

# Porolaidunten ekologinen tila ja poronhoito muuttuvassa ilmastossa

Sari Stark, Minna Turunen, Sirpa Rasmus & Jouko Kumpula

Kestävä biotalous porolaitumilla –hankkeen raportti

16.9.2019

POROLAIDUNTEN EKOLOGINEN TILA JA HIILITASE .....	2
1. Laiduntutkimuksesta porolaidunten ekologisen tilan arviointiin.....	2
2. Porotalouden vaikutukset kasvillisuuteen .....	3
2.1. Boreaalin havumetsävyöhyke .....	3
2.2. Subarktinen tunturikoivikko- ja tunturivyöhyke.....	3
3. Porotalouden merkitys maaperän biologisissa prosesseissa .....	4
3.1. Vaikutukset maaperän hiilen ja ravinteiden kiertoon .....	4
3.2. Vaikutukset hiilivarastoihin .....	5
4. Ilmastonmuutoksen vaikutukset kasvillisuuteen ja hiilen kiertoon .....	6
5. Porolaidunten ekologinen tila kestävän kehityksen, luonnontilaisuuden ja hiilinielun näkökulmasta .....	7
PORONHOITO JA ILMASTONMUUTOS.....	8
1. Ilmaston ja vuodenaikojen sään merkitys poronhoidolle.....	8
2. Miten ilmasto on muuttunut poronhoitoalueella? .....	9
3. Katsaus tulevaan ilmastoon.....	10
4. Poronhoitajien kokemukset ilmastonmuutoksesta .....	11
5. Ilmastonmuutoksen vaikutukset poronhoitoon .....	12
6. Poronhoidon sopeutuminen ilmastonmuutokseen .....	15
Kirjallisuus .....	16
LIITTEET .....	22

# POROLAIDUNTEN EKOLOGINEN TILA JA HIILITASE

Sari Stark, Minna Turunen & Jouko Kumpula

## 1. Laiduntutkimuksesta porolaidunten ekologisen tilan arviointiin

Porojen laiduntamisen ekosysteemivaikutuksia on tutkittu useita vuosikymmeniä maantieteellisesti laajalla alueella borealisesta havumetsävyöhykkeestä tunturikoivikoiden kautta puuttomaan tundraan. Tutkimukset on yleensä toteutettu vertailemalla laidunnetun alueen kasvillisuutta, hiilinielua tai maaperän mikrobiaktiivisuutta aidattuun alueeseen, jonka ikä vaihtelee tutkimuksittain muutamista vuosista vuosisataan. Erityisesti Suomen itärajan poroaidan idänpuoleinen hyvin pitkään laiduntamatta ollut alue on ollut runsaasti käytetty vertailualue. Toinen lähestymistapa on ollut tarkastella kasvillisuutta ja ekosysteemiprosesseja laidunkiertoaitojen eri puolille sijoituvilla laidunalueilla, joilla laidunnus painottuu joko kesään tai talveen. Talviaikainen laidunnus poikkeaa kesälaidunnuksesta, koska lumipeitteen alla oleva kasvillisuus ei joudu porojen tallauksen kohteeksi ja osa ravintokasveista (esim. lehtensä pudottavat varvut ja tunturikoivu) toimii poron ravinnonlähteenä vain kesäisin.

Soveltaessa aitauksista kerättyä tietoa poronhoidon ympäristövaikutusten arvioimiseen on tiedostettava, että näissä kokeissa vertaillaan porolaidunnuksen vaikutuksen piirissä olevaa aluetta teoreettiseen tilaan, jossa kaikkiin laiduntajiin ja ihmistoimintaan liittyvä häiriö on eliminoitu. Laiduntajat kaikkialla maailmassa, olivat ne sitten luonnonvaraisia tai kesytettyjä, muokkaavat aina ympäröivää kasvillisuutta, ja laidunnukselta suojatut alueet eroavat laidunnetusta ympäristöstä myös tilanteissa, joissa laiduntaja on luonnonvarainen. Aidatut alueet eivät siten edusta tyypillistä luonnontilaa. Luontaisen peuralaidunnuksen ja puolikesyn poron vaikutusten vertailuun saadaan kiinnittymiskohtia esimerkiksi pohjoisamerikkalaisen karibun (Manseau et al. 1996, Gough et al. 2007, Zamin ja Grogan 2013) ja hirven (Pastor and Naiman 1992) ja Etelä-Norjan villien poropopulaatioiden (Vistnes ja Nelleman 2008) kasvillisuusvaikutuksista. Tunturivyöhykkeellä myös myyrillä ja sopuleilla on vähintään poroon verrattava vaikutus kasvillisuuteen ja maaperän ravinteiden kiertoon (Virtanen et al. 1997, Grellmann 2002, Olofsson et al. 2014, Tuomi et al. 2019).

Lyhytaikainen porojen poistaminen aitaamalla ei välttämättä ennusta kasvillisuuden vasteita pitkällä aikavälillä, mikä on huomioitava tulosten tulkinnassa. Pitkäkestoisissa tutkimuksissa on havaittu, että aivan eri kasvilajit voivat yleistyä pitkän aitaamisen jälkeen kuin mitä voitiin päätellä lyhytaikaisista vasteista (Saccone et al. 2015). Jäkälävaltaisten ekosysteemien prosesseissa, kuten karikkeen lahotusnopeudessa, laidunnuksen 'vaikutus' näyttäytyy sitä suurempana, mitä vanhempaan aitausalueeseen laidunnettua aluetta vertaillaan (Stark et al. 2010). Aitaamisen vasteisiin vaikuttaa myös porotalouden pitkä historia pohjoisen luonnon muokkaajana. Voimakkaan laidunnuksen vaikutukset maaperän typpitaloudessa ovat nähtävissä jopa vuosisadan kuluttua laidunnuksen loppumisesta, mikä heijastuu myös näiden alueiden kasvillisuuteen (Josefsson et al. 2009, Tommervik et al. 2012, Egelkraut et al. 2018). Aitauksikokeilla ei tarkasti ottaen pystytä tutkimaan laidunnuksen todellisia vaikutuksia: niissä voidaan sen sijaan tutkia laidunnuksen äkillisen loppumisen seurauksia tilanteessa, jossa olemassa oleva kasvillisuus ja maaperän ravinteisuus ovat muotoutuneet nykyisiksi porolaidunnuksen muokkaamana. Nykyisin nähtävillä olevat kasvivyhteisöt ovat muotoutuneet ilmastollisten tekijöiden ja alueellisen laidunhistorian yhdysvaikutuksesta. Koska muutokset ovat hitaita, voivat vuosikymmeniä aiemmin tehdyt poronhoidon ratkaisut muokata edelleen kasvillisuudessa tapahtuvia muutoksia (Ylänne et al. 2018, Maliniemi et al. 2018).

Aitaukokeet eivät tuo esiin niitä mekanismeja, jotka vaikuttavat laajemmin laidunpaineen voimakkuuteen kullakin tarkastelupaikalla. Metsätalous ja muu maankäyttö vaikuttavat merkittävästi laidunten ja luonnon tilaan reilulla kolmanneksella poronhoitoalueen pinta-alasta. Metsätalouden ja muun maankäytön vähentäessä, pirstoessa ja heikentäessä erityisesti vanhojen metsien jäkälä- ja loppolaitumia jäljellä olevat talvilaitumet heikkenevät ja kuluvat yhä nopeammin laidunpaineen keskittyessä ja kasvaessa niillä huolimatta siitä, että poromäärät pysyvät ennallaan (Kumpula et al. 2014; Sandström et al. 2016). Poromäärien ja metsätalouden suhteellista merkitystä jäkälälaidunten kuntoon on tutkittu vertailemalla jäkälämäärien ajallista muutosta luonnonsuojelualueiden ja talousmetsien välillä (Jaakkola et al. 2013) ja poronhoitoalueen sisällä ja sen eteläpuolella (Sandström et al. 2016). Kokonaiskuvan rakentamiseksi yksittäisten laidunnusta tutkivien kokeiden tuoma tieto on yhdistettävä tietoon kasvillisuuden ajallisista muutoksista laajassa mittakaavassa. Molempia tarvitaan: ajalliset seurannat antavat konkreettista tietoa tapahtuneista muutoksista, kun taas kokeellisilla tutkimuksilla selvitetään missä määrin laidunnus, ilmasto vai muut tekijät selittävät käynnissä olevia muutoksia.

## 2. Porotalouden vaikutukset kasvillisuuteen

### 2.1. Boreaalin havumetsävyöhyke

Koska poro on sopeutunut hyödyntämään maa- ja loppojäkälää, porojen talviaikainen laidunnus kohdistuu erityisesti kasvupaikoille, jotka ovat pohjakasvillisuudeltaan jäkälävaltaisia. Tutkimus kasvillisuus- ja maaperävaikutuksista metsävyöhykkeellä onkin keskittynyt karuihin ja pohjakasvillisuudeltaan jäkälävaltaisiin metsiin ja laidunnuksen merkitys on hyvin dokumentoitu (Helle ja Aspi 1983, Väre et al. 1995, 1996, Kumpula et al. 2000, Stark et al. 2000, Olofsson et al. 2001, den Herder et al. 2003, Akujärvi et al. 2014, Köster et al. 2013, 2015, 2017). Jäkälävaltaisten metsien kasvillisuusvaikutuksissa voidaan havaita kaksi erillistä suuntaa: *Cladonia*-sukuun kuuluvien poronjäkälien kuluminen ja vaihtuminen torvi- ja pikarijäkäliin sekä okatorvijäkälään, myös tinajäkälän (*Stereocaulon* sp.) toisinaan lisääntyessä, tai jäkäläpeitteen korvautuminen sammalilla. Porolaidunnuksen vaikutus on rinnastettavissa niihin jäkälikön uudistumisen varhaisiin kehitysvaiheisiin, jotka seuraavat metsäpalon jälkeistä jäkäläkasvuston sukkessiota (Ahti 1977, Kumpula et al. 2000). Nuorena jäkäläpeitteessä on tyypillisesti runsaasti tinajäkälää, *Cladonia*-suvun torvijäkälää, keskivaiheen peitteessä *Cladina*-suvun poronjäkälää (harmaa- ja mietoporonjäkälä), kun taas päätevaiheessa kasvillisuus voi koostua lähes yksinomaan palleroporonjäkälästä (*Cladonia stellaris*; Ahti 1977). Laidunnuksen vaikutuksia tuoreissa metsissä ja nuorissa metsissä on tutkittu huomattavasti vähemmän kuin sen vaikutuksia vanhoissa jäkälävaltaisissa metsissä.

### 2.2. Subarktinen tunturikoivikko- ja tunturivyöhyke

Porolaidunnuksen vaikutuksia tunturikoivikoiden ja puuttoman tunturin kasvillisuudessa on Suomen puolella tutkittu eniten Kilpisjärven (esim. Eskelinen ja Oksanen 2006, Eskelinen et al. 2012, Francini et al. 2014, Kaarlejärvi et al. 2018), Kevon (Lempa et al. 2005, den Herder et al. 2003) ja Inarin (Kumpula et al. 2011) alueilla. Myös Pohjois-Norjassa (esim. Olofsson et al. 2001, 2004, Grellmann 2002, Bråthen et al. 2017) ja Ruotsissa (esim. Olofsson et al. 2010, Vowles et al. 2017) on toteutettu runsaasti tutkimuksia laidunnuksen vaikutuksista. Tunturivyöhykkeen kasvillisuusvaikutuksista julkaistun synteesin mukaan porolaidunnuksen kasvillisuusvaikutuksissa ei voida nähdä yhtenäisiä suuntauksia, vaan ne vaihtelevat voimakkaasti eri alueilla ja kasvillisuustyypeissä (Bernes et al. 2015). Laidunnus voi samanlaisella kasvupaikkatyypilläkin

vaihtoehtoisesti lisätä ikivihreiden varpujen osuutta suhteessa lehtensä pudottaviin varpuihin (esim. Yläanne et al. 2015), kun toisenlaisissa olosuhteissa lehtensä pudottavien varpujen muodostama kasvillisuus voi korvautua heinä- ja ruohovaltaisella kasvillisuudella (Olofsson et al. 2001, Yläanne et al. 2018). Ainoa kaikille alueille yhteinen kasvillisuussuuntaus on näyttää olevan jäkälämäärän väheneminen (Bernes et al. 2015).

Tunturikoivikoissa porojen kesälaidunnus muuttaa merkittävästi koivikon rakennetta, sillä porojen syödessä tunturikoivujen alaoksia ja nuoria taimia koivikko muuttuu avoimemmaksi (Kumpula et al. 2011). Tunturikoivujen lehtien puolustusaineiden määrä voi samalla alentua (Stark et al. 2007). Myös pajujen määrä vähenee suhteessa laiduntamattomaan tilanteeseen (Herder et al. 2008; Pajunen et al. 2008, Kitti et al. 2009). Sen sijaan poron vaikutuksesta havumetsänrajaan on toisistaan poikkeavia tuloksia. Porolaidunnuksen on todettu joko edistävän tai ehkäisevän havupuun taimien tuotantoa ja kasvua metsänrajalla. Porolaidunnus saattaa vaikuttaa havupuun siementen itämiseen, taimettumiseen ja taimien kasvuun monin tavoin (Juntunen ja Neuvonen 2006; Aakala et al. 2014). Poro saattaa edistää havupuun taimien siementen itämistä ja taimettumista vähentäessään jäkälää ja rikkoessaan maanpintaa. Toisaalta se saattaa vahingoittaa pieniä taimia tallomalla tai kaivaessaan talvella ravintoa. Myös suurempia taimia poro voi vahingoittaa sarvia keloessaan. Tunturikoivujen laidunnus saattaa hidastaa mäntyrajan etenemistä, sillä männyn taimet hyötyvät koivun tarjoamasta suojasta (Juntunen ja Neuvonen 2006). Joidenkin tutkimusten mukaan nykyinen havumetsänraja on kuitenkin enemmän laidunnuksen kuin ilmastollisten tekijöiden muodostama (Bognounou et al. 2018).

Porojen kesälaidunnus voi hankaloittaa tunturikoivujen uudistumista alueilla, jotka ovat tuhoutuneet tunturi- ja hallamittarin massaesiintymisen seurauksena, jolloin tunturikoivikko saattaa muuttua vähitellen puuttomaksi tunturiksi (Oksanen et al. 1995). Porojen laidunnuksen aiheuttamalla kasvillisuuden muutoksilla on merkitystä myös muihin eläimiin, kuten maan pinnalla (Suominen et al. 2003) ja kasvien lehdillä (Olofsson ja Strengbom 2000; Herder et al. 2004) elävien selkärangattomien runsauteen ja lajisuhteisiin. Pohjois-Norjassa tehdyn tutkimuksen mukaan laidunnus näyttäisi vaikuttavan kielteisesti riekkopopulaatioihin mutta positiivisesti jyrksijäkantoihin (Ims et al. 2007).

