

# Ilmastonmuutos ja heinäkuun helteet

Jouni Räisänen  
Helsingin yliopiston fysiikan laitos  
3.9.2010

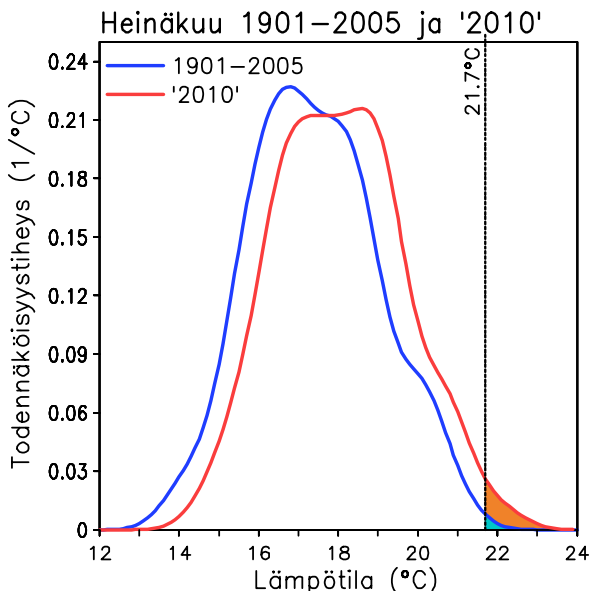
Tämän vuoden heinäkuu oli Itä- ja Etelä-Suomessa poikkeuksellisen lämmin. Väliön syy koviin helteisiin oli Venäjällä itsepintaisesti pysytellyt korkeapaine, jonka alueella kuumentunutta ilmaa virtasi myös Suomeen. Lisää asiasta kerrotaan Laura Romnun kirjoituksessa ”Suihkuvirtauksesta sulkukorkeapaineeseen” (<http://hirlam.fmi.fi/suihkuvirtauksesta.html>).

Mutta oliko myös ilmastonmuutoksella jotain tekemistä heinäkuun kuumuuden kanssa, ja kuinka pitkään saamme odotella seuraavaa yhtä kuumaa heinäkuuta? Tässä kirjoituksessa näitä kysymyksiä tarkastellaan tilastollisesti, havaintoja ja ilmastomallien tuloksia yhdistellen.

## Heinäkuun keskilämpötilat Helsingissä 1900-luvulla

Otetaan esimerkiksi Helsingin Kaisaniemen aseman lämpötilahavainnot. Vuodet eivät ole veljeksiä, ja heinäkuuidenkin lämpötilat ovat vaihdelleet suuresti. 1900-luvun alusta lukien viilein heinäkuu on ollut Helsingissä vuonna 1928 (keskilämpötila +13,7 astetta) ja ennen tätä kesää kaikkein lämpimin vuonna 1914 (+21,4 astetta).

Hyvin koleita tai hyvin kuumia heinäkuuta on kuitenkin ollut harvoin. Useimmiten heinäkuun keskilämpötila on osunut 16 ja 19 asteen välille, pitkän ajan keskiarvon ollessa hiukan yli 17 astetta. Tämä nähdään myös kuvasta 1, jossa sininen käyrä esittää vuosien 1901-2005 havainnoista johdettua heinäkuun keskilämpötilan todennäköisyysjakaumaa. Mitä korkeammalla käyrä kulkee tietyn asteluvun kohdalla, sen useammin tämän lämpöisiä heinäkuuta on esiintynyt.



**Kuva 1:** Heinäkuun keskilämpötilan todennäköisyysjakauma Helsingissä vuosien 1901-2005 havaintojen mukaan (sininen käyrä) sekä ilmastomallien tulosten avulla arvioitu nykyistä ilmastoa kuvaava jakauma (punainen käyrä). Heinäkuun 2010 havaittu keskilämpötila (+21,7°C) on merkitty kuvaan pystyviivalla.

Tänä vuonna heinäkuun keskilämpötila Helsingissä oli ennätyselliset +21,7 astetta. Vuosia 1901-2005 edustavan todennäköisyysjakauman pinta-alasta jää tämän arvon oikealle puolelle vain 0,3 % (turkoosi varjostus kuvassa 1). Havaintojen perusteella näin lämmintä voisi siis odottaa olevan keskimäärin kerran 300 vuodessa. Luku on toki vain suuntaa antava, koska todennäköisyyksien arviointi jakauman ääripäissä on aina vaikeaa.

Pääosa havainnoista on kuitenkin peräisin ajalta, jolloin ilmasto oli nykyistä viileämpi, niin maapallolla keskimäärin kuin Suomessakin. Siksi ”kerran 300 vuodessa” ei enää sellaisenaan kuvaa Helsingin nykyistä ilmasto.

