

# De nya klimattärningarna och klimatets allt värre ytterligheter

Av James Hansen, Makiko Sato, and Reto Ruedy

Augusti 2012

## Sammanfattning

Vi besvarar frågor som väckts kring vår studie "De nya klimattärningarna" genom att använda längre basperioder som innefattar 1930-talet. Vi visar att värmeböljan i USA sommaren 2012 (med data från juni och juli) överträffade alla värmeböljor under 1930-talet. Vi ger nytt stöd åt vår tidigare slutsats att det är klimatförändringen som orsakar att värmeböljorna blir allt extremare och att området som drabbas av extrema väderhändelser blir allt större. Var och när extrema väderhändelser inträffar beror på många faktorer och slumpen har stor betydelse. Klimatets förändring kan beskrivas på ett användbart och realistiskt sätt genom att kombinera "klimattärningar" och en förskjutning och breddning i den gaussiska "klockkurvan", en ansats som vi tror att allmänheten kan uppskatta.

Vår senaste uppsats (1), som populärt kallats "De nya klimattärningarna" även om utgivarna tog bort den frasen från titeln, visade att snabb global uppvärmning under de senaste tre decennierna driver fram en stor ökning av extrema värmeböljor, med viktiga konsekvenser. Uppsatsen hälsades med entusiasm av många vetenskapsmän. Tidskriften som publicerade den kommer snart att innehålla en insiktsfull genomgång och diskussion – skriven av Karl och Katz – av "klockkurvans" förändring, som vi använder för att beskriva omfattningen av lokala temperaturavvikelser. (2)

Därutöver innehöll några inslag i media stark kritik av vår undersökning. För det första menade man att vår undersökning bara sträckte sig bakåt till 1950-talet och alltså inte tog upp värmeböljorna på 1930-talet, som "var mycket större än de vi har nu" (3). För det andra menade man att vi inte ger något bevis för vår slutsats att de extrema värmeböljorna är en följd av klimatförändringen (4). Båda dessa utsagor är felaktiga. Stödet som kritikerna använde för sina påståenden var att basperioden 1951-1980 som vi använde för att definiera klimatavvikelser skulle ha någon typ av bias. I denna uppsats upprepar vi vår analys med andra basperioder, vilket åter bekräftar och stärker våra slutsatser. Vi lägger också till ytterligare information.

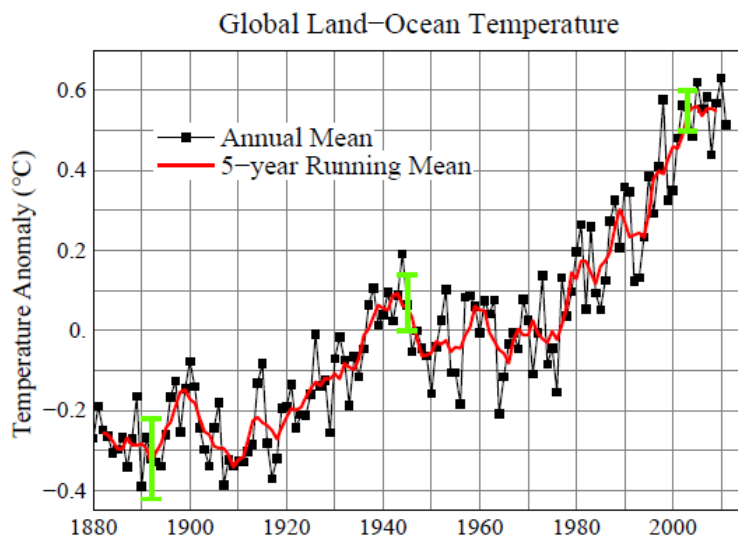
## 1. Basperiod för analys och standardavvikelse

Studier av klimatförändringen använder vanligen någon sorts basperiod för att definiera ett genomsnittligt klimat och beräkna "onormala händelser" i förhållande till detta genomsnitt. "Onormala händelser" är alltså avvikelser från det genomsnittliga klimatet. I våra uppsatser (1, 5, 6) använde vi 1951-1980 som basperiod.

De globala förändringarna i temperaturen under det senaste seklet (Figur 1) hjälper oss att diskutera möjliga följder av vårt val av basperiod. Att vi valde 1951-1980 som basperiod medför flera fördelar:

- 1) Perioden 1951-1980 ligger före den stora uppvärmningen under de senaste årtiondena. Om vi vill undersöka följderna av uppvärmningen på klimatet, måste vi jämföra med det klimat som fanns före denna uppvärmning.
- 2) Perioden 1951-1980 har den bästa täckningen när det gäller globala data och kan beskriva klimatets variation bäst. Tidigare perioder hade sämre geografisk täckning ifråga om datainsamlingen.
- 3) Perioden 1951-1980 användes av *National Weather Service* och andra forskare när vi gjorde våra första klimatsimuleringar och analyser av observationer (5). För att kunna jämföra med dessa tidiga analyser och simuleringar bör vi använda samma basperiod.

4) Många av dagens vuxna i "baby-boomen" växte upp under perioden 1951-1980, så den är tillräckligt näraliggande för att många ska komma ihåg hur klimatet var då.



**Fig. 1. Global yttemperaturavvikelse från medelvärdet 1951-1980; uppdatering av (6).**

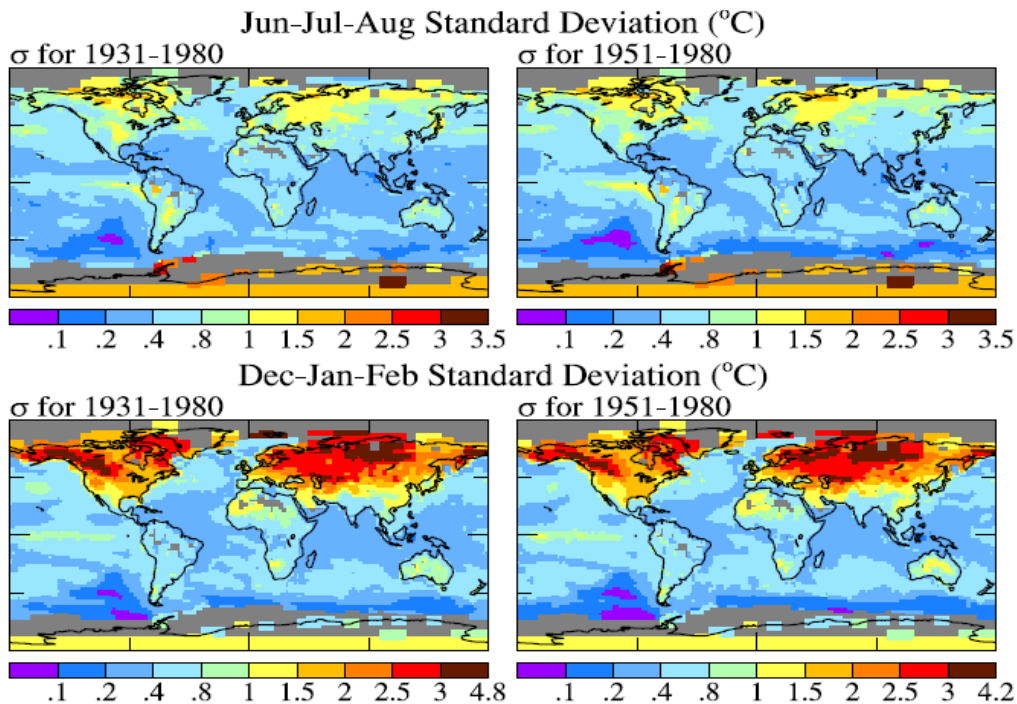
Att vi använde basperioden 1951-1980 hindrade oss inte från att jämföra senare års klimat med 1930-talets och andra perioder; vår undersökning (1) innehöll faktiskt jämförelser med 1930-talet. Men detaljer i mätetalen kan påverkas av valet av basperiod. Speciellt är det troligt att en längre basperiod omfattar ett bredare intervall för temperaturens variation. Vår undersökning gäller klimatet som det observeras av en person på marken på varje given ort, inklusive jämförelse av nutida ovanliga klimatavvikelser med avvikelser som inträffat tidigare. Vi vet att en del regioner, särskilt Mellanvästern i USA under 1930-talet, utsattes för stora klimatavvikelser före 1950. Sådana stora avvikelser kan öka den lokala temperaturens standardavvikelse ( $\sigma$ ).<sup>1</sup>