### **3. Porotalouden merkitys maaperän biologisissa prosesseissa**

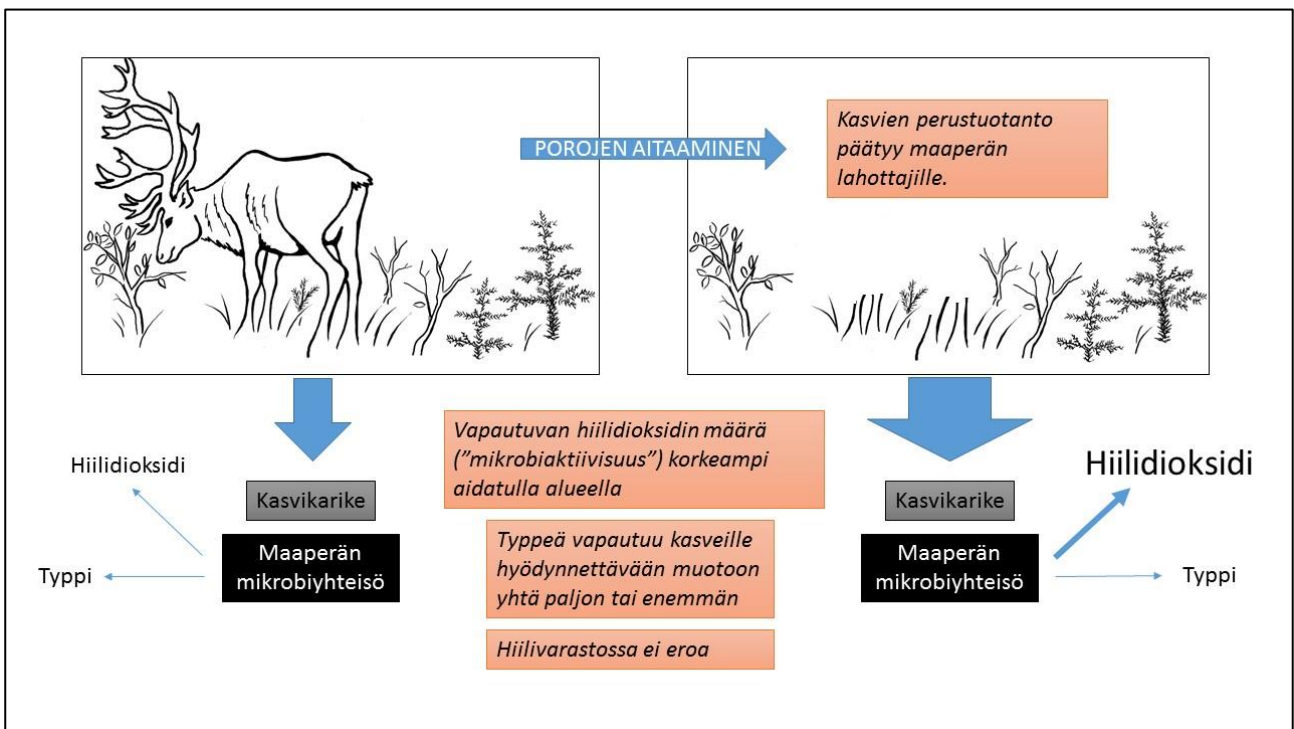
#### *3.1. Vaikutukset maaperän hiilen ja ravinteiden kiertoon*

Maaperä ja sen ylimmäinen, kuolleiden kasvien jäänteistä muodostunut orgaanisen aineksen kerros on ekosysteemille elintärkeä. Maaperästä kasvit saavat kasvuunsa välttämättömät ravinteet, joten maaperä ylläpitää koko ekosysteemin tuottavuutta. Nykyään kiinnitetään erityistä huomiota maaperään varastoituneen hiilen määrään, koska arktisten alueiden ekosysteemien hiilinieluilla on suuri merkitys ilmakehän hiilidioksidipitoisuudelle, ja maaperä taas on näiden ekosysteemien ylivoimaisesti suurin hiilivarasto.

Aitaukokeiden perusteella laidunnettujen alueiden maaperän biologiset prosessit ovat hyvinkin erilaisia laiduntamattomiin alueisiin verrattuna (Kuva 1). Kuolleiden kasvinosien, oli se sitten männynneulanen kuivassa jäkälükössä, tunturikoivun lehti koivikkovyöhykkeellä tai tunturin heinäkarrike, hajoamisen nopeus voi olla joko hitaampi (Stark et al. 2010), nopeampi (Olofsson ja Oksanen 2002, Olofsson et al. 2004, Stark et al. 2007) tai pysyä nopeudeltaan samana (Santalahahti et al. 2018) verrattuna laiduntamattomaan alueeseen. Maan fysikaalisissa ominaisuuksissa tapahtuu laidunnuksen seurauksena monia muutoksia: kasvillisuustyypistä riippumatta laidunnetun alueen humus on yleensä kuivempaa ja orgaaninen aines on tiivistynyt (Stark et al. 2003, 2007, 2010).

Maaperän mikrobiaktiivisuus, orgaanista ainesta kohden vapautuvan hiilidioksidin määrällä mitattuna, on metsävyöhykkeessä yleensä alempi laidunnetulla korkeampi (Stark et al. 2002). Laidunnettu alue on maaperän tärkeimpien pääravinteiden, typen ja fosforin, saatavuuden osalta yleensä samankaltainen tai joissain tapauksissa ravinteisempi kuin laiduntamaton alue; samoja tuloksia on saatu niin metsävyöhykkeellä (Stark et al. 2000, 2003, 2010), tunturikoivikoissa (Stark et al. 2007, 2008) ja puuttomalla tundralla (Stark ja Grellmann 2002, Stark et al. 2002, 2015, Stark ja Väisänen 2014). Tutkimukset kokonaisuutena osoittavat, että laidunnettu alue poikkeaa maaperän biologisilta prosesseiltaan monella tapaa laiduntamattomasta, mutta tärkeimpien ekosysteemien tuottavuutta määrittävien tekijöiden, kuten kasveille käyttökelpoisessa muodossa olevien ravinteiden saatavuus, näyttää laajassa mittakaavassa pysyneen ennallaan.

Biologisten prosessien erilaisuus laidunnetuilla ja laiduntamattomalla alueella ei ole tieteellisesti yllättävää: laiduntajien poissulkeminen ekosysteemistä vaikuttaa maaperän hiilen ja typen kiertoon kaikkialla maailmassa (Schmidt et al. 2012, Tanenzap ja Coomes 2012). Erot hiilen tai ravinteiden vapautumista säätelevissä ekologisissa prosesseissa eivät siis itsessään kuvasta ekosysteemin 'häiriintymistä' ns. normaalitilasta, vaikka joissakin tiedartikkeleissa tilanne näin nähdään (esim. Väre et al. 1996, Lempa et al. 2005). Porotalouden ympäristövaikutuksia ja laidunten ekologista tilaa arvioitaessa on siksi kysyttävä, mitkä maaperässä tapahtuvista muutoksista katsotaan luonteeltaan myönteisiksi, kielteisiksi tai neutraaleiksi.



Kuva 1. Yhteenvedo porolaidunnuksen vaikutuksista maaperän mikrobiaktiivisuuteen, ravinteiden mineralisaatioon ja maaperän varastoiman hiilen määrään.

### 3.2. Vaikutukset hiilivarastoihin

Koska laidunnus poistaa vuosittain merkittävän osan kasvillisuuden tuottamasta biomassasta, laidunnuksen voitaisiin arvioida suoraviivaisesti ajateltuna vähentävän maaperän hiilivarastoa. Maan yläpuolisen kasvibiomassan kokonaismäärä onkin usein alempi laidunnetulla kuin laiduntamattomalla alueella (esim. Stark et al. 2000, den Herder et al. 2003, Yläne et al. 2018). Ekosysteemien hiilivarastot muodostuvat kuitenkin paljon monimutkaisemmista

vuorovaikutussuhteista. Toistaiseksi julkaistuissa tutkimuksissa ei laidunnettujen ja laiduntamattomien alueiden välillä ole havaittu muutoksia maaperään varastoituneen hiilen määrässä (esim. Stark et al. 2000, Köster et al. 2013, 2015, Väisänen et al. 2015, Yläne et al. 2018). Tulos näyttää olevan riippumaton kasvillisuustyyppistä eli samanlaisia tuloksia on saatu sekä karuilla että ravinteisilla kasvupaikoilla.

Porojen laidunnuksen 'hiilineutraali' vaikutus ekosysteemien hiilivarastoihin selittynee usean tekijän yhteisvaikutuksella. Karuilla, jäkälävaltaisilla alueilla, joissa laidunnuksen kasvillisuusvaikutus on suurin, maan humuskerros on ohut ja hiilen kerrostuminen maaperään vähäistä niissäkin tapauksissa, joissa alue on ollut pitkään täysin häiriötön (esim. Stark et al. 2000). Vertailtaessa kasvillisuuteen sitoutuneita hiilivarastoja kasviryhmittäin jäkäläkoilla hukkuu laidunnuksen aiheuttama merkittäväkin muutos jäkäläbiomassaan sitoutuneen hiilen määrässä muiden kasviryhmien ja maaperän sitoman hiilivaraston merkityksen alle (Köster et al. 2015). Kokeellisesti jäkälää poistamalla on havaittu, että jäkälillä on varpukasvillisuuteen verrattuna pieni merkitys ekosysteemin kokonaishiilinielussa (Susiluoto et al. 2008). Varpu- ja ruohovaltaisissa tyypeissä laiduntamisen neutraali vaikutus maaperän hiilivarastoihin voi selittyä kasvillisuuden korvautumisella muilla lajeilla tavalla, joiden vuoksi maaperän hiilen kerrostuminen pysyy samana. Erot kasvien alttiudessa päätyä laidunnetuksi tai kasvien häiriökestävyydessä voivat suosia nopeakasvuisia kasvilajeja, kuten heiniä. Nämä lajit puolestaan tuottavat runsaasti juurikariketta, joka lisää hiilen varastoitumista maaperään. Lisääntyneen juurituotannon myötä voi laidunnuksen aikaansaama sammal- ja varpuvaltaisen kasvillisuuden heinittyminen jopa johtaa lisääntyneeseen maan hiilivarastoon (Yläne et al. 2018). Ikivihreiden varpujen runsastuminen kesävihantien varpujen kustannuksella taas voi vähentää maaperän hiilivarastoa, mutta lisätä kasvillisuuden sitoman hiilen määrää, jolloin koko ekosysteemin hiili pysyy samana (Yläne et al. 2015).

Kasvipeitteen kulumisen saattaa altistaa maaperän orgaanisen aineksen kerrosta eroosiolle eli ilmiölle, jossa elottomat tekijät, kuten tuuli, virtaava vesi tai maanvyöryt kuluttavat pois maan humuskerrosta ja sen alla olevaa mineraalimaata. Eroosio näkyy esimerkiksi alentuneena maan ravinteisuutena tai ohentuneena tai puuttuvana maan orgaanisen aineksen kerroksena ja arktisilla alueilla sitä on havaittu karjatalouteen yhdistettynä (Normand et al. 2017). Tähänastisissa mittausaineistoissa ei ole kuitenkaan havaittu maaperän orgaanisen aineksen hupenemista ja siitä johtuvaa maaperän köyhtymistä. Tällä ei voi poissulkea porotalouden aiheuttaman paikallisen eroosion mahdollisuutta. Toisinaan on ehdotettu, että Enontekiön alueen kasvittomat tuulieroosioalueet (ns. delfaatiopinnat) voisivat olla kytkettävissä porotalouteen (Broll 2000), mutta ne ovat geologisesti huomattavan paljon vanhempia kuin poron kesyttäminen historiallisesti (Pooakkannu et al. 2017). Niiden olemassaoloa, yleisyyttä tai nykyistä kokoa ei siten saatavilla olevan tieteellisen tiedon perusteella voi kytkeä poronhoidon kehittymiseen ja tehostumiseen.

#### **4. Ilmastonmuutoksen vaikutukset kasvillisuuteen ja hiilen kiertoon**

Pohjoisten alueiden kasvillisuus ja hiilivarastot ovat merkittävässä muutostilassa ilmastonmuutoksen johdosta. Ilmastonmuutoksen seuraukset kasvillisuuteen vaihtelevat paikallisesti, mutta yleinen suuntaus on arktisten alueiden ns. vihertyminen (engl. *greening*), millä tarkoitetaan kesävihantien ja ikivihreiden varpujen yleistä lisääntymistä (Vowles ja Björk 2019). Ilmastonmuutos muuttaa kasvillisuutta myös biologisten vuorovaikutussuhteiden kautta. Ilmaston lämpeneminen edistää tuhohyönteisten, kuten tunturi- ja hallamittarin esiintymistä tunturikoivulla (esim. Jepsen et al. 2008), joten tunturikoivikoiden mittarituhot ovat entistä laajempia ja niitä esiintyy tiheämmin. Ilmastonmuutoksella tulee olemaan vaikutuksia myös maaperän mikrobien aktiivisuuksiin. Arktiset alueet ovat toimineet pitkäaikaisena hiilinieluna ja sitoneet enemmän hiiltä ekosysteemiin kuin mitä kasvien hengityksessä ja mikrobitoiminnan seurauksena ilmakehään

vapautuu, joten ilmaston lämpenemisen vaikutuksiin hiilen vapautumiseen kiinnitetään paljon huomiota.

Nykyään tiedetään, että poro hillitsee lämpenemisen johdosta tapahtuvaa kasvillisuuden pensoittumista (Olofsson et al. 2009) ja joillakin alueilla tehtyjen havaintojen mukaan myös monimuotoisuuden (Kaarlejärvi et al. 2015, 2018) ja hiilinielun vähenemistä (Väisänen et al. 2014). Pensoittumisen hillitseminen ei kuitenkaan poista kasvillisuusmuutosta kokonaan (Vuorinen et al. 2017, Maliniemi et al. 2018), eikä kasvillisuuden ajallisissa muutoksissa ole helppoa erottaa laidunnuksen ja ilmaston vaikutuksia toisistaan (Tommervik et al. 2009). Varpu- ja muiden putkilokasvien lisääntymisen oletetaan vähentävän jäkäläien osuutta kasvillisuudessa (Cornelissen et al. 2001, Vuorinen et al. 2017), millä voi olla suuri merkitys porotalouden tulevaisuuden edellytyksille. Talvilaidunnus ei välttämättä hidasta pensoittumista yhtä voimakkaasti kuin kesälaidunnus, joten kasvillisuuden pensoittuminen voi toimia tekijänä, joka rajoittaa laidunkierron järjestämisestä saatuja hyötyjä jäkälälaidunten tilan parantamisessa.

