

## Klimatförändringar, en kortfattad information

Vi fortsätter med översättningen av broschyrerna. <https://klimatupplysningen.se/klimatrealistiska-broschyror/> Denna gång görs en djupdykning bland de grundläggande problem som modelleringen av klimatet innebär. Det är en rätt krävande text som vållade både mig (IN) och översättaren Stephen Wilks en del huvudbry.

### Kan datormodeller förutsäga klimat?

Det är välkänt att vintertidstemperaturer på jorden kan falla långt under  $-20^{\circ}\text{C}$  på vissa ställen, även i de mellersta breddgraderna, trots oro angående uppvärmning. Ibland kan yttemperaturen till och med sjunka under  $-40^{\circ}\text{C}$ , vilket är jämförbart med Marsytan. Vad som inte är så känt är att sådana kalla vinterdagar är kallare än de skulle vara om det inte fanns någon atmosfär alls. Hur kan det vara sant om atmosfären är som en filt enligt standard växthusanalogi? Om växthusanalogin är misslyckad, vad är då klimat? Klimatdatormodellerna på 1960-talet kunde inte redogöra för denna icke-växthusliknande bild. Moderna datormodeller är dock bättre än de gamla modellerna, men klimatkonsekvenserna av en atmosfär som både svalnar och värmer har inte omfattats. Kommer datormodeller att kunna förutsäga klimat när man har gjort det? Det meteorologiska programmet för klimat har pågått i mer än 40 år. Hur har det gått?

#### ***Feynman, experiment- och klimatmodeller***

Termen "modell" används på ett särskilt sätt inom klimatområdet. På andra områden brukar modeller vanligtvis formuleras så att de kan falsifieras genom empiriska observationer. Från grundläggande fysik (Standard Modellen) till stjärnbildning är det tänkt att en modell skall testas, oavsett hur förtjänstfull den är. Klimatmodeller har inte denna karaktär. Ingen observation från naturen kan få dem att ersättas av någon ny form av modell. Istället ses klimatmodeller av vissa som implementeringen av en perfekt, klassisk fysik uttryckt på orakel-liknande datorer, och som sådana måste de betraktas som fullkomliga och bortom falsifiering. Ur en normal vetenskaplig synvinkel är detta en fantasi.

Moderna kritiker av klimatmodeller citerar ett berömt påstående av fysikern Richard Feynman: *"Det spelar ingen roll hur vacker din teori är, det spelar ingen roll hur smart du är. Om den inte överensstämmer med experiment så är den fel."* Dessa kritiker föreställer sig modeller som teori och observationer som experiment. Ingen kunnig modellbyggare tror att klimatmodeller fångar alla systemets funktioner väl. Av den anledningen stämmer de inte med observationerna. De bryter emellertid inte mot Feynmans edikt eftersom klimatmodeller inte är någon teori för klimatet och observationer av ett okontrollerat system inte är något experiment. Feynmans påstående gällde i kontexten kontrollerade fysiska experiment, och sådana kan inte göras när det gäller klimatet.

Om en klimatmodell inte överensstämmer med data kan principen subgrid-scale användas, (mera om detta nedan) för ad hoc-klimatmodeller och justeras så att de blir överens. Lyckligtvis motstår bra modellbyggare frestelsen att överarbeta en sådan justering. Dock kan de göra saker oavsiktligt, såsom att justera modeller för att mera likna varandra än atmosfären och haven (1).

#### ***Extrem databehandling på jakt efter klimat***

Extrema förhållanden kan äventyra alla datorberäkningar, trots populär tro om det motsatta. Skarpa övergångar vid gränser, extrema gradienter och extrem densitet är exempel på sådana. Det finns också ytterligheter som ofta förbises, t.ex. extrema tidsmått. Direkt beräkning av den meteorologiska fysiken för långa tidsskalor handlar just om sådana extrema tidsmått. Integrationer på datorer av

klassisk fysik för klimatologiska tidsskalor är unika och saknar motstycke. Liksom vid andra former av extrem beräkning har detta konsekvenser.

Numerisk analys på datorer måste ta hänsyn till den ändliga representationen hos alla datorer (dvs. att alla datorer hanterar ett begränsat antal siffror). Det finns tre typer av fel som uppstår:

1. *Avrundningsfel*: datorn måste trunkera (avkorta) en siffra på grund av utrymnesbegränsningar.
2. *Trunkeringsfel*: För att placera en ekvation på en dator måste du vanligtvis hugga av (trunkera) delar av de fysikaliska ekvationerna du vill beräkna.
3. *Symmetrifel*: Hur du hugger upp (trunkerar) ekvationerna påverkar symmetrin (Lie symmetri) för ekvationerna du planerar att integrera. Detta manifesterar sig i brott mot konserveringslagar, som är unikt viktiga för de extrema tidsskalorna som gäller vid klimatforskning (2).