Figur 2 jämför standardavvikelsen för årstidernas genomsnittliga yttemperaturer för 1931-1980 och 1951-1980, beräknade relativt temperaturens medelvärden 1931-1980 respektive 1951-1980. Standardavvikelseerna är nästan lika stora för de två perioderna, men där finns märkbara ökningar för den längre perioden, särskilt för Mellanvästern i USA på sommaren. Vi gjorde beräkningar för perioden 1921-1980 också, med resultat som var mycket lika dem vi fick för 1931-1980. Eftersom täckningen när det gäller data för Afrika, Sydamerika och Asien är väldigt dålig för perioden 1921-1930 använder vi basperioden 1931-1980 nedan.

---

<sup>1</sup> Standardavvikelse är ett mått på hur mycket ett värde vanligen avviker från sitt medelvärde. De flesta fysiska mått har en avvikelse kring sitt medelvärde som kan approximeras bra med en "klockkurva". Små avvikelser från medelvärdet är vanliga medan mycket stora avvikelser är mer sällsynta, så en graf som beskriver frekvensen för olika avvikelser ser ut som en klocka. Längden hos amerikanska män är till exempel 178 cm och standardavvikelsen ( $\sigma$  eller "sigma") är 8 cm. Om vi antar att längdernas sannolikhetsfördelning är en perfekt "klockkurva" eller "gaussisk fördelning" så har 68 procent av amerikanska män en längd inom en avvikelse på  $1\sigma$  från medelvärdet, d.v.s. en längd mellan 170 cm och 186 cm. 95 procent har en längd inom en avvikelse från medelvärdet på  $2\sigma$ , och 99,7 procent inom  $3\sigma$ , d.v.s. deras längder ligger mellan 154 cm och 202 cm. Alltså är avvikelser på  $3\sigma$ , d.v.s. längder som är minst 24 cm större eller mindre än medelvärdet mycket ovanliga. Bara 1 eller 2 män på 1000 har en längd som är större än 202 cm. Denna teoretiska klockkurva är riktigt träffsäker i detta och många andra fall.

Variationen i årstidernas temperatur tenderar att domineras av fluktuationer från år till år snarare än långsiktiga temperaturförändringar, som figur 2 visar. Den stora slumpmässiga spridningen gör det svårt för allmänheten att lägga märke till att klimatet förändras. Just av det skälet införde vi begreppet "klimattärningar" (5), och hoppades på så sätt motverka tendensen hos allmänheten att tolka de senaste fluktuationerna i klimatet år för år som den långsiktiga trenden hos klimatförändringen.



