



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Ilmastonmuutos kaupunkiympäristössä: vaikutukset, hillintä ja sopeutuminen

Thomas Kühn

Ryhmäpäällikkö

Ilmastonmuutos ja tulevaisuuden
kaupungit

materiaaleja useilta IL:n kollegoilta

17.09.2025



Sisältö

Yleistä

Mitä on ilmasto ja miten se eroa säästä?

Miten ilmasto muuttuu Suomessa ja Suomen kaupungeissa?

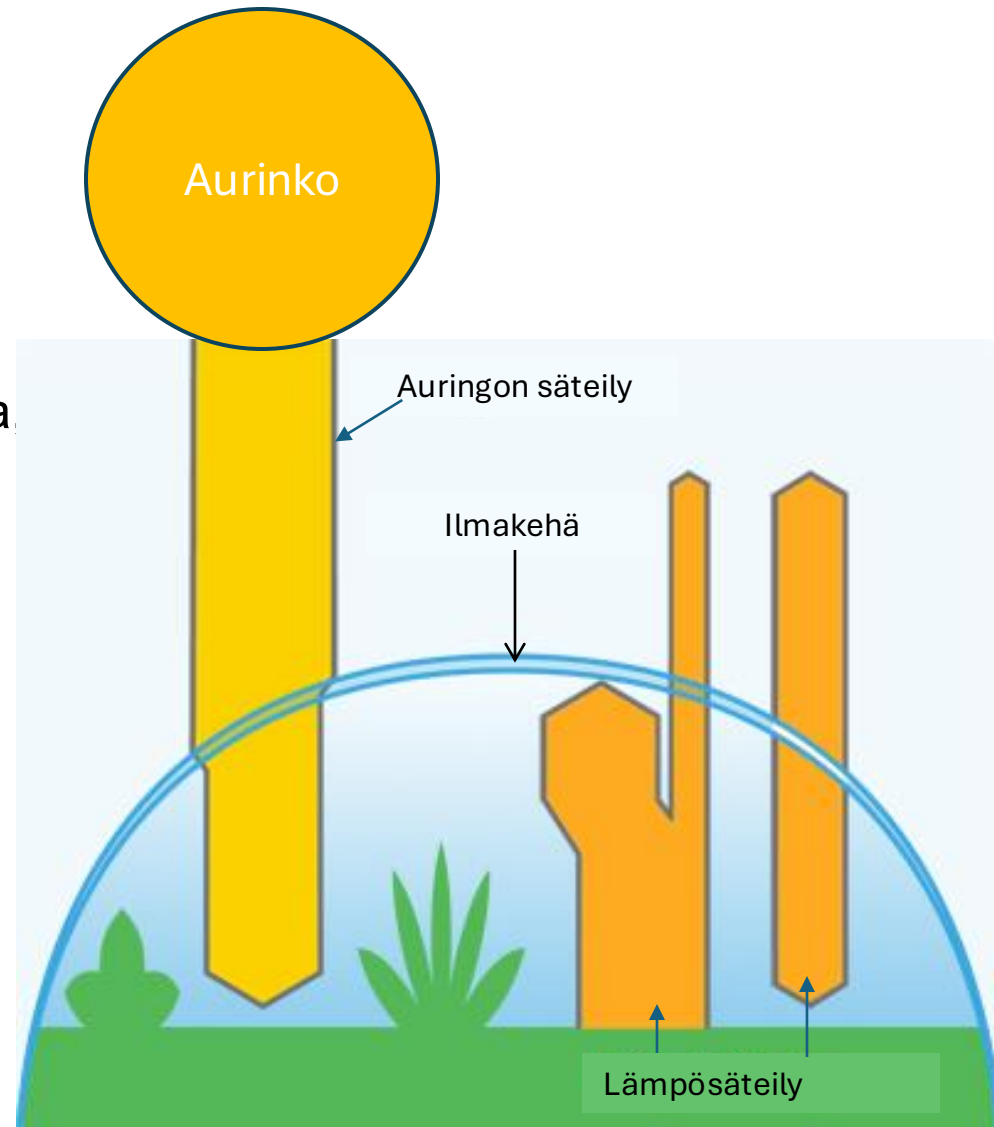
Mitä on ilmastoriski ja miten sitä arvioidaan?

Miten voidaan sopeutua ilmastonmuutokseen?

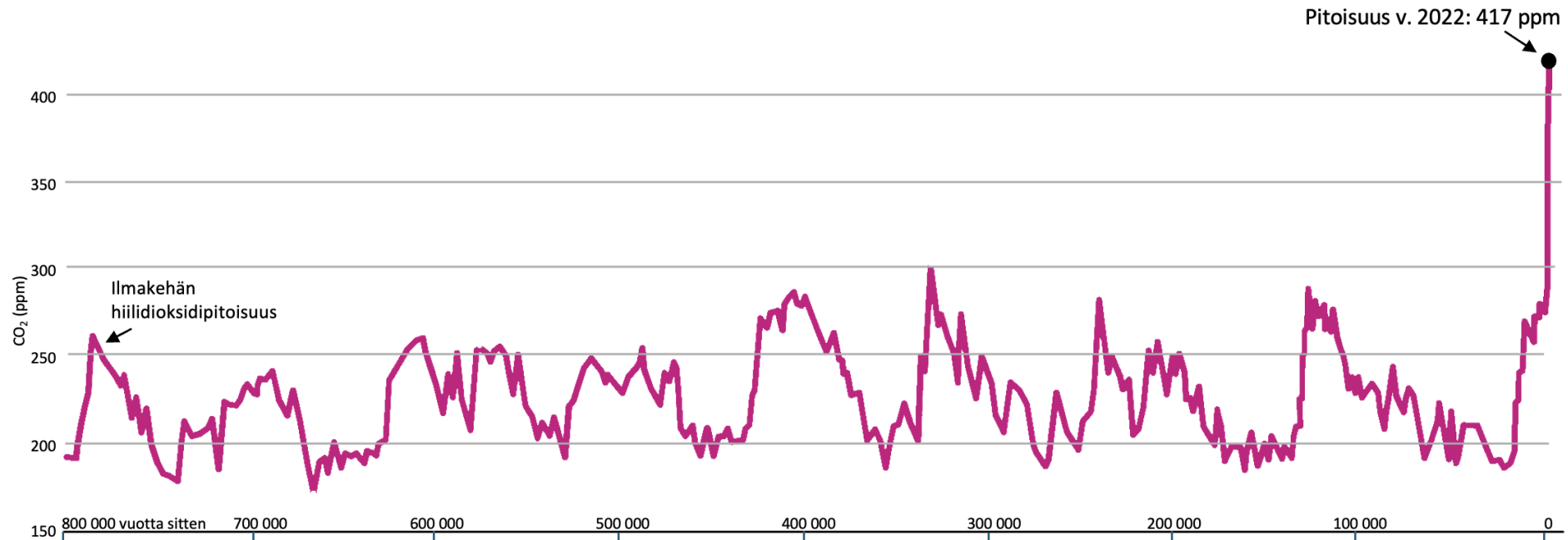
Yleistä

• Kasvihuoneilmiö

- ilmakehä pidättää lämpöä karkaamasta avaruuteen
- elämän kannalta hyvä asia, mutta sen jatkuva tasainen voimistuminen suhteellisen lyhyessä ajassa ei ole → ilmasto muuttuu
- Maapallon keskilämpötila on kohonnut ihmiskunnan ilmakehään päästäneiden kasvihuonekaasujen johdosta
- Keskeinen kasvihuonekaasu on **hiilidioksidi** ja sen vapautuminen ihmisen toiminnoissa
 - Kasvihuoneilmiö voimistuu ja ilmasto lämpenee



Ilmakehässä on nyt hiilidioksidia enemmän kuin koskaan viimeisten 800 000 vuoden aikana



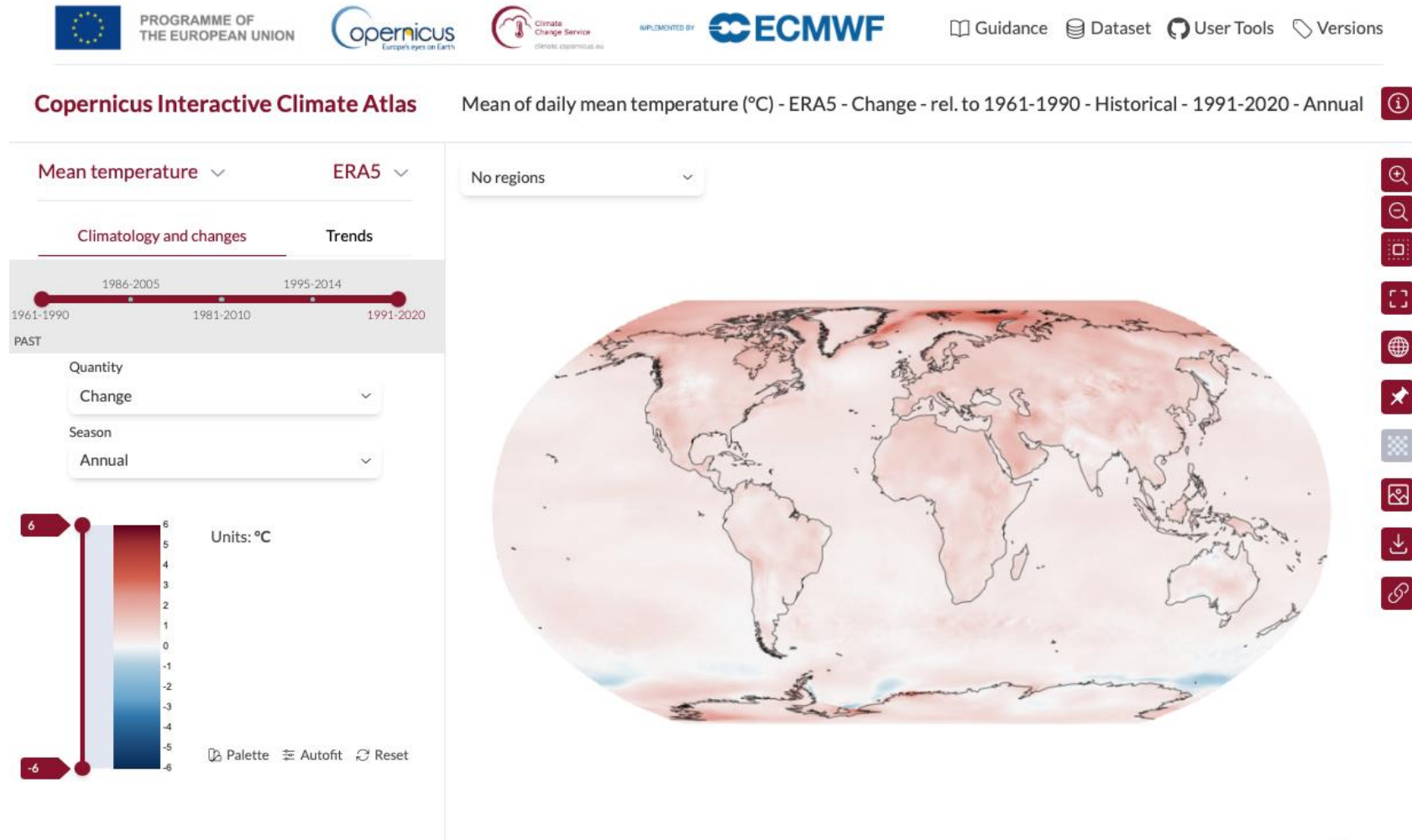
- Vuosimiljoonia luonnollisesta hiilenkierrosta pois olleet fossiiliset varannot on päästetty ilmakehään “silmän räpäyksessä”
 - Kasvihuoneilmiön voimistuminen
 - Lämpeneminen
 - Mikään muu tekijä ei selitä havaittua lämpenemistä



Maailman keskilämpötila on noussut 1,2°C verrattuna esiteollisuusaikaan

- **2023 oli mittaushistorian kuumin vuosi:** lähes 1.5°C yli esiteollisuusaikaa
- **maailmalaajuisesti, 2015-2023 olivat mittaushistorian 9 lämpimimmät**
- 2023 oli toiseksi lämpimin vuosi Euroopassa, 1.02°C yli 1991-2020 keskiarvo
- Äärimmäisiä sääilmiöitä havaittiin laajalti eri puolilla maailmaa, mukaan lukien helleaallot, tulvat, kuivuudet ja maastopalot.

lähde:
<https://climate.copernicus.eu/>

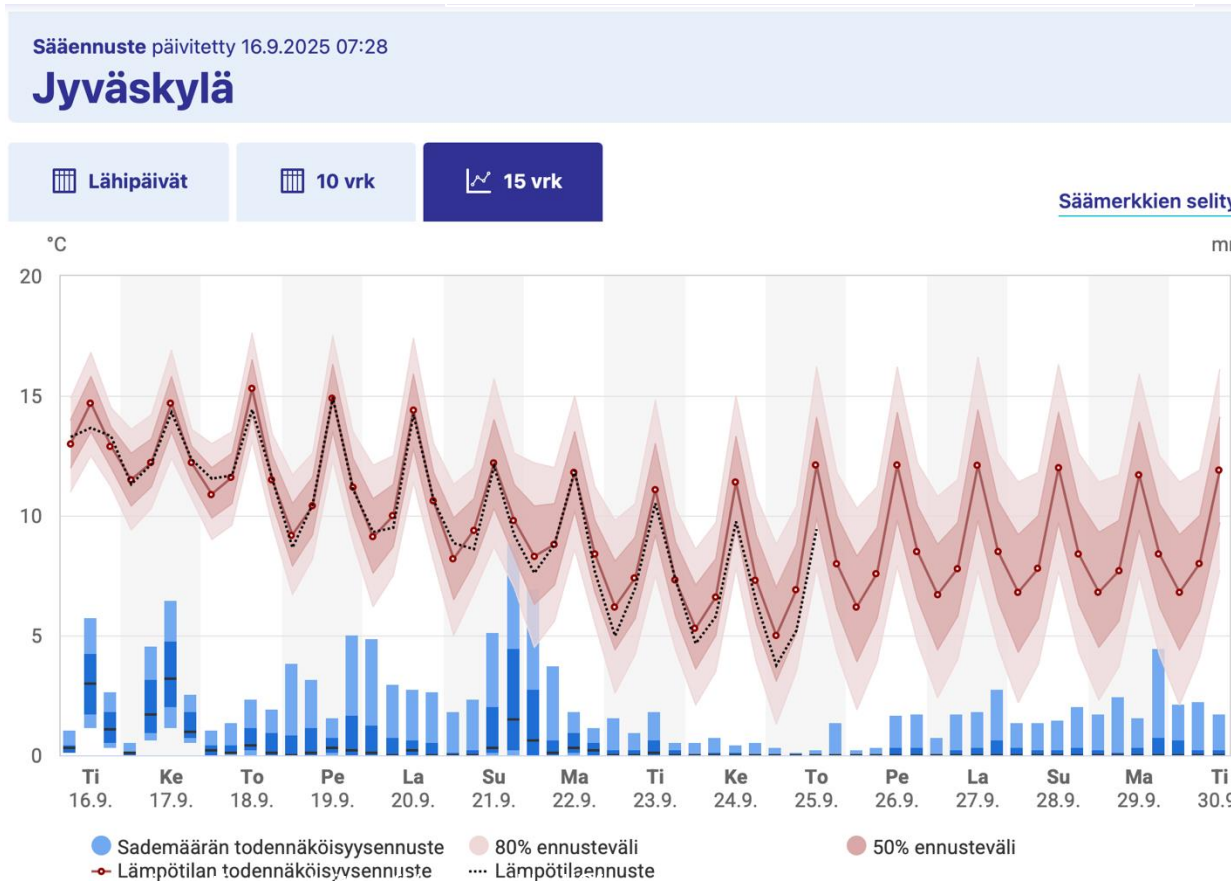


Mitä on ilmasto ja miten se eroaa säästä?

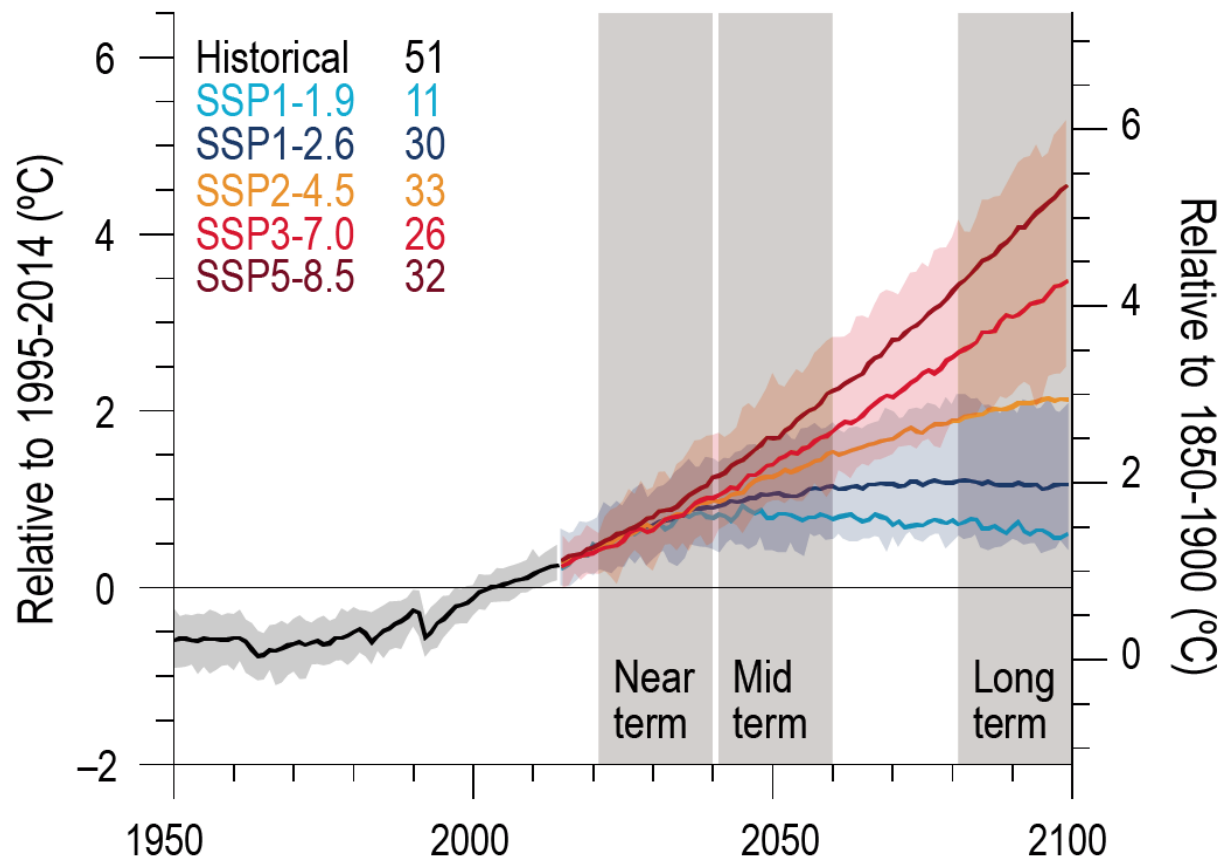
IL:n sääennuste Jyväskylälle 16.09.



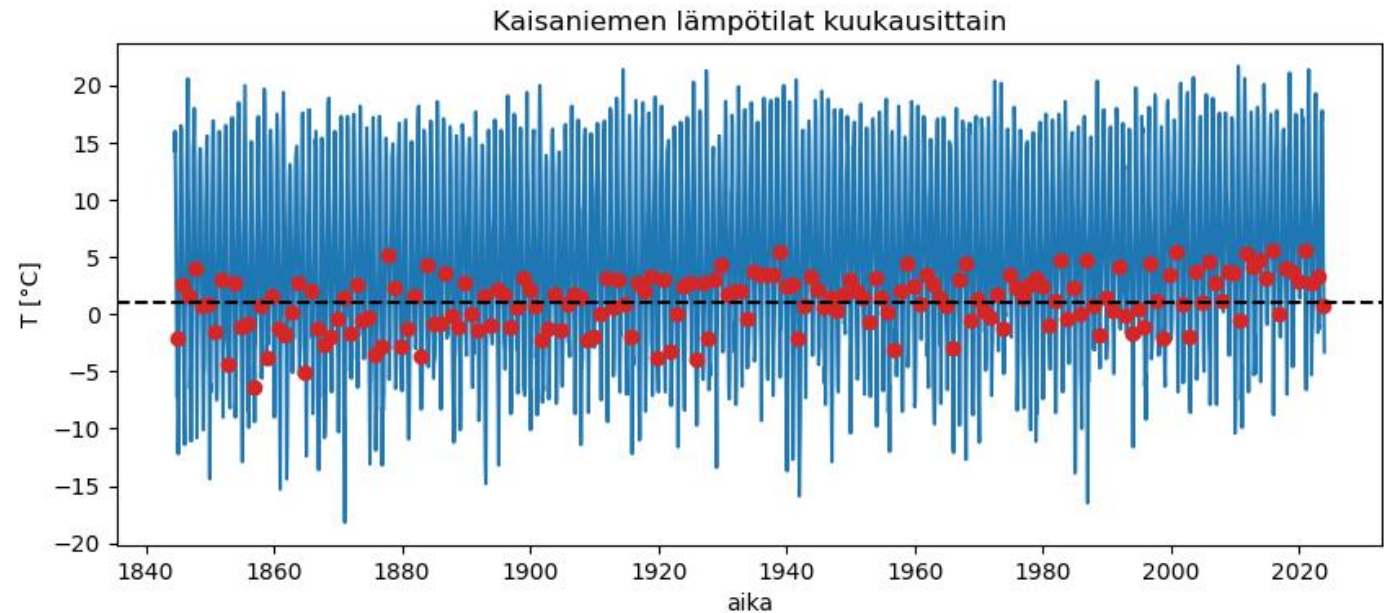
IPCC:n ilmastoprojektio ➡



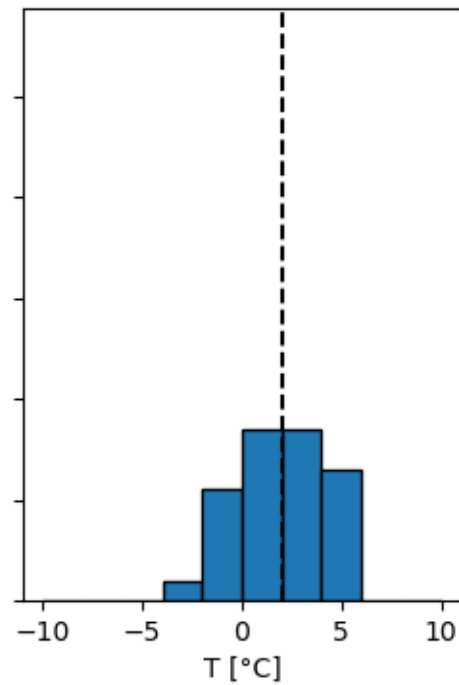
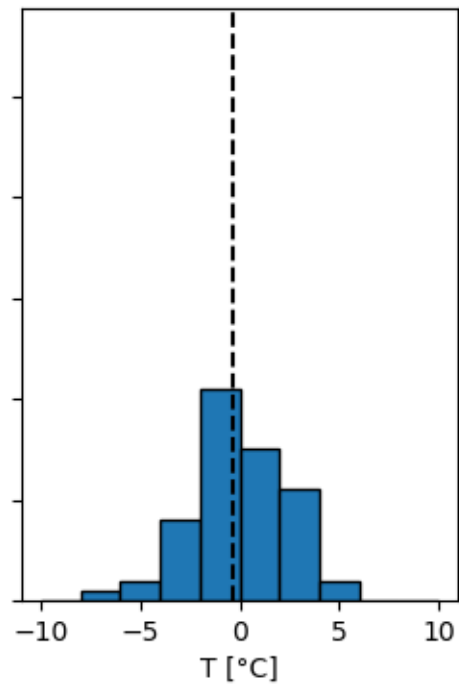
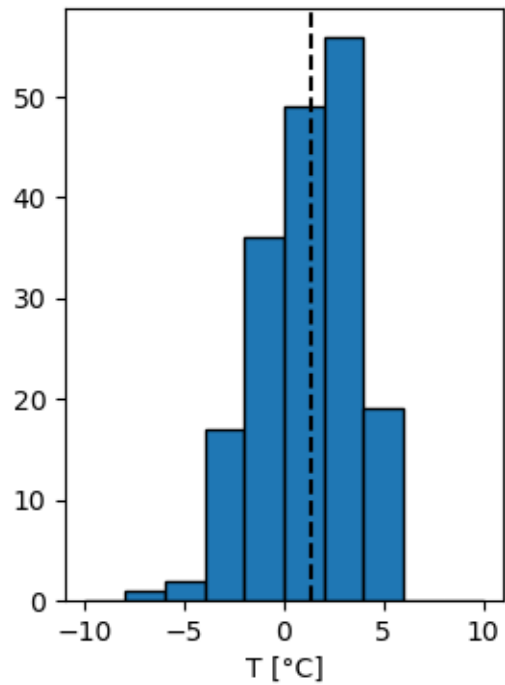
(a) Global temperature change



Mitä on ilmasto ja miten se eroaa säästä?

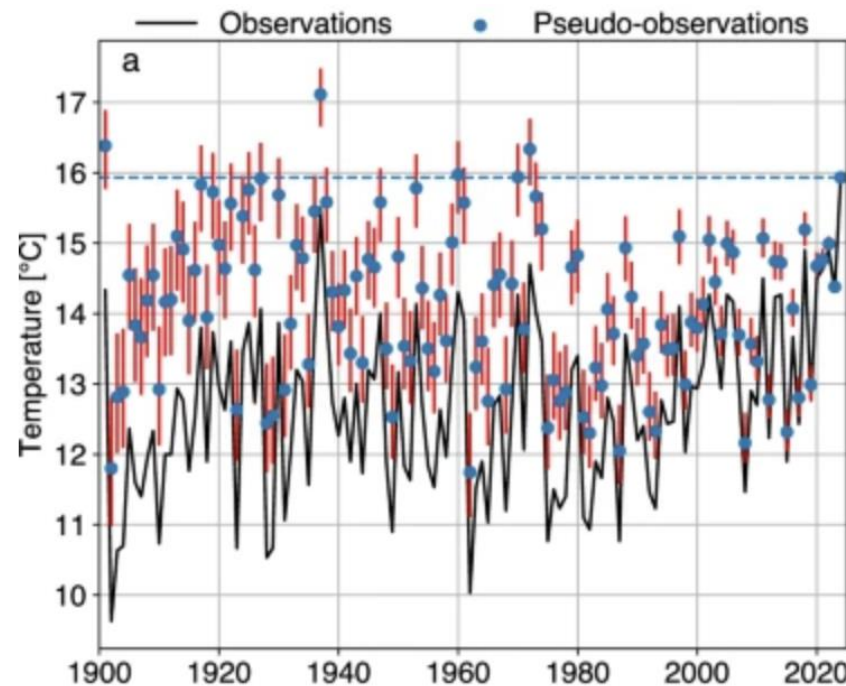
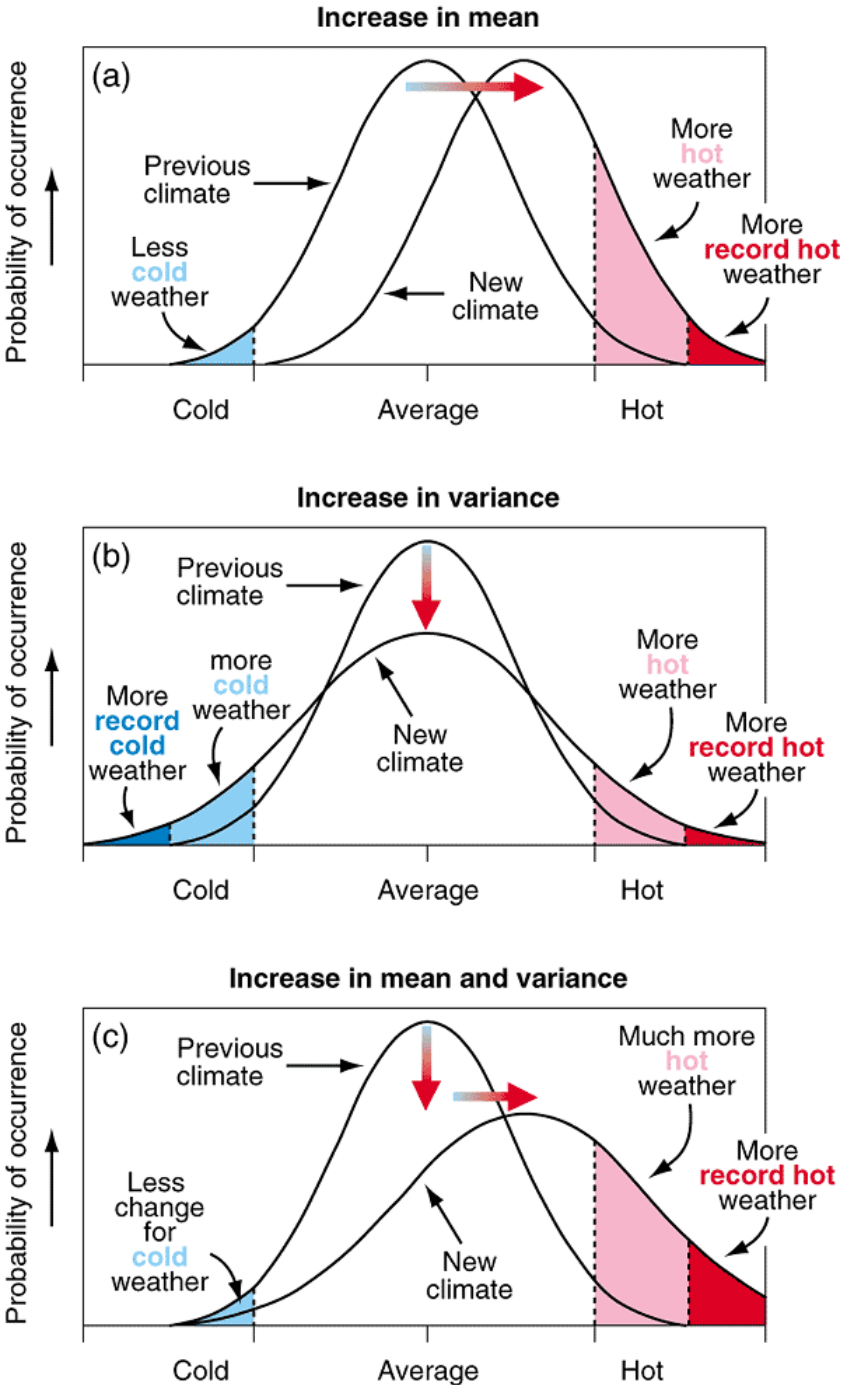


Kaisaniemen lämpötilat marraskuussa
1844 - 2023 1850 - 1910 1960 - 2020

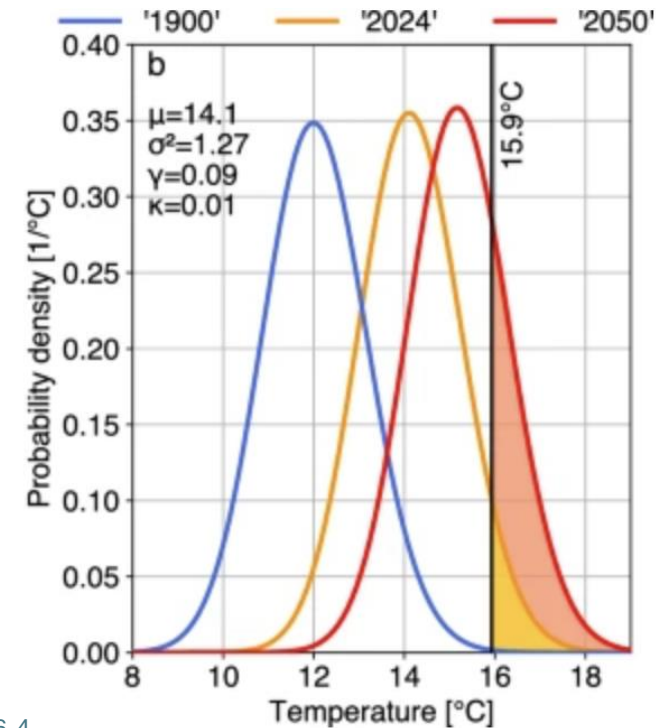


- Sama voi tehdä muille suureille, kuten sateisuus, tuulisuus, jne.
- Ilmasto on siis sään yleispiirteistä luonnetta ja vaihtelua (sään tilastolliset ominaisuudet).

Miten ilmastonmuutos vaikuttaa?



Rantanen, M., et al. (2025), <https://doi.org/10.1038/s41612-025-01046-4>



Vaikutukset:

- keskiarvoissa
- ääriarvoissa

Miten ilmasto muuttuu Suomessa?

Muutama nosto tulevaisuuden muutoksista

Lämpötila nousee, etenkin talviaikana ja Pohjois-Suomessa.

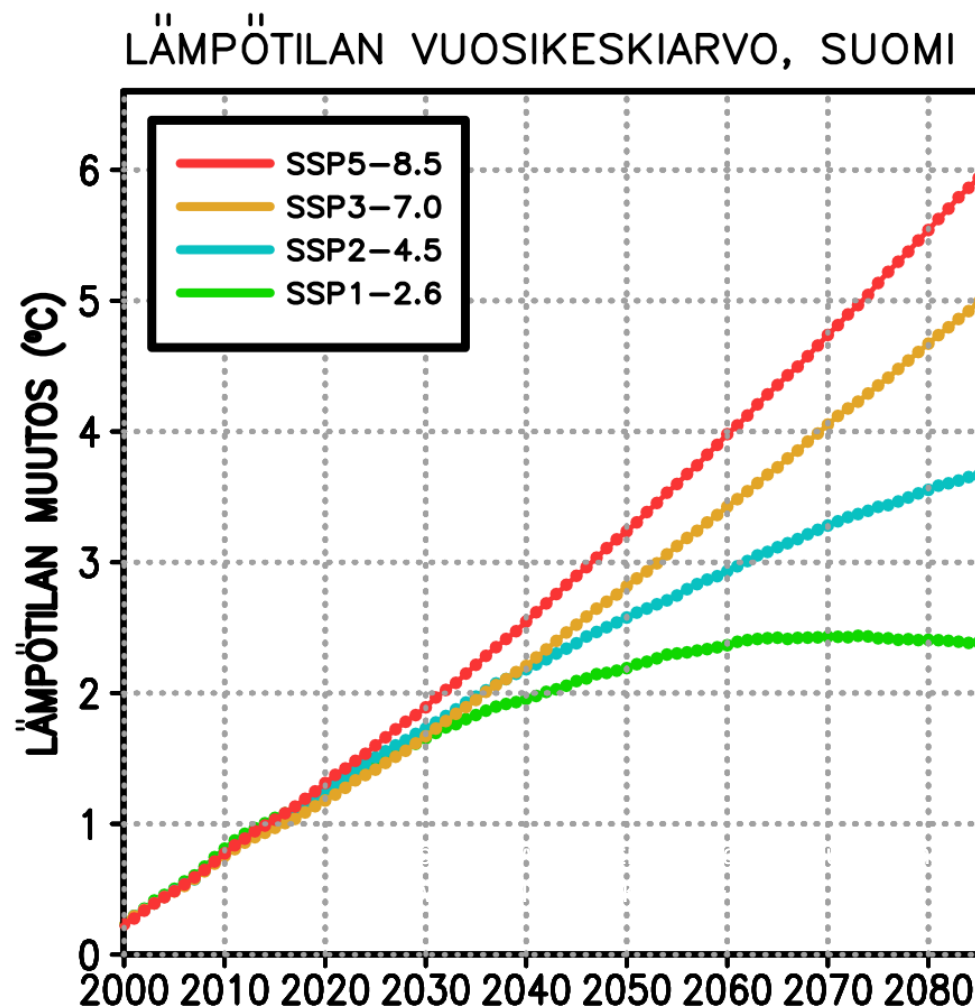
- alhaiset lämpötilat näyttävät harvinaistuvan
- hellejaksot yleistyvät ja pidentyvät

Sademäärät kasvavat

- etenkin talvella, ja yhä useammin vetenä
- kesällä varsinkin rankkasateet voimistuvat

Lumipeite ja routa vähenevät

- lyhyempi lumipeiteaika
- vähemmän routaa



Kesän pituuden muutos

(1991-2020 verrattuna edellisiin 30-v ilmastojaksoihin)

1981-2010

1961-1990

+4..6 pv

+7..10 pv



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

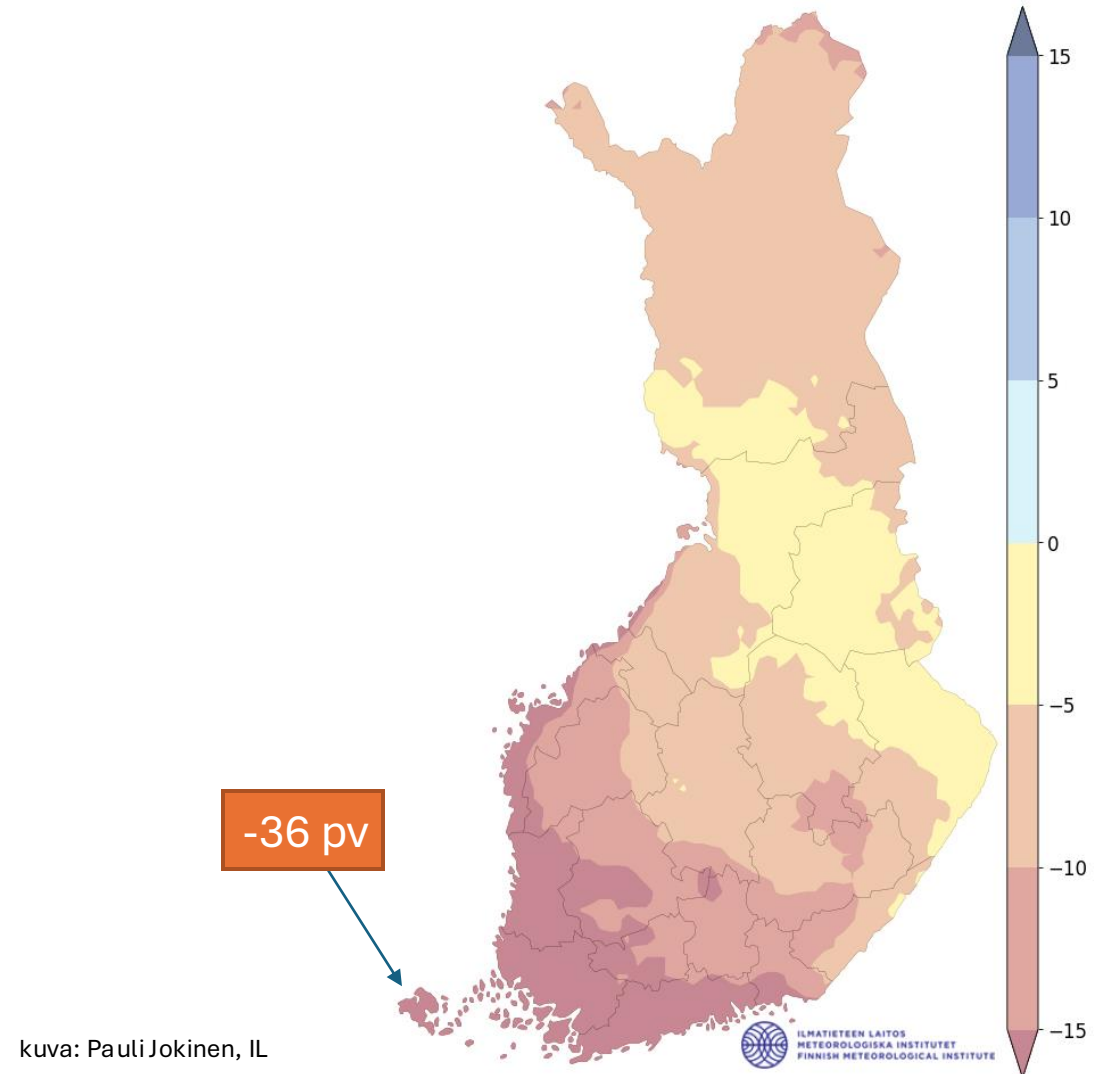
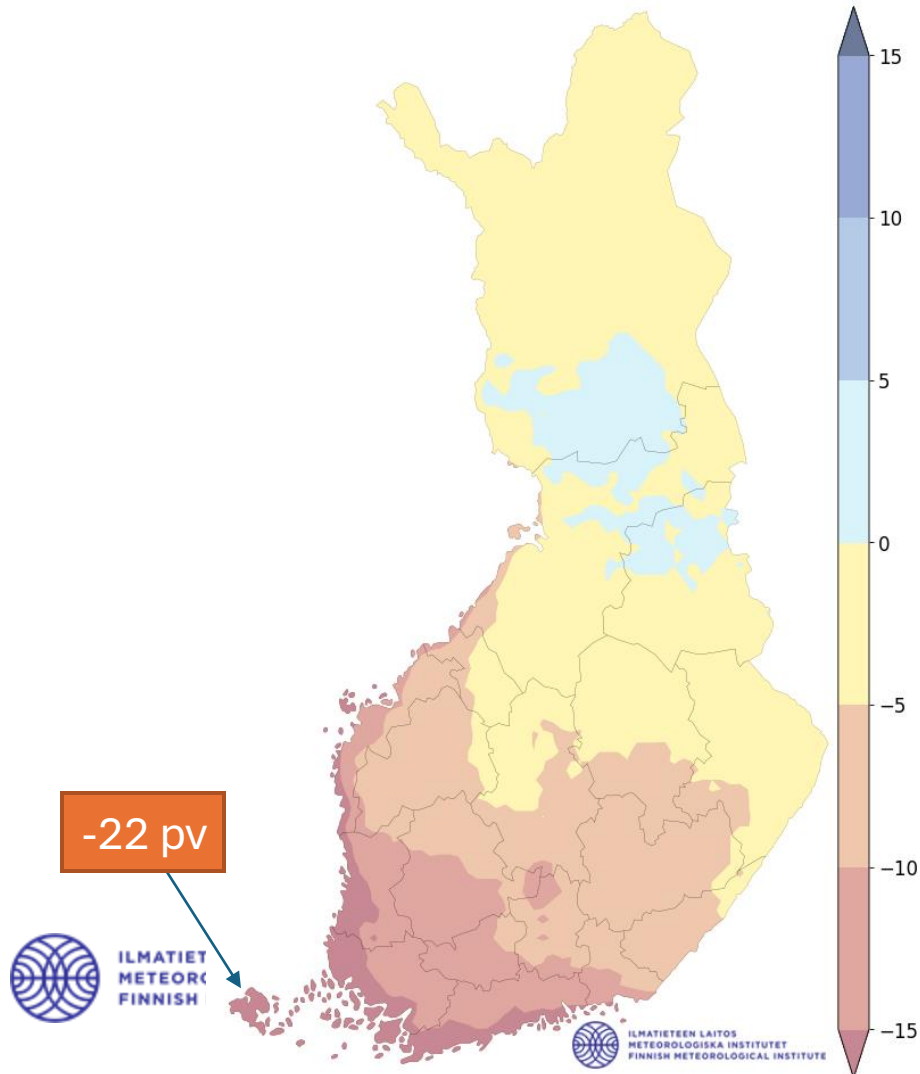
kuva: Pauli Jokinen, IL

Talven pituuden muutos

(1991-2020 verrattuna edellisiin 30-v ilmastojaksoihin)

1981-2010

1961-1990



kuva: Pauli Jokinen, IL

Pysyvän lumipeitteen pituuden muutos

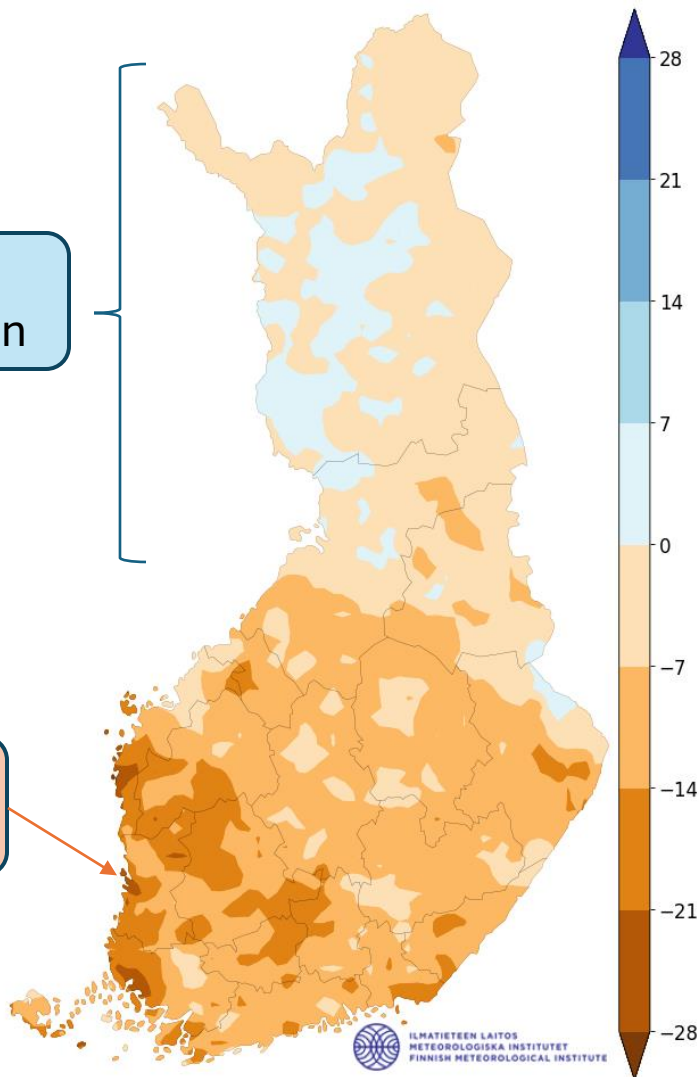
(1991-2020 verrattuna edellisiin 30-v ilmastojaksoihin)

1981-2010

1961-1990

Suht
ennallaan

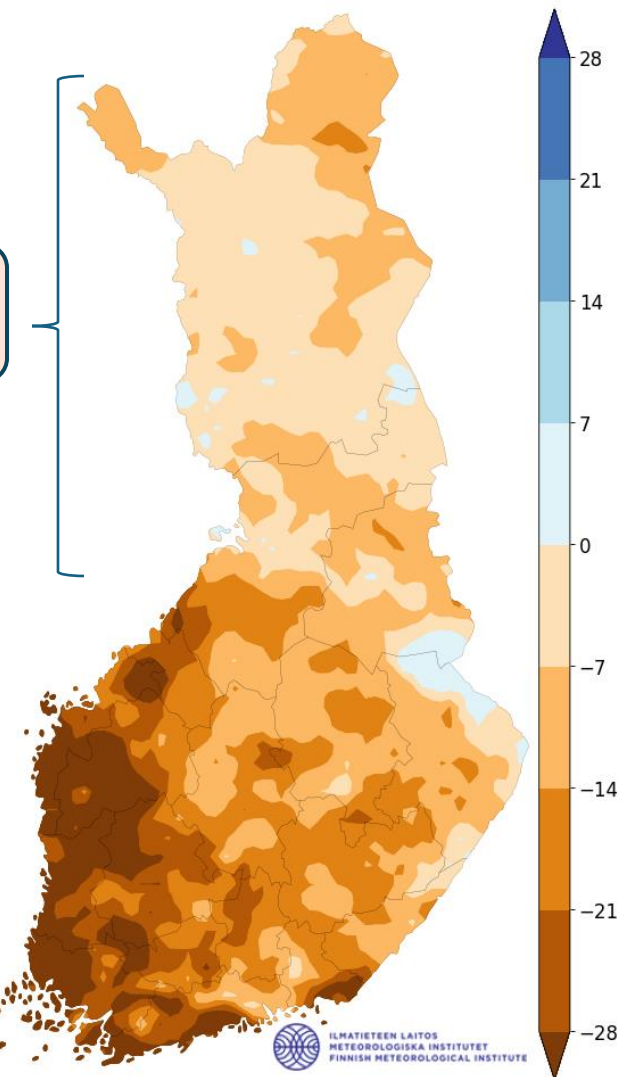
Satakunta:
-15 pv



Pohjoinen:
-6..-9 pv

Ahvenanmaa:
-51 pv

kuva: Pauli Jokinen, IL



Kasvukauden pituuden muutos

(1991-2020 verrattuna edellisiin 30-v ilmastojaksoihin)

1981-2010

1961-1990

Ei suuria muutoksia

Pidentynyt viikolla..1,5 vk

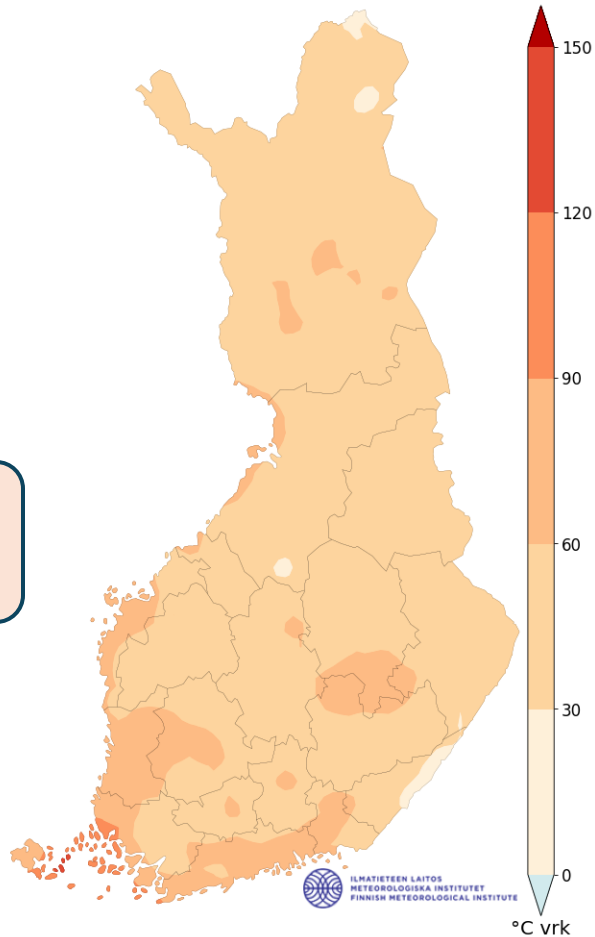
Kasvukauden lämpösumman muutos

(1991-2020 verrattuna edellisiin 30-v ilmastojaksoihin)

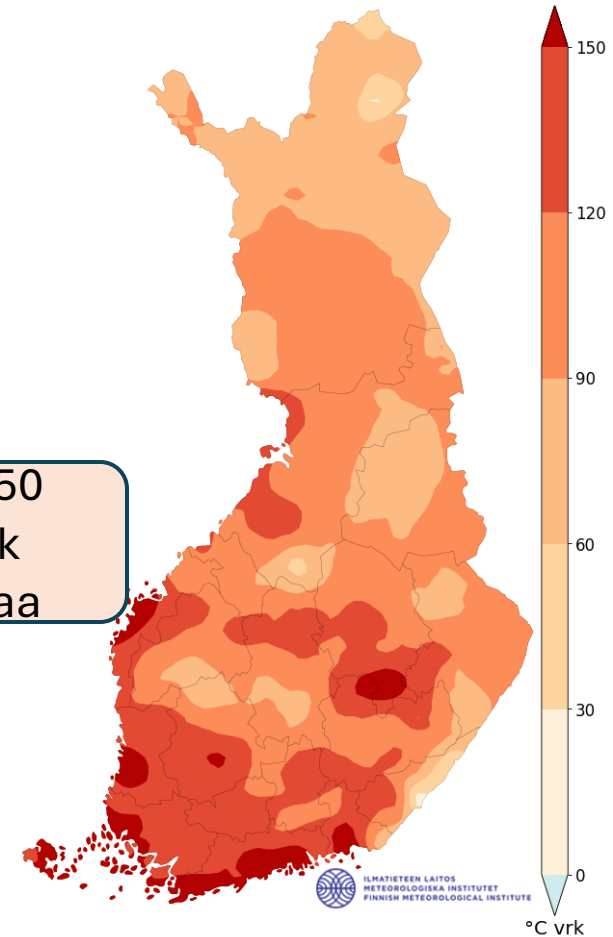
1981-2010

1961-1990

50 °C vrk
luokkaa



100-150
°C vrk
luokkaa

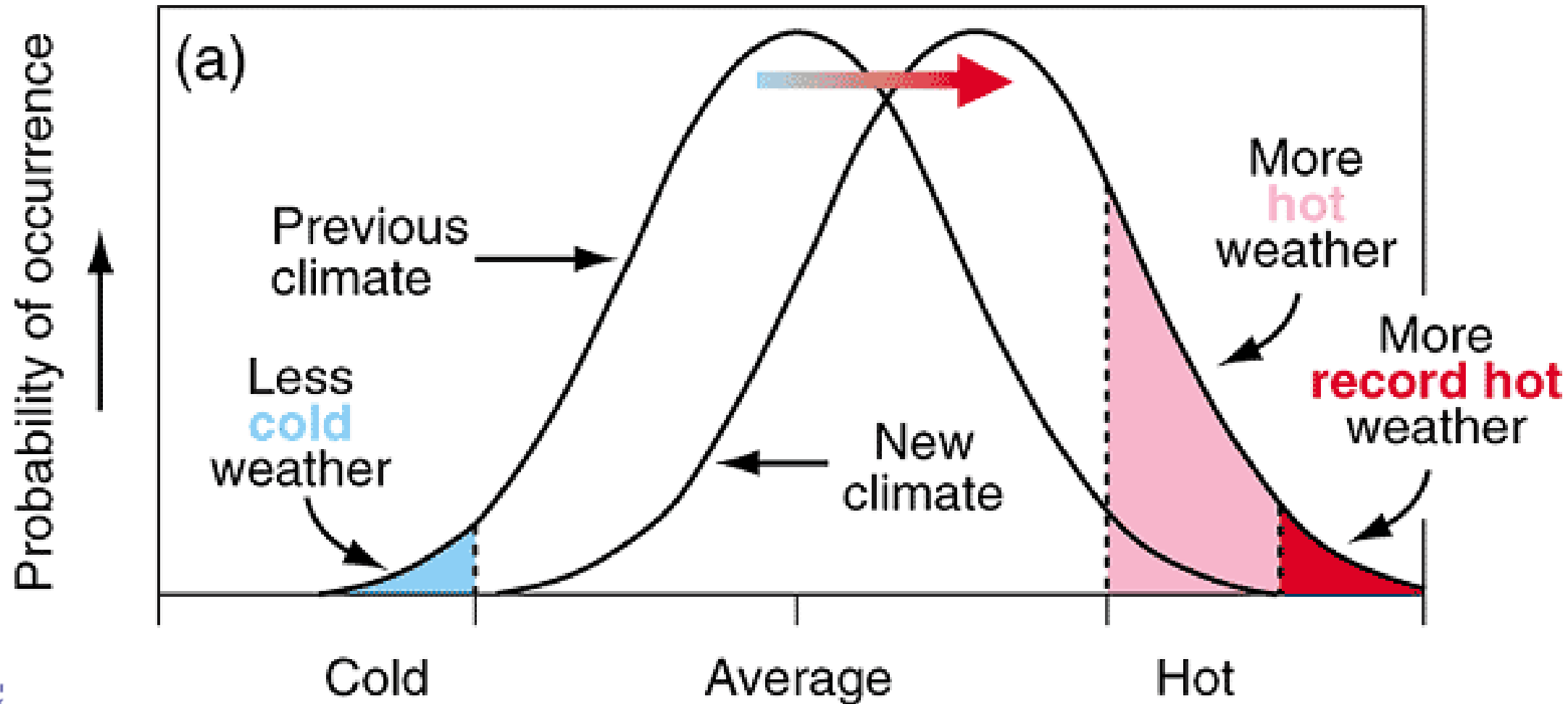


kuva: Pauli Jokinen, IL

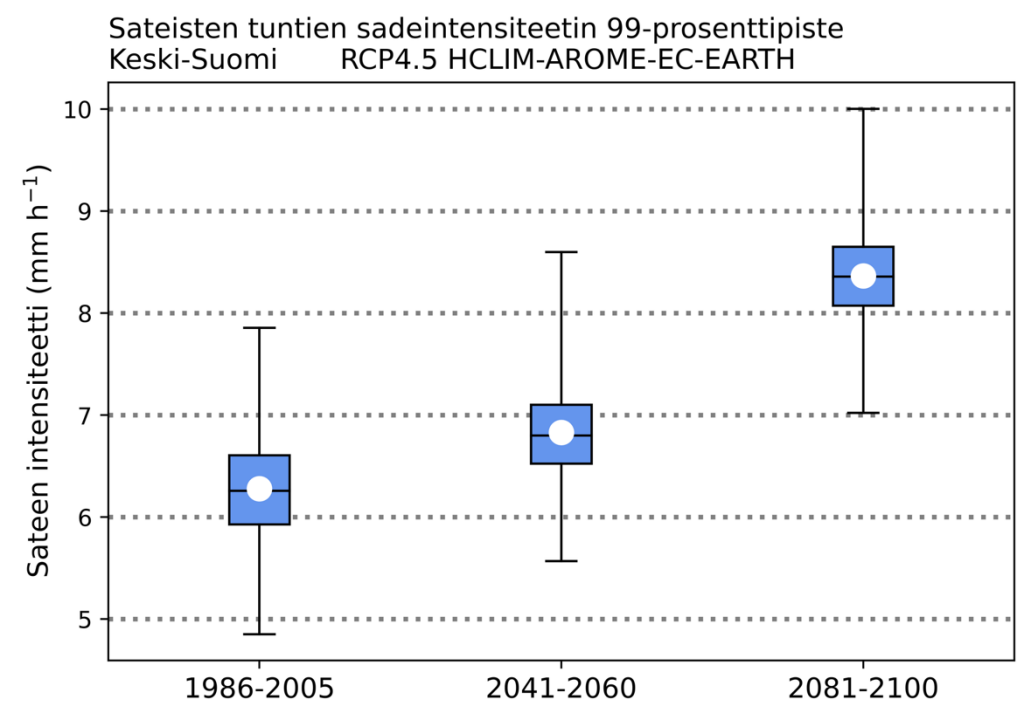
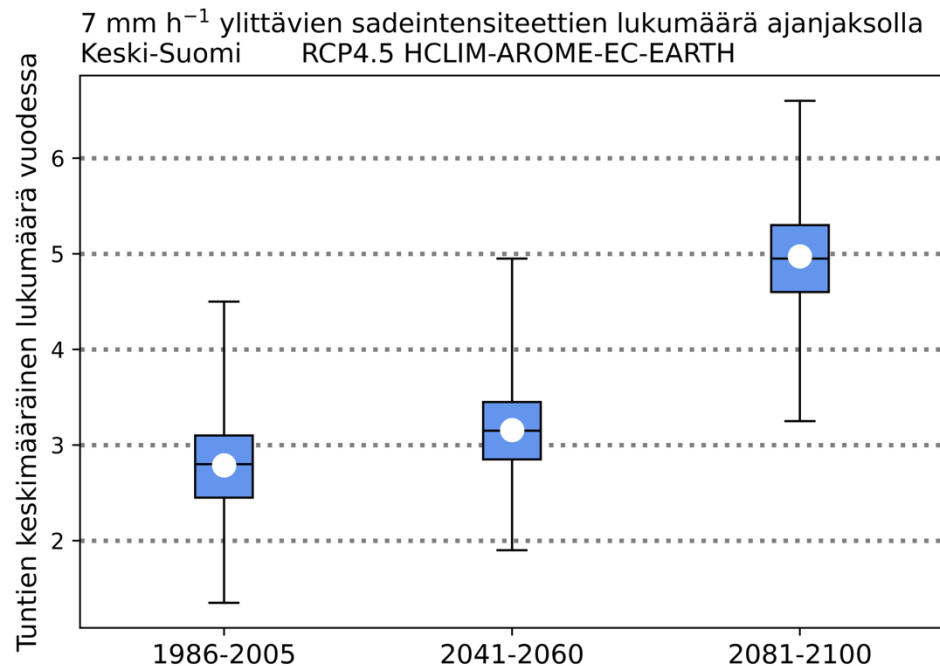
Kevätrypsi: 1000 °C vrk → Härkäpapu: 1120 °C vrk (ProAgria)

Miten ilmastonmuutos vaikuttaa?

Increase in mean



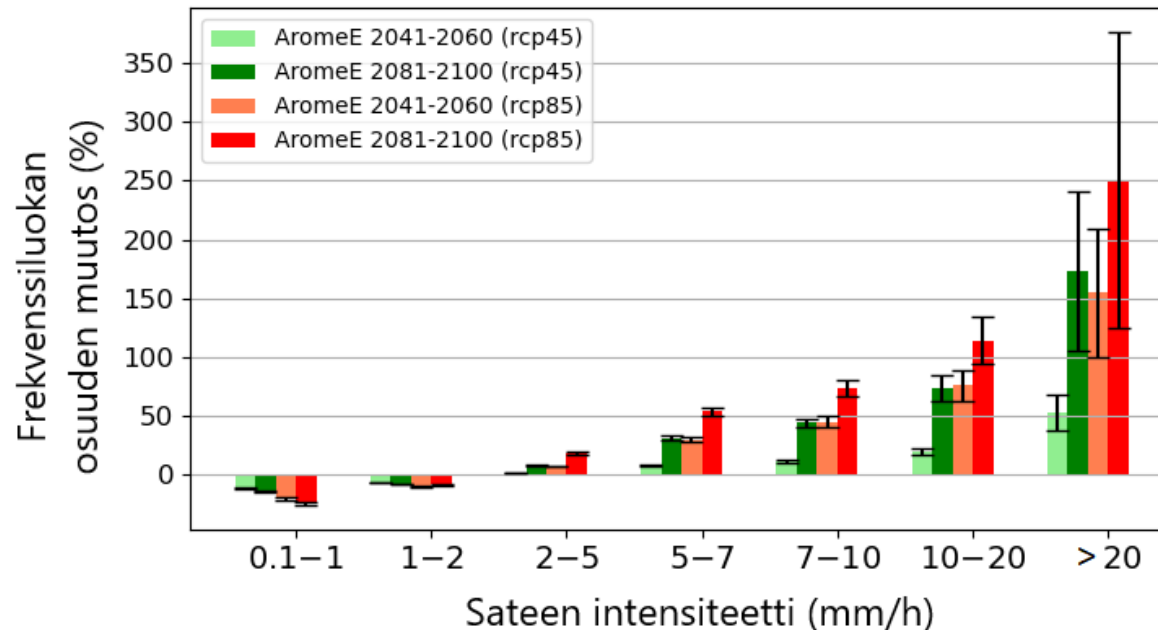
Esimerkki: rankkasateiden muutos Keski-Suomessa



- Kesäiset rankkasateet yleistyvät Varsinais-Suomessa ilmaston lämmetessä (keskimääräinen päästöskenaario)
- Voimakkaimmat tunnitaiset sateet voimistuvat entisestään
- Tulokset perustuvat vain yhden ilmastomallin tuloksiin

Muutokset sateessa

Heikot ja kohtalaiset sateet (intensiteetti alle 2 mm/h) harvinaistuvat kesällä, kovat sateet yleistyvät. Suhteellisesti eniten lisääntyvät rankimmat sateet.



Eri sateen intensiteettiluokkiin kesäkuukausina osuvien sadetapausten suhteellisen frekvenssin muutos (%) Suomen alueella tarkan erotuskyvyn HCLIM38-AROME-ilmastomallilla. Muutokset on esitetty verrattuna jakson 1986–2005 tilanteeseen RCP4.5-skenaariossa (vihreällä) ja RCP8.5-skenaariossa (punaisella) ajanjaksoille 2041–2060 (vaaleat värit) ja 2081–2100 (tummat värit). Hajontapalkit kuvaavat muutosten Suomen aluekeskiarvon vuosienvälistä vaihtelua. *Lähde: Laura Utriainen/IL*

Hellepäivien muutos

(1991-2020 verrattuna edellisiin 30-v ilmastojaksoihin)

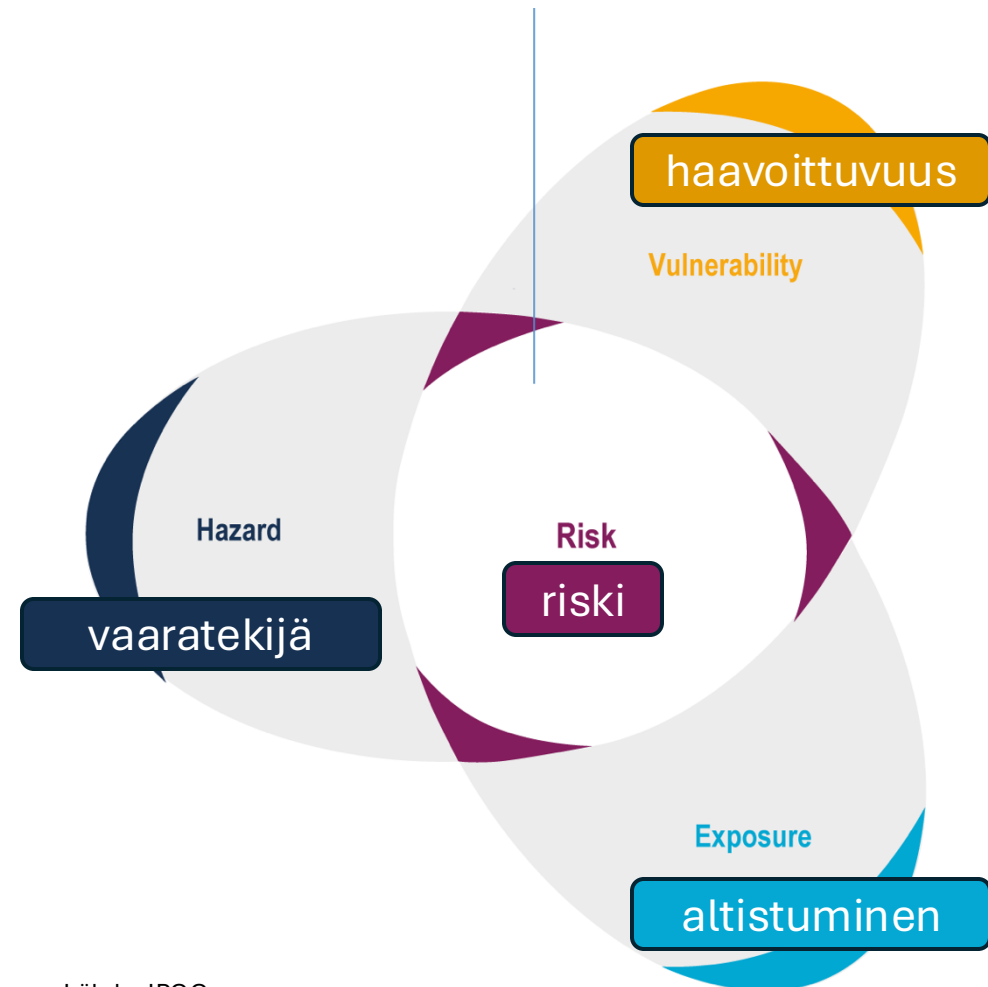
1981-2010

1961-1990

Pääosin 1-2
hellepäivää lisää

Etelässä
paikoin +6
hellepäivää

Mitä on ilmastoriski ja miten sitä arvioidaan?

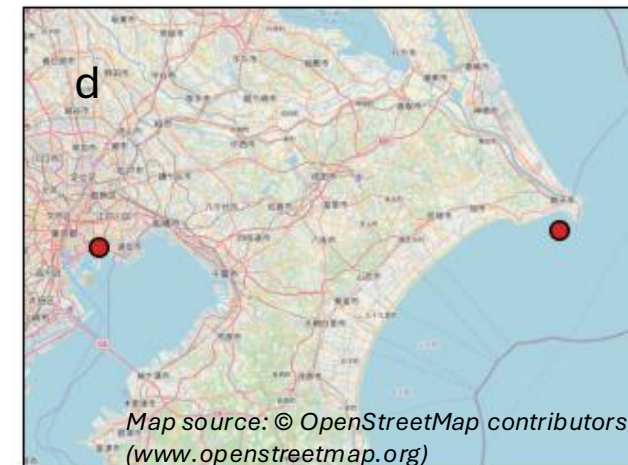
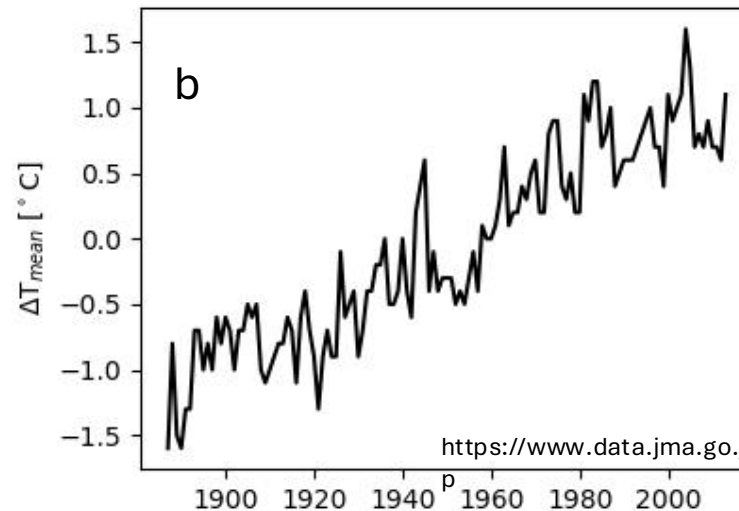
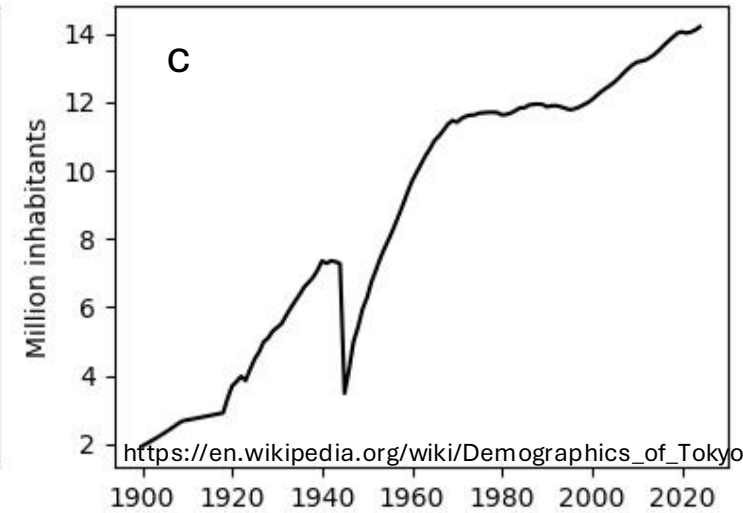
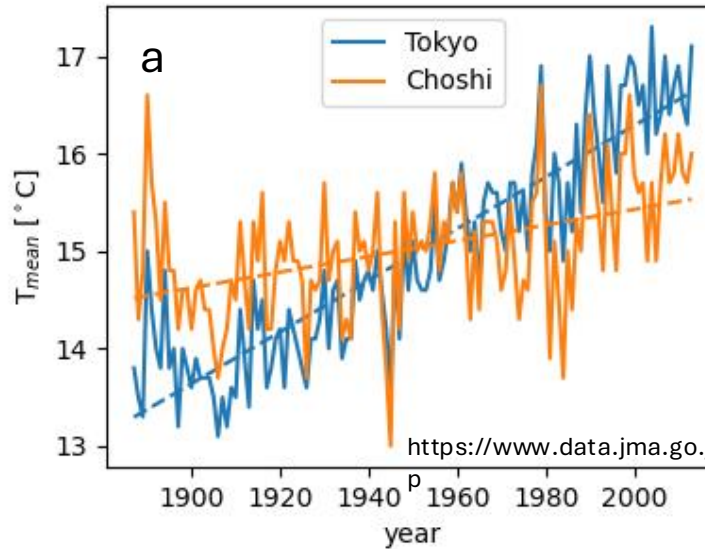


- **riski:**
 - mahdollisuus haitallisesta vaikutuksesta ihmisiin, infrastruktuuriin tai luontoon
- **vaaratekijät:**
 - myrskyt, rankkasateet, kuivuus, kylmyys, ...
 - muuttuva keskilämpötila, sateisuus, ...
- **altistuminen:**
 - Kuka tai mikä on vaaratekijän alueella?
- **haavoittuvuus:**
 - Kuinka todennäköistä on, että joku tai jotain vahingoittuu (sensitiivisyys)?
 - Onko keinoja, miten selviytyä (selviytymiskyky)?
 - Kuinka suuri potentiaali on oppia uusia keinoja (sopeutumiskyky)?

Lämpösaarekeilmiö

Historialliset
lämpötilamittaukset Japanissa,
Tokyossa ja Choshissa.

- a) vuosien keskilämpötilat
Tokyossa ja Choshissa
- b) erotus mittauksista
- c) Tokyon väestö ajan funktiona
- d) Tokyon ja Choshin
mittausasemien sijainti



Lämpösaarekeilmiö

Lämpösaarekeilmiö voidaan visualisoida eri tavoin

- (1) Satelliittimittaukset pintalämpötiloista
- (2) Interpoloidut ilmanlämpötilamittaukset

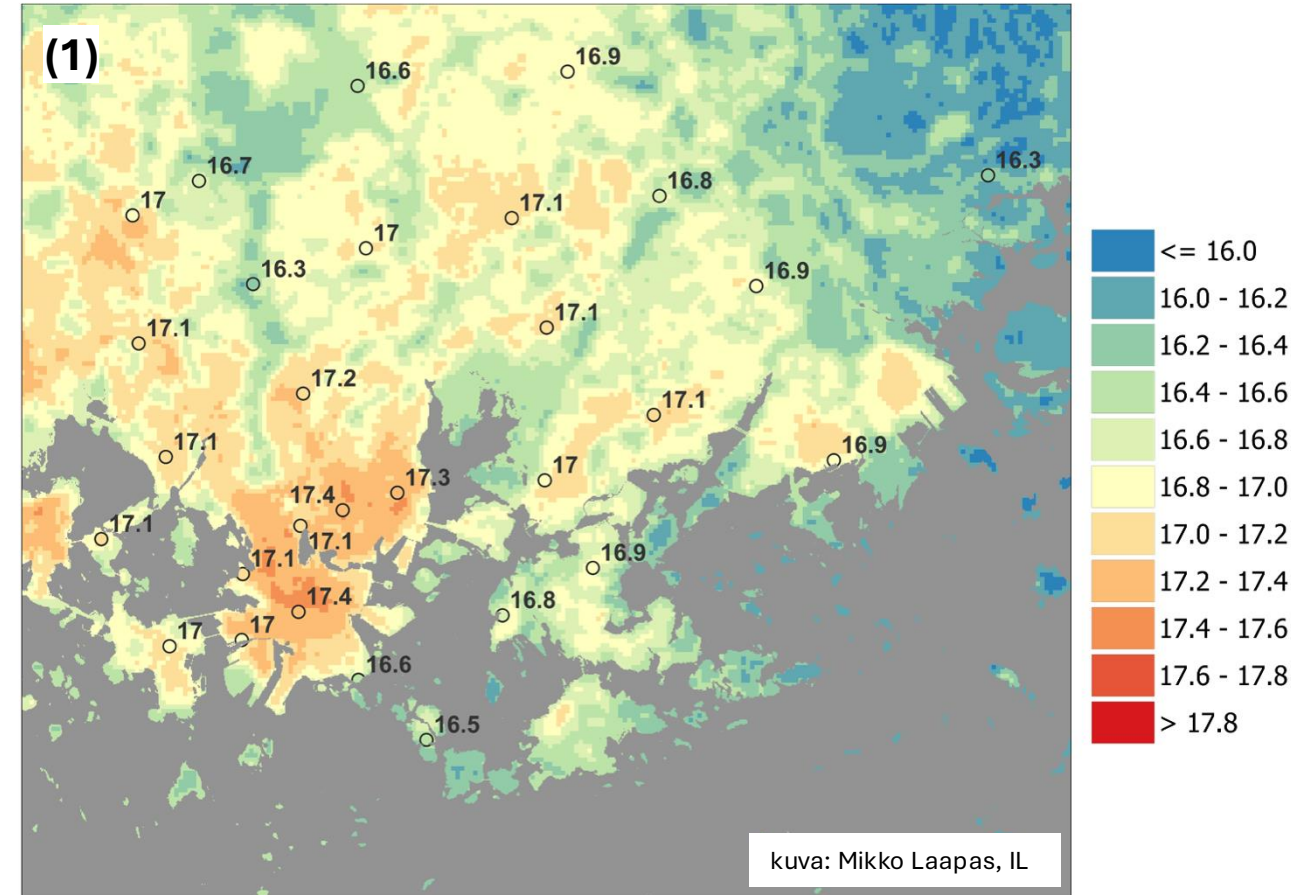
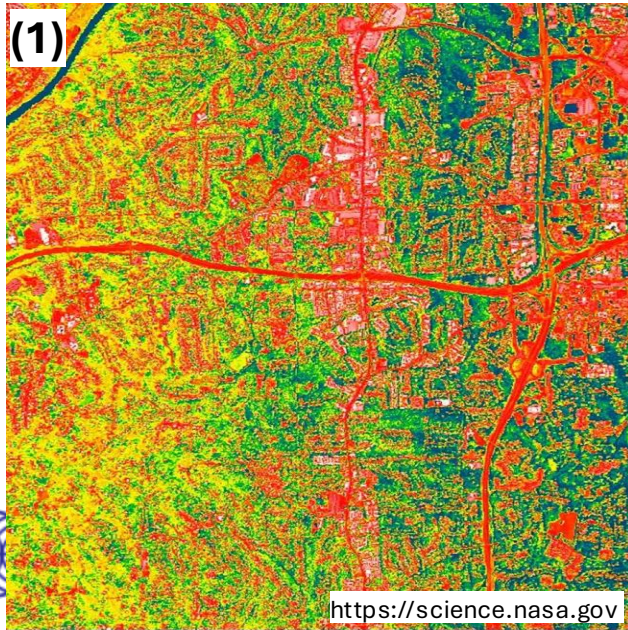


Figure 3. Map showing the result of spatial interpolation of summer 2025 (June to August) mean temperatures in Helsinki observed by TAPSI station network (circles).

Esimerkki: lämpörasitus

Esimerkki:

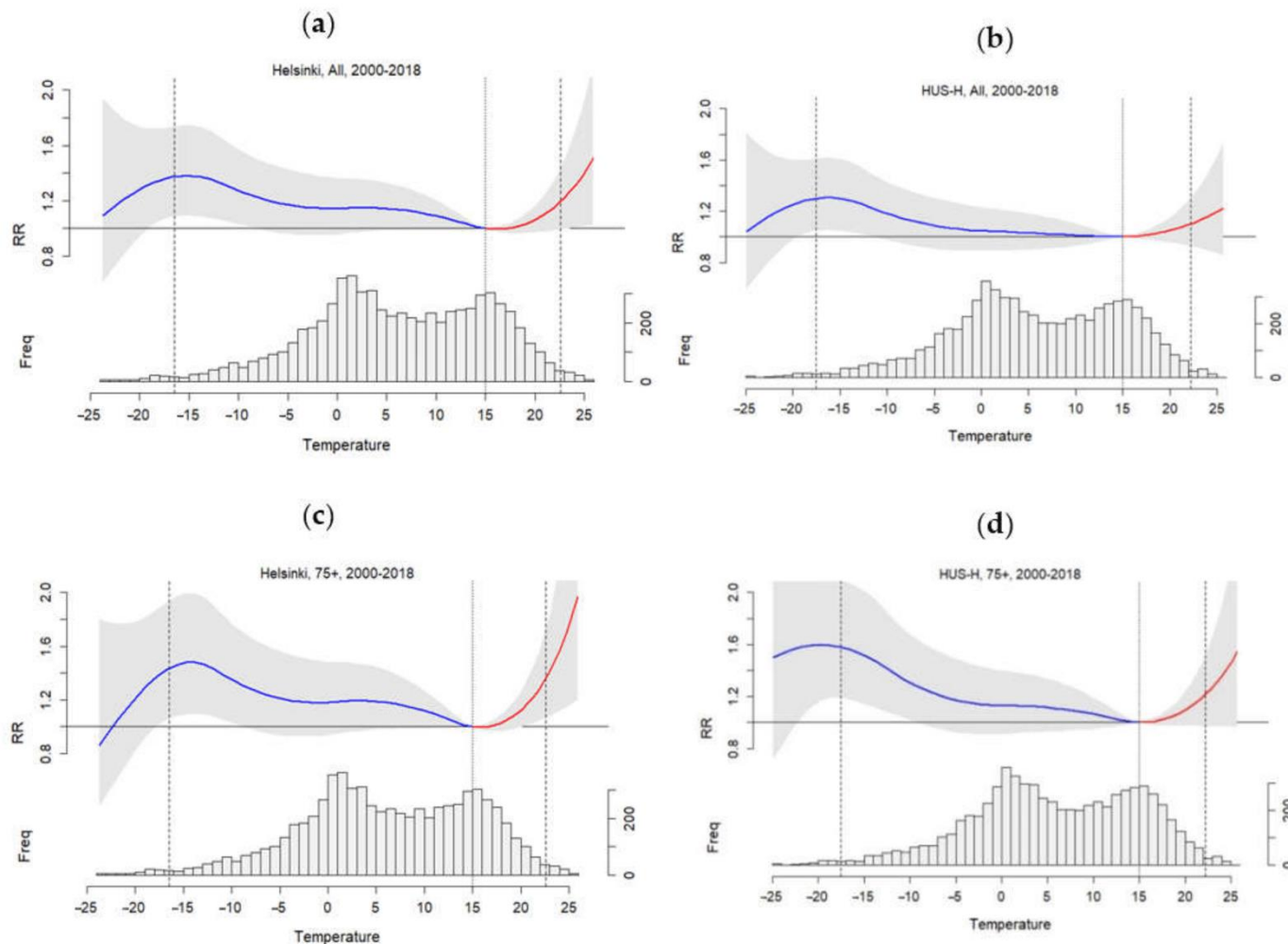
Ankara kuumuus (helleaalto) →
vaaratekijä

Vanhojen ihmisten (75+) alttius
kuumuuteen on suurempi kuin
keskiarvo

→ **haavoittuvuus**

Altius keskustassa on suurempi
kuin ympäröivillä alueilla

→ **altistuminen + haavoittuvuus**



Esimerkki: lämpörasitus

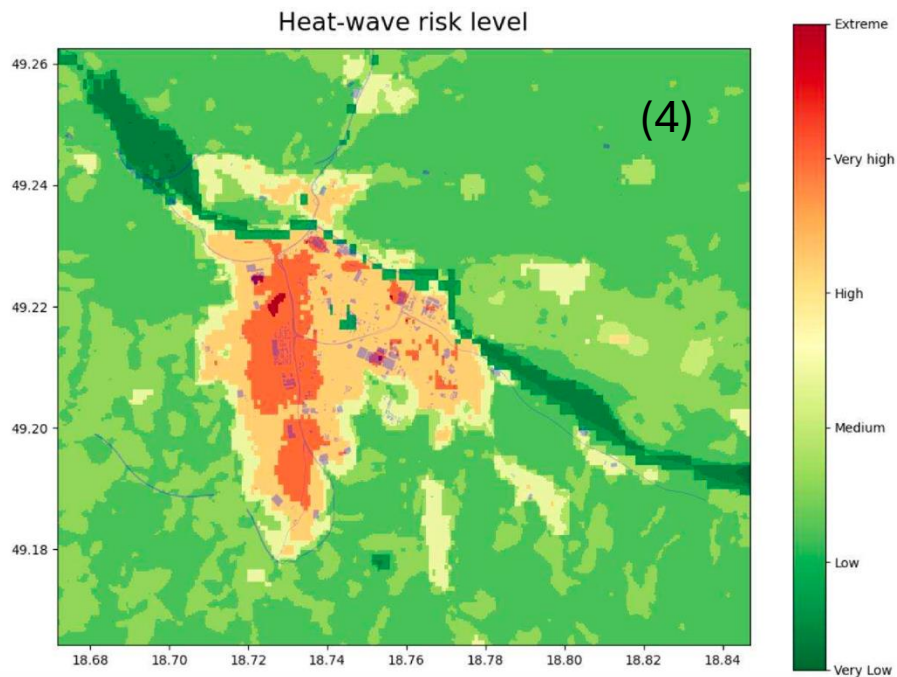
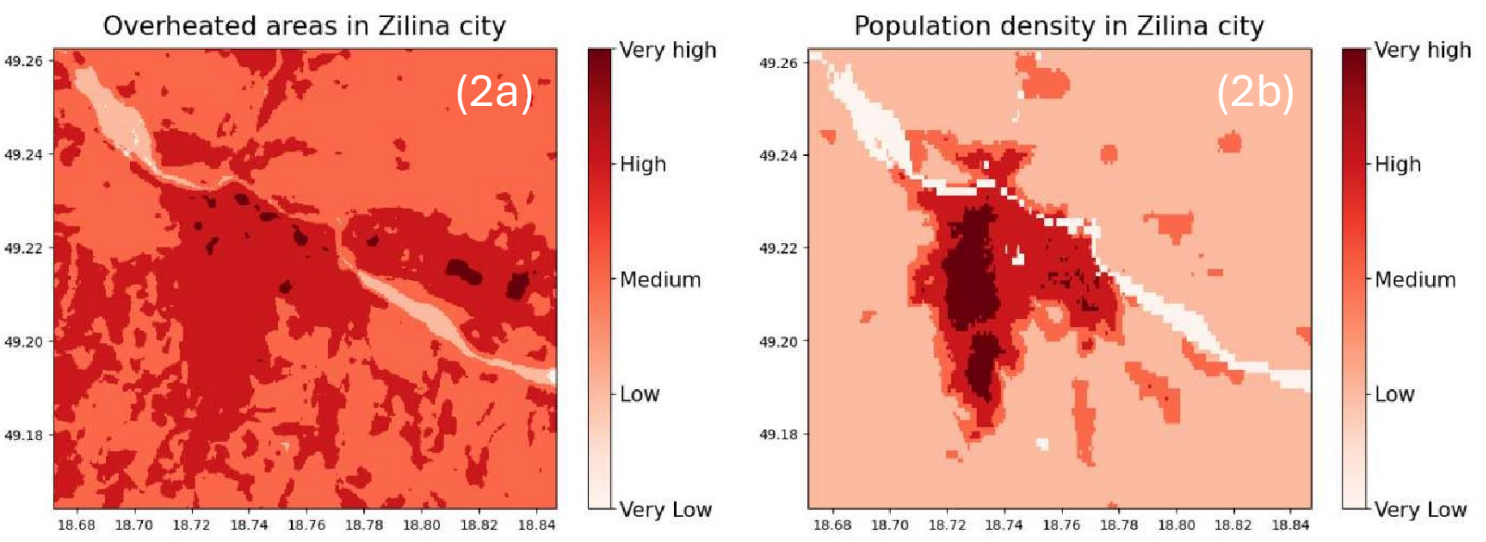
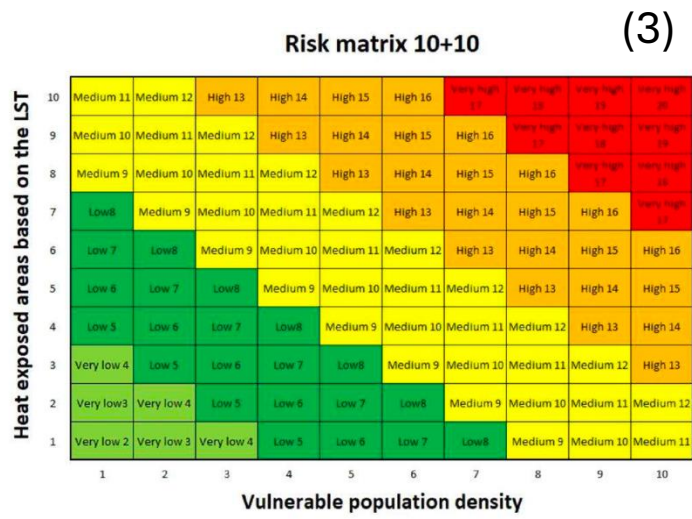
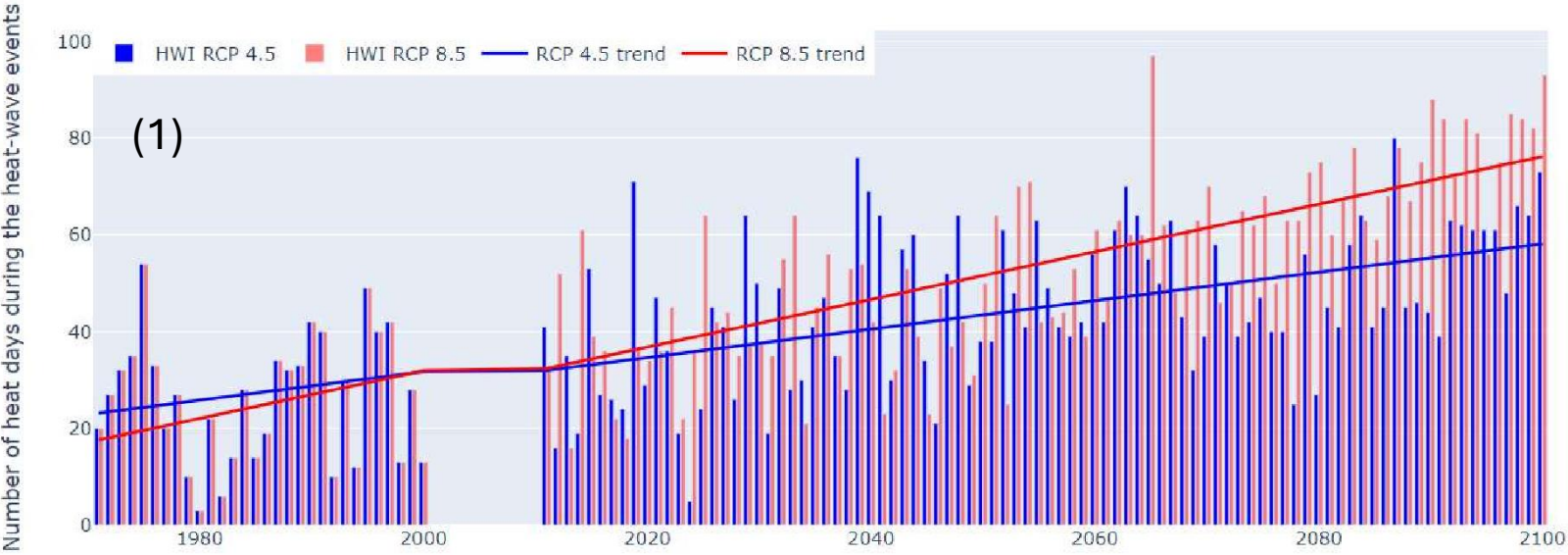
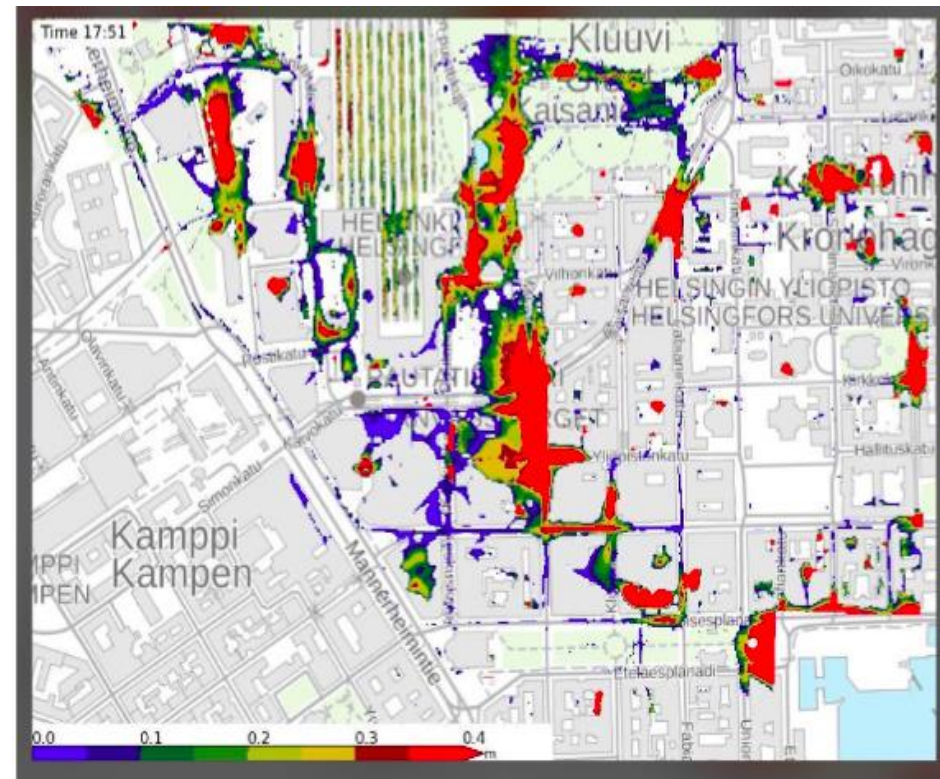


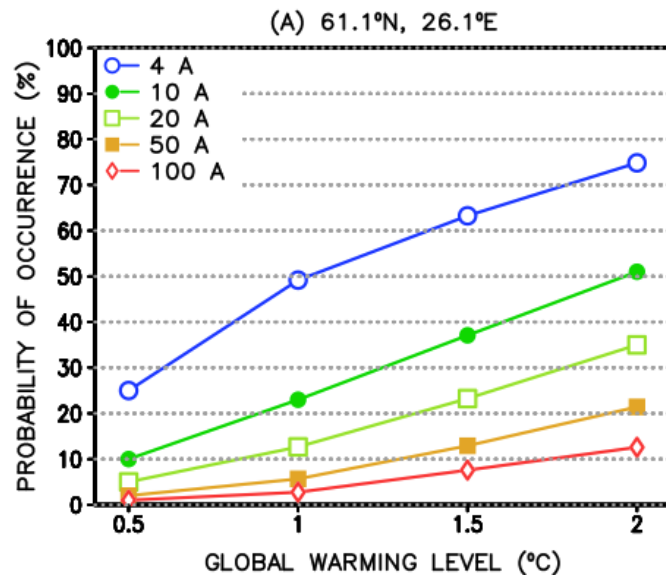
Figure 2.17: Overheated areas in 2017 (left) and distribution of the vulnerable population density in 2020 (right) in Žilina city.

Esimerkki rankkasateiden mahdollisista vaikutuksista vs. varautumisen kehittäminen

- LONGRISK-akatemiahanke mm. simuloitiin Kööpenhaminan v. 2011 vaikutuksia
- Kuvassa Ilmatieteen laitoksen simuloima kaupunkitulva Helsingin keskustassa (Kööpenhaminan sade siirretty Helsingin ylle)



Miten voidaan sopeutua ilmastonmuutokseen?

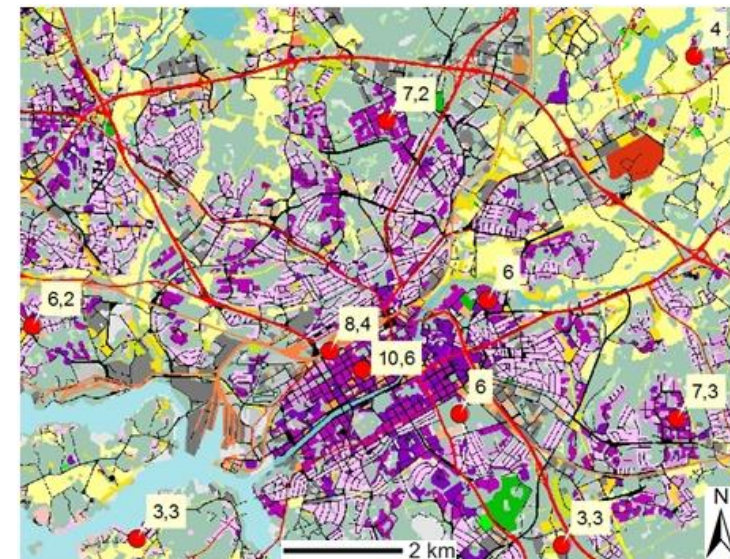


- Helleaallot lisääntyvät ilmastonmuutoksessa myös Suomessa.
- Vakavuus riippuu globaalin lämpenemismäärästä.

Keinot sopeutua:

- ilmastointi (mutta: sähkönkulutus)
- kaupunkivihreä
- vaaleat ja läpäisevät pinnat
- rakennusten tyyppi, koko, jne.
- ilman vaihdon mahdollistaminen suunnitelleessa
- sosiaalinen valmistaminen ja integraatio

Lämpösaarekeilmiö vahvistaa kuumuusvaikutukset.



ilmasto-opas.fi: lämpösaarekeilmiö Turussa

Miten voidaan sopeutua ilmastonmuutokseen?



Kuva: Kirsi-Maarit Venetpalo/Salon Seudun Sanomat
<http://www.ymparisto.fi/vesikirje>

Keinot sopeutua:

- huomioonotto suunnitteluvaiheessa
- vettä läpäisevät ja imukykyiset pinnat
- kaupunkivihreä
- varoitusjärjestelmät
- asukkaiden valmius reagoida tilanteihin

Luontopohjaiset ratkaisut



- Rankkasateet vahvistuvat tulevaisuudessa.
- Suomessa vahingot tapahtuvat varsinkin kaupungeilla.

Kiitos!



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Lähteet

<https://ilmastotykalut.fi/ilmastonmuutos-ja-kaupungit/index.htm>

<https://urban.jrc.ec.europa.eu/thefutureofcities/climate-action#the-chapter>

https://www.stat.fi/til/ehk/2020/04/ehk_2020_04_2021-04-16_tie_001_fi.html

IPCC, 2022: Annex II: Definitions, Units and Conventions [Al Khourdajie, A., R. van Diemen, W.F. Lamb, M. Pathak, A. Reisinger, S. de la Rue du Can, J. Skea, R. Slade, S. Some, L. Steg (eds)]. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.021.

Klein, R.J.T., S. Huq, F. Denton, T.E. Downing, R.G. Richels, J.B. Robinson, F.L. Toth, 2007: Inter-relationships between adaptation and mitigation. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 745-777.

Ruuhela, R.; Votsis, A.; Kukkonen, J.; Jylhä, K.; Kankaanpää, S.; Perrels, A. Temperature-Related Mortality in Helsinki Compared to Its Surrounding Region Over Two Decades, with Special Emphasis on Intensive Heatwaves. Atmosphere 2021, 12, 46. <https://doi.org/10.3390/atmos12010046>

Ruostenoja, K. and Jylhä, K., Geophysica (2023), 58 (1), 47–75

<https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/lamposaarekeilmion-ymmartaminen-tukee-kaupunkisuunnittelua>

<https://julkaisu.hsy.fi/en/index/nature-based-solutions-helsinki-metropolitan-area.html>

Kühn, T., Olsson, T., Hanhikoski, T., Laitinen, J., Salmi, R., Gasulla Fernández, N., Casajús Vallés, A., Meléndez-Landaverde, E.R., Trucchia, A., Gáborová, I., Žarnay, M., Kubán, M., Zandersone, D., and Zandersons, V.: 5 CRA pilot reports: Lessons learnt and success stories, CLIMAAX deliverable 3.2, https://files.cmcc.it/climaax/Deliverables/CLIMAAX_D3.2_pilot_CRAs_v3.pdf, 2025.

Mauna Loa:

- Dr. Pieter Tans, NOAA/GML (gml.noaa.gov/ccgg/trends/) and Dr. Ralph Keeling, Scripps Institution of Oceanography (scrippsco2.ucsd.edu/).

Keeling curve:

- C. D. Keeling, S. C. Piper, R. B. Bacastow, M. Wahlen, T. P. Whorf, M. Heimann, and H. A. Meijer, Exchanges of atmospheric CO₂ and ¹³CO₂ with the terrestrial biosphere and oceans from 1978 to 2000. I. Global aspects, SIO Reference Series, No. 01-06, Scripps Institution of Oceanography, San Diego, 88 pages, 2001. <http://escholarship.org/uc/item/09v319r9>
- Rubino, Mauro; Etheridge, David; Thornton, David; Allison, Colin; Francey, Roger; Langenfelds, Ray; Steele, Paul; Trudinger, Cathy; Spencer, Darren; Curran, Mark; Van Ommen, Tas; Smith, Andrew (2019): Law Dome Ice Core 2000-Year CO₂, CH₄, N₂O and δ¹³C-CO₂. v1. CSIRO. Data Collection. <https://doi.org/10.25919/5bfe29ff807fb>
- Lüthi, D., M. Le Floch, B. Bereiter, T. Blunier, J.-M. Barnola, U. Siegenthaler, D. Raynaud, J. Jouzel, H. Fischer, K. Kawamura, and T.F. Stocker. 2008. High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000-800,000 years before present. *Nature*, Vol. 453, pp. 379-382, 15 May 2008.
- Baerbel Hoenisch. (2021). Paleo-CO₂ data archive (Version 1) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5777278>

IPCC:

- Figure 4.2 in IPCC, 2021: Chapter 4. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Lee, J.-Y., J. Marotzke, G. Bala, L. Cao, S. Corti, J.P. Dunne, F. Engelbrecht, E. Fischer, J.C. Fyfe, C. Jones, A. Maycock, J. Mutemi, O. Ndiaye, S. Panickal, and T. Zhou, 2021: Future Global Climate: Scenario-Based Projections and Near-Term Information. In 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., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 553–672, doi: 10.1017/9781009157896.006.]
- Figure 5.5 in IPCC, 2021: Chapter 5. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Canadell, J.G., P.M.S. Monteiro, M.H. Costa, L. Cotrim da Cunha, P.M. Cox, A.V. Eliseev, S. Henson, M. Ishii, S. Jaccard, C. Koven, A. Lohila, P.K. Patra, S. Piao, J. Rogelj, S. Syampungani, S. Zaehle, and K. Zickfeld, 2021: Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks. In 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., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 673–816, doi: 10.1017/9781009157896.007.]
- Figure 1.5 in Ara Begum, R., R. Lempert, E. Ali, T.A. Benjaminsen, T. Bernauer, W. Cramer, X. Cui, K. Mach, G. Nagy, N.C. Stenseth, R. Sukumar, and P. Wester, 2022: Point of Departure and Key Concepts. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 121-196, doi:10.1017/9781009325844.003.