## 5. Porolaidunten ekologinen tila kestävän kehityksen, luonnonalaisuuden ja hiilinielun näkökulmasta

Porotalouden luontoa muokkaava vaikutus ulottuu pohjoisessa Fennoskandiassa kaikkialle ja vaihtelee laidunnuksen voimakkuuden tai vuodenaikaisen ajoittumisen suhteen riippuen porotalouden käytännöistä, kuten porotiheyksistä, laidunkierrosta, porojen tarhauksesta ja ruokinnasta, syys- ja kevätmuuttoon käytetyistä reiteistä ja poroerotusaitausten sijainnista. Porojen laidunnus ja poronhoito eivät ole poronhoitoalueella ainoita laitumiin vaikuttavia tekijöitä, vaan myös metsätalouden, maankäytön ja ilmastonmuutoksen suorat ja välilliset vaikutukset vaikuttavat yhdessä ja erikseen kasvillisuuden tilaan ja hiilivarastojen määriin. Siten edellä mainittujen muiden tekijöiden ja porolaidunnuksen ekosysteemivaikutusten vaihtelu eri alueiden, erilaisten kasvupaikkatyyppien (karu vs. ravinteinen), ilmastollisten vyöhykkeiden (havumetsä vs. puuton tunturi) ja alueellisten poronhoidon käytäntöjen mukaan tuo haasteita arvioitaessa poromäärien vaikutuksia pohjoiseen luontoon. Porotaloudella on pitkä historia ja luonnonvaraisen peuran vaihtuminen puolikesyyhin poroon vuosisatoja sitten on muokannut luontoa pitkän aikaa. Osa ekologisesta kirjallisuudesta käsittelee pohjoisia boreaalisia ja tunturialueita kulttuuribiotooppina eikä 'häiriöttömänä', luonnonalaisena ympäristönä (Staland et al. 2011, Josefsson et al. 2009, Egelkraut et al. 2018). Tieteellisen tutkimuksen näkökulmasta yleisesti käytetyt käsitteet *ekologinen tila* tai *ylilaidunnus* ovat vaikeasti määriteltävissä ja voivat riippua siitä, miten niiden merkityksiä ymmärretään ja arvioidaan. Porotalouden erilaisista ekosysteemivaikutuksista löytyy laaja skaala myönteisestä kielteiseen ja neutraaliin riippuen siitä, mitä pidetään pohjoisen luonnon tavoitetilana.

Kestävän kehityksen määritelmään luetaan *biologisen monimuotoisuuden* ja *ekosysteemien toimivuuden säilyttäminen* sekä ihmisen taloudellisen ja aineellisen toiminnan sopeuttaminen luonnon kestokykyyn. Ekologisen kestävyuden kannalta noudatetaan varovaisuusperiaatetta, jonka mukaan ympäristön tilan heikkenemistä estävien toimien lykkäämistä ei voi perustella täyden tieteellisen näytön puuttumisella. Ennen toimiin ryhtymistä arvioidaan riskit, haitat ja kustannukset, joihin vaikuttavat myös monet muut kuin tiukasti ekologiaan liittyvät tekijät.

Porotalouden vaikutukset *biologiseen monimuotoisuuteen* vaihtelevat alueittain: voimakas laidunnuspaine lisää biologista monimuotoisuutta ravinteisilla tunturityypeillä, mutta vähentää sitä karuilla ja jäkälävaltaisilla alueilla (Sundqvist et al. 2019). Tutkimukset osoittavat, että nykyisin selkeästi nähtävillä oleva jäkäläien osuuden väheneminen ei selity pelkästään poromäärillä, vaan

myös metsätalous ja muu maankäyttö (Kumpula et al. 2014, Sandström et al. 2016) ja ilmastonmuutoksen kautta lisääntyvä muiden kasvien aiheuttama kilpailu (Cornelissen et al. 2001) vähentävät jäkälää. Laidunnuksen määrän vähentäminen poromääriä leikkaamalla jäkäläköiden elvyttämiseksi voi siten lisätä monimuotoisuutta yhtäällä ja vähentää toisaalla. Pääpaino tulisikin antaa niille luontotyypeille, joissa on eniten uhanalaista kasvilajistoa.

Porotalouden vaikutukset *ekosysteemien toimivuuden säilymiseen* kytkeytyvät ekosysteemien rakenteeseen ja biologisiin prosesseihin. Arvotuksista riippuen selkein porotalouden ekosysteemien toimivuuteen sen rakenteen kautta vaikuttava tekijä voi olla tunturikoivikon uudistumisen vaikeutuminen porojen kesälaitumilla - etenkin kesälaidunnuksen yhdistyessä ilmastonmuutoksen myötä yleistyyviin mittarituhoihin - jolloin tunturikoivikko ”vaihtuu” puuttomaksi tundraksi. Biologisten prosessien ja ekosysteemien hiilivarastojen kannalta vaikutus näyttää olevan neutraali: laidunnettu alue on kasvillisuudeltaan ja maaperäbiologialtaan monella tapaa erilainen kuin laiduntamaton, mutta maaperän varastoima hiilen määrä ja ravinteisuus näyttävät suuressa mittakaavassa pysyneen ennallaan. Tieteelliset aineistot eivät siten tue oletusta porotalouden haitallisista vaikutuksista ekosysteemien toimivuuteen. Mittausten perusteella poroilla ei ole vaikutusta ekosysteemin hiilivarastoihin, joten laidunkäytön ekosysteemien kautta välittyvät *ilmastovaikutuksia* voidaan myös pitää neutraaleina. Varovaisuusperiaatteen kannalta kysymys voi olla, kuinka kattavana nykyisiä aihetta koskevia tieteellisiä aineistoja voidaan pitää. Tehtyjen tutkimusten lukuisuudesta huolimatta ”ei-vaikutusta” on mahdotonta todistaa, joten varovaisuusperiaatteen soveltaminen käänteisesti on ongelmallista.

Ekosysteemien toimivuuden käsite liittyy osaltaan *luonnontilaisuuden* ymmärtämiseen, koska kasvillisuuden vaihtuminen täysin toisenlaiseksi, kuten varpukasvillisuuden heinittyminen, on toisinaan nähty luonnontilan heikennyksenä lähtötilanteeseen verrattuna. Monet muut tekijät, kuten metsä- ja karjatalous sekä metsäpalojen torjunta, ovat vieneet pohjoisen havumetsä- ja tunturisysteemin yhä kauemmaksi luonnontilasta. Vain pieni osa ympäristöstä olisi luonnontilaista siinäkin tapauksessa, että porojen laidunnuspaine määritettäisiin luonnontilaa vastaavaksi. Suurin ero nykyisen porotalouden ja luontaisen peuralaidunnukseen välillä on laidunpaineen vuodenaikaisen ja alueellisen jaksottaisuuden väheneminen. Poronhoitoalueen pohjoisosissa porotiheydet ovat myös pysyväsi jonkin verran korkeammat kuin villipeurapopulaatioissa, joissa yleensä esiintyy selkeitä eläinkannan koon vaihteluita. Aikaisemmin poron laiduntaminen pelkästään luonnolaidunten varassa ympäri vuoden aiheutti myös poromäärissä merkittävää ajallista ja paikallista vaihtelua. Kun aiemmin jäkäläköiden kunto vaihteli ajallisesti porokannan vaihtelujen mukana, nykyään jäkälämäärät ovat pysyneet pitkään alhaisina. Jäkäläköiden ennallistaminen luonnontilaisuutta muistuttavaan tilaan tarkoittaisi, että poron laidunpaine vaihtelisi ajallisesti ja paikallisesti luontaisia vaellusreittejä ja kannanvaihteluja muistuttavalla tavalla (esim. Manseau et al. 1996, Vistnes ja Nellemann 2008) ja jäkälämäärät vaihtelisivat alueellisesti ja ajallisesti vähäisen ja suuren välillä. Tällainen syklisyys erityisesti poromäärissä merkitsisi kuitenkin porotaloudelle tuotannollisesti ja taloudellisesti vaikeita kausia.

## PORONHOITO JA ILMASTONMUUTOS

*Minna Turunen, Sirpa Rasmus ja Jouko Kumpula*

### **1. Ilmaston ja vuodenaikojen sään merkitys poronhoidolle**

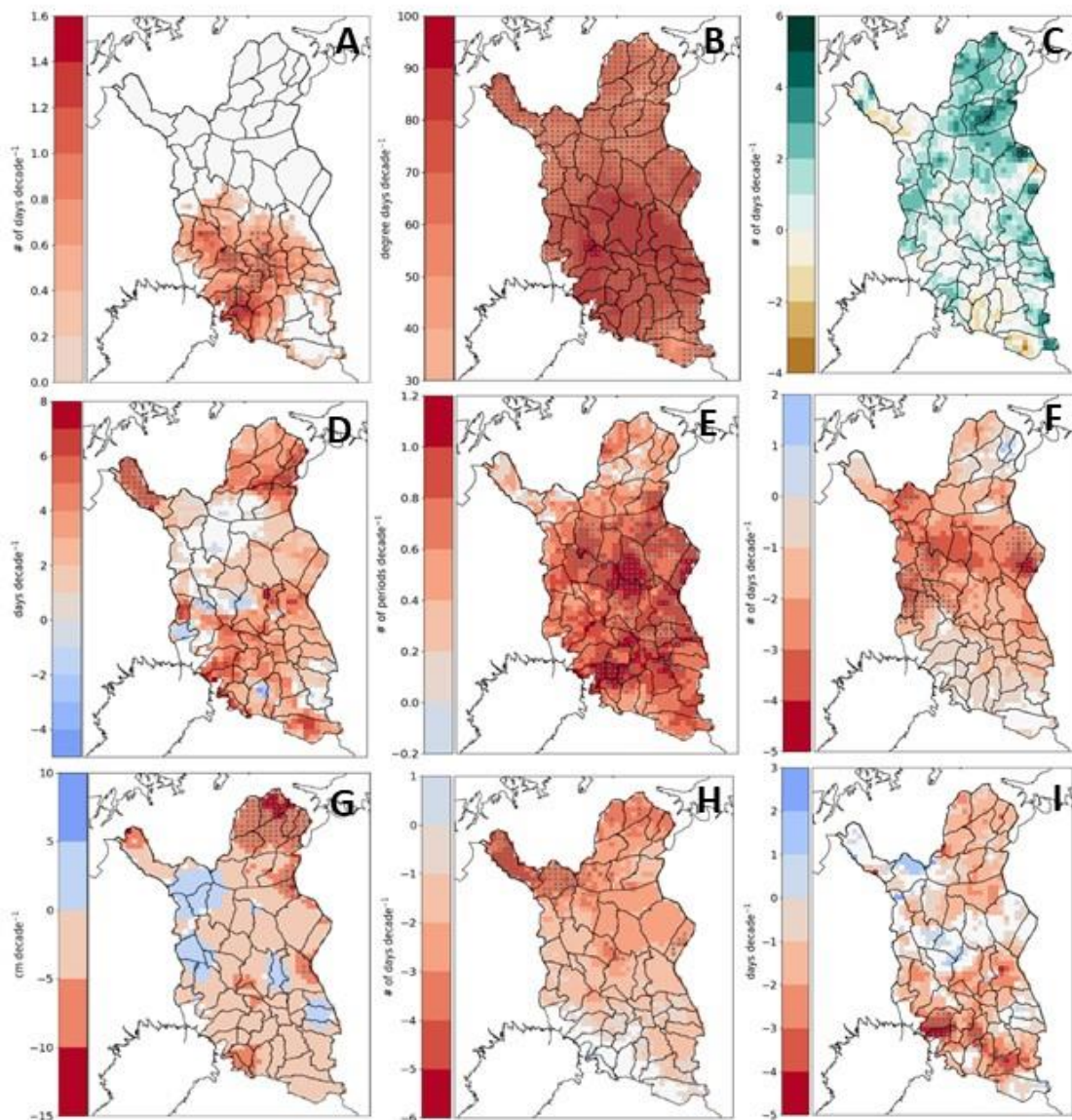


Ilmasto vaikuttaa poronhoitoon läpi vuoden – vaikuttaen joko suoraan säiden välityksellä poron hyvinvointiin tai poronhoitotöihin tai epäsuorasti muuttamalla lautumia (Tyler et al. 2007, Turunen et al. 2009,2018, Furberg et al. 2011, Peltonen-Sainio et al. 2017, Soppela ja Turunen 2017). Lumi peittää porojen lautumet suuren osan vuodesta: Ilmatieteen laitoksen 1981-2010 tilastojen mukaan lumipeitepäivien määrä vaihtelee poronhoitoalueella keskimäärin 160 - yli 225 päivään vuodessa. Porot ja poronhoito ovatkin hyvin sopeutuneet lumisiin olosuhteisiin. Talvi on kuitenkin poronhoidolle kriittisin vuodenaika, sillä vaikeat lumi- ja kaivuolosuhteet, kuten jäiset kerrokset maanpinnalla ja lumessa, paksu lumipeite ja myöhäinen lumen sulaminen, saattavat heikentää voimakkaasti porojen talviravinnon saatavuutta. Vaikeiden lumiolosuhteiden aiheuttamia vaikutuksia, kuten poropopulaatioiden kunnan ja tuottavuuden heikentymistä sekä porojen kuolleisuutta, on havaittu mm. Pohjois-Fennoskandiassa, Huippuvuorilla, Pohjois-Amerikassa ja Venäjällä (Tyler et al. 2007, Helle ja Kojola 2008, Forbes ja Stammeler 2009, Miller ja Barry 2009, Hansen et al. 2014). Suomessa tilanne on usein kriittisin niillä talvilaitumilla, missä vanhat metsät ovat pirstaloituneet, niiden määrä on vähentynyt ja laatu heikentynyt metsätalouden ja kilpailevan maankäytön vuoksi. Suuret poromäärät, pitkäaikainen laidunnus sekä puuttuva tai riittämätön laidunkierto saattavat huonontaa tilannetta entisestään (Helle ja Jaakkola 2008, Kumpula et al. 2014).

## 2. Miten ilmasto on muuttunut poronhoitoalueella?

Tutkimme poronhoitoalueella vuodenaikojen sääolojen muutoksia jaksolla 1981-2010 käyttämällä aineistona Ilmatieteen laitoksen tuottamaa päivittäisen sään hila-aineistoa (FMIClimGrid, Aalto et al. 2016). Aineiston avulla on mahdollista tarkastella sääolojen ja ilmastomuutoksen pienipiirteistä vaihtelua, sillä hilakoko on 10x10km. Aineisto perustuu kolmenkymmenen sääaseman havaintoihin. Tarkastelimme helposti ymmärrettäviä sääindeksejä, joiden ajallinen skaala on poronhoidolle merkityksellinen (Rasmus et al. 2019).

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että kesän kuumien vuorokausien (vrk:n keskilämpötila > 20°C) lukumäärä on yleistynyt tarkastelujaksolla poronhoitoalueen eteläosassa (Kuva 2a). Kasvukauden lämpösumma on kasvanut tilastollisesti merkitsevästi koko poronhoitoalueella (Kuva 2b). Kesän sadepäivien lukumäärä on lisääntynyt hieman etenkin poronhoitoalueen pohjoisosissa (Kuva 2c). Syksyllä lumipeite on muodostunut tarkastelujaksolla monin paikoin aiempaa myöhemmin (Kuva 1d). Muutos on tilastollisesti merkitsevä vain poronhoitoalueen pohjoisosassa. Talven lämpeneminen näkyy selvästi hila-aineiston perusteella lasketuissa sääindekseissä. Tilastollisesti merkitsevää kasvua nähdään keskimääräistä lämpimämpien talviviikkojen määrässä (Kuva 2e) ja vastaavasti vähenemistä kylmien päivien (vrk:n keskilämpötila < -25°C) määrässä (Kuva 2f). Myös pakkaspäivät ovat hieman vähentyneet. Vuosittainen maksimilumensyvyys on vähentynyt poronhoitoalueella; muutos on tilastollisesti merkitsevä pohjoisosassa aluetta (Kuva 1g). Paikoin nähdään hyvin pientä kasvua. Kevään lämpeneminen näkyy pakkaspäivien harvinaistumisena etenkin poronhoitoalueen pohjoisosissa (Kuva 2h), Pohjoisosissa nähdään myös nolla lämpötilan ylittävien päivien lisääntymistä; ilmiö joka liittyy osittain yöpakkasiin ja sitä kautta keväisen hankikannon muodostumiseen. Lumi sulaa tilastollisesti merkitsevästi aikaisemmin poronhoitoalueen eteläosissa (Kuva 2i) (Rasmus et al. 2019). Tutkimuksen tulokset ovat yhdenmukaiset poronhoitoalueelta aiemmin julkaistujen tutkimusten kanssa (mm. Rasmus et al. 2014, Kivinen ja Rasmus 2015, Kivinen et al. 2017, Lepy ja Pasanen 2017, Maliniemi et al. 2018, Luomaranta et al. 2019).