**Figur 2. Standardavvikelsen hos ytmedeltemperaturen under sommar och vinter för två basperioder.**

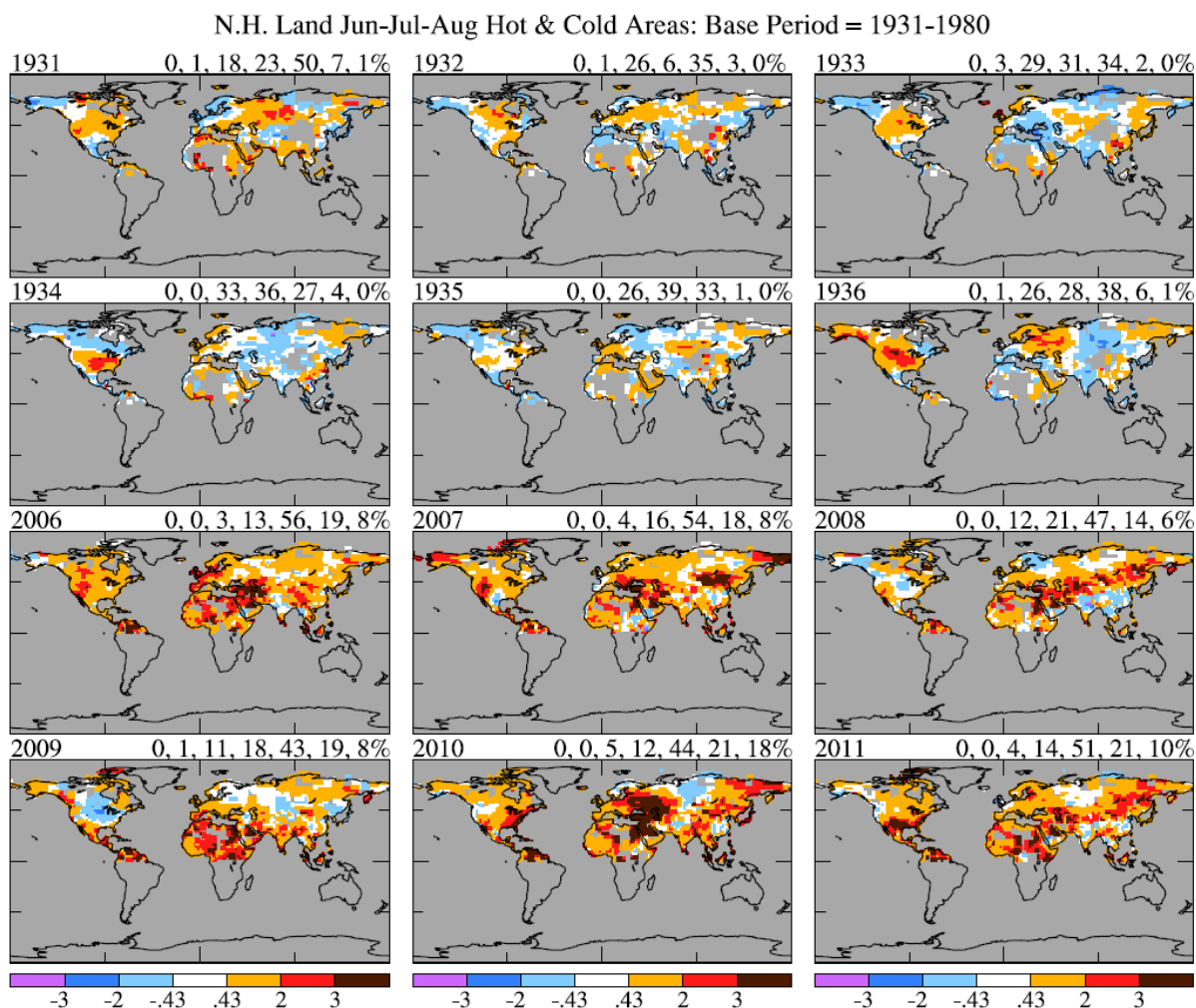
Det faktum att standardavvikelsen är större för basperioden 1931-1980 än för perioden 1951-1980 gör att avvikelserna hos varje givet år blir mindre när de ritas med standardavvikelsen som enhet. Men temperaturavvikelserna under 1930-talet är naturligtvis förminskade med exakt samma faktor som temperaturavvikelserna under senare år.

Figur 3 visar avvikelserna i norra halvklotets<sup>2</sup> sommartemperaturer jämfört med basperioden 1931-1980. Den övre delen av figur 3 visar 6 på varandra följande år från 1930-talet, inklusive åren med 30-talets största sommarhetta i USA, och den nedre delen visar de senaste 6 åren som det finns data ifrån för hela sommaren. Figur 3 kan jämföras med figurerna 6 och S2 i vår publicerade uppsats (1) som använder basperioden 1951-1980.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Data för de olika halvkloten visas separat i vår uppsats (1) på förslag från redaktionen, som ansåg att det var förvirrande att visa vinter- och sommardata i samma figur medan diskussionen koncentrerades på sommaren. Tvärtemot kritik som framförts i media finns det inget försök att dölja data som inte stämmer med vår analys. Uppsatsen innehåller verkligen data för södra halvklotet i separata figurer, med nästan samma resultat som för norra halvklotets.

<sup>3</sup> Små skillnader finns därför att vår publicerade uppsats (1) använder data från version 2 av NOAA's GHCN (*Global Historical Climatology Network*), medan vi använder version 3 här. Version 2 avbröts av NOAA efter november 2011, så våra analyser av data från sommaren 2012 måste baseras på version 3. I vår nästa utgåva kommer vi att visa att förändringarna är små för de perioder i vilka det finns tillgängliga data för både version 2 och version 3.

