



SUOMEN  
ILMASTOPANEELI  
The Finnish Climate  
Change Panel

---

ILMASTONMUUTOS JA METSÄTUHOT  
- ANALYYSI ILMASTON LÄMPENEMISEN SEURAUKSISTA  
SUOMESSA

ANTTI ASIKAINEN, HELI VIIRI, SEPPO NEUVONEN, SEPPO NEVALAINEN,  
JUSSI LINTUNEN, JANI LATURI, JUSSI UUSIVUORI, LUONNONVARAKESKUS,  
ARI VENÄLÄINEN, ILARI LEHTONEN JA KIMMO RUOSTEENOJA, ILMATIETEEN  
LAITOS

**Suomen ilmastopaneeli**  
**1/2019**

## 1. Metsät EU:n ilmastopolitiikassa

Pariisin ilmastopöytäkirjassa maankäyttösektorin hiilinielut on nostettu tärkeään asemaan maiden ja koko maapallon ilmastomuutoksen hillinnän välineinä. Myös EU:n ilmastopolitiikassa maankäyttösektorista tulee oleellinen osa kasvihuonekaasujen päästöjen rajoittamiseen käytettävää keinovalikoimaa. Samalla kun maankäyttösektorille on asetettu kunnianhimoisia tavoitteita, uhkat sekä kasvillisuuden että maaperän hiilivarastojen pysyvyydelle ovat kasvaneet. IPCC:n 8.10.2018 julkaisemassa raportissa ilmastomuutos nähdään yhtenä suurimmista uhkista, joka voi heikentää kasvillisuuden ja erityisesti metsien kykyä sekä sitoa että pidättää hiiltä. Laajat abiottiset metsätuhot, hyönteisten sekä patogeenien aiheuttamat tuhot ovat yleistyneet ja sään ääri-ilmiöiden seurauksena esimerkiksi kuivuuden ja metsäpalojen aiheuttamien tuhojen arvioidaan edelleen lisääntyvän. Selvittääkseen tuhojen vaikutuksia metsien hiilitaseisiin Suomen ilmastopaneeli käynnisti hankkeen, jonka toteuttajina olivat Luonnonvarakeskus ja Ilmatieteenlaitos.

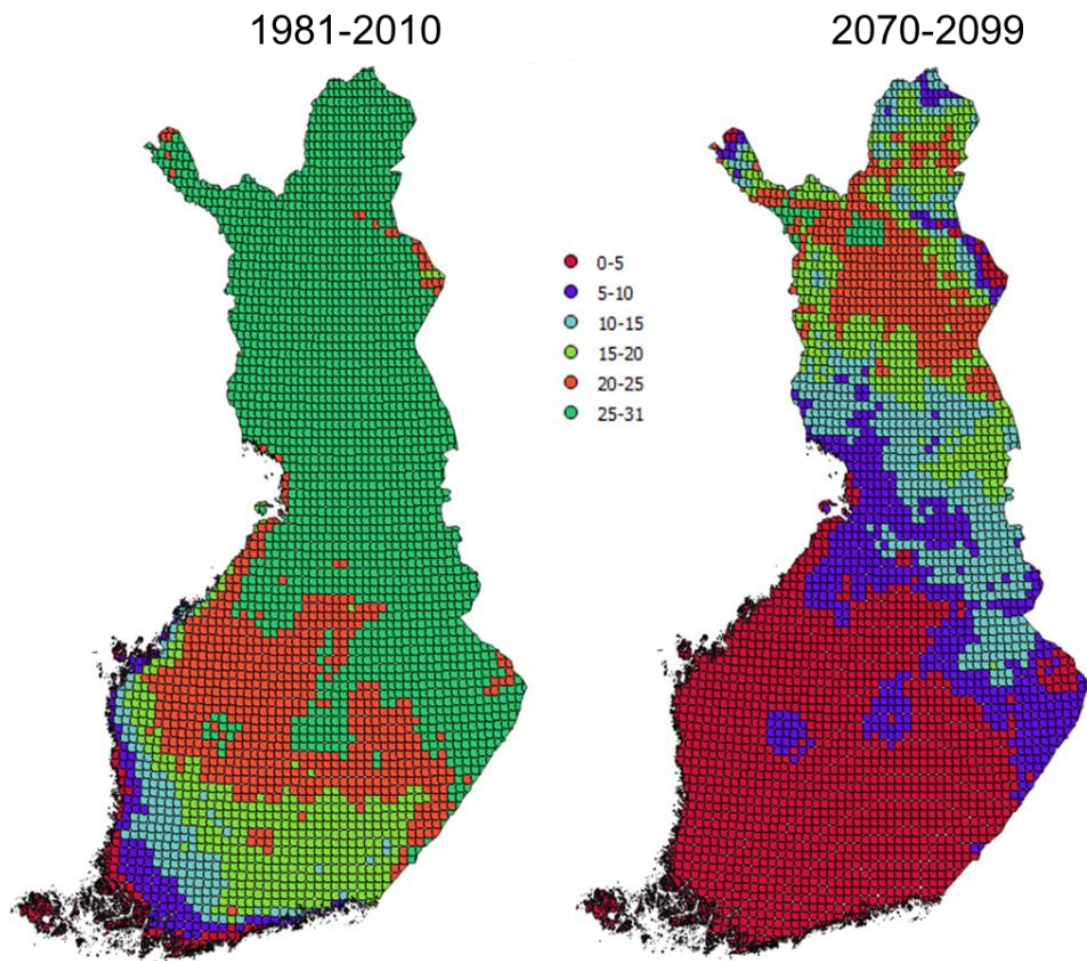
Hankkeen tavoitteena oli laatia yhteenveto siitä, mitä tiedetään metsätuhojen esiintymisen laajuudesta ja niiden leviämiseen vaikuttavista ilmastotekijöistä Suomessa sekä muualla Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa sekä arvioida tuhojen vaikutuksia metsien hiilitaseisiin.

## 2. Suomen ilmasto lähivuosikymmeninä abiottisten ja biottisten metsätuhojen näkökulmasta

### *Kriittisten talvilämpötilojen muutos*

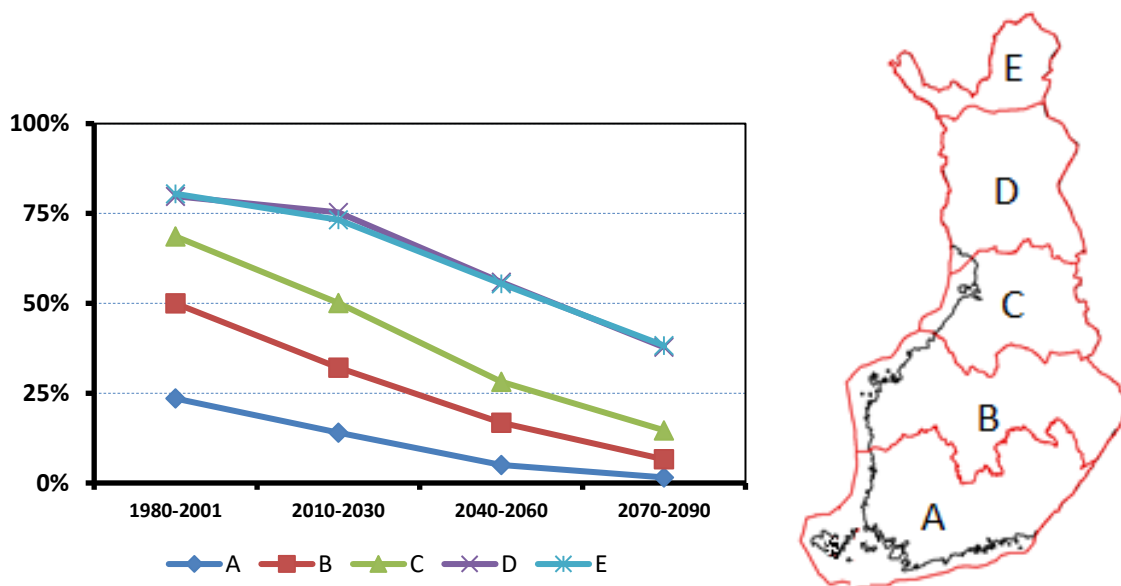
Alhaiset lämpötilat tappavat joidenkin munina talvehtivien tuhohyönteisten munia. Kotimaisten tuhohyönteisten munien kuolleisuuden kannalta kiinnostavia raja-arvoja alhaisille lämpötiloille ovat -27 °C (lehtinunna), -29 °C (havununna), -35 °C (hallamittari) ja -37 °C (ruskomäntypistiäinen, tunturimittari). Nämä raja-arvot alittavien lämpötilojen esiintymisen todennäköisyydet muuttuvassa ilmastossa määritettiin tässä työssä kuuden eri ilmastomallin tulosten pohjalta.

Aineistojen pohjalta laskettiin, kuinka monena talvena lämpötila laskee 30 vuoden aikana vähintään kerran tarkastellun raja-arvolämpötilan alle. Laskelmat tehtiin päästöskenaariolle RCP4.5 ja RCP8.5, jotka vastaavat Suomessa keskilämpötilan nousua 3,3 ja 5,6 asteella vuosisadan loppuun mennessä verrattuna vuosien 1981–2010 keskiarvoon. RCP2.6 mukaisessa skenaariossa, jossa lämpötilan nousu Suomessa jäisi 1,9 asteeseen vuosisadan loppuun mennessä, muutokset esimerkiksi raja-arvolämpötilojen osalta jäävät vähäisiksi lähivuosikymmeninä. Lopullinen aineisto oli kuuden käytetyn mallin antamien tulosten keskiarvo. Kuvassa 1 on esitetty esimerkkinä, kuinka -27 °C alitusten lukumäärä, mikä on olennaista lehtipuiden tuholaisen lehtinunnan talvehtimisen kannalta, muuttuu RCP4.5-skenaarion toteutuessa. Arvion mukaan tämän vuosisadan loppuun mentäessä lounaisimman Suomen sisämaan olosuhteet ”siirtyvät” Oulun seudulle.



Kuva 1 Niiden talvien lukumäärä 30 vuoden aikana, jolloin vuorokauden alin lämpötila on laskenut vähintään kerran  $-27^{\circ}\text{C}$  alapuolelle RCP4.5-skenaarion toteutuessa. Kuvassa esitetyt arvot ovat kuuden ilmastomallin antamien ennusteiden keskiarvoja.

Kuvassa 2 on esitetty, miten havupuiden tuholaisen havununnan kannalta kriittisen lämpötilan ( $-29^{\circ}\text{C}$ ) esiintymisen todennäköisyys muuttuu eri alueilla RCP4.5-skenaarion tapauksessa. Tuhojen esiintyminen on epätodennäköistä, jos kriittisten lämpötilojen esiintymisen todennäköisyys on yli 35 %. Historiallisessa ilmastossa (1980–2001) tällainen tilanne on vallinnut havununnan osalta suurimmassa osassa Suomea (vyöhykkeet B–E). Tämän vuosisadan lopulla (2070–2090) vastaava tilanne olisi enää vain Lapissa (vyöhykkeet D–E; kuva 2). Havununna ei ole toistaiseksi aiheuttanut meillä merkittäviä tuhoja.



Kuva 2 Sellaisten talvien todennäköisyys, joina vuorokauden alin lämpötila on laskenut vähintään kerran  $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$  (= havununnan munien keskimääräinen kylmänkestävyys) alapuolelle RCP4.5-skenaarion toteutuessa. Todennäköisyydet on esitetty aluekohtaisina (aluejako oikealla) keskiarvoina eri ajanjaksoille (perustuu kuuden ilmastomallin ennusteisiin).

#### *Lämpötilan pysyminen nolla-asteen yläpuolella, talvien leudontuminen*

Laskennassa hyödynnettiin samaa aineistoa kuin raja-arvot alittavien lämpötilojen tarkastelussa. Tarkastelu tehtiin vuodenajoittain; maaliskuu-kesäkuu (kevät), kesä-elokuu (kesä), syys-marraskuu (syksy) ja joulukuu-helmikuu (talvi). Työssä laskettiin, kuinka monta sellaista päivää kussakin hilaruudussa 30 vuoden aikana oli kunakin vuodenaikana, jolloin vuorokauden alin lämpötila oli korkeampi kuin  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Yli nollan ( $^{\circ}\text{C}$ ) olevat lämpötilat mahdollistavat puiden merkittävimmän lahottajasiemenen juurikäävän kantaitiöiden vapautumisen ja lisäävät juurikäävän rihmaston kasvua. Talvien leudontuminen ja kesien lämpeneminen lisäävät juurikäpätuhoja monen eri mekanismien kautta. Juurikäpien yleisen esiintymisen pohjoisrajan voidaan arvioida siirtyvän huomattavasti nykyistä pohjoisemmaksi.

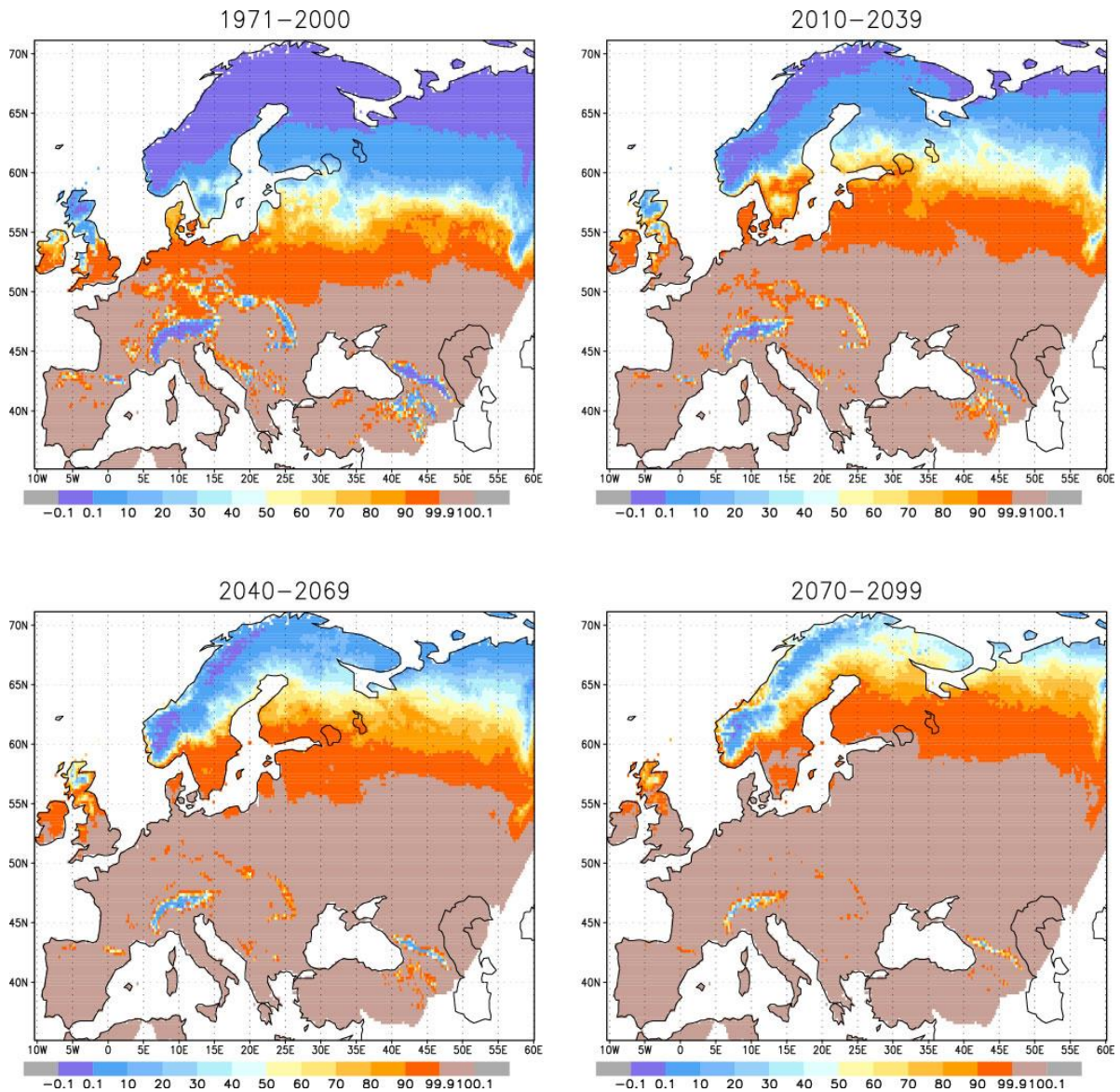
Vaikka myrskyjen voimakkuuden tai frekvenssin ei ennakoita kasvavan Suomessa merkittävästi, talvien leudontuminen ja rauta-ajan lyheneminen altistavat metsiämme talvimyrskyjen aiheuttamille myrskytuhoille. Jo toteutunut ilmaston lämpeneminen on siirtänyt talvia noin 300 km pohjoiseen ts. Lahden seudun 1980-luvun talvet vastaavat 2020-luvulla Joensuun seudun talvia.

#### *Raja-arvot ylittävät kasvukauden lämpösummat*

Kuusen merkittävimmän runkotuholaisen kirjanpajan aiheuttamat tuhot ovat lisääntyneet Euroopassa, ja ne voivat lisääntyä myös meillä edelleen ilmaston lämmetessä. Kirjanpajan toisen sukupolven esiintymisen edellytyksenä on, että kasvukauden lämpösumma kohoaa yli  $1500\text{ }^{\circ}\text{C vrk}$ . Tällaisten tilanteiden todennäköisyyden arviointi pohjautuu 23 eri ilmastomallin antamiin arvioihin tulevaisuuden ilmastosta. Tulevaisuuden jaksoja tarkasteltaessa on otettu huomioon sekä mallien väliset erot (eri mallit lämmittävät ilmastoa eri tavoin) että lämpöolojen vuosienvälinen vaihtelu.

1900-luvun lopulla 1500 astepäivän ylitykset olivat vielä varsin harvinaisia. Vain eteläisimmässä Suomessa todennäköisyys oli yli 10 % ja Oulusta pohjoiseen käytännössä nolla. Ilmaston lämmetessä

todennäköisyys 1500 astepäivän ylitykseen kasvaa voimakkaasti. Jo meneillään olevan jakson 2010–2039 aikana todennäköisyys on Etelä-Suomessa yli 50 %. Myöhemmin tällä vuosisadalla kehitys riippuu kasvihuonekaasujen päästöistä, mutta molemmilla skenaarioilla 1500 astepäivän raja ylittyy Etelä-Suomessa useimpina vuosina (kuva 3).



Kuva 3 Suuremman kuin 1500°Cvrk lämpösunnan esiintymisen eli kirjanpainajan toisen sukupolven esiintymisen todennäköisyys RCP8.5-skenaarion toteutuessa vuosina 1971–2000 sekä kolmen tulevaisuuden jakson (2010–2039, 2040–2069, 2070–2099) aikana pohjautuen 23 ilmastomallin antamiin ennusteisiin.

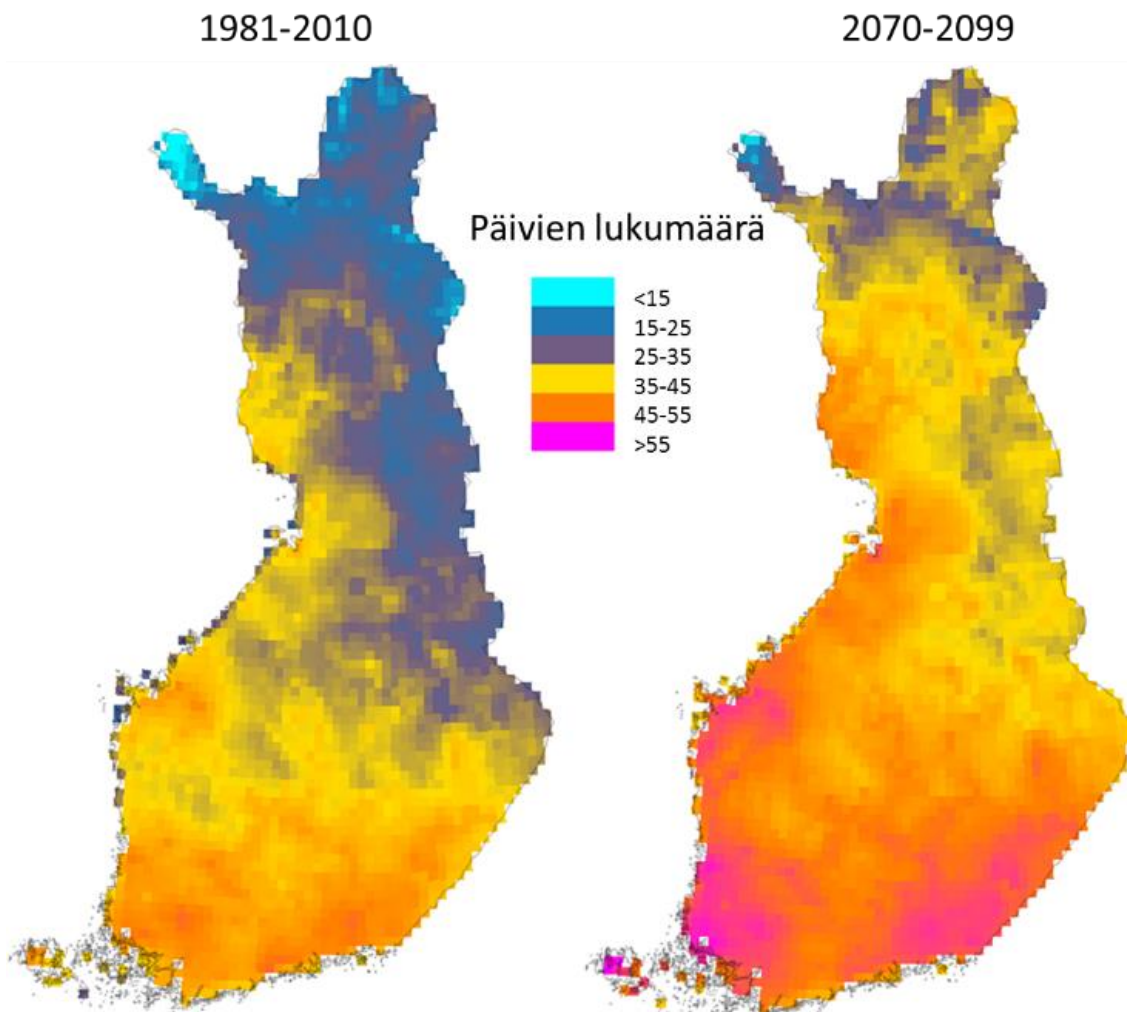
Käytännön sovellutuksissa lienee perusteltua painottaa enemmän RCP4.5-skenaariota, eli olettaa, että maailmanlaajuisia kasvihuonekaasujen päästöjä onnistutaan hillitsemään edes kohtuullisen tehokkaasti.

### Maan kuivuus ja metsäpalovaara

Metsäpaloindeksiin pohjautuvat arviot laskettiin viiden ilmastomallin antamiin ilmastonmuutosarvioihin pohjautuen. Tässä työssä käytettiin kahta eri kanadalaisen metsäpaloindeksin antamaa arviota maan pintakerroksen kosteudesta. Ensimmäinen "duff moisture code" (DMC) kuvaa kosteusoloja 5–10 cm syvyydellä. Toinen "drought code" (DC) kuvaa puolestaan oloja 10–20 cm syvyydellä. DMC vastaa parhaiten suomalaista metsäpaloindeksiä, joskin se menee jonkin verran syvemmälle. Näiden indeksien pohjalta olosuhteet luokiteltiin kolmeen eri luokkaan:

- "melko kuiva": DMC välillä 30–90
- "erittäin kuiva": DMC välillä 90–125 tai yli 125, jos DC on alle 500
- "äärimmäisen kuiva": DMC yli 125 ja DC yli 500

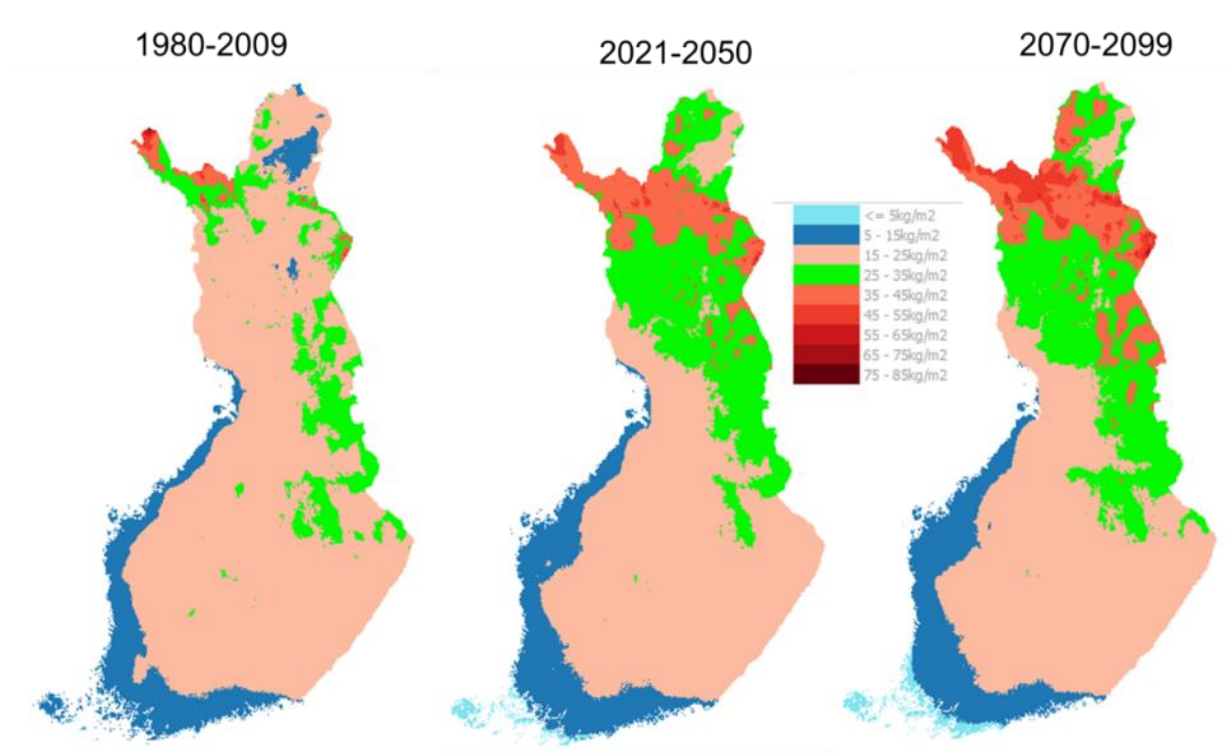
Luokkien raja-arvot haarukoitiin siten, että "melko kuivia" päiviä tuli jotakuinkin saman verran kuin päiviä, jolloin Suomessa on metsäpalovaroitus voimassa. "Erittäin kuivia" päiviä esiintyy vain harvoina kesinä sekä "äärimmäisen kuivia" päiviä vain aivan poikkeuksellisesti. Kuvassa 4 on esitetty, kuinka "melko kuivien" päivien lukumäärän arvioidaan muuttuvan RCP4.5-skenaarion toteutuessa tämän vuosisadan loppupuolelle mentäessä. Arvion mukaan tällaisten päivien lukumäärä lisääntyisi noin 10 päivää kesässä, mikä lisäisi metsäpalorisä.ä.



Kuva 4 Sellaisten päivien lukumäärä touko-elokuussa kahden 30-vuotisjakson aikana, jolloin metsäpaloindeksiä kuvaava DMC on välillä 30–90 (= ”melko kuiva”) RCP4.5-ilmastoskenaariota varten.

#### *Lumikuorma puiden oksilla*

Puiden lumikuorma-aineistossa on arvioitu 30 vuoden jakson keskimääräinen vuoden suurin lumikuorma vuosille 1981–2010 säähavaintoihin pohjautuen ja jaksoille 2021–2050 sekä 2070–2099 arviot on laskettu kuuden ilmastomallin antamien ilmastomuutosarvioiden pohjalta. Arviot on laskettu kahdelle ilmastomuutoskenaariolle (RCP4.5 sekä RCP8.5). Kuvassa 5 on esitetty talven suurin keskimääräinen lumikuorma vuosina 1980–2009, 2021–2050 ja 2070–2099 RCP4.5-skenaariota vastaavassa tilanteessa. Puiden lumikuorma ja sitä kautta lumituhojen todennäköisyys tulee kasvamaan erityisesti Itä- ja Pohjois-Suomessa.

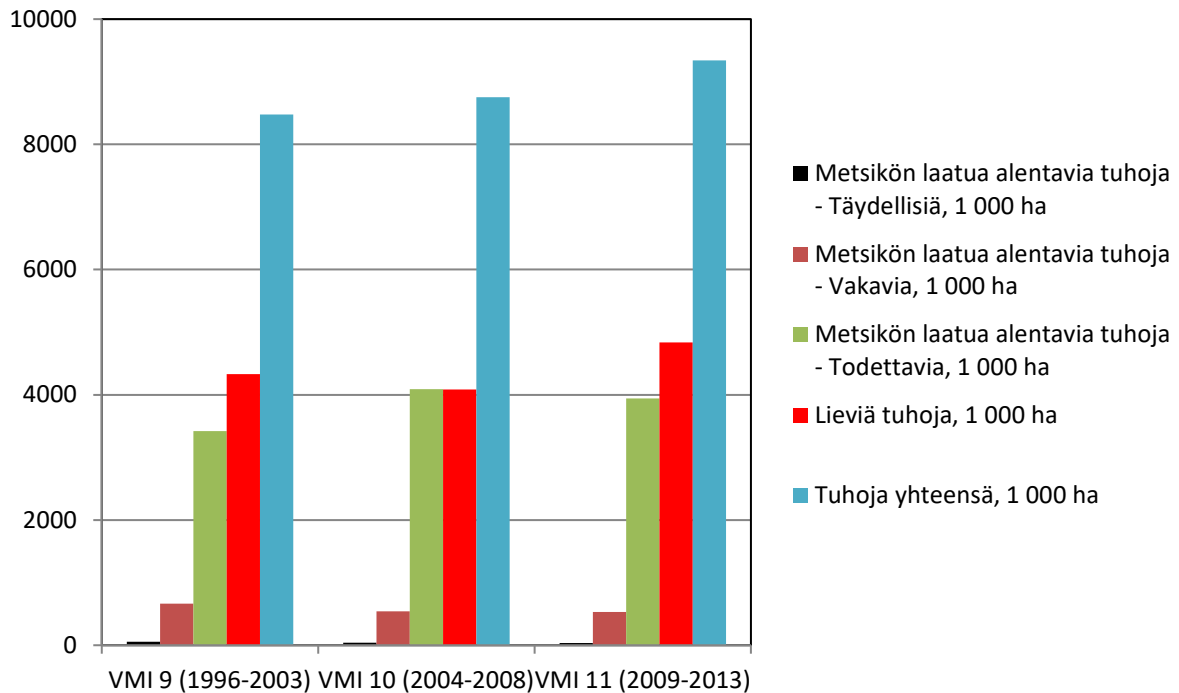


Kuva 5 Keskimääräinen talven suurin lumikuorma kuuden ilmastomallin keskiarvona RCP4.5-ilmastomuutoskenaariota varten.

### 3. Tuhojen esiintyminen Suomen metsissä

VMI11:n (11. valtakunnan metsien inventointi) (2009–2013) tulosten mukaan jonkinasteisia tuho-oireita esiintyi puuntuotannon metsämaalla noin joka toisessa metsikössä. Tärkeimmät yksittäiset tuhonaiheuttajat ovat olleet lumi ja hirvi. Suurin osa tuhoista oli kuitenkin lieviä. Metsiköiden metsänhoidollista laatua alentavien tuhoja esiintyi noin joka neljännessä metsikössä. Vakavia tuhoja, joissa metsikön metsänhoidollinen laatu oli alentunut enemmän kuin yhdellä luokalla, esiintyi vain kolmella prosentilla. Täydellisten, eli metsikön välitöntä uudistamista vaativien tuhojen osuus oli

vain 0,2 %, eli noin 34 000 ha (Kuva 6). Tuhojen kokonaispinta-ala on hiukan lisääntynyt 1990-luvun lopulta lähtien, mikä johtuu metsikön laatua alentavien ja lievien tuhojen pinta-alojen kasvusta.

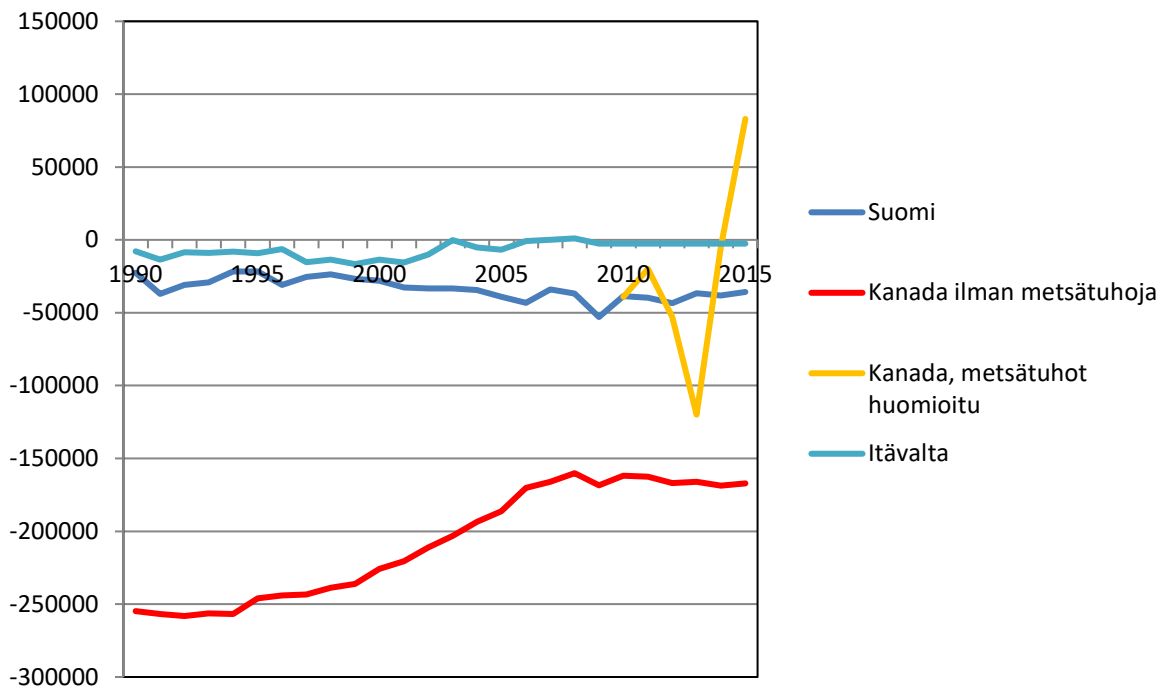


Kuva 6 Eriasteiset metsätuhot puuntuotannon metsämaalla VMI:ssä eri inventoinneissa. Lähde: Luonnonvarakeskus, Metsävarat.

#### 4. Metsätuhojen vaikutukset metsien hiilitaseisiin

Bioottisten ja abioottisten tuhojen vaikutus metsien hiilensidontakapasiteettiin on merkittävä, ja sen on ennustettu edelleen voimistuvan. Pohjois-Amerikasta on esimerkkejä massiivisista hyönteistuhhoista (aiheuttajina mm. vuoristoniluri ja kuusikäriäiset) kymmenien miljoonien hehtaarien alueilla. Hyönteistuhhojen ja niitä seuranneiden metsäpalojen vaikutus näkyy erityisesti Kanadan talousmetsien hiilitaseissa (kuva 7). Bioottisten tuhojen vaikutusten metsien hiilivarastoihin on arvioitu olevan karkeasti suuruusluokaltaan Pohjois-Amerikassa (USA & Kanada) 71 MtC/vuosi ja Euroopassa 24 MtC/vuosi, mutta aineistoon liittyvä epävarmuus on suuri erityisesti Euroopan osalta. Viimeaikaiset suuret hyönteistuhot ja niitä seuranneet rajut metsäpalot ovat kääntäneet Kanadan metsät päästölähteiksi. Samansuuntainen kehitys on käynnissä Keski-Euroopassa kuusen kirjanpainajatuhojen seurauksena.





Kuva 7 Metsien hiilitaseiden kehittyminen eräissä maissa, 1000 tCO<sub>2</sub>eqv/a. Negatiiviset arvot tarkoittavat hiilinielua ja positiiviset päästölähdeä. Lähde UNFCCC 2018

## 5. Vaikutukset puumarkkinoihin

Metsätuho-riskien olemassaolo voi vaikuttaa metsänomistajien käyttäytymiseen. Vaikutukset ovat sitä todennäköisempiä, mitä suurempi metsätuho-riski on ja kuinka suuri odotettu tuho on. Vaikutukset kohdistuvat mm. puulajin valintaan, harvennusten toteutukseen ja kiertoajan pituuteen. Käyttäytymismuutokset ovat sopeutumista tuho-riskiin ja pyrkivät vähentämään tuho-riskiä ja sen aiheuttamia haittoja.

Tässä projektissa FinFEP -mallilla tehdyn numeerisen tarkastelun perusteella näyttäisi siltä, että Suomen metsäsektori on suhteellisen sopeutumiskykyinen, vaikka metsiin kohdistuisi laaja-alainen tuho-epidemia. Vaikka puuntarjonta niissä maakunnissa, johon tuhot kohdistuvat, lisääntyy merkittävästi, vähenevät hakkuut ympäröivissä maakunnissa. Mallitarkastelun avulla selvitetiin myös sitä, kuinka tilanne muuttuu, jos ilmastopolitiikka tukisi metsien hiilivaraston kasvattamista hiilensidonnasta palkitsevalla korvausjärjestelmällä. Koska hiilikorvaus lisää vanhojen ikäluokkien määrää, ovat metsät tuhoon sattuessa keskimäärin vanhempia. Koska vanhat ikäluokat ovat erityisen alttiita tarkastellulle hyönteistuholle, ovat metsätuho-vaikutukset suuremmat kuin tilanteessa, jossa hiilikorvausjärjestelmää ei ole käytössä. Vaikka metsätuhot heikentävät metsien käyttöä hiilensidonnassa, eivät ne mallitarkastelun perusteella tee metsähiilen sidontatoimista hyödyttömiä.

## 6. Johtopäätökset

Huolimatta kasvavista tuhoriskeistä Suomen metsillä on tulevaisuudessakin merkittävä rooli maamme kasvihuonekaasutaseessa. **Tärkein abioottinen tuhonaiheuttaja on jatkossakin tuuli**, ja roudan vähenemisen takia erityisesti talvimyrskyjen aiheuttamien tuhojen voidaan ennakoida kasvavan. Suuruusluokkana tuulituhoissa puhutaan miljoonien, pahimmillaan kymmenien miljoonien kuutiometrien metsätuhoista. Koko metsäsektorin on syytä varautua suurten, suuruusluokaltaan kymmenien miljoonien kuutiometrien kertatuhojen hoitamiseen siten, että puunhankinta keskitetään tuhoalueille ja rajoitetaan tarvittaessa hankintaa muualta. Tämä vähentää myös tuhon epäedullista hiilinieluvaikutusta.

**Bioottisista tuholaisista hirvi ja juurikäöpä ovat taloudellisesta näkökulmasta pahimpia tuhonaiheuttajia.** Hirven vaikutuksia kasvihuonekaasutaseisiin ei ole kattavasti selvitetty. Hirvituhojen välttämiseksi heikosti ilmastonmuutosta sietävää kuusta suositaan liikaa metsänuudistamisessa. Lyhenevien talvien vuoksi juurikäävän leviämisaika pitenee. Juurikäävän leviäminen pohjoiseen jatkuu ja ennakkotorjuntaan on panostettava erityisesti alueilla, missä se ei vielä esiinny. Jalostuksen avulla voitaneen kuitenkin kehittää perimältään vastustuskykyisempää viljelymateriaalia. Myös viruksiin perustuvaa torjuntaa kehitetään.

**Lämpenevästä ilmastosta hyötyvä kirjanpainaja on pahin hyönteistuholaisemme.** Se kykenee aiheuttamaan Etelä-Suomen kuusikoissa suurimittakaavaisia tuhoja – 1000–1500 km etelämpänä Tsekin tasavallassa arviolta 20–30 miljoonaa kuutiometriä kuusikoita on kuollut sen aiheuttamien tuhojen seurauksena. Tuhoseuranta on tältäkin osin välttämätöntä, ja esimerkiksi kuorellisen puutavaran varastointia metsissä joudutaan edelleen rajoittamaan kaarnakuoriaisten parveiluaikana. Metsikkörakenteen monipuolistamisella voidaan pienentää kirjapainajatuhojen riskejä.

**Huolestuttava piirre metsätuhotarkasteluissa on se, että ilmastonmuutoksen myötä pääosa tuhoriskeistä kehittyy tulevina vuosikymmeninä pahempaan suuntaan** ja se, että muutostrendi on erittäin nopea. Metsät eivät ehdi sopeutua muutokseen yhtä nopeasti kuin niiden tuhonaiheuttajat. Maapallon keskilämpötilan nousu vaikuttaa voimakkaimmin pohjoisessa ja erityisesti talvilämpötilat nousevat. Metsänjalostuksessa ja taimimateriaalin valinnassa on huomioitavaalkuperän sopivuus puuston koko eliniän arvioituun ilmastoon.

**Kattavan riskianalyysin tekeminen laajalle tuhonaiheuttajajoukolla koko Suomen metsistä on tulevaisuuden keino ennakoida, ennaltaehkäistä ja torjua metsätuhoja.** Riskianalyysit olisi kyettävä viemään vähintään aluetasolle ja joiltakin osin jopa metsikkökohtaisiksi. Lokakuussa 2018 Luonnonvarakeskuksen ja Ilmatieteenlaitoksen julkaiseman tuulituhoriskikartan rinnalle on perusteltua tuottaa myös muita abioottisia ja bioottisia tuhoriskejä kuvaavia karttoja tai malleja. Riskitieto on saatava osaksi käytännön metsänhoitoa ja metsätaloutta, ja sen on oltava kaikkien metsässä toimivien tahojen käytössä.

**Metsänomistajien lisäksi myös julkisella vallalla on keinoja vähentää tuhoriskejä.** Tärkeä keino on metsätuhoihin liittyvän tutkimustiedon lisääminen ja sen jalkauttaminen käytännön toimijoiden keskuuteen. Toinen merkittävä keino on metsätuhojen riskejä alentava lainsäädäntö, jota on aktiivisesti päivitettävä metsätalouden toimintaympäristön muuttuessa.

## Viite

UNFCCC-United Nations Convention for Climate Change Programme 2018. GHG profiles, Annex 1.  
[http://di.unfccc.int/ghg\\_profile\\_annex1](http://di.unfccc.int/ghg_profile_annex1)