Kuva 2. Muutos kesän kuumien vuorokausien (vrk:n keskilämpötila  $> 20^{\circ}\text{C}$ ) lukumäärässä (a), kasvukauden lämpösummassa (b) ja sadepäivien lukumäärässä (c); syksyn lumipeitteen muodostumispäivämäärässä (d); talven lämpimien viikkojen lukumäärässä (e), kylmien vuorokausien (vrk:n keskilämpötila  $< -25^{\circ}\text{C}$ ) lukumäärässä (f) ja lumipeitteen maksimisyvydessä (g) sekä kevään pakkaspäivien lukumäärässä (h) ja lumen sulamispäivämäärässä (i) jaksolla 1981-2010. Muutos on tilastollisesti merkitsevä pisteytetyillä alueilla (Rasmus et al. 2019).

### 3. Katsaus tulevaan ilmastoon

Maapallon keskilämpötilan odotetaan kohoavan kuluvan vuosisadan loppuun mennessä 1–5 astetta (IPCC 2013). Pessimistisimmän RCP8.5-skenarion (päästöt jatkavat kasvuaan nykyiseen malliin) mukaan Suomessa kesän keskilämpötila kohoaa 2-3 astetta ja talven keskilämpötila 4-5 astetta jaksolla 2040-2069 verrattuna jaksoon 1981-2010 (Ruosteenoja et al. 2016). Poronhoitoalueella tämä johtaa säiden muutoksiin kaikkina vuodenaikoina: mm. kesät lämpenevät edelleen, kasvukausi pitenee, hellejaksot yleistyvät, kovat sateet ovat aiempaa rankempia, mutta kuivuus saattaa yleistyä.

Syksyllä sadanta lisääntyy, pakkaskausi alkaa ja lumi- ja jääpeite muodostuvat myöhemmin, talvet lämpenevät, vähälumiset talvet yleistyvät, routa ohenee ja vesisateet yleistyvät. Keväällä lumi sulaa ja jäät lähtevät joista ja järivistä entistä aiemmin, ja kasvukausi alkaa aiemmin (kts. Turunen et al. 2015, 2016, LIITE 1).

Tutkimme lumimallinnuksen avulla millaisia muutoksia Pohjois-Suomen lumioloissa todennäköisesti tapahtuu lähivuosisikymmeninä. Vertasimme 1980-2009 –jakson lumioloja skenaariojakssoon 2035-2064. Skenaarioilmastossa useina talvina lumi sataa ja sulaa moneen otteeseen ennen pysyvän lumipeitteen muodostumista. Talvella lunta kertyy paljon kerrallaan, mutta lumisateen jälkeen seuraa lämmin kausi ja lumen sulamista. Tuloksena on usein nykyistä ohuempi, jäinen lumipeite. Läpi talven säilyvän maajään muodostuminen on tulevaisuudessa nykyistä yleisempää. Lumi on tiheämpää ja syntyvät maajääkerrokset nykyisiä paksumpia. Talvien välinen vaihtelu lumen ominaisuuksissa näyttää kasvavan. Skenaariojaksolla (2035–2064) lumipeite muodostuu yleisesti niin myöhään, että nykyilmastossa ajankohta olisi harvinaisen tai poikkeuksellisen myöhäinen. Myös nykyilmastossa harvinaisen tai poikkeuksellisen aikaisten lumi peitteiden sulamista ja ohuiden lumipeitteiden esiintyminen yleistyy. Tutkimuksen mukaan lumiolo monipuolistuvat ja porojen laidunnus helpottuu, jos laidunympäristössä on metsiä. Sekä nykyilmastossa (1980–2009) että skenaariojaksolla (2035–2064) lumipeitteet ovat metsissä ohuempia kuin aukealla maalla. Ohut lumipeite helpottaa porojen laidunnusta. Myös vuosien välinen vaihtelu on suurempaa metsäympäristöissä. Lumen tiheys ja maajääkerrosten paksuus kasvoi avoimessa ympäristössä nykyilmastoon verrattuna, mutta muutosta ei nähty metsäympäristössä (Turunen et al. 2015, 2016).

#### **4. Poronhoitajien kokemukset ilmastonmuutoksesta**

Tutkimme poronhoitajien kokemuksia säistä ja ilmastosta Webropol-kyselyn avulla. Poronhoitajilla on usein vuosikymmenten pituinen, lapsesta asti kertynyt kokemus paliskuntansa luonnonoloista kaikkina vuodenaikoina. Kyselyn tavoitteena oli kerätä paikallista tietoa sääolosuhteista ja ilmastosta sekä niiden vaikutuksista luontoon ja poronhoitoon. Koko poronhoitoalueen kattavaa kyselyä tästä aiheesta ei ole toteutettu aiemmin Suomessa. Kysely laadittiin yhteistyössä Metsähallituksen Lapin luontopalvelujen, Paliskuntain yhdistyksen, Suomen ympäristökeskuksen, Lapin yliopiston Arktisen keskuksen ja Jyväskylän yliopiston kanssa. Se toteutettiin 13.10 2016 - 28.2 2017. Kyselyä levitettiin Paliskuntain yhdistyksen kotisivujen ja Poromies-lehden kautta sekä sähköposteilla poronhoitajille. Kyselyyn vastaajan tuli antaa arviot vuodenajoittain esitettyihin väittämiin ja hän saattoi kuvata mahdollisia muutoksia tarkemmin, ja sitä kuinka ne ovat vaikuttaneet poronhoitoon. Kysely koski viimeisintä 30 vuoden jaksoa, mutta myös nuoret poronhoitajat saattoivat miettiä havaitsemiaan muutoksia koko elämänsä ajalta.

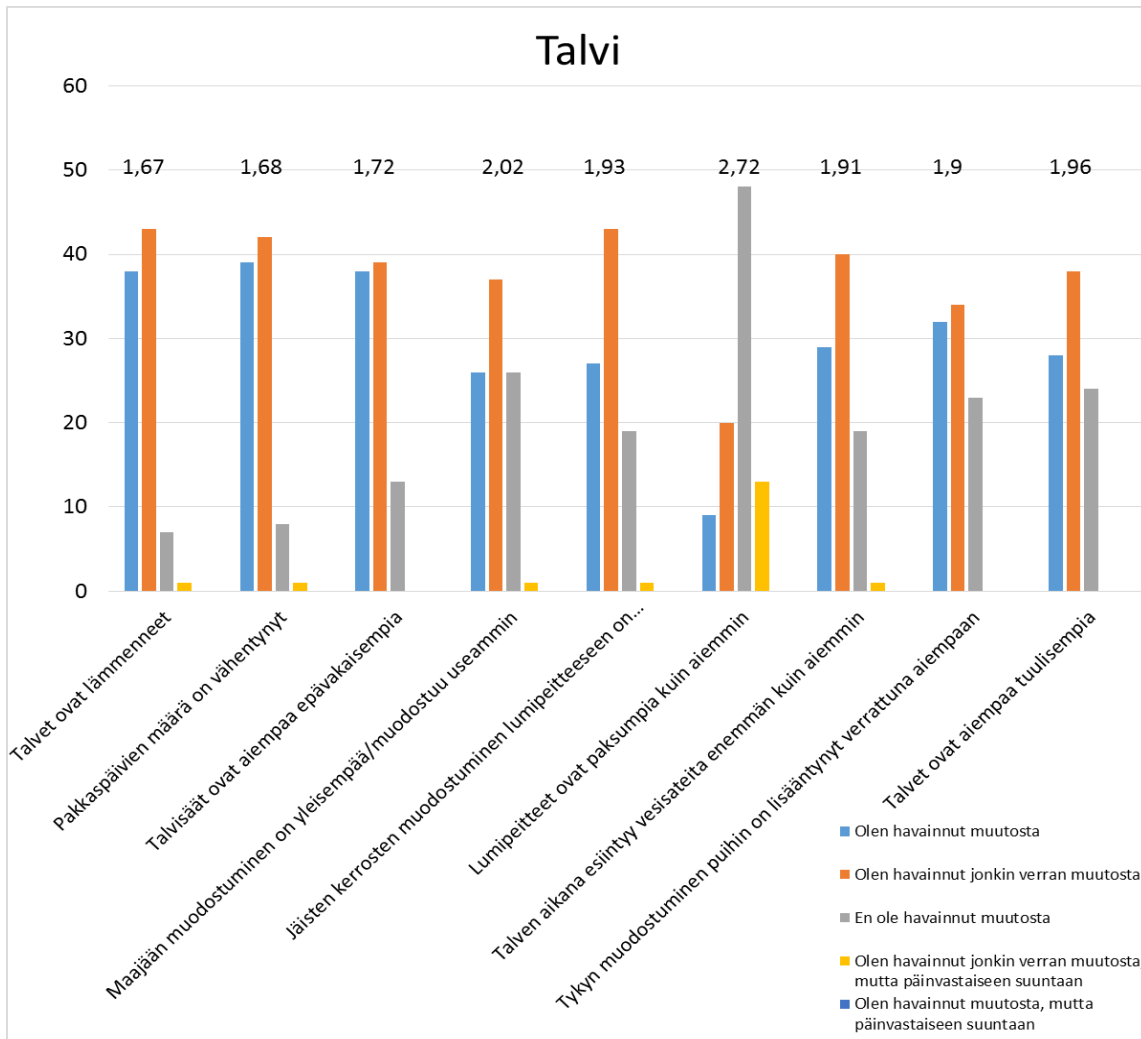
Saimme vastauksia 90 poronhoitajalta, joista 18 oli tunturi- ja 72 metsäpaliskunnista. Vastaajien keski-ikä oli 51 vuotta. Poronhoitajien havainnot säistä ja ilmastosta olivat samansuuntaisia säähavaintojen ja ilmastomuutosennusteiden kanssa. Myös tunturipaliskuntien ja metsäpaliskuntien havainnot olivat samansuuntaisia keskenään. Poronhoitajat olivat lähes yksimielisiä siitä, että talvet ovat lämmenneet, pakkaspäivien lukumäärä on vähentynyt ja että

talvisäät ovat aiempaa epävakaisempia (Kuva 2.). Kyselyn tulokset on raportoitu tarkemmin Paliskuntain yhdistyksen kotisivuilla ([https://paliskunnat.fi/tiedostot/Kysely\\_poronhoitajille\\_saa\\_ilmasto\\_raportti\\_2017.pdf](https://paliskunnat.fi/tiedostot/Kysely_poronhoitajille_saa_ilmasto_raportti_2017.pdf)) (Turunen et al. 2017, Rasmus et al. 2019, LIITE 2 ja 3).

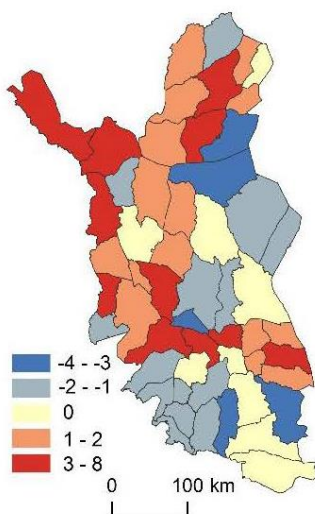
Maajää on yksi poronhoidolle haitallisimmista säähän liittyvistä ilmiöistä. Keräsimme poronhoitajien kokemukseräistä tietoa maajään muodostumisesta laitumille paliskuntien vuosittaisista toimintakertomuksista vuosilta 1948-2016 ja osittain myös Poromies –lehden sää- ja lumiolosuhteisiin keskittyneistä artikkeleista (Rasmus et al. 2018). Maajään muodostuminen on aina ollut yleisempää poronhoitoalueen pohjoisosassa eteläosaan verrattuna. Tämä johtuu Jäämeren läheisyydestä, ja sen aiheuttamista leudoista sääjaksoista talvisin. Yleisimmin maajään muodostumiseen liittyy joko leuto talvisää, jota seuraa pakkaneen tai lumipeiteaikana koettu vesisade. Maajään muodostuminen on yleistynyt jaksojen 1948-1982 ja 1983-2016 välillä eniten poronhoitoalueen länsi- ja pohjoisosassa (Kuva 4) (Rasmus et al. 2018).

## **5. Ilmastonmuutoksen vaikutukset poronhoitoon**

Ilmastonmuutoksen vaikutuksista poronhoitoon Suomen poronhoitoalueella on julkaistu viime vuosina useita selvityksiä ja tutkimuksia (Rasmus ja Turunen 2015, Turunen et al. 2015, 2016, Rasmus et al. 2016, Peltonen-Sainio et al. 2017, Soppela ja Turunen 2017, Markkula et al. 2019). Tutkimukset ovat osoittaneet, että ilmastonmuutoksella on sekä negatiivisia että positiivisia, mutta pääasiassa negatiivisia vaikutuksia poronhoitoon. Poronhoitajat näkivät lyhenevän lumipeitteisen ajan, etenkin aikaistuvan lumen sulamisen ja kasvukauden alun poroelinkeinoa hyödyttävänä tekijänä. Epävakaiden alkutalvien ja yleistyvän laitumien jäätyminen nähtiin puolestaan aiheuttavan vaikeuksia poroille ja poroelinkeinolle sekä lisäävän poronhoidon kustannuksia (Taulukko 1).



Kuva 3. Poronhoitajien (n=90) vastaukset talvea koskeviin väittämiin. 1 Olen havainnut muutosta, 2 olen havainnut jonkin verran muutosta, 3 en ole havainnut muutosta, 4 olen havainnut jonkin verran muutosta, mutta päinvastaiseen suuntaan ja 5 olen havainnut muutosta, mutta päinvastaiseen suuntaan. Kuvassa on esitetty myös keskiarvot kullekin väittämälle (Turunen et al. 2017, Rasmus et al. 2019).



Kuva 4. Muutos poronhoitoa haittaavan maajään yleisyydessä jaksojen 1948-1982 ja 1983-2016 välillä. Maajäähavainnot kerättiin paliskuntien toimintakertomuksista ja Poromies-lehden artikkeleista. Maajään muodostuminen on yleistynyt eniten poronhoitoalueen länsi- ja pohjoisosassa (punainen väri) (Rasmus et al. 2018).