Det är värt att lägga märke till att det finns nästan inga områden på 1930-talet som når upp till hettan  $+3\sigma$ , om standardavvikelsen ( $\sigma$  eller "sigma") beräknas för basperioden 1931-1980. För dessa sex år (1931-1936) är den landarea på norra halvklotet som överstiger  $+3\sigma$  bara 0,4 procent med standardavvikelsen för 1931-1980. Men för de sex åren 2006-2011 är det 10 procent av landarean som har avvikelser som överstiger  $+3\sigma$  med standardavvikelsen för 1931-1980. Dessa 10 procent ska jämföras med 12 procent när basperioden 1951-1980 används. Vilket val av basperiod man än gör så är den landarea på halvklotet som har extremt stor temperaturavvikelse ( $> +3\sigma$ ) mer än tio gånger så stor på senare år som på 1930-talet.

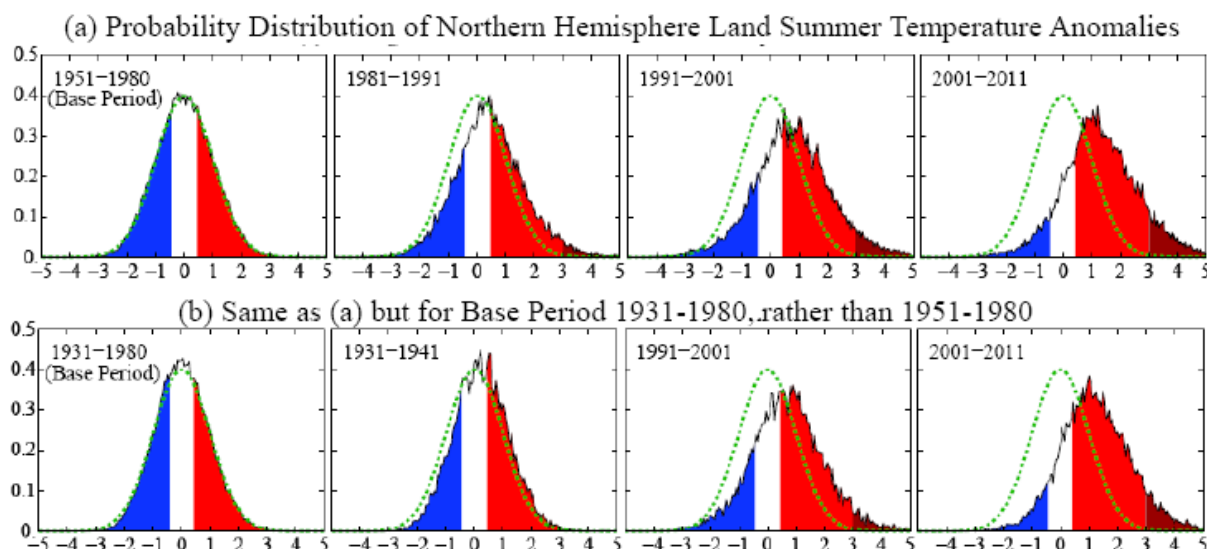


**Figur 3. Temperaturavvikelser över norra halvklotet under juni-juli-augusti 1931-1936 och 2006-2011 med basperioden 1931-1980 i enheten lokala standardavvikelser 1931-1980. Talen ovanför varje karta är den andel i procent som täcks av varje färg.**

Närmare granskning av figur 3 är avslöjande. De varmaste somrarna på 1930-talet var 1934 och 1936, när temperaturavvikelserna i stora delar av USA låg mellan  $+2\sigma$  och  $+3\sigma$  (med  $\sigma$  definierad av basperioden 1931-1980). Men 2011 års värmeavvikelse i Texas-Oklahoma översteg  $+3\sigma$  och 2012 års värmeavvikelse kommer troligen att överstiga  $+3\sigma$  i en stor del av USA (se nedan). Så det verkar som om en ansenlig del av USAs befolkning kommer att kunna hävda att man genomlidit en hetta mer extrem än den som blev berömd i John Steinbecks "Vredens druvor". Men denna försäkran kommer att verka sann bara för dem som inte använde luftkonditionering, något som inte var allmänt tillgängligt på 1930-talet.

Ett annat viktigt faktum antyds i figur 3: temperaturens variation har ökat på senare årtionden. Somrarna 2008 och 2009 var ovanligt kyliga i delar av USA. I

övre delen av Mellanvästern föll sommartemperaturerna 2009 under  $-2\sigma$ , vid en tid med hög global temperatur. Uppfattningen att klimatet varierar stöds av global statistik, som vi kommer att visa. Denna stora variation måste uppfattas av allmänheten, om medvetenhet om klimatförändringen ska kunna uppnås så snart som möjligt.



**Figur 4. Frekvensen för lokala avvikelser i temperaturen under juni-juli-augusti på norra halvklotet (vertikala axeln) i enheten lokala standardavvikelser (horisontella axeln). Den normala (gaussiska) klockfördelningen är ritad med grönt.**

Klockkurvorna i figur 4 ger en kraftfull framställning av temperaturerna. Denna framställning visar alla data för sommartemperaturerna på land på norra halvklotet. Kurvorna visar frekvensen för temperaturavvikelser i enheten lokala standardavvikelser, med standardavvikelsen beräknad på data från antingen 1951-1980 (övre delen av figuren) eller 1931-1980 (nedre delen).

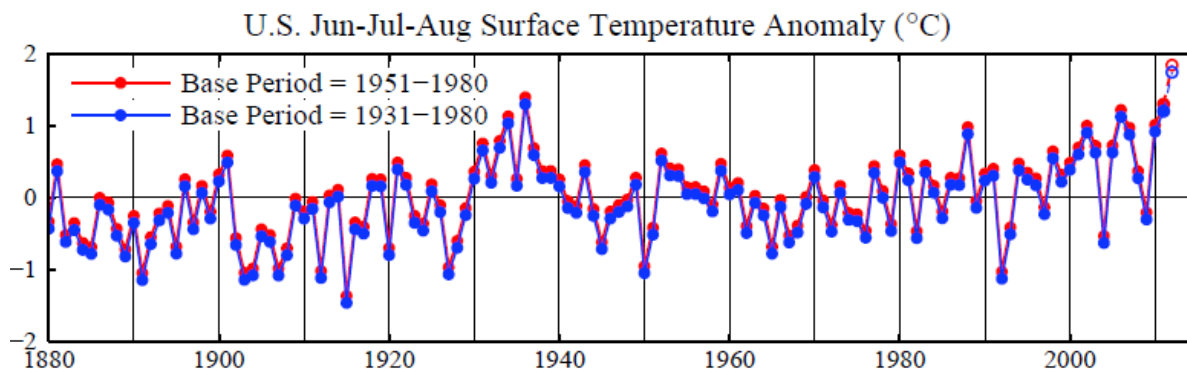
Normalfördelningen (den gaussiska kurvan med grön färg) används för att definiera de blå, vita och röda områdena, med  $\sigma = 0,43$  vilket ger 33,3 procents sannolikhet åt varje färgkategori. Eftersom den verkliga fördelningen av temperaturavvikelser approximeras bra av normalfördelningen i båda basperioderna delar gränserna som ges av  $\sigma = \pm 0,43$  de verkliga observationerna i basperioden i tre lika sannolika kategorier, nämligen kallt, nära genomsnittet och varmt.

Om tärningar används för att visa sannolikheten för kall, nära genomsnittet och varm säsong skulle två sidor av en tärning vara blå, två sidor vita och två sidor röda när det gäller basperioden. Den observerade ändringen i temperaturavvikelsefrekvens på senare år ger i stället en halv blå sida för kall, en vit sida för nära genomsnittet, fyra röda sidor för varm och en halv brunröd sida för extremt varm säsong, som är mer än 3 standardavvikelser varmare än basperioden.

Den viktigaste iakttagna förändringen i klimatet är uppdykandet av denna nya kategori av extrem hetta, med avvikelser som är större än  $+3\sigma$ , en kategori som praktiskt taget inte förekom i basperioden. Anmärkningsvärt nog har forskare i åtskilliga rapporter i media hävdade att vi inte hade visat att förekomsten av dessa extrema värmeavvikelser orsakades av global uppvärmning. Men fördelningarna i figur 4 innehåller alla data. Fördelningens rörelse åt höger är den globala uppvärmningen. Vilket skulle bevisas.

Sommartemperaturernas avvikelser i USA är särskilt illustrativa (figur 5). Trots att de 48 sammanhängande staternas area är så liten (och bara täcker cirka 1,5

procent av världens landarea) ser man tydligt den globala uppvärmningens effekter under de tre senaste årtiondena. Bara två av de senaste 15 somrarna har varit kallare än genomsnittet 1931-1980 eller 1951-1980. Det finns till och med en antydning om den ökade variation som klockkurvan avslöjar mer övertygande.



**Figur 5. Yttertemperaturernas avvikelser i de sammanhängande 48 staterna i USA i jämförelse med de båda basperioderna. 2012 års data är medeltal för juni-juli och kan komma att minska när värdena för augusti räknas in.**

Figur 5 är ett alternativt sätt att se på begreppet som åskådliggörs av de "manipulerade tärningarna". I båda fallen är det viktigt att allmänheten förstår att den onormala värmen 2012 inte ska antas representera en ny norm, även om det är den globala uppvärmningen som orsakar de extrema observationerna. Klimatet kommer att fortsätta att variera och det finns fortfarande en signifikant möjlighet att en säsong kommer att vara kallare än det långsiktiga genomsnittet.

Figur 5 visar också att 1930-talets hetta var exceptionell. Det var inte förrän år 2012 som 1936 års extrema temperatur överträffades med ett signifikant värde. Figur 4 å andra sidan visar att 1930-talet inte var så ytterst ovanligt om man ser till hela halvklotets värden. Som vi noterat i vår uppsats (1) tyder analyser av 30-talets "dust bowl" i USA på att den troligen hade att göra med kombinationen att Stilla havets temperaturmönster gynnade torka i USA och att torkan förvärrades av människornas plöjning av de halvtorra Stora slätterna.

Den viktiga slutsatsen som figur 4 ger är att sådan ytterst ovanlig hetta (ur klimat-synpunkt, d.v.s. jämfört med det långsiktiga genomsnittet) numera måste väntas inträffa över områden som utgör uppåt 10 procent av landet. Dessa extrema avvikelser är viktiga eftersom deras ovanliga hetta kan orsaka och faktiskt också orsakar ytterst ovanliga skogsbränder, extrem torka och farlig hetta.

Fördelningen av de extrema avvikelserna beror varje år på vädermönster, och är till en signifikant del slumpmässiga. Naturligtvis kan tid och plats för en viss värmebölja eller torka ofta i efterhand visas bero på ett speciellt vädermönster som ett blockerande högtryck, på atmosfäriska cirkulationsfenomen orsakade av El Nino eller La Nina eller andra meteorologiska situationer. Men sådana meteorologiska situationer har alltid inträffat – det är på grund av den globala uppvärmningen som extrema förhållanden har fått så mycket större genomslag.

### Referenser

1. Hansen, J., M. Sato, R. Ruedy, Perception of climate change, PNAS Plus, published August 6, 2012, doi:10.1073/pnas.1205276109; "Science Brief" available at [http://www.giss.nasa.gov/research/briefs/hansen\\_17/](http://www.giss.nasa.gov/research/briefs/hansen_17/)
2. Karl, T.R., R.W. Katz, The practical significance of observed global mean temperature increases, or a new face for climate dice, Proc. Natl. Acad. Sci., in press. 2012.
3. Rice, D., NASA scientist ties heat waves to global warming, USA Today, 4 August 2012.

4. Gillis, J., Study finds more of Earth is hotter and says global warming is at work, New York Times, 6 August 2012.
5. Hansen, J. et al., Global climate changes as forecast by Goddard Institute for Space Studies three-dimensional model, J. Geophys. Res., 93, 9341-9364, 1988.
6. Hansen, J., R. Ruedy, M. Sato, K. Lo, Global surface temperature change, Rev. Geophys., 48, RG4004, 2010.

-----

Originalalets titel: Increasing Climate Extremes and the New Climate Dice  
Källa: [http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2012/20120811\\_DiceDataDiscussion.pdf](http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2012/20120811_DiceDataDiscussion.pdf)  
Snabböversättning: Lars Almström