



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Ilmastomuutoksen vaikutukset Pohjois- Pohjanmaalla

Juhlakokous 3.5.2023

Hilppa Gregow

Tutkimusprofessori, Yksikönpäällikkö

Ilmatieteen laitos

4.5.2023



Ajatuksia, joista lähdemme liikkeelle?

- Mitä kuuluu ilmastonmuutokselle ja sen vaikutuksille?
- Globaalisti?
- Kansallisesti?
- Alueellisesti?
- Pohjois-Pohjanmaalla?
- Mitä uutta sopeutumista tukevaa tutkimusta ja palvelua on kehittymässä?

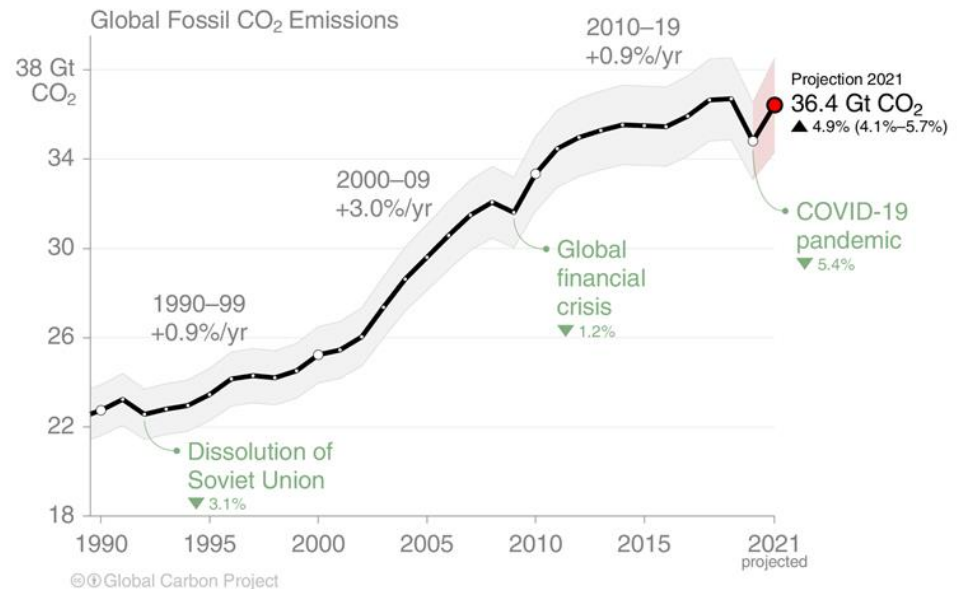
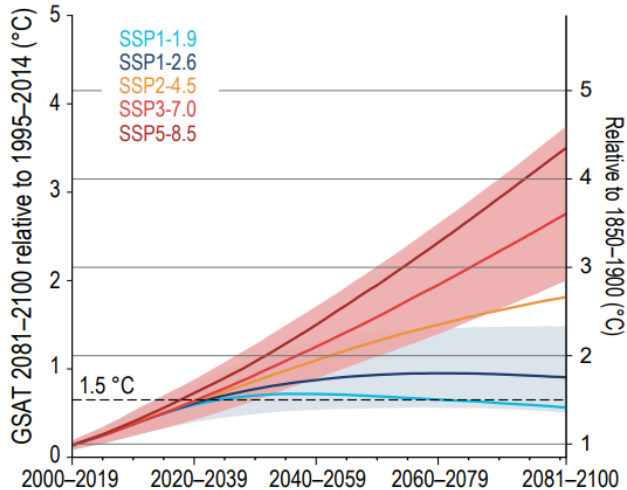


Globaalisti – on oltava huolissaan

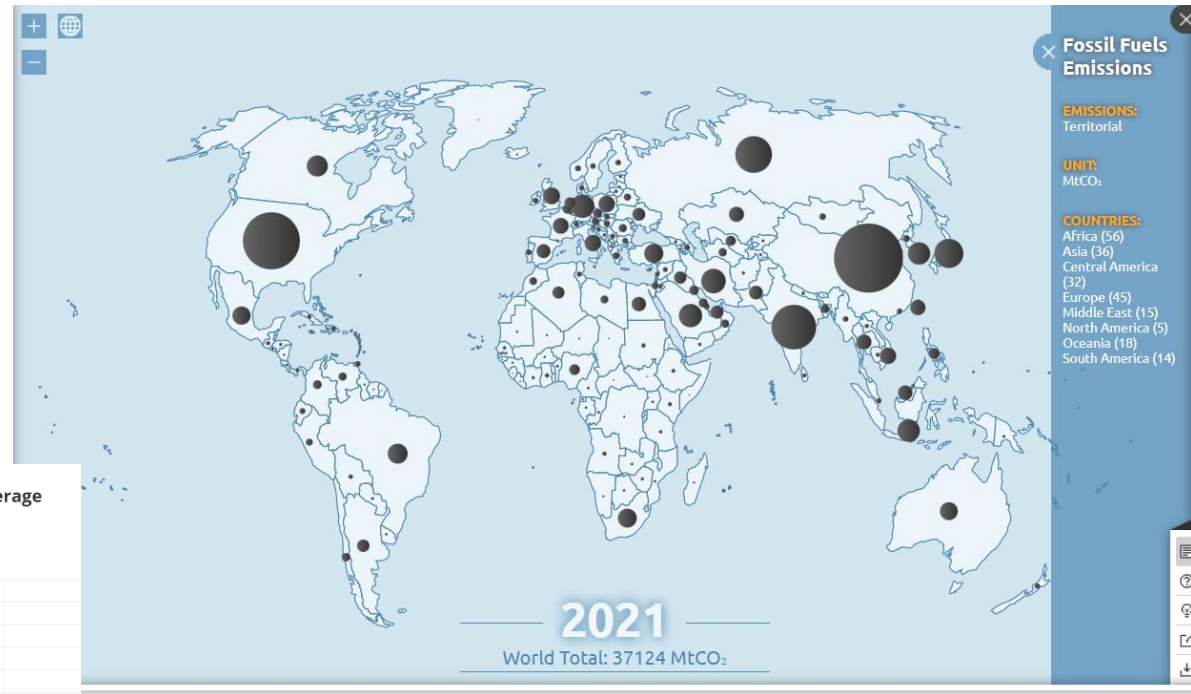
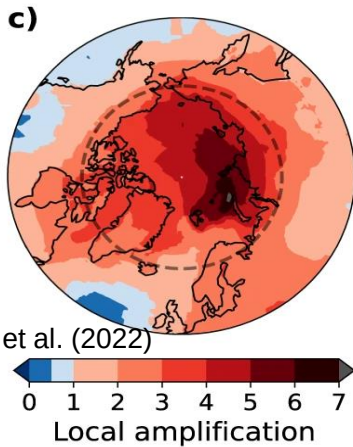
Jotta lämpeneminen ei ylittäisi 1,5 asteen rajaa, pitäisi globaalisti onnistua vähentämään fossiilisten polttoaineiden kulutusta hyvin radikaalisti ja nopeasti.

Pandemian aikana onnistuimme hillitsemään riittävästi.

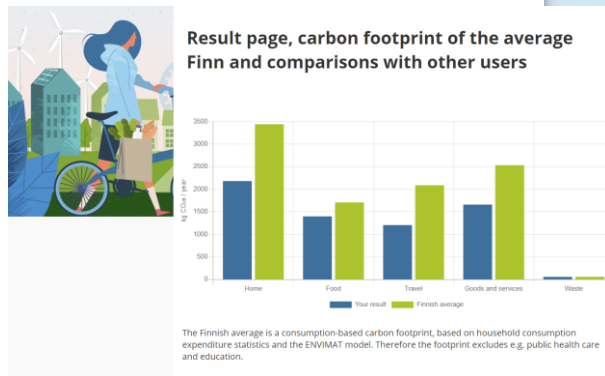
(e) Warming to 2100 depends on the scenario



Lämpeneminen on kiihtymässä Koko maailma tarvitaan auttamaan

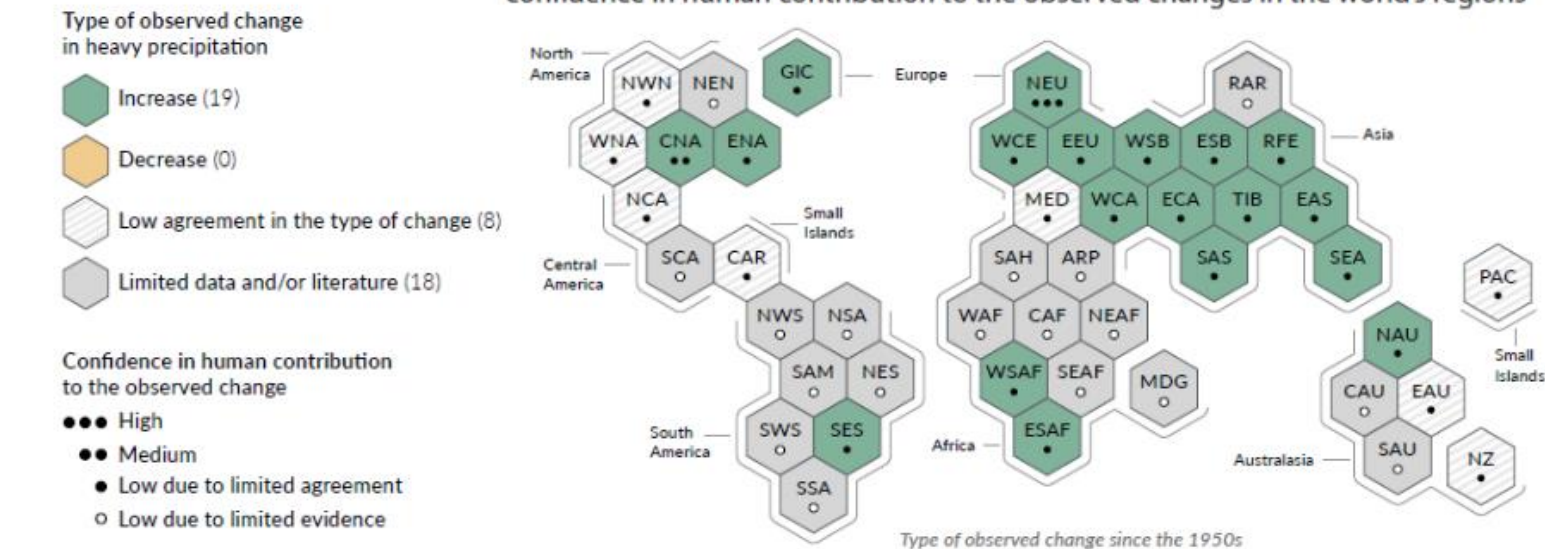


Suomessa päästöt olivat v. 2021 38 MtCO₂, meitä on n. 5,5 miljoonaa. Hiilijalanjälkemme on suuri ja keskimäärin 6900 CO₂e.



Sateisuus ja ääritilanteet (IPCC AR6)

b) Synthesis of assessment of observed change in heavy precipitation and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions



Each hexagon corresponds to one of the IPCC AR6 WGI reference regions

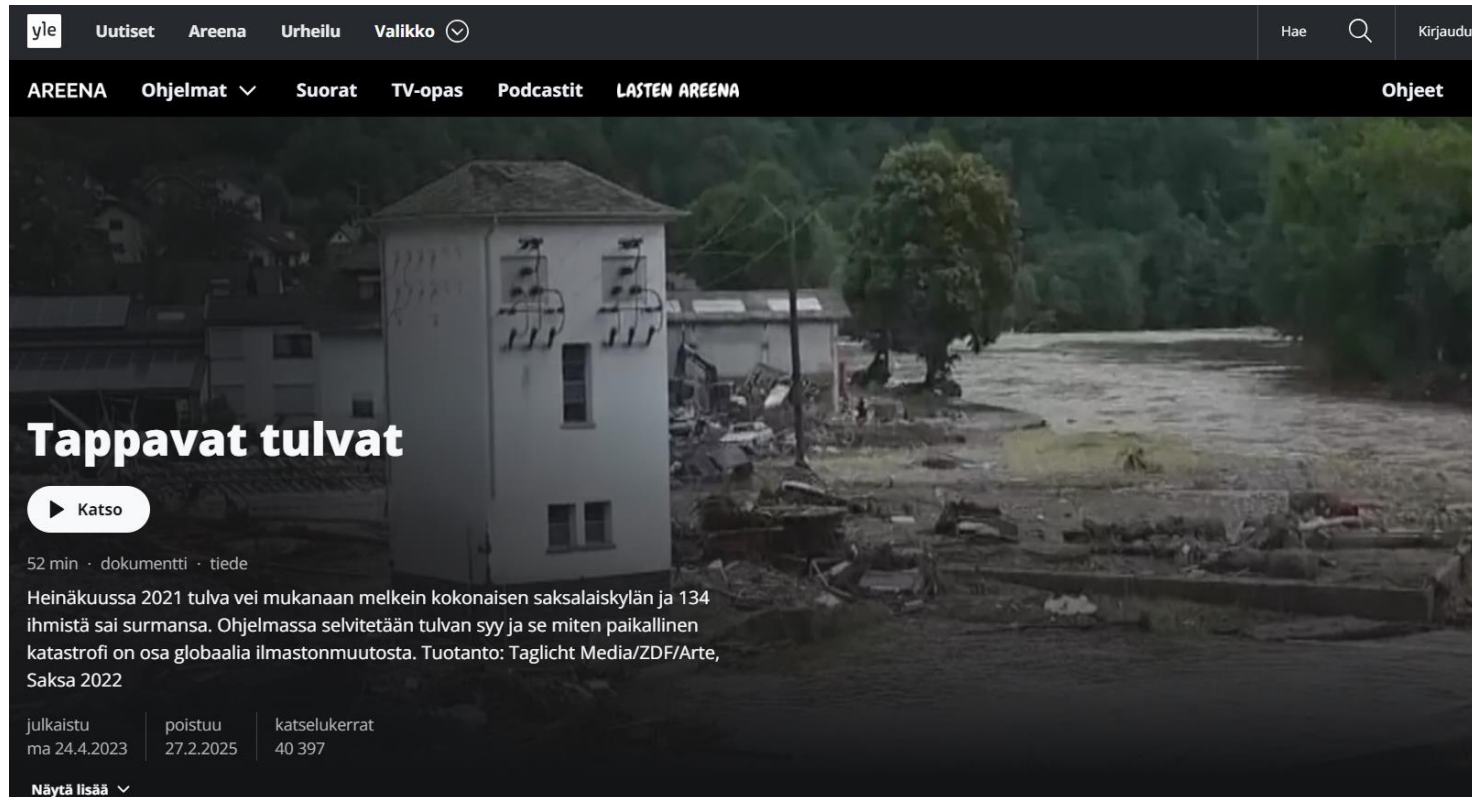


IPCC AR6 WGI reference regions: North America: NWN (North-Western North America), NEN (North-Eastern North America), WNA (Western North America), CNA (Central North America), ENA (Eastern North America), Central America: NCA (Northern Central America), SCA (Southern Central America), CAR (Caribbean), South America: NWS (North-Western South America), NSA (Northern South America), NES (North-Eastern South America), SAM (South American Monsoon), SWS (South-Western South America), SES (South-Eastern South America), SSA (Southern South America), Europe: GIC (Greenland/Iceland), NEU (Northern Europe), WCE (Western and Central Europe), EEU (Eastern Europe), MED (Mediterranean), Africa: MED (Mediterranean), SAH (Sahara), WAF (Western Africa), CAF (Central Africa), NEAF (North Eastern Africa), SEAF (South Eastern Africa), WSAF (West Southern Africa), ESAF (East Southern Africa), MDG (Madagascar), Asia: RAR (Russian Arctic), WSB (West Siberia), ESB (East Siberia), RFE (Russian Far East), WCA (West Central Asia), ECA (East Central Asia), TIB (Tibetan Plateau), EAS (East Asia), ARP (Arabian Peninsula), SAS (South Asia), SEA (South East Asia), Australasia: NAU (Northern Australia), CAU (Central Australia), EAU (Eastern Australia), SAU (Southern Australia), NZ (New Zealand), Small Islands: CAR (Caribbean), PAC (Pacific Small Islands)



V.2021 Keski-Eurooppa - sateet

Ilmastonmuutos vaikutti näihin ja teki ne 9 kertaa todennäköisemmiksi.



The screenshot shows the Yle website's news section. The main headline is "Tappavat tulvat" (Deadly floods) with a play button icon and the word "Katso" (Watch). Below the headline, it says "52 min · dokumentti · tiede" (52 min · documentary · science). The text describes the July 2021 floods in Germany, mentioning that 134 people died and the cause is linked to climate change. It credits the production to Taglicht Media/ZDF/Arte, Germany 2022. At the bottom, there is a table with publication and viewing details.

julkaistu ma 24.4.2023	poistuu 27.2.2025	katselukerrat 40 397
---------------------------	----------------------	-------------------------

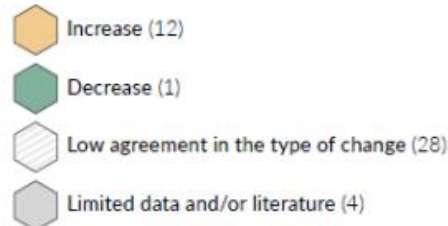
Näytä lisää ▾



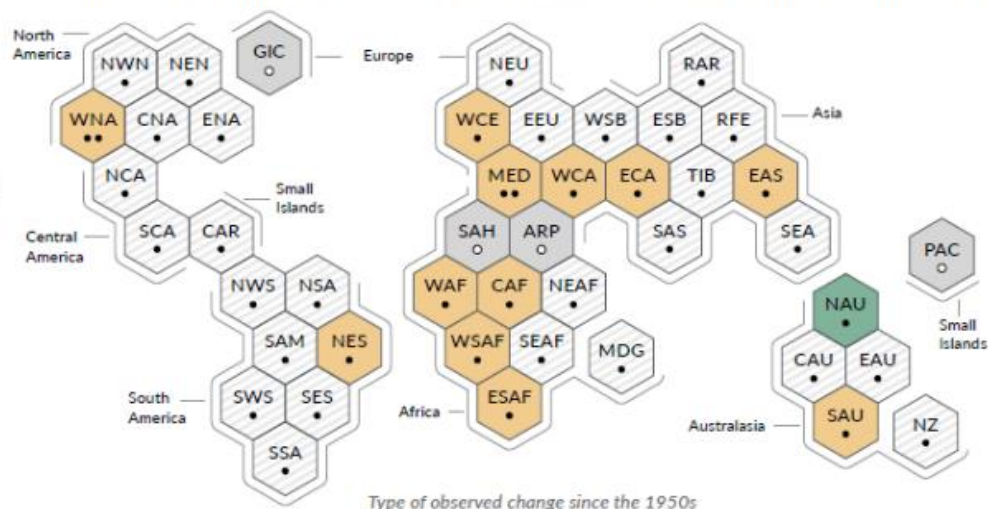
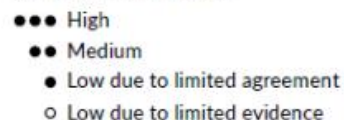
Kuivuus ja ääritilanteet (IPCC AR6)

c) Synthesis of assessment of observed change in agricultural and ecological drought and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions

Type of observed change
in agricultural and ecological drought



Confidence in human contribution
to the observed change



Each hexagon corresponds
to one of the IPCC AR6
WGI reference regions

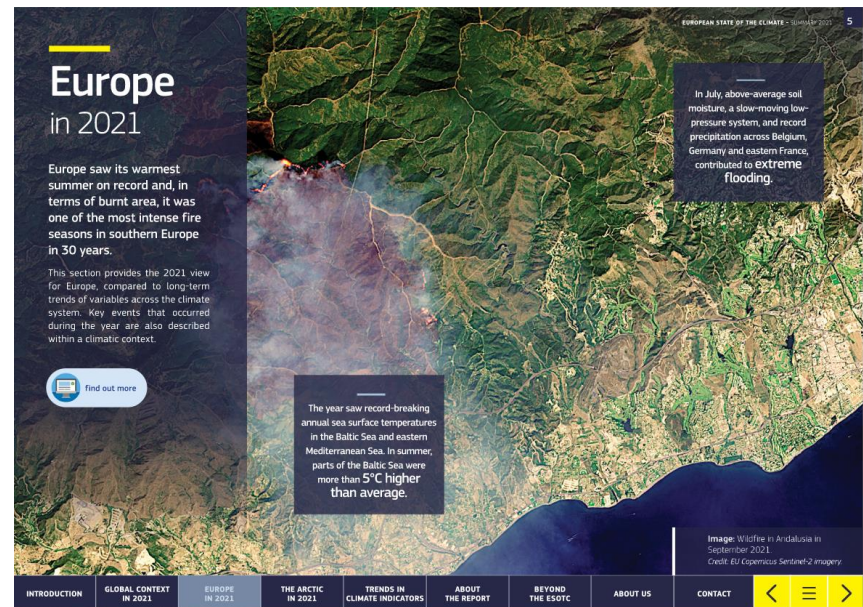


IPCC AR6 WGI reference regions: North America: NWN (North-Western North America), NEN (North-Eastern North America), WNA (Western North America), CNA (Central North America), ENA (Eastern North America), Central America: NCA (Northern Central America), SCA (Southern Central America), CAR (Caribbean), South America: NWS (North-Western South America), NSA (Northern South America), NES (North-Eastern South America), SAM (South American Monsoon), SWS (South-Western South America), SES (South-Eastern South America), SSA (Southern South America), Europe: GIC (Greenland/Iceland), NEU (Northern Europe), WCE (Western and Central Europe), EEU (Eastern Europe), MED (Mediterranean), Africa: MED (Mediterranean), SAH (Sahara), WAF (Western Africa), CAF (Central Africa), NEAF (North Eastern Africa), SEAF (South Eastern Africa), WSAF (West Southern Africa), ESAF (East Southern Africa), MDG (Madagascar), Asia: RAR (Russian Arctic), WSB (West Siberia), ESB (East Siberia), RFE (Russian Far East), WCA (West Central Asia), ECA (East Central Asia), TIB (Tibetan Plateau), EAS (East Asia), ARP (Arabian Peninsula), SAS (South Asia), SEA (South East Asia), Australasia: NAU (Northern Australia), CAU (Central Australia), EAU (Eastern Australia), SAU (Southern Australia), NZ (New Zealand), Small Islands: CAR (Caribbean), PAC (Pacific Small Islands)



Suomi - kuivuuden vaikutukset pahenevat myös meillä ja heijastevaikutukset Europaasta ja maailmalta voivat ulottua meille

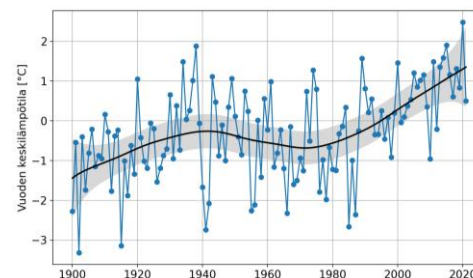
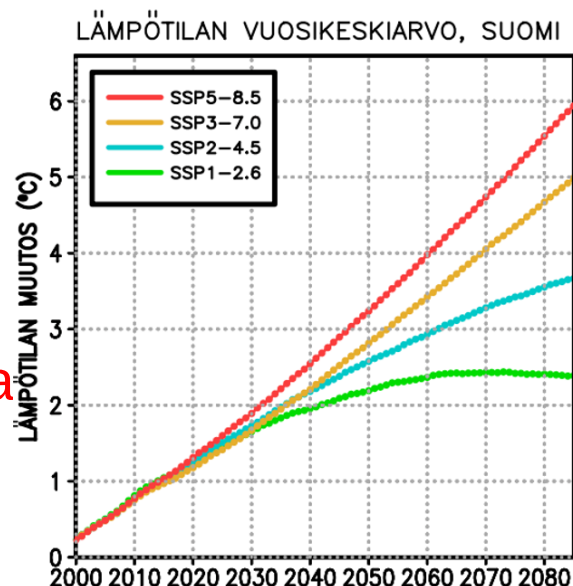
- Sopeutumistoimissa tulisi ottaa huomioon niin oman maan riskit kuin heijastevaikutusriskit ja kuljetusketjut ja logistiikka!
- Omavaraisuus
- Turvallisuus
- Liikkuminen
- Asuminen



Kun nousuvauhti on n. 0,5 astetta vuosikymmenessä SSP2-4.5

- Suomen keskilämpötila jotakuinkin näin:

- V. 1980 oli -0,6
- V. 1990 oli -0,1
- V. 2000 oli +0,3
- V. 2010 oli +0,8
- V. 2020 oli +1,3
- V. 2030 on +1,7 astetta
- V. 2040 on + 2,2 astetta
- V. 2050 on +2,6 astetta

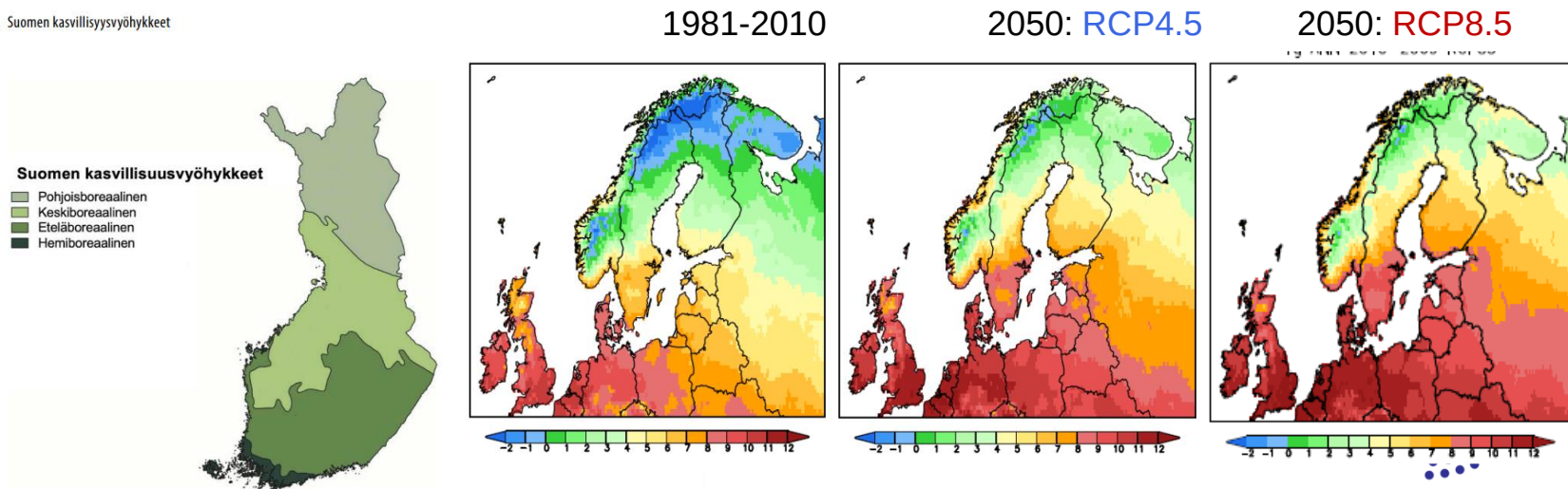


Lämpötilan
vuosikeskiarvo
n muutos
1981-2010
keskiarvoon
verrattuna

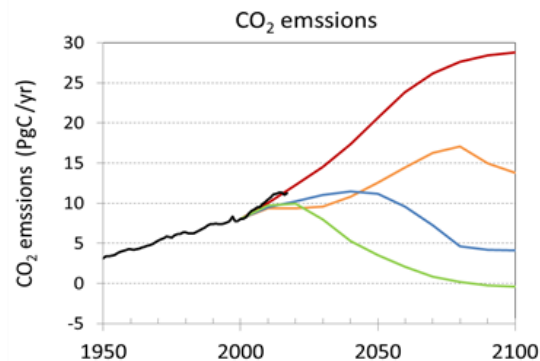


Kasvillisuusvyöhykkeet siirtyvät kohti pohjoista ja kuivuusriskit kasvavat, myös metsäpalovaara kasvaa. Käytännössä Etelä-Suomen ilmasto siirtyy Pohjois-Pohjanmaalle 2050, tai Etelä-Ruotsin ilmasto, jos hillintä ei tehostu.

Kuvio 51. Suomen kasvillisuusvyöhykkeet

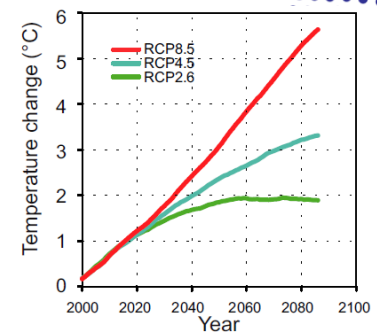


- Helleaallot ja kuivuus koettelevat tulevaisuudessa yhä useammin.

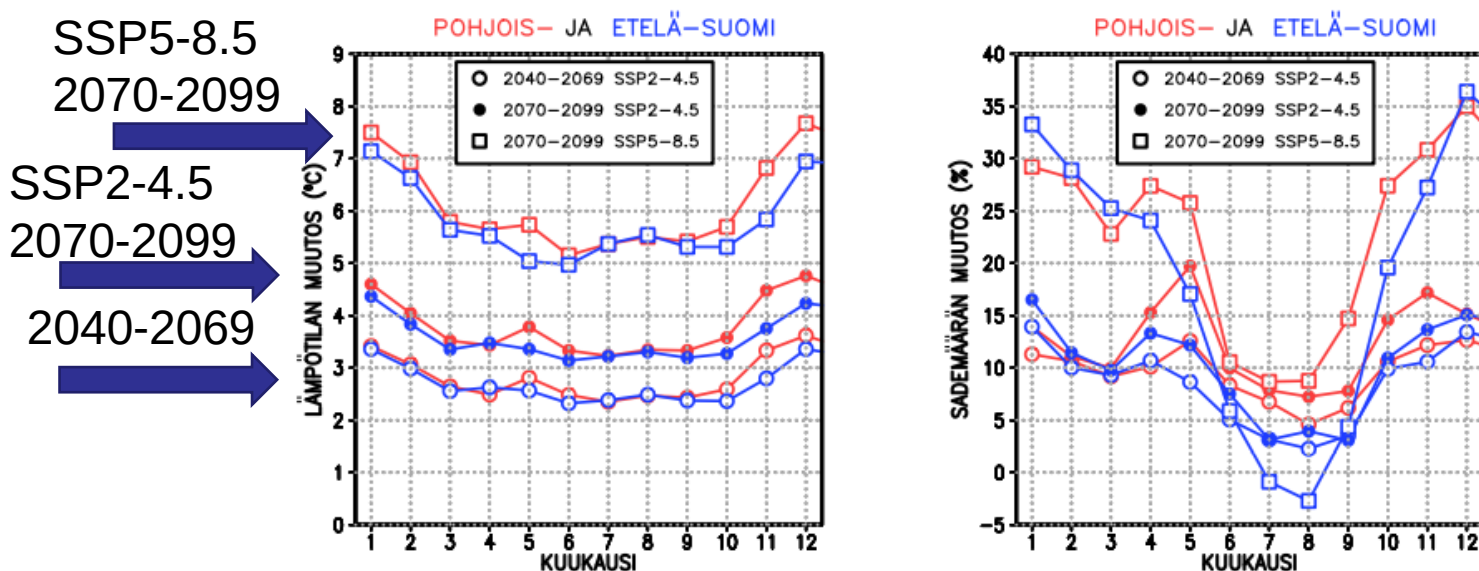


RCP8.5

RCP4.5



Suomen etelä- ja pohjoisosan vertailu muutoksissa



Kuva 5. Lämpötilan (asteina, vasen kuva) ja sademäärän (prosentteina, oikea kuva) muutos erikseen Pohjois- (joulopukinpunaiset käyrät) ja Etelä-Suomessa (siniset käyrät) verrattuna jakson 1981–2010 keskimääräisiin arvoihin. Käyrät esittävät 28 maailmanlaajuisen ilmastomuutosmallin tulosten keskiarvoja. SSP2-4.5-skenaariota vastaavat muutokset on annettu kahdelle tulevalle 30-vuotisjaksolle (2040–2069 ja 2070–2099) ja SSP5-8.5-skenaarion mukaiset vain näistä jälkimmäiselle.

Muutamia uusia nostoja Suomesta ja Suomelle



Maa- ja metsätalous-
ministeriö

REIJA RUUHELA, TIMOTHY R. CARTER,
MIKA RANTANEN, SURAJ POLADE,
ANNA LIPSANEN, KIRSTI JYLHÄ,
TERHI K. LAURILA, ANNA LUOMARANTA,
STEFAN FAGERSTRÖM, SANNA LUHTALA,
HILPPA GREGOW

Ilmasto- ja sosioekonomiset skenaariot ilmastonmuutokseen sopeutumisen suunnittelussa



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

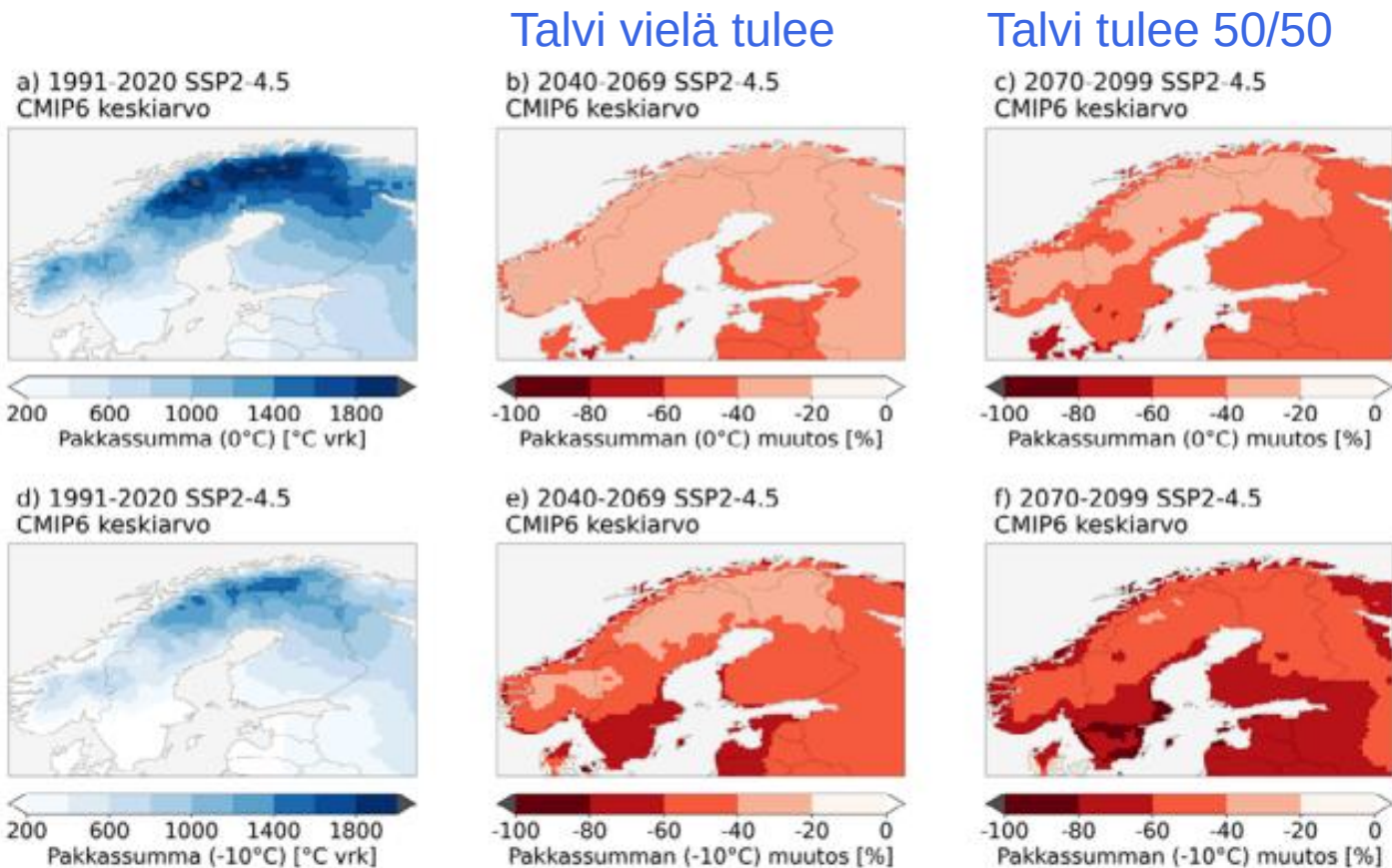
Pakkassumman muutokset

Kuvio 9. Talven pakkassummat 0°C (ylärivi) ja -10°C (alarivi) raja-arvoja käyttäen. Vasemmanpuoleinen sarake kuvaa nykyilmastoa (1991–2020), ja keskimäinen ja oikeanpuoleinen sarake pakkassummien suhteellisia muutoksia vuosisadan puoliväliin (keskellä) ja vuosisadan loppuun mennessä (oikealla) SSP2-4.5-päästöskenaarion mukaan. Kuviot ovat CMIP6-ilmastomallien keskiarvoja.

Kylmempi
kuin
 0°C astetta



Kylmempi
kuin
 -10°C astetta

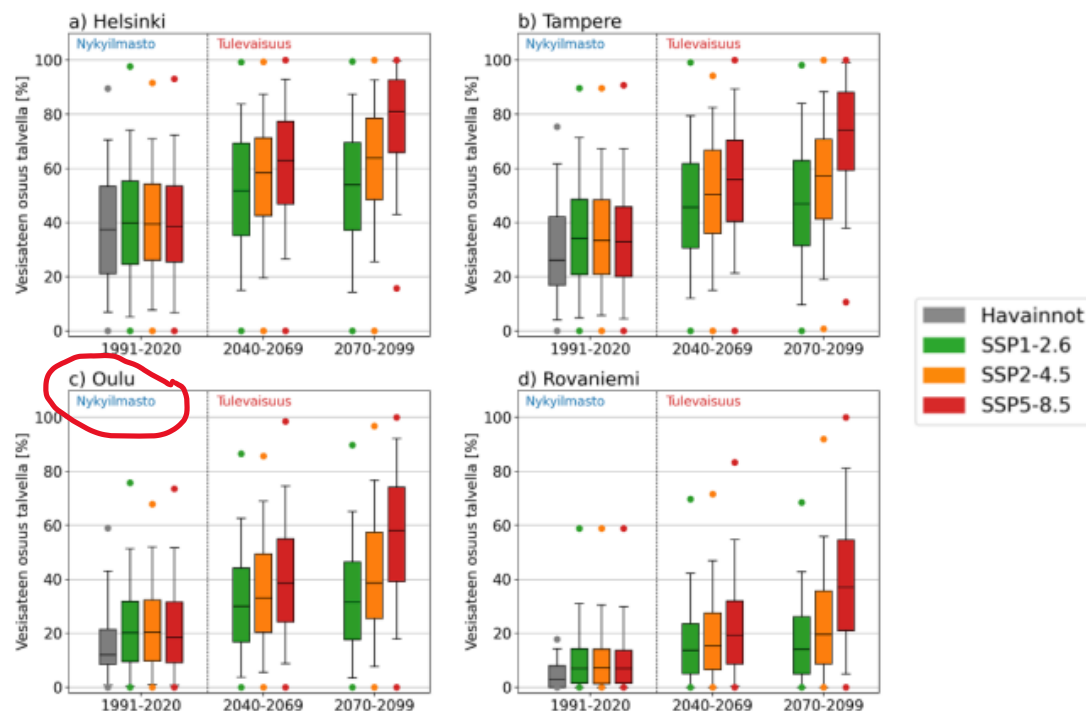


Kylmä talvi tulee 50/50

Kylmä talvi tuskin tulee

Talven aikaiset vesisateet

Kuviossa 10 on esitetty vesisateiden osuus talven kokonaissademäärästä neljässä eri Suomen kaupungissa. Nykyilmastossa vesisateita (harmaat palkit) on etelä-pohjoissuunnassa havaittu siten, että Helsingissä (kuvio 9a) talviajan vesisateiden osuus on noin 40 %, kun taas Rovaniemellä vain muutaman prosentin (kuvio 10d). Tulevaisuudessa vesisateiden



osuus nousisi 20 %:iin (kuvio 10d). Oulussa vesisateiden osuus talven sateista olisi vuosisadan lopussa 40 %, eli samaa suuruusluokkaa kuin Helsingissä nyt. Muutokset olisivat vieläkin suurempia äärimmäisimmässä päästöskenaariossa (SSP5-8.5), mutta tätä vaihtoehtoa ei pidetä todennäköisenä kehityskulkuna (Hausfather ja Peters, 2020).

Pohjois-Pohjanmaa

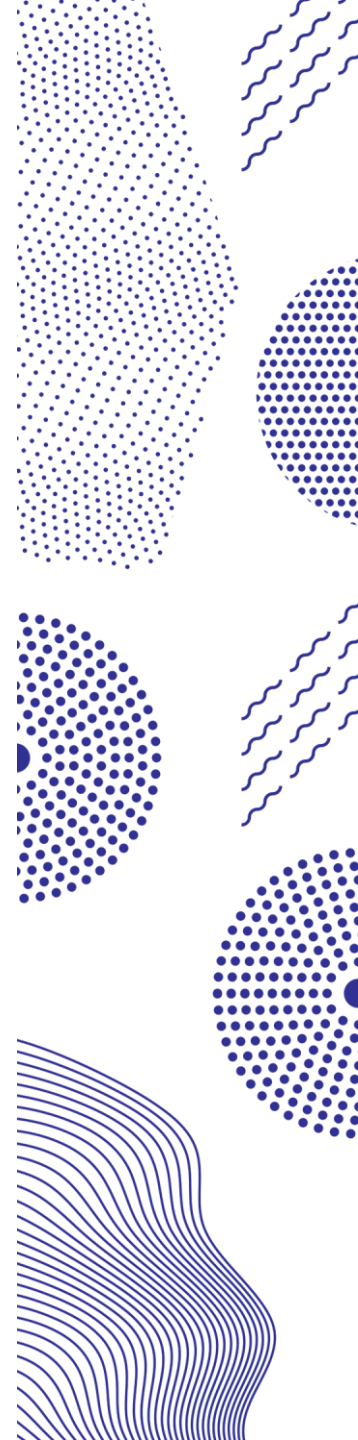
Pohjois-Pohjanmaan
älykkään erikoistumisen
painopisteet:

1. Uudistuva ja hyvinvoiva
2. Ilmastoviisas
3. Kansainvälinen,
verkostoitunut ja
vetovoimainen



Pohjois-Pohjanmaalla on hyviä ajatuksia sopeutumisesta

- Sääilmiöiden vaikutusten hallinnan yhteydessä ilmastonmuutos nähdään turvallisuuskysymyksenä.
- Tämä edellyttää riskien tunnistamista ja kohdennettuja toimenpiteitä riskien ehkäisemiseksi ja hallitsemiseksi.
- Positiivisiin vaikutuksiin on ajateltu lukeutuvan esimerkiksi maatalouden kasvukauden pidentyminen, lämmitystarpeen väheneminen talvella sekä metsien kasvun ja bioenergian, vesivoiman ja tuulivoiman tuotantoedellytysten paraneminen, kuten mahdollisesti myös Koillisväylän avautuminen.
- Mahdollisuuksien hyödyntämiseen tulee valmistautua. (Pohjois-Pohjanmaan liitto 2010.)

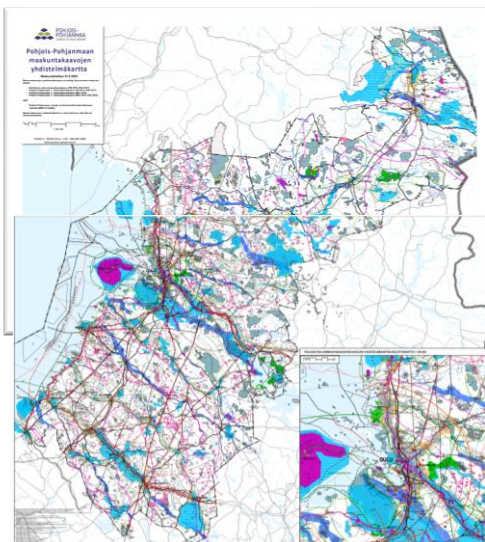


Mitä Pohjois-Pohjanmaan sateista tiedetään?

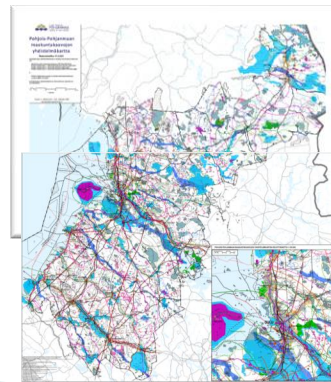
Taulukko 1. Sää- ja ilmastotekijöiden muutokset alueella 2050-luvulle mentäessä. Lähteet: lämpötila ja sademäärä (<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmasto>), vuodenajat (Ruosteenoja et al., 2019), lumi (Luomaranta et al., 2019), rankkasateet (Toivonen et al., 2020), ilmastomuutosarviot (Ilmasto-opas.fi), routa (Gregow et al., 2011 ja Lehtonen et al., 2019). Taulukko mukailtu Jylhä yms. (2009).

++	Lisääntyy/kasvaa huomattavasti	+	Lisääntyy/kasvaa	/	Ei juurikaan muutosta	()	Muutos epävarma
--	Vähenee huomattavasti	-	Vähenee	*	Ei osata sanoa tai merkityksetön		

Pohjois-Pohjanmaa						
Muuttuja	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy	Vuosi	1991-2020 ja 1981-2010 vertailu ja huomioita
Keskilämpötila	++	++	+	++	++	Jakso 1991-2020 0,6°C lämpimämpi kuin 1981-2010.
Sademäärä	++	+	+	+	+	Jakson 1991-2020 vuotuinen keskimääräinen sademäärä on noin 104 % verrattuna 1981-2010.
Termisen vuodenajan pituus	-	/	+	/	*	Talvi lyhenee 30 - 40 vuorokaudella 2050-luvulle mentäessä, kesä pidentyy noin 20-30 vrk:lla, kevät ja syksy muutamilla vrk:lla tai pituus ei juuri muutu.
Vuorokauden ylin lämpötila	++	++	+	++	++	Jakson 1991-2020 vuorokauden keskimääräinen ylin lämpötila noin 0,6°C korkeampi kuin 1981-2010.
Vuorokauden alin lämpötila	++	++	+	++	++	Jakson 1991-2020 vuorokauden keskimääräinen alin lämpötila noin 0,5°C korkeampi kuin 1981-2010.
Pakkaspäivien määrä	-	-	-	-	-	Jaksolla 1991-2020 pakkaspäivien keskimääräinen vuosimäärä on vähentynyt noin 5 päivällä verrattuna 1981-2010.
Lumi	-	--	*	--	-	Lumensyvyys vähentynyt noin 2 - 4 cm / vuosikymmen, ja pysyvän lumen esiintyminen myöhästynyt noin 4 vrk/vuosikymmen.
Sadepäivien määrä	+	+	()	+	+	Suurta vuosien välistä vaihtelua.
Rankkasateiden voimakkuus	+	+	+	+	+	Ilmastomuutoskerroin on vuorokausisateille 1,25–1,3 ja tuntisateille 1,35–1,5.
Suhteellinen kosteus	+	+	/	+	+	Ei merkittävää havaittua muutosta.
Tuulen nopeus	/	/	/	/	/	Ei merkittävää havaittua muutosta.
Roudan määrä	-	-	*	--	-	Kantavan roudan aika talvisin on koko maassa vähentynyt n. 7 päivää per vuosikymmen.



Sateet ja sadeilmasto?

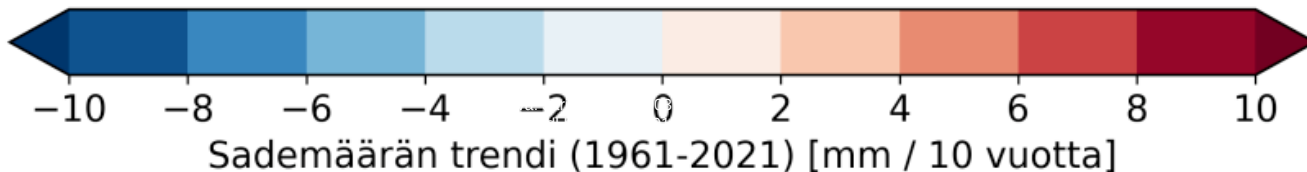
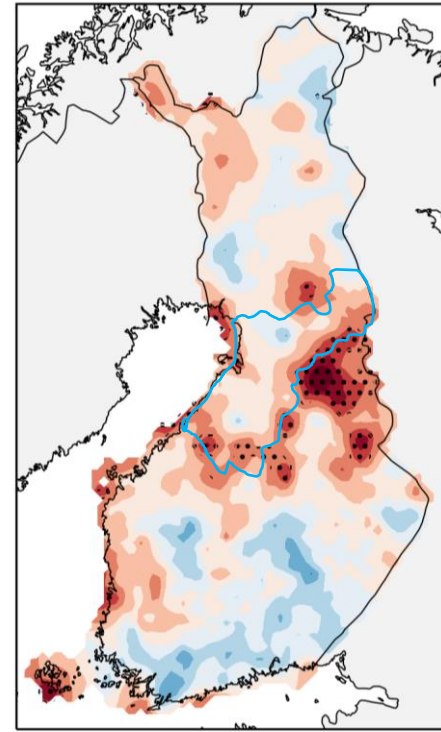
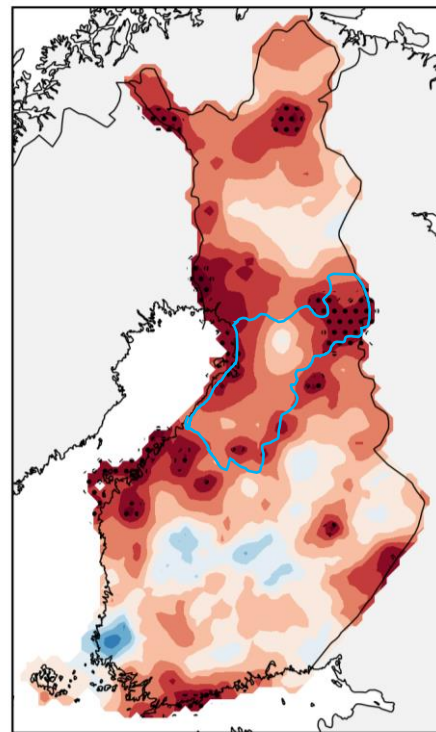
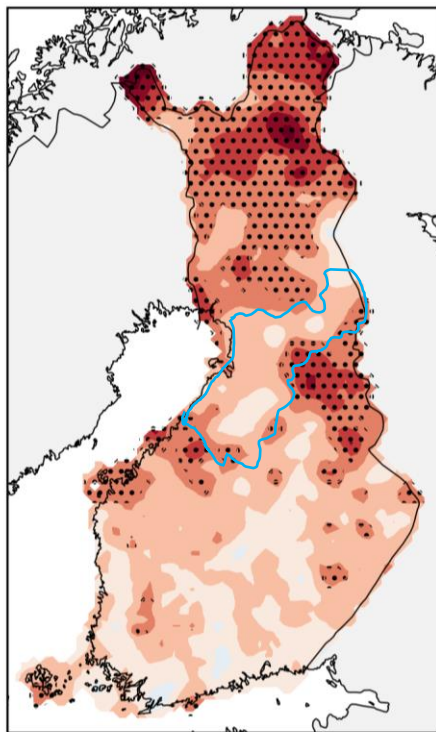
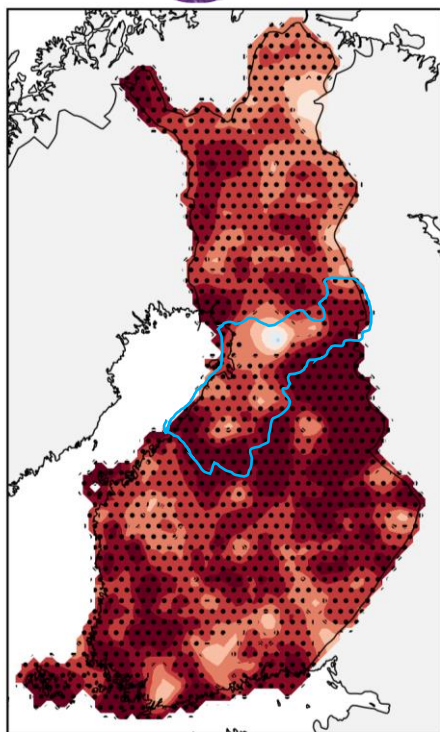


Talvi

Kevät

Kesä

Syksy



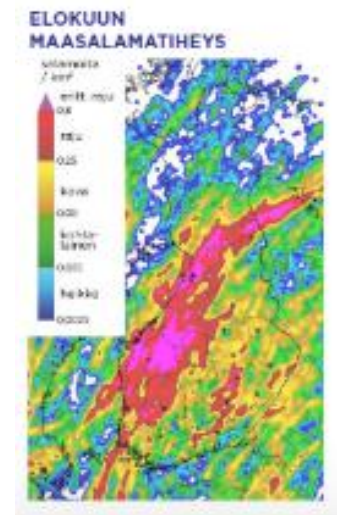
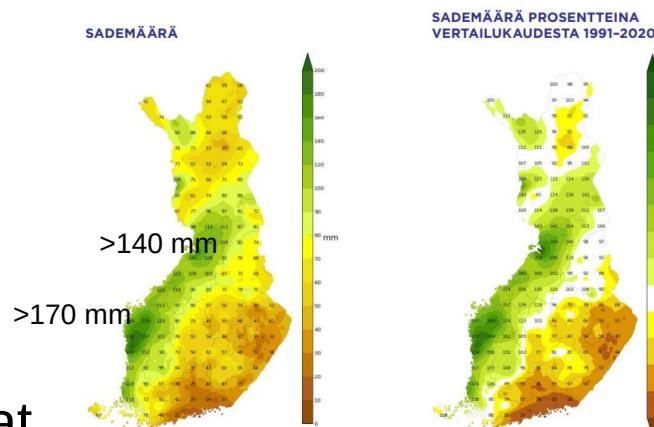
Lähde: FMI hila-
aineisto
(Aalto et al.
2016)

Rankkasateet voimistuvat ja tulvariskit kasvavat

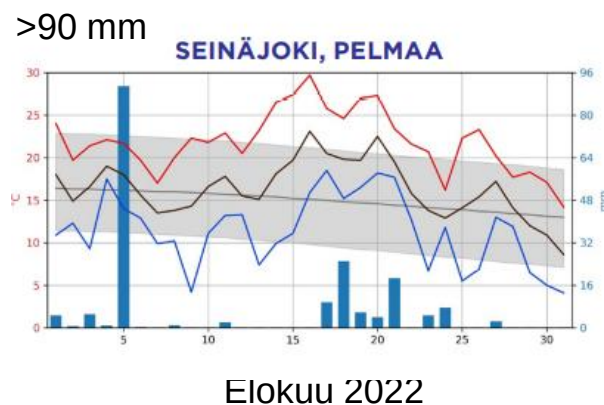


Kuva: Jukka Salmi

- Kesän rankkasateet voimistuvat
- Viime kesänä mitattiin 90 mm yhden vuorokauden aikana Pelmaalla.



ILMASTOKATSAUS 8/2022 | 17

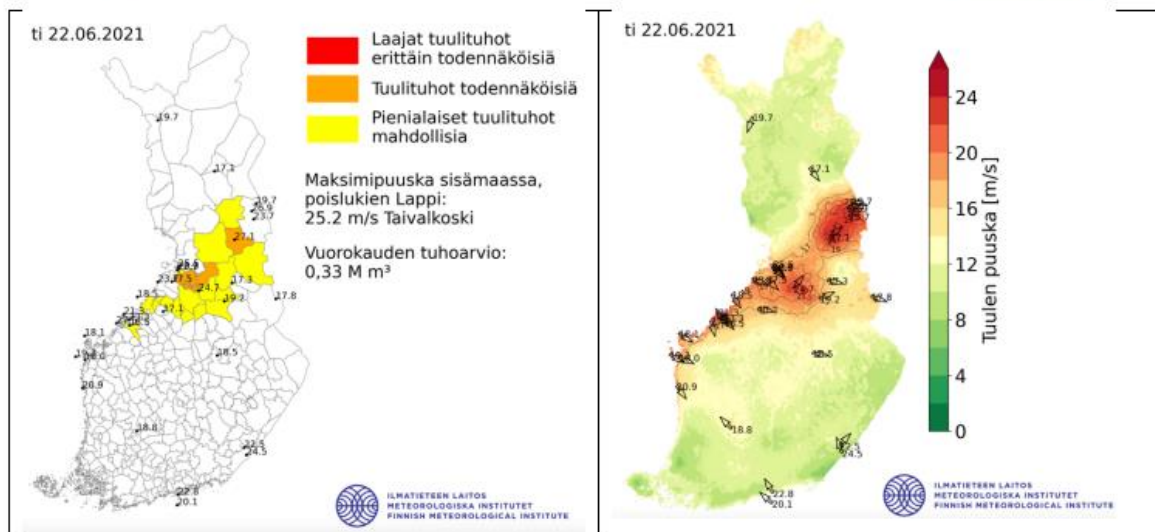


Lisäksi jos ilmasto lämpenee SSP5 mukaisesti, nimenomaan Pohjois-Euroopassa rajuilmat lisääntyvät huomattavasti

Rajuilmat tuovat rankkasateita, rakeita, ukkosia, salamointia ja puusto- ja muita tuhoja



Maa- ja metsätalousministeriö



Kuva 4. Esimerkkikuvat puuskahavaintoihin perustuvasta tilannekuvatuotteesta. Mustat lukemat kartalla ovat säähavaintoasemilla havaittuja vuorokauden maksimituulenpuuskia. Vasen: kunnittain indikoidut tuhoalueet. Oikea: puuskaisoviivoin indikoidut alueet sekä sääasemilla havaitut voimakkaat puuskat (voimakkuus ja suunta).

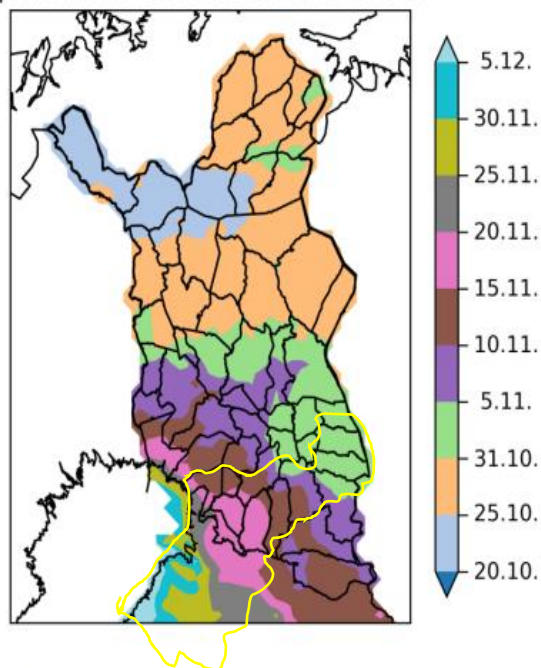


Lumi tulee myöhemmin

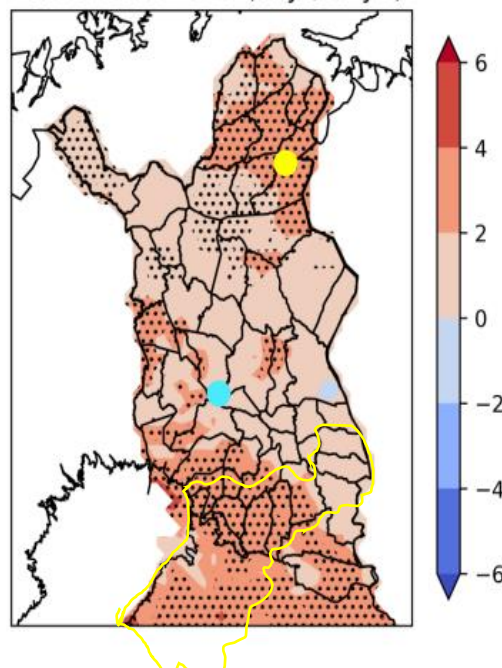
Supporting the adaptation
of reindeer husbandry to
climate change in Finland

Iiri Lehtonen¹, Sirpa Rasmus², Jukka Kumpala³, Mia Landauer⁴, Ilona Mettinen⁵,
Jana Sorvali⁶, Heikki Tuomenvirta¹ and Mona Turunen⁷
¹ Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland
² Arctic Centre, University of Lapland, Rovaniemi, Finland
³ Natural Resources Institute Finland, Rovaniemi, Finland
⁴ Natural Resources Institute Finland, Rovaniemi, Finland
⁵ Natural Resources Institute Finland, Helsinki, Finland

Average formation date of
permanent snow cover 1991-2020



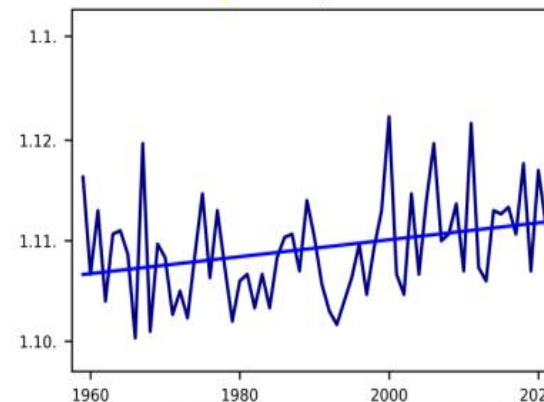
Trend in the formation date of snow
cover 1961-2020 (days/10 yr.)



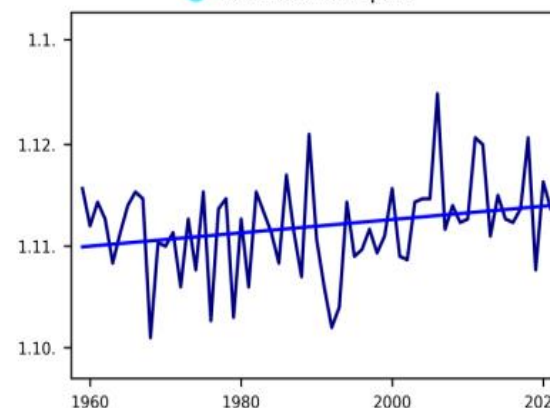
The formation of permanent snow cover has shifted one to two weeks later during the past 60 years.

Stippling indicates statistically significant trend at the 5% risk level.

● Nellim, Inari



● Rovaniemi Airport

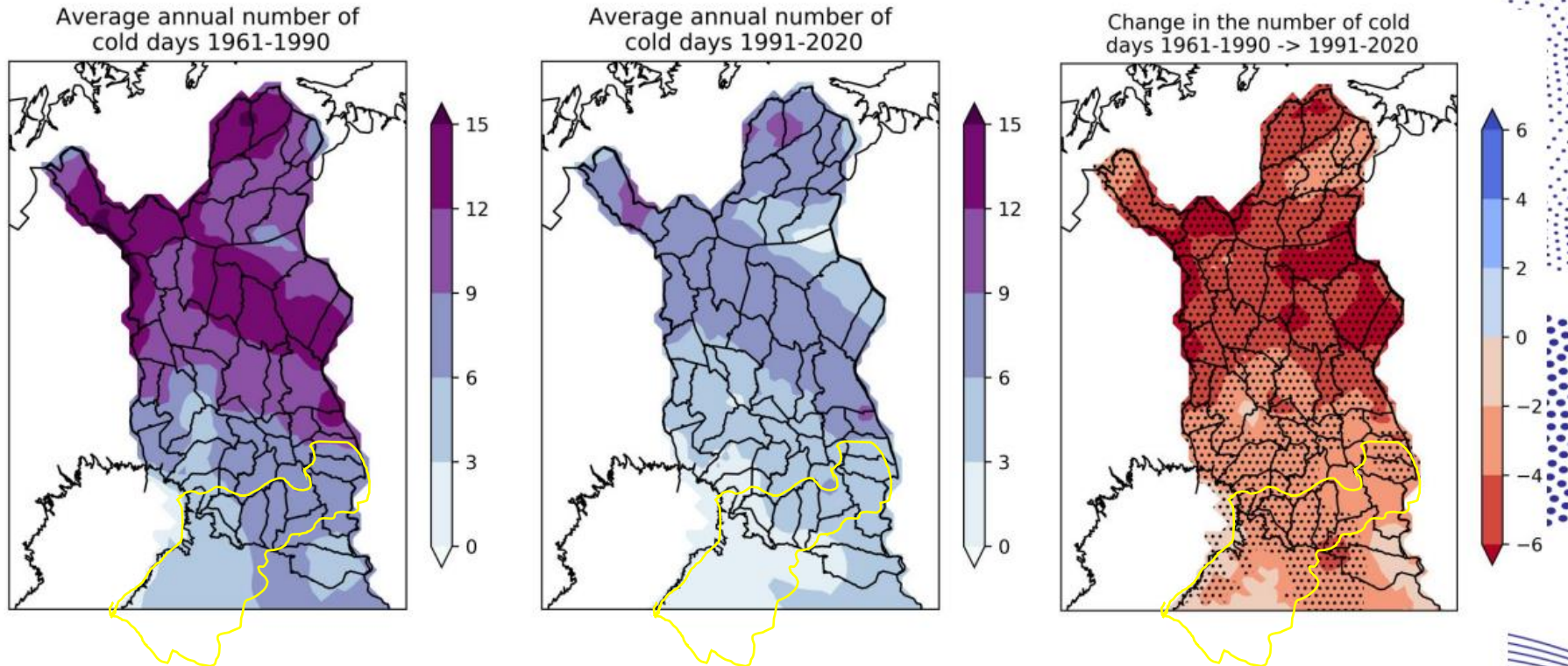


Kylmiä päiviä on vähemmän talvisin

Supporting the adaptation of reindeer husbandry to climate change in Finland

Ilari Lehtonen¹, Sippa Rasmus², Jouko Kumpala³, Mia Landauer⁴, Ilona Mettinen⁵, Jaana Sorvali⁶, Heikki Tuomenvirta⁷ and Minna Turunen⁸

¹ Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland
² Arctic Centre, University of Lapland, Rovaniemi, Finland
³ Natural Resources Institute Finland, Joensuu, Finland
⁴ Natural Resources Institute Finland, Rovaniemi, Finland
⁵ Natural Resources Institute Finland, Helsinki, Finland



The number of cold days with daily mean temperature below -25°C has decreased significantly throughout the reindeer management area.



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Rannikkolumisade – kun meri on avoin voi sataa runsaasti – vettä, räntää tai lunta (nykyilmasto)

How to cite this article: Olsson, T., Luomaranta, A., Nyman, H., & Jylhä, K. (2023). Climatology of sea-effect snow in Finland. *International Journal of Climatology*, 43(1), 650–667. <https://doi.org/10.1002/joc.7801>

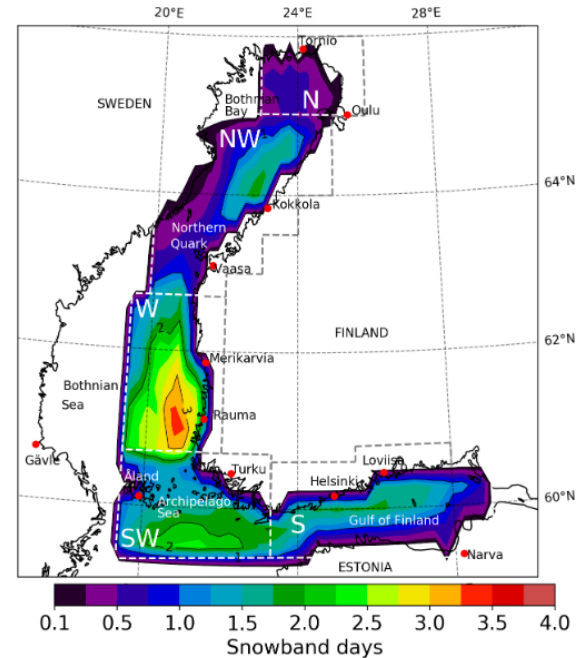
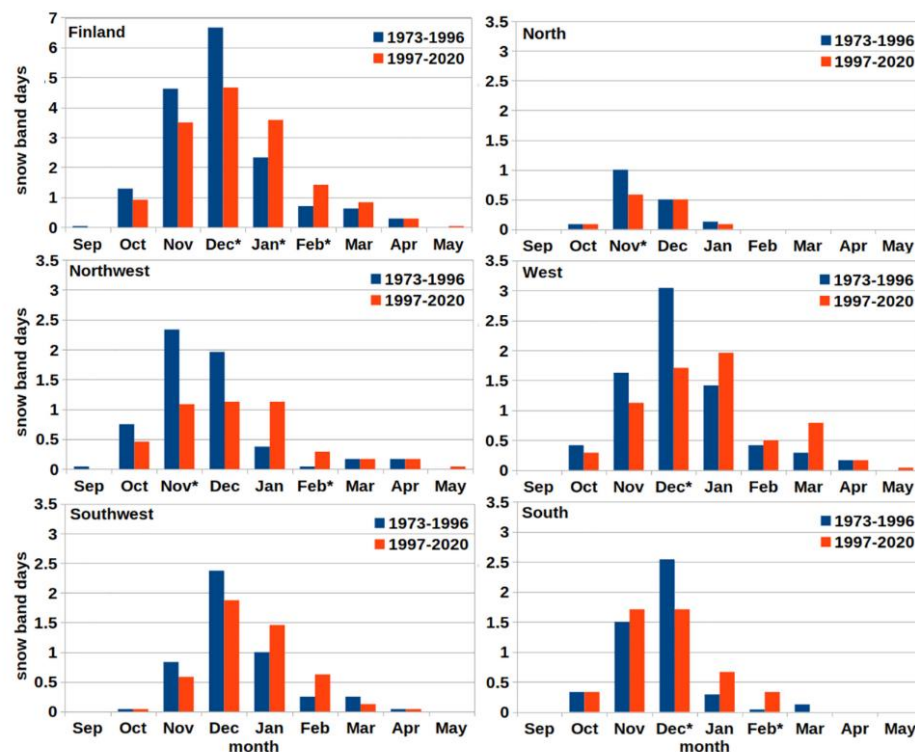


FIGURE 1 The mean annual number of detected snowband days over the sea areas during 1973–2020 based on ERA5 and FMIClimGrid. Five offshore study regions are shown in white dashed lines (north: *N*, northwest: *NW*, west: *W*, southwest: *SW*, south: *S*) and the corresponding onshore study regions with grey dashed lines. Main parts of the northern Baltic Sea with some geographical references are also shown [Colour figure can be viewed at [wileyonlinelibrary.com](https://www.wileyonlinelibrary.com)]

Olosuhteet, joissa rannikolumisadetta esiintyy

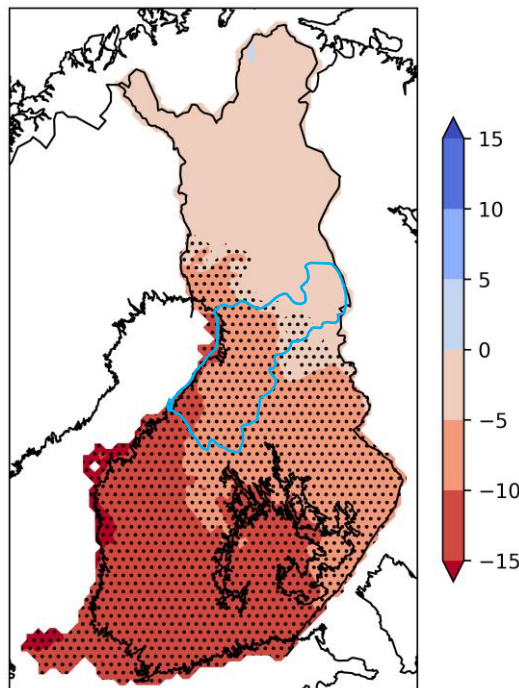
Altogether, eight criteria were used to detect snow-band days in Finland. The seven criteria applied to ERA5 to detect days favouring sea-effect snowfall formation in offshore areas (Figure 1). Similar criteria have been previously utilized by Jeworrek *et al.* (2017) and Olsson *et al.* (2020).

- difference between sea surface temperature (SST) and air temperature at 850 hPa (T850) larger than 13°C,
- SST above 0°C,
- boundary layer height (BLH) over 1,000 m,
- daily snowfall amount at least 1.5 mm (water equivalent),
- 10 m wind speed stronger than 7 m/s,
- wind shear between 700 hPa and 975 hPa less than 60° and
- wind direction at 900 hPa towards the Finnish coast (depending on study area, discussed below). The ranges for wind direction were South (S): 90°–255°, Southwest (SW): 135°–285°, West (W): 200°–330°, Northwest (NW): 270°–360°, North (N): 180°–270°.



Ilmastomuutos ja v.2050 Pohjois-Pohjanmaalla

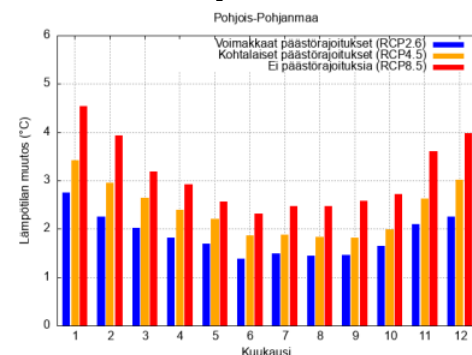
- Ilmastomuutos vaikuttaa Pohjois-Pohjanmaan eri osissa eri tavoin, sillä ilmasto ja luonto ja elinkeinot vaihtelevat.
- Yleisesti ottaen lämpötilat nousevat ja sademäärät muuttuvat.
- Talvella liukkaat kelit yleistyvät ja kesällä helteet ja kuivuus yleistyvät.



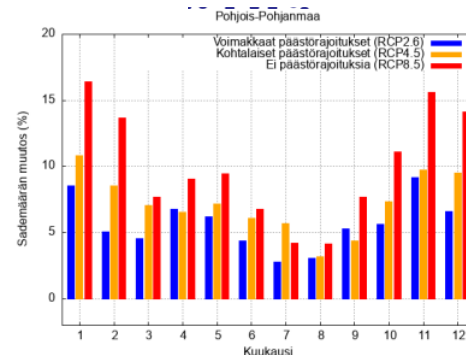
Joulu-helmikuun jääpäivien (vrk:n ylin lämpötila < 0 °C) lukumäärän muutos 1961–1990 → 1991–2020

Muutos (1981-2010) → 2050

Lämpötila (°C), Pohjois-Pohjanmaa



Sademäärä (%), Pohjois-Pohjanmaa



Gregow ym. (2021)



Sopeutumien 2040-2050 – liikkuminen, terveys ja muu toiminta

- Meidän tulee miettiä, miten pääsemme liikkumaan, vaikka olisi runsaasti lunta tai olisi paha kelirikko ja maa liejua.
- Entä kun **sataa jäätävää sadetta ja/tai lumikuormat muuttuvat painaviksi asuinalueilla?** Miten autetaan?
- Miten matkustamme tulevaisuudessa talven huonoissa keleissä sähköakuin tai julkisella liikenteellä?
- **En miten kaupungeissa käytämme vapaa-aikamme ja harrastamme ja pidämme huolta kunnosta, jos olosuhteet ovat surkeat?** Miten lisätä helppoa liikkumista ja vähentää liikenne- ja parkkipaikkakaaoksia (kuten viime talvena (2022-2023).



kenneturva / Kaisa Tanskanen

♥ Elena Saltikoff tykkäsi

Mika Rantanen @mikanrantane · 3 h

Need to keep eye on Monday-Tuesday next week.

A weather system pushing from the southeast may strengthen the winds and bring heavy snowfall in the Baltic Sea.

Strong northeasterly winds would drop the sea level very low on the Finnish coast.

WXMAPI.COM

2 7 34

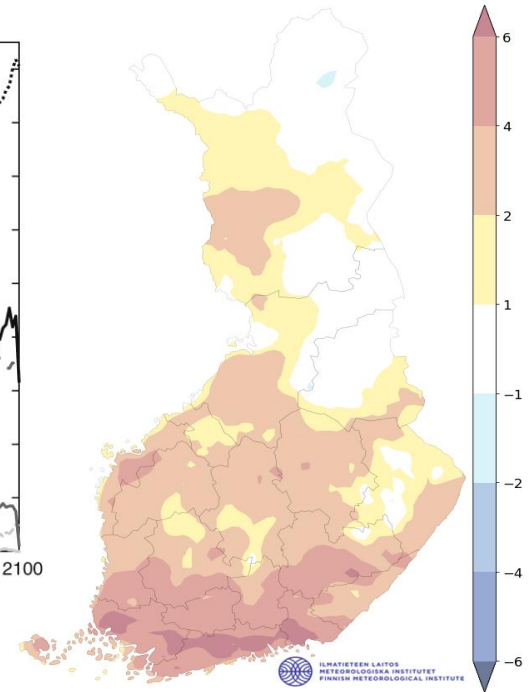
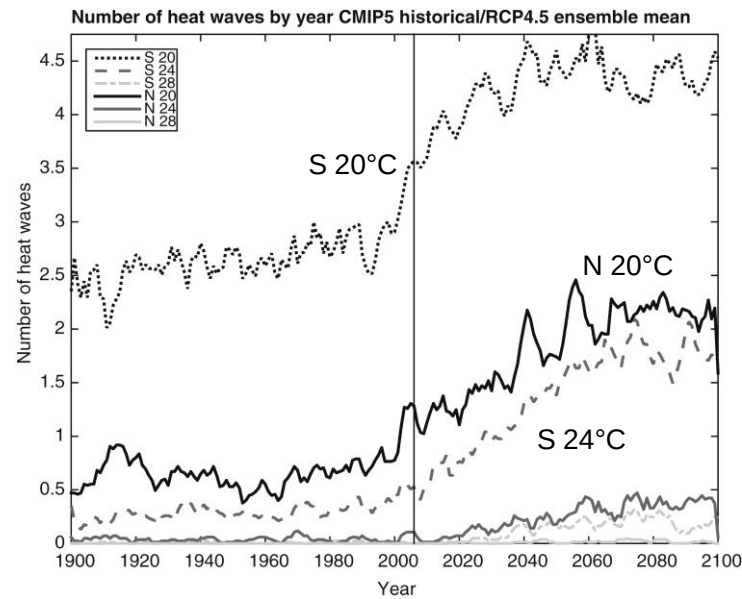


Helteet yleistyvät, pidentyvät ja voimistuvat

- Hellepäivät ovat jo lisääntyneet erityisesti etelässä

- Voimakkaat helleaallot yleistyvät suhteessa enemmän, koska ne ovat nykyilmastossa harvinaisempia
- Etelä-Suomessa erittäin tukalien helleaaltojen (S 24°C) määrä saattaa jopa 2,5-kertaistua 2050 mennessä.

**Hellepäivien muutos 1991-2020
verrattuna 1961-1990**



Ruuhela et al. 2021



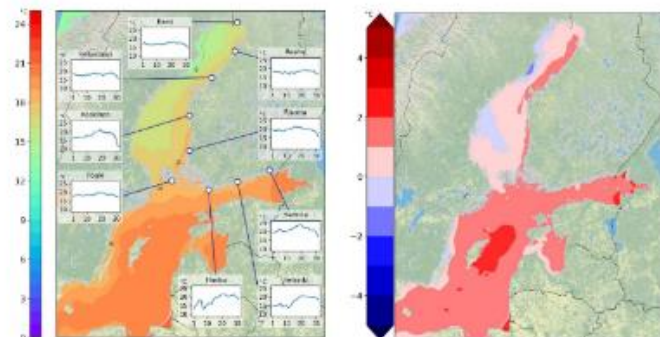
Myös vedet lämpenevät

ITÄMERI

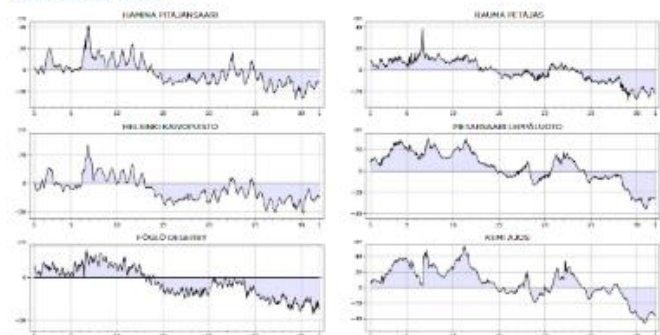
Ilmatieteen laitos on tuottanut lämpöjen pintalämpötila-analyysit Marine Copernicusin avoimesta, kaskarvot on tarkettu päivittäisistä arvioista. Asemakkeistot kuvaavat perustavasti ilmatieteen keskeisen määrittelytietoa.

KESKIMÄÄRÄINEN ITÄMEREN PINTALÄMPÖTILA

Meriveden keskimääräinen pintalämpötila elokuussa 2022 (vas.) ja pintalämpötilan poikkeama jakson 1991–2020 keskimäärästä (oik.). Pintalämpötilan havaittu päiväkeskiarvot elokuussa 2022 on esitetty yhdeksältä asemalta.



MERIVEDEN KORKEUS



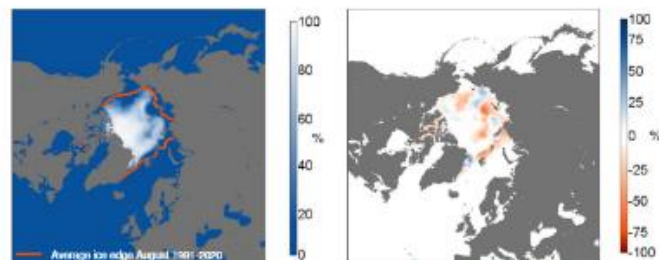
Meriveden korkeus suhteessa teoreettiseen keskimääräiseen elokuussa 2022. Kuvajajissa on esitetty mareografilla tunnettuihin mitattu keskimääräinen vedenkorkeus.

ARKTISEN MERIJÄÄN LAAJUUS JA POIKKEAMA TAVANOMAISET ELOKUUSSA

Merijään laajuus oli arktisella alueella elokuussa keskimäärin noin 6,5 miljoonaa neliokilometriä, joka on 5 % jakson 1991–2020 elokuun keskimääräistä vähemmän. Vuodesta 1979 alkaen satelliittihavaintojen aikakaudella elokuun merijään laajuus oli 12:nneksi pienin. Merijään laajuuden vuotuinen minimi lähestyy, mutta elokuussa merijää oli selvästi laajemmalla alueella kuin vuosina 2012 ja 2020, jolloin on mitattu pienimmät merijään laajuudet.

Pohjoisella jäämerellä merijään määrässä oli poikkeamia sekä tavanomaisista pienempään (punainen) että suurempaan (sininen) suuntaan. Euraasian puoleisella Jäämerellä, Huoppuvuorien alueella Itä-Siperian merelle saakka, jään määrä oli tavanomaisista vähäisempi. Jää oli tavanomaisista vähemmän myös Jäämeren keskiosissa lähellä pohjoisnapaa, sekä Beaufortinmerellä, Tšukotsinmerellä ja Kanadan arktisessa saaristossa. Jää oli tavanomaisista enemmän osissa Grönlannin- ja Laptevinmeriä sekä Itä-Siperian merellä.

Elokuussa 2022 Barentsin-, Karan- ja Laptevinmerien alueilla ilman lämpötilat olivat tavanomaisista korkeampia. Nämä merialueet ovat enimmäkseen jäättömiä tähän aikaan vuodesta, joten keskimääräistä lämpimämpiä olosuhteet johtuivat todennäköisesti etelästä kulkeutuneista lämpimistä ilmassa- ja vesimassista, eivät merijään puuttumisesta.



Merijään keskimääräinen peittävyys arktisella alueella elokuussa 2022. Värillinen viiva kuvaa jäällisen alueen keskimääräistä rajaa jaksolla 1991–2020, kun jäällisen alueen rajana pidetään jään 15 % peittävyyttä.

Merijään peittävyyden poikkeama arktisella alueella jaksolla 1991–2020 keskimäärästä elokuussa 2022.

LÄHTEET

ECMWF: Copernicus Climate Change Service
Suomen Ilmatieteen tutkimuskeskus



Keskiveden skenaariot Suomen rannikolla 2000-2100

Suomessa merenpinnan nousun arvioidaan jäävän hieman maailmanlaajuisen keskiarvon alapuolelle. Lisäksi jääkauden jälkeinen maankohoaminen suojaa Suomen rannikkoa merenpinnan nousulta.

Yhteenveto:

- **Perämeri**
Historiallinen käyttäytyminen jatkuu ja keskivesi laskee 25–30 cm
- **Selkämeri**
Keskivesi laskee pohjoisosissa, pientä kasvua eteläosassa
- **Suomenlahti**
Keskivesi nousee: keskimäärin 30 cm, korkein arvio 90 cm

	Keskivedenkorkeuden muutos 2000–2100 (cm)		
	Alin	Keskiarvo	Korkein
Kemi	-71	-28	24
Oulu	-69	-25	27
Raahe	-71	-28	24
Pietarsaari	-72	-29	23
Vaasa	-74	-31	21
Kaskinen	-66	-22	33
Mäntyluoto	-58	-13	42
Rauma	-50	-5	50
Turku	-36	8	63
Föglö	-39	6	61
Hanko	-22	24	80
Helsinki	-15	30	87
Hamina	-13	33	90

Pellikka et al., 2018.



Vedenkorkeuden mittausasemat Suomen rannikolla.
Kuva: FMI



Ilmatieteen laitos yhdessä Lähi-Tapiolan tuella kehittää alueellisesti tarkempaa ilmastotietoa Suomelle lempinimeltään TAPSI hankkeessa

- Kaupunkimittausverkosto koneoppiminen
 - perustamme mittausverkostoja 4:ssä kaupungissa tuottamaan ilmastotietoa kaupunkitasolla
 - hyödynnämme havainnot, paikallismallit, ja koneoppimista tarkentamaan ilmastomallien tulevaisuusennusteet
 - Visualisoidaan havainnot, ennusteet ja tilastot ilmasto-opas.fi sivustolla

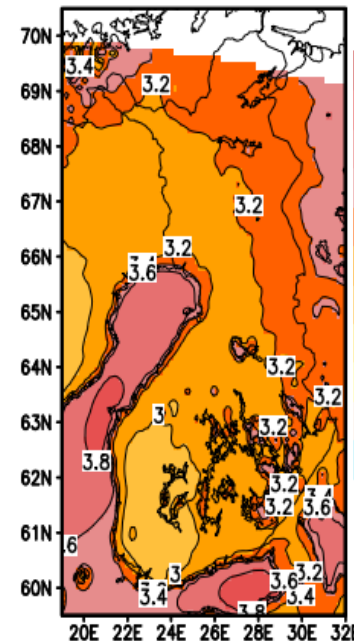


TAPSI: ensimmäisiä tuloksia

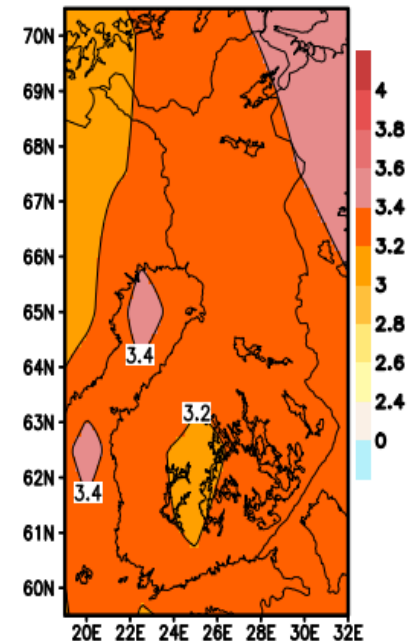
- Hyödynnetään alueellisia EURO-CORDEX-ilmastomallisimulaatioita (n.12,5 km erotuskyky) yhdessä globaalien CMIP6-ilmastomallisimulaatioiden kanssa
- Kaikki hyödynnettävät ilmastomalliaineistot käyvät läpi laatutarkastuksen: aineistojen pitää olla fysikaalisesti järkeviä ja kuvata realistisesti havaitut ilmasto-olosuhteet
- Kehitetty menetelmä ottaa muutoksen voimakkuuden globaaleista malleista, ja alueelliset piirteet alueellisista malleista.

$$\Delta X_{i,j} = \frac{\langle \Delta X^{CMIP} \rangle}{\langle \Delta X^{CORD} \rangle} \Delta X_{i,j}^{CORD}$$

CORDEX-CMIP6 -
yhdistelmä



Globaalit CMIP6-
ilmastomallit



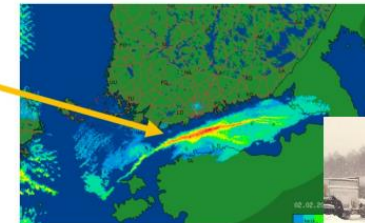
Kesä-elokuun keskilämpötilan muutos
siirryttäessä jaksosta 1981-2010 jaksoon 2070-
2099, RCP/SSP4.5

TAPSI: seuraavia töitä

- Rankkasateiden ja konvektiivisten ilmiöiden analysointi HCLIM-ilmastomalliaineistosta, alueellinen erotuskyky 3 km.
- Globaalien CMIP6-ilmastomallisimulaatioiden hyödyntäminen interpoloituna 10 km resoluutioon: päivittäisiin lämpötiloihin liittyvät analyysit

Sään ääri-ilmiötutkimusta yhteiskunnan turvallisuuden tueksi

- Mawecli-hanke: Todennäköisyyssarvioita äärisäätilanteista muuttuvassa ilmastossa
 - Voimakkaiden konvektiivisten lumisateiden esiintyminen: vähentyneet syksyllä, lisääntyneet talvella → tekeillä arvioita tulevaisuudelle korkearesoluutuisen HCLIM-mallin avulla
 - Tutkimusta sellaisten matalapaineiden piirteistä ja radoista, jotka ovat aiheuttaneet voimakasta merenpinnannousua
- SA-Longrisk: Tutkitaan säänriskien hallintaa kaupunkialueilla → suunnitellaan meteorologisia riskitilanteita/skenaarioita, joita ei ole vielä havaittu Suomessa, mutta joita voisi tapahtua
 - Esim. rankkasateiden aiheuttama laaja kaupunkitulva Helsingissä
 - Tilannehuoneharjoituksia sidosryhmien kanssa: tutkitaan myös päätöksentekijöiden toimintaa, reaktioita, viestintää ym. kriisitilanteissa



Lahdenväylä
3.2.2012

http://radar.fmi.fi/products/fmi/radar/iris/deer_bro



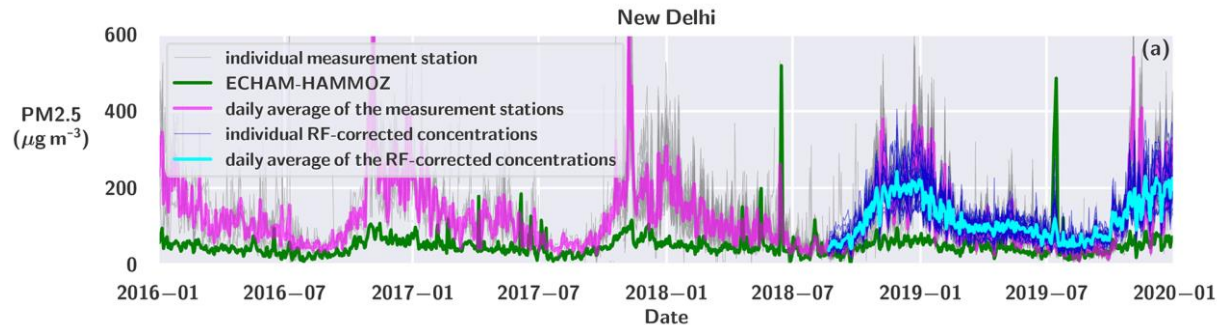
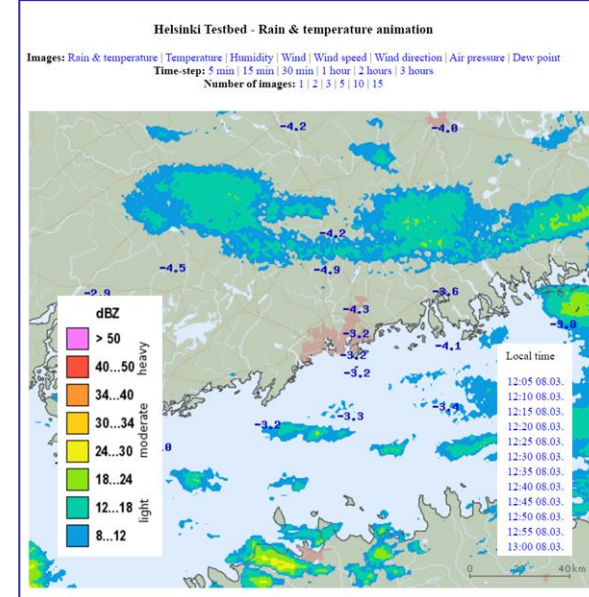
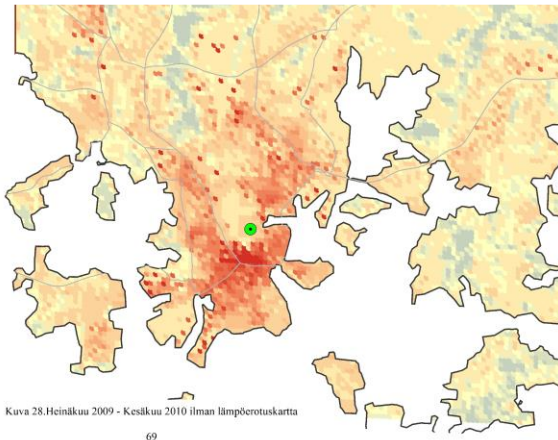
Copenhagen, 2011

Helsingin keskusta



TAPSI: seuraavat askeleet kaupungeissa

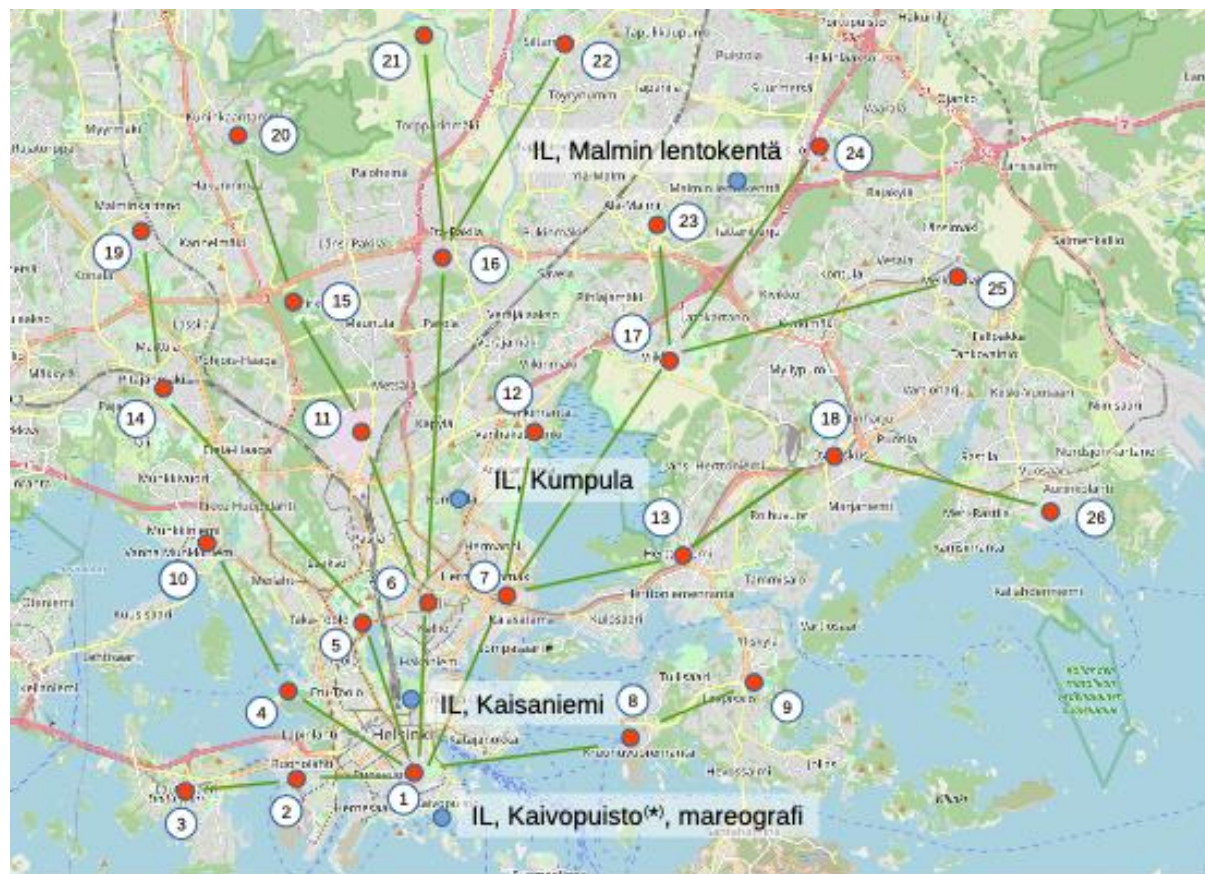
- Havaintojen visualisointi (lähes) reali-aikana
 - Alasskaalaus-/interpolointimenetelmien valinta ja testaus
 - Tilastollista analyysia
- ilmasto-opas.fi



esim.: Miinalainen et al. (2023)



Esimerkki Helsingistä ja minne uusia mittareita aiotaan laittaa



Kaupunkialue alueen ympäristö

- | | |
|---------------------|---|
| 1 Kaartinkaupunki | Kasarmitori |
| 2 Ruoholahti | Ruoholahdenkanava |
| 3 Lauttasaari | metroasema |
| 4 Hietaniemi | hautausmaa |
| 5 Töölö | kaupunkipuutarha |
| 6 Kallio | Brahen kenttä |
| 7 Kalasatama | Tukkutori |
| 8 Kruunuvuorenranta | kerrostalo (?) alue |
| 9 Laajasalo | ostoskeskus |
| 10 Munkkiniemi | Munkkin puistotie |
| 11 Pohjois-Pasila | tukkukauppa-alue |
| 12 Vanhakaupunki | tekniikan museo |
| 13 Herttoniemi | metroasema |
| 14 Pitäjänmäki | kerrostaloalue |
| 15 Keskuspuisto | puistometsä |
| 16 Itä-Pasila | omakotialue |
| 17 Viikki | pientaloalue |
| 18 Itäkeskus | ostoskeskus |
| 19 Malminkartano | kerrostaloalue |
| 20 Kuninkaantammi | omakotialue |
| 21 Haltia | maaseutu |
| 22 Siltamäki | omakotialue |
| 23 Ala-Malmi | omakotialue |
| 24 Jakomäki | kerrostaloalue |
| 25 Mellunkylä | kerrostaloalue |
| 26 Aurinkolahti | virkeystysalue |
| 27 ? | 4 ylimääräisiä sensoreita
erikoissijoitteluun tai
huoltovarastoon |
| 28 ? | |
| 29 ? | |
| 30 ? | |

Helsingin kaupungin (30) säämittauspisteiden verkosto, tiennetty **viuhkamalli** (kehä kolmonen)



Yhteenveto

- Pohjois-Pohjanmaan ilmasto muuttuu nykyisen eteläisen Suomen ilmaston kaltaiseksi vuoden 2050 paikkeilla tai sen jälkeen.
- Ilmastonmuutos tuo uusia haasteita sopeutumiseen
 - Vedet lämpenevät
 - Kuivuuden myötä, vesien laatu voi heiketä
 - Rannikasateitten ja runsaitten lumisateiden takia voi tulla haasteita kunnossapidolle, rakentamiselle ym.
 - Tulvariskit kasvavat etenkin suurten vesistöjen alueella
 - Vihreässä siirtymässä on erittäin tärkeää seurata ilmastotiedettä ja sään ääri-ilmiöiden voimistumista ja tehtävä päätöksiä ”Do No Significant Harm” periaatteen mukaisesti
 - Alueellisesti tarkempien skenaarioiden ja alueellisesti tarkempien mittausten avulla voidaan tulevaisuudessa tukea sopeutumisessa aiempaa paremmin.
 - Yhteisiä keskustelutilaisuuksia siitä, mitä riskejä pitäisi hallita, on hyvä järjestää säännöllisesti jokaisen kunnan kanssa.



Lähteet mm.

- Drebs, 2011: Helsingin lämpösaareke ajallisena ja paikallisena ilmiönä. Pro gradu-tutkielma, Helsingin yliopisto, Geotieteen ja maantieteen laitos, Helsinki. 79 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201201121058>
- Gregow ym., 2021: Ilmastomuutokseen sopeutumisen ohjauskeinot, kustannukset ja alueelliset ulottuvuudet. Suomen ilmastopaneelin raportti 2/2021.
- Kim et al., 2018: Heat waves in Finland : present and projected summertime extreme temperatures and their associated circulation patterns. International Journal of Climatology, 38, 1393–1408.
<https://doi.org/10.1002/joc.5253>
- Miinalainen, T., et al.: Assessing the climate and air quality effects of future aerosol mitigation in India using a global climate model combined with statistical downscaling, Atmos. Chem. Phys., 23, 3471–3491, <https://doi.org/10.5194/acp-23-3471-2023>, 2023.
- Pilli-Sihvola et al., 2018: Sään ja ilmastomuutoksen aiheuttamat riskit Helsingissä. Helsingin kaupunki, Kaupunkiympäristön julkaisuja 2018:6
- Ruuhela et al. 2021: Temperature-related mortality in Helsinki compared to its surrounding region over two decades, with special emphasis on intensive heatwaves. Atmosphere, 12, 46.
<https://doi.org/10.3390/atmos12010046>
- Velashjerdi Farahani et al., 2021: Overheating risk and energy demand of Nordic old and new apartment buildings during average and extreme weather conditions under a changing climate. Appl. Sci. 11, 3972.
<https://doi.org/10.3390/app11093972>

