



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Rakennetun ympäristön sää ja ilmasto nyt ja tulevaisuudessa.

Tuukka Rautio

Tutkija

Sään- ja ilmastomuutoksen vaikutustutkimus

Ilmatieteen laitos

Materiaali: Kirsti Jylhä, Kimmo Ruosteenoja, Herman Böök, Anders Lindfors, Pentti Pirinen, Mikko Laapas, Antti Mäkelä, Heikki Tuomenvirta, Reija Ruuhela ym.

28.10.2021 **Tuukka Rautio**

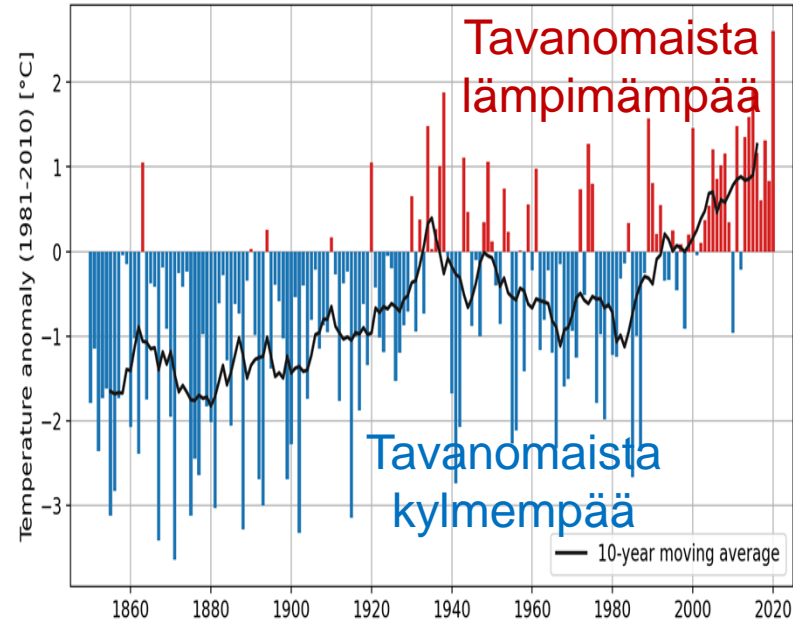


Sää vs. ilmasto

- Sää on säämuuttujien (lämpötila, sademäärä, tuulen nopeus- ja suunta, ilman kosteus jne.) tila määrättyssä paikassa tietyssä hetkenä.
- Ilmasto on jonkin paikan säämuuttujista (lämpötila, sademäärä, tuulen nopeus- ja suunta, ilman kosteus jne.) laskettu pitkän ajan keskiarvo. Tyypillinen vertailukauden pituus on 30 vuotta.

Ilmasto muuttuu nopeammin kuin muinoin

Average annual temperature in Finland



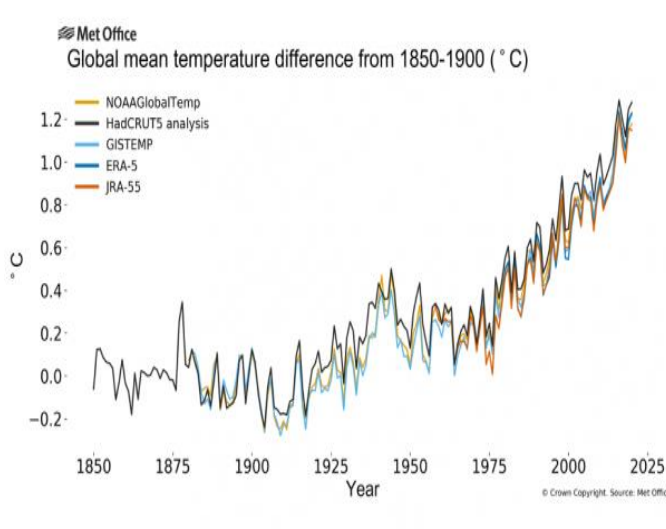
Suomen keskilämpötilan poikkeamat v. 1981-2010 keskiarvosta

Vuosi 2020

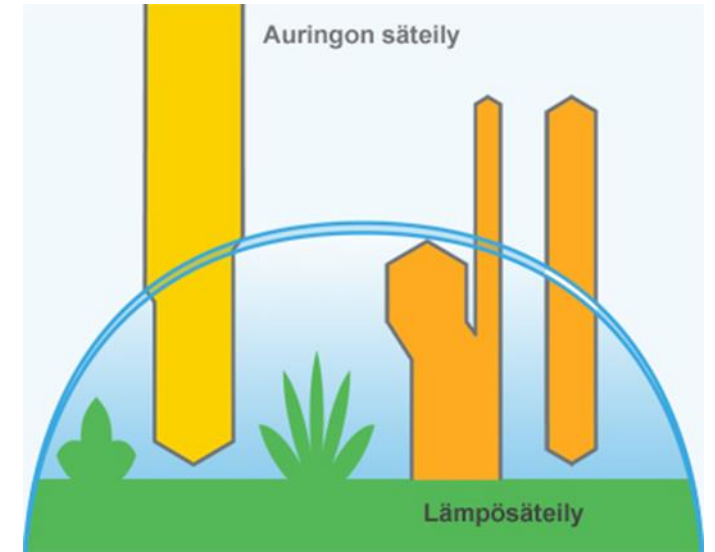
- Suomen mittaushistorian **lämpimin**
- Maailmanlaajuisesti kolmen **lämpimimmän** joukossa
- Kasvihuoneilmiö **voimistuu** ihmiskunnan toimien seurauksena



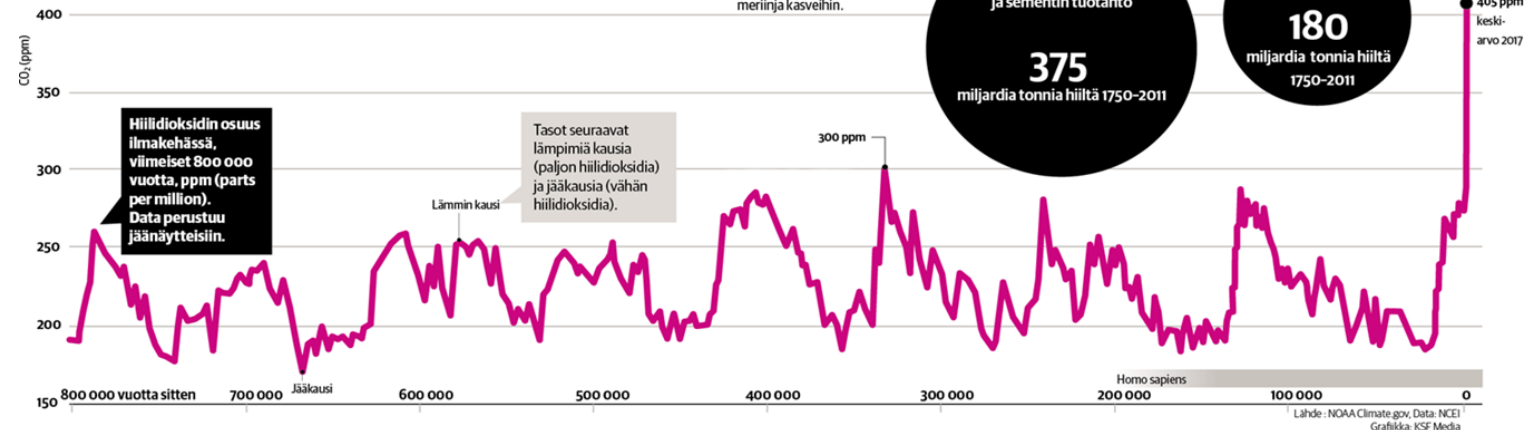
ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE



Maapallon keskilämpötilan poikkeamat v. 1850-1900 keskiarvosta



Enemmän hiilidioksidia ilmakehässä kuin koskaan 800 000 vuoden aikana



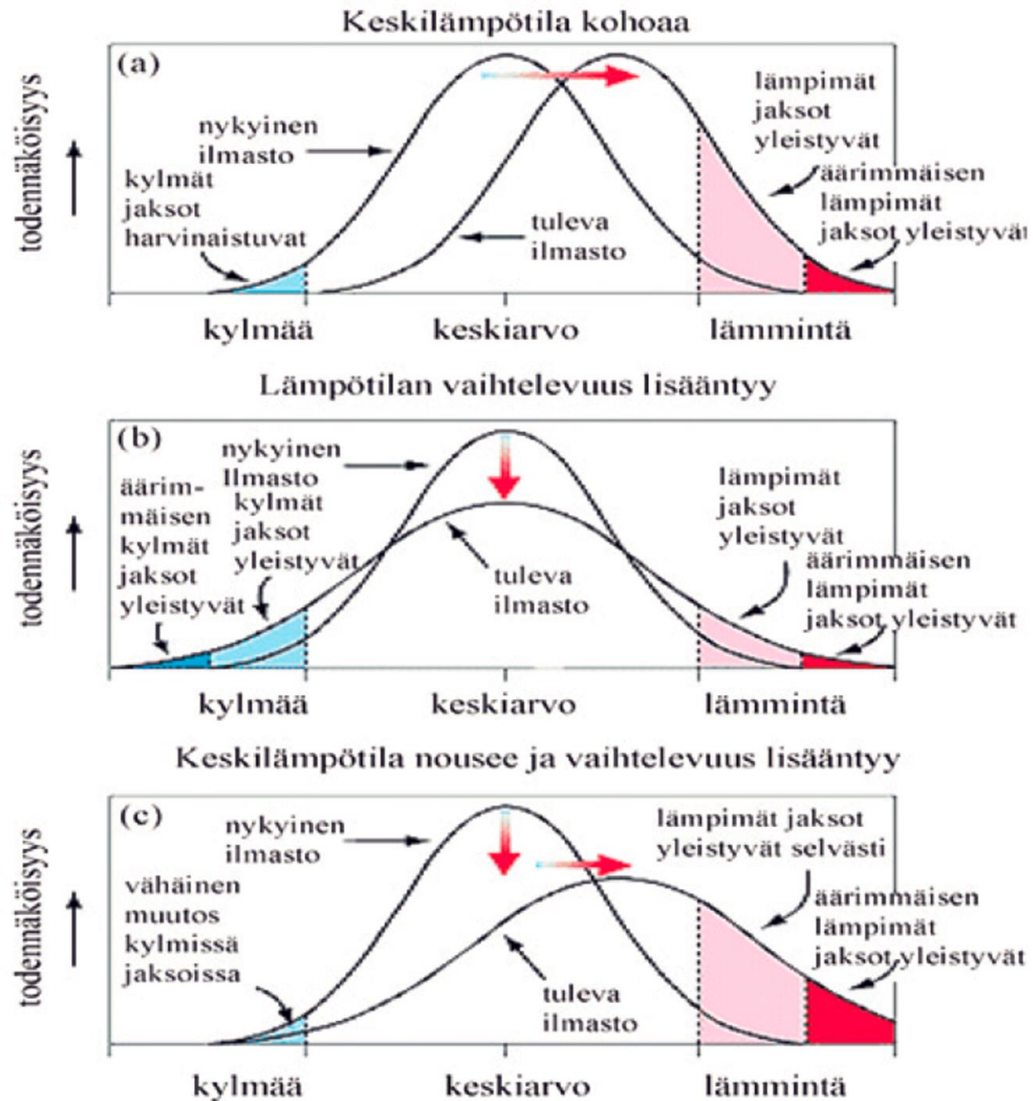
Lähde: NOAA Climate.gov, Data: NCEI
Grafiikka: KSF Media

Mikä on sään ääri-ilmiö?

- Ääri-ilmiölle ei ole yksikäsitteistä määritelmää, vaan se voidaan määritellä mm. seuraavien kriteerien mukaan:
 - **Maksimi/minimi:** jonkin säämuuttujan arvojen jakautuman suurin ja pienin arvo
 - **Toistuvuus tai esiintymistodennäköisyys:** kuinka harvinainen säämuuttujan arvo on (esimerkiksi kerran sadassa vuodessa esiintyvä)
 - **Vaikutukset:** kuinka paljon vahinkoa jokin ilmiö aiheutti. Vaikutustietoja käytetään määrittelyssä etenkin silloin, kun säämittauksia ilmiön voimakkuudesta ei ole saatavilla.
- Huom: kaikilla sääilmiöillä on omat ”ääripäänsä”, eli ääri-ilmiö –termi ei liity pelkästään myrskyihin, rajuilmoihin yms.



Miksi välillä on tosi kylmää, vaikka ilmasto lämpenee?



- Ilmasto kertoo sään tilastolliset ominaisuudet: *keskiarvo, hajonta, ääriarvot*
- Frekvenssijakauman leveys ja ääripäät kuvaavat ilmaston luonnollista vaihtelua.
- Ilmaston **lämmitessä** lämpötilan jakauma siirtyy kohti **korkeampia** arvoja.
- Jakauman muoto muuttuu, sillä matalat lämpötilat kohoavat enemmän kuin korkeat.
- Kun ilmasto muuttuu, muuttuvat myös säämuuttujien tilastolliset jakautumat:
- Menneen ilmaston (esim. jakson 1961–1990) erittäin harvinaiset **korkeat** lämpötilat eivät tulevaisuudessa ole enää yhtä harvinaisia kuin ennen
- Uusien **maksimilämpötilojen** esiintymisen todennäköisyys kasvaa.
- Esimerkki rankkasateista: arvio on, että nykyilmaston kerran 20:ssä vuodessa esiintyvä **rankkasade** toistuu kuluvan vuosisadan loppupuolella noin kerran 10:ssä vuodessa