De första två på denna lista är rutinmässig numerisk analys som alla måste hantera i samband med datorberäkningar. För det mesta är de inte ett problem, men vid seriös datorbearbetning dyker de upp mycket oftare än man skulle önska, och åtgärder måste vidtas. Den tredje typen av fel talar om för oss att de faktiska datormodellekvationerna som tar oss in i framtiden vanligtvis konserverar andra saker än de ursprungliga ekvationerna. Konserveringslagarna från den ursprungliga matematiken bryts och ersätts med en artefakt. Tänk till exempel på en enkel numerisk behandling av en pendel. Sådana numeriska behandlingar konserverar vanligtvis inte energi, även om de ursprungliga ekvationerna gör det. Under långa tider kan pendelns amplitud växa med tiden (i strid med fysiken), eftersom energin växer istället för att vara konstant i det numeriska systemet. Observera att det finns konserveringslagar, på grund av symmetrier, även i dissipativa system (2). Betydelsen för skapandet av långsiktiga prognoser är tydlig. Den enda förbindelsen som nuet har med framtiden, genom fundamentala ekvationer, är i termer av förändring relativt till de egenskaper som är konserverade över tiden. Ändras dessa egenskaper, så ändras den föreskrivna framtiden. Sådana förändringar kan ackumulera över långa tidsskalor.

Datorbearbetning vid klimatforskning har ytterligare en extrem egenskap. De rumsliga skalorna har en extraordinär vidd. Det finns få andra vetenskapliga problem som är jämförbara. Den ändliga representationen är aktuell även här och situationen liknar ungefär pixlar på en datorskärm. Mellan pixlar fångas ingenting. För att databehandlingen ska vara riktig måste rutnätsdimensionerna vara mindre än vad du hoppas fånga. Alla faktorer (källtext: "wiggles") i ekvationens lösning måste vara större än rutnätavståndet. Allt annat går förlorat.

Men de enorma skalorna och komplexiteten i klimatet gör att faktorerna ("the wiggles") är mycket mindre än rutnätsdimensionerna. Inte ens åskväder blir synliga vid upplösningar på hundratals kilometer! Om man skulle skapa ett rutnät som kunde fånga upp all turbulens, till exempel, så skulle det kräva en rutdimension på cirka 1 mm - luftens kritiska storlek enligt Kolmogorovskalan (den minsta turbulenta virvelstorleken). Med tanke på jordens storlek kan en ordentlig datorberäkning av en tioårsprognos för atmosfären och haven på moderna datorer, uppskattas ta en tid motsvarande mer än universums ålder i kvadrat.

Klimatproblemet är alldeles för stort och datorer förblir alldeles för små och långsamma för att göra en korrekt beräkning av detta problem. Man kan inte komma vidare utan att kompromissa med beräkningens riktighet. Viktiga processer mellan rutnätpunkterna måste behandlas, men med tidsbesparande, empiriskt baserade ersättare för korrekt fysik. Dessa är vad man kallar sub-grid scale "parametriseringar". Alla klimatmodeller är oriktiga på det här sättet, då de använder sig av matematiska karikatyrer istället för den egentliga fysiken. Grunden för all oreserverad tro på

klimatmodellerna försvinner därvid. Således kan modeller, frigjorda från strikturerna för specifik matematik och fysik, alltid anpassas för att närma sig de ungefärliga observationerna som man önskar. Om vi haft framtidsdata, då kan vi också ställa in modellerna efter det. Men vi kan inte justera för förhållanden som vi inte har stött på än. Det är en viktig egenskap för verklig klimatförändring, alltså förhållanden som vi inte har stött på än. Så, för klimatförändringar misslyckas empirism. Endast extrapolering återstår, vilket gör att övningen i grunden inte är prediktiv.

Sedan finns ytterligare ett problemområde. Icke-linjära ekvationer, förvrängda för att passa in i diskreta representationer på rutnätpunkter, matade med falsk fysik och integrerade under extremt långa tidsperioder, är notoriskt instabila vid datorberäkning. Man har kämpat länge med att få dessa algoritmer att lugna ner sig och sluta vandra iväg in i fantasiland - gradvis förlust av systemmassa, negativ täthet och andra konstigheter. För att få kontroll över dessa problem injicerade man modellerna med icke-fysiska energiflöden för att hålla dem stabila. Dessa kallades *flux adjustments* (sv: flödesjusteringar) i AR4 (3). De var som tyglar för en vildhäst.

