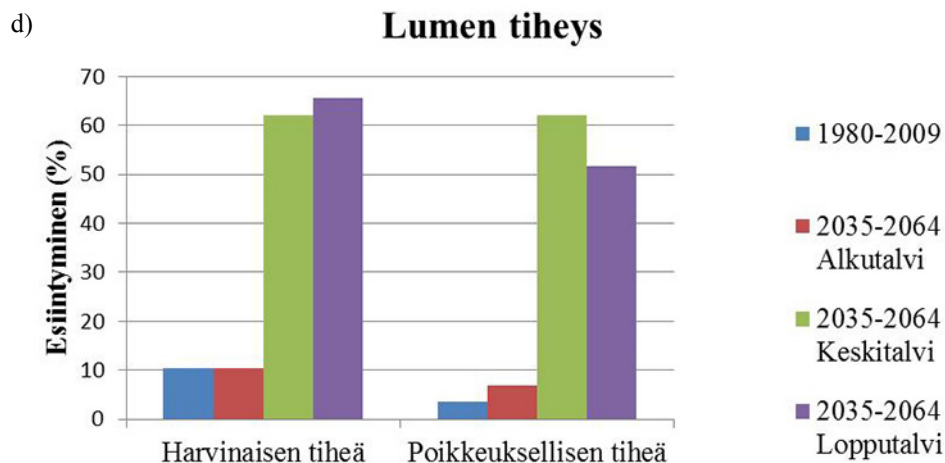


b)



c)





Kuva L-4. Harvinaisen ja poikkeuksellisen myöhäisen lumen muodostumispäivän (a), aikaisen lumen sulamisen (b), ohuen lumipeitteen (c), tiheän lumen (d) ja paksun maajääkerroksen (e) esiintymistiheydet Sodankylässä avoimessa ympäristössä kontrollijakson (1980–2009) ja skenaariojakson (2035–2064) aikana. Sodankylän säähavaintoaseman havaintoja käytettiin kuvaamaan keskimääräisiä Metsä-Lapin oloja. ”Harvinainen” tarkoittaa esiintymistiheyttä kerran 10 vuodessa ja ”poikkeuksellinen” esiintymistiheyttä kolme kertaa sadassa talvessa. Alku-, keski- ja loppupalvi viittaavat ajanjaksoihin 1.10–15.12, 16.12–28.2 ja 1.3–15.5. (Turunen et al. 2015a,b).

Liite 2: Kysely vaikeista lumioloista selviämisestä ja muuttuviin vuodenaikoihin sopeutumisesta

OSA I - ERILAISET TALVIOLOSUHTEET

Tilanne 1: Laidunmaan jäätyminen ja/tai jääkerrokset lumessa: Märkä lumi jäätyy laidunmaahan epävakaan syystalven aikana, tai talvella lumipeitteeseen muodostuu paksu jääkerros lämpötilan taas pudotessa suojasään ja vesisateiden jälkeen.

Tilanne 2: Harvinaisen syväluminen talvi: Lunta sataa heti alkutalvesta runsaasti ja usein. Keski- ja loppupalvestakin tulee lumisateita, jotka kartuttavat lumipeitettä kevättalvellakin

Tilanne 3: Pitkä kevät: Lumi sulaa, päiviä syntyy ja kasvukausi alkaa myöhään.

Haastattelukysymykset jokaiseen tilanteeseen liittyen: Mitä teet jotta selviydyt mahdollisimman hyvin? Mitä muita selviytymistapoja tiedät? Miten vastaavista olosuhteista on selviydytty aiemmin? Mitä tietolähteitä käytät tehdessäsi päätöksen? Kenen kanssa teet päätöksen? Kuinka nopeasti? **Lisäksi jokaiseen tilanteeseen liittyen:** Miten eri tekijät vaikuttavat tilanteesta selviämiseen OMASSA PALISKUNNASSASI? (-5 vaikeuttaa selviytymistä erittäin paljon / 0 ei lainkaan / 5 helpottaa selviytymistä erittäin paljon)

Muu maankäyttö (Mikä?)	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Ihmistoiminnan aiheuttama häiriö	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Laidunten kunto	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Maaston monipuolisuus	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Luppolaidunten määrä	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Porojen laidunnustapa (paimennus ym)	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Laidunkierron käyttö	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Porojen kunto	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Porojen ruokinta	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Petojen esiintyminen	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Sääennustusten laatu	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Työvoiman määrä	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Tiedon/taidon määrä porojen käsittelystä	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Teknisten apuvälineiden käyttö (Mikä?)	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Poronhoitajien osa/täysiaikaisuus	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Paliskunnan tuki	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Oman tokkakunnan/siidan tuki	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Muun yhteiskunnan tuki	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Lainsäädäntöön liittyvät tekijät (mitkä)	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Oma taloudellinen tilanne	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Polttoaineen hinta	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Pororehujen hinta	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Omien peltojen määrä	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Arvostus elinkeinoa kohtaan (oma)	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Arvostus elinkeinoa kohtaan (muiden)	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Epävarmuus tulevasta maankäytöstä	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Epävarmuus poronhoidon jatkuvuudesta	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