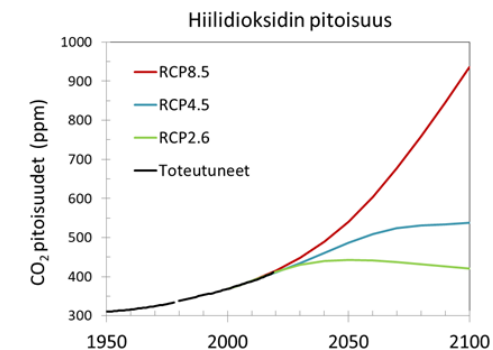
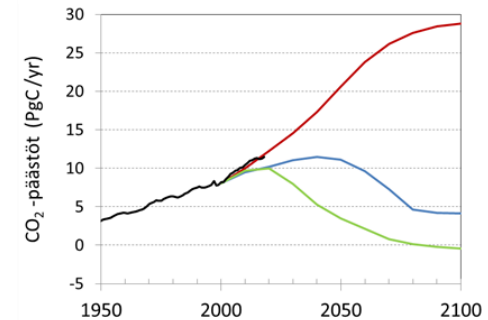
Vaikutuksia

- Suomen ilmasto muuttuu vääjäämättömästi – vieläpä 60-90% enemmän kuin maapallo keskimäärin. ↓
- i) Rakennusten **lämmitys**- ja **jäähdytys**-energian tarpeeseen ja ii) rakenteiden kosteustekniseen toimintaan vaikuttavat sääolosuhteet muuttuvat.

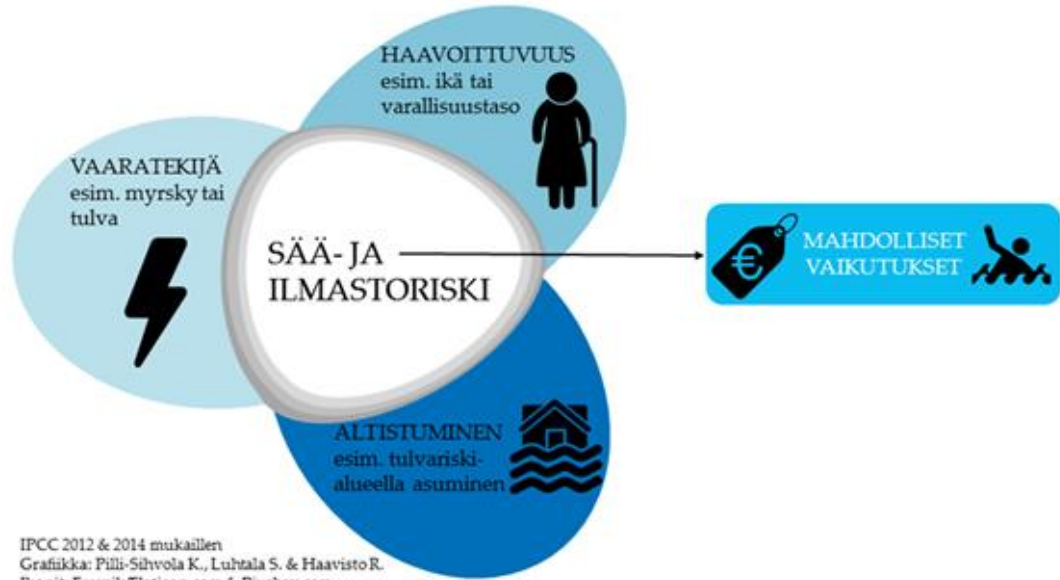
*Riskeinä esim. i) lämpöjaksojen aiheuttamat **ylilämpötilanteet** hoivakodeissa ja ii) **kosteuden** aiheuttama rakenteiden homehtuminen.*

- Yhteiskunnan sopeutuminen ilmastonmuutokseen edellyttää kestävyyttä myös rakennuksilta.
- Energiatehokas rakentaminen on osa ilmastonmuutoksen hillintää.

3 maailmanlaajuista hiilidioksidin ja lämpenemisen skenaariota

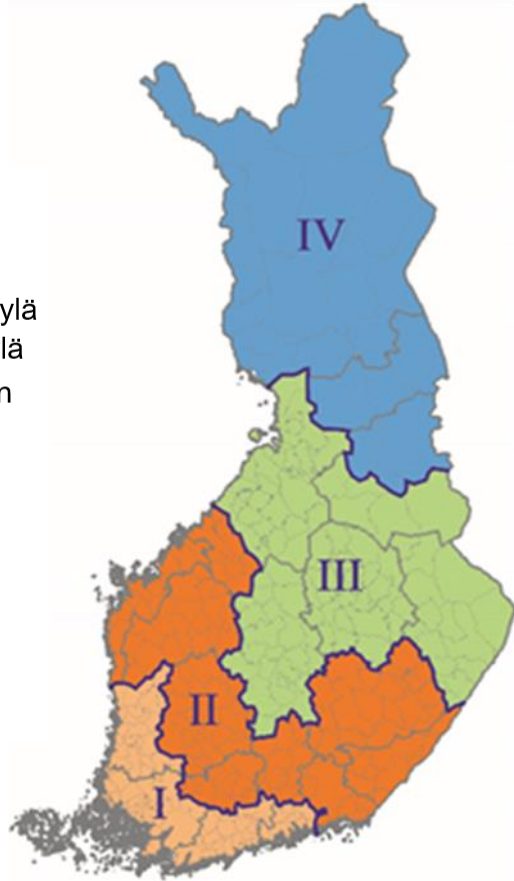


Mitä pitää huomioida jo nyt rakennetussa ympäristössä?



Kuva: Pili-Sihvola, Luhtala, Tuomenvirta (FMI) & Hildén (SYKE), 2018. Ikonit: Ocha/Freepik/Flaticon & Pixabay

Lämmitysjärjestelmien mitoittavat lämpötilat



Säävyöhykkeitä edustavat säähavaintoasemat:

- Vyöhyke IV: Sodankylä
- Vyöhyke III: Jyväskylä
- Vyöhyke II: Jokioinen
- Vyöhyke I: Vantaa

Nykyistä ilmastoa kuvaava jakso: vuodet 1989-2018

30-vuotiset tunnitaiset sääaikaasarjat

Rakennusten energialaskennan ja lämmitystehon laskennan säävyöhykkeet (Jylhä ym. 2011; YMa 1010/2017, liite 1)

Taulukko: Lämmitysjärjestelmien lämmitystehon mitoituksessa käytettävä ulkoilman lämpötila nykyisten rakentamismääräysten mukaan (YMa 1010/2017*) sekä vastaava mitoituslämpötila Vantaalla, Jokioisissa, Jyväskylässä ja Sodankylässä vuosina 1959–2018 tehtyihin lämpötilamittauksiin perustuen.

Vyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	
	YMa 1010/2017	1959–2018
I (Vantaa)	-26	-33,1
II (Jokioinen)	-29	-32,8
III (Jyväskylä)	-32	-35,4
IV (Sodankylä)	-38	-41,9

- Jakson 1959–2018 perusteella määritettyihin mitoituslämpötiloihin vaikuttaa suuresti kaksi poikkeuksellisen kylmää jaksoa (vyöhykkeillä I-III tammikuussa 1987 ja vyöhykkeellä IV tammikuussa 1999).
- => Tulosten perusteella mitoituslämpötiloja ei ole tarvetta vielä nostaa.

* Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017), liite 1

Lämmitystarveluku eli astepäiväluku

- Lämmitystarveluku kuvaa rakennusten lämmitysenergian tarvetta.