## **Ilmastonmuutoksen vaikutus**

Kuvan 1 toinen, punaisella värillä merkitty käyrä antaa arvion Helsingin heinäkuiden nykyisestä lämpötilajakaumasta. Pohjaksi on otettu havaitut lämpötilat, mutta niitä on ”korjattu” ylöspäin ilmastonmuutoksen huomioimiseksi (Räisänen ja Ruokolainen 2008). Korjaus ei perustu Helsingin paikallisiin mittauksiin, joita kaupungin kasvu ja havaintopaikan siirrokset ovat jonkin verran sotkeneet, vaan hyväksi on käytetty tietoa maapallon keskilämpötilan muutoksista ja ilmastomallien tuloksia.

Ero havaintoja (sininen) ja nykyistä ilmasto (punainen) edustavien käyrien välillä ei ole suuren suuri, sillä siirtymä oikealle on vain puolesta yhteen astetta. Todennäköisyyksien kannalta ero on kuitenkin merkittävä. Punaisen käyrän alle jäävän oranssin varjostuksen pinta-ala antaa vähintään +21,7 asteen keskilämpötilalle todennäköisyyden 1,7 % – siis keskimäärin kerran 60:ssä eikä 300 vuodessa.

Kasvihuoneilmiön voimistumisen aiheuttaman ilmastonmuutoksen edetessä tulevina vuosikymmeninä myös Helsingin kesien voidaan odottaa edelleen lämpenevän. Samalla nykymittapuun mukaan poikkeuksellisten lämpimien heinäkuiden todennäköisyys pikkuhiljaa kasvaa. Jos muutos osuu yhteen ilmastomallien antaman parhaan arvion kanssa, niin esimerkiksi vuoden 2050 tienoilla +21,7 astetta ylittyisi heinäkuussa noin 8 %:n todennäköisyydellä. Suuri enemmistö heinäkuista olisi siis tällöinkin tämänvuotista viileämpiä, mutta yhtä lämmin tai vielä kuumempi heinäkuu toistuisi jo miltei kerran vuosikymmenessä.

## **Milloin seuraavan kerran?**

Edellä esitettyihin lukuarvoihin liittyy monia epävarmuuksia. Havaintoja on käytössä äärellinen määrä, Helsingin havaintoasema on hankalasti keskellä kaupunkia, ja ilmastomalleissakin on puutteita. Oletetaan kuitenkin, että luvut osuvat oikeaan. Miten annettuja todennäköisyyksiä ja toistuvuusaikoja pitäisi tulkita?

Noppaa heitettäessä peräkkäisten heittojen tulokset ovat toisistaan riippumattomia. Jos edellisellä heitolla on tullut kuutonen, niin se ei tietenkään tarkoita, että uutta kuutosta pitäisi odottaa tasan kuuden heiton verran. Yhden kuudesosan todennäköisyydellä kuutonen tulee uudelleen jo seuraavalla heitolla, huonolla onnella se taas viipty paljon kuutta heittoa pidempään.

Säiden vaihteluun pätee lähes sama kuin nopanheittoon: peräkkäisten vuosien sääolot eivät juuri riipu toisistaan. Jos ”huippulämpimän” (vähintään +21,7 astetta) heinäkuun tilastollinen toistuvuusaika on nyt 60 vuotta, niin tämä ei sulje pois mahdollisuutta, että toinen samanmoinen heinäkuu koettaisiin jo ensi kesänä. Todennäköisyys tälle on kylläkin pieni, n. 1,7% (eli siis 1/60).

Vastaavasti voidaan arvioida esimerkiksi todennäköisyys, että vähintään yksi seuraavista kolmesta heinäkuusta (2011, 2012 tai 2013) olisi yhtä lämmin tai lämpimämpi kuin tänä vuonna:

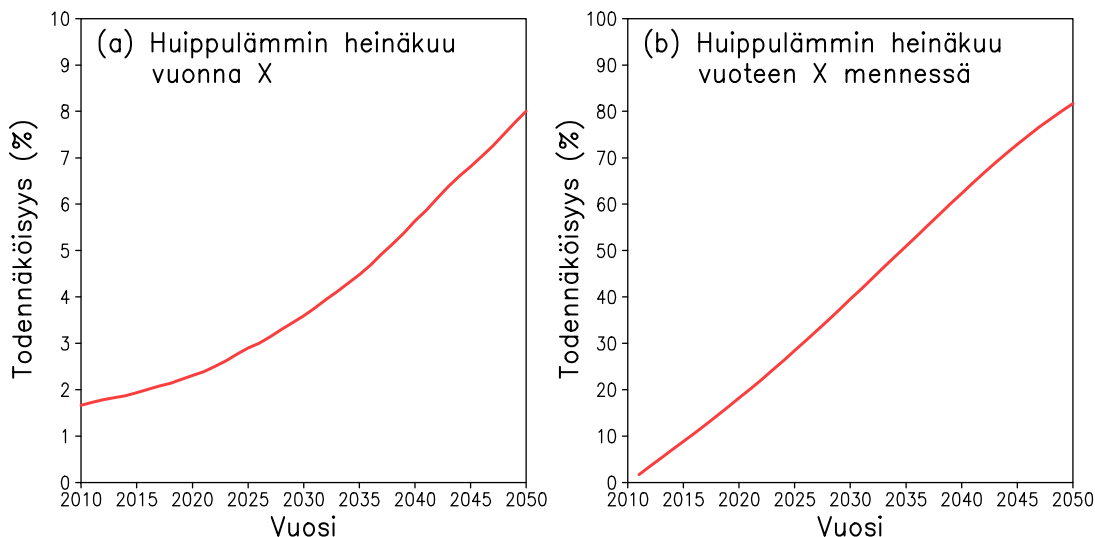
$$p = 1 - (1 - 0,017) \times (1 - 0,017) \times (1 - 0,017) = 1 - 0,950 = 5,0 \%$$

Laskelma on tehty kiertotietä – luku 0,950 on tässä todennäköisyys, että kaikki kolme heinäkuuta ovat tämänvuotista kylmempiä. Äkkiseltään ehkä tekisi mieli laskea haluttu todennäköisyys suoraan muodossa  $3 \times 1,7 \% = 5,1 \%$ . Tämä laskutapa ei kuitenkaan ota huomioon sitä mahdollisuutta, että huippulämpimiä heinäkuuta osuisi seuraaviin kolmeen vuoteen jopa useampia kuin yksi. Tässä tapauksessa virhe on vielä mitätön, mutta se kasvaa isommaksi, jos tarkastelujaksoa pidennetään.

Jos ilmastonmuutoksesta ei tarvitsisi huolehtia, voitaisiin samalla periaatteella laskea esimerkiksi todennäköisyys, että seuraava vähintään yhtä lämmin heinäkuu tulee eteen joskus seuraavien 40 vuoden aikana eli viimeistään vuonna 2050:

$$p = 1 - (1 - 0,017)^{40} = 1 - 0,504 \approx 50 \%$$

Ilmastonmuutoksen takia todellinen todennäköisyys on kuitenkin suurempi ja sen laskeminen muuttuu hankalammaksi. Yllä käytettiin kullekin heinäkuulle erikseen samaa todennäköisyysarvoa 1,7 % eli 0,017, mutta ilmaston lämmetessä tämä todennäköisyys pikkuhiljaa kasvaa (kuva 2a). Esimerkiksi vuonna 2030 vähintään +21,7 asteen heinäkuu sattuisi – jos mallitulokset ovat oikeassa – jo noin 3,5 %:n todennäköisyydellä, ja vuonna 2050 todennäköisyys olisi jo edellä mainittu 8 %.



**Kuva 2:** (a) Ilmastomallitulosten avulla arvioitu ”huippulämpimän” (keskilämpötila  $\geq +21,7^\circ\text{C}$ ) heinäkuun todennäköisyys Helsingissä kunakin vuotena erikseen v. 2010-2050. (b) Todennäköisyys, että ainakin yksi heinäkuu vuodesta 2011 x-akselille merkittyyn vuoteen mennessä on huippulämpimä (menetelmän kuvaus: Räisänen ja Ruokolainen 2008).

Kun ilmaston muuttuminen otetaan huomioon, voidaan arvioida, että ainakin yksi vähintään +21,7 asteen heinäkuu sattuisi vuoteen 2050 mennessä todennäköisyydellä

$$p = 1 - \underbrace{(1 - 0,017)}_{2011} \times \underbrace{\dots \times \dots \times \dots}_{2012-2049} \times \underbrace{(1 - 0,08)}_{2050} \approx 1 - 0,2 = 80\%$$

Sama laskelma voidaan tehdä muillekin vuosille (kuva 2b). Esimerkiksi todennäköisyys ainakin yhdelle vähintään +21,7 asteen heinäkuulle vuoteen 2035 mennessä näyttäisi olevan noin 50 %.

Todennäköisyydet ovat tietysti vain todennäköisyyksiä. Koska sattuma vaikuttaa säiden vaihteluun samalla tavoin kuin napanheittoonkin, emme voi varmuudella tietää, tuleeko seuraava

huippulämmin heinäkuu eteen jo lähivuosina, joskus vuoden 2035 paikkeilla vai sittenkin vasta alkaneen vuosisadan jälkipuoliskolla.

### **Kirjallisuusviite**

Räisänen, J. ja L. Ruokolainen, 2008: Ongoing global warming and local warm extremes: a case study of winter 2006-2007 in Helsinki, Finland. *Geophysica*, 44, 45-65.