Däremot är moderna versioner så stabila att ingenting händer om man inte provocerar dem utifrån. Modeller uppvisar ingen naturlig variation under långa tider (vita spektra). Men instabilitet är också en egenskap i verkligheten. Är åtgärderna för att stabilisera datorbearbetningen för aggressiva så att man slänger ut barnet med badvattnet? Har de uppfunnit överstabilisering vid datorberäkning? Är den långsiktiga stabiliteten en bugg eller en finess? Vissa modellerare tror det senare. De tror att modeller har upptäckt vad klimatet är. De hävdar därför att klimatet är ett "gränsvärdesproblem", eftersom utgångsförhållandena inte längre betyder något på lång sikt. Om det är sant, skulle en observatör som lever på klimatrelaterade tidsskalor inte uppleva någon variation - inget som är analogt med vädret. Varje ögonblick skulle vara som det sista. Förändring skulle vara strikt begränsad till en fråga om yttre orsaker. Det finns dock inget känt sätt att härleda detta från första principer, och långvarig intern variation är uppenbar (5).

### **Closure (avgränsning, stängning), och klimatets beckasinjakt**

Barry Saltzman arbetade med att härleda klimat från första principer (direkt från de fundamentala ekvationerna), i sökandet efter en naturlig åtskillnad mellan meteorologi- och klimatregimerna (6). Man söker medelvärdesekvationer (klimat) som är fysiskt konsistenta med den meteorologiska regimen samtidigt som man kan "ignorera" den. Naturen, lyckligtvis, skiljer sig åt i sådana regimer. Vi kan, till exempel, strunta i kvantmekanik när vi tar en tur till spekeributiken. Klimat skulle finna en koherent definition och mening i en teori som skulle kunna "ignorera" på det här sättet. Denna egenskap kallas för "closure" (avgränsning, stängning). Den skulle skänka i övrigt oförankrade datormodeller något att sikta på.

Men Saltzman och hans samtida valde en tuff väg. Avgränsningsproblemet med turbulens var känt för att vara och är fortfarande ett av de grundläggande olösta problemen inom vetenskapen, och klimatet innehåller turbulens. En av Saltzmans ansträngningar längs denna linje ledde direkt till Lorenz arbete, som revolutionerade modern vetenskap. Medan det får ses som en rejäl prestation, gav han till sist upp sin agenda och slutligen nöjde sig med en version av det ovannämnda meteorologiska modellprogrammet för att upptäcka vad klimatet är (3).

Samtidigt, ironiskt nog, och byggande delvis på Lorenz arbete, uppstod en liten revolution inom andra vetenskapsområden. Idéer som känslighet för utgångstillstånd, bifurkation, fraktaler och komplex systemdynamik ökade i betydelse. Sådana idéer har kommit sent till tänkandet kring klimat och modeller, fast känslighet, känd som "naturlig variation", redan fanns i spel. Få känner till att klimatmodeller hanterar detta med något som kallas "ensembleteknik." En enskild beräkning av framtiden kan inte handskas med sådan känslighet, så alternativet som erbjuds är att göra

integreringen upprepade gånger med en samling (eller ensemble) med lite olika utgångsvärden. Genomsnittet över dessa presenteras som framtiden. Det må verka tekniskt finurligt, men när det gäller framtiden är det ungefär skillnaden mellan "Du kommer att träffa en lång stilig främling" och "du kanske eller kanske inte kommer att träffa en genomsnittlig person." Sådana prognoser är svåra att falsifiera.

Graden av svårighet hos det vetenskapliga problemet har fördunklats av maskineriet som ärvts från den strålnings-konvektiva modellbilden med ursprung i 60-talet (7), som på ett besynnerligt sätt har påtvingats de moderna modellerna. Vi föreställer oss i enlighet med strålnings-konvektivmodell tänkande att en integral över ett temperaturfält (temperaturindex) är proportionell mot en integral över strålningsfältet (förändringar i infrarödaktiva gasmängder). Proportionalitetskonstanten är känd som "klimatkänslighet". Mycken ansträngning har gjorts i försök att bestämma dess "korrekta" värde i klimatmodeller. Men ett sådant förhållande skulle innebära att dessa integraler kan relateras till varandra i en funktion som kan ignorera den underliggande meteorologin. Det vill säga, det är ett påstående om en stängning och liktydig med en definition av klimat. Det finns ingen anledning att stödja detta påstående i Naturen. Om denna funktion inte existerar, då existerar heller inte klimatkänsligheten, och de modellerna som följer den här bilden har då falsifierats (8).