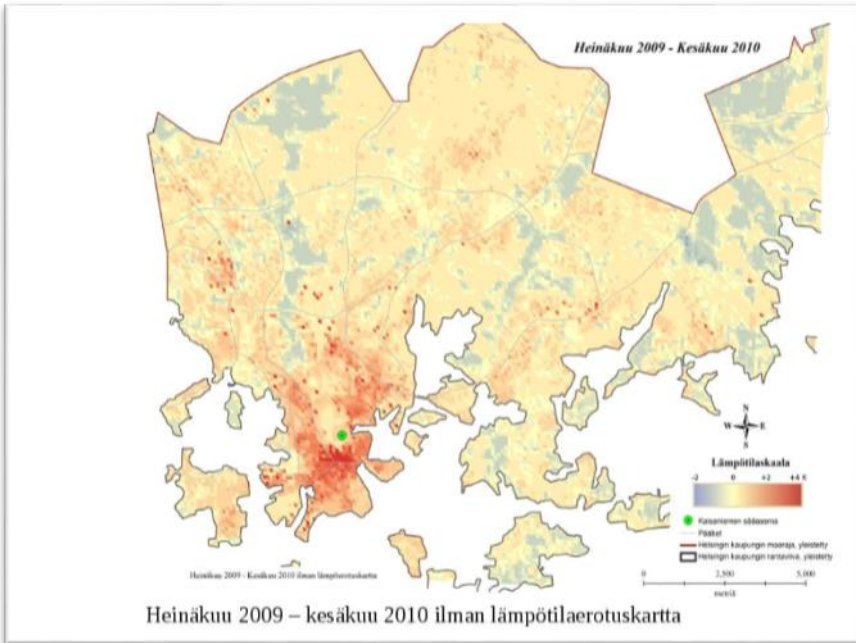
Valitse vuosi:

Lämmitystarveluvut 2020 (°Cvrk)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	414	440	450	368	254	0	6	6	33	213	311	408	2903
Vantaa	467	478	473	367	194	0	0	0	40	250	379	500	3148
Helsinki	434	452	452	351	180	0	0	0	26	201	343	467	2906
Pori	447	479	482	384	226	0	11	0	67	255	358	490	3199
Turku	455	477	479	387	228	0	6	5	65	243	357	478	3180
Tampere	498	520	505	408	227	0	22	23	103	288	404	526	3524
Lahti	500	509	496	406	199	0	5	11	96	285	401	530	3438
Lappeenranta	526	528	510	422	211	0	0	5	98	293	433	573	3599
Jyväskylä	542	557	551	459	255	0	16	36	164	341	433	561	3915
Vaasa	496	527	523	428	257	0	11	28	133	306	394	517	3620
Kuopio	564	568	550	471	240	0	0	0	131	326	436	576	3862
Joensuu	582	582	555	482	246	0	0	22	149	337	457	600	4012
Kajaani	619	628	605	514	286	0	10	51	177	358	467	612	4327
Oulu	593	607	584	496	269	0	11	56	194	364	461	588	4223
Sodankylä	820	750	702	565	347	0	35	85	271	447	542	689	5253
Ivalo	855	734	684	563	363	60	45	116	258	446	534	735	5393

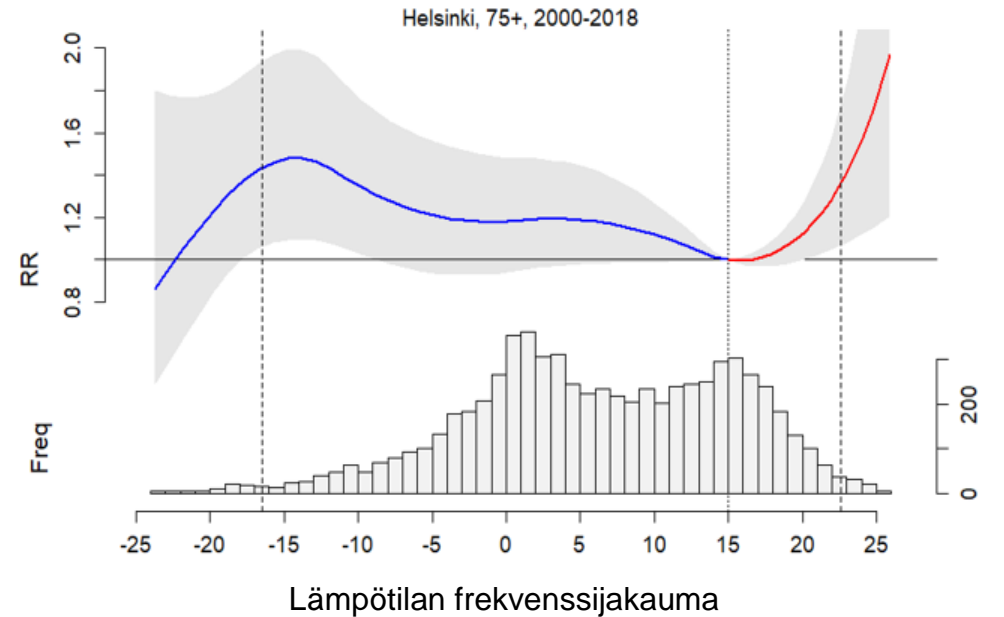
- Lämmitysenergiankulutuksen normitukseen käytettävät kuntakohtaiset kertoimet
- Vertailupaikkakuntien normaalivuoden eli vertailukauden 1981-2010 lämmitystarveluvut.

Kaupungin lämpösaarekeilmiö voimistaa kuumarasitusta ja vähentää kylmärasitusta ympäröivään maaseutumaiseen alueeseen verrattuna



Lämpötilan alueellinen jakauma vuoden aikana (2009/2010)

Kuolleisuusriskin (RR) lämpötilariippuvuus

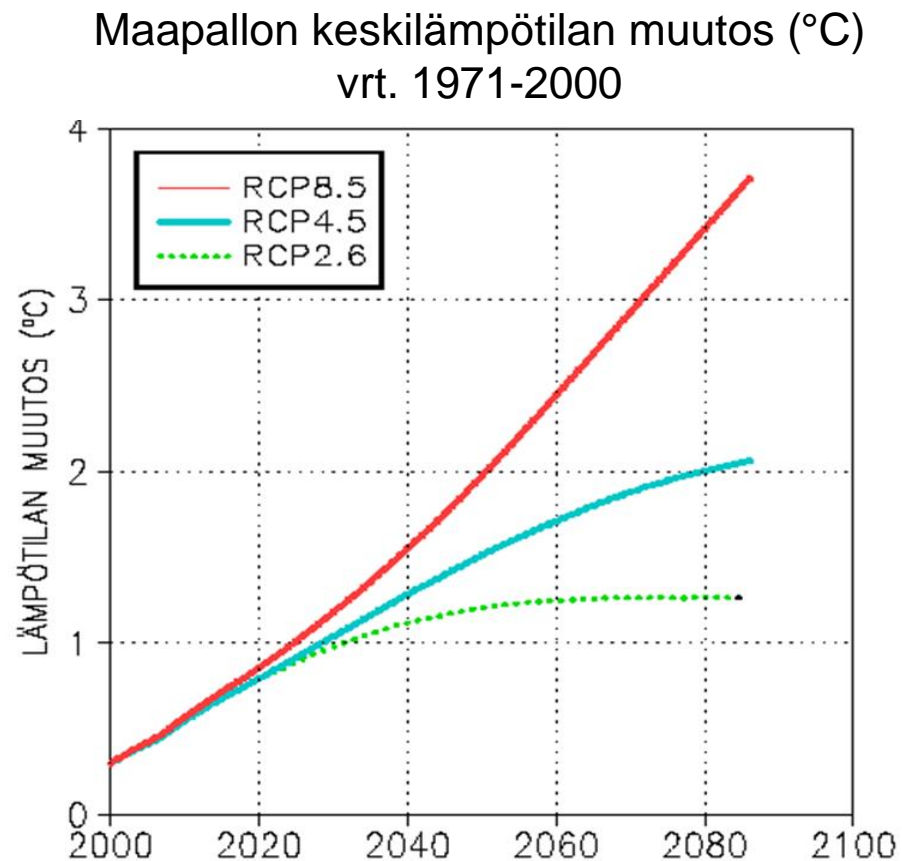
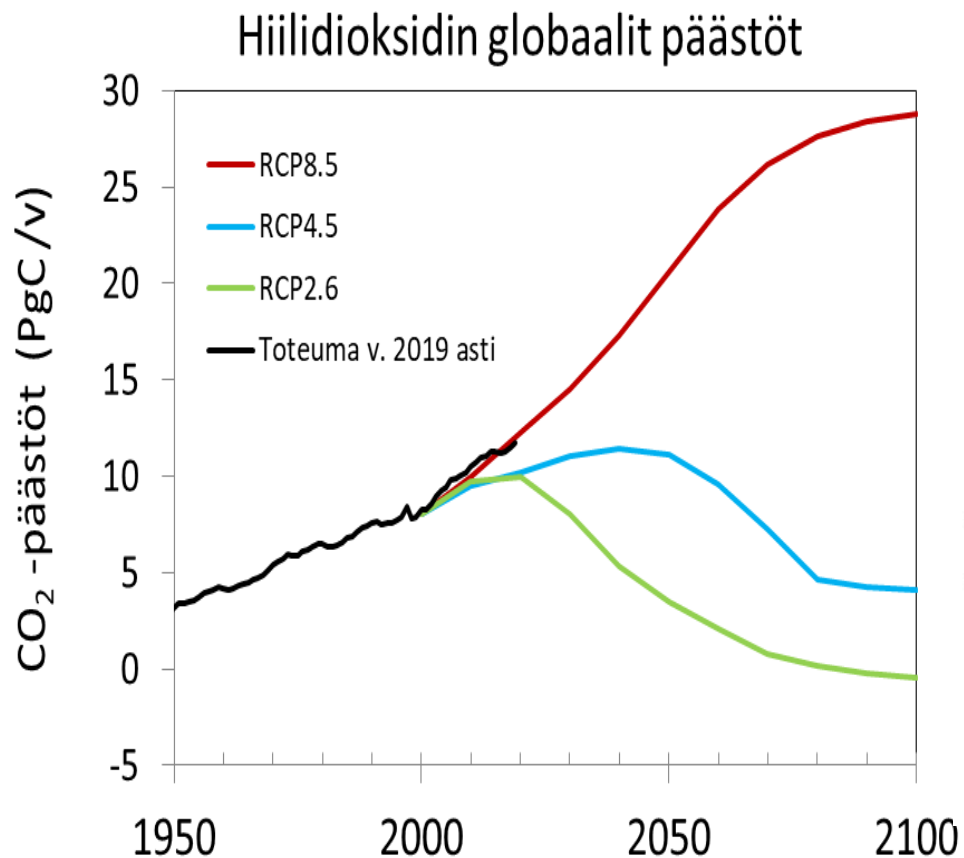


- Kaupunkien lämpösaarekeilmiö: Kaupunkialueilla voi olla useita asteita lämpimämpää kuin ympäröivällä maaseutumaisella alueella.
- Helsingin lämpösaareke altistaa ihmisiä kuumuudelle eri tavoin eri puolilla kaupunkia.
- Voimakkaan lämpösaarekeilmiön alueilla asuu myös paljon ikääntyneitä.
- Kuumarasituksella (pun) kuolleisuusriski (RR) kasvaa Helsingissä jyrkemmin kuin ympäröivällä alueella (HUS ilman Helsinkiä).
- Kylmärasituksella (sin) kuolleisuusriski Helsingissä pienempi kuin ympäröivällä alueella.

Mitä on oletettavissa tulevaisuudessa eri skenaarioihin perustuen?



Ilmastonmuutosten nopeus riippuu suuresti ihmiskunnan tulevista kasvihuonekaasupäästöistä



✓ **Suomen keskilämpötila kohoaa jatkossa 60-90% enemmän kuin maapallon keskimäärin.**

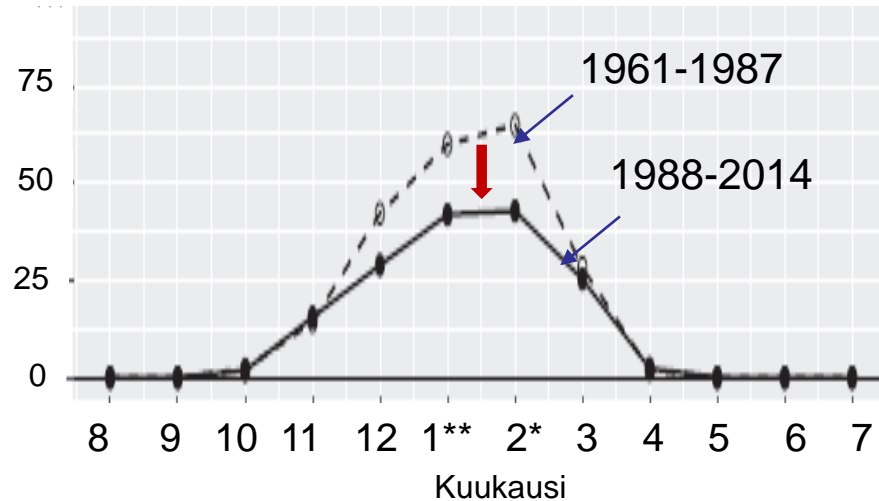
Miten Suomen ilmaston arvioidaan muuttuvan?

- **Lämpötila** nousee kaikkina vuodenaikoina, **talvella** kuitenkin **enemmän** kuin kesällä.
 - Paukkupakkaset harvinaistuvat vähitellen; talviset lauhat jaksot yleistyvät; sulamis-jäätymissyklit lisääntyvät; routa-aika lyhenee.
 - Kesällä kaikkein korkeimmat lämpötilat kohoavat likimain samaa tahtia kuin keskilämpötilatkin; helteet yleistyvät.
- **Tuulet** – vuosien ja vuosikymmenten välillä suuria vaihteluita.
 - syksyn myrskyt puhaltavat tulevaisuudessa entistäkin useammin lännen ja lounaan suunnalta.
 - tuulituhoja tulee, kun roudaton aika pitenee.
- Vuotuiset **sademäärät kasvavat**, mutta kasvu ei jakaudu tasaisesti vuoden ympäri.
 - Talvisin sataa enemmän ja useammin, ja yhä suurempi osa sateesta tulee vetenä tai räntänä.
 - Kesällä keskimääräinen sademäärä ei muuttune paljon, mutta rankkasateet lisääntyvät.
 - Suurta **vaihtelua** vuodesta toiseen.
- **Kuivuus** – keväällä maaperä kuivuu <= lumen ja roudan sulaminen aikaistuu.
- **Auringonpaiste** – kesällä lisää, mutta pimeämmät syksyt ja talvet.
- **Suhteellinen kosteus** – kasvaa hieman talvella.

➤ **Muutosten voimakkuus riippuu kasvihuonekaasupäästöistä!**
➤ **Vaikutukset myös rakennettuun ympäristöön!**

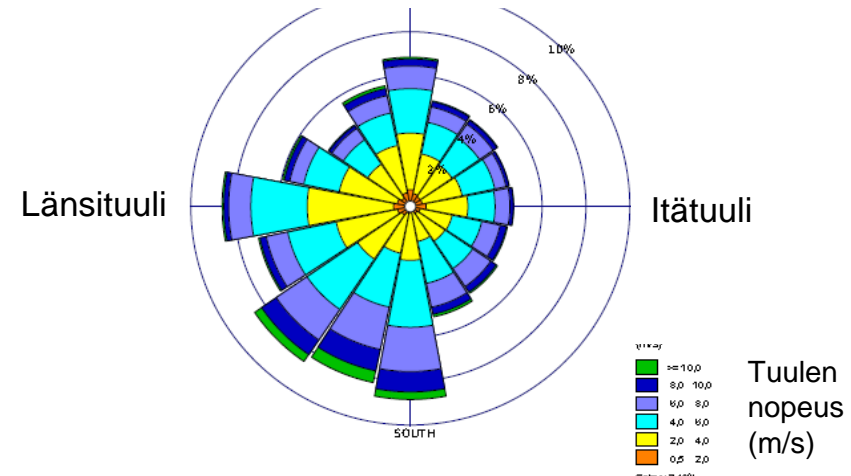
Viistosateiden riski vaikuttaisi kasvavan

Lumisateiden osuus (%) Etelä-Suomessa

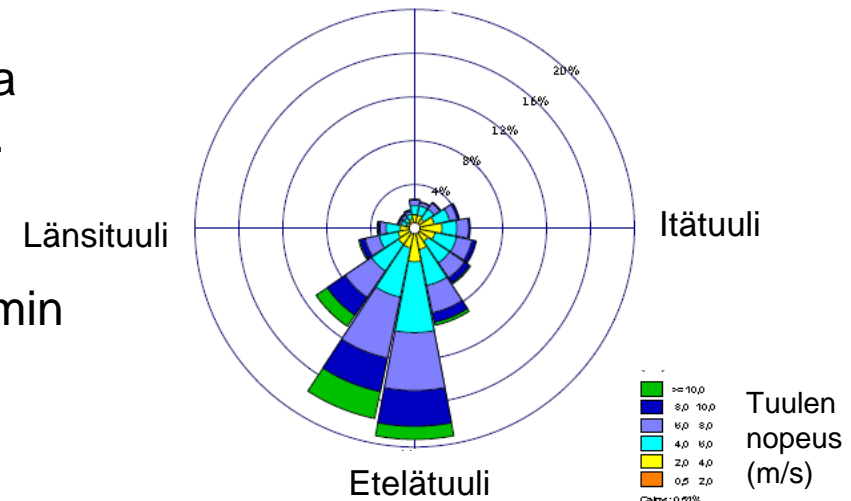


Syys-huhtikuu Vantaalla

Kaikki säätilanteet

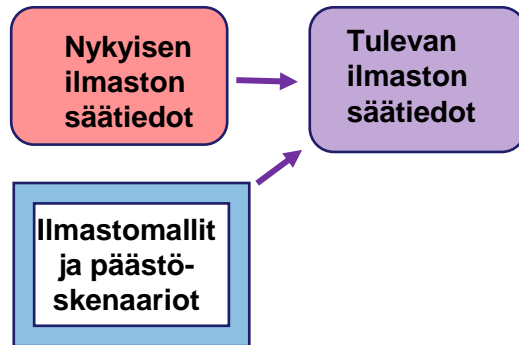


Vesi- ja räntäsateet



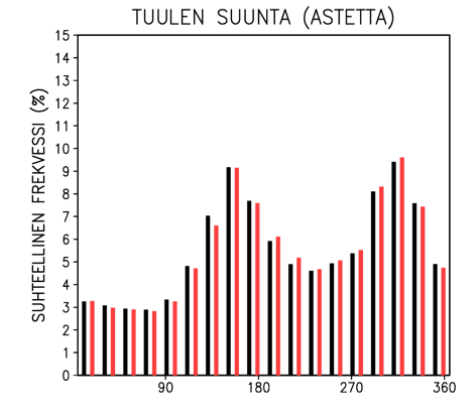
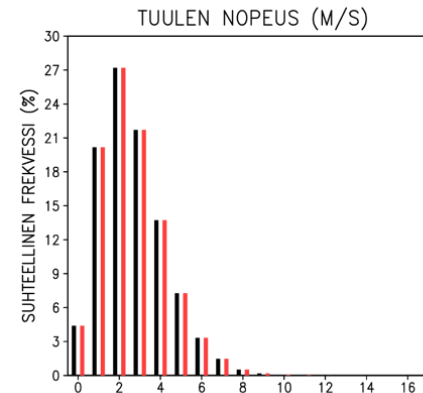
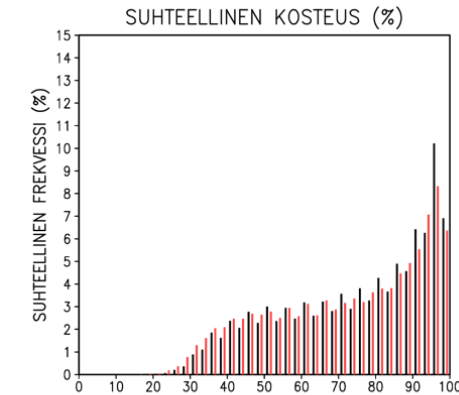
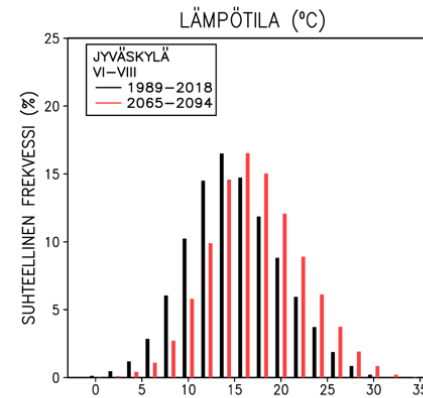
- Viileän vuodenajan vesi- ja räntäsateiden osuus Etelä-Suomessa kasvanut.
- Etelä- ja lounaistuulet vallitsevia viileän vuodenajan vesi- ja räntäsateissa ja tuuli voimakkaampaa kuin poudan aikana.
- Syksyn myrskyt puhaltavat tulevaisuudessa entistäkin useammin lännen ja lounaan suunnalta.
- Rakennetuilla alueilla vesisateet kastelevat entistä useammin talojen lännen- ja etelänpuoleisia seiniä, mikä voi lisätä kosteusvaurioita.

Tulevan ilmaston säätiedot



Tulevaisuutta kuvaavien sää-tietojen tulkinnessa on oltava tarkkana!

- Eivät ennusteita juuri kyseisille päiville ja ajanhetkille
- Tarjoavat vuodelle 2050 (ja 2030, 2080) 30 erilaista vuoden pituista sääaikasarjaa, joiden erot havainnollistavat sääolojen luontaista vaihtelua vuodesta toiseen.
- Muistettava riippuvuus kasvihuonekaasujen päästöjen tulevasta kehityksestä.

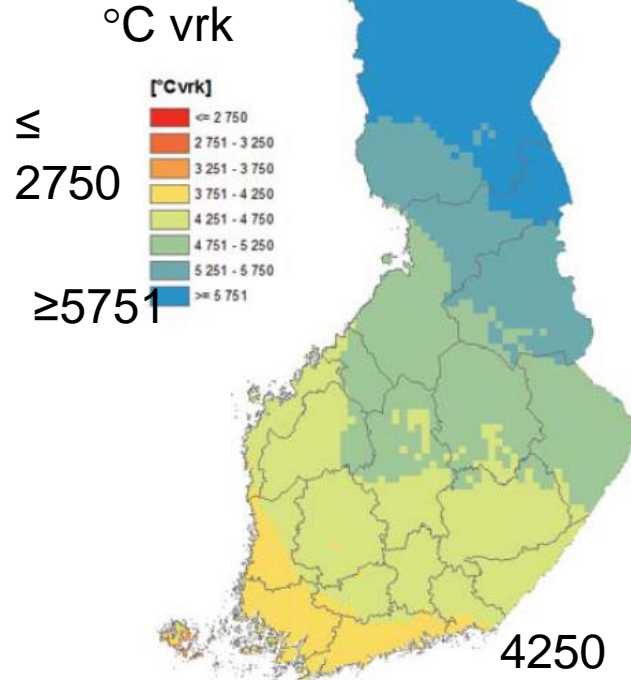


Frekvenssijakaumat Jyväskylässä kesä-elokuussa:

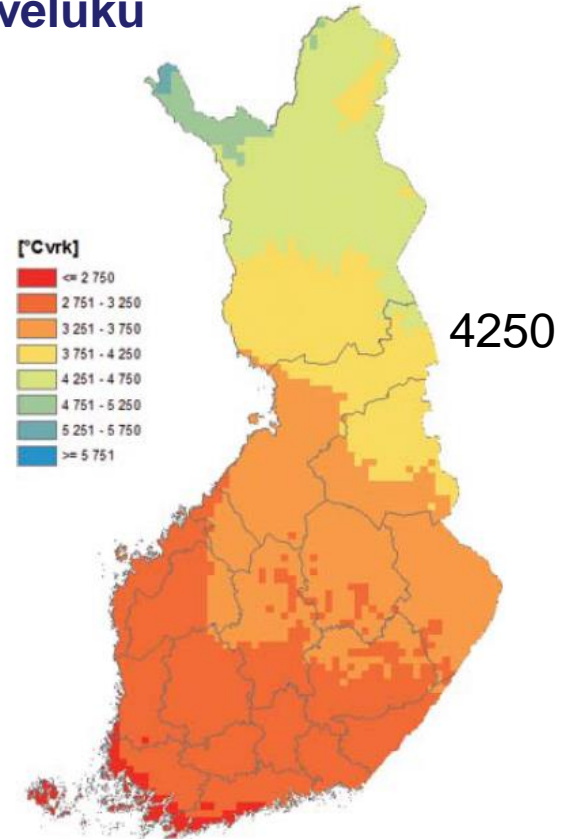
Mustat pylväät: perusjakson 1989–2018 havainnot
Punaiset pylväät: arvio vuoden 2080 tienoilla vallitsevassa RCP4.5-skenaarion mukaisessa ilmastossa.

Lämmityskausi lyhenee ja lämpenee

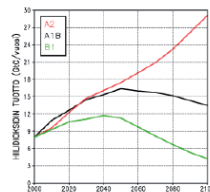
Lämmitystarveluku



nykyisessä
ilmastossa

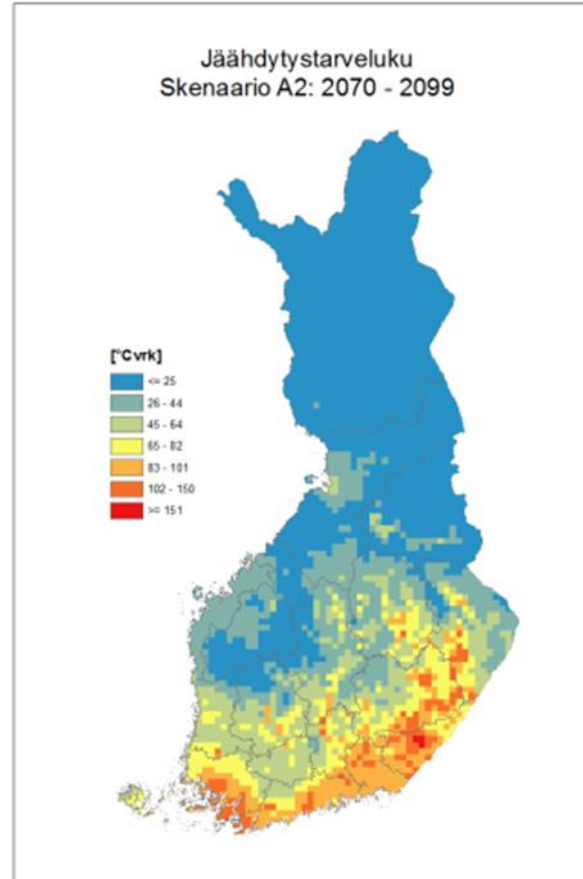
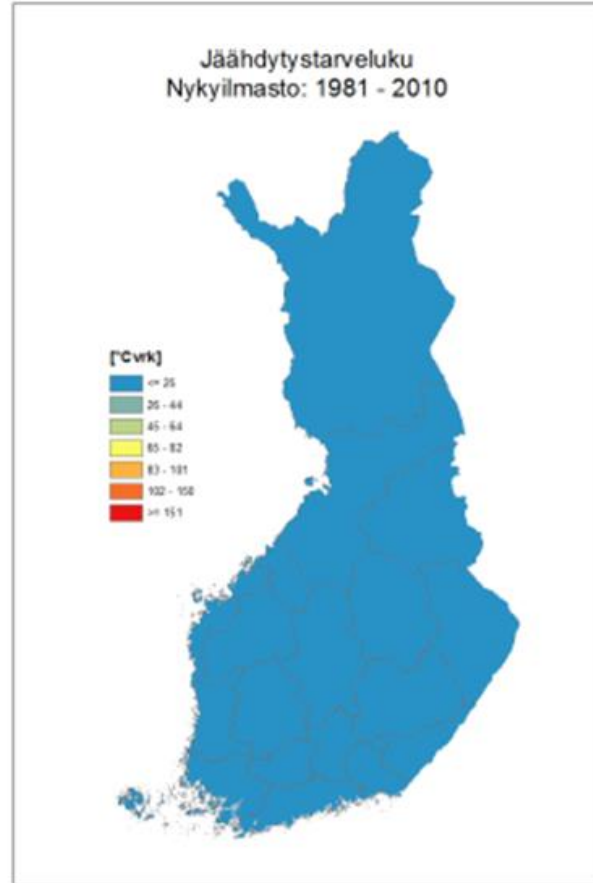


vuosisadan lopulla,
jos päästöt jatkavat kasvuaan

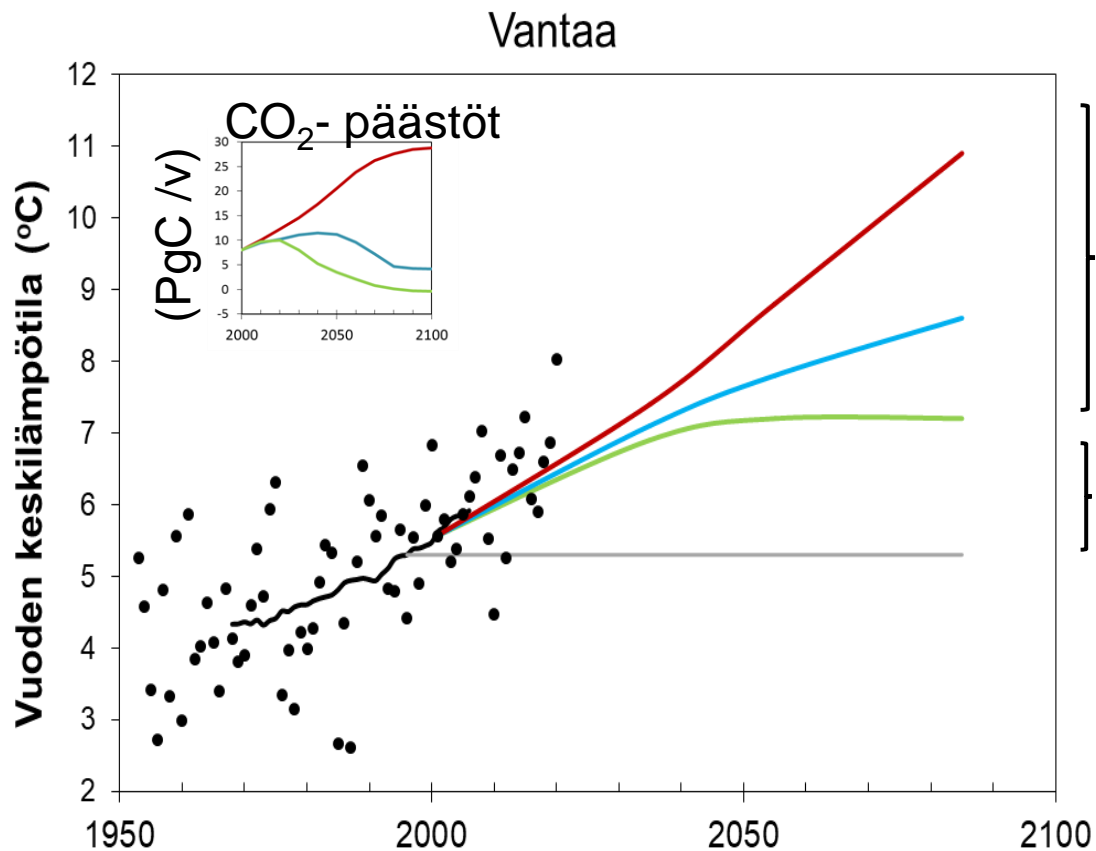


Jäähdytysenergian tarve kasvaa

Jäähdytystarveluku –
nykyisessä ilmastossa vuosisadan lopulla



Miksi kannattaa toimia!



Vältettävissä!

=> ilmastonmuutoksen hillintä

Väistämätön!

=> sopeutuminen ilmastonmuutokseen

- Kestävyys
- Energiatehokkuus

➤ Ilmastonmuutoksen hillinnässä ja sopeutumisessa – rakennetulla ympäristöllä on tärkeä rooli molemmissa

Mitä pitää ottaa huomioon

- Rakennetussa ympäristössä tarvitaan varautumista ilmastonmuutokseen
- Sopeutuminen ja hillintä ovat toisiaan täydentäviä keinoja vähentää ja hallita ilmastonmuutoksen aiheuttamia riskejä
- Kunnollinen varautuminen edellyttää riskien seuranta ja läpinäkyvyyttä – sekä vuoropuhelua osapuolien välillä
- Hillintä- ja sopeutumisratkaisut voivat vaikuttaa toisiinsa
- Fiksu varautuminen luo mahdollisuuksia!

Yhteenveto

- Kasvihuoneilmiö voimistuu ihmiskunnan toimien seurauksena. Ilmasto on muuttumassa nopeasti.
- Suomen ilmastoon kuuluu sääolojen vaihtelu vuodesta ja vuosikymmenestä toiseen.
- Ilmastonmuutosten nopeus riippuu suuresti ihmiskunnan tulevista kasvihuonekaasupäästöistä.
- Ilmastonmuutoksen hillintä ja sopeutuminen – rakennetulla ympäristöllä tärkeä rooli molemmissa.
- Lämpötila kohoaa ja sateet runsastuvat.
- Suomessa lämmityksen mitoituslämpötiloja ei ole tarvetta vielä nostaa.
- Kaupunkien lämpösaarekeilmiö voimistaa kuumarasitusta ja vähentää kylmärasitusta ympäröivään alueeseen verrattuna.
- Ilmatieteen laitoksen sivuilta säätietoja rakennusten lämmitys- ja jäähdytystarpeen arviointiin



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Kiitos!

Rakennetun ympäristön hankkeita:

SMARTLAND: <https://smartland.fi/>

RAMI

CHAMPS: <https://thl.fi/fi/tutkimus-ja-kehittaminen/tutkimukset-ja-hankkeet/psykkinen-ja-fyysinen-terveys-seka-yhteiskunnalliset-haasteet-ilmastonmuutokseen-sopeutumisessa-champs->

<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/rakennusten-energialaskennan-testivuosi>

<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/rakennusfysiikka>

<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/rakennusfysiikan-aineistoja-2015>

Katso SIV-yksikön käynnissä olevat hankkeet: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmastokeskus-hankkeet>

28.10.2021 Nimi: Tuukka Rautio

Twitter: @TuukkaR3
@IlmaTiede
@SmartLandFI