Taulukko 1. Poronhoitajien haastatteluihin ja poronhoitajille osoitettuun kyselyyn perustuva kooste ilmastonmuutoksen vaikutuksista poronhoitoon ja poronhoitajien käyttämiä selviytymiskeinoja eri vuodenaikoina (Turunen et al. 2015, 2016, Turunen et al. 2017, Rasmus et al. 2019, Markkula et al. 2019)

<b>Vuodenaika/olosuhde</b>	<b>Vaikutus poroihin/poronhoitoon</b>	<b>Selviytymiskeinoja</b>
<b>KESÄ</b>		
Pitkät helteet	Porot, etenkin vasat, kärsivät kuumuudesta ja verta imevistä hyönteisistä, etenkin merkintöjen aikaan	Vältetään merkintöjä kuumimpina aikoina. Lykätään merkintöjä
Pitkäkestoiset rankkasateet	Vasat kärsivät, kasvu hidastuu	
Lämpimämmät ja pidemmät kasvukaudet	Jäkälävaltaiset tunturikankaat ja –koivikot korvautuvat varpu- ja sammalvaltaisilla tunturikoivikoilla ja havumetsillä Talviravinnon saatavuus vähenee ja/tai sen kasvilajikoostumus muuttuu Heikompi näkyvyys tiheämpien metsien vuoksi	Muutoksia poronhoitokäytännöissä metsittymisen seurauksena
<b>SYKSY</b>		
Lämmin syksy. Maa routaantuu; lumi- ja jääpeite muodostuvat myöhään	Rykimä viivästyy ja sen ajallinen synkronia vähenee Porojen kokoaminen ja liikuttaminen erotuspaikalle viivästyy Vasapainot alenevat viivästyneiden erotusten vuoksi, lihaa on vähemmän myytäväksi Riski hukkumisonnettomuuksille kasvaa Lisätöitä ja kuljetuskustannuksia	Paimennuksen tehostaminen Helikopterin käyttö porojen kokoamisessa Heikkojen jäiden välttäminen
Homeiden muodostuminen laiturille loppusyksystä ja alkutalvesta	Porot hajaantuvat hakemaan parempilaatuista ravintoa Porojen kunto heikkenee ja kuolleisuutta voi esiintyä mm. homeiden (sieimyrkkyjen) vuoksi	Paimennuksen tehostaminen Laidunympäristön monipuolisuuden hyödyntäminen Lisäruokinta
<b>TALVI</b>		
Maajään tai jääkerroksen muodostuminen lumipeitteeseen	Porot hajaantuvat hakemaan helpommin saatavilla olevaa ravintoa, porojen kunto putoaa ja vasatuotto laskee, myös kuolleisuus voi lisääntyä Lisätöitä ja lisäkustannuksia	Paimennuksen tehostaminen Laidunympäristön monipuolisuuden hyödyntäminen Lisäruokinta Porojen ottaminen tarhoihin
Syvä lumipeite	Liikkuminen ja kaivaminen kuluttavat porojen energiavarastoja	Paimennuksen tehostaminen (vähentää myös petovahinkoriskiä)
Syvä ja pehmeä lumi	Liikkuminen moottorikelkoilla vaikeaa Petovahinkojen riski kasvaa	Laidunympäristön monipuolisuuden hyödyntäminen

		Lisäruokinta Jälkien ajaminen moottorikelkalla porojen liikkumisen avuksi
Kovat tuulet ja myrskyt	Porot hajaantuvat lumelle tippuneiden luppojen perässä tai kulkeutuvat tuulien mukana laajoille alueille	Kovat tuulet voivat kuivattaa vesisateen tai suojasään kasteleman lumipeitteen ja varistaa luppoa hangelle, Luonnonravinnon hyödyntäminen tehostuu Paimennuksen tehostaminen
Pitkät lumettomat jaksot	Ravinnon saatavuus paranee, poron kasvu lisääntyy Vähemmän tarvetta lisäruokintaan Vähemmän ruokinnasta johtuvia kuluja	Luonnonravinnon hyödyntäminen tehostuu
Lämpimämmät talvet	Verta imevien hyönteisten, loishyönteisten ja tautien määrä voi lisääntyä, Tunturikoivikoiden hyönteistuhot lisääntyvät Vähemmän koivun lehtiin, mutta enemmän heiniin ja ruohoihin perustuvaa kesäravintoa Parantunut näkyvyys mittaritoukkien aiheuttamien tunturikoivutuhojen johdosta	Loislääkitys Karkotteet Muutokset laidunkierrossa tunturikoivutuhojen seurauksena
<b>KEVÄT</b>		
Aikainen lumen sulaminen	Tuoretta ravintoa saatavilla, parantunut porojen kunto ja kasvu	Tuoreen ravinnon hyödyntäminen tehostuu

## 6. Poronhoidon sopeutuminen ilmastonmuutokseen

Viime vuosina on ilmestynyt useita selvityksiä elinkeinojen sopeutumisesta ilmastonmuutokseen, joissa on tarkasteltu myös poronhoidon haavoittuvuutta, ilmastokestävyyttä, ilmastonmuutoksen vaikutuksia ja sen sopeutumista ilmastonmuutokseen (Peltonen-Sainio et al. 2017, Soppela ja Turunen 2017). Poronhoidon käytännön sopeutuminen ilmastonmuutokseen on käynnissä koko ajan poronhoidon arjessa, ja se tapahtuu vuorovaikutuksessa ympäristönmuutosten sekä yhteiskunnallisten, taloudellisten ja poliittisten muutosvoimien kanssa. Paitsi käytännön poronhoitotyössä, sopeutumistoimia tarvitaan myös porotalouden neuvonnassa ja hallinnossa. Kansallinen ilmastonmuutokseen sopeutumis suunnitelma (MMM 2005) tähtää sopeutumisen valtavirtaistamiseen, eli siihen että riskeihin varautuminen tuodaan osaksi elinkeinojen käytänteitä. Myös porotalouden sopeutuminen muutoksiin on saatava osaksi konkreettista suunnittelua paliskuntatasolla ja porotalouden toimijoiden omaa toimintaa.

Tarve poronhoidolle erikseen suunnatun, ilmastonmuutoksen haitallisia vaikutuksia hillitsevän sopeutumisstrategian kehittämiseksi on huomioitu myös Suomessa. Sopeutumisstrategia hyödyttäisi porotaloutta, jos se sisältäisi erilaisia tuki- ja kehittämistoimia, joita poronhoidon hallinto ja valtio voisivat käynnistää tukemaan sopeutumista. Porotalous hyötyisi myös, jos sopeutumisstrategia sisältäisi mm. poronhoidon käytänteiden, kuten lisäruokinnan ja laidunkierron kehittämisen, lisäksi myös toimenpide-ehdotuksia, jotka lisääisivät elinkeinon monipuolisuutta ja kannattavuutta pitkällä tähtäimellä.

## Kirjallisuus

- Aakala, T., Hari, P., Dengel, S., Newberry, S. L., Mizunuma, T. & Grace, J. 2014. A prominent stepwise advance of the tree line in north-east Finland. *Journal of Ecology* 102(6): 1582–1591. DOI: 10.1111/1365-2745.12308
- Aalto, J., P. Pirinen, & Jylhä, K. 2016. New gridded daily climatology of Finland: Permutation-based uncertainty estimates and temporal trends in climate. *J. Geophys. Res. Atmos.* 121: 3807-3823. doi:10.1002/2015JD024651
- Ahti, T. 1977. Lichens of the Boreal Coniferous Zone. Pages 145-181 in M. R. D. Seaward, editor. *Lichen Ecology*. Academic Press Inc., London.
- Akujärvi, A., V. Hallikainen, M. Hyppönen, E. Mattila, K. Mikkola, and P. Rautio. 2014. Effects of reindeer grazing and forestry on ground lichens in Finnish Lapland. *Silva Fennica* 48:article id 1153.
- Bernes, C., K. A. Bråthen, B. C. Forbes, J. D. M. Speed, and J. Moen. 2015. What are the impacts of reindeer/caribou (*Rangifer tarandus* L.) on arctic and alpine vegetation? A systematic review. *Environmental Evidence* 4:4.
- Broll, G. 2000. Influence of overgrazing by reindeer on soil organic matter and soil microclimate of well-drained soils in the Finnish subarctic. Pages 163-171 in R. Lal, J. M. Kimble, and B. A. Stewart, editors. *Global Climate Change and Cold Regions Ecosystems*. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton.
- Bråthen, K. A., R. A. Ims, N. G. Yoccoz, P. Fauchald, T. Tveraa, and V. H. Hausner. 2007. Induced shift in ecosystem productivity? Extensive scale effects of abundant large herbivores. *Ecosystems* 10:773-789.
- Egelkraut, D., K.-Å. Aronsson, A. Allard, M. Åkerholm, S. Stark, and J. Olofsson. 2018. Multiple feedbacks contribute to a centennial legacy of reindeer on tundra vegetation. *Ecosystems* 21:1545–1563.
- Eskelinen, A. 2008. Herbivore and neighbour effects on tundra plants depend on species identity, nutrient availability and local environmental conditions. *Journal of Ecology* 96:155-165.
- Eskelinen, A., S. Harrison, and M. Tuomi. 2012. Plant traits mediate consumer and nutrient control on plant community productivity and diversity. *Ecology* 93:2705-2718.
- Eskelinen, A., and J. Oksanen. 2006. Changes in the abundance, composition and species richness of mountain vegetation in relation to summer grazing by reindeer. *Journal of Vegetation Science* 17:245-254.
- Eskelinen, A., and R. Virtanen. 2005. Local and regional processes in low-productive mountain plant communities: the roles of seed and microsite limitation in relation to grazing. *Oikos* 110:360-368.
- Forbes, B.C. & Stammer, F. 2009. Arctic climate change discourse: the contrasting politics of research agendas in the West and Russia. *Polar Res.* 28:28–42.
- Francini, G., M. Liiri, M. K. Männistö, S. Stark, and M.-M. Kytöviita. 2014. Response to reindeer grazing removal depends on soil characteristics in low Arctic meadows. *Applied Soil Ecology* 76:14-25.
- Furberg, M., Evengam, B. & Nilsson, M. 2011. Facing the limit of resilience: perceptions of climate change among reindeer herding Sámi in Sweden. *Global Health Action* 2011, 4. doi: 10.3402/gha.v4i0.8417
- Hansen, B.B., Isaksen, K., Benestad, R.E., Kohler, J., Pedersen, Å.Ø., Loe, L.E., Coulson, S.J., Larsen J.O. & Varpe, Ø. 2014. Warmer and wetter winters: characteristics and implications of an extreme weather event in the High Arctic. *Environ. Res. Lett.* 9 (2014): 114021 (10 pp).
- Helle, T.P. & Jaakkola, L.M. 2008. Transitions in herd management of semi-domesticated reindeer in northern Finland. *Ann. Zool. Fennici* 45(2):81–101. doi: 10.5735/086.045.0201
- 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
- den Herder, M., M.-M. Kytöviita, and P. Niemelä. 2003. Growth of reindeer lichens and effects of reindeer grazing on ground cover vegetation in a Scots pine forest and a subarctic heathland in Finnish Lapland. *Ecography* 26:3-12.
- den Herder, M., R. Virtanen, and H. Roininen. 2004. Effects of reindeer browsing on tundra willow and its associated insect herbivores. *Journal of Applied Ecology* 41:870-879.
- den Herder, M., R. Virtanen, and H. Roininen. 2008. Reindeer herbivory reduces willow growth and grouse forage in a forest-tundra ecotone. *Basic and Applied Ecology* in press.
- Gough, L., E. A. Ramsey, and D. R. Johnson. 2007. Plant-herbivore interactions in Alaskan arctic tundra change with soil nutrient availability. *Oikos* 116:407-418.



- Ims, R. A., N. G. Yoccoz, K. A. Bråthen, P. Fauchald, T. Tveraa, and V. Hausner. 2007. Can reindeer overabundance cause a trophic cascade. *Ecosystems* 10:607-622.
- IPCC 2013. Summary for Policymakers. Teoksessa/In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P.M. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Jaakkola, L. M., M. M. Heiskanen, A. M. Lensu, and M. T. Kuitunen. 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 Environmental Research* 18:459-472.
- Josefsson, T., B. Gunnarsson, L. Liedgren, I. Bergman, and L. Östlund. 2010. Historical human influence on forest composition and structure in boreal Fennoscandia. *Canadian Journal of Forest Research* 40:872-884.
- Josefsson, T., G. Hörnberg, and L. Östlund. 2009. Long-term human impact and vegetation changes in a boreal forest reserve: implications for the use of protected areas as ecological references. *Ecosystems* 12:1017-1036.
- Juntunen, V. & Neuvonen, S. 2006. Natural regeneration of Scots pine and Norway spruce close to the timberline in Northern Finland. *Silva Fennica* 40(3): 443–458.
- Kitti, H., B. C. Forbes, and J. Oksanen. 2009. Long- and short-term effects of reindeer grazing on tundra wetland vegetation. *Polar Biology* 32:253-261.
- Kivinen, S. & Rasmus, S. 2015. Observed changes in cold season conditions in a Fennoscandian fell area over the past three decades. *Ambio* 44(3): 214-225. doi: 10.1007/s13280-014-0541-8.
- Kivinen, S., Rasmus, S., Jylhä, K & Laapas, M. 2017. Climate variations over the past century (1914-2013) in Northern Fennoscandia: trends and extreme events. *Climate (Special Issue: Climate Extremes, the Past and the Future)*. 2017/5/16, doi:10.3390/cli5010016.
- Kumpula, J., S. Stark, and O. Holand. 2011. Seasonal grazing effects by semi-domesticated reindeer on subarctic mountain birch forests. *Polar Biology*:441-453.
- Kumpula, J., Kurkilahti, M., Helle, T. & Colpaert, A. 2014. Both reindeer management and several other land use factors explain the reduction in ground lichens (*Cladonia* spp.) in pastures grazed by semi-domesticated reindeer in Finland. – *Reg. Environ. Change* 14:541–559.
- Köster, E., K. Köster, M. Aurela, T. Laurila, F. Berninger, A. Lohila, and J. Pumpanen. 2013. Impact of reindeer herding on vegetation biomass and soil carbon content: a case study from Sodankylä, Finland. *Boreal Environmental Research* 18:35-42.
- Köster, K., F. Berninger, E. Köster, and J. Pumpanen. 2015. Influences of reindeer grazing on above- and below-ground biomass and soil carbon dynamics. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 47:495-503.
- Köster, K., E. Köster, L. Kulmala, F. Berninger, and J. Pumpanen. 2016. Are the climatic factors combined with reindeer grazing affecting the soil CO<sub>2</sub> emissions in subarctic boreal pine forest? *Catena* 02838:dx.doi.org/10.1016/j.catena.2016.1006.1011.
- Lempa, K., S. Neuvonen, and H. Tommervik. 2005. Effects of reindeer grazing on pastures - a necessary basis for sustainable reindeer herding. Pages 157-164 in F. E. Wielgolaski, P. S. Karlsson, S. Neuvonen, and D. Thannenheiser, editors. *Plant ecology, herbivory, and human impact in nordic mountain birch forests*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Lépy, E. & Pasanen, L. 2017. Observed regional climate variability during the last 50 years in reindeer herding cooperatives of Finnish fell Lapland. *Climate* 2017(5), DOI: 10.3390/cli5040081
- Luomaranta, A., Aalto, J. & Jylhä, K. 2019. Snow cover trends in Finland over 1961-2014 based on gridded snow depth observations. *International Journal of Climatology* 2019, DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.6007>
- MMM. 2005. Kansallinen ilmastomuutokseen sopeutumisstrategia. MMM:n julkaisuja 1/2005. 278s.
- Maliniemi, T., Kapfer, J., Saccone P., Skog, A. & Virtanen, R. 2018. Long-term vegetation changes of treeless heath communities in northern Fennoscandia: Links to climate change trends and reindeer grazing. *Journal of Vegetation Science* 29:469-479.
- Manseau, M., J. Huot, and M. Crete. 1996. Effects of summer grazing by caribou on composition and productivity of vegetation: community and landscape level. *Journal of Ecology* 84:503-513.
- Markkula, I., Turunen, M. & Rasmus, S. 2019. A Review of climate change impacts on the ecosystem services in the Saami homeland in Finland. *Science of the Total Environment* 692: 1070-1085.

- Miller, F.L. & Barry, S.J. 2009. Long-term control of Peary caribou numbers by unpredictable, exceptionally severe snow or ice conditions in a non-equilibrium grazing system. *Arctic* 62: 175–189.
- Normand, S., T. T. Hoye, B. C. Forbes, J. J. Bowden, A. L. Davies, B. V. Odgaard, F. Riede, J.-C. Svenning, U. A. Treier, R. Willersvel, and J. Wischnewski. 2017. Legacies of historical human activities in Arctic woody plant dynamics. *Annual Review of Environment and Resources* 42:541-567.
- Oksanen, L. 1978. Lichen grounds of Finnmarksvidda, northern Norway, in relation to summer and winter grazing by reindeer. *Reports from Kevo Subarctic Research Station* 14:64-71.
- Oksanen, L., J. Moen, and T. Helle. 1995. Timberline patterns in northernmost Fennoscandia. Relative importance of climate and grazing. *Acta Botanica Fennica* 153:93-106.
- Oksanen, L., and R. Virtanen. 1995. Topographic, altitudinal and regional patterns in continental and suboceanic heath vegetation of northern Fennoscandia. *Acta Botanica Fennica* 153:1-80.
- Olofsson, J. 2006. Plant diversity and resilience to reindeer grazing. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 38:131-135.
- Olofsson, J., H. Kitti, P. Rautiainen, S. Stark, and L. Oksanen. 2001. Effects of summer grazing by reindeer on composition of vegetation, productivity and nitrogen cycling. *Ecography* 24:13-24.
- Olofsson, J., J. Moen, and L. Östlund. 2011. Effects of reindeer on boreal forest floor vegetation: does grazing cause vegetation state transitions? *Basic and Applied Ecology* 11:550-557.
- Olofsson, J., and L. Oksanen. 2002. Role of litter decomposition for the increased primary production in areas heavily grazed by reindeer: a litterbag experiment. *Oikos* 96:507-515.
- Olofsson, J., and L. Oksanen. 2005. Effects of reindeer density on vascular plant diversity on North Scandinavian mountains. *Rangifer* 25:5-18.
- Olofsson, J., L. Oksanen, T. V. Callaghan, P. D. Hulme, T. Oksanen, and O. Suominen. 2009. Herbivores inhibit climate-driven shrub expansion on the tundra. *Global Change Biology* 15:2681-2693.
- Olofsson, J., L. Oksanen, T. Oksanen, M. Tuomi, K. S. Hoset, R. Virtanen, and K. Kyrö. 2014. Long-term experiments reveal strong interactions between lemmings and plants in the Fennoscandian highland tundra. *Ecosystems* DOI:10.1007/s10021-013-9740-6.
- Olofsson, J., S. Stark, and L. Oksanen. 2004. Reindeer influence on ecosystem processes in the tundra. *Oikos* 105:386-396.
- Olofsson, J., and J. Strengbom. 2000. Response of galling invertebrates on *Salix lanata* to reindeer herbivory. *Oikos* 91:493-498.
- Pastor, J., and R. J. Naiman. 1992. Selective foraging and ecosystem processes in boreal forests. *The American Naturalist* 139(4):690-705.
- Peltonen-Sainio, P., Sorvali, J., Müller, M., Huitu, O., Neuvonen, S., Nummelin, T., Rummukainen, A., Hynynen, J., Sievänen, R., Helle, P., Rask, M., Vehanen, T. & Kumpula, J. 2017. Sopeutumisen tila 2017 : Ilmastokestävyyden tarkastelut maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 18/2017. 87pp.
- Poosakkannu, A., R. Nissinen, M. K. Männistö, and M.-M. Kytöviita. 2017. Microbial community composition but not diversity changes along succession in arctic sand dunes. *Environmental Microbiology* 19:698-709.
- Rasmus, S., Kumpula, J. & Jylhä, K. 2014. Suomen poronhoitoalueen muuttuvat talviset sääolosuhteet. *Terra* 126(4): 169-185.
- Rasmus, S., Kivinen, S., Bavay, M. & Heiskanen, J. 2016. Local and regional variability in snow conditions in northern Finland: a reindeer herding perspective. *Ambio*. doi: 10.1007/s13280-015-0762-5.
- Rasmus, S., Kivinen, S. & Irannezhad, M. 2018. Basal ice formation in Northern Finland snow covers during 1948-2016. *Environmental Research Letters* 13(2018)114009.
- Rasmus, S. & Turunen, M. 2015. Suomen poronhoitoalueen lumiolosuhteet ja niiden vaikutukset poronhoitoon. *Arktisen keskuksen tiedotteita* 62/2015. ISSN 1235-0583. ISBN 978-952-484-852-7 (pdf). Lapin yliopisto, Arktinen keskus.
- Rasmus, S., Turunen, M., Kivinen, S., Jylhä, K. & Luomaranta, A. 2019. The seasons are changing – combining practitioner’s knowledge to scientific observations on seasonal weather in reindeer management area of Finland. *Käsikirjoitus*.
- Ruosteenoja, K., Jylhä, K. & Kämäräinen, M. 2016. Climate Projections for Finland Under the RCP Forcing Scenarios. *Geophysica* 51(1): 17–50

- Saccone, P., T. Pyykkönen, A. Eskelinen, and R. Virtanen. 2014. Environmental perturbation, grazing pressure and soil wetness jointly drive mountain tundra toward divergent alternative states. *Journal of Ecology* 102:1661-1672.
- Saccone, P., and R. Virtanen. 2015. Extrapolating multi-decadal plant community changes based on medium-term experiments can be risky: evidence from high-latitude tundra. *Oikos* 125:76-85.
- Sandström, P., N. Cory, J. Svensson, H. Hedenås, L. Jougda, and N. Borchert. 2016. On the decline of ground lichen forests in the Swedish boreal landscape: Implications for reindeer husbandry and sustainable forest management. *Ambio* 45:415-429.
- Schmitz, O. J., P. A. Raymond, J. A. Estes, W. A. Kurz, G. W. Holtgrieve, M. E. Ritchie, D. E. Schindler, A. C. Spivak, R. W. Wilson, M. A. Bradford, V. Christensen, L. Deegan, V. Semtacek, M. J. Vanni, and C. C. Wilmers. 2014. Animating the carbon cycle. *Ecosystems* 17:344-359.
- Soppela, P. & Turunen, M. 2017. Luku 4 Sopeutuuko porotalous kasautuvien muutosten paineessa? Pp 68-85. In: Tennberg, M., Emelyanova, A., Eriksen, H., Haapala, J., Hannukkala, A., Jaakkola, J.J.K., Jouttijärvi, T., Jylhä, K., Kauppi, S., Kietäväinen, A., Korhonen, H., Korhonen, M., Luomaranta, A., Magga, R., Mettiäinen, I., Näkkäläjärvi, K., Pilli-Sihvola, K., Rautio, A., Rautio, P., Silvo, K., Soppela, P., Turunen, M., Tuulentie, S. & Vihma, T. (toim.) Barentsin alue muuttuu – miten Suomi sopeutuu? VNK-raportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 31/2017. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 31/2017. 172s.
- Staland, H., J. Salmonsson, and G. Hörnberg. 2010. A thousand years of human impact in the northern Scandinavian mountain range: Long-lasting effect on forest lines and vegetation. *The Holocene* 21:379-391.
- Stark, S., A. Eskelinen, and M. K. Männistö. 2012. Regulation of microbial community composition and activity by soil nutrient availability, soil pH, and herbivory in the tundra. *Ecosystems* 15:18-33.
- Stark, S., and D. Grellmann. 2002. Soil microbial responses to herbivory in an arctic tundra heath at two levels of nutrient availability. *Ecology* 83:2736-2744.
- Stark, S., R. Julkunen-Tiitto, and J. Kumpula. 2007. Ecological role of reindeer summer browsing in the mountain birch (*Betula pubescens* ssp. *czerepanovii*) forests: effects on plant defense, litter decomposition, and soil nutrient cycling. *Oecologia* 151:486-498.
- Stark, S., M.-M. Kytöviita, M. K. Männistö, and A. B. Neumann. 2008. Soil microbial and microfaunal communities and organic matter quality in reindeer winter and summer ranges in Finnish subarctic mountain birch forests. *Applied Soil Ecology* 40:456-464.
- Stark, S., M. K. Männistö, and A. Eskelinen. 2015. When do grazers accelerate or decelerate soil carbon and nitrogen cycling in tundra? A test of theory on grazing effects in fertile and infertile habitats. *Oikos* 124:593-602.
- Stark, S., M. K. Männistö, and A. Smolander. 2010. Multiple effects of reindeer grazing on soil processes in nutrient-poor boreal forests. *Soil Biology & Biochemistry* 42:2068-2077.
- Stark, S., R. Strömmer, and J. Tuomi. 2002. Reindeer grazing and soil microbial processes in two suboceanic and two subcontinental tundra heaths. *Oikos* 97:69-78.
- Stark, S., J. Tuomi, R. Strömmer, and T. Helle. 2003. Non-parallel changes in soil microbial carbon and nitrogen dynamics due to reindeer grazing in northern boreal forests. *Ecography* 26:51-59.
- Stark, S., D. A. Wardle, R. Ohtonen, T. Helle, and G. W. Yeates. 2000. The effect of reindeer grazing on decomposition, mineralization and soil biota in a dry oligotrophic Scots pine forest. *Oikos* 90:301-310.
- Stark, S., and M. Väisänen. 2014. Insensitivity of soil microbial activity to temporal variation in soil N in subarctic tundra - Evidence from responses to large migratory grazers. *Ecosystems* DOI: 10.1007/s10021-014-9768-2.
- Sundqvist, M.K, Moen, J., Björk, R.G., Vowles, T., Kytöviita, M.-M., Parsons, M.A., Olofsson, J. 2019. Experimental evidence of the long-term effects of reindeer on Arctic vegetation greenness and species richness at a larger landscape scale. *Journal of Ecology*, doi.org/10.1111/1365-2745.13201
- Suominen, O., J. Niemelä, P. Martikainen, P. Niemelä, and I. Kojola. 2003. Impact of reindeer grazing on ground-dwelling Carabidae and Curculionidae assemblages in Lapland. *Ecography* 26:503-513.
- Suominen, O., and J. Olofsson. 2000. Impacts of semi-domesticated reindeer on structure of tundra and forest communities in Fennoscandia: a review. *Annales Zoologici Fennici* 37:233-249.
- Susiluoto, S., T. Rasilo, J. Pumpanen, and F. Berninger. 2008. Effects of grazing on the vegetation structure and carbon dioxide exchange of a Fennoscandian fell ecosystem. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 40:422-431.

- Tanentzap, A. J., and D. A. Coomes. 2012. Carbon storage in terrestrial ecosystems: do browsing and grazing herbivores matter? *Biological Reviews* 87:72-94.
- Tommervik, H., B. Johansen, J. Å. Riseth, S. R. Karlsen, B. Solberg, and K. A. Hogda. 2009. Above ground biomass changes in the mountain birch forests and mountain heaths of Finnmarksvidda, northern Norway, in the period 1957-2006. *Forest Ecology and Management* 257:244-257.
- Tuomi, M., S. Stark, K. S. Hoset, M. Väisänen, L. Oksanen, F. J. A. Murguzur, H. Tuomisto, J. Dahlgren, and K. A. Bråthen. 2019. Herbivore effects on ecosystem process rates in a low-productive system. *Ecosystems*:doi.org/10.1007/s10021-10018-10307-10024.
- Turunen, M., Mikkola, K., Neuvonen, S., Johansson, P., Anttonen, M., Norokorpi, Y., Saikkonen, A. & Mäkelä, K. 2018. 5.8.4.3. Suomen tunturiluonto ja ilmastonmuutos. pp. 287-313. In: Kontula, T. & Raunio, A. (eds). Suomen luontotyypin uhanalaisuus 2018. Luontotyypin punainen kirja. Osa 1 – tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristö 5/2018 Osa 1. Ympäristökeskus ja Ympäristöministeriö. Helsinki.
- 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., Rasmus, S., Pääkkö, E., Anttonen, M. & Mäkelä, K. 2017. Mitä poronhoitajat kertovat sään ja ilmaston vaikutuksista poronhoitoon? Raportti poronhoitajille osoitetun kyselyn tuloksista, 11.8 2017. [https://paliskunnat.fi/tiedostot/Kysely\\_poronhoitajille\\_saa\\_ilmasto\\_raportti\\_2017.pdf](https://paliskunnat.fi/tiedostot/Kysely_poronhoitajille_saa_ilmasto_raportti_2017.pdf)
- Turunen, M., Rasmus, S., Bavay, M., Ruosteenoja, K. & Heiskanen, J. 2015. Talvisäät, lumiolot ja poronhoitotyöt: poronhoitajien näkemyksiä ilmastonmuutoksen vaikutuksista ja keinoista selviytyä ongelmista (suomeksi, tiivistelmä ja kuva/taulukkoktekstit englanniksi). *Suomen Riista* 61: 7–25.
- Turunen, M., Rasmus, S., Bavay, M., Ruosteenoja, K. & Heiskanen, J. 2016. Coping with increasingly difficult weather and snow conditions: Reindeer herders' views on climate change impacts and coping strategies. *Climate Risk Management* 11: 15–36. doi:10.1016/j.crm.2016.01.002.
- Turunen, M., O. P., V.-M. T., M. I., S. M.-L., and H. 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:http://dx.doi.org/10.3402/polar.v3432i3400.18610.
- Tyler, N.J.C., Turi, J.M., Sundset, M.A., Bull, K.S., Sara, M.N., 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 Environ. Change* 17:191–206.
- Uboni, A., T. Horstkotte, E. Kaarlejärvi, A. Sévêque, F. Stammer, J. Olofsson, B. C. Forbes, and J. Moen. 2016. Long-term trends and role of climate in the population dynamics of Eurasian reindeer. *PLOS One* 11(6):e0158359.
- Virtanen, R., H. Henttonen, and K. Laine. 1997. Lemming grazing and structure of a snowbed plant community - a long-term experiment at Kilpisjärvi, Finnish Lapland. *Oikos* 79:155-166.
- Virtanen, R., M. Luoto, T. Rämä, K. Mikkola, J. Hjort, J.-A. Grytnes, and H. J. B. Birks. 2010. Recent vegetation changes at the high-latitude tree line ecotone are controlled by geomorphological disturbance, productivity and diversity. *Global Ecology and Biogeography* 19:810-821.
- Virtanen, R., L. Oksanen, T. Oksanen, J. Cohen, B. C. Forbes, B. Johansen, J. Käyhkö, J. Olofsson, J. Pulliainen, and H. Tommervik. 2015. Where do the treeless tundra areas of northern highlands fit in the global biome system: toward an ecologically natural subdivision of the tundra biome. *Ecology and Evolution* doi: 10.1002/ece3.1837:1-16.
- Virtanen, R., J. Salminen, and R. Strömmer. 2008. Soil and decomposer responses to grazing exclusion are weak in mountain snow-beds. *Acta Oecologia* 33:207-212.
- Vistnes, I. I., and C. Nellemann. 2008. Reindeer winter grazing in alpine tundra: impacts on ridge community composition in Norway. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 40:215-224.
- Vors, L. S., and M. S. Boyce. 2009. Global declines of caribou and reindeer. *Global Change Biology* 15:2626-2633.
- Vowles, T., and R. G. Björk. 2018. Implications of evergreen shrub expansion in the Arctic. *Journal of Ecology* 107:650-655.
- Vowles, T., B. Gunnarsson, U. Molau, T. Hickler, L. Klemetsson, and R. G. Björk. 2017. Expansion of deciduous tall shrubs but not evergreen dwarf shrub inhibited by reindeer in Scandes mountain range. *Journal of Ecology* 105:1547-1561.

- Vuorinen, K. E. M., L. Oksanen, T. Oksanen, A. Pyykönen, J. Olofsson, and R. Virtanen. 2017. Open tundra persist, but arctic features decline - Vegetation changes in the warming Fennoscandian tundra. *Global Change Biology* 23:3794-3807.
- Väisänen, M., H. Yläne, E. Kaarlejärvi, S. Sjögersten, J. Olofsson, N. Crout, and S. Stark. 2014. Consequences of warming on tundra carbon balance determined by reindeer grazing history. *Nature Climate Change* 4, DOI: 10.1038/NCLIMATE2147.
- Väre, H., R. Ohtonen, and K. Mikkola. 1996. The effect and extent of heavy grazing by reindeer in oligotrophic pine heaths in northeastern Fennoscandia. *Ecography* 19:245-253.
- Väre, H., R. Ohtonen, and J. Oksanen. 1995. Effects of reindeer grazing on understorey vegetation in dry *Pinus sylvestris* forests. *Journal of Vegetation Science* 6:523-530.
- Yläne, H., J. Olofsson, L. Oksanen, and S. Stark. 2018. Consequences of grazer-induced vegetation transitions on ecosystem carbon storage in the tundra. *Functional Ecology* 32:1091-1102.
- Yläne, H., S. Stark, and A. Tolvanen. 2015. Vegetation shift from deciduous to evergreen dwarf shrubs in response to selective herbivory offsets carbon losses: evidence from 19 years of warming and simulated herbivory in the subarctic tundra. *Global Change Biology* 21:3696-3711.
- Zamin, T. J., and P. Grogan. 2013. Caribou exclusion during a population low increases deciduous and evergreen shrub species biomass and nitrogen pools in low Arctic tundra. *Journal of Ecology* 101:671-683.

## LIITTEET

**LIITE 1:** Lähivuosisikymmeninä odotettavissa olevat muutokset eri vuodenaikojen sääoloissa Pohjois-Suomessa (Turunen et al. 2015, 2016).

Vuodenaika	Muutokset
Kesä	Kesät lämpenevät; hellejaksot ovat pidempiä ja kuumempia <sup>4</sup> Kovat sateet ovat aiempaa rankempia, mutta kuivuus saattaa yleistyä kesällä ja alkusyksyllä <sup>4,8</sup> Kasvukausi on pidempi ja lämpimämpi <sup>4</sup>
Syky	Sadanta lisääntyy <sup>4,13</sup> Jokien virtaamat kasvavat <sup>4,13</sup> Pakkaskausi alkaa muutamaa viikkoa aiempaa myöhemmin <sup>4</sup> Lumipeite muodostuu myöhemmin <sup>1,2,5,6,9,10,11,13,14</sup> Maa routaantuu myöhemmin <sup>5,14</sup> Jokien ja järvien jääpeite muodostuu myöhemmin <sup>13</sup>
Talvi	Lämpötila nousee <sup>1,2,3,4,8,10,12</sup> Pakkaspäivien lukumäärä vähenee noin kolmanneksen <sup>3,4,6</sup> Suojapäivien määrä kasvaa, samoin niiden päivien, jolloin lämpötila käy sekä nollan ylä- että alapuolella <sup>3,4</sup> Vesisateita esiintyy entistä useammin <sup>2,4,8,10,13</sup> Vähälumiset talvet yleistyvät <sup>1,2,5,6,9,10,11,13,14</sup> Kuivan pakkaslumen osuus vähenee ja märän tai jäisen lumen osuus kasvaa <sup>7</sup> Talvitulvat yleistyvät <sup>13</sup> Pilvisyys lisääntyy <sup>8</sup> Routakerros ohenee <sup>5,14</sup>
Kevät	Pakkaskausi päättyy keväällä aikaisemmin <sup>4</sup> Lumi sulaa ja pälviä muodostuu aikaisemmin <sup>1,2,4,5,6,9,10,11,13,14</sup> Kasvukausi alkaa aikaisemmin <sup>4</sup> Jäänlähtö joista ja järvistä aikaistuu <sup>13</sup> Kevättulvat pienenevät ja aikaistuvat <sup>13</sup>

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

**LIITE 2:** Yhteenveto poronhoitajille osoitetun kyselyn vastauksista. Tulokset on esitetty erikseen tunturi- ja metsäpaliskunnille (n on vastaajien määrä). Väittämät joiden kanssa vastaajat olivat keskimäärin samaan mieltä (vastausten keskiarvot <2) on lihavoitu. Prosenttiosuudet kertovat kuinka suuri osa on vastaajista on vastannut 1-2 (olen havainnut muutosta / jonkin verran muutosta), 3 (en ole havainnut muutosta), tai 3-4 (Olen havainnut muutosta / jonkin verran muutosta mutta päinvastaiseen suuntaan). Varjostuksella on merkitty se luokka, johon suurin osa vastauksista kuuluu (Rasmus et al. 2019).

	<b>Tunturipaliskunnat; n=18</b>				<b>Metsäpaliskunnat; n=72</b>			
	Keskim.	1-2 (%)	3 (%)	4-5 (%)	Keskim.	1-2 (%)	3 (%)	4-5 (%)
<b>KESÄ</b>								
<b>Sademäärät lisääntyneet</b>	<b>1.6</b>	77.8	22.2	0.0	<b>1.9</b>	78.9	21.1	0.0
<b>Kovia vesisateita useammin</b>	<b>1.7</b>	72.2	27.8	0.0	<b>1.9</b>	74.6	25.4	0.0
<b>Sää on vaihtelevampi</b>	<b>1.9</b>	72.2	27.8	0.0	<b>1.8</b>	83.3	16.7	0.0
Räntä- tai raesateita useammin	2.8	27.8	61.1	11.1	2.7	25.4	69.0	5.6
Kesät ovat lämmenneet	2.9	38.9	33.3	27.8	2.9	21.1	62.0	16.9
Kylmät jaksot harvinaistuneet	3	22.2	55.6	22.2	3	22.9	60.0	17.1
Hellejaksot yleistyneet	3	22.2	55.6	22.2	3.1	16.9	57.7	25.4
Kuivuutta esiintyy enemmän	2.8	27.8	61.1	11.1	3.1	16.7	56.9	26.4
<b>SYKSY</b>								
<b>Pakkaskausi alkaa myöhemmin</b>	<b>1.7</b>	77.8	22.2	0.0	<b>1.8</b>	83.3	16.7	0.0
<b>Maa routaantuu myöhemmin</b>	<b>1.8</b>	77.8	22.2	0.0	<b>1.8</b>	84.3	15.7	0.0
<b>Lumipeite muodostuu myöhemmin</b>	<b>1.8</b>	72.2	22.2	5.6	<b>1.9</b>	81.9	13.9	4.2
<b>Routiminen vähäisempää</b>	2.1	66.7	33.3	0.0	<b>1.9</b>	77.5	22.5	0.0
Homeen muodostus kasvillisuuteen yleisempää	2.4	44.4	55.6	0.0	2.1	70.0	30.0	0.0
Sademäärät kasvaneet	2.6	38.9	50.0	11.1	2.3	59.2	39.4	1.4
<b>TALVI</b>								
<b>Talvet ovat lämmenneet</b>	<b>1.6</b>	94.4	5.6	0.0	<b>1.7</b>	90.1	8.5	1.4
<b>Pakkaspäivien määrä vähentynyt</b>	<b>1.7</b>	94.4	0.0	5.6	<b>1.7</b>	88.9	11.1	0.0
<b>Sää on vaihtelevampi</b>	<b>1.9</b>	66.7	33.3	0.0	<b>1.7</b>	90.3	9.7	0.0
<b>Tykyn muodostuminen puihin lisääntynyt</b>	<b>1.7</b>	72.2	27.8	0.0	<b>1.9</b>	74.6	25.4	0.0
<b>Vesisateet yleistyneet</b>	<b>1.9</b>	66.7	33.3	0.0	<b>1.9</b>	80.3	18.3	1.4
<b>Jäisten kerrosten muodostuminen lumipeitteeseen yleistynyt</b>	2.3	50.0	50.0	0.0	1.8	84.7	13.9	1.4
<b>Talvet ovat tuulisempia</b>	2.2	55.6	44.4	0.0	<b>1.9</b>	77.8	22.2	0.0
<b>Maajään muodostuminen on yleistynyt</b>	2.4	50.0	44.4	5.6	<b>1.9</b>	75.0	25.0	0.0

Lumipeitteet ovat paksumpia	2.4	44.4	44.4	11.1	2.8	29.2	55.6	15.3
<b>KEVÄT</b>								
<b>Pakkaskausi päättyy aikaisemmin</b>	2.2	66.7	11.1	22.2	<b>1.8</b>	84.5	15.5	0.0
<b>Kasvukausi alkaa aikaisemmin</b>	<b>1.9</b>	72.2	27.8	0.0	2	78.9	19.7	1.4
Lumi sulaa ja pälvä muodostuu aikaisemmin	2.1	72.2	16.7	11.1	2	75.0	23.6	1.4

**LIITE 3:** Poronhoitajien kokemuksia eri vuodenaikojen sääolojen muutoksista (Turunen et al. 2017).

[https://paliskunnat.fi/tiedostot/Kysely\\_poronhoitajille\\_saa\\_ilmasto\\_raportti\\_2017.pdf](https://paliskunnat.fi/tiedostot/Kysely_poronhoitajille_saa_ilmasto_raportti_2017.pdf)

### Kesän säässä koetut muutokset

**Tunturipaliskunnat:** ”Kesät ovat ehkä nykyisin entistä vetisempiä”. ”Aina sataa vettä”. ”Ääri-ilmiöitä enemmän ja pitempiä kausia kuin ennen”. ”Kesät sateisempia”. ”Sateet ovat lisääntyneet”. ”Kesät ovat kylmempiä ja märempiä minusta kuin ennen. Ruoho ei kasva kunnolla”. ”En muista, kuin yhden kesän 80-90 luvun taitteessa, joka on ollut yhtä vetinen”. ”Näinä vuosina vesisateet ovat tosi kovia ja voi sataa kaatamalla useita päiviäkin”. ”Viime kesä oli sateinen, mutta kuivia kesiä ollut enemmän kuin sateisia viime vuosina”. ”Kesäaikaan vaihtelu kuivasta tulvaan, edellisessä kuiva, viime kesänä vesi tulvarajalla syksyyn saakka. Rankkasateita viime kesänä yleisesti, vaikka täällä tavallisesti suht kuivaa”. ”Kesä alkaa monesti lämpimänä mutta kylmenee sitten ja saattaa olla pitkiä kylmiä ja sateisia ajanjaksoja”. ”Kesäsäät vaihtelevat vuosittain niin paljon, ettei niistä voi sanoa, onko pysyvää muutosta. Tarkempaa tietoa kannattaa katsoa Kevon säätilastoista! Terminen kasvukausi lienee hieman pidentynyt”. ”Alkukesät kylmempiä, lämmin tulee vasta elokuussa”. ”Riippuu paljon vuodesta, onko kesä lämmin vai kylmä. Viime kesät ovat olleet lämpimiä kun taas 2000-luvun alkupuolella oli monta hellekesää”.

**Metsäpaliskunnat:** ”Vuositista vaihtelua on, joskus juhannuksena saattaa käydä vielä lumi maassa, joskus taas kuumasta kesästä päästään nauttimaan aikaisin alkukesällä”. ”Kesien sää on aina vaihdellut sen mukaan, mistä sattuu tuulemaan”. ”Säänmuutoksia usemmin”. ”Epävakaaset, sateiset, tuuliset, myrskyävät säät”. ”Kesät ovat nykyään epävakaampia”. ”Voidaan sanoa, että vuodet eivät ole veljeksiä. Suunta lämpenemään päin, kesäaikaisten lumi- ja räntäsateet vähentyneet, toki koleitakin päiviä on varsinkin alkukesästä”. ”Lisääntyneistä vesisateista johtuen jängät ovat aiempia vuosia vetisempiä”. ”Sateisia kesiä esiintyy usein”. ”Vettä tulee”. ”Viimeisimpinä vuosina ollut märkiä kesiä. Samoin oli muutamana -90 luvun alkupuolen kesänä”. ”Sateet ovat runsaampia kuin aiemmin”. ”Kesät ovat mielestäni viilentyneet ja muuttuneet sateisemmiksi”. ”Jatkuvat vesisateet”. ”Sateita runsaasti toisina kesinä”. ”Sateiden rankkuus ja yleistyminen”. ”Rankat vesisateet ovat kesäisin lisääntyneet”.

### Syksyn säässä koetut muutokset

**Tunturipaliskunnat:** ”Lämmin jakso monesti syyskuussa, kesäsäät jatkuu pitkälle syksyyn”. ”Syksyt lämpimämpiä”. ”Syksyaika ollut viimeisimpinä vuosina tosi hieno ilmojen suhteen. Lumeton aika jatkunut noin yhdellä kuukaudella, jopa enemmänkin. Todennäköisyys että pohjasta tulee hyvä ja kuiva on parantunut”. ”Kyllähän lumentulon on huomannut menevän pitemmälle kuin ennen, nyt lumi tulee jonkin verran myöhemmin”. ”Melkein joka syksy lumi sataa sulaan maahan, maa ei ole ehtinyt jäätyä tai se on sulanut ennen lumen tuloa”. ”Syksy saattaa ja alkaakin monesti kylmällä jaksolla, mutta sitten marraskuun puolella saattaa suveta ja sataa vettä paljonkin”. ”Syksyllä pitkiä sade- ja kuivakausia. Hyönteiset elävät myöhempään syksyllä, ja uusia tuntemattomia lajeja on näkynyt, maalla ja vedessä”. ”Sateet ovat lisääntyneet. Lisäksi viime vuosina ei ole ollut nimeksikään sienä. Tänä syksynä sienä oli kohtalaisesti, joka



taas oli hyvin verrattuna viime vuosiin”.

**Metsäpaliskunnat:** ”Pitkät lämpimät syksyt”. ”Lumi ei tule syksyllä niin kuin se tuli ennen lokakuun 2. päivää”. ”Talvi tulee myöhemmin kuin aikaisemmin”. ”Pakkasjaksot lyhyempiä ja myähemmässä”. ”Tuntuu siltä, että syksyt ovat sateisia ja kunnan talvi tulee myöhemmin”. ”Lumi tulee pari- kolme viikkoa myöhemmin, lämpötilavaihtelut melkoisia!”. ”Pitkät, lauhahkot, sateiset syksyt. Maa jää usein sulaksi, kun lumisateet alkavat ja home leviää kasvustoon”. ”Syksyllä lumentulo myöhästynyt reilulla kuukaudella. 30 vuotta sitten lumi tuli maahan jo syyskuun ja lokakuun vaihteessa, nykyisin marraskuun loppupuolella”. ”Lämmintä ja sateista riittää liki joulukuuhun. Lyhyitä kireitä pakkasjaksoja toki ollut välissä.”. ”Joulukuiset nuoskakeli- ja vesi- tai räntäsateet alkavat olla jokavuotinen ilmiö”. ”Lumi tulee maahan myöhemmin ja kuivia pakkaskelejä on aina vain vähemmän”. ”Syksyt ovat lämpimämpiä nykyään”. ”Talvi tulee myöhemmin”. ”Syksyt ovat pitkiä ja lauhvoja. Lumet tulee myöhemmin. Lumi sataa sitten sulaan maahan (maapohja ei ole jäänyt kun ei ole ollut pakkasia) ja sitä tulee monesti paljon. Voi esiintyä hometta”. ”Vesisateet marraskuussa yleistyneet, jo muodostuneiden jääkansien sulaminen”. ”Pysyvän lumen tulo on myöhentynyt usealla viikolla, ja usein käy, että lumen tultua maahan seuraa lämmin jakso ja vesisateet”. ”Pysyvä lumi tulee aikaisemmin. Jängät ja vesistöt eivät jäädy enää kunnolla”. ”Epävakaista”. ”Lämpötilojen vaihtelu”. ”Lumisateet ja vesisateet vuorottelevat pitkällä ajanjaksoilla. Väliin sataa lunta ja sitten vettä.” ”Kunnan kierää ei ole ollut kahteen kymmeneen vuoteen. Samoin 90-luvun alkupuolelta lähtien ensimmäiset pysyvät lumet jäätyneet”. ”Lunta tulee entistä enemmän, mutta lauhat jaksot muuttaa sitä kovemmaksi”. ”Pakkaset myöhemmin kun ennen, maa ei jäädy ennen lumen tuloa, homevaara, ja jos sataa vettä jäätymisvaara, porot lähtevät vaeltamaan”. ”Kunnan pohja syntyy nykyään harvoin heikon routimisen takia. Jos jäkälä homehtuu tai soiden kasvillisuus jäätyy, porot lähtevät vaeltamaan etelään päin”. ”Soselunta laiturille jääkerros”.

#### Talven säässä koetut muutokset

**Tunturipaliskunnat:** ”Leudompia talvia”. ”Ei ole enää pitkiä pakkasjaksoja”. ”Talvet ovat leutoja, pakkaskaudet ajoittuvat nyt tammikuulle, kun ennen ne ovat olleet helmikuussa ja maaliskuussa. Yöpakkaset ovat helmi-maaliskuussa, vaikka aiemmin ne ovat olleet myöhemmin”. ”Sää vaihtelee kylmästä lämpimään nopeasti”. ”Riski porojen kaivoksen jäätymiseen on kasvanut hieman. Toisaalta vähälumisuus on helpottanut porojen kaivosta”. ”Maajään muodostuminen on ollut monesti lähellä, mutta ollaan vielä säästyty siltä. Tulevaisuudessa näyttäisi yleistyvän, kuten eteläisemmissä paliskunnissa”. ”Lumisateet ovat talviaikana, tammikuu-huhtikuu välisenä aikana runsaslumisia ja tuulisia”. ”Lumenmäärä vähentynyt. 1990-luvun alussa oli marraskuussa täysi talvi, nyt ei ole niin varmaa, että on edes lunta”. ”Lunta tulee kerralla ja monessa päivässä joskus paljonkin ja saattaa olla jopa räntäsateita”. ”Paljon tykkyä. Joulunakin voi sataa vettä”. ”Talviaika viimeisimpinä vuosina ollut suhteellisen hyvä aina maalikuulle asti, mutta siitä eteenpäin vaikeampaa. Viime talvena harvinaisen paljon lunta tuntureilla tasaisesti. Ei sopivia tuulia tai tuiskuja, jotka kiskoisivat lumen liikkeelle, tavallisesti länsi- tai pohjoistuuli. Ehkä viime talvena lumi oli sataessaan kosteampaa, jota tuuli ei saanut liikkeelle”. ”Viime talvena on ollut lunta ihan liikaakin. Jos ei sada lunta ja ole lauhaa, niin tuulee”. ”Lumimäärät ovat kasvaneet minun mielestä paljon. Muuten en ole huomannut”. ”Tunturialueella lunta on vähemmän sateista huolimatta, koska tuulia on enemmän ja ne vievät lumen tuntureista ja puista”.

**Metsäpaliskunnat:** ”Nykyisin talvisin on todella leutoja ja tuulisia sääjaksoja”. ”Talvet ovat lumisempia, mutta lauhempia keskimäärin nykyään”. ”Pakkasjaksot ovat lyhyempiä kuin aikaisemmin”. ”Talvet lämmenneet ja kovat, pitkät pakkasjaksot lähestulkoon loppuneet”. ”Keväthanget harvinaisia”. ”Talvet ovat leudompia kuin 20-30 vuotta sitten. Aiemmin pakkaset kesti jopa kaksikin kuukautta, -25-45 astetta”. ”Viimeisten 10 vuoden aikana lumipeite on alkanut

muodostua vasta joulukuussa (muutamaa poikkeusvuotta lukuunottamatta), koska on satanut vettä ja ollut kaljamakelit". "Maa jäätyy syystalvella useasti, mutta maajää sulaa varmemmin, koska maassa on luultavasti enemmän lämpöä, johtuu varmaan sateisista kesistä". "Lauhat ja sateiset". "Paksu lumipeite tulee tammi-helmikuun taitteessa ja saattaa tulla parissa vuorokaudessa kerralla. "Pakkasjaksot lyhempiä ja vesisateet runsastuneet..". "Talvet ovat lämpimämpiä kuin ennen". "Pitkiä pakkaskausia on harvemmin, mikä on hyvä asia". "Useita suvijaksoja talven aikana". "Talvet leudompia, ei hirveä pitkiä pakkasjaksoja". "Epävakaista. Pikku pakkasta....lauhtuu ja sataa lunta....pikku pakkasta...lauhtuu ja sataa räntää...jne." "Sääolosuhteet vaihtelevat nopeasti". "Sää muuttuu hyvinkin paljon saman vuorokauden aikana". "Nopeita sään vaihteluita vuorokaudessa". "Säevaihtelut suuria. Ei ole enää semmosta niin ko oli lapsena, että loka-marraskuussa alko pikku pakkaset, miinus 10 - miinus 15 ja sitten tuli joului-tammi- ja helmikuussa kovemmat pakkaset ja sitte säät lauhtu pikkuhiljaa ja lähettiin kohti kevättä". "Epävakaisuuden lisääntyminen on tyypillistä". "Sään nopea vaihtelu ääripäästä toiseen". "Tuuliset ilmat ovat lisääntyneet". "Talvet ovat lauhempia ja tuulisempia, eli lunta sataa ja tuiskuja on enemmän". "Ilmastomuutos ja keinolumen teko lisää tykyn muodostumista ja vahvistaa lumipeitettä!". "Kunnon pakkasjaksoja ei ole, lumi on kostea ja tuulen kinostamaa tiivistä kovaa lunta. Puihin kertyvä tykky putoaa jo keskitalvella lauhalla jaksolla maahan ja muodostaa kovan kerroksen josta poro ei kaiva". "Huono kaivu puut tykyssä ei saa luppoo". "Kaivuu estynyt, huono kaivu puut tykyssä ei saa luppoo". "Tykky lähtee puista useaan kertaan talvessa, joten lumen mukana tippuu myös luppoo maahan. Metsässä olevat porot saavat näin ollen jonkin verran helpommin ruokaa". "Tykky haittaa kulkemista, mutta kelkkakelit on paremmat ja jopa pitempään." "Lumimäärissä ei muutoksia- äitien päivänä [Pomo-]kairassa aina 1-1,5 metriä riippumatta alkutalven säistä"

#### **Kevään säässä koetut muutokset**

**Tunturipaliskunnat:** "Ennen oli talvi pitkälle toukokuulle, kelkkakelit jatkuivat tuntureillakin jopa kesäkuulle". "Aiemmin 20v sitten tunturissa oli äitienpäivänä täystalvi, päiviä ei ollut kuin etelärinteillä. Nykyään hyvä, jos pääse edes tunturiin kelkalla äitienpäivän aikaa kun niin vähän lunta. Samoin lehti tulee aiemmin koivuun. Monesti oli 1990 luvulla ettei juhannuksena ollut kuin hiirenkorvalla koivut, nyt on ol lut täyslehti koivussa jo kesäkuun alussa". "Lunta tulee huhti-toukokuun vaihteessa vielä monta kertaa ja märkää lunta ja on sitkas sulaamaan pois". "Kevään lämpöaalto saapuu rajumpana ja viikkoja aikaisemmin kuin ennen. Voisi sanoa, että nykyinen maaliskuu on kuin entinen huhtikuu". "Lumen laatu on erilaista kuin ennen". "Yöpakkaset ovat vähentyneet". "Jäät ohuemmat ja sulavat aikaisemmin. Suuri osa lumesta haihtuu ilmaan, ei tule niin kovia tulvia. Routa ei mene niin syvälle kuin aikaisemmin". "Vähän aikasemmin tullu kevät , mutta pakkasjaksot pitempiä yhtäkkiä sit sulaa". "Kevätaika viimeisimpinä vuosina maaliskokuu ollut harvinaisen kylmä pakkasta jopa enemmän, kuin talvikuukausina. Lumen sulaminen taas ollut tosi nopeaa, kun tullut lämmin jakso, viime keväänä 1 viikossa. Voi sanoa, että kun lumi sulii koivuun tuli lehdet, mikä kylläkin otti takapakkia kesäkuussa, kun tuiskutti lunta noin 20-30 cm, joka pysyi tuntureilla 2-4 päivää". "Jäät sulavat aiemmin, ja kelkkakelit ovat huonot aikaisen lämpenemisen vuoksi" "Vaihtelevasti ovat kevät menneet. Joskus tosi pitkiä keväitä joskus tosi aikaisin ja kesä tullut nopeaa".

**Metsäpaliskunnat:** "Nykyisin lämpenee aikaisemmin". "Lämpimiä säijaksoja kevättalvisin on tullut viimeisinä vuosina normaalia aikaisemmin". "Maaliskuussa ei ole enää kovia yöpakkasjaksoja". "Ns. Lumitalvet vähentyneet ja monesti vapun jälkeen jo hellekelejä". "Lumet sulavat aikaisemmin". "Lumet sulaa aikaisemmin". "Lumi sulaa nopeammin". "Lumi sulaa kaksi viikko aikaisemmin". "Lumeton aika pidentynyt". "Lämpimät kelit alkavat aikasemmin ja lämmin tulee kerralla ja tulvia enemmän". "Lumille ja jäälle tulee äkkilähtö. Sulavat aikaisemmin". "Lumet sulavat nopeammin". "Lumi lähtee keväällä lyhyemmässä ajassa kuin esim. -80 -90

luvuilla". "Lumet sulaa aikaisin". "60-luvulla lumet sulii vasta toukokuun ja kesäkuun vaihteessa ja jäät lähti järvistä vasta kesäkuun puolella. Nykyisin kevääntulo aikaistunut aina vain aikaisemmin. Lumet sulaneet jo toukokuun alkupäivinä. Pakkaskaudet ovat vain viikon tai kahden mittaisia, ja lämpötilat eivät laske niin alas kuin 20-30 vuotta taaksepäin". "Lumi sinnittelee joinakin keväinä pitkään, mutta useimmiten sulaa aikaisemmin kuin pari-kolmekymmentä vuotta sitten". "Aikaisia keväitä on ehkä enemmän, ei jokakevät, mutta useammin kuin 30 v sitten". "Kesä tulee aikaisemmin". "Lumimäärä on kutakuinkin sama, mutta aikaiset lämpöaallot yleistyneitä ja lumi sulaa nopeasti myös takatalven vaara on suurentunut". "Jokien jäät lähtevät noin kaksi viikkoa aiemmin kuin 70-80 lukujen vaihteessa. Sääsket tulivat juhannukselta ja nyt kesäkuun alkupäivinä. Tunturien etelärinteet on nykyisin toukokuun puolivälissä jo lumesta vapaat tämäkin viikosta kahteen aikaisemmin". "Paliskuntamme alueella on paljon vesistöjä joiden ympärille pälvet ovat alkaneet tulemaan aina aikaisemmin ja aikaisemmin". "1950-lopulla ja -70-luvulle saakka jäät lähtivät järvistä touko-kesäkuun vaihteessa, nyt pari viikkoa aikaisemmin. Oppikouluikäisenä ruukasin isävainajani kanssa käydä perinteisellä äitienpäivähiihtoretellä hangilla eikä suksi monesti tökännyt pälveen. Lunta saattoi olla yli metrin. Nyt joutuu jo väistelemään pälviä jopa vapun maissa!". "Samoin metsät/puusto on puhdistunut lumipeitteestä aikaisemmin ja niin sanottuja pahoja takatalvia ei ole tullut. Vaikka ns. kärrykelejä on piisannut". "Hankikelit vähentyneet". "Kestävät hanget vähentyneet". "Keväaikaan hankikanto lyhyempi". "Toukokuullakin on viime vuosina ollut mahtavia hankikelejä". "Keväät tuulisempia kun ennen ja lumi kovettuu, poro pääsee liikkeelle". "Kairassa on kelkkakeliä Vappuun saakka nykyään". En muista että 60-luvulla olisi ollut. "Ailahtelevaa keväistä "kesäntuloa" sitä riittää. Näitä räntäkelejä paljon". "Vuositista vaihtelua kevään etenemisessä on paljonkin, mutta pääasiassa olemme sen verran lumisilla alueilla, että lumien sulaminen voi mennä hyvinkin pitkälle kevääseen". "Vaihtelee suuresti eri vuosina".