

VAD ÄR KLIMATFORSKNING?

Klimatforskningen är en forskningsgren med ovanligt stor plats i den samhälleliga debatten. Men vilka frågor är det klimatforskarna själva funderar över? Vad sysslar dagens klimatforskare med? **Gustav Strandberg** berättar.

Text: Gustav Strandberg

Klimatforskningen kan grovt sammanfattas i frågan "Hur blir framtidens klimat?". Frågan delas sedan upp i delfrågor som besvaras var för sig och var för sig är egna forskningsområden. Ett första par av delfrågor kan till exempel vara "Hur har klimatet varierat genom historien och varför?" samt "Hur kommer klimatet att förändras i framