

Pohjoisten luonnonsuojelualueiden ilmastotulevaisuudet

**Ilari Lehtonen, Pentti Pirinen, Heikki Tuomenvirta
ja Juha Aalto**



Ilari Lehtonen, tutkija, Ilmatieteen laitos, [ilari.lehtonen\(at\)fmi.fi](mailto:ilari.lehtonen(at)fmi.fi)

Pentti Pirinen, erikoissuunnittelija, Ilmatieteen laitos, [pentti.pirinen\(at\)fmi.fi](mailto:pentti.pirinen(at)fmi.fi)

Heikki Tuomenvirta, ryhmäpäällikkö, Ilmatieteen laitos, [heikki.tuomenvirta\(at\)fmi.fi](mailto:heikki.tuomenvirta(at)fmi.fi)

Juha Aalto, tutkimusprofessori, Ilmatieteen laitos, [juha.aalto\(at\)fmi.fi](mailto:juha.aalto(at)fmi.fi)

Kansikuva: Oulankajoen jääpeitteinen aika on pienentynyt kaksi kuukautta 50 vuoden aikana ilmastonmuutoksen seurauksena. Kuva: Metsähallitus.

© Metsähallitus, Helsinki, 2025

ISSN-L 1235-6549

ISSN (verkkojulkaisu) 1799-537X

ISBN 978-952-377-150-5 (pdf)

Pohjoisten luonnonsuojelualueiden ilmastotulevaisuudet



Interreg



Co-funded by
the European Union

Aurora



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE



METSÄHALLITUS
FORSTSTYRELSEN
MEAHCIRÁÐÐEHUS

Kuvailulehti

Julkaisija	Metsähallitus	Julkaisu-aika	28.7.2025
Luottamuksellisuus	Julkinen	Asiainumero	MH 5823/2025

Tekijä(t)	Ilari Lehtonen, Pentti Pirinen, Heikki Tuomenvirta ja Juha Aalto
-----------	--

Julkaisun nimi	Pohjoisten luonnonsuojelualueiden ilmastotulevaisuudet
----------------	--

Tiivistelmä

Ilmastonmuutos aiheuttaa moninaisia paineita pohjoisten kansallispuistojen luonnolle ja ylläpidolle. Tässä raportissa esitellään ilmastonmuutoksen vaikutuksia bioilmastollisiin indikaattoreihin keskittyen erityisesti Pallas–Yllästunturin ja Oulangan kansallispuistoihin. Tulokset perustuvat kattavaan havaintoaineistoon kuuden viime vuosikymmenen ajalta sekä ilmastomallien pohjalta luotuihin kahteen erilaiseen, mutta mahdolliseen, ilmastotulevaisuuteen. Näistä ensimmäinen (Tulevaisuus 1) edustaa kuivia ja vuosisadan loppua kohti hitaasti lämpeneviä olosuhteita, ja toinen (Tulevaisuus 2) edustaa kosteanlämpimiä ja leutoja, vuosisadan loppua kohden nopeasti lämpeneviä olosuhteita.

Tulokset osoittavat, että bioilmasto on muuttunut merkittävästi tutkituilla kansallispuistoilla. Esimerkiksi Pallas–Yllästunturin kansallispuistossa erityisen huomattavaa muutos on ollut termisissä kasvukausissa ja vuosittaisissa sekä sulan maan ajan sademäärissä. Oulangan kansallispuistossa havaitut muutokset ovat erityisen selviä mm. termisissä kasvukausissa sekä myöhäisen kevään pakkasten esiintymisessä.

Molemmissa ilmastotulevaisuuksissa selvimmät muutokset liittyvät lämpötilan nousuun. Muutos on nopeampi ja voimakkaampi kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) kuin hitaanpuoleisesti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1). Vuosisadan puolivälissä ilmastotulevaisuudet eivät kuitenkaan eroa toisistaan vielä niin paljoa kuin vuosisadan lopulla, joskin talvet lämpenevät jo vuosisadan puoliväliin mennessä selvästi enemmän kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa. Lumipeitteeseen liittyvät muuttujat osoittavat lumipeitteisen ajan lyhenevän ja lumipeitteen vuosienvälisen vaihtelun kasvavan.

Tämän raportin tarkoituksena on parantaa Metsähallituksen asiantuntijoiden mahdollisuuksia varautua ja sopeutua nopeasti etenevään ilmastonmuutokseen ja sen moninaisiin vaikutuksiin.

Avainsanat	kansallispuistot, ilmastomuutos
------------	---------------------------------

Sarjan nimi ja numero	Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 258		
ISSN-L	1235-6549	ISSN (verkkojulkaisu)	1799-537X
ISBN (pdf)	978-952-377-150-5		
Sivumäärä	61 s.	Kieli	Suomi
Kustantaja	Metsähallitus, Luontopalvelut		

Presentationsblad

Utgivare	Forststyrelsen	Utgivningsdatum	28.7.2025
Sekretessgrad	Offentlig	Diarienummer	MH 5823/2025

Författare	Ilari Lehtonen, Pentti Pirinen, Heikki Tuomenvirta och Juha Aalto
------------	---

Publikation	De norra naturskyddsområdenas klimatframtider
-------------	---

Sammandrag

Klimatförändringen orsakar ett mångsidigt tryck på naturen och underhållet i nationalparkerna i norr. I denna rapport presenteras klimatförändringens effekter på indikatorerna för bioklimatet med särskilt fokus på Pallas-Yllästunturi och Oulanka nationalparker. Resultaten grundar sig på omfattande observationsmaterial från de senaste sex decennierna samt på två olika, men potentiella, klimatframtider som skapats utifrån klimatmodellerna. Den första (Framtid 1) representerar torra förhållanden som långsamt blir varmare mot slutet av århundradet, och den andra (Framtid 2) representerar fuktiga och milda vintrar, som mot slutet av århundradet snabbt blir varmare.

Resultaten visar att bioklimatet har förändrats avsevärt i de undersökta nationalparkerna. Till exempel i Pallas-Yllästunturi nationalpark har förändringen varit särskilt betydande när det gäller termiska växtperioder, årliga nederbördsmängder och nederbördsmängder under den snöfria tiden av året. De förändringar som observerats i Oulanka nationalpark är särskilt tydliga bland annat med hänsyn till termiska växtperioder och förekomsten av köld under den sena våren.

I båda klimatframtiderna har de största förändringarna att göra med temperaturökningen. Förändringen är snabbare och kraftigare i den fuktiga och varma klimatframtiden (Framtid 2) än i klimatframtiden där klimatet värms långsammare (Framtid 1). I mitten av århundradet skiljer sig dock inte klimatframtiderna så mycket från varandra som i slutet av århundradet, även om vintrarna blir betydligt varmare redan i mitten av århundradet i den fuktiga klimatframtiden. Variablerna i anslutning till snötäcket visar att den snötäckta tiden blir kortare och att variationen i snötäcket mellan åren ökar.

Syftet med denna rapport är att förbättra möjligheterna för Forststyrelsens experter att förbereda sig för och anpassa sig till den snabbt framskridande klimatförändringen och dess mångsidiga konsekvenser.

Nyckelord	nationalparker, klimatförändringen
-----------	------------------------------------

Seriens namn och nummer	Forststyrelsens naturskyddspublikationer. Serie A 258
-------------------------	---

ISSN-L	1235-6549	ISSN (online)	1799-537X
ISBN (pdf)	978-952-377-150-5		
Sidantal	61 s.	Språk	Finska
Förlag	Forststyrelsen, Naturtjänster		

Documentation Page

Published by	Metsähallitus	Publication date	28.7.2025
Sekretessgrad	Offentlig	Diarienummer	MH 5823/2025

Author(s)	Ilari Lehtonen, Pentti Pirinen, Heikki Tuomenvirta and Juha Aalto
-----------	---

Title	Climate futures of northern nature reserves
-------	---

Abstract

Climate change causes diverse pressures on the nature and maintenance of northern national parks. This report presents the impacts of climate change on bioclimatic indicators, with a particular focus on Pallas-Yllästunturi and Oulanka national parks. The results are based on comprehensive observation data over the past six decades, as well as on two different but potential climate futures based on climate models. The first (Future 1) represents dry conditions, which slowly warm up towards the end of the century, and the second (Future 2) represents warm and humid conditions, with mild winters, and rapidly warming conditions towards the end of the century.

The results show that the bioclimate has changed significantly in the studied national parks. In Pallas-Yllästunturi National Park, for example, there has been a particularly significant change in thermal growing seasons, as well as annual rainfall and rainfall outside the soil frost season. The changes observed in the Oulanka National Park are particularly evident in, for example, thermal growing seasons and the occurrence of late spring frosts.

In both climate futures, the most pronounced changes are related to temperature rises. The change is faster and stronger in the warm and humid climate future (Future 2) than in the slow-warming climate future (Future 1). However, in the middle of the century, the climate futures do not yet differ as much as at the end of the century, although winters will warm up significantly more by mid-century in the warm and humid climate future. Variables related to snow cover indicate that snow season will become shorter and that annual snow cover variation will increase.

The purpose of this report is to improve the possibilities of Metsähallitus experts to prepare for and adapt to the rapidly progressing climate change and its diverse impacts.

Keywords	national parks, climate change
----------	--------------------------------

Series name and no.	Nature Protection Publications of Metsähallitus. Series A 258		
ISSN-L	1235-6549	ISSN (online)	1799-537X
ISBN (pdf)	978-952-377-150-5		
No. of pages	61 pp.	Language	Finnish
Publishing co.	Metsähallitus, Parks & Wildlife Finland		

Sisällys

Esipuhe	8
1 Johdanto	9
2 Aineisto ja menetelmät.....	10
2.1 Tarkasteltavat muuttujat.....	10
2.2 Havaittu ilmasto	11
2.3 Ilmastotulevaisuudet	11
3 Tulokset	15
3.1 Pallas–Yllästunturin kansallispuisto	15
3.2 Oulanka	24
3.3 Koko Suomen ilmastomittarit.....	40
4 Keskeiset epävarmuudet	52
5 Yhteenveto ilmastotulevaisuuksista	54
Lähteet	56
Liitteet	59
Liite 1 Bioilmastollisten indikaattoreiden muutokset yhteenvetotaulukkoina ..	59

Esipuhe

Raportin ilmastotiedot on tuotettu Ilmatieteen laitoksella osana ”Climate change communication and adaptation in Arctic protected areas” -hanketta (CLAP), jonka pääta-voitteena on lisätä Arktisen suojelualueiden hoidon kapasiteettia ilmastomuutokseen sopeutumiseen. Hankkeen rahoittajana on Euroopan aluekehitysrahaston Interreg Aurora -ohjelma. Tässä raportissa esitetään tiiviissä muodossa erityisesti Pallas–Yllästunturin kansallispuistoon ja Oulangan kansallispuis-

toon kohdennettua ilmastotietoa. Raportissa tarkastellut bioilmastolliset muuttujat valittiin yhdessä Metsähallituksen asiantuntijoiden kanssa tukemaan osaltaan suojelualueiden tulevan toiminnan suunnittelua.

Raportti perustuu Ilmatieteen laitoksen tutkijoiden ja koko tutkimusyhteisön tuottamiin havaintoaineistoihin sekä ilmastomalleilla tuotettuihin arvioihin tulevaisuuden ilmastosta.

Helsinki, 18 huhtikuuta 2025

Heikki Tuomenvirta

Ryhmäpäällikkö

Sään ja ilmastomuutoksen vaikutustutkimus

Ilmatieteen laitos

1 Johdanto

Pohjoinen ilmasto on lämmennyt voimakkaasti viimeisten vuosikymmenien aikana, jopa 3–4 kertaa maailmanlaajuista keskiarvoa nopeammin, johtuen niin sanotusta arktisesta voimistumisesta (Rantanen ym. 2022). Muutokset keskilämpötiloissa ovat painottuneet erityisesti talvikauteen, ja ilmastomallit ennustavat saman kehityksen jatkuvan myös tulevaisuudessa (Ruosteenoja & Jylhä 2021). Yleisestä lämpenemiskehityksestä huolimatta Pohjois-Euroopan ilmastolle tyypillinen suuri vuosien välinen vaihtelu tulee säilymään myös tulevaisuudessa, tarkoittaen, että esimerkiksi kylmiä jaksoja tulee esiintymään myös tulevaisuudessa.

Tässä raportissa esitellään ilmastomuutoksen vaikutuksia bioilmastollisiin indikaattoreihin keskittyen erityisesti Pallas–Yllästunturin ja Oulangan kansallispuistoihin. Bioilmastolliset indikaattorit ovat perussuureita, kuten lämpötilasta ja sademäärästä, johdettuja muuttujia, jotka ovat erityisen merkityksellisiä biologisille ja ekologisille prosesseille, kuten eliöiden lisääntymiselle, kasvu- le ja leviämiselle (Metzger ym. 2013). Ne perustuvat usein johonkin tiettyyn lämpötilan kynnysarvoon, kuten nollanohituspäiviä tarkastellessa, tai ne voivat olla usean perussuureen yhdistelmiä, kuten termisen kasvukauden yhteydessä (+5 °C:n kynnysarvo sekä lumeton maa). Ekologisen relevanssin lisäksi CLAP-hankkeessa bioilmastollisilla muuttujilla pyritään kuvaamaan kansallispuistojen huollon kannalta keskeisiä olosuhteita.

Ilmastomuutos aiheuttaa moninaisia paineita pohjoisten kansallispuistojen luonnolle ja ylläpidolle. Pohjoinen lajisto on jo reagoinut muuttuviin ilmasto-olosuhteisiin, ja tutkimukset ennustavatkin suuria muutoksia la-

jien levinneisyyksissä ja lajiyhteisöjen koostumuksissa tulevana vuosikymmeninä (Niskanen ym. 2019). Ilmastomuutos voi vaikuttaa oleellisesti kansallispuistojen infrastruktuurin kuntoon ja niiden huoltoon. Lisääntyvät talven vesisateet saattavat vaikeuttaa reittiverkoston ylläpitoa, lisääntyvä ilmankosteus voi vaikuttaa negatiivisesti rakennusten kuntoon, kun taas leudommat talvet vähentävät huoltoteinä toimivien jäätyneiden vesistöjen hyödyntämismahdollisuuksia. Toisaalta voimistuvat ja pidentyvät hellejaksot voivat aiheuttaa haasteita mm. kansallispuistoissa retkeilevien terveydelle.

Tässä raportissa kuvataan havaittuja ja tulevaisuuden ennustettuja muutoksia suuressa joukossa bioilmastollisia indikaattoreita, jotka on valittu tarkasteluun yhdessä Metsähallituksen ja Ilmatieteen laitoksen asiantuntijoiden kanssa. Menneet muutokset perustuvat kattavaan aineistoon havaitusta ilmastosta kuuden vuosikymmenen ajalta, kun taas tulevaisuuden olosuhteita tarkastellaan toisistaan poikkeavien mutta mahdollisten ilmastotulevaisuuksien pohjalta ulottuen aina tämän vuosisadan loppuun saakka. Raportissa tuloksia käsitellään kansallispuisto- ja muuttujakohtaisesti, minkä lisäksi muutamien muuttujien osalta tuloksia esitetään liitemateriaaleissa koko Suomen laajuudelta. Raportin lopussa käsitellään tiiviisti tehtyihin analyyseihin liittyvät keskeiset epävarmuustekijät.

Pohjoinen ilmasto ja luonto ovat suuressa muutoksessa. Tämän raportin tarkoituksena on parantaa Metsähallituksen asiantuntijoiden mahdollisuuksia varautua ja sopeutua nopeasti etenevään ilmastomuutokseen ja sen moninaisiin vaikutuksiin.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Tarkasteltavat muuttujat

Hanketta varten laskettiin yhteensä 22 ilmastomuuttujaa kuvaamaan kansallispuistojen hoitoon liittyvien olosuhteiden muutosta (taulukko 1).

Taulukko 1. Lasketut ilmastomuuttujat. Vuodenajat: talvi=joulu-helmikuu, kevät=maalis-toukokuu, kesä=kesä-elokuu, syksy=syys-marraskuu.

Muuttuja	Määritelmä	Yksikkö	Laskenta-alue
Syvän lumipeitteen kesto ja alku	Lumen syvyys pysyvästi ≥ 20 cm	päivien lkm, päivänu- mero	Pallas–Ylläs
Termisen talven alku	Vuorokauden keskilämpötila on pysyvästi < 0 °C	päivänumero	Pallas–Ylläs
Termisen kasvukauden alku	Vuorokauden keskilämpötila on pysyvästi $> +5$ °C ja maa on lumeton	päivänumero	Pallas–Ylläs
Termisen kasvukauden pituus	Päivien lkm, kun vuorokauden keskilämpötila ylittää pysyvästi $+5$ °C ja maa on lumeton	päivien lkm	Oulanka
Termisen kasvukauden lämpösumma	Kasvukauden aikana $+5$ °C ylittävien vuorokauden keskilämpötilojen summa	astevuorokausi (°C vrk)	Pallas–Ylläs
Kuivat päivät	Sellaisten sateettomien vuorokausien (vrk sademäärä $\leq 1,0$ mm) lukumäärä, joita on edeltänyt vähintään kymmenen peräkkäistä sateetonta päivää aikavälillä 1.4.–30.9.	päivien lkm	Pallas–Ylläs, Oulanka
Nollanohituspäivät	Vuorokauden alin lämpötila < 0 °C ja vuorokauden ylin lämpötila > 0 °C	päivien lkm	Pallas–Ylläs
Vuoden sademäärä	Vuoden aikana kertynyt sadesumma	mm	Pallas–Ylläs, Oulanka
Sulan maan ajan sademäärä	Touko-lokakuun sadesumma	mm	Pallas–Ylläs
Kyllästysvaje*	vesihöyryn kyllästyspaineen ja vesihöyryn osapaineen välinen erotus	hPa	Oulanka
Rankkasadepäivät	Päivät, jolloin vrk sadesumma ≥ 10 mm 1.6.–31.8.	päivien lkm	Oulanka
Vuodenaikojen sademäärä	Vuodenaikojen aikana kertynyt sadesumma	mm	Oulanka
Lumipeitepäivien lukumäärä ja alkupäivämäärä	Päivien lkm ja ensimmäinen päivä, kun lumen syvyys pysyvästi ≥ 10 cm	päivien lkm, päivänu- mero	Oulanka
Myöhäisen kevään pakkaspäivät	Vuorokauden minimilämpötila < 0 °C lumetoman maan aikana huhtikuun alun ja kesäkuun lopun välisenä aikana	päivien lkm	Oulanka
Vuoden keskilämpötila	Vuorokauden keskilämpötilojen keskiarvo vuoden yli laskettuna	°C	Oulanka
Vuodenaikojen keskilämpötila	Vuorokauden keskilämpötilojen keskiarvo vuodenaikojen yli laskettuna	°C	Oulanka
Tammikuun keskilämpötila	Vuorokauden keskilämpötilojen keskiarvo tammikuussa	°C	Koko Suomi
Heinäkuun keskilämpötila	Vuorokauden keskilämpötilojen keskiarvo heinäkuussa	°C	Koko Suomi
Hellesumma	Vuorokauden ylimpien lämpötilojen ($T_{\max} > 25$ °C) 5 vrk:n juoksevista keskiarvoista kertyvä lämpösumma aikavälillä 1.4.–1.10.	astevuorokausi (°C vrk)	Koko Suomi
Lumisateen määrä	Lumena sataneen sademäärän summa	mm	Koko Suomi
Vesisateen määrä	Vetenä sataneen sademäärän summa	mm	Koko Suomi
Vesitase	Sademäärän ja kokonaishaihdunnan erotus aikavälillä 1.4.–30.9.	mm	Koko Suomi

* kyllästysvesihöyryn paine on laskettu vuorokauden keskilämpötilasta kaavalla
 $ew = 6,112 e^{(17,62 t / (243,12 + t))}$
missä t on [°C] ja ew on [hPa]
Vesihöyryn osapaine ea = suhteellinen kosteus x kyllästysvesihöyryn paine.

2.2 Havaittu ilmasto

Havaintoaineistosta lasketut muuttujat perustuvat Ilmatieteen laitoksen 1 km × 1 km hilaruudukkoon interpoloituun aineistoon (Aalto ym. 2016) sekä sen pohjalta laskettuihin bioilmastollisiin muuttujiin (Aalto ym. 2023). Edellä mainitut muuttujat on laskettu koko Suomen alueelle.

Tätä hanketta varten hila-aineisto on leikattu Pallas–Yllästunturin ja Oulangan kansallispuistojen alueille R-ohjelmiston Terra-kirjastoa hyödyntäen ja sen avulla on laskettu hilaruutujen keskiarvot kahdelle 30 vuoden jaksolle (1961–1990 ja 1991–2020). Näistä hilaruutuarvoista on laskettu jaksojen 1991–2020 ja 1961–1990 erotus. Vuosittaiset Pallas–Yllästunturin ja Oulangan aluekeskiarvot on myös laskettu samalla Terra-kirjastolla.

Tässä raportissa kunkin muuttujan vuotuiset aluekeskiarvot on esitetty aikasarjagraafeina, jotka kuvaavat muuttujien vuosien välistä vaihtelua tarkastelujaksolla 1961–2020. Aikasarjagraafeihin on lisätty normaalikausien 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvot (harmaat vaakaviivat) sekä vuosittaisiin arvoihin perustuva lineaarinen trendi (punainen katkoviiva), kun regressioanalyysissä trendin tilastollista merkitsevyyttä kuvaava P-arvo on saanut arvoksi vähintään 0,1 ($P \leq 0,1$). Tässä tapauksessa myös trendin voimakkuus, muutos muuttujan keskiarvossa per vuosikymmen, on esitetty numeroarvona.

Aikasarjagraafien lisäksi kustakin muuttujasta on esitetty muutost kartat vertailukausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä, jotta havaittujen muutosten alueellinen kuva jäsentyisi paremmin. Esimerkiksi kuva 4 (vasen alakuva) näyttää kuinka paljon syvän lumipeitteen alkamispäivämäärä on muuttunut kahden normaalikauden välillä (erotus jaksojen 1991–2020 ja 1961–1990 hilaruutukohtaisten keskiarvojen välillä). Kyseisestä kuvasta nähdään, että muutos on ollut suurimmillaan > 5 vuorokautta, eli syvän lumipeitteen alkamisajankohta on keskimäärin viivästynyt.

2.3 Ilmastotulevaisuudet

Tulevaisuuden ilmasto-olojen kuvaamista varten muodostettiin kaksi vaihtoehtoista ilmastotulevaisuutta, jotka perustuvat EURO-CORDEX-ilmastomallijoihin (Kotlarski ym. 2014, Jacob ym. 2020). Euroopan kattavista EURO-CORDEX-ilmastosimulaatioista tuotettiin ensin mallien harhasta korjattuja aineistoja koko Suomen kattavaan 10 km × 10 km hilaan (yksityiskohdat on selostettu tarkemmin julkaisuissa Honkaniemi ym. 2024, Lehtonen ym. 2024 ja Repo ym. 2024). Näistä vuodet 1971–2100 kattavista harhakorjatuista malliaineistoista valittiin sitten kaksi toisistaan poikkeavaa mallijoa kuvaamaan kahta erilaista mahdollista tulevaisuuden ilmaston kehityspolkua. Nämä vaihtoehtoiset ilmastotulevaisuudet valittiin siten, että lämpötilan ja sademäärän ennustettu kehitys poikkeaa niissä selvästi toisistaan, mutta kuitenkin siten, että valitut ilmastotulevaisuudet eivät edusta laajemman mallijoukon äärimmäisiä ja epätodennäköisiä pidettäviä tulevaisuudenkuvia. Ensimmäiseksi ilmastotulevaisuudeksi (Ilmastotulevaisuus 1) valittiin alueellisella RACMO22E-mallilla (van Meijgaard ym. 2012) tarkennettu EC-Earth-globaalimallin (Hazeleger ym. 2010, 2012) RCP4.5-kehityspolun (Thomson ym. 2011) mukainen mallijoa ja toiseksi ilmastotulevaisuudeksi (Ilmastotulevaisuus 2) alueellisella CCLM4-8-17-mallilla (Keuler ym. 2016) tarkennettu MPI-ESM-LR-globaalimallin (Stevens ym. 2012) RCP8.5-kehityspolun (Riahi ym. 2011) mukainen mallijoa.

RCP-kehityspolut (Representative Concentration Pathways) (van Vuuren ym. 2011) muistuttavat läheisesti uudempia SSP-kehityspolkuja (Shared Socioeconomic Pathways) (Riahi ym. 2017), joita hyödynnettiin ilmaston tulevan kehityksen arvioimiseksi hallitusten välisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC) uusimmassa, vuosina 2021–2022 julkaistussa arviointiraportissa (IPCC 2021). Kolme yleisimmin käytettyä SSP-kehityspolkua ovat SSP1-2.6, SSP2-4.5 ja SSP5-8.5. Näistä SSP1-

2.6 edustaa alhaisten kasvihuonekaasupäästöjen skenaariota, jonka toteutuminen vaatisi hyvin tehokkaita ja nopeita maailmanlaajuisia kasvihuonekaasupäästöjen rajoitustoimia sekä hiilidioksidin sitomista ilmakehästä. Kehityspolku SSP2-4.5 edustaa keskinkertaisen kasvihuonekaasupäästöjen skenaariota, ja myös tämän skenaarion toteutuminen edellyttää merkittäviä kansainvälisiä onnistumisia ilmastopolitiikassa. Sitä vastoin kehityspolku SSP5-8.5 edustaa vahvasti fossiilisten energialähteiden käyttöön nojaavaa tulevaisuudennäkymää, jossa pyrkimykset kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseen epäonnistuvat täysin. IPCC (2021) ei ota kantaa eri kehityspolkujen todennäköisyyteen, mutta ottaen huomioon eri valtioiden tähän mennessä antamat sitoumukset ilmastomuutoksen hillintätoimiin, voidaan kasvihuonekaasupäästöjen hallitsemattoman kasvun jatkumista pitää epätodennäköisenä (Hausfather & Peters 2020). Toisaalta myös SSP1-2.6-kehityspolun edellyttämät hyvin nopeat onnistumiset ilmastomuutoksen hillintätoimissa vaikuttavat erittäin epätodennäköisiltä. Siten todennäköisimpänä tulevaisuudenkuvana voidaan pitää jossain määrin SSP2-4.5-kehityspolkua seurailevaa kehitystä.

Kuvassa 1 on esitetty yleisimpien SSP-kehityspolkujen mukainen keskilämpötilan ennustettu kehitys Suomessa sekä keskilämpötilan kehitys valituissa ilmastotulevaisuuksissa. Eri skenaarioiden mukaiset lämpötilat eivät ennen vuosisadan puoliväliä poikkea suuresti toisistaan. Ilmastotulevaisuudessa 1 keskilämpötila nousee kuitenkin aluksi hie- man nopeammin kuin ilmastotulevaisuudessa 2. Vuoden 2040 jälkeen lämpeneminen hidastuu ilmastotulevaisuudessa 1 ja keskilämpötila jää SSP2-4.5-kehityspolun malliajojen keskiarvon alapuolelle. Ilmastotulevaisuudessa 2 keskilämpötila seuraa melko tarkasti SSP2-4.5-kehityspolun malliajojen keskiarvoa 2050-luvulle mutta vuosisadan lopulla lämpeneminen on nopeampaa ja keskilämpötila päättyy lähelle SSP2-4.5- ja SSP5-8.5-kehityspolkujen puoliväliä. Molemmissa ilmastotu-

levaisuuksissa keskilämpötila pysyy kuitenkin koko vuosisadan SSP2-4.5-kehityspolun epävarmuushaarukan sisällä.

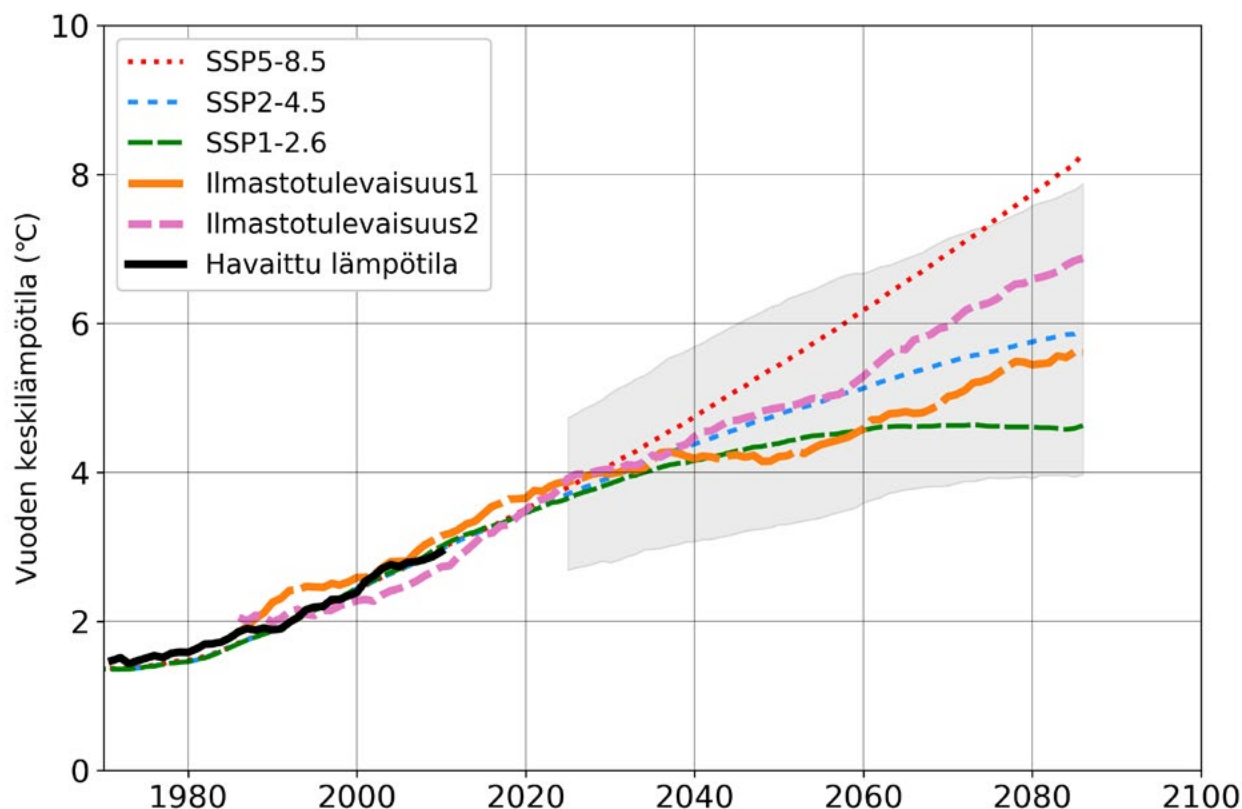
Sademäärän ennustettu kehitys (kuva 2) on eri SSP-kehityspoluilla lähempänä toisiaan kuin lämpötilan ennustettu kehitys. Vastavasti ilmastotulevaisuuksien erojen korostamiseksi toisessa valituista ilmastotulevaisuuksista (Ilmastotulevaisuus 1) sademäärän kasvu seurailee malliennusteiden epävarmuushaarukan alalaitaa ja toisessa (Ilmastotulevaisuus 2) ylälaitaa (kuva 2). Ilmastotulevaisuudessa 1 sademäärä pysyy käytännössä ennallaan, kun taas ilmastotulevaisuudessa 2 sademäärä kasvaa jopa enemmän kuin SSP5-8.5-kehityspolun malliajoissa keskimäärin.

Kuvissa 1 ja 2 esitettyjen lämpötilan ja sademäärän vuosikeskiarvojen lisäksi ilmaston kehityksessä on valittujen ilmastotulevaisuuksien välillä eroja myös eri vuodenaikoina. Vuosisadan loppua kohti voimakkaammin lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa 2 lämpeneminen on erityisesti talvella voimakkaampaa kuin ilmastotulevaisuudessa 1, kun taas kesälämpötilat eivät ilmastotulevaisuuksissa eroa paljoa toisistaan.

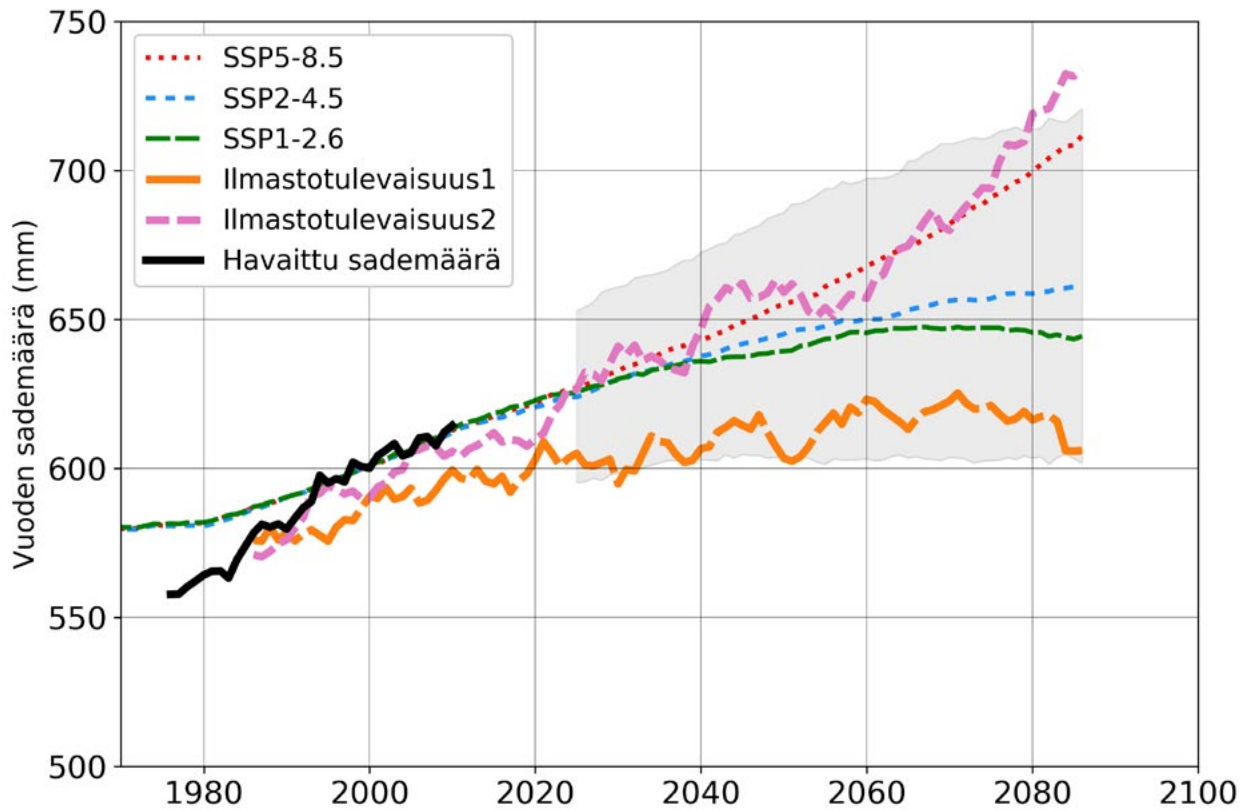
Ilmastotulevaisuus 1: kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus.

Ilmastotulevaisuus 2: Kosteanlämmen ja leutotalvinen, vuosisadan loppua kohti nopeasti lämpenevä tulevaisuus.

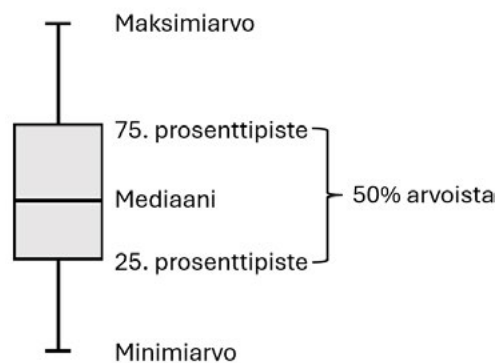
Bioilmastollisten indikaattoreiden tulevaisuuden ennustetut arvot esitetään niin sanottuina laatikkojanakaavioina (boxplot, kuva 3), jotka vetävät yhteen vuotuiset arvot 30 vuoden aikajaksoissa: 1991–2020, 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanakaavioiden keskellä oleva viiva osoittaa jakauman mediaanin eli keskimmäisen arvon, laatikon alaraja 25. prosenttipisteen ja yläraja 75. prosenttipisteen arvon. Näiden lisäksi janat ulottuvat jakauman minimiarvosta maksimiarvoon. Laatikon kumpaankin puoliskoon osuu siis neljäsosa vuosittaisista arvoista, samoin kuin molempien janojen osoittamille väleille. Kaavioiden pohjana ovat numeeriset tulokset on koostettu liitemateriaaleihin.



Kuva 1. Suomen vuosikeskilämpötilan kehitys vuosina 1971–2100. Paksu musta käyrä kuvaa keskilämpötilan havaittua kehitystä. Vihreä (SSP1-2.6-kehityspolku), sininen (SSP2-4.5-kehityspolku) ja punainen käyrä (SSP5-8.5-kehityspolku) kuvaavat keskilämpötilan ennustettua kehitystä 28 maailmanlaajuisen ilmastomuutosmallin tulosten keskiarvoina (Ruosteenoja & Jylhä 2021). Harmaa varjostus kuvaa epävarmuusväliä, jonka sisälle keskilämpötila osuu 90 %:n todennäköisyydellä keskimmäisen SSP2-4.5-kehityspolun toteutuessa. Oranssi (ilmastotulevaisuus 1) ja pinkki käyrä (ilmastotulevaisuus 2) kuvaavat keskilämpötilan kehitystä valituissa ilmastotulevaisuuksissa. Kaikki käyrät esittävät keskilämpötilan koko Suomen yli lasketun aluekeskiarvon 30 vuoden liukuvia keskiarvoja.



Kuva 2. Suomen vuotuisen sademäärän kehitys vuosina 1971–2100. Paksu musta käyrä kuvaa sademäärän havaittua kehitystä. Vihreä (SSP1-2.6-kehityspolku), sininen (SSP2-4.5-kehityspolku) ja punainen käyrä (SSP5-8.5-kehityspolku) kuvaavat sademäärän ennustettua kehitystä 28 maailmanlaajuisen ilmastomuutosmallin tulosten keskiarvoina (Ruosteenoja & Jylhä 2021). Harmaa varjostus kuvaa epävarmuusväliä, jonka sisälle sademäärä osuu 90 %:n todennäköisyydellä keskimmäisen SSP2-4.5-kehityspolun toteutuessa. Oranssi (ilmastotulevaisuus 1) ja pinkki käyrä (ilmastotulevaisuus 2) kuvaavat sademäärän kehitystä valituissa ilmastotulevaisuuksissa. Kaikki käyrät esittävät sademäärän koko Suomen yli lasketun aluekeskiarvon 30 vuoden liukuvia keskiarvoja.



Kuva 3. Laatikkojanakaavio vetää yhteen vuotuisten arvojen jakauman.

3 Tulokset

Tässä luvussa käydään läpi tulokset kansallispuisto- ja muuttujakohtaisesti. Kunkin bioilmastollisen muuttujan havaittu muutos esitetään aikasarjagraafein sekä muutostartoin ja ennustettu muutos laatikkojanakaavioiden avulla. Lisäksi keskeiset johtopäätökset vedetään sanallisesti yhteen.

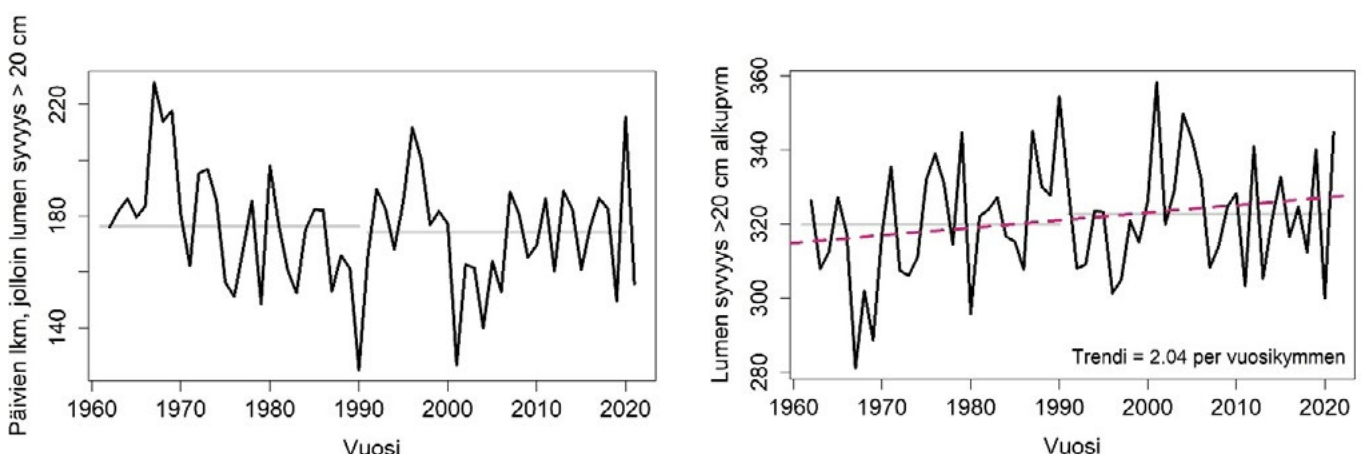
3.1 Pallas–Yllästunturin kansallispuisto

Syvän lumipeitteen kesto sekä alkupäivämäärä

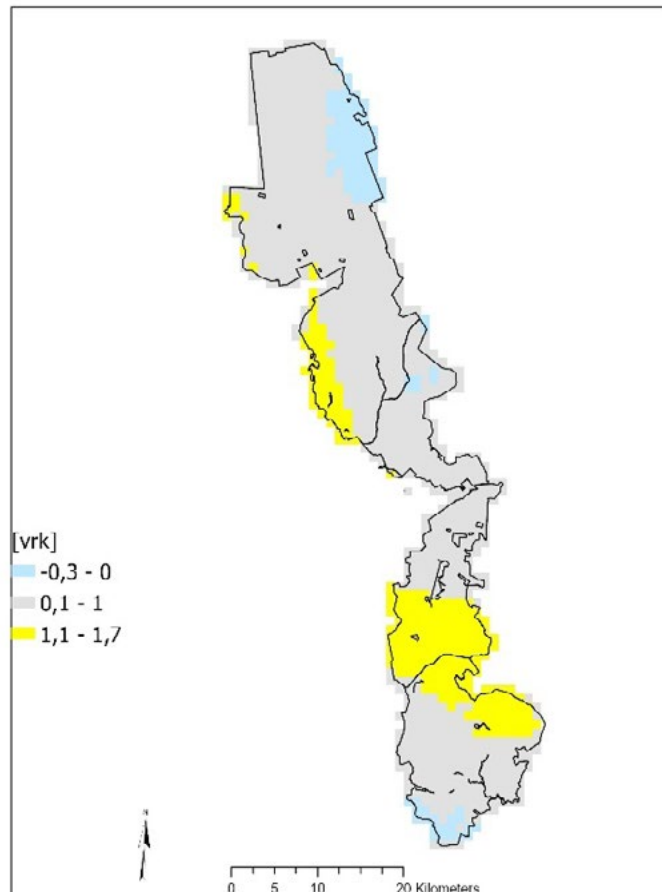
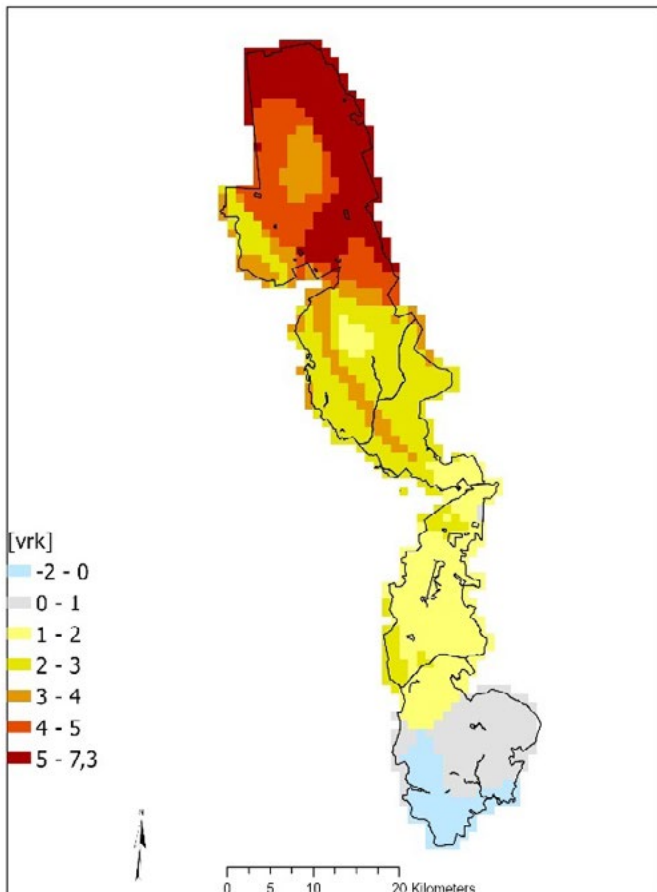
Kuvassa 4 ovat aikasarjagraafit, kuvassa 5 muutostartat ja kuvassa 6 laatikkojanakaaviot.

Jaksolla 1991–2020 20 cm:n lumensyvyys saavutetaan hieman myöhemmin syksyllä (päivämääräluku 323, 19.11.) kuin jaksolla 1961–1990 (päivämääräluku 320, 16.11.). Trendi syvän lumipeitteen alkupäivämäärässä on tilastollisesti merkitsevä (myöhästynyt noin 2 päivää per vuosikymmen). Sulamisen ajan-

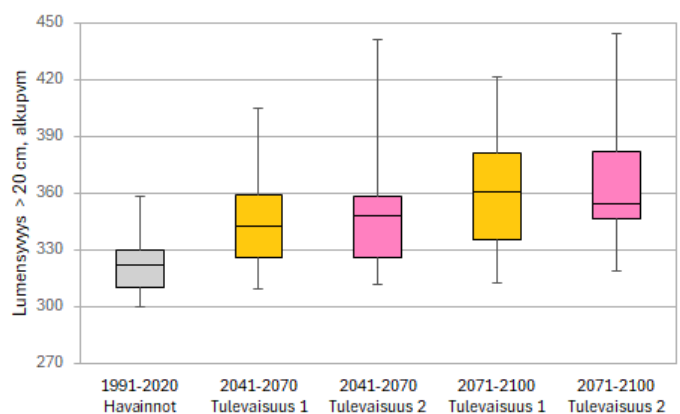
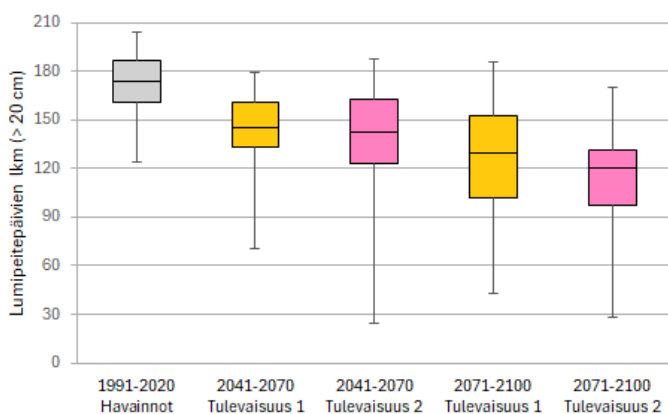
kohta ei ole juurikaan muuttunut. Tulevaisuudessa syvän lumipeitteen päivien lukumäärä tulee vähenemään nykyisestä ja vuosien välinen vaihtelu syvän lumipeitteen kestoajassa kasvaa. Kun jaksolla 1991–2020 syvän lumipeitteen kesto aika oli keskimäärin lähes kuusi kuukautta (vaihtelu 4–7 kuukautta), pienenee syvän lumipeitteen keskimääräinen kesto aika vuosisadan puolivälissä molemmissa ilmastotulevaisuuksissa vajaaseen viiteen kuukauteen ja vuosisadan loppuun mennessä noin neljään kuukauteen. Muutos on hieman suurempi kosteanlämpimässä ja leutotalvisessa ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2). Erityisesti tässä ilmastotulevaisuudessa yleistyvät myös talvet, jolloin syvän lumipeitteen kesto aika on vain kuukauden tai pari. Myös syvän lumipeitteen tuloajankohta siirtyy myöhäisemmäksi, ja myös tässä muuttujassa vuosien välinen vaihtelu kasvaa (erityisesti ilmastotulevaisuudessa 2) siten, että joinain vuosina lumensyvyys saavuttaa pysyvästi 20 cm:n rajan vasta selvästi vuodenvaihteen jälkeen, myöhäisimmillään helmikuussa.



Kuva 4. Syvän lumipeitteen kesto aika vuorokausina (vasemmalla) ja alkupäivämäärä (päiviä vuoden alusta; oikealla) Pallas–Yllästunturin kansallispuistossa jaksolla 1961–2020. Musta viiva kuvaa aluekeskiarvojen vuotuista vaihtelua, harmaat viivat jaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvoja ja punertava katkoviiva tilastollisesti merkitsevää lineaarista trendiä.



Kuva 5. Syvän lumipeitteen keskimääräisen alkamispäivän (vasemmalla) ja päättymisajankohdan (oikealla) muutos Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa normaalikausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.

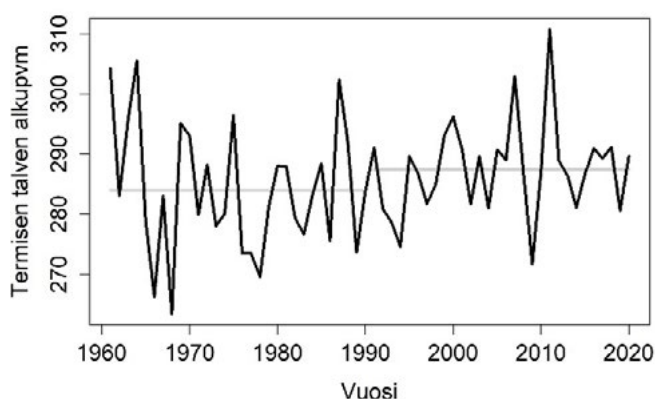


Kuva 6. Syvän lumipeitteen kesto aika vuorokausina (vasemmalla) ja alkupäivämäärä vuorokausina vuoden alusta (oikealla) Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaat laatikot) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kosteanlammien ja leuto talvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanakaavio periaate on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

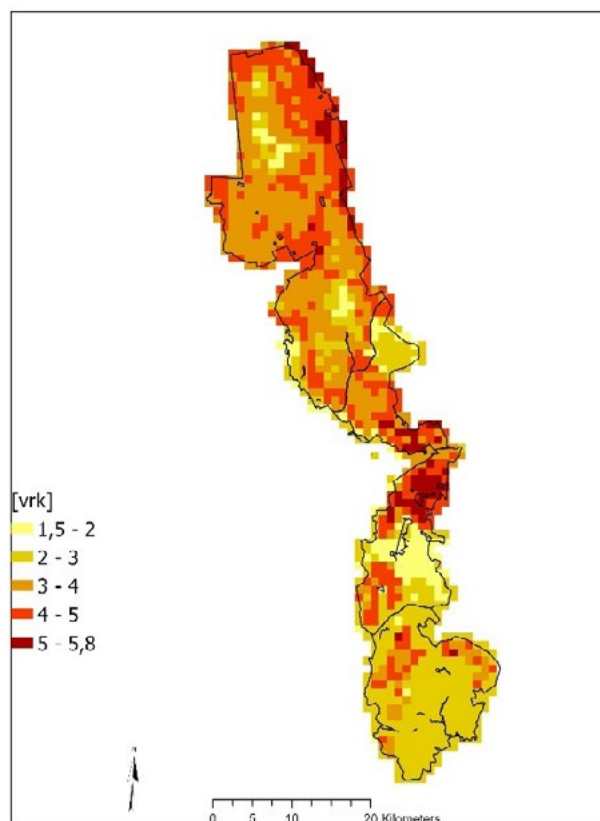
Termisen talven alku

Kuvassa 7 on aikasarjagraafi, kuvassa 8 muutoskartta ja kuvassa 9 laatikkojanakaavio.

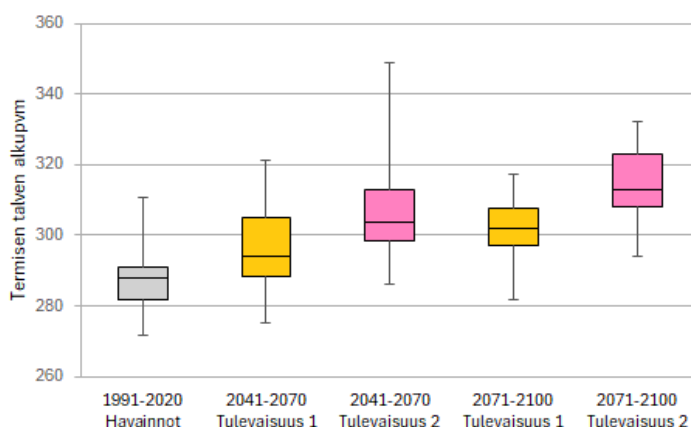
Termisen talven alku on siirtynyt jaksolla 1991–2020 (keskiarvo 15.10.) 1,5–5,8 päivää kohti vuoden loppua verrattuna jaksoon 1961–1990 (keskiarvo 11.10.). Trendi vuotuisissa aluekeskiarvioissa ei ole tilastollisesti merkitsevä osittain suuren vuosien välisen vaihtelun takia. Tulevaisuudessa termisen talven alkupäivämäärä tulee siirtymään vuosisadan puoliväliin mennessä viikosta kahteen ja vuosisadan loppuun mennessä kahdesta kolmeen viikkoa eteenpäin siten, että muutos on suurempi kosteanlämpimässä ja leutotalvisessa ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2).



Kuva 7. Termisen talven alkupäivämäärä (päiviä vuoden alusta) Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa jaksolla 1961–2020. Musta viiva kuvaa aluekeskiarvojen vuotuista vaihtelua, harmaat viivat jaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvoja.



Kuva 8. Termisen talven keskimääräisen alkupäivämäärän muutos Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa normaalikausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.



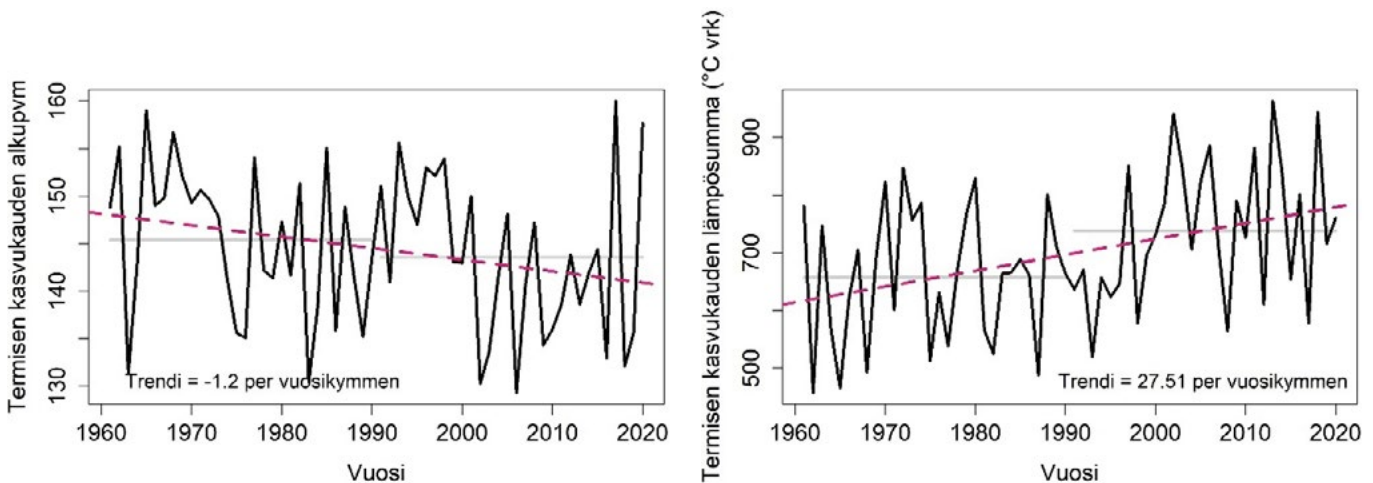
Kuva 9. Termisen talven alkupäivämäärä (päiviä vuoden alusta) Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaa laatikko) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kosteanlämpimä ja leutotalvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanakaavion periaate on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

Termisen kasvukauden alkaminen ja lämpösumma

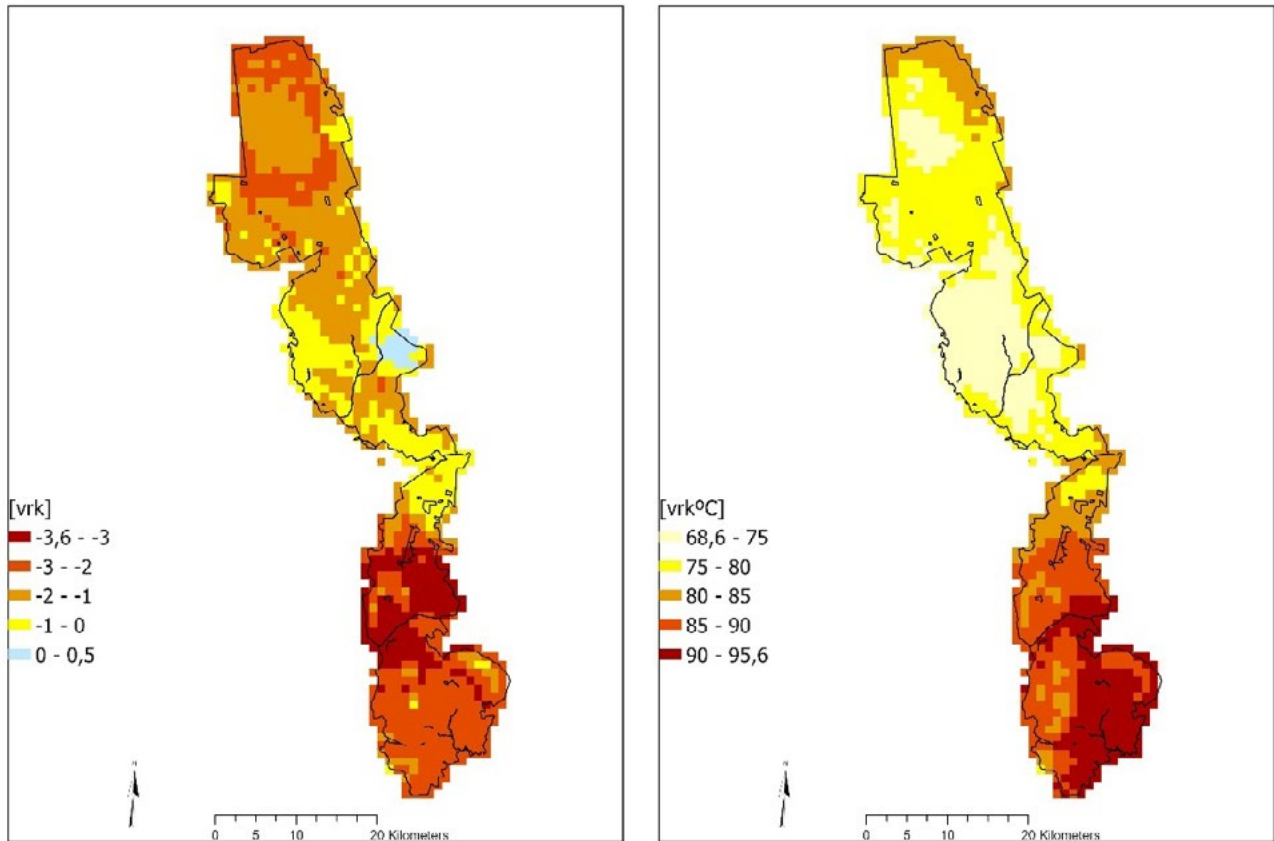
Kuvassa 10 ovat aikasarjagraafit, kuvassa 11 muutoskartat ja kuvassa 12 laatikkojanakaaviot.

Terminen kasvukausi on keskimäärin alkanut hieman aikaisemmin jaksolla 1991–2020 (päivämääräluku 145, 25.5.) kuin jaksolla 1961–1990 (päivämääräluku 144, 24.5.). Keskimääräinen tehoisan lämpötilan summa on myös selvästi suurempi jaksolla 1991–2020 (738 °C vrk) kuin jaksolla 1961–1990 (657 °C vrk). Molempien muuttujien vuotuisten aluekeskiarvojen trendi on tilastollisesti merkitsevä, termisen kasvukauden alun aikaistuu keskimäärin 1,2 päivää vuosikymmenessä ja tehoisan lämpösumman kasvaessa keskimäärin 28 °C vrk vuosikymmenessä. Tulevaisuudessa kasvukauden alku aikaistuu ja tehoisa lämpösumma kasvaa selvästi. Vuosisadan puoliväliin mennessä kasvukauden alku aikaistuu kuivassa ja hitaasti lämpenevässä ilmasto-

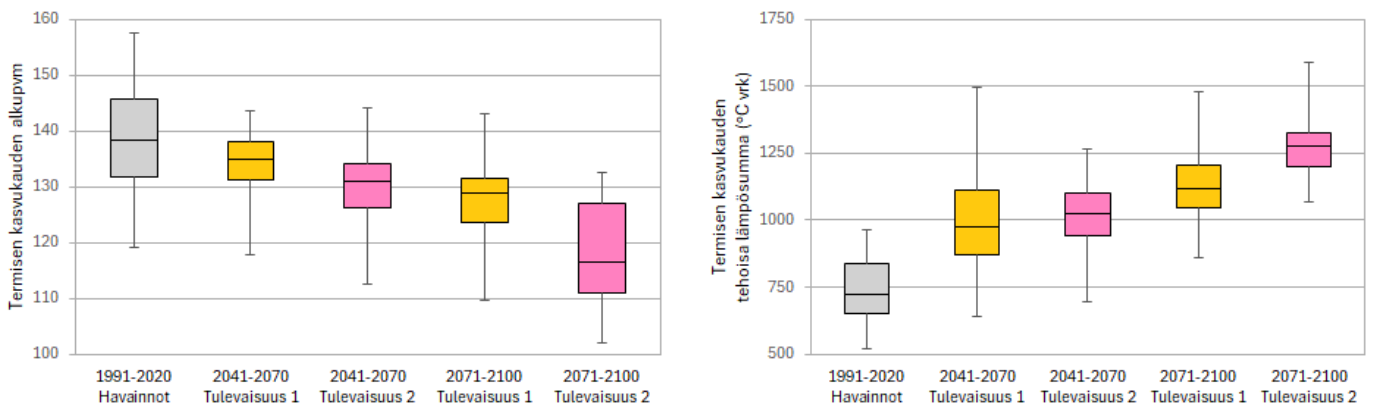
tulevaisuudessa (Tulevaisuus 1) keskimäärin noin viikolla ja kosteanlämpimässä leutotalvisessa ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) noin kahdella viikolla. Molemmissa ilmastotulevaisuuksissa terminen kasvukausi alkaa vuosisadan puolivälissä myöhäisimpinäkin keväänä jo yhtä aikaisin kuin nykyään keskimääräisinä keväänä, eli noin viikkoa ennen toukokuun loppua. Vuosisadan lopulla kosteanlämpimässä ja leutotalvisessa ilmastotulevaisuudessa kasvukausi alkaa useammin kuin joka toisena vuotena jo huhtikuun puolella ja viileämmässä ilmastotulevaisuudessa yleensä toukokuun alkupuolella. Kasvukauden tehoisa lämpösumma kasvaa siten, että kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa kasvukaudet ovat vuosisadan lopulla lähes yhtä lämpimiä kuin ne olivat eteläisimmässä Suomessa 1900-luvun lopulla. Tällöin koleimmatkin kasvukaudet ovat Pallas–Yllästunturin alueella lämpimämpiä kuin lämpimimmät kasvukaudet olivat jaksolla 1991–2020.



Kuva 10. Termisen kasvukauden alkupäivämäärä (päiviä vuoden alusta; vasemmalla) ja lämpösumma (oikealla) Pallas–Yllästunturin kansallispuistossa jaksolla 1961–2020. Musta viiva kuvaa aluekeskiarvojen vuotuista vaihtelua, harmaat viivat jaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvoja ja punertava katkoviiva tilastollisesti merkitsevää lineaarista trendiä.



Kuva 11. Termisen kasvukauden keskimääräisen alkamispäivän (vasen) ja lämpösunnan (oikea) muutos Pallas–Yllästunturin kansallispuistossa normaalikausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.

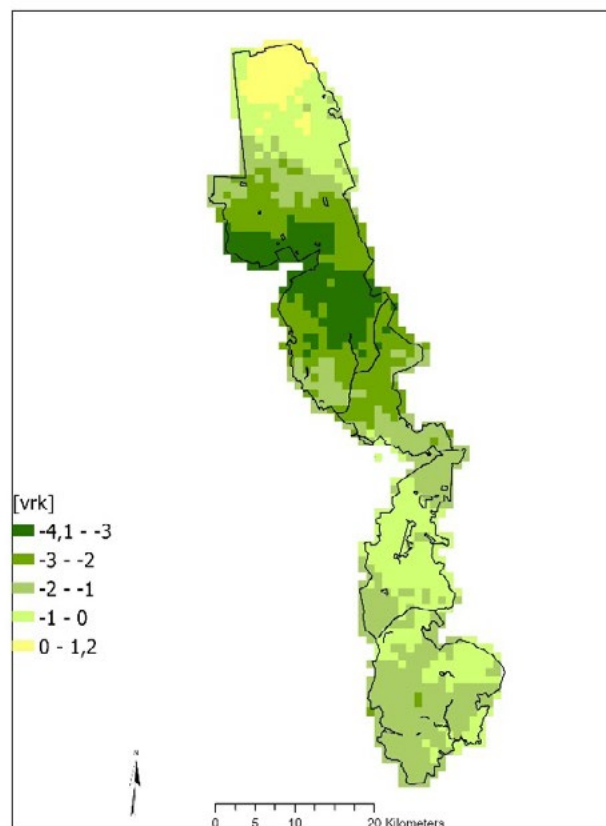


Kuva 12. Termisen kasvukauden alkupäivämäärä vuorokausina vuoden alusta (vasemmalla) ja termisen kasvukauden tehoisa lämpösunta astepäivinä (oikealla) Pallas–Yllästunturin kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaat laatikot) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kosteanlämmen ja leutoalvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanakaavion periaate on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

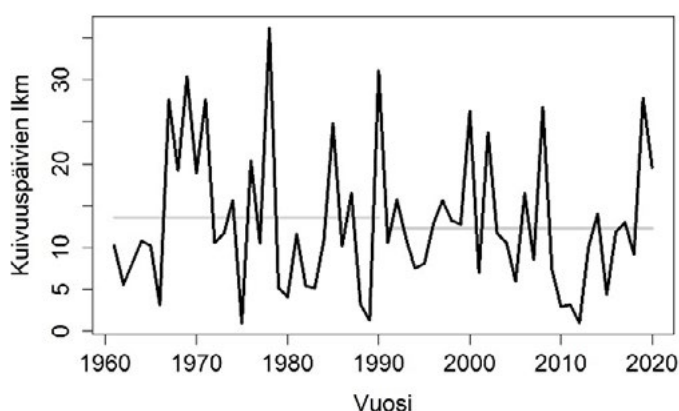
Pitkien kuivuusjaksojen esiintyminen

Kuvassa 13 on aikasarjagraafi, kuvassa 14 muutokartta ja kuvassa 15 laatikkojanaakaavio.

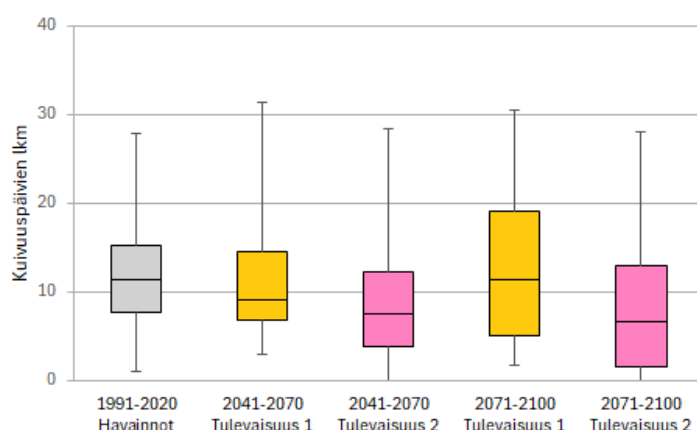
Kuivien päivien lukumäärä on pienentynyt hieman jaksolla 1991–2020 verrattuna jakssoon 1961–1990, mutta muutoksessa on melko paljon alueellista vaihtelua (-4,1–1,2). Aikasarjagraafi osoittaa suuren vuosien välisen vaihtelun, mutta ei selvää ajallista muutosta (noin 14 päivää jaksolla 1961–1990 ja noin 12 päivää jaksolla 1991–2020). Tulevaisuudessa kuivuspäivien vuosittainen lukumäärä vaihtelee edelleen noin nollan ja reilun 30 päivän välillä. Kosteaneläpimässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) vuosittaisten kuivuspäivien lukumäärän mediaaniarvo laskee kuitenkin selvästi alle kymmenen päivän, kun kuivassa ja hitaasti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1) kuivuspäivien lukumäärä säilyy keskimäärin ennallaan.



Kuva 14. Kuivuspäivien keskimääräisen lukumäärän muutos Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa normaalikausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.



Kuva 13. Kuivuspäivien lukumäärä Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa jaksolla 1961–2020. Musta viiva kuvaa aluekeskiarvojen vuotuista vaihtelua ja harmaat viivat jaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvoja.



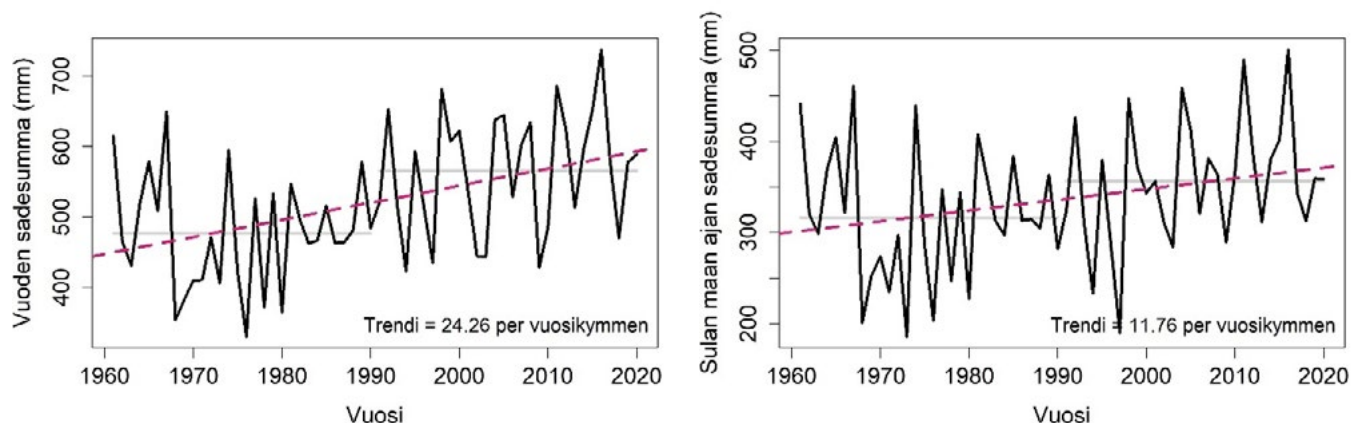
Kuva 15. Kuivuspäivien lukumäärä Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaa laatikko) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaana lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kosteaneläpimä ja leuto talvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanaakaavio on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

Vuotuinen sademäärä sekä sulan maan ajan (touko-lokakuu) sademäärä

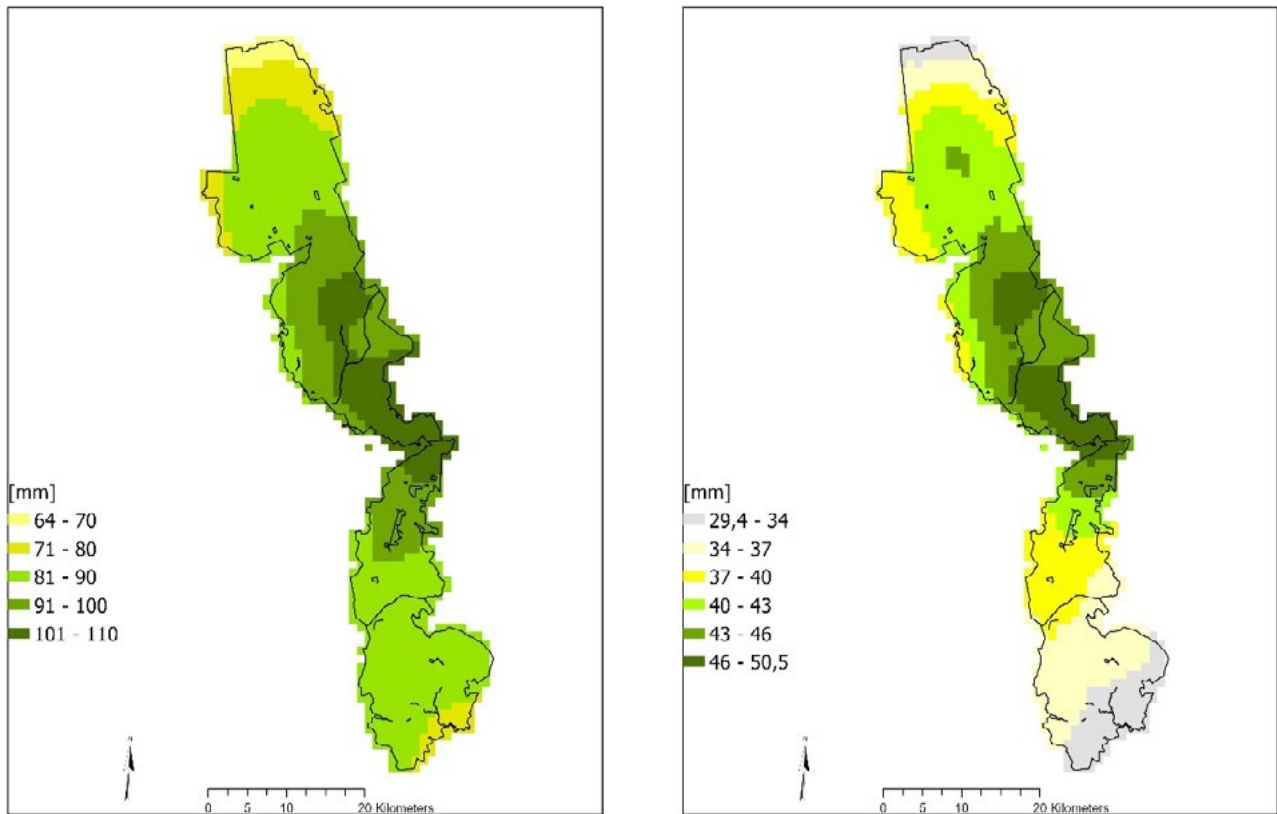
Kuvassa 16 aikasarjagraafit, kuvassa 17 muutokartat ja kuvassa 18 laatikkojanakaaviot.

Jaksolla 1991–2020 niin keskimääräinen vuosisade (566 mm) kuin sulan maan aikainenkin sade (356 mm) on kasvanut verrattuna jaksoon 1961–1990 (vastaavat keskiarvot 477 mm ja 316 mm). Molempien muuttujien trendi on tilastollisesti merkitsevä. Kummassakin ilmastotulevaisuudessa sademäärä pysyy vuosisadan puolivälissä suunnilleen samalla tasolla kuin jaksolla 1991–2020, mutta vuosisadan lopulla keskimääräinen sademää-

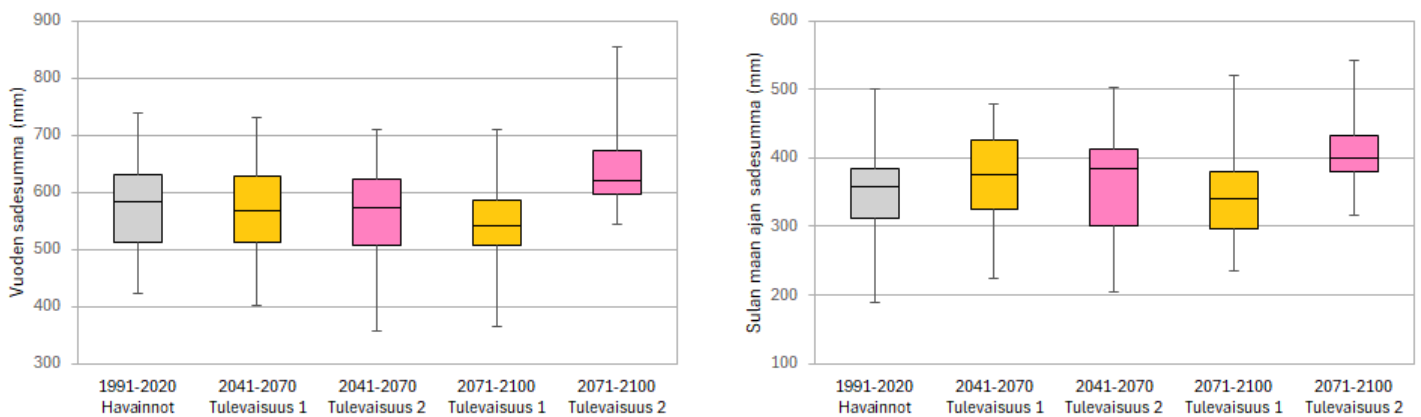
rä on kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) selvästi suurempi kuin kuivassa ja hitaasti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1). Myös sekä kuivimmat että sateisimmat yksittäiset vuodet ovat kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa jaksolla 2071–2100 sateisempia kuin jaksolla 1991–2020. Sen sijaan kuivassa ja hitaasti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa sademäärä pysyy edelleen jaksolla 2071–2100 samalla tasolla kuin jaksolla 1991–2020 tai jopa pienenee hieman.



Kuva 16. Vuoden sadesumma (vasemmalla) ja sulan maan ajan (touko-lokakuu) sadesumma (oikealla) Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa jaksolla 1961–2020. Musta viiva kuvaa aluekeskiarvojen vuotuisia vaihteluita, harmaat viivat jaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvoja ja punertava katkoviiva tilastollisesti merkitsevää lineaarista trendiä.



Kuva 17. Vuoden keskimääräisen sadesumman (vasemmalla) ja sulan maan ajan (touko-lokakuu) keskimääräisen sadesumman (oikealla) muutos Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa normaalikausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.

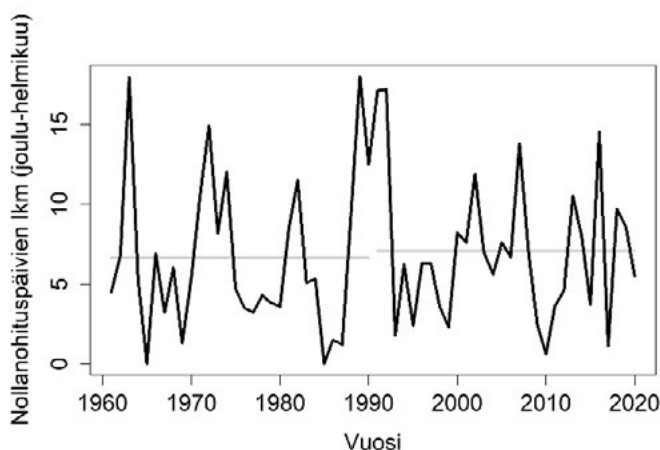


Kuva 18. Koko vuoden (vasemmalla) ja sulan maan ajan (touko-lokakuu; oikealla) sadesumma millimetreinä Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaat laatikot) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kostealanlamin ja leutotalvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanakaavion periaate on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

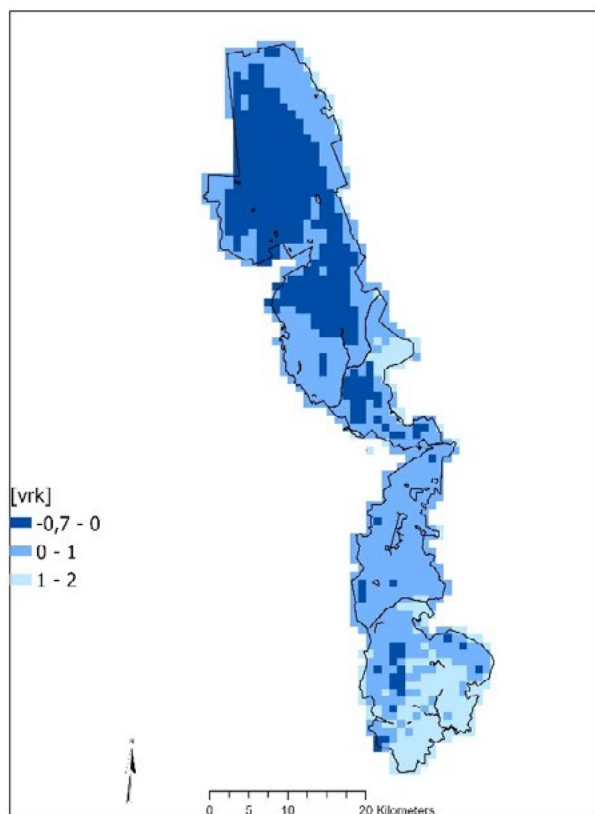
Nollanohituspäivät talvella

Kuvassa 19 on aikasarjagraafi, kuvassa 20 muutoskartta ja kuvassa 21 laatikkojanakaavio.

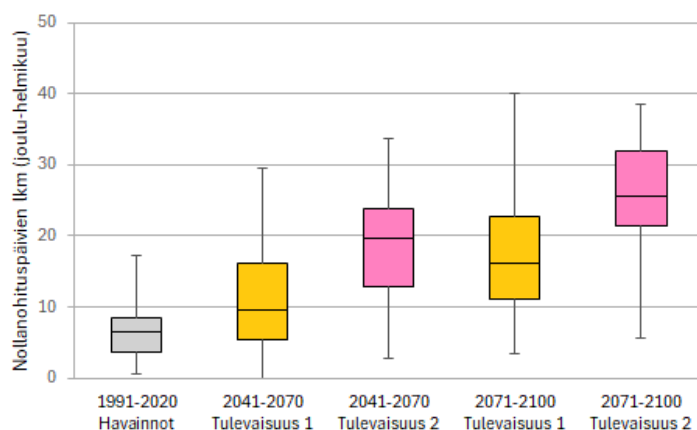
Joulu-helmikuun nollanohituspäivien lukumäärässä ei ole havaittavissa merkittävää muutosta; jaksolla 1961–1990 oli keskimäärin 6,6 ja jaksolla 1991–2020 7,1 nollanohituspäivää talvessa. Trendi ei ole tilastollisesti merkitsevä. Tulevaisuudessa nollanohituspäivien lukumäärän odotetaan kuitenkin kasvavan selvästi. Jaksolla 2041–2070 kuivassa ja hitaasti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1) on keskimääräisenä talvena kymmenkunta nollanohituspäivää ja kosteanlämpimässä leutotalvisessa ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) parikymmentä nollanohituspäivää. Jaksolla 2071–2100 määrät ovat vielä viitisen päivää suurempia. Vuosien välinen vaihtelu talven nollanohituspäivien lukumäärässä säilyy kuitenkin suurena, mutta leutotalvisessa ilmastotulevaisuudessa talvet, jolloin nollanohituspäiviä on vähän käyvät harvinaisiksi. Enimmillään lämpötila sivuuttaa veden jäätympisteen vuosisadan loppulla lähes joka toisena päivänä talven aikana.



Kuva 19. Joulu-helmikuun nollanohituspäivien (vuorokauden ylin lämpötila $> 0^{\circ}\text{C}$ ja alin lämpötila $< 0^{\circ}\text{C}$) lukumäärä Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa jaksolla 1961–2020. Musta viiva kuvaa aluekeskiarvojen vuotuista vaihtelua ja harmaat viivat jaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvoja.



Kuva 20. Joulu-helmikuun nollanohituspäivien (vuorokauden ylin lämpötila $> 0^{\circ}\text{C}$ ja alin lämpötila $< 0^{\circ}\text{C}$) keskimääräisen lukumäärän muutos Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa normaali-kausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.



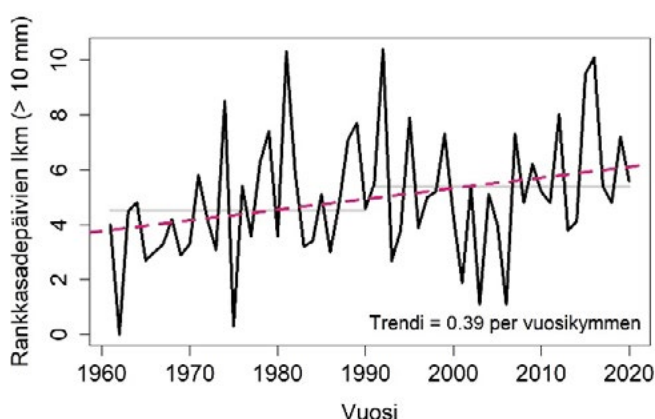
Kuva 21. Joulu-helmikuun nollanohituspäivien (vuorokauden ylin lämpötila $> 0^{\circ}\text{C}$ ja alin lämpötila $< 0^{\circ}\text{C}$) lukumäärä Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaa laatikko) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kosteanlämpimä ja leutotalvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanakaavion periaate on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

3.2 Oulanka

Rankkasadepäivien lukumäärä kesällä

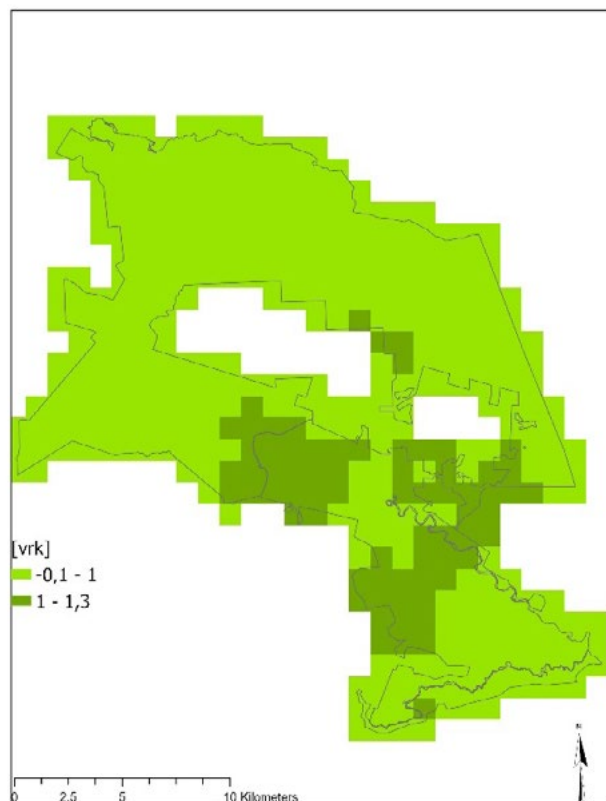
Kuvassa 22 on aikasarjagraafi, kuvassa 23 muutoskartta ja kuvassa 24 laatikkojanakaavio.

Kesän rankkasadepäivien lukumäärä on kasvanut hienoisesti jaksojen 1961–1990 (keskiarvo 4,5 päivää) ja 1991–2020 (keskiarvo 5,4 päivää) välillä. Vuosittaisista aluekeskiarvoista määritetty kasvava trendi on tilastollisesti merkitsevä. Ilmastotulevaisuuksissa rankkasadepäivien lukumäärä ei kuitenkaan muutu kovin merkittävästi. Kesän rankkasadepäivien lukumäärän mediaaniarvo pysyy molemmissa ilmastotulevaisuuksissa 4–6 päivän välillä, keskiarvon ollessa hieman mediaaniarvoa suurempi. Kuivassa ja hitaasti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1) kesäisiä rankkasadepäiviä on vuosisadan lopulla keskimäärin hieman vähemmän kuin vuosisadan puolivälissä, kun taas kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) rankkasadepäiviä on vuosisadan lopulla hieman enemmän. Kesän rankkasadepäivien lukumäärän mediaani (noin kuusi päivää) on kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa vuosisadan lopulla lähes 50 % suurempi kuin kuivassa ja hitaasti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (noin neljä päivää). Samaan ai-

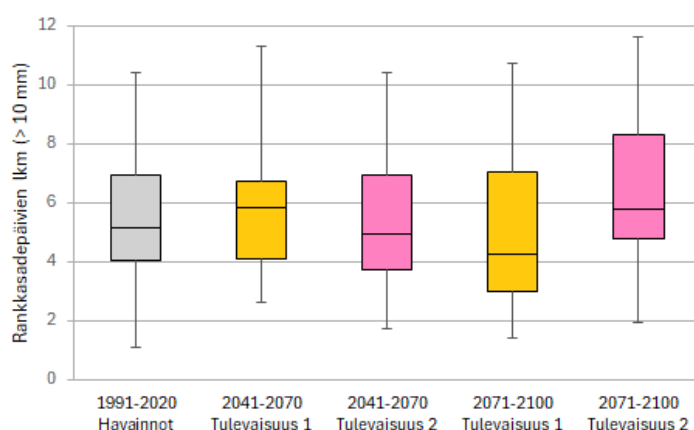


Kuva 22. Kesä-elokuun rankkasadepäivien lukumäärä Oulangan kansallispuistossa jaksolla 1961–2020. Musta viiva kuvaa aluekeskiarvojen vuotuista vaihtelua, harmaat viivat jaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvoja ja punertava katkoviiva tilastollisesti merkitsevää lineaarista trendiä.

kaan kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa on harvemmin kuin joka neljäntenä kesänä alle neljä rankkasadepäivää.



Kuva 23. Kesä-elokuun rankkasadepäivien keskimääräisen vuosittaisen lukumäärän muutos Oulangan kansallispuistossa normaalikausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.

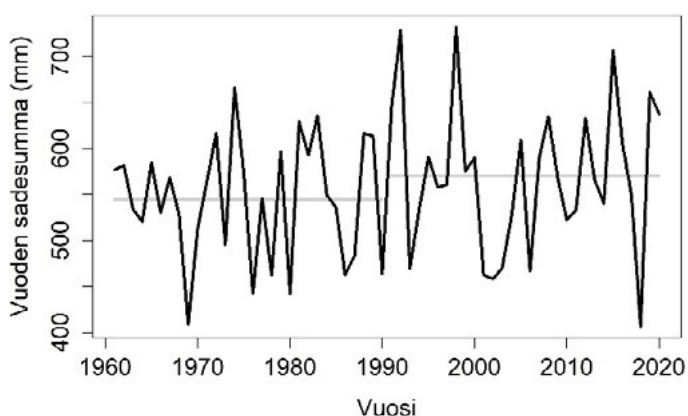


Kuva 24. Kesä-elokuun rankkasadepäivien lukumäärä Oulangan kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaa laatikko) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kosteanlämpimä ja leutotalvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanakaavion periaate on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

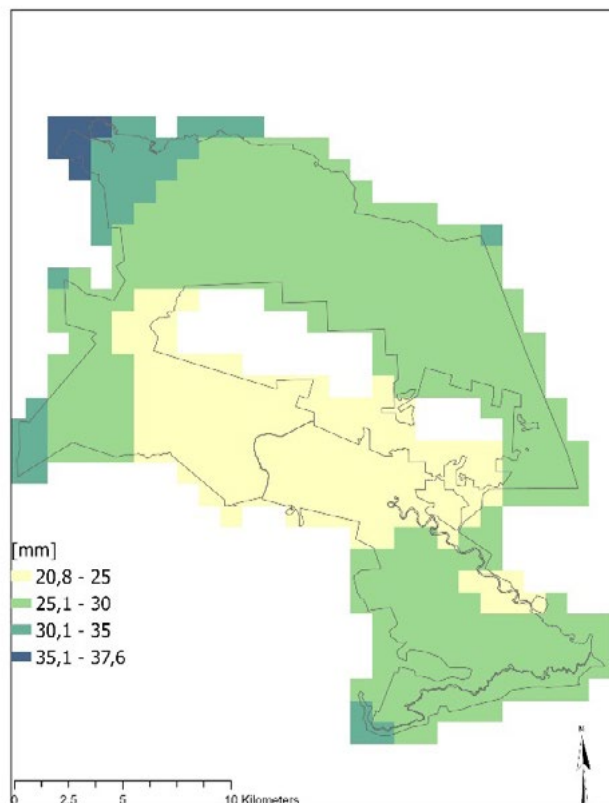
Vuoden sademäärä

Kuvassa 25 on aikasarjagraafi, kuvassa 26 muutoskartta ja kuvassa 27 laatikkojanakaavio.

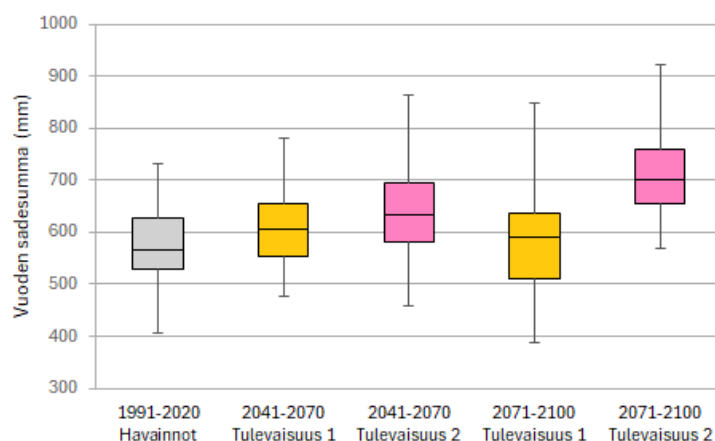
Keskimääräinen vuosisademäärä oli jaksolla 1991–2020 hieman suurempi (571 mm) kuin jaksolla 1961–1990 (544 mm). Suuren vuosien välisen vaihtelun takia sademäärän kasvava trendi ei ole kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä. Molemmissa ilmastotulevaisuuksissa vuotuinen sademäärä kasvaa jonkin verran. Kuivassa ja hitaasti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1) vuosisadannan mediaani on sekä vuosisadan puolivälissä että lopulla noin 600 mm. Kosteaneläpimässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) sademäärä kasvaa enemmän, ja jaksolla 2071–2100 vuosisadannan mediaani on jo noin 700 mm. Nykyilmastossa näin sateista on ollut harvemmin kuin yhtenä vuotena kymmenestä. Kosteaneläpimässä ilmastotulevaisuudessa myös sekä kuivimmat että sateisimmat yksittäiset vuodet ovat vuosisadan lopulla selvästi sateisempia kuin nykyään. Sen sijaan kuivassa ilmastotulevaisuudessa lähinnä sateisimpien vuosien sademäärä kasvaa, kun taas kuivimmat vuodet säilyvät likimain yhtä kuivina kuin nykyään. Kuivia vuosia on kuivassa ilmastotulevaisuudessa jaksolla 2071–2100 jopa enemmän kuin jaksolla 2041–2070.



Kuva 25. Vuoden sademäärä Oulangan kansallispuistossa jaksolla 1961–2020. Musta viiva kuvaa aluekeskiarvojen vuotuista vaihtelua ja harmaat viivat jaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvoja.



Kuva 26. Vuoden keskimääräisen sademäärän muutos Oulangan kansallispuistossa normaali-kausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.



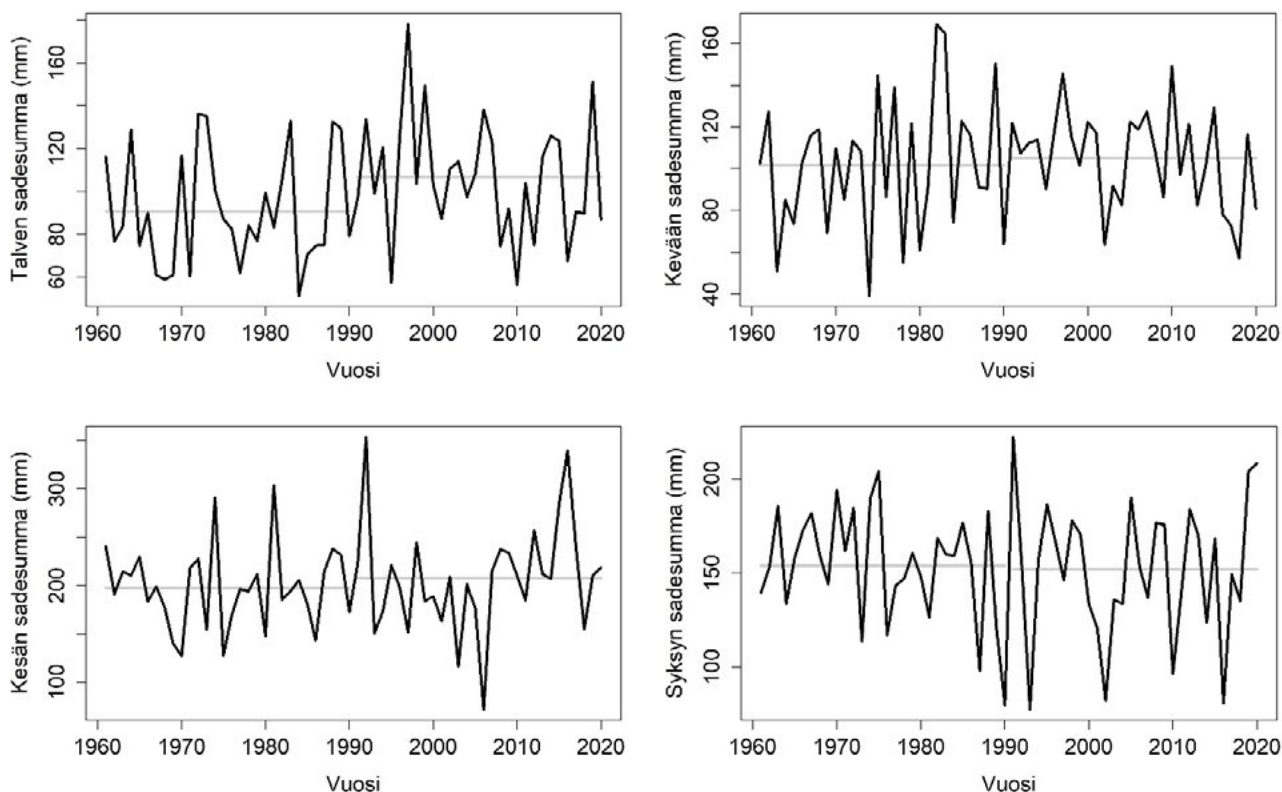
Kuva 27. Vuoden sademäärä (mm) Oulangan kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaa laatikko) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kosteaneläpimä ja leutotalvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanakaavion periaate on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

Vuodenaikojen sademäärä

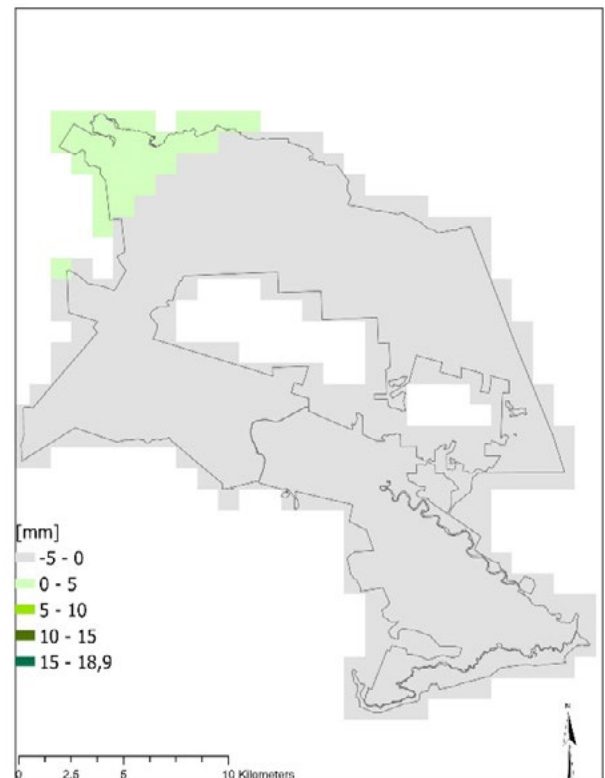
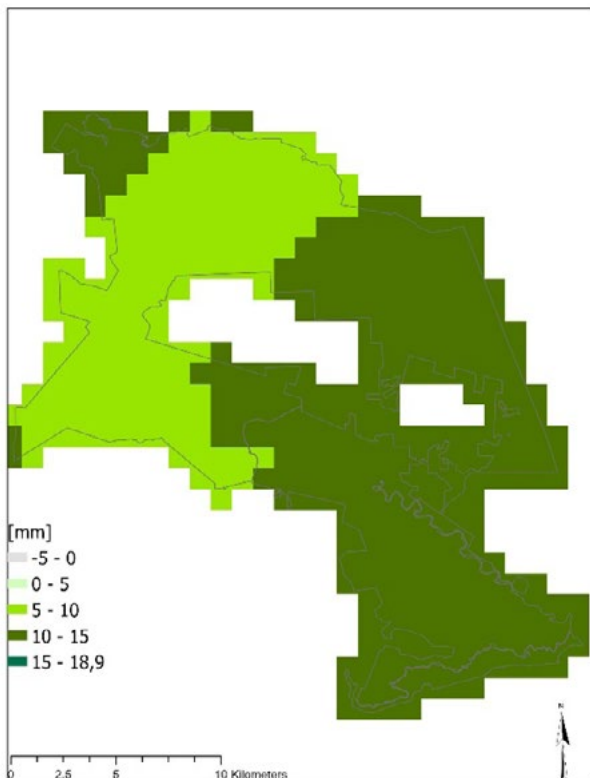
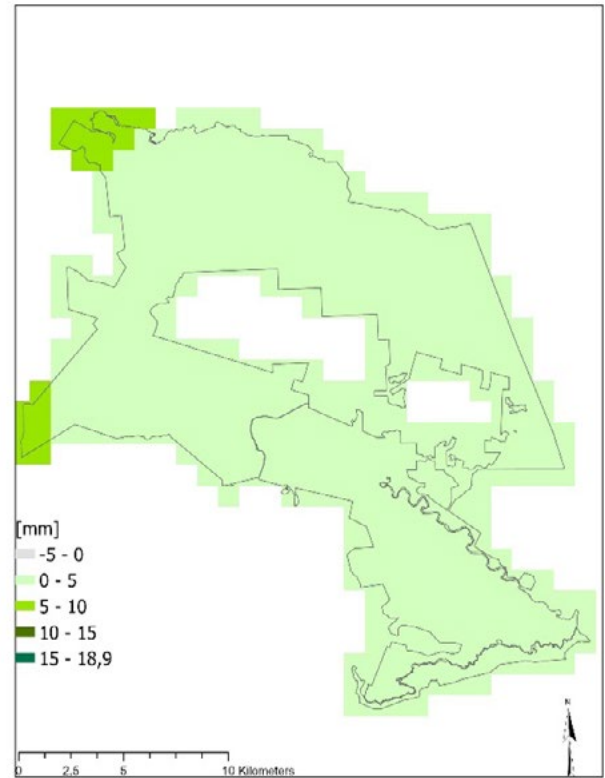
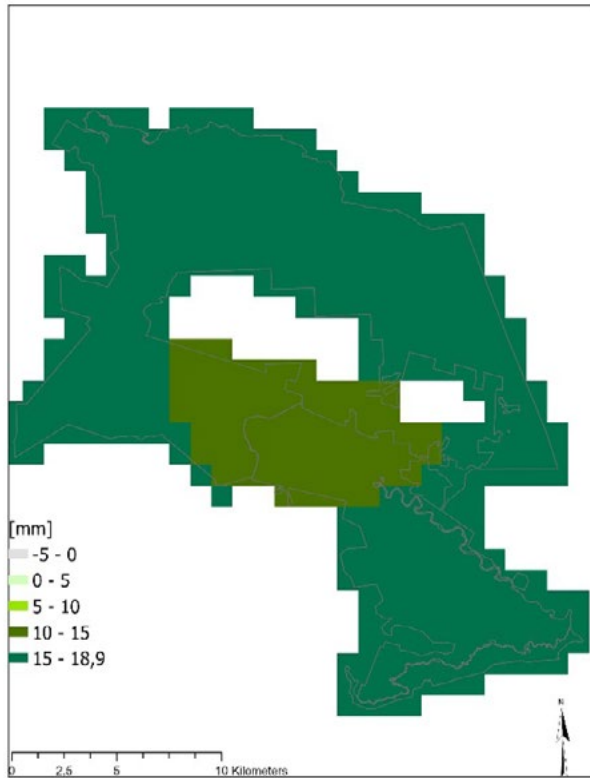
Kuvassa 28 ovat aikasarjagraafit, kuvassa 29 muutoskartat ja kuvassa 30 laatikkojanakaaviot.

Jaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 välillä selvin muutos on tapahtunut talvisateissa (keskiarvon muutos 91 millimetristä 107 millimetriin tarkastelujaksojen välillä), mutta aikasarja-analyysin perusteella muutos ei ole ollut tilastollisesti merkitsevä. Kevään (102–105 mm), kesän (197–208 mm) ja syksyn (154–152 mm) sademäärät eivät ole sanottavasti muuttuneet. Ilmastotulevaisuuksissa välivuodenaikojen (kevät ja syksy) sademäärät kasvavat keskimäärin hienoisesti siten, että kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) sademäärät ovat hieman suurempia kuin kuivassa ja hitaasti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1). Myös talvela ja kesällä sademäärä on suurempi kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa. Jaksolla 2041–2070 talvet ovat kuivassa ja hitaasti

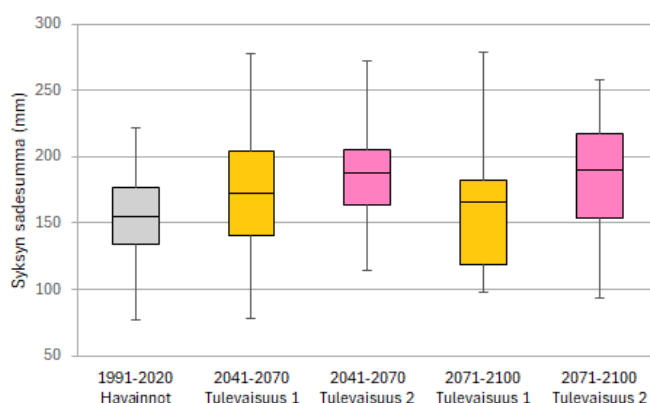
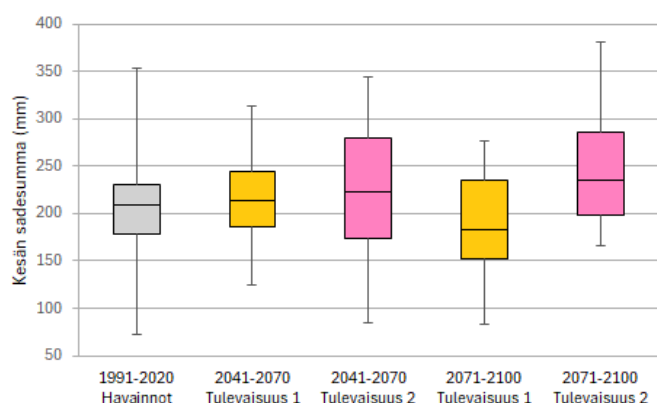
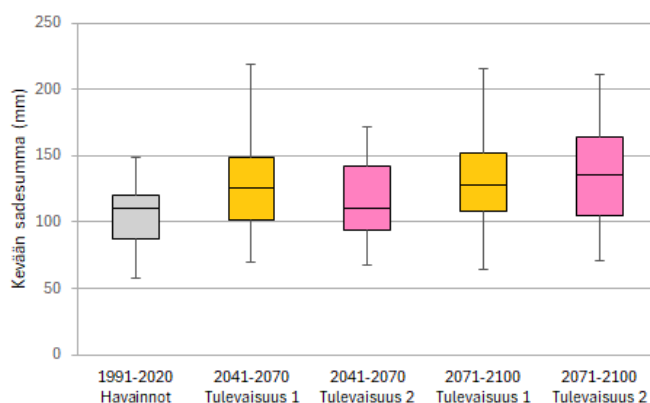
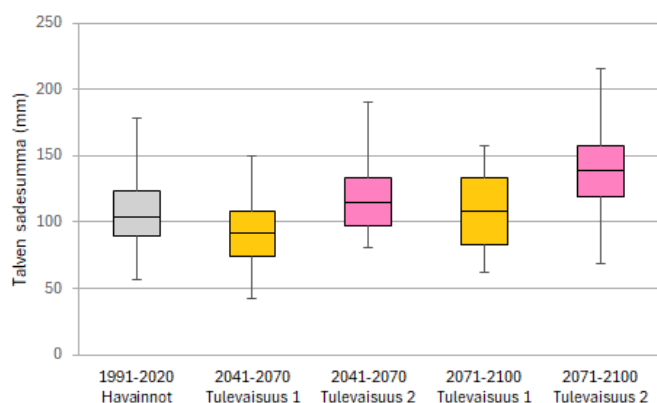
lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa keskimäärin hieman vähäsateisempia kuin jaksolla 1991–2020, kun taas kosteanlämpimässä ja leutotalvisessa ilmastotulevaisuudessa talvien sademäärä hieman kasvaa. Vuosisadan lopulla talvet ovat kummassakin ilmastotulevaisuudessa sateisempia kuin vuosisadan puolivälissä siten, että kuivemmassakin ilmastotulevaisuudessa talvet ovat jälleen yhtä sateisia kuin jaksolla 1991–2020. Kesät ovat puolestaan kuivassa ilmastotulevaisuudessa vuosisadan puolivälissä suunnilleen yhtä sateisia kuin nykyään, mutta muuttuvat vuosisadan lopulla keskimäärin vähän kuivemmiksi. Kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa kesien keskimääräinen sademäärä puolestaan kasvaa tasaisesti. Kesällä sademäärän vuosien välinen vaihtelu on melko suurta, mutta kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa sataa jaksolla 2071–2100 jokaisena kesänä yli 150 mm.



Kuva 28. Talven (joului–helmikuu; vasemmalla ylhäällä), kevään (maalii–toukokuu; oikealla ylhäällä), kesän (kesä–elokuu; vasemmalla alhaalla) ja syksyn (syys–marraskuu; oikealla alhaalla) sadesumma Oulungan kansallispuistossa jaksolla 1961–2020. Musta viiva kuvaa aluekeskiarvojen vuotuista vaihtelua ja harmaat viivat jaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvoja.



Kuva 29. Talven (joulu-helmikuu; vasemmalla ylhäällä), kevään (maalis-toukokuu; oikealla ylhäällä), kesän (kesä-elokuu; vasemmalla alhaalla) ja syksyn (syys-marraskuu; oikealla alhaalla) keskimääräisen sadesumman muutos Oulangan kansallispuistossa normaalikausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.

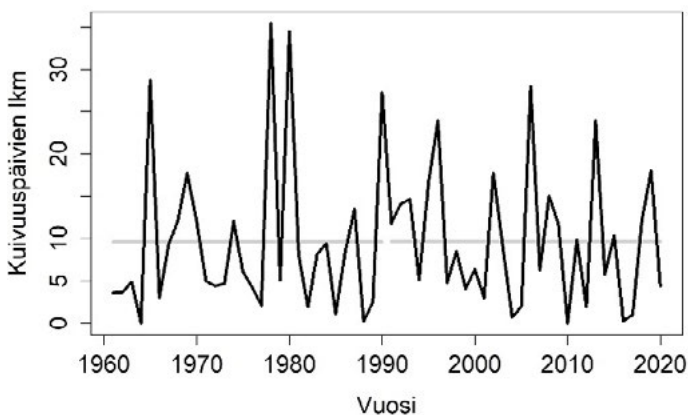


Kuva 30. Talven (joulu-helmikuu; vasemmalla ylhäällä), kevään (maalis-toukokuu; oikealla ylhäällä), kesän (kesä-elokuu; vasemmalla alhaalla) ja syksyn (syys-marraskuu; oikealla alhaalla) sademäärä (mm) Oulungan kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaat laatikot) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kosteanlämmen ja leutotalvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikojanakaavion periaate on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

Kuivuuspäivät

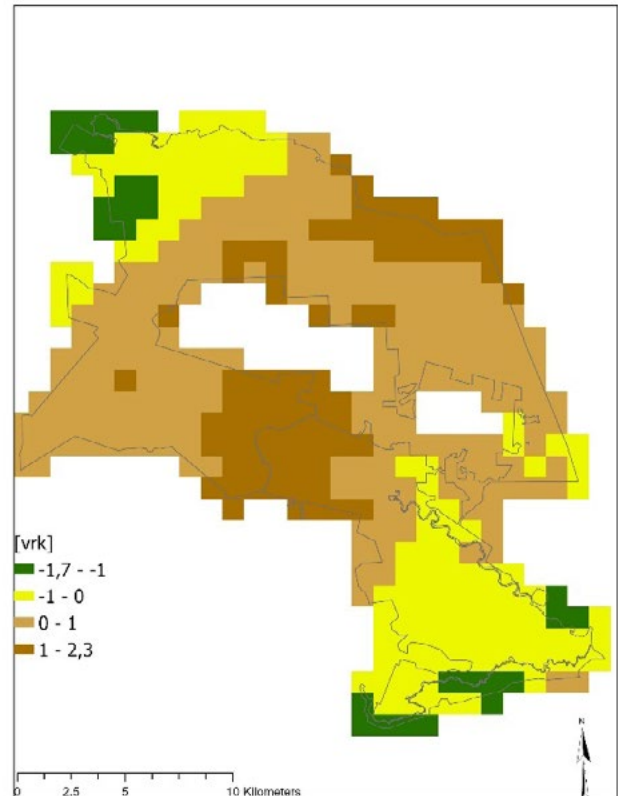
Kuvassa 31 on aikasarjagraafi, kuvassa 32 muutostartta ja kuvassa 33 laatikkojanakaavio.

Kuivuuspäivien lukumäärän vuosien välinen vaihtelu on suurta, mutta kuivuuspäivien keskimääräinen vuosittainen lukumäärä oli jaksoilla 1961–1990 ja 1991–2020 lähes täsmälleen sama (9,6 ja 9,7). Alueellinen tarkastelu antaa viitteitä siitä, että Oulangan kansallispuiston keskiosissa kuivuuspäivien määrä olisi kuitenkin hieman kasvanut. Kuivassa ja hitaasti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1) kuivuuspäivien määrä säilyy edelleen jaksolla 2041–2070 lähes täsmälleen ennallaan, eikä se muutu suuresti myöskään jaksolla 2071–2100. Kuivuuspäivien mediaani kuitenkin pienenee parilla päivällä. Sen sijaan kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) kuivuuspäivien keskimääräinen lukumäärä pienenee jo vuosisadan puolivälissä ja muutos on vielä selvempi jälkimmäisellä tulevaisuusjaksolla 2071–2100, jolloin joka toisena vuotena on alle viisi kuivuuspäivää. Kuivuuspäivien lukumäärän vuosien välinen vaihteluväli (noin 0–30 päivää) säilyy kuitenkin kutakuinkin ennallaan molemmissa ilmastotulevaisuuksissa, eli kuivuuspäivien keskimääräisen lukumäärän pieneneminen kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa

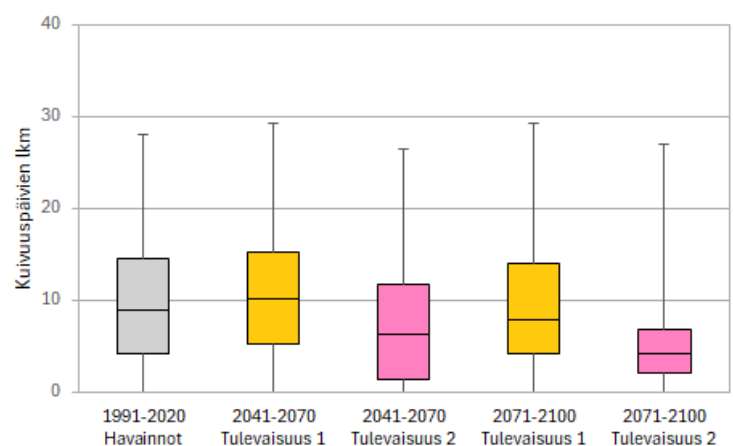


Kuva 31. Kuivuuspäivien lukumäärä Oulangan kansallispuistossa jaksolla 1961–2020. Musta viiva kuvaa aluekeskiarvojen vuotuista vaihtelua ja harmaat viivat jaksoiden 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvoja.

on seurausta sellaisten vuosien harvinaistumisesta, jolloin on pitkiä poutajaksoja.



Kuva 32. Kuivuuspäivien keskimääräisen lukumäärän muutos Oulangan kansallispuistossa normaalikausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.

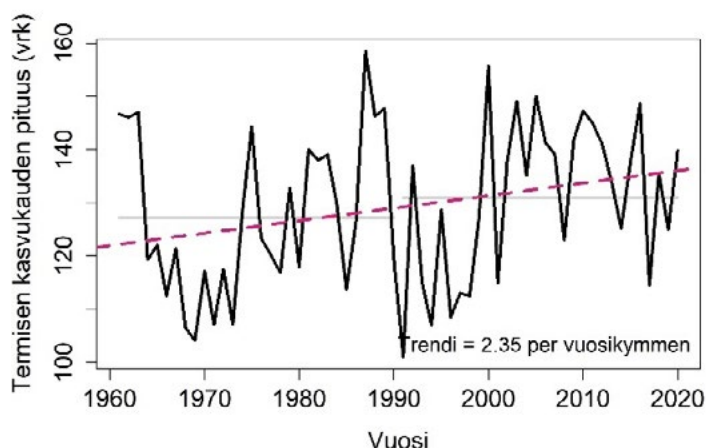


Kuva 33. Kuivuuspäivien lukumäärä Oulangan kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaa laatikko) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kosteanlämpimä ja leutoalvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanakaavio periaate on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

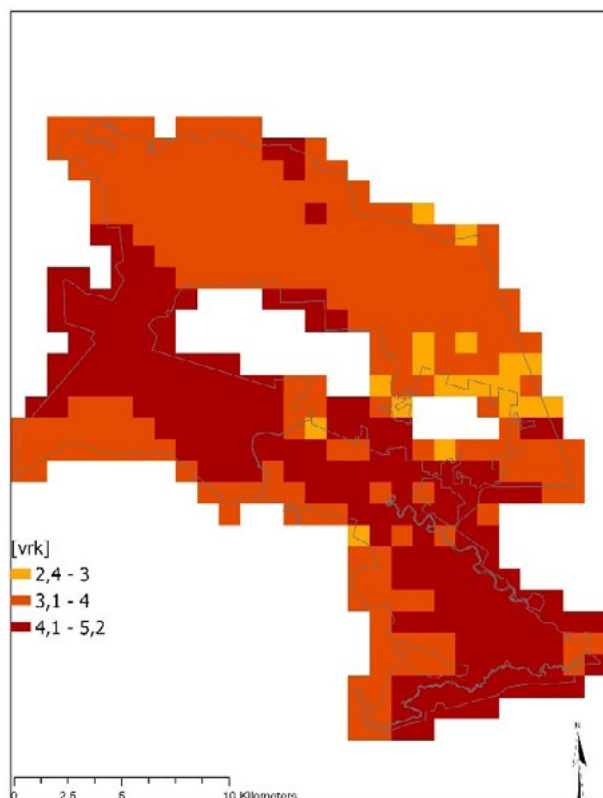
Termisen kasvukauden pituus

Kuvassa 34 on aikasarjagraafi, kuvassa 35 muutoskartta ja kuvassa 36 laatikkojanakaavio.

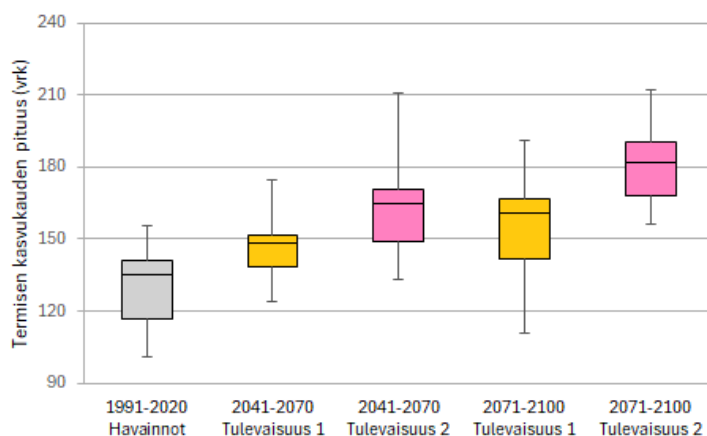
Tarkastelujaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 välillä termien kasvukausi pidentyi keskimäärin 127 vuorokaudesta 131 vuorokauteen. Kasvukauden pitenevä trendi oli tilastollisesti merkitsevä. Tulevaisuudessa kasvukausi jatkaa pitenemistään. Jaksolla 2041–2070 kasvukausi on hitaasti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1) keskimäärin pari viikkoa ja nopeammin lämpenevässä kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) neljästä viiteen viikkoa pidempi kuin jaksolla 1991–2020. Jaksolla 2071–2100 kasvukaudet ovat hitaammin lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa lähes yhtä pitkiä kuin kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa jaksolla 2041–2070. Samaan aikaan kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa kasvukauden keskimääräinen pituus on jo lähes puoli vuotta ja koleimpien kesien lyhyimmätkin kasvukaudet ovat yhtä pitkiä (hiukan yli viisi kuukautta) kuin pisimmät kasvukaudet olivat jaksolla 1991–2020. Yksittäisinä simulaatiovuosina kasvukauden pituus saavuttaa kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa seitsemän kuukautta molemmilla tulevaisuusjaksoilla 2041–2070 ja 2071–2100.



Kuva 34. Termisen kasvukauden pituus Oulangan kansallispuistossa jaksolla 1961–2020. Musta viiva kuvaa aluekeskiarvojen vuotuista vaihtelua, harmaat viivat jaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvoja ja punertava katkoviiva tilastollisesti merkitsevää lineaarista trendiä.



Kuva 35. Termisen kasvukauden keskimääräisen pituuden muutos Oulangan kansallispuistossa normaalikausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.



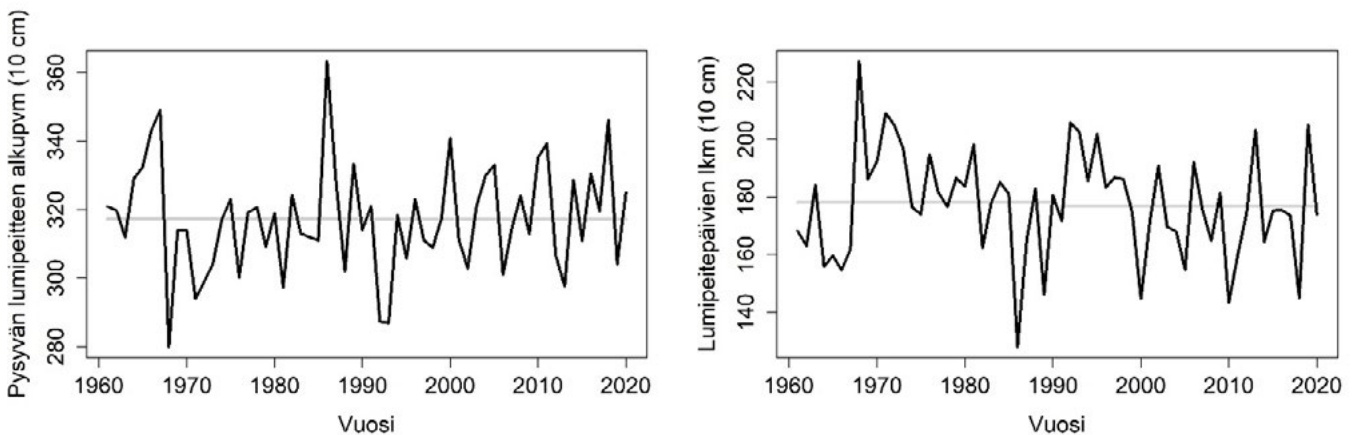
Kuva 36. Termisen kasvukauden pituus (vuorokausia) Oulangan kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaa laatikko) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kosteanlämpimä ja leutoalvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanaakaavion periaate on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

Lumipeite

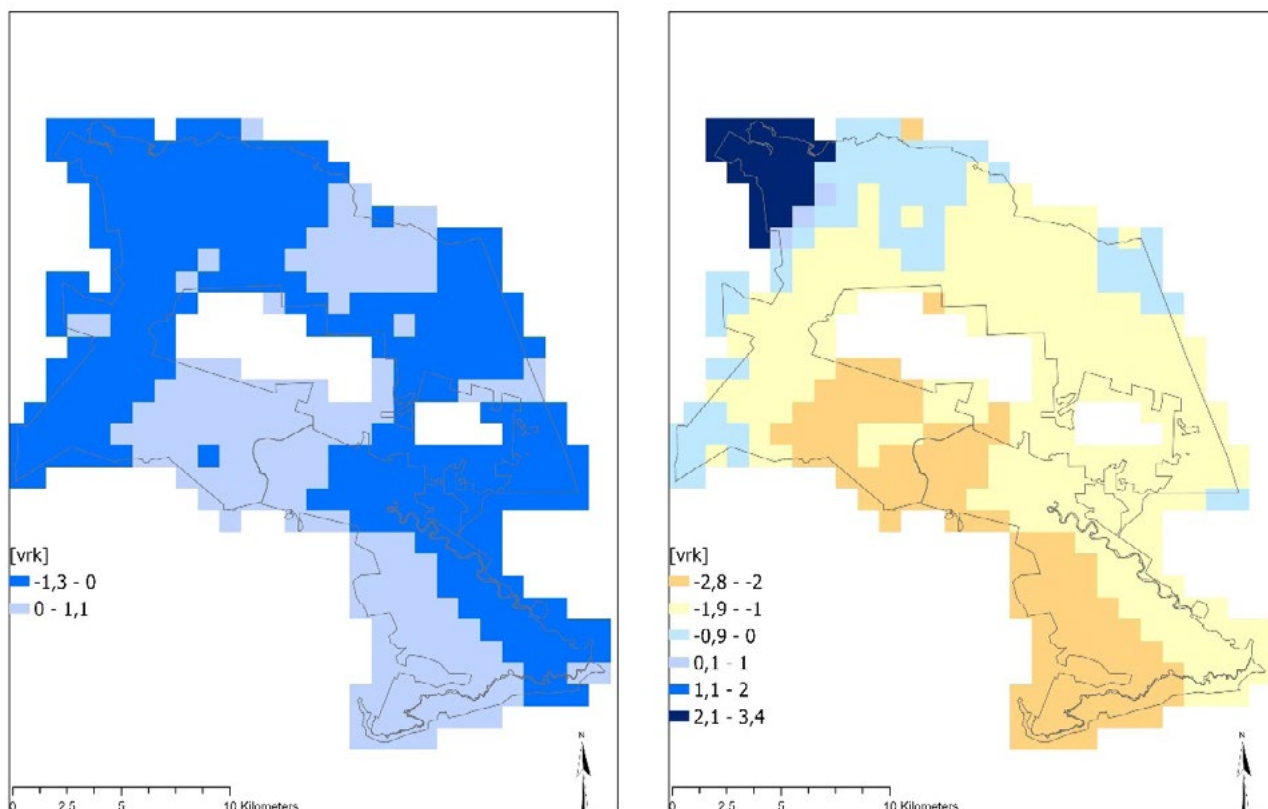
Kuvassa 37 ovat aikasarjagraafit, kuvassa 38 muutoskartat ja kuvassa 39 laatikkojanakaaviot.

Havaintoaineiston perusteella 10 cm:n pysyvä lumipeite on saavutettu käytännössä samaan aikaan jaksoilla 1961–1990 ja 1991–2020, keskimäärin 13.11. (päivämääräluku 317). Lumipeitepäivien (yli 10 cm) lukumäärässä ei ole tapahtunut mainittavaa muutosta (jaksolla 1961–1990 keskimäärin 178 vrk ja jaksolla 1991–2020 keskimäärin 177), mutta keltävät kartan sävyt indikoivat lievää lumipeitteisen ajan lyhenemistä. Tulevaisuudessa lumipeitteen tuloajankohta siirtyy myöhäisemmäksi ja lumipeitteen kesto aika lyhenee. Jaksolla 2041–2070 lumipeite saavuttaa pysyvästi 10 cm:n syvyyden molemmissa il-

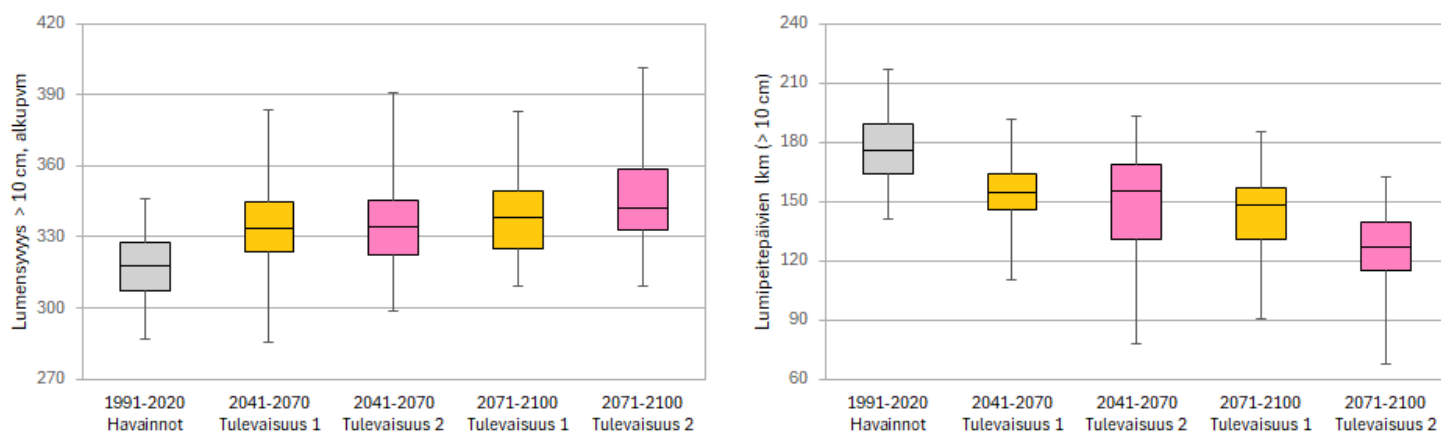
mastotulevaisuuksissa keskimäärin lähellä marras-joulukuun vaihdetta ja jaksolla 2071–2100 joulukuun alkupuolella. Leutotalvisessa ja kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) lumipeite tulee vuosisadan lopulla keskimäärin myöhemmin. Kummassakin ilmastotulevaisuudessa esiintyy jo vuosisadan puolivälissä talvia, jolloin lumipeite ei saavuta 10 cm:n syvyyttä pysyvästi ennen kuin vasta tammikuussa. Yli 10 cm:n lumipeitteen kesto aika lyhenee hitaammin lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1) vuosisadan loppuun mennessä noin kuukaudella kuudesta viiteen kuukauteen ja leutotalvisessa ilmastotulevaisuudessa lähes kahdella kuukaudella. Muutos on suurempi vähälumisina talvina, mikä näkyy lumipeitteen kestoajan vuosien välisen vaihtelun kasvuna.



Kuva 37. Pysyvästi vähintään 10 cm syvän lumipeitteen alkupäivämäärä (päiviä vuoden alusta; vasemmalla) ja kesto aika vuorokausina (oikealla) Oulangan kansallispuistossa jaksolla 1961–2020. Musta viiva kuvaa aluekeskiarvojen vuotuista vaihtelua ja harmaat viivat jaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvoja.



Kuva 38. Pysyvästi vähintään 10 cm syvän lumipeitteen keskimääräisen alkamispäivän (vasen) ja keston (oikea) muutos Oulangan kansallispuistossa normaalikausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.

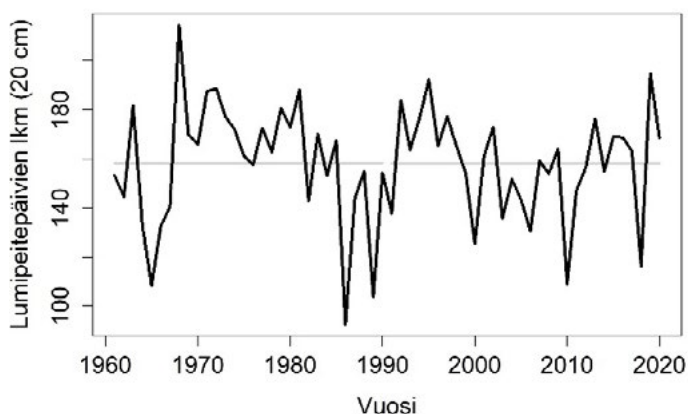


Kuva 39. Pysyvästi yli 10 cm syvän lumipeitteen alkupäivämäärä (vasemmalla; päiviä vuoden alusta) ja niiden vuorokausien lukumäärä, jolloin lumensyvyys on yli 10 cm (oikealla) Oulangan kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaat laatikot) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kostealanluminen ja leuto talvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojen jakaavien periaate on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

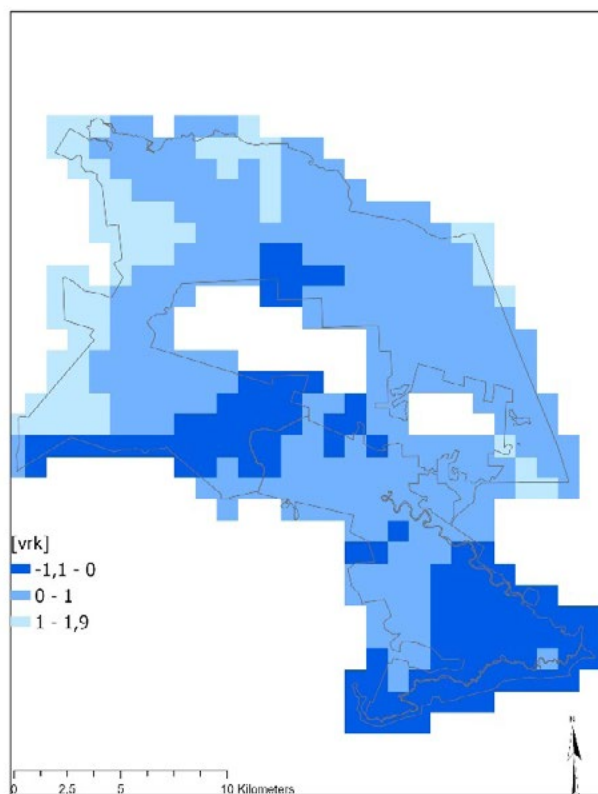
Syvän lumipeitteen kesto

Kuvassa 40 on aikasarjagraafi, kuvassa 41 muutokartta ja kuvassa 42 laatikkojanakaavio.

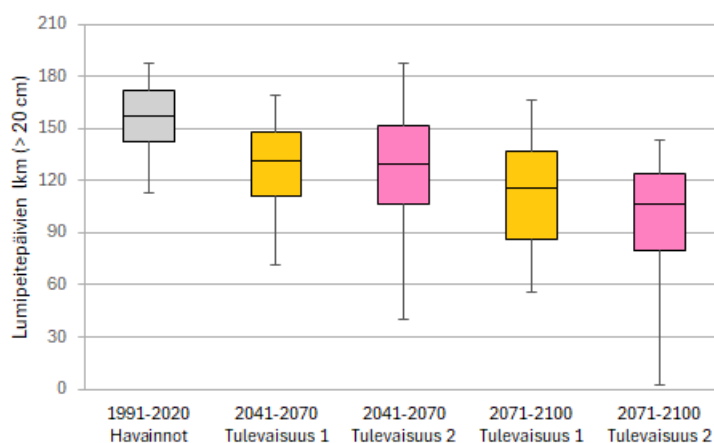
Syvän lumipeitteen (yli 20 cm) kestoajan muutokset ovat samansuuntaisia kuin edellä esitetyt muutokset 10 cm:n lumipeitepäivien lukumäärissä. Jaksoilla 1961–1990 ja 1991–2020 syvän lumipeitteen kesto aika oli keskimäärin sama (158 vuorokautta). Vaihtelu yksittäisten vuosien välillä on kuitenkin ollut huomattavan suurta. Tulevaisuudessa syvän lumipeitteen päivien lukumäärä tulee pienenemään sekä vuosien välinen vaihtelu kasvamaan, erityisesti kosteanlämpimässä ja leuto- tai talvisessa ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2). Vuosien välisen vaihtelun kasvu on seurausta ennen kaikkea vähälumisten talvien yleistymisestä. On huomionarvoista, että leuto- tai talvisessa ilmastotulevaisuudessa pienin yksittäinen syvän lumipeitteen päivien lukumäärä yhtenä talvena on 40 vuorokautta jaksolla 2041–2070, mutta vain kaksi vuorokautta jaksolla 2071–2100.



Kuva 40. Syvän lumipeitteen kesto Oulangan kansallispuistossa jaksolla 1961–2020. Musta viiva kuvaa aluekeskiarvojen vuotuista vaihtelua ja harmaat viivat jaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvoja.



Kuva 41. Syvän lumipeitteen keskimääräisen alkupäivämäärän muutos Oulangan kansallispuistossa normaalikausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.

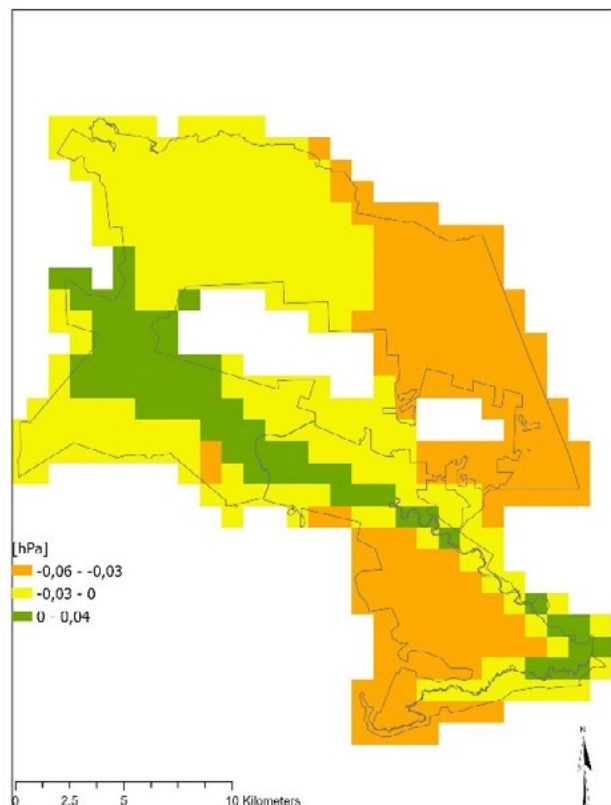


Kuva 42. Syvän lumipeitteen kesto aika vuorokausina Oulangan kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaa laatikko) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kosteanlämpimä ja leuto- tai talvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanakaavion periaate on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

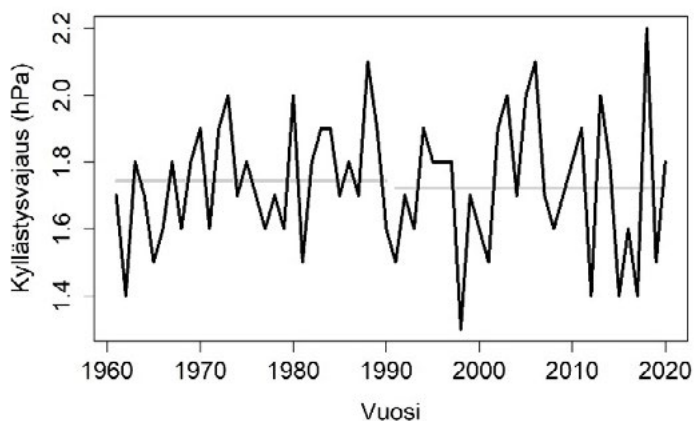
Ilman kyllästysvajaus

Kuvassa 43 on aikasarjagraafi, kuvassa 44 muutokartta ja kuvassa 45 laatikkojanakaavio.

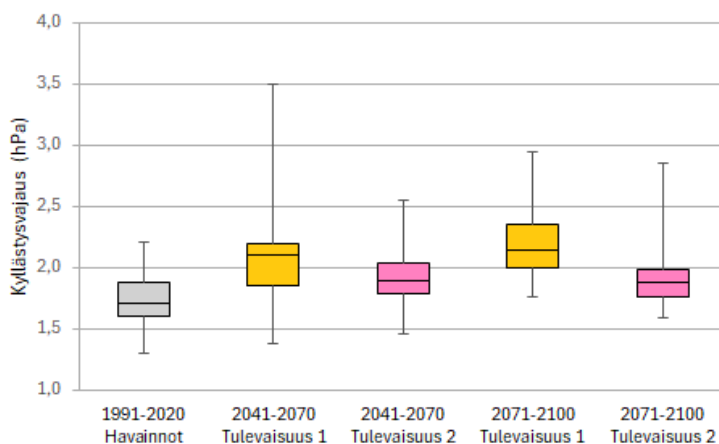
Vuotuinen vaihtelu vesihöyryn kyllästysvajaauksessa on kohtalaisen suurta, eikä tarkastelujaksojen välillä ole selvää eroa (jakson 1961–1990 keskiarvo on 1,74 hPa ja jakson 1991–2020 keskiarvo 1,72 hPa). Kuivassa ja hitaasti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1), jossa sademäärä säilyy likimain ennallaan mutta keskilämpötila nousee, keskimääräinen kyllästysvajausta kasvaa selvästi. Myös kyllästysvajausten vuosien välinen vaihtelu näyttäisi kasvavan. Kosteanlämpimässä ja leutoalvisessa ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) kyllästysvajausten muutokset ovat pienempiä. Kuitenkin tässäkin ilmastotulevaisuudessa ilman keskimääräinen kyllästysvajausta kasvaa jonkin verran, sademäärän kasvusta huolimatta. Erityisesti kuivimpina vuosina kyllästysvajausta kasvaa.



Kuva 44. Ilman keskimääräisen kyllästysvajausten muutos Oulangan kansallispuistossa normaali-kausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.



Kuva 43. Ilman keskimääräinen kyllästysvajausta Oulangan kansallispuistossa vuosina 1961–2020. Musta viiva kuvaa aluekeskiarvojen vuotuista vaihtelua ja harmaat viivat keskimääräistä kyllästysvajausta jaksoilla 1961–1990 ja 1991–2020.

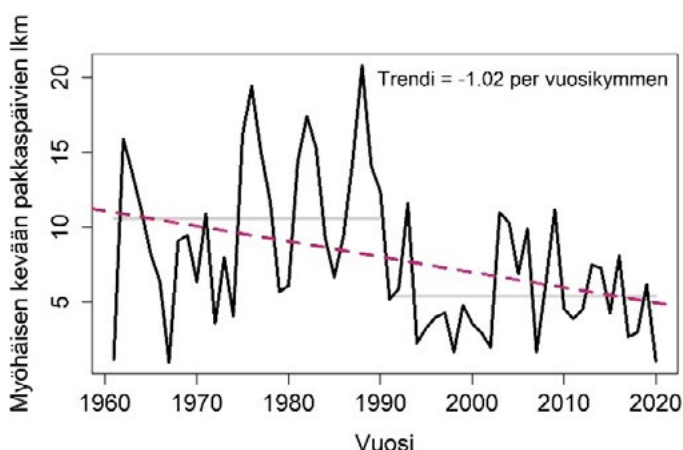


Kuva 45. Ilman keskimääräinen kyllästysvajausta Oulangan kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaa laatikko) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kosteanlämpimä ja leutoalvis tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanakaavio on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

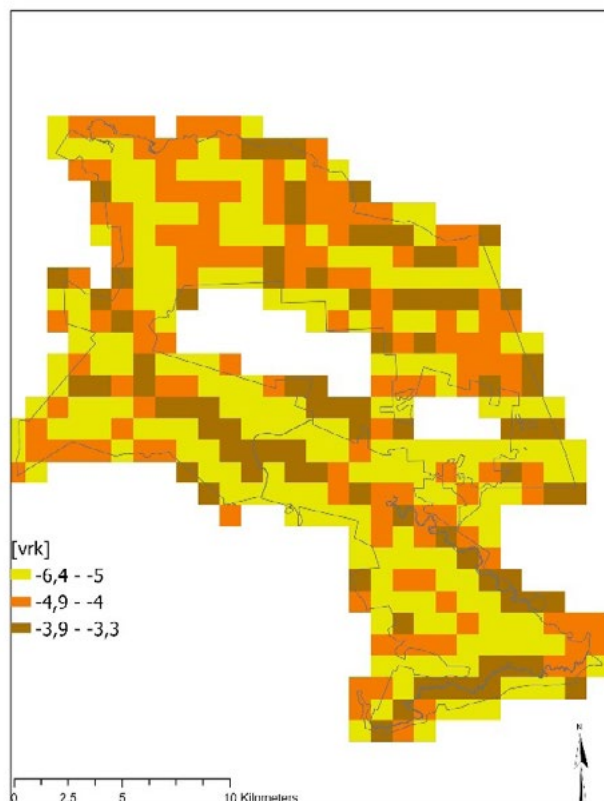
Myöhäisen kevään pakkasyöt lumettoman maan aikaan

Kuvassa on 46 aikasarjagraafi, kuvassa 47 muutoskartta ja kuvassa 48 laatikkojanakaavio.

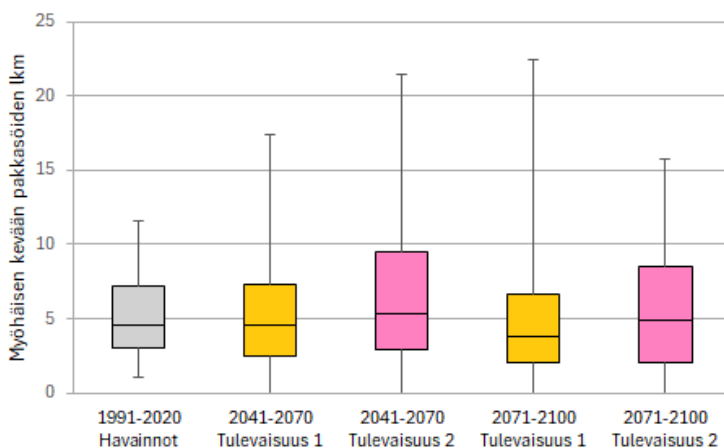
Lumipeitteen sulamisen jälkeen sattuneita myöhäisen kevään pakkasöitä oli havaintoaineiston perusteella jaksolla 1991–2020 (keskimäärin 5,4 päivää) vain noin puolet siitä mitä jaksolla 1961–1990 (keskimäärin 10,6 päivää). Muutos oli tilastollisesti merkitsevää. Sen sijaan ilmastotulevaisuudet eivät osoita selvää muutosta myöhäiskevään pakkasöiden lukumäärissä, vaan kummassakin ilmastotulevaisuudessa keskimääräinen pakkasöiden lukumäärä säilyy molemmilla tulevaisuusjaksoilla viiden päivän tienoilla. Yksittäisinä keväinä voi kuitenkin esiintyä jopa yli 20 myöhäiskevään pakkasyötä (kostealämpin ja leutotalvinen ilmastotulevaisuus jaksolla 2041–2070 sekä kuiva ja hitaasti lämpenevä ilmastotulevaisuus jaksolla 2071–2100), mikä on huomattavasti enemmän kuin enimmillään jaksolla 1991–2020. Toisaalta jaksolla 1961–1990 esiintyi keväitä, jolloin lumien sulamisen jälkeen oli parikymmentä pakkasyötä, ja voi olla osittain vain sattumasta kiinni, ettei yhtään tällaista kevättä osunut jaksolle 1991–2020.



Kuva 46. Lumettoman maan aikana sattuneiden myöhäiskevään pakkasöiden lukumäärä Oulangan kansallispuistossa vuosina 1961–2020. Musta viiva kuvaa pakkasöiden lukumäärän aluekeskiarvon vuotuista vaihtelua ja harmaat viivat pakkasöiden keskimääräistä lukumäärää jaksoilla 1961–1990 ja 1991–2020.



Kuva 47. Lumettoman maan aikaan sattuneiden myöhäiskevään pakkasöiden vuosittaisen keskimääräisen lukumäärän muutos Oulangan kansallispuistossa normaalikausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.

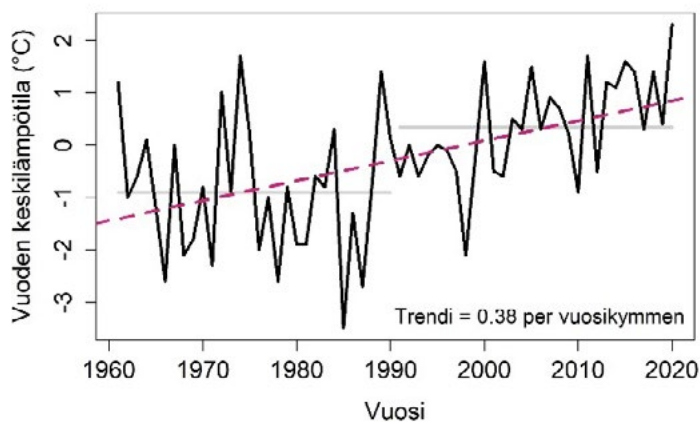


Kuva 48. Myöhäisen kevään lumettoman maan ajan pakkasöiden lukumäärä Oulangan kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaa laatikko) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kostealämpin ja leutotalvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanakaavion periaate on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

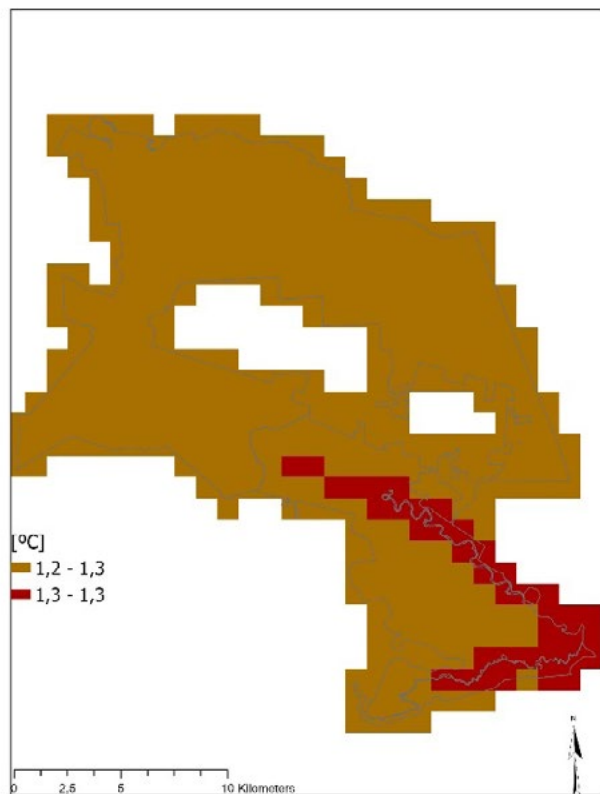
Vuoden keskilämpötila

Kuvassa 49 on aikasarjagraafi, kuvassa 50 muutoskartta ja kuvassa 51 laatikkojanakaavio.

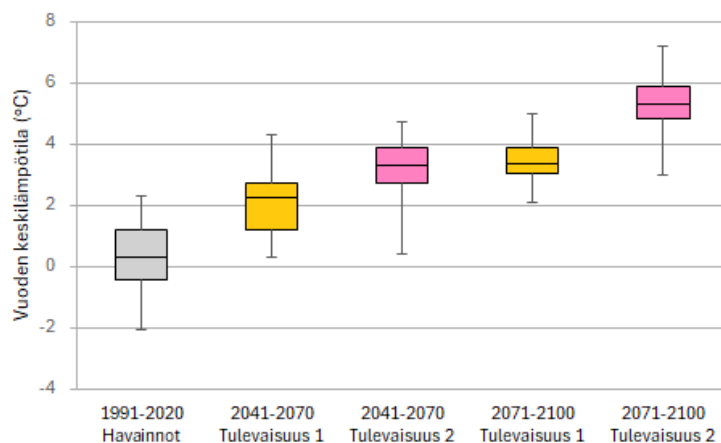
Vuoden keskilämpötila on noussut selvästi tarkastelujaksojen välillä, sen ollessa noin $-0,9^{\circ}\text{C}$ jaksolla 1961–1990 ja noin $0,4^{\circ}\text{C}$ jaksolla 1991–2020. Vuotuisissa aluekeskiarvoissa on selkeä, tilastollisesti merkitsevä nouseva trendi. Vuoden keskilämpötila jatkaa kohoamistaan siten, että jaksolla 2041–2070 sen ennustetaan olevan hitaasti lämpenevässäkin ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1) keskimäärin $2,3^{\circ}\text{C}$ ja kosteanlämpimässä leutotalvisessa ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) jo $3,3^{\circ}\text{C}$. Jaksolla 2071–2100 vastaavat arvot ovat $3,4^{\circ}\text{C}$ (Tulevaisuus 1) ja $5,3^{\circ}\text{C}$ (Tulevaisuus 2). Viiden asteen tienoille kohoava keskilämpötila vastaisi Etelä-Suomen rannikkoalueilla 1900-luvulla vallinneita lämpöoloja.



Kuva 49. Vuoden keskilämpötila Oulangan kansallispuistossa jaksolla 1961–2020. Musta viiva kuvaa keskilämpötilan aluekeskiarvon vuotuista vaihtelua, harmaat viivat jaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvoja ja punertava katkoviiva tilastollisesti merkitsevää lineaarista trendiä.



Kuva 50. Keskimääräisen vuoden keskilämpötilan muutos Oulangan kansallispuistossa normaalikausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.



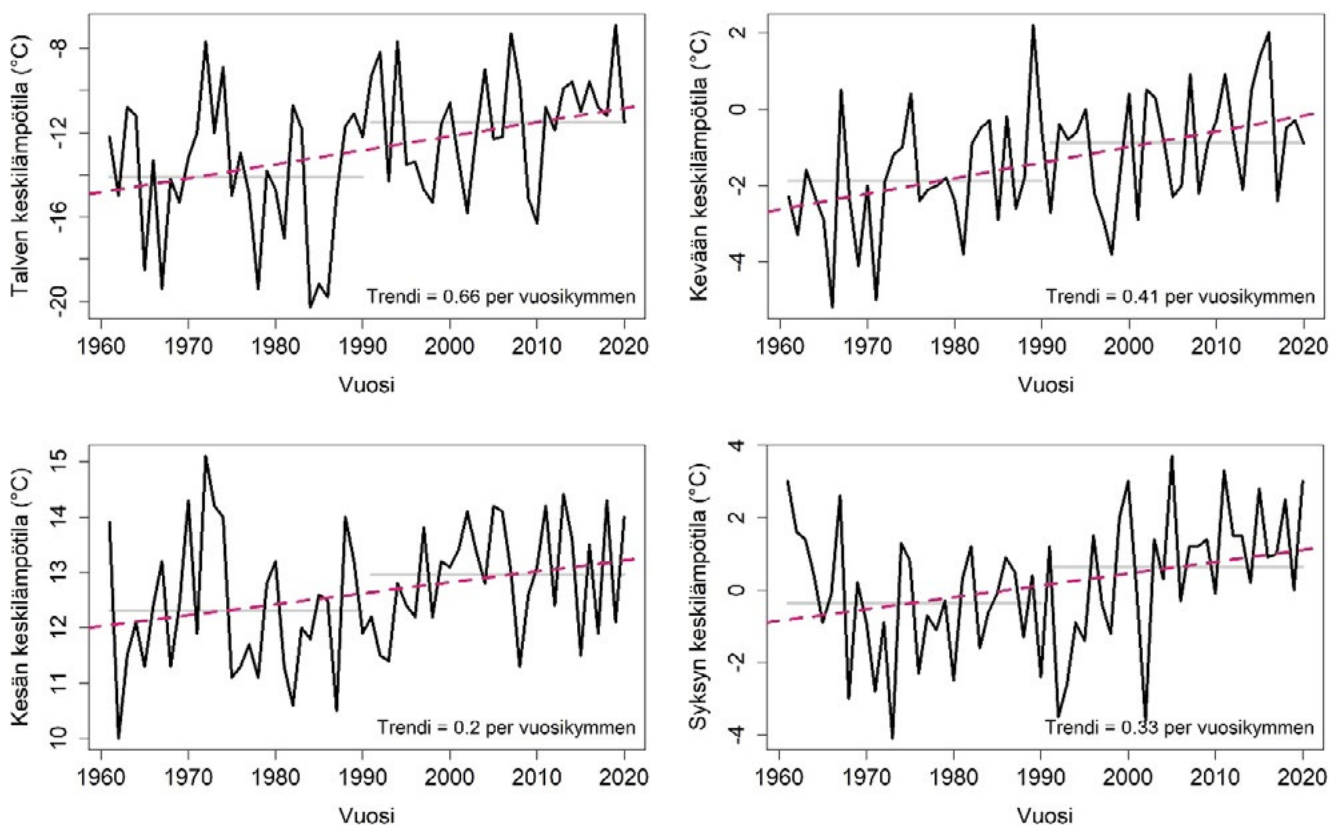
Kuva 51. Vuoden keskilämpötila ($^{\circ}\text{C}$) Oulangan kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaa laatikko) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kosteanlämmen ja leutotalvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanakaavion periaate on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

Vuodenaikojen keskilämpötila

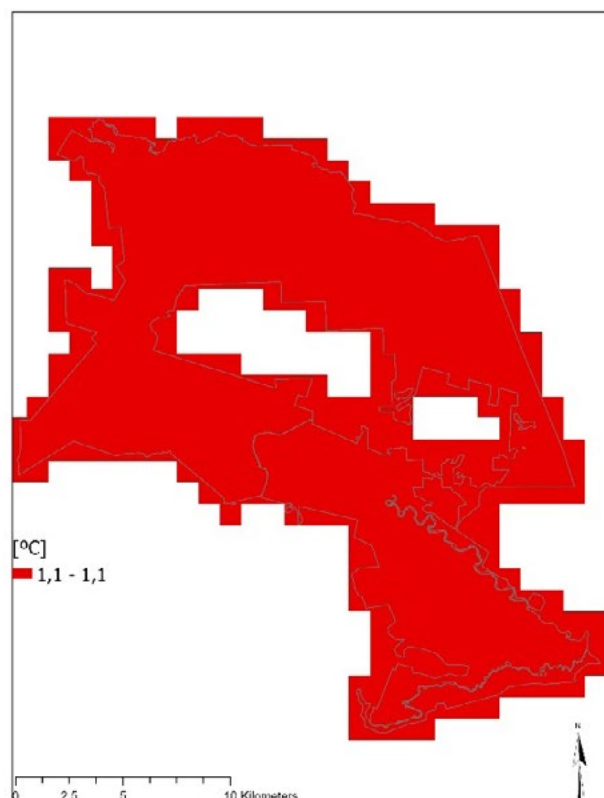
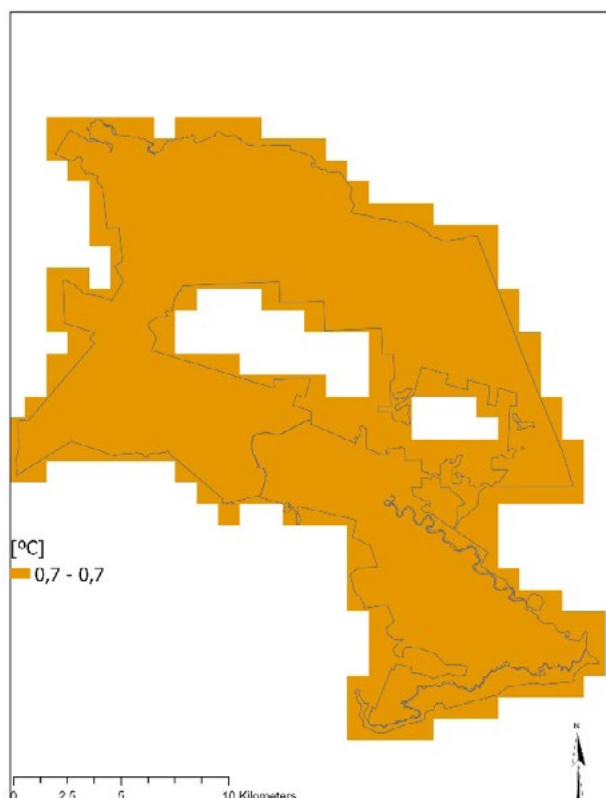
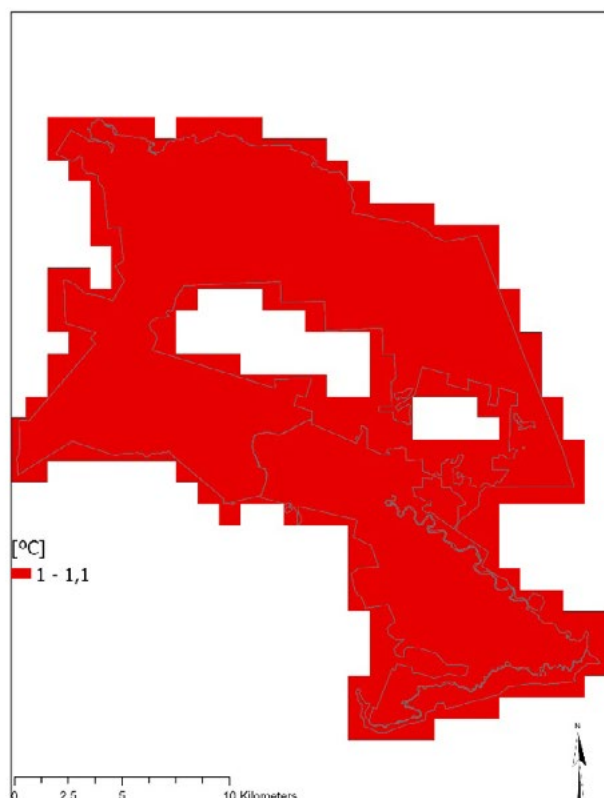
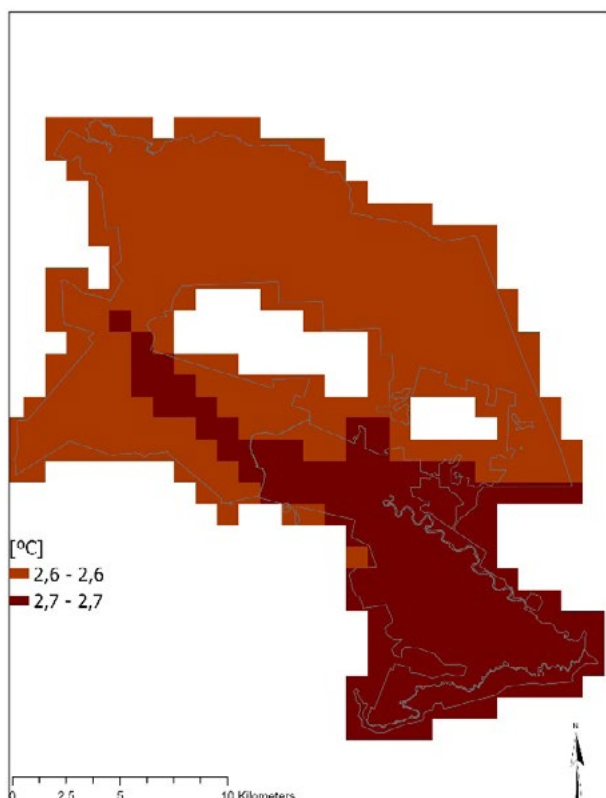
Kuvassa 52 ovat aikasarjagraafit, kuvassa 53 muutoskartat ja kuvassa 54 laatikkojanakaaviot.

Keskilämpötila on kohonnut kaikkina vuodenaikoina vertailukausien välillä, eniten talvella ($-14,1^{\circ}\text{C}$ – $-11,5^{\circ}\text{C}$) ja vähiten kesällä ($12,3^{\circ}\text{C}$ – $13,0^{\circ}\text{C}$). Keväällä keskilämpötilan nousu ($-1,9^{\circ}\text{C}$ – $-0,8^{\circ}\text{C}$) on ollut hieman nopeampaa kuin syksyllä ($-0,4^{\circ}\text{C}$ – $0,7^{\circ}\text{C}$). Molemmista ilmastotulevaisuuksissa keskilämpötila jatkaa kohoamista kaikkina vuodenaikoina. Kosteanlämpimässä ja leutotalvisessa ilmas-

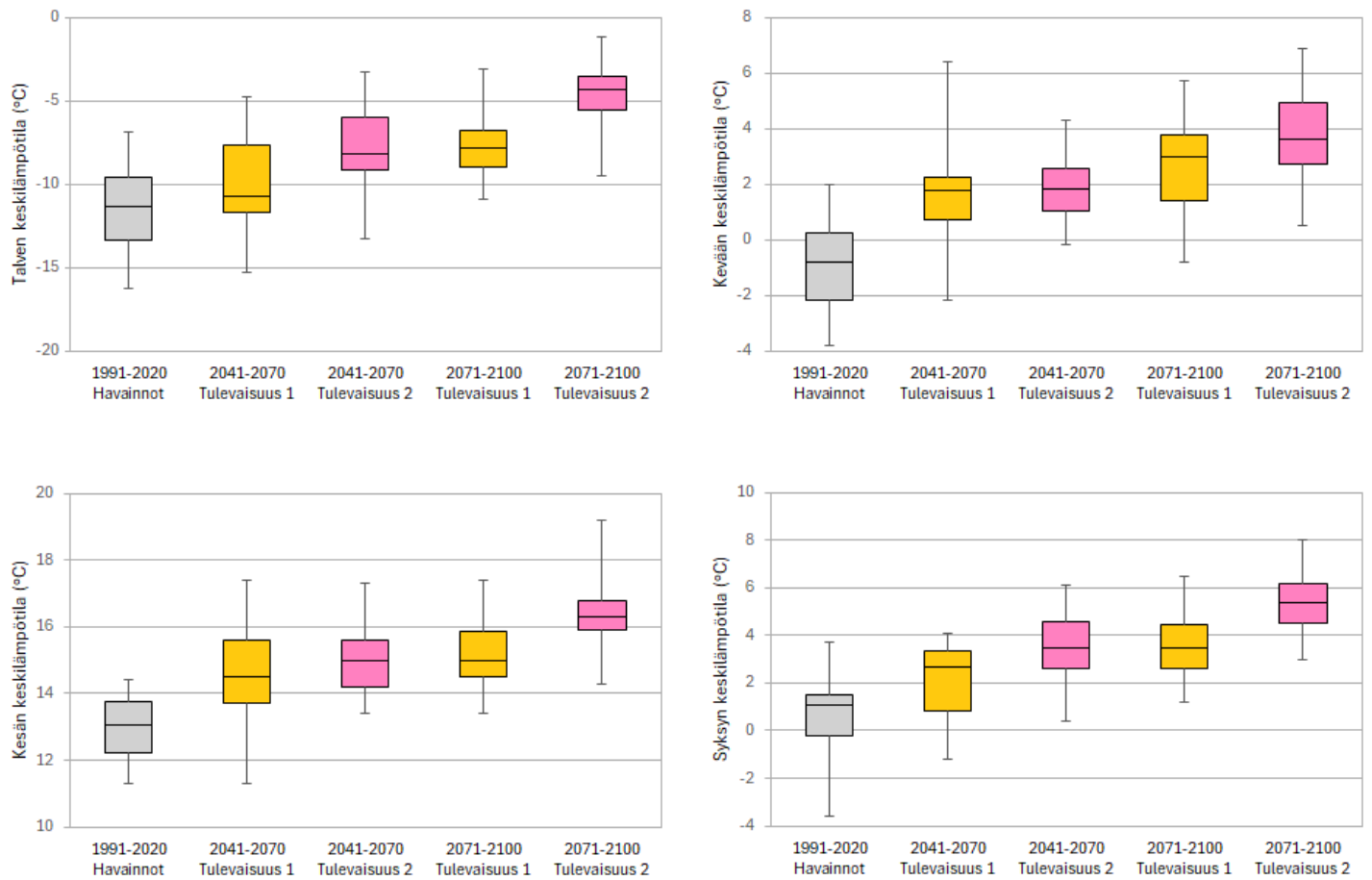
totulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) lämpötilan nousu on talvella paljon voimakkaampaa kuin kuivassa ja hitaasti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1), mutta kesällä valittujen ilmastotulevaisuuksien välinen ero keskilämpötilassa on pienempi. Kuitenkin myös kesät ovat kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa lämpimämpiä kuin hitaammin lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa, erityisesti myöhäisemmällä tulevaisuusjaksolla 2071–2100.



Kuva 52. Talven (joului-helmikuu; vasemmalla ylhäällä), kevään (maalii-toukokuu; oikealla ylhäällä), kesän (kesä-elokuu; vasemmalla alhaalla) ja syksyn (syys-marraskuu; oikealla alhaalla) keskilämpötila Oulangan kansallispuistossa jaksolla 1961–2020. Musta viiva kuvaa keskilämpötilan aluekeskiarvojen vuotuista vaihtelua, harmaat viivat jaksojen 1961–1990 ja 1991–2020 keskiarvoja ja punertava katkoviiva tilastollisesti merkitsevää lineaarista trendiä.



Kuva 53. Talven (joulu-helmikuu; vasemmalla ylhäällä), kevään (maalis-toukokuu; oikealla ylhäällä), kesän (kesä-elokuu; vasemmalla alhaalla) ja syksyn (syys-marraskuu; oikealla alhaalla) keskilämpötilan muutos Oulungan kansallispuistossa normaalikausien 1991–2020 ja 1961–1990 välillä.



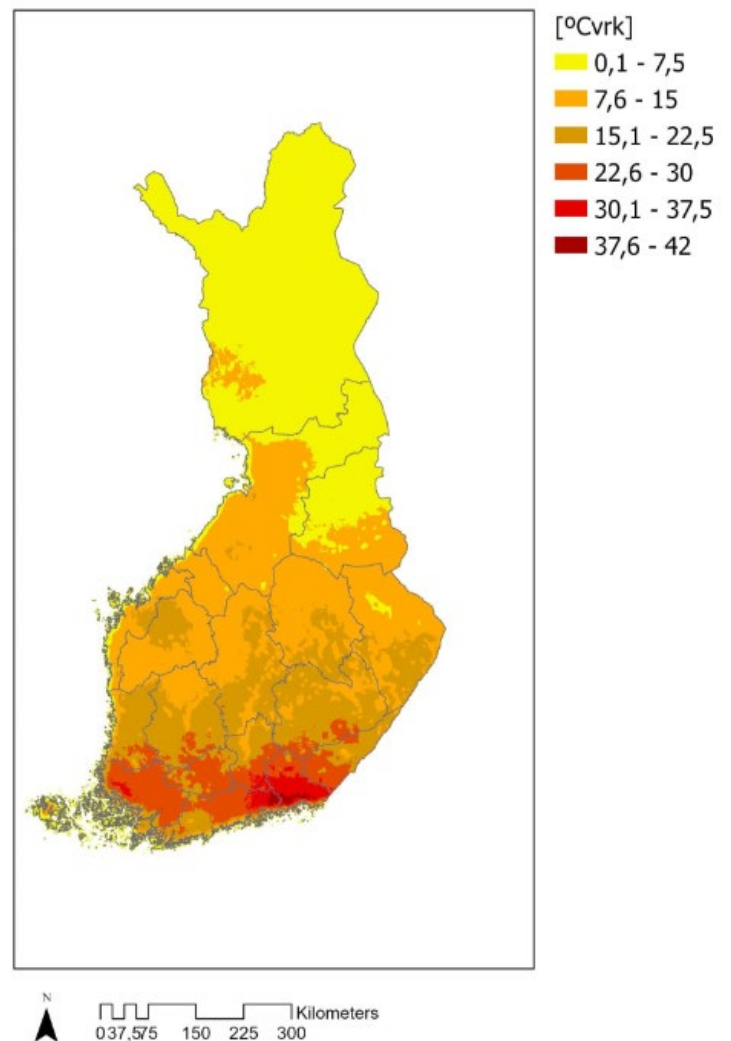
Kuva 54. Talven (joului-helmikuu; vasemmalla ylhäällä), kevään (maalii-toukokuu; oikealla ylhäällä), kesän (kesä-elokuu; vasemmalla alhaalla) ja syksyn (syys-marraskuu; oikealla alhaalla) keskilämpötila (°C) Oulangan kansallispuistossa vuosien 1991–2020 havaitussa ilmastossa (harmaat laatikot) sekä ilmastotulevaisuuksien 1 (kuiva ja vuosisadan loppua kohti hitaanlaisesti lämpenevä tulevaisuus; keltaiset laatikot) ja 2 (kosteanlämmiin ja leutotalvinen tulevaisuus; pinkit laatikot) mukaisissa ilmastoissa vuosina 2041–2070 ja 2071–2100. Laatikkojanakaavion periaate on selitetty kuvan 3 yhteydessä.

3.3 Koko Suomen ilmastomittarit

Seuraavilla kartoilla (kuvat 55–66) on kuvattu kuuden bioilmastoindikaattorin (hellesumma, vesitase, lumena tulleen sateen määrä, vesisateen määrä, tammikuun keskilämpötila ja heinäkuun keskilämpötila) keskimääräinen alueellinen vaihtelu sekä nykyilmastossa (jaksolla 1991–2020) että tulevaisuudessa (jaksot 2041–2070 ja 2071–2100, Tulevaisuudet 1 ja 2).

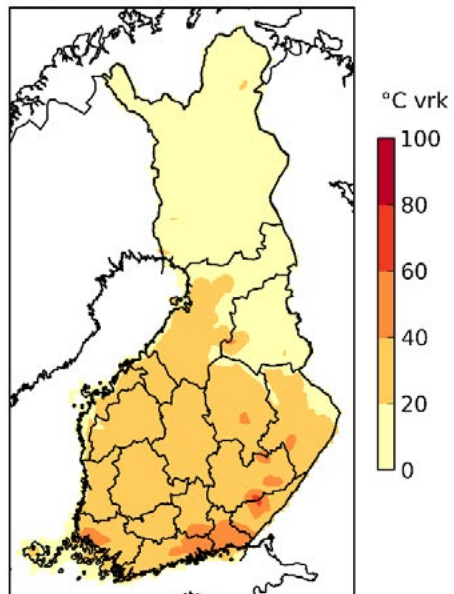
Hellesumma

Hellesumma on keskimäärin suurin Etelä- ja Kaakkois-Suomen sisämaassa, jossa hellesumman keskimääräiset arvot olivat jaksolla 1991–2020 noin 20–40 astepäivää. Pohjois-Suomessa hellesummaa kertyy keskimääräisenä vuotena alle kymmenen astepäivää. Vuoden keskilämpötilan voimakkaammasta noususta huolimatta kosteanlämpimässä ja leutoalvisessa ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) hellesummat kasvavat varsinkin Etelä-Suomessa hitaammin kuin kuivassa ja keskimäärin hitaammin lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1). Etenkään vuosisadan puolivälissä hellesummat eivät kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa ole sanottavasti kasvaneet jaksoon 1991–2020 verrattuna. Vuosisadan lopulla molemmissa ilmastotulevaisuuksissa keskimääräinen hellesumma saavuttaa 20 astepäivää paikoin muun muassa Oulun ja Inarin seuduilla, mikä tarkoittaa näillä alueilla noin 2–3-kertaisia hellesummia jakson 1991–2020 keskimääräisiin arvoihin verrattuna. Kuivassa ja hitaasti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa keskimääräinen hellesumma on vuosisadan lopulla Turun seudulla ja Kaakkois-Suomen sisämaassa paikoin noin 60–80 astepäivää, eli noin kaksinkertainen jakson 1991–2020 keskiarvoon verrattuna. Kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa hellesumma kasvaa Etelä-Suomessa maltillisesti.

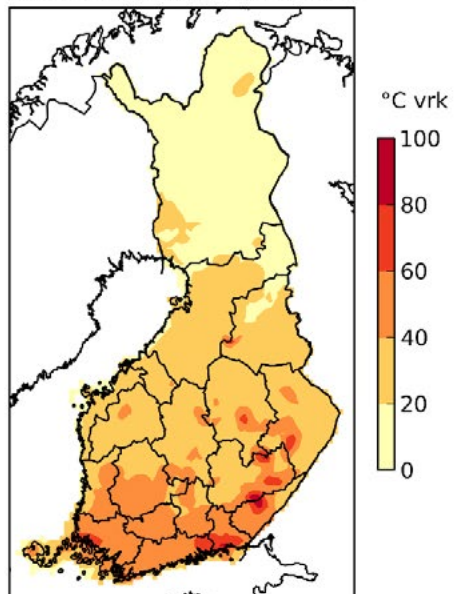


Kuva 55. Keskimääräinen hellesumma Suomessa vertailukaudella 1991–2020.

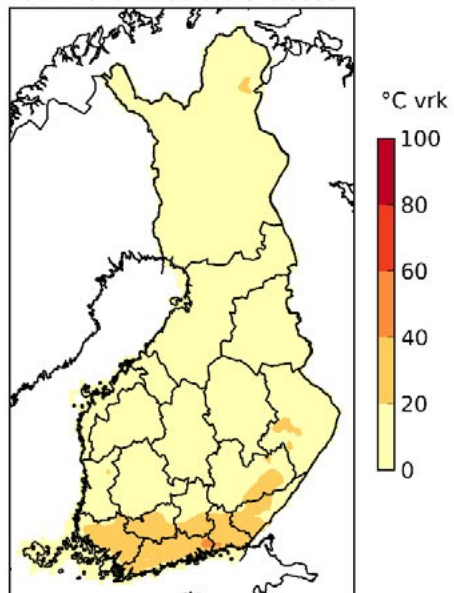
2041-2070 Ilmastotulevaisuus 1



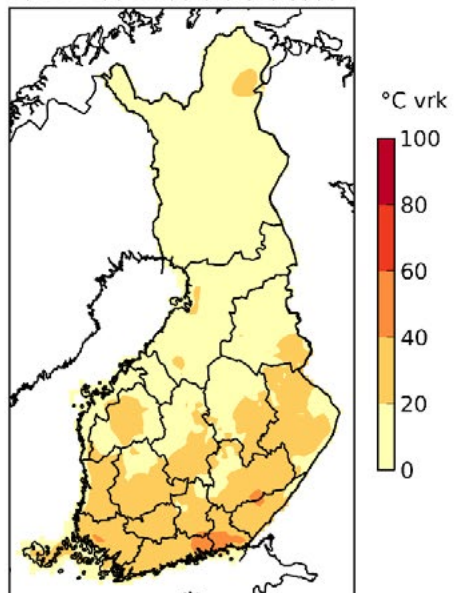
2071-2100 Ilmastotulevaisuus 1



2041-2070 Ilmastotulevaisuus 2



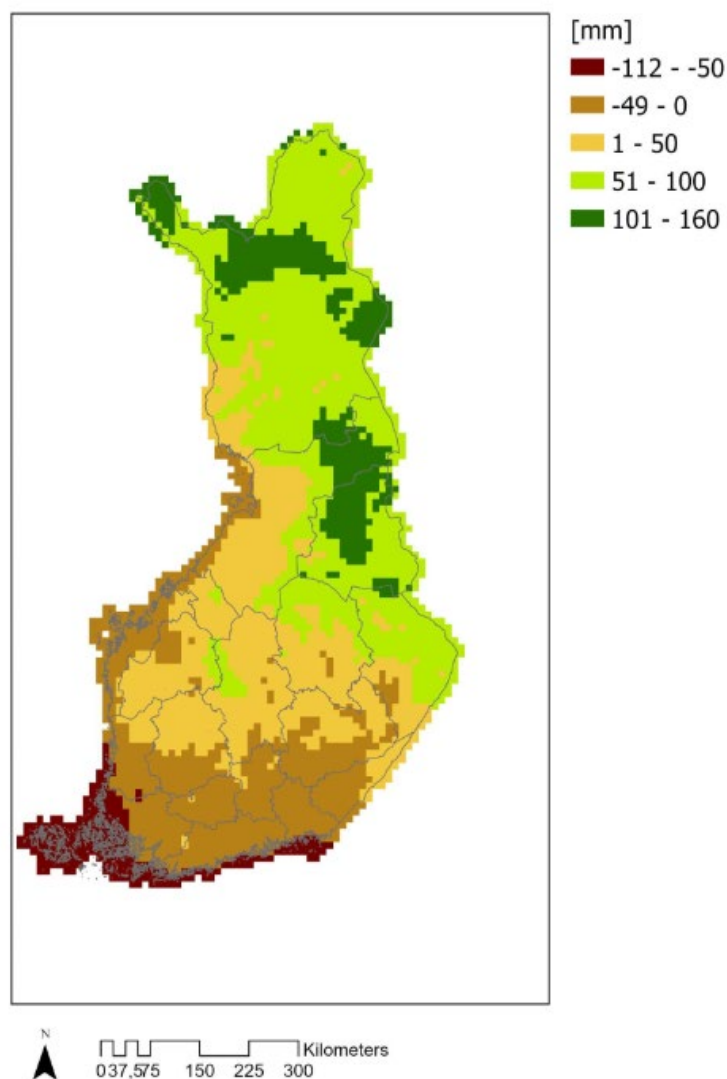
2071-2100 Ilmastotulevaisuus 2



Kuva 56. Hellesumma jaksoilla 2041–2070 ja 2071–2100 kahdessa ilmastotulevaisuudessa.

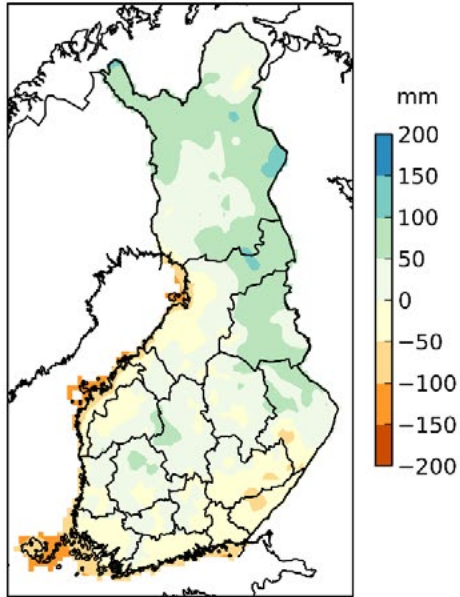
Vesitase

Kesäpuolella vuotta haihdunta ylittää keskimäärin sadannan Etelä-Suomessa ja länsirannikolla, eli vesitase on negatiivinen. Suurinta sadannan vajeus on lounaissaaristossa ja Suomenlahden rannikolla. Vastaavasti Itä- ja Pohjois-Suomessa sataa kesälläkin keskimäärin enemmän vettä kuin haihtuu. Kummassakaan ilmastotulevaisuudessa tämä perusasetelma ei suuresti muutu vuosisadan puoliväliin mennessä. Sen sijaan kuivassa ja hitaanpuoleisesti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1) huhti-syyskuun vesitase muuttuu vuosisadan lopulla negatiiviseksi suuressa osassa Suomea. Tämä johtuu ennen kaikkea haihdunnan voimistumisesta lämpenevässä ilmastossa. Vain Pohjois-Karjalassa, Kainuussa, Koillismaalla ja osassa Lappia vesitase säilyy lievästi positiivisena. Sen sijaan kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) sademäärän kasvu kompensoi lämpötilan noususta aiheutuvan haihdunnan voimistumisen ja vesitase säilyy rannikkoalueita lukuun ottamatta pääosin positiivisena. Tosin päälaen Lapin alueella vesitase kääntyy tässäkin ilmastotulevaisuudessa lievästi negatiiviseksi.

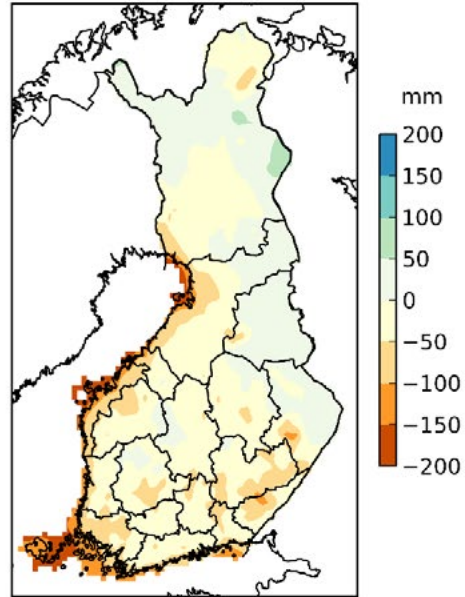


Kuva 57. Keskimääräinen huhti-syyskuun vesitase Suomessa vertailukaudella 1991–2020.

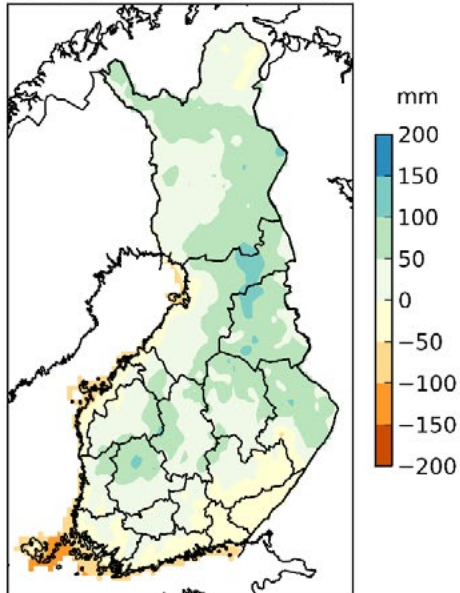
2041-2070 Ilmastotulevaisuus 1



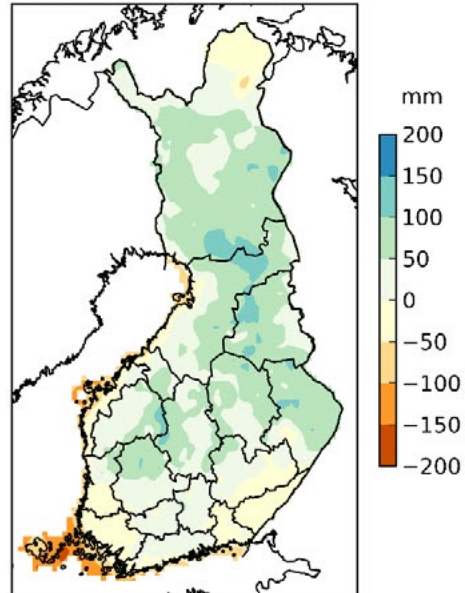
2071-2100 Ilmastotulevaisuus 1



2041-2070 Ilmastotulevaisuus 2



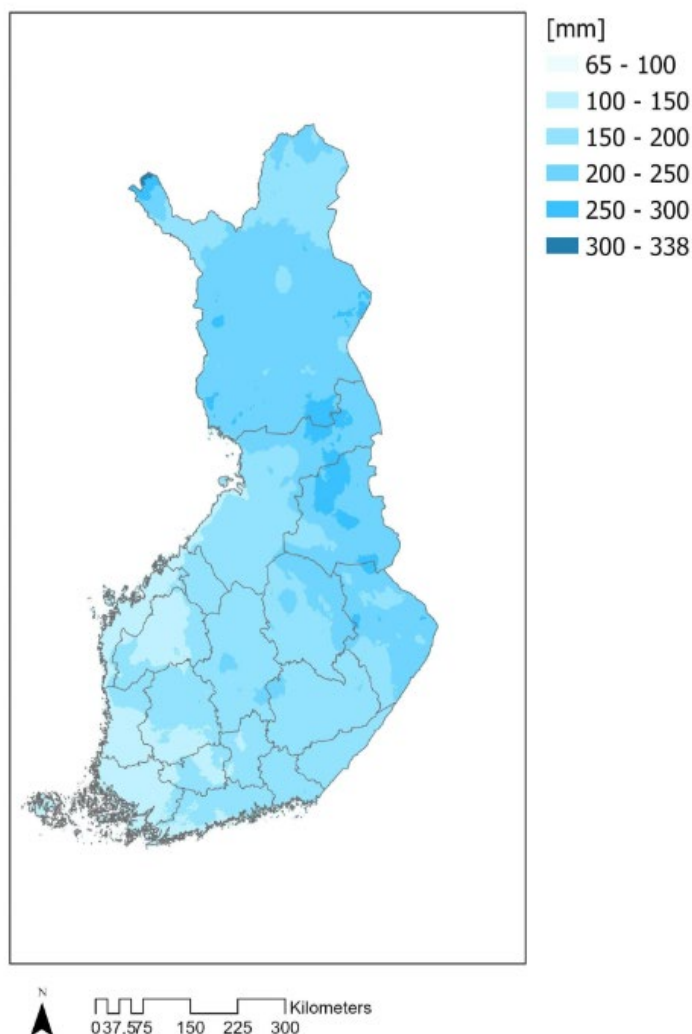
2071-2100 Ilmastotulevaisuus 2



Kuva 58. Huhti-syyskuun vesitase jaksoilla 2041–2070 ja 2071–2100 kahdessa ilmastotulevaisuudessa.

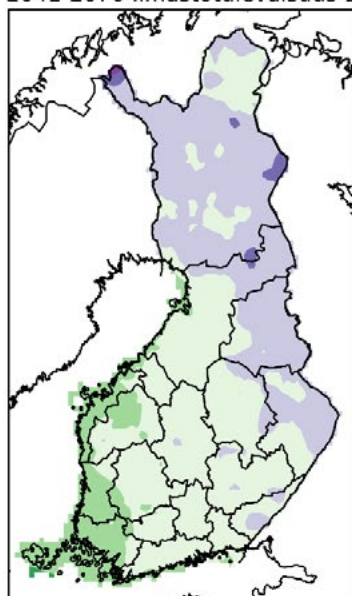
Lumena tulleen sateen määrä

Lunta sataa keskimäärin eniten Kainuun ja Koillismaan vaaraseuduilla sekä Käsivarren Lapin kärjessä. Näillä alueilla lumena tulevan sateen keskimääräinen määrä oli jaksolla 1991–2020 paikoin yli 250 mm vuodessa, Käsivarren kärjessä jopa yli 300 mm. Lapissa sekä osassa Itä-Suomea lumisateen määrä oli Käsivarren Lapin kainalonseutua sekä päälaen Lappia lukuun ottamatta yli 200 mm. Lounais-Suomessa sekä Etelä-Pohjanmaalla jäätiin alle 150 mm:n. Vuosisadan puoliväliin mennessä lumena tulevan sateen määrä pienenee molemmissa ilmastotulevaisuuksissa kautta maan osapuilleen noin 50 mm, ollen jaksolla 2041–2070 suuressa osassa Itä- ja Pohjois-Suomea 150–200 mm ja Lounais- ja Länsi-Suomessa alle 100 mm. Vuosisadan lopulla lumisateen määrä pienenee edelleen, ja muutos on suurempi kosteanlämpimässä leutotalvisessa ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) kuin hitaammin lämpenevässä kuivassa ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1). Kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa lumisateen osuus vuoden sademäärästä on vuosisadan lopulla koko Etelä- ja Länsi-Suomessa alle 100 mm ja Lounais-Suomessa alle 50 mm. Lapissakin se on laajalti alle 150 mm, päälaen Lapissa paikoin alle 100 mm. Edelleen lunta sataa eniten Kainuusta Itä-Lappiin ulottuvalla alueella ja toisaalta Käsivarren Lapissa sekä Pallas–Yllästunturien ympäristössä. Näillä alueilla päästään monin paikoin vielä 150–200 mm:n vuotuisiin lumisadekertymiin.

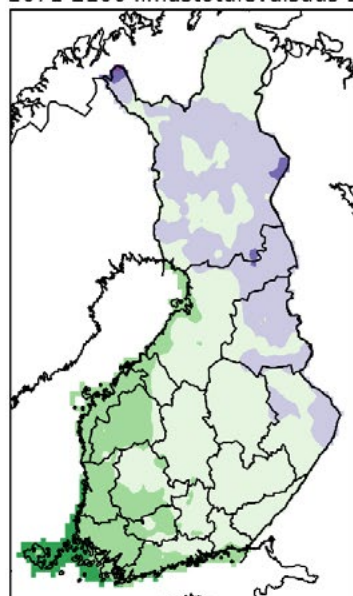


Kuva 59. Keskimääräinen lumena tulleen sateen määrä Suomessa vertailukaudella 1991–2020.

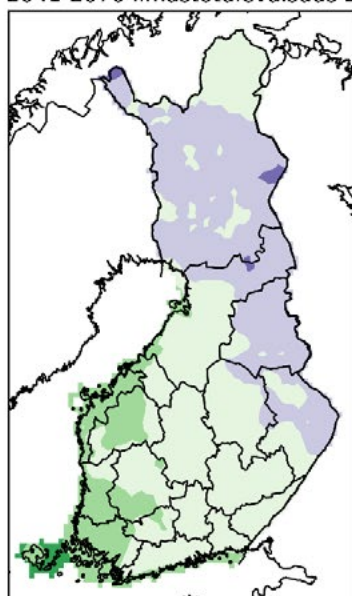
2041-2070 Ilmastotulevaisuus 1



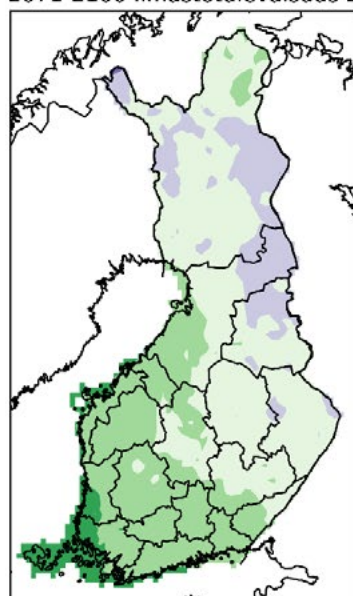
2071-2100 Ilmastotulevaisuus 1



2041-2070 Ilmastotulevaisuus 2



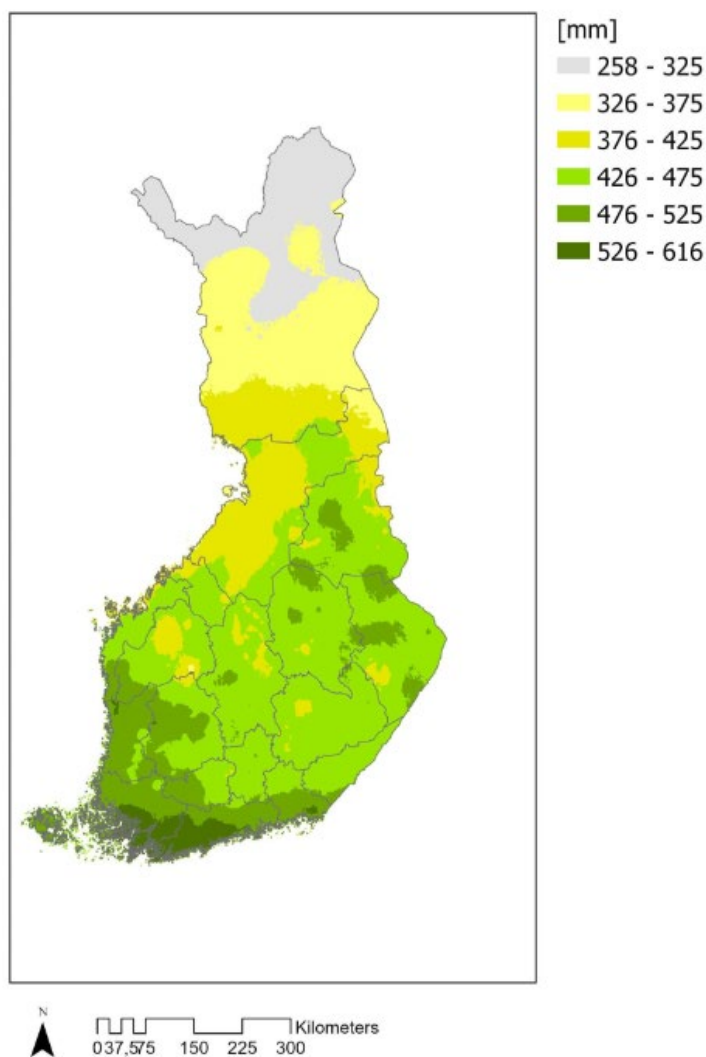
2071-2100 Ilmastotulevaisuus 2



Kuva 60. Lumena tulevan sateen määrä jaksoilla 2041–2070 ja 2071–2100 kahdessa ilmastotulevaisuudessa.

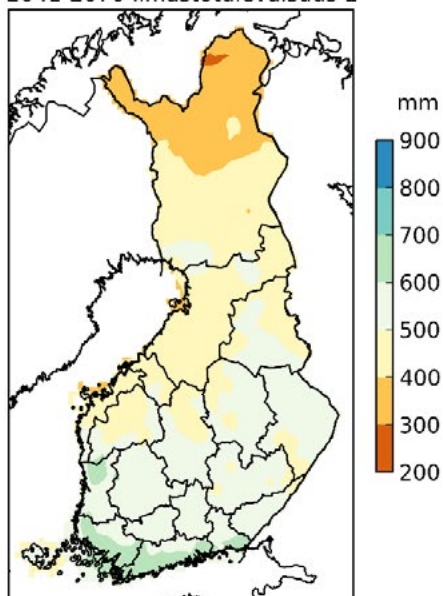
Vesisateen määrä

Vesisateen osuus vuoden sademäärästä pienenee etelästä pohjoista kohti mentäessä. Etelä-Suomessa vettä satoi jaksolla 1991–2020 enimmillään keskimäärin noin 500–600 mm, mutta Pohjois-Lapissa alle 300 mm. Toki myös kokonaissademäärä on Lapissa pienempi kuin Etelä-Suomessa. Kosteaneläimissä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) vesisateen keskimääräinen määrä on vuosisadan puolivälissä yli 500 mm vuodessa Etelä-Lappia myöten, aivan Pohjanmaan vähäsaateista rantaviivaa lukuun ottamatta. Laajalla alueella Etelä- ja Lounais-Suomea ja paikoin idässäkin vettä sataa keskimäärin yli 600 mm vuodessa. Myös kuivassa ja hitaammin lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1) päästään jaksolla 2041–2070 Etelä- ja Lounais-Suomessa paikoin yli 600 mm:n keskimääräisiin vuotuisiin vesisadekertymiin ja Etelä-Lappia myöten paikoin yli 500 mm:n kertymiin. Tässä ilmastotulevaisuudessa vesisateen määrä ei jaksojen 2041–2070 ja 2071–2100 välillä keskimäärin poikkea sanottavasti toisistaan, kun taas kosteaneläimissä ilmastotulevaisuudessa vetenä tulevan sateen määrä kasvaa merkittävästi vuosisadan lopulla. Etelä-Suomessa keskimääräinen vuosikeräytymä ylittää paikoin 800 mm ja se on Etelä-Lappiin asti laajalti 600–800 mm. Alle 400 mm:n jäädään keskimäärin vain paikoin Pohjois-Lapissa.

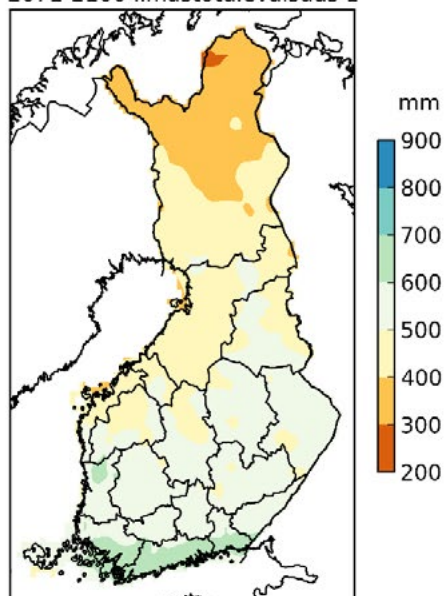


Kuva 61. Keskimääräinen vesisateen määrä Suomessa vertailukaudella 1991–2020.

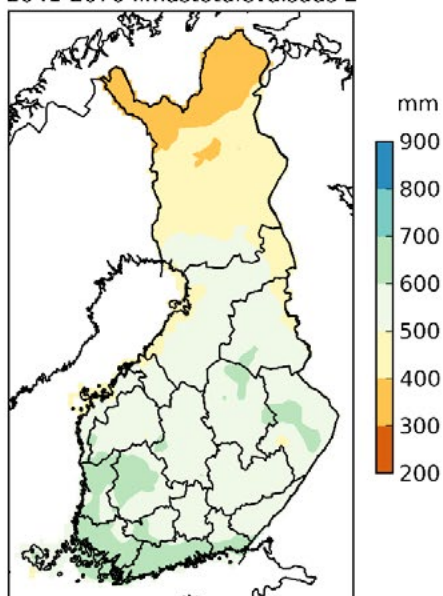
2041-2070 Ilmastotulevaisuus 1



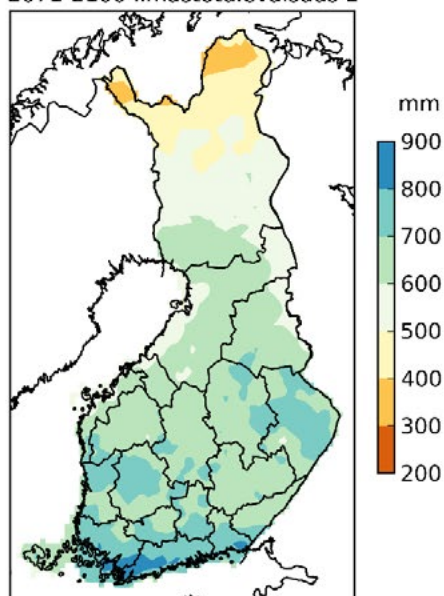
2071-2100 Ilmastotulevaisuus 1



2041-2070 Ilmastotulevaisuus 2



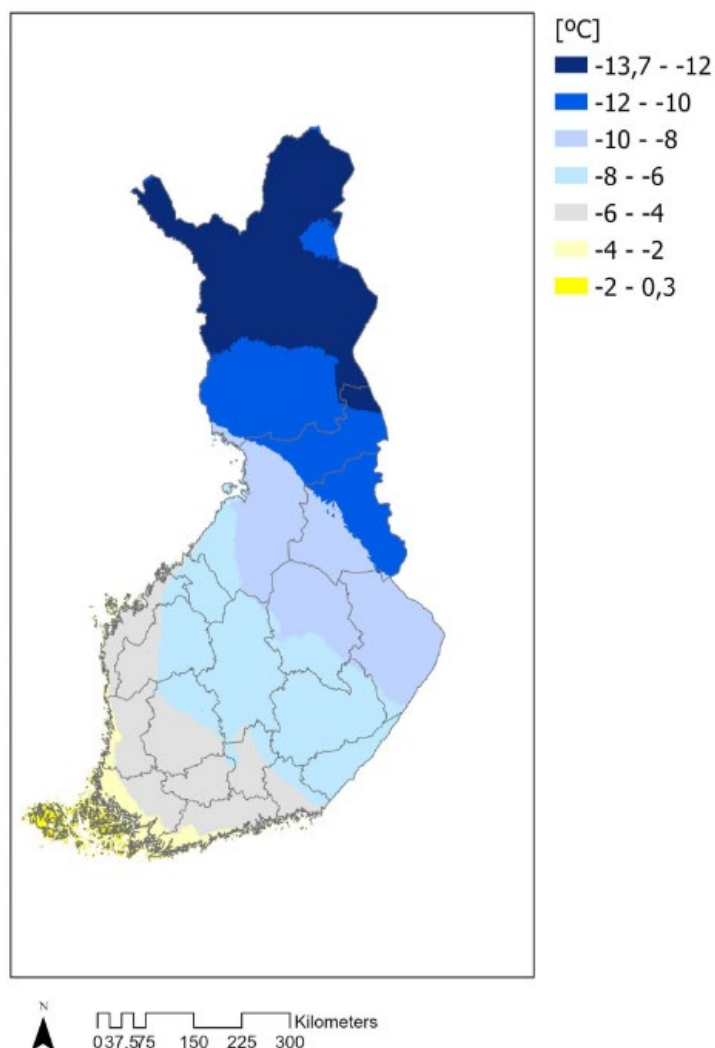
2071-2100 Ilmastotulevaisuus 2



Kuva 62. Vetenä tulevan sateen määrä jaksoilla 2041–2070 ja 2071–2100 kahdessa ilmastotulevaisuudessa.

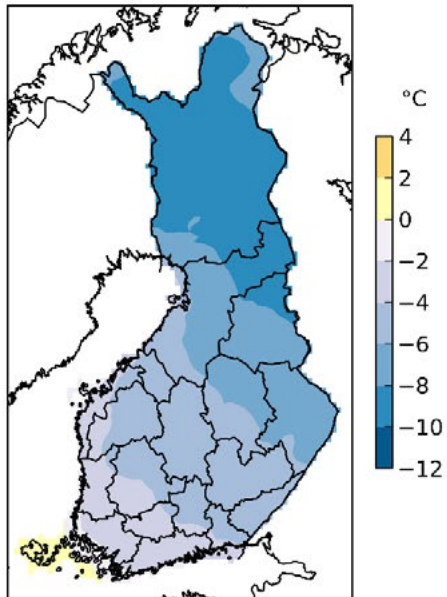
Tammikuun keskilämpötila

Tammikuun keskilämpötila vaihteli jaksolla 1991–2020 Ahvenanmaan noin -1 asteesta Keski- ja Pohjois-Lapin noin -13 asteeseen. Vuosisadan puolivälissä keskilämpötila nousee lounaissaaristossa molemmissa ilmastotulevaisuuksissa vähän plussan puolelle. Vuosisadan lopulla tammikuun keskilämpötila nousee leutotalvisessa ja kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) plussan puolelle koko rannikkoalueella Kotkasta Vaasaan asti sekä Lounais-Suomen sisämaassa. Lapissa tammikuun keskilämpötila on tässä ilmastotulevaisuudessa vuosisadan puolivälissä noin -10 astetta ja vuosisadan lopulla noin -5 astetta. Vuosisadan lopulla hitaasti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1) tammikuut ovat vuosisadan puolivälissä itse asiassa keskimäärin vähän leudompia kuin kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa, mutta vuosisadan lopulla lauhtuminen on hitaampaa, ja tammikuun keskilämpötila pysyy Etelä-Suomessa saaristoa lukuun ottamatta vähän pakkasen puolella, maan keskiosissa se on -5 asteen vaiheilla ja Lapissa kylmimmillään noin -8 astetta.

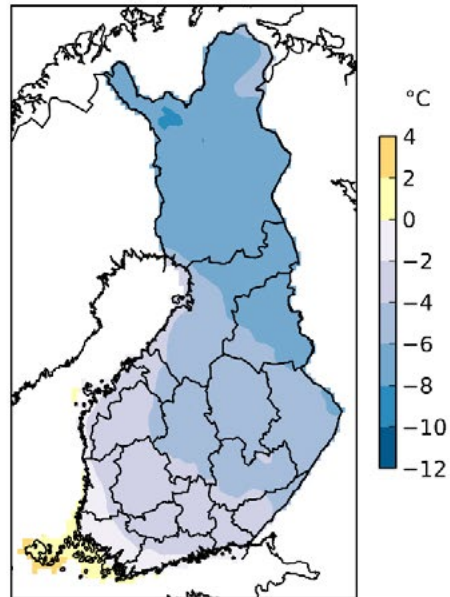


Kuva 63. Keskimääräinen tammikuun keskilämpötila Suomessa vertailukaudella 1991–2020.

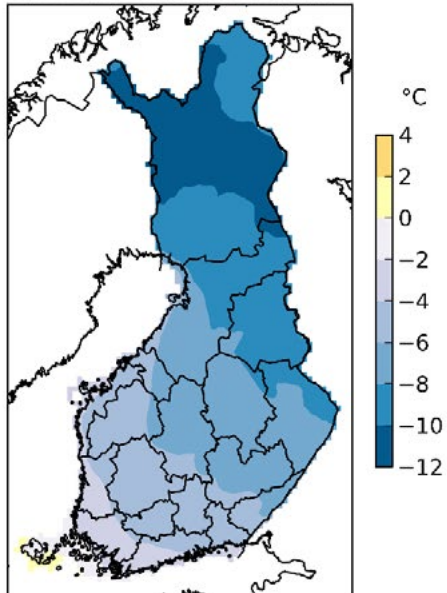
2041-2070 Ilmastotulevaisuus 1



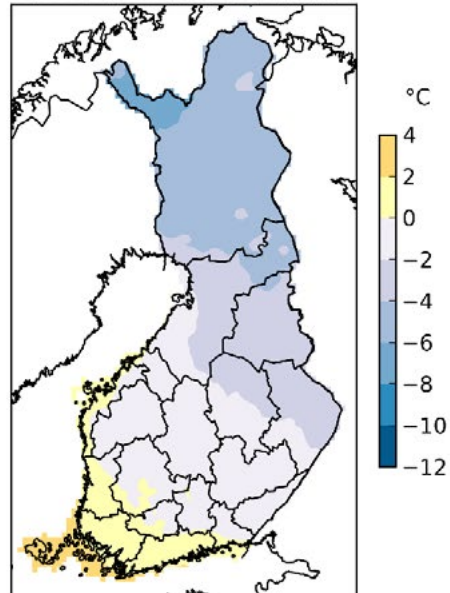
2071-2100 Ilmastotulevaisuus 1



2041-2070 Ilmastotulevaisuus 2



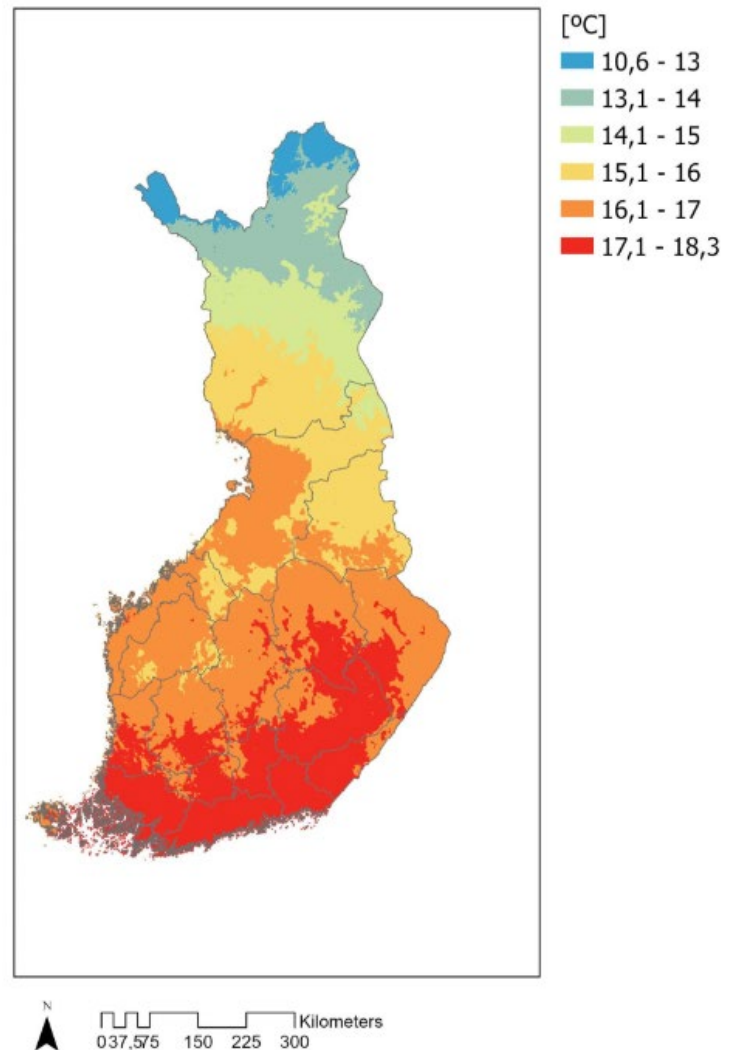
2071-2100 Ilmastotulevaisuus 2



Kuva 64, Tammikuun keskilämpötila jaksoilla 2041–2070 ja 2071–2100 kahdessa ilmastotulevaisuudessa.

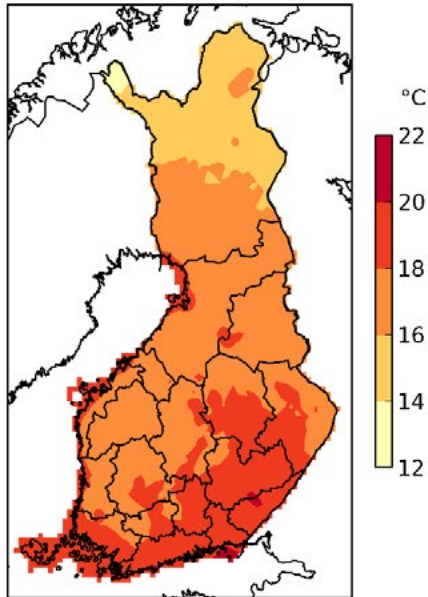
Heinäkuun keskilämpötila

Heinäkuun keskilämpötila oli jaksolla 1991–2020 maan etelä- ja keskiosissa noin 16–18 astetta, Keski-Lapissa noin 15 astetta ja pohjoisimman Lapin tunturialueilla alle 13 astetta. Vuosisadan puoliväliin mennessä keskilämpötila nousee molemmissa ilmastotulevaisuuksissa Keski-Lapin korkeudelle asti yli 16 asteeseen ja laajoilla alueilla Etelä- ja Itä-Suomessa yli 18 asteeseen. Heinäkuun keskilämpötilassa ei vuosisadan lopullakaan ole ilmastotulevaisuuksien välillä suurta eroa. Lapissa heinäkuut muuttuvat kuitenkin kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) jonkin verran lämpimämmiksi kuin hitaasti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1). Järvi-Suomessa ja etelärannikon läheisyydessä heinäkuun keskilämpötila saavuttaa molemmissa ilmastotulevaisuuksissa paikoin 20 asteen rajapyykin. Kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa keskilämpötila jää alle 16 asteeseen vain Käsivarren kärkiosissa ja Nuorgamin seudulla. Jo Inarijärven ympäristössä keskilämpötila saavuttaa molemmissa ilmastotulevaisuuksissa paikoin 18 astetta.

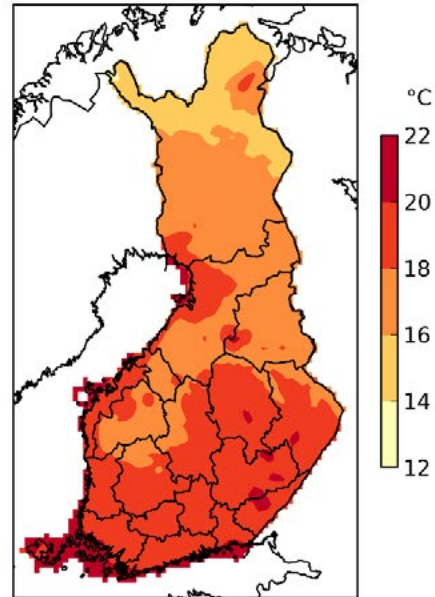


Kuva 65. Keskimääräinen heinäkuun keskilämpötila Suomessa vertailukaudella 1991–2020.

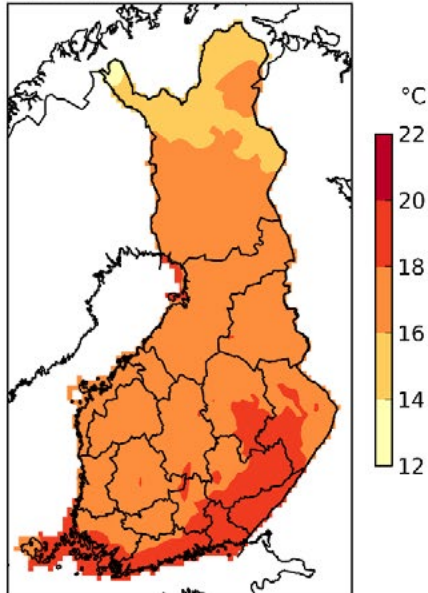
2041-2070 Ilmastotulevaisuus 1



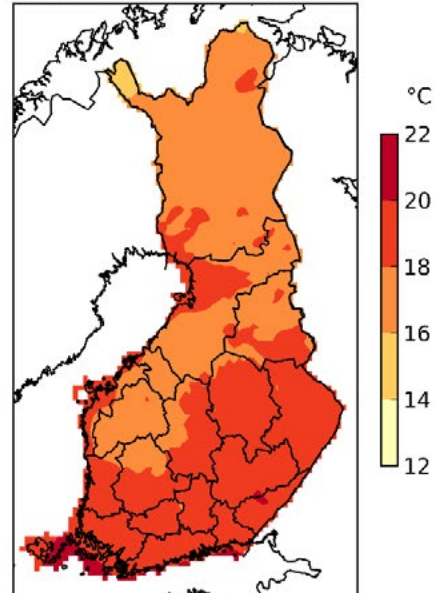
2071-2100 Ilmastotulevaisuus 1



2041-2070 Ilmastotulevaisuus 2



2071-2100 Ilmastotulevaisuus 2



Kuva 66. Heinäkuun keskilämpötila jaksoilla 2041–2070 ja 2071–2100 kahdessa ilmastotulevaisuudessa.

4 Keskeiset epävarmuudet

Tehtyihin tarkasteluihin liittyy joitakin epävarmuuslähteitä. Raportissa tehty tarkastelu ilmastomuuttujien havaituista muutoksista perustuu hila-aineistoon, joka on tuotettu sääasemakohtaisista havainnoista tilastolliseen interpolointimalliin perustuen. Yleisesti ottaen hila-aineisto kuvaa tarkasti mitattuja olosuhteita sääasemien kohdalla erityisesti lämpötilamuuttujien osalta (Aalto ym. 2016). Sääasemaverkostossa tapahtuu muutoksia ajan kuluessa (asemia lopetetaan, siirretään tai mittausinstrumentteja vaihdetaan) ja nämä muutokset saattavat heijastua myös hila-aineistoon vaikuttaen niistä laskettuihin ajallisiin trendeihin. Raportin tulokset perustuvat kuitenkin pitkän ajan sekä usean hilaruudun alueellisiin keskiarvoihin, jolloin tulosten epävarmuuksien odotetaan olevan maltillisia ajallisten muutosten osalta.

Bioilmastollisten muuttujien määrittelyt ovat myös alttiita epävarmuuksille. Esimerkkinä Suomessa käytetty termisen kasvukauden lämpötilan kynnsarvo (+5 °C) ei välttämättä ole optimaalinen esim. Pallaksen alueella tunturipaljakalla kasvaville, kylmään ilmastoon sopeutuneille kasvilajeille (esim. +3 °C voi olla sopivampi). Joidenkin muuttujien tuottaminen ilmastoaineistoista saattaa myös olla hyvin raskasta, jolloin laskentaa tulee yksinkertaistaa siinä hyödynnettävien muuttujien osalta (esim. vesitaseen laskennassa käytetty potentiaalinen haihdunta).