En helt annan modern metod för klimat och klimatförändringar är genom bifurkation. Bifurkation är ett omfångsrikt ämne som fanns innan rudimentära tankar om "tipping points" dök upp. Komplexa system kan förändras kvalitativt med mycket små ändringar av en kontrollparameter för vissa familjer av differentiella ekvationer. När det gäller klimatförändringar skulle en typ av moderat flödesmönster förändras till en annan, enligt denna bild. Ihållande nya vädermönster resulterar. Denna annorlunda metod har föga att göra med temperaturen. Praktiska förändringar i klimatet är möjliga utifrån den här bilden utan någon "uppvärmning"!

Bifurkation placerades direkt i klimatkontexten genom vätskedynamik på en roterande sfär (9). Lewis och Langford genererade något i närheten av den berömda tre-cells Hadley-cirkulationen spontant utifrån första principer! Dessutom uppstod denna cirkulation som ett resultat av en bifurkationsprocess i termer av yttemperaturgradienten mellan ekvatorn och polen (inte temperatur!). Bifurkationen visade sig vara en hysteretisk bifurkation (kubisk normalform). Den välbekanta Hadley-cirkulationen förändrades till en annan cirkulation (annorlunda "klimat") men ändrades inte tillbaka när kontrollparametern var omvänd! Oåterkalleliga klimatförändringar?

### ***Sammanfattning***

En fysikalisk definition för klimat förblir vetenskapligt svårfångad eftersom den representerar ett djupt problem som varken eleganta teorier eller kraftfulla beräkningar har lyckats få grepp om. Utan denna definition kan frågan i titeln inte besvaras.

Det finns många vägar ännu att utforska, men de är insnövade under växthusandan som ärvts genom modellerna från 1960-talet. Det gör att detta djupa problem verkar trivialt och det inbjuder till visionen av en temperatur som endast kontrolleras av infrarödaktiva gaser. Det är grunden för begreppet klimatkänslighet, vilket motsvarar ett tvivelaktigt påstående om en slutgiltig lösning av klimatproblemet.

Denna tvivelaktiga lösning bjuder in visionen om klimat som ett kontrollproblem. Men det skulle vara kontroll över något som egentligen inte är klimat genom en funktion som bara finns i de strålnings-konvektiva modellerna. Denna vision i sig går inte att falsifiera. Att följa det säkerställer bara att vi lurar oss själva, för som Feynman också sa, "Naturen kan inte luras."

Dr. Christopher Essex, Professor of Applied Mathematics, University of Western Ontario

Översättning: Stephen Wilks

**För vidare information**

Essex, C., and R. McKittrick (2008): *Taken by Storm: The Troubled Science, Policy, and Politics of Global Warming*, Bolen Books: Victoria, BC.

Essex, C., M. Davison, and C. Schulzky (2000): "Numerical Monsters," *SIGSAM Bulletin (ACM Press)*, **134**, 16-32.

---

<sup>1</sup> Essex, C., and A.A. Tsonis (2018): Model falsifiability and climate slow modes. *Physica A*, **502**, 554-562.

<sup>2</sup> Essex, C., S. Ilie, and R.M. Corless (2007): Broken symmetry and long-term forecasting. *Journal of Geophysical Research*, **112**, D24S17.

<sup>3</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2006): *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis (Second-Order Draft). Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. IPCC.

<sup>4</sup> Corless, R.M., C. Essex, and M.A.H. Nerenberg (1991): Numerical methods can suppress chaos, *Phys. Lett. A*, **157**, 27-36.

<sup>5</sup> Tsonis, A.A., K.L. Swanson, and S. Kravtsov (2007): A new dynamical mechanism for major climate shifts, *Geophys. Res. Lett.*, **34** L13705; Tsonis, A.A., and K.L. Swanson (2011): Climate mode covariability and climateshifts, *Int.J. Bifurcation Chaos* **21**, 3549-3556.

<sup>6</sup> Maasch, K.A., R.J. Oglesby, and A. Fournier (2005): Barry Saltzman and the theory of climate, *J. Clim.* **18**, 2141-2150.

<sup>7</sup> Manabe, S., and R.F. Strickler (1964): *J. Atmos. Sci.* **21**, 361-385; Manabe, S., and R.T. Wetherald (1967): *J. Atmos. Sci.* **24**, 241-259.

<sup>8</sup> Essex, C. (2011): Climate theory versus a theory for climate. *International J. Bifurcation and Chaos*, **21**, 3477-3487.

<sup>9</sup> Lewis, G., and W.F. Langford (2008): Hysteresis in a differentially heated spherical shell of Boussinesq fluid. *SIAM J. Applied Dynamical Systems*, **7**, 1421-1444.