OSA II - MUUTTUVAT VUODENAJAT

1. Lähivuosisikymmeninä seuraavanlaiset talvet yleistyvät:

- Talven lämpötilat nousevat, pakkaspäivät vähenevät Pohjois-Suomessa noin kolmanneksella
- Talven suojapäivät lisääntyvät, samoin kuin päivät kun lämpötila on saman vuorokauden aikana sekä pakkasen että suojan puolella
- Talvisateet lisääntyvät ja talven aikainen lumen sulaminen yleistyy
- Niukkalumiset talvet yleistyvät
- Kuivan pakkaslumen osuus vähenee ja sulavan tai jäisen lumen osuus kasvaa
- Jokien talvivirtaamat kasvavat
- Pilvisyys lisääntyy
- Routaa on nykyistä vähemmän

Lähivuosisikymmeninä seuraavanlaiset kevät yleistyvät:

- Kevään viimeiset pakkaset aikaistuvat muutamalla viikolla
- Lumi sulaa nykyistä aikaisemmin, ja päiviä muodostuu aikaisemmin
- Kasvukausi alkaa aikaisemmin
- Järvien ja jokien jääpeite sulaa aikaisemmin
- Kevättulvat pienenevät ja aikaistuvat

Lähivuosisikymmeninä seuraavanlaiset kesät yleistyvät:

- Kesät lämpenevät ja hellejaksot ovat aiempaa yleisempiä, pidempiä ja kuumempia
- Rankkasateet voimistuvat mutta kesällä ja alkusyksystä kuivuus voi vaivata
- Kasvukausi on pidempi ja lämpimämpi

Lähivuosisikymmeninä seuraavanlaiset syksyt yleistyvät:

- Syksyn sateet lisääntyvät, jokien virtaamat kasvavat syksyllä
- Syksyn ensimmäiset pakkaset viivästyvät muutamalla viikolla
- Lumipeite muodostuu nykyistä myöhäisemmin
- Maa routaantuu myöhäisemmin kuin nykyään
- Jokien ja järvien jääpeite muodostuu nykyistä myöhäisemmin

Haastattelukysymykset jokaiseen vuodenaikaan liittyen: Miten tämä vaikuttaa käsityksesi mukaan porojen hyvinvointiin? Työhösi poronhoitajana? Poronhoitoon yleisesti?



Talvi on poronhoidon näkökulmasta katsottuna kriittisin vuodenaika: lumen määrä ja laatu ovat yksi tärkeimmistä poron kuntoon ja elinkeinon kannattavuuteen vaikuttavista tekijöistä. Vaikeat lumiolot kuten maajää, jäiset kerrokset lumessa, paksu lumipeite ja myöhäinen lumen sulaminen vaikeuttavat poron ravinnon saantia, hajaannuttavat tokkia ja lisäävät poronhoidon kustannuksia.

Tämä tutkimusraportti antaa vastauksia mm. seuraaviin kysymyksiin: Kuinka talvisää sekä lumen määrä ja rakenne ovat vaihdelleet eri paliskunnissa 30-50 vuoden aikana? Kuinka lumiolosuhteet muuttuvat tulevaisuudessa? Miten vaikeat talviolot vaikuttavat poroon ja poronhoitoon? Kuinka poronhoitajat ovat selviytyneet ja tulevat selviytymään vaikeista säistä ja lumiolosuhteista nyt ja tulevaisuudessa?

Lumiolosuhteiden vaikutus porojen talvikuolleisuuteen ja vasatuotantoon – Lumi- ja kaivuolosuhteet sekä poronhoidon sopeutumisskenaariot muuttuvassa ilmastossa –projekti on toteutettu Jyväskylän yliopiston Biologian ja ympäristötieteen laitoksen, Lapin yliopiston Arktisen keskuksen, WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF:n, Ilmatieteen laitoksen ja Helsingin yliopiston Geotieteiden ja maantieteen laitoksen yhteistyönä vuosina 2012-2015. Maa- ja metsätalousministeriön hoitama Maatilatalouden kehittämisrahasto (MAKERA) tuki hanketta taloudellisesti.

ISSN 1235-0583

ISBN 978-952-484-852-7 (pdf)