Ilmaston tulevaan kehitykseen liittyy huomattavaa epävarmuutta, joka voidaan jakaa kolmeen tekijään (Hawkins & Sutton 2009). Lyhyellä aikavälillä merkittävin epävarmuus-tekijä liittyy ilmaston luontaiseen vuosien väliseen vaihteluun. Pitkällä aikavälillä merkit-



Pallas–Yllästunturin kansallispuistossa sijaitseva Ilmatieteen laitoksen sääasema Sammaltunturin laella on yksi Suomen ja laajemman polaarisen alueen tärkeimmistä tutkimusinfrastruktuureista, ja se osallistuu lukuisiin eurooppalaisiin ja maailmanlaajuisiin tutkimusohjelmiin. Kuva: Heikki Sulander.

tävimmäksi epävarmuustekijäksi muodostuu ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuksien kehittymiseen liittyvä epävarmuus. Lisäksi on epävarmaa, miten voimakkaasti maapallon ilmastojärjestelmä reagoi ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuksien muutoksiin. Näiden epävarmuustekijöiden huomioimiseksi tässä työssä muodostettiin kaksi toisistaan poikkeavaa ilmastotulevaisuutta, jotka molemmat kuvaavat yhtä mahdollista ilmastolojen tulevaa kehityskulkua. Ilmastotulevaisuudet valittiin siten, että ottaen huomioon eri maailman valtioiden antamat sitoumukset ilmastomuutoksen hillintätoimista kumpikin tulevaisuudenkuva voisi olla tällä hetkellä arvioituna täysin mahdollinen. Kuitenkaan pelkästään kahdella tulevaisuudenkuvalla ei voida kattaa kaikkia tällä hetkellä arvioituna todennäköisiä ilmaston kehityskulkuja. Valitut kaksi ilmastotulevaisuutta kattavat paremmin sademäärän kuin lämpötilan tulevaan kehitykseen liittyvän epävarmuushaarukan. Etenkin mikäli ilmastomuutoksen hillintätoimissa tapahtuisi maailmanlaajuisesti odottamatonta edistymistä tai vaihtoehtoisesti, jos eri valtiot vetäytyvät jo antamistaan sitoumuksista ilmastomuutoksen hillitsemiseksi, voi lämpeneminen olla vähäisempää tai jopa paljon nopeampaa kuin tässä esitetyissä ilmastotulevaisuuksissa.

Myös yllättävien ja peruuttamattomien muutosten, niin sanottujen ilmaston keikahduspisteiden, todennäköisyys kasvaa sitä enemmän, mitä enemmän ilmasto maailmanlaajuisesti lämpenee (Armstrong McKay ym. 2022). Viime vuosina kasvavaa huolta on aiheuttanut mahdollisuus Atlantin meridionaalisen kiertoliikkeen (AMOC) pysähtymisestä, mikä voisi johtaa Suomessa keskilämpötilan merkittävään laskuun (Rahmstorf 2024, van Westen ym. 2024). Tieteellistä yksimielisyyttä ei kuitenkaan ole siitä, miten todennäköisesti AMOC voisi pysähtyä. Nykyiset ilmastomallit ennustavat virtauksen tasaista ja hidasta heikentymistä ilmaston lämpenemisen jatkuessa (Weijer ym. 2020, Baker ym. 2025), mutta eräiden arvioiden mukaan ilmastomallien mallintama AMOC on liian vakaa (Pöppelmeier ym. 2023) ja virtaus voisi pysähtyä romahduksenomaisesti jo kuluvin vuosisadan aikana (Ditlevsen & Ditlevsen 2023). Tämä ei ole kuitenkaan nykytiedon valossa todennäköinen skenaario, ja on myös mahdollista, että täydellisen pysähtymisen sijasta virtaus pysähtyisi vain osittain.

5 Yhteenveto ilmastotulevaisuuksista

Edellä esitetyt arviot tulevaisuuden ilmasto-oloista Pallas–Yllästunturin ja Oulangan kansallispuistojen alueilla perustuivat kahteen vaihtoehtoiseen ilmastotulevaisuuteen. Ilmastotulevaisuutta 1 luonnehtii vuosisadan loppua kohti hitaanlainen lämpötilan nousu ja sademäärien pysyminen likimain ennallaan. Verrattuna ilmastomallien keskimääräisiin ennusteisiin, tätä voidaan pitää kuivana vaihtoehtona ilmaston tulevasta kehityksestä. Ilmastotulevaisuutta 2 luonnehtii puolestaan erityisesti talvien voimakas lämpeneminen ja sademäärien melko voimakas kasvu. Tätä vaihtoehtoa voidaan siten pitää kosteanlämpimänä ja leutotalvisena tulevaisuudenkuvana.

Molemmissa ilmastotulevaisuuksissa selvimät muutokset liittyvät lämpötilan nousuun. Muutos on nopeampi ja voimakkaampi kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 2) kuin hitaanpuoleisesti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa (Tulevaisuus 1). Vuosisadan puolivälissä ilmastotulevaisuudet eivät kuitenkaan eroa toisistaan vielä niin paljoa kuin vuosisadan lopulla, joskin talvet lämpenevät jo vuosisadan puoliväliin mennessä selvästi enemmän kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa. Niinpä talven lämpötiloihin suoraan liittyvät muuttujat, mutta myös esimerkiksi kasvukauden pituus, saavuttavat tässä ilmastotulevaisuudessa jo vuosisadan puolivälissä saman tason kuin hitaammin lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa vuosisadan lopulla.



Tulevaisuudessa lumipeitteisen ajan ennustetaan lyhenevän, vähälumisten talvien yleistyvän ja talventulon muuttuvan vaikeammin ennakoitavaksi Oulangan kansallispuistossa. Samaan aikaan sademäärien ennustetaan kasvavan. Kuvassa Myllykosken tulentekopaikka Pienen Karhunkierroksen varrella. Kuva: Elina Odé.

Myös sademäärä muuttuu kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa huomattavasti enemmän kuin kuivassa ja hitaanpuoleisesti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa. Kuivassa ilmastotulevaisuudessa sademäärän muutokset ovat itse asiassa hyvin pieniä, mutta kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa sateisuus lisääntyy selvästi vuosisadan lopulla, jolloin ilmastotulevaisuuksien sadeilmastot eroavat selvästi toisistaan. Vielä vuosisadan puolivälissä sadeilmastojen ero on paljon pienempi. Sateisuuden lisääntyminen näkyy kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa kuivuuspäivien keskimääräisen lukumäärän vähenemisenä ja kuivien vuosien harvinaistumisena. Vastaavasti rankkasadepäiviä tässä ilmastotulevaisuudessa on vuosisadan lopun kesinä enemmän kuin kuivassa ilmastotulevaisuudessa. Molemmissa ilmastotulevaisuuksissa vuosien välinen vaihtelu jossain määrin kasvaa osassa sateisuuteen liittyvissä muuttujissa. Kuivassa ilmastotulevaisuudessa tämä voi merkitä kuivuuden yleistymistä. Muista tarkastelluista muuttujista poiketen ilman keskimääräinen kyllästysvajausta muuttuu (kasvaa) enemmän kuivassa ja hitaanpuoleisesti lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa kuin kosteanlämpimässä ilmastotulevaisuudessa.

Lumipeitteeseen liittyvät muuttujat osoittavat lumipeitteisen ajan lyhenevän ja lumipeitteen vuosien välisen vaihtelun kasvavan. Tämä näkyy etenkin vähälumisten talvien yleistymisenä. Molemmilla suojelualueilla alkaa vuosisadan aikana esiintyä talvia, jolloin lunta on selvästi vähemmän kuin mihin nykyilmastossa on totuttu. Myös pysyvän lumipeitteen tuloajankohdan vuosien välinen vaihtelu kasvaa, eli talventulon voisi sanoa muuttuvan aiempaa oikukkaammaksi ja vaikeammin ennakoitavaksi. Lumen väheneminen on kosteanlämpimässä ja leutotalvisessa ilmastotulevaisuudessa jonkin verran voimakkaampaa kuin hitaammin lämpenevässä ilmastotulevaisuudessa, mutta ilmastotulevaisuuksien välinen ero ei ole lumipeitteeseen liittyvissä muuttujissa yhtä selkeä kuin pelkästään lämpötilasta riippuvissa muuttujissa. Sateiden lisääntyminen näyttäisi siis osittain kompensoivan talvien voimakkaan lauhtumisen lumipeitettä vähentävää vaikutusta ilmastotulevaisuudessa 2.

Ilmastotulevaisuuksien väliset erot ovat molemmilla suojelualueilla hyvin samankaltaisia. Oulangan kansallispuiston alueella ilmasto on keskimäärin noin asteen verran lämpimämpi ja vuotuinen sademäärä on noin 10 % suurempi kuin Pallas-Yllästunturin kansallispuiston alueella, ja tämä alueiden ilmaston välinen ero säilyy ennallaan. Huomattavan vähälumisten talvien todennäköisyys kuitenkin kasvaa leutotalvisessa ilmastotulevaisuudessa aavistuksen nopeammin Oulangalla, alueen lauhemman ilmaston takia.

Lähteet

- Aalto, J., Pirinen, P. & Jylhä, K. 2016: New gridded daily climatology of Finland: Permutation-based uncertainty estimates and temporal trends in climate. – *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 121(8): 3807–3823. <doi.org/10.1002/2015JD024651>.
- , Lehtonen, I., Pirinen, P., Aapala, K. & Heikkinen, R. K. 2023: Bioclimate change across the protected area network of Finland. – *Science of The Total Environment* 893, 164782. <doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164782>.
- Armstrong McKay, D. I., Staal, A., Abrams, J. F., Winkelmann, R., Sakschewski, B., Loriani, S., Fetzer, I., Cornell, S. E., Rockström, J. & Lenton, T. M. 2022: Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. – *Science* 377, eabn7950. <doi.org/10.1126/science.abn7950>.
- Baker, J. A., Bell, M. J., Jackson, L. C., Vallis, G. K., Watson, A. J. & Wood, R. A. 2025: Continued Atlantic overturning circulation even under climate extremes. – *Nature* 638: 987–994. <doi.org/10.1038/s41586-024-08544-0>.
- Ditlevsen, P. & Ditlevsen, S. 2023: Warning of a forthcoming collapse of the Atlantic meridional overturning circulation. – *Nature Communications* 14, 4254. <doi.org/10.1038/s41467-023-39810-w>.
- Hausfather, Z. & Peters, G. P. 2020: Emissions – the ‘business as usual’ story is misleading. – *Nature* 577: 618–620. <doi.org/10.1038/d41586-020-00177-3>.
- Hawkins, E. & Sutton, R. 2009: The potential to narrow uncertainty in regional climate projections. – *Bulletin of the American Meteorological Society* 90: 1095–1108. <doi.org/10.1175/2009BAMS2607.1>.
- Hazeleger, W., Wang, X., Severijns, C., Ștefănescu, S., Bintanja, R., Sterl, A., Wyser, K., Semmler, T., Yang, S., van den Hurk, B., van Noije, T., van der Linden, E. & van der Wiel, K. 2012: EC-Earth V2.2: description and validation of a new seamless earth system prediction model. – *Climate Dynamics* 39: 2611–2629. <>. <https://doi.org/10.1007/s00382-011-1228-5>
- , Severijns, C., Semmler, T., Ștefănescu, S., Yang, S., Wang, X., Wyser, K., Dutra, E., Baldasano, J. M., Bintanja, R., Bougeault, P., Caballero, R., Ekman, A. M. L., Christensen, J. H., van den Hurk, B., Jimenez, P., Jones, C., Kållberg, P., Koenigk, T., McGrath, R., Miranda, P., van Noije, T., Palmer, T., Parodi, J. A., Schmith, T., Selten, F., Storelvmo, T., Sterl, A., Tapamo, H., Vancoppenolle, M., Viterbo, P., & Willén, U. 2010: EC-Earth: a seamless Earth-system prediction approach in action. – *Bulletin of the American Meteorological Society* 91: 1357–1364. <doi.org/10.1175/2010BAMS2877.1>.
- Honkaniemi, J., Albrich, K., Repo, A., Aalto, J., Graf, L., Haikarainen, S., Huitu, O., Hantula, J., Hynynen, J., Jantunen, A., Kolstela, J., Lehtonen, I., Matala, J., Nikula, A., Poutanen, J., Salminen, H. & Vauhkonen, J. 2024: Multifunctional forests and their risks under climate change. – *Natural Resources and bioeconomy studies* 28/2024. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 59 s. <urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-896-6>.

- IPCC 2021: Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., & Zhou, B. (toim.)]. – Cambridge University Press, Cambridge ja New York. 2391 s. <ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.
- Jacob, D., Teichmann, C., Sobolowski, S., Kartagkou, E., Anders, I., Belda, M., Benestad, R., Boberg, F., Buonomo, E., Cardoso, R. M., Casanueva, A., Christensen, O. B., Hesselbjerg Christensen, J., Coppola, E., De Cruz, L., Davin, E. L., Dobler, A., Domínguez, M., Fealy, R., Fernandez, J., Angel Gaertner, M., García-Díez, M., Giorgi, F., Gobiet, A., Goergen, K., José Gómez-Navarro, J., Jesús González Alemán, J., Gutiérrez, C., Gutiérrez, J. M., Güttler, I., Haensler, A., Halenka, T., Jerez, S., Jiménez-Guerrero, P., Jones, R. G., Keuler, K., Kjellström, E., Knist, S., Kotlarski, S., Maraun, D., van Meijgaard, E., Marcogliano, P., Pedro Montávez, J., Navarra, A., Nikulin, G., de Noblet-Ducoudré, N., Panitz, H.-J., Pfeifer, S., Piazza, M., Pichelli, E., Pietikäinen, J.-P., Prein, A. F., Preusschmann, S., Rechid, D., Rockel, B., Romera, R., Sánchez, E., Sieck, K., Soares, P. M. M., Somot, S., Srnec, L., Sørland, S. L., Termonia, P., Truhetz, H., Vautard, R., Warrach-Sagi, K. & Wulfmeyer, V. 2020: Regional climate downscaling over Europe: perspectives from the EURO-CORDEX community. – *Regional Environmental Change* 20, 51. <doi.org/10.1007/s10113-020-01606-9>.
- Keuler, K., Radtke, K., Kotlarski, S. & Lüthi, D. 2016: Regional climate change over Europe in COSMO-CLM: Influence of emission scenario and driving global model. – *Meteorologische Zeitschrift* 25: 121–136. <doi.org/10.1127/metz/2016/0662>.
- Kotlarski, S., Keuler, K., Christensen, O. B., Colette, A., Déqué, M., Gobiet, A., Goergen, K., Jacob, D., Lüthi, D., van Meijgaard, E., Nikulin, G., Schär, C., Teichmann, C., Vautard, R., Warrach-Sagi, K. & Wulfmeyer, V. 2014: Regional climate modeling on European scales: a joint standard evaluation of the EURO-CORDEX RCM ensemble. – *Geoscientific Model Development* 7: 1297–1333. <doi.org/10.5194/gmd-7-1297-2014>.
- Lehtonen, I., Utriainen, L., Seppänen, J., Leijala, U., Särkkä, J., Pettersson, H. & Jylhä, K. 2024: Ilmastomuutoksen skenaariot väylänpidossa. – Väyläviraston julkaisu 15/2024. Väylävirasto, Helsinki. 92 s. <urn.fi/URN:ISBN:978-952-405-153-8>.
- Metzger, M. J., Bunce, R. G. H., Jongman, R. H. G., Sayre, R., Trabucco, A. & Zomer, R. 2013: A high-resolution bioclimate map of the world: A unifying framework for global biodiversity research and monitoring. – *Global Ecology and Biogeography* 22(5): 630–638. <doi.org/10.1111/geb.12022>.
- Niskanen, A. K. J., Niittynen, P., Aalto, J., Väre, H. & Luoto, M. 2019: Lost at high latitudes: Arctic and endemic plants under threat as climate warms. – *Diversity and Distributions* 25(5): 809–821. <doi.org/10.1111/ddi.12889>.
- Pöppelmeier, F., Jeltsch-Thömmes, A., Lipold, J., Joos, F. & Stocker, T. 2023: Multiproxy constraints on Atlantic circulation dynamics since the last ice age. – *Nature Geoscience* 16: 349–356. <doi.org/10.1038/s41561-023-01140-3>.
- Rahmstorf, S. 2024: Is the Atlantic overturning circulation approaching a tipping point? – *Oceanography* 37(3): 16–29. <doi.org/10.5670/oceanog.2024.501>.
- Rantanen, M., Karpechko, A. Y., Lipponen, A., Nordling, K., Hyvärinen, O., Ruosteenoja, K., Vihma, T. & Laaksonen, A. 2022: The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. – *Communications Earth & Environment* 3(1), Article 1. <doi.org/10.1038/s43247-022-00498-3>.

- Repo, A., Albrich, K., Jantunen, A., Aalto, J., Lehtonen, I., & Honkaniemi, J. 2024: Contrasting forest management strategies: Impacts on biodiversity and ecosystem services under changing climate and disturbance regimes. – *Journal of Environmental Management* 371, 123124. <doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123124>.
- Riahi, K., Rao, S., Krey, V., Cho, C., Chirkov, V., Fischer, G., Kindermann, G., Nakicenovic, N. & Rafaj, P. 2011: RCP8.5 – A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *Climatic Change* 109: 33–57. <doi.org/10.1007/s10584-011-0149-y>.
- , van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Crespo Cuaresma, J., KC, S., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., Ebi, K., Hasegawa, T., Havlik, P., Humpenöder, F., Aleluia Da Silva, L., Smith, S., Stehfest, E., Bosetti, V., Eom, J., Gernaat, D., Masui, T., Rogelj, J., Strefler, J., Drouet, L., Krey, V., Luderer, G., Harmsen, M., Takahashi, K., Baumstark, L., Doelman, J. C., Kainuma, M., Klimont, Z., Marangoni, G., Lotze-Campen, H., Obersteiner, M., Tabeau, A. & Tavoni, M. 2017: The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: an overview. – *Global Environmental Change* 42: 153–168. <doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>.
- Ruosteenoja, K. & Jylhä, K. 2021: Projected climate change in Finland during the 21st century calculated from CMIP6 model simulations. – *Geophysica* 56(1): 39–69. <geophysica.fi/pdf/geophysica_2021_56_1_039_ruosteenoja.pdf>.
- Stevens, B., Giorgetta, M., Esch, M., Mauritsen, T., Crueger, T., Rast, S., Salzmann, M., Schmidt, H., Bader, J., Block, K., Brokopf, R., Fast, I., Kinne, S., Kornblueh, L., Lohmann, U., Pincus, R., Reichler, T. & Roeckner, E. 2012: Atmospheric component of the MPI-M Earth system model: ECHAM6. – *Journal of Advances in Modeling Earth Systems* 5: 146–172. <doi.org/10.1002/jame.20015>.
- Thomson, A. M., Calvin, K. V., Smith, S. J., Kyle, P., Volke, A., Patel, P., Delgado-Arias, S., Bond-Lamberty, B., Wise, M. A., Clarke, L. E. & Edmonds, J. A. 2011: RCP4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. – *Climatic Change* 109: 77–94. <doi.org/10.1007/s10584-011-0151-4>.
- van Meijgaard, E., van Ulft, L. H., Lenderink, G., de Roode, S. R., Wipfler, L., Boers, R. & Timmermans, R. M. A. 2012: Refinement and application of a regional atmospheric model for climate scenario calculations of Western Europe. – Technical Report KVR 054/12, National Research Programme Climate changes Spatial Planning, Wageningen. 45 s. <edepot.wur.nl/312258>.
- van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G. C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.-F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S. J. & Rose, S. K. 2011: The representative concentration pathways: an overview. – *Climatic Change* 109: 5–31. <doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>.
- van Westen, R. M., Kliphuis, M. & Dijkstra, H. 2024: Physics-based early warning signal shows that AMOC is on tipping course. – *Science Advances* 10(6), eadk1189. <doi.org/10.1126/sciadv.adk1189>.
- Weijer, W., Cheng, W., Garuba, O. A., Hu, A. & Nadiga, B. T. 2020: CMIP6 models predict significant 21st century decline of the Atlantic meridional overturning circulation. – *Geophysical Research Letters* 47(12), e2019GL086075. <doi.org/10.1029/2019GL086075>.

Liitteet

Liite 1 Bioilmastollisten indikaattoreiden muutokset yhteenvetotaulukkoina

Taulukko 1. Alue: Pallas–Ylläs.

Muuttuja	Tunnus-luku	Havainto 1991–2020	Tulevaisuus 1 2041–2070	Tulevaisuus 2 2041–2070	Tulevaisuus 1 2071–2100	Tulevaisuus 2 2071–2100
Lumen syvyys yli 20 cm, kesto	Minimi	124	70,7	24,5	43	28,3
Lumen syvyys yli 20 cm, kesto	Mediaani	174	145,4	142,2	129,1	119,9
Lumen syvyys yli 20 cm, kesto	Maksimi	204	179,5	187,1	185,9	170,2
Lumen syvyys yli 20 cm, alku	Minimi	299,9	309,4	311,3	312,5	318,3
Lumen syvyys yli 20 cm, alku	Mediaani	322,1	342,05	347,5	360,6	354,4
Lumen syvyys yli 20 cm, alku	Maksimi	358,3	404,8	440,9	421,3	444,5
Termisen talven alkupvm	Minimi	271,7	275	286	281,6	293,9
Termisen talven alkupvm	Mediaani	281,7	293,9	303,55	301,75	312,75
Termisen talven alkupvm	Maksimi	310,7	321,2	349	317,5	332
Kasvukauden lämpösumma	Minimi	519,8	639,5	692,2	857	1066,8
Kasvukauden lämpösumma	Mediaani	721,5	972,05	1022,8	1115	1276,5
Kasvukauden lämpösumma	Maksimi	963,2	1497,4	1264,5	1478,3	1590,1
10 päivän kuivuusjaksot	Minimi	1	2,9	0	1,6	0
10 päivän kuivuusjaksot	Mediaani	11,4	9,05	7,55	11,25	6,55
10 päivän kuivuusjaksot	Maksimi	27,8	31,3	28,4	30,5	28
Vuoden sademäärä	Minimi	422,7	402,5	357,1	365,5	544,7
Vuoden sademäärä	Mediaani	583,3	566,85	572,55	542,15	619,05
Vuoden sademäärä	Maksimi	737,5	731,8	709,5	709,2	854,6
Sulan maan ajan sademäärä	Minimi	190	223,3	205,3	235,5	316,2
Sulan maan ajan sademäärä	Mediaani	358,7	374,7	383,85	340,35	398,6
Sulan maan ajan sademäärä	Maksimi	500,8	478,9	501,9	520,6	542,5
Nollanohituspäivät	Minimi	0,6	0	2,8	3,3	5,6
Nollanohituspäivät	Mediaani	6,5	9,45	19,55	16,15	25,6
Nollanohituspäivät	Maksimi	17,2	29,6	33,6	40	38,5

Taulukko 2. Alue: Oulanka.

Muuttuja	Tunnus-luku	Havainto 1991–2020	Tulevaisuus 1 2041–2070	Tulevaisuus 2 2041–2070	Tulevaisuus 1 2071–2100	Tulevaisuus 2 2071–2100
Rankkasateiden lukumäärä	Minimi	1,1	2,6	1,7	1,4	1,9
Rankkasateiden lukumäärä	Mediaani	5,2	5,8	4,95	4,25	5,75
Rankkasateiden lukumäärä	Maksimi	10,4	11,3	10,4	10,7	11,6
Vuoden sademäärä	Minimi	406,4	476,7	457,1	389,1	569,3
Vuoden sademäärä	Mediaani	567,3	606,4	632,4	591,3	701,75
Vuoden sademäärä	Maksimi	731,7	780,9	862,9	847,9	920,8
Talven sademäärä	Minimi	56,6	42,3	80,8	62	68,6
Talven sademäärä	Mediaani	103,9	92,15	114,95	108,15	139,15
Talven sademäärä	Maksimi	178,1	149,7	190,6	157,9	215,1
Kevään sademäärä	Minimi	57,1	69,8	68	63,8	70,3
Kevään sademäärä	Mediaani	110,4	126	110,15	128,1	135,5
Kevään sademäärä	Maksimi	149	219,4	171,8	215,7	211,4
Kesän sademäärä	Minimi	71,8	125,2	85,1	83,1	165,3
Kesän sademäärä	Mediaani	209,5	213,45	222,25	182,55	235,9
Kesän sademäärä	Maksimi	353,4	313,5	344,8	276,4	380,9
Syksyn sademäärä	Minimi	77,4	78,5	114,6	97,6	92,9
Syksyn sademäärä	Mediaani	154,6	172,35	187,85	165,8	189,95
Syksyn sademäärä	Maksimi	222,1	277,5	272,2	278,9	258,1
Kuivuusjaksot	Minimi	0	0	0	0	0
Kuivuusjaksot	Mediaani	8,9	10,1	6,15	7,8	4,2
Kuivuusjaksot	Maksimi	28	29,3	26,4	29,3	27
Kasvukauden pituus	Minimi	101	124,1	133	110,6	156,3
Kasvukauden pituus	Mediaani	135,3	148	164,7	160,85	181,95
Kasvukauden pituus	Maksimi	155,6	174,7	210,9	191	211,9
10 cm lumipeitteen kesto	Minimi	141,3	110,4	78	90,6	67,7
10 cm lumipeitteen kesto	Mediaani	175,9	154,2	155,3	148,1	127,15
10 cm lumipeitteen kesto	Maksimi	217	191,6	192,9	185	162,1
10 lumipeitteen alkupvm	Minimi	287	285,3	298,7	309	308,9
10 lumipeitteen alkupvm	Mediaani	317,9	333,3	334,5	338,4	342,1
10 lumipeitteen alkupvm	Maksimi	346,2	383,6	390,9	382,7	401,3
20 cm lumipeitteen kesto	Minimi	112,7	71,6	39,9	56	1,9
20 cm lumipeitteen kesto	Mediaani	156,8	131	129,3	115,7	106,2
20 cm lumipeitteen kesto	Maksimi	188	169	187,6	166,4	143,1
Kyllästysvaja	Minimi	1,3	1,38	1,46	1,76	1,59
Kyllästysvaja	Mediaani	1,6	2,095	1,885	2,14	1,87
Kyllästysvaja	Maksimi	2,2	3,5	2,55	2,94	2,85

Muuttuja	Tunnus-luku	Havainto 1991–2020	Tulevaisuus 1 2041–2070	Tulevaisuus 2 2041–2070	Tulevaisuus 1 2071–2100	Tulevaisuus 2 2071–2100
Myöhäisen kevään pakkaset	Minimi	1,1	0	0	0	0
Myöhäisen kevään pakkaset	Mediaani	4,6	4,6	5,3	3,8	4,85
Myöhäisen kevään pakkaset	Maksimi	11,6	17,4	21,4	22,4	15,7
Vuoden keskilämpötila	Minimi	-2,1	0,3	0,4	2,1	3
Vuoden keskilämpötila	Mediaani	0,3	2,25	3,3	3,35	5,3
Vuoden keskilämpötila	Maksimi	2,3	4,3	4,7	5	7,2
Talven keskilämpötila	Minimi	-16,3	-15,3	-13,3	-10,9	-9,5
Talven keskilämpötila	Mediaani	-11,4	-10,7	-8,15	-7,85	-4,3
Talven keskilämpötila	Maksimi	-6,9	-4,8	-3,3	-3,1	-1,2
Kevään keskilämpötila	Minimi	-3,8	-2,2	-0,2	-0,8	0,5
Kevään keskilämpötila	Mediaani	-0,8	1,75	1,8	3	3,6
Kevään keskilämpötila	Maksimi	2	6,4	4,3	5,7	6,9
Kesän keskilämpötila	Minimi	11,3	11,3	13,4	13,4	14,3
Kesän keskilämpötila	Mediaani	13,1	14,5	15	15	16,3
Kesän keskilämpötila	Maksimi	14,4	17,4	17,3	17,4	19,2
Syksyn keskilämpötila	Minimi	-3,6	-1,2	0,4	1,2	3
Syksyn keskilämpötila	Mediaani	1,1	2,65	3,45	3,45	5,35
Syksyn keskilämpötila	Maksimi	3,7	4,1	6,1	6,5	8

Uusimmat Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisut

Sarja A

- No 252 Arnkil, A., Bäck, A., Haavisto, F., Keskinen, E., Kuningas, S., Laine, A., Nieminen, A., Puttonen, I., Raitanen, H. & Salovius-Laurén, S. 2024: Katsaus meriluonnon kunnostustöihin ja -menetelmiin Suomessa. 139 s.
- No 253 Ikkala, L. & Similä, M. (eds) 2024: Proposals for developing the monitoring of restored peat-lands – Experiences gained in Hydrology LIFE project for developing general and hydrological monitoring as well as setting up monitoring by remote sensing. 151 s.
- No 254 Karppinen, A., Nikula, R. & Viereikä, M. 2024: Eräpalvelujen virtavesikunnostukset 2020–2023 – loppuraportti. 64 s.
- No 255 Palviainen, H., Tenhunen, T., Teronen, P., Tolonen, S., Tuovinen, T., Vauramo, A. & Väli-Torala, T. 2024: Kulttuuriperinnön kuva 2023 – Metsähallituksen julkisten hallintotohtävien hallinnassa olevan kulttuuriomaisuuden kuva vuonna 2023. 53 s.
- No 256 Arnkil, A., Bäck, A., Haavisto, F., Keskinen, E., Kuningas, S., Laine, A., Nieminen, A., Puttonen, I., Raitanen, H. & Salovius-Laurén, S. 2024: A Review of Marine Nature Restoration Work and Methods Used in Finland. 139 s.
- No 257 Salo, E. & Huttunen, M. 2025: Kulttuuriperintöpotentiaalin selvitys rannikon laguunien ja jokisuistojen alueella sekä seitsemällä pilotikohteella – LIFE-IP Biodiversea-hanke. 90 s.

Sarja B

- No 268 Puranen, T. 2022: Liesjärven kansallispuiston kävijätutkimus 2021. 62 s.
- No 269 Tiikkainen, U. 2023: Sallan kansallispuiston ja Sallatunturin alueen kävijätutkimus 2022. 63 s.
- No 270 Haverinen, S. 2023: Patvinsuon kansallispuiston kävijätutkimus 2022. 66 s.
- No 271 Haverinen, S. 2023: Tiilikkajärven kansallispuiston kävijätutkimus 2022. 64 s.
- No 272 Metsähallitus 2023: Suojelualueiden hoidon ja käytön periaatteet. 245 s.
- No 273 Metsähallitus 2025: Principles of Protected Area Management in Finland. 254 s.

Sarja C

- No 182 Metsähallitus 2022: Helvetinjärven kansallispuiston hoito- ja käyttösuunnitelma. 109 s.
- No 183 Metsähallitus 2022: Pinkjärven ja Lastensuon hoito- ja käyttösuunnitelma. 99 s.
- No 184 Metsähallitus 2023: Koloveden kansallispuiston hoito- ja käyttösuunnitelma. 131 s.
- No 185 Metsähallitus 2023: Linnansaaren kansallispuiston hoito- ja käyttösuunnitelma. 157 s.
- No 186 Metsähallitus 2024: Seitsemisen kansallispuiston hoito- ja käyttösuunnitelma. 107 s.
- No 187 Metsähallitus 2025: Perämeren kansallispuiston, Perämeren saarten ja Röytän hoito- ja käyttösuunnitelma 2023–2037. 254 s.



ISSN-L 1235-6549
ISSN (VERKKOJULKAISU) 1799-537X
ISBN 978-952-377-150-5 (PDF)
JULKAISUT.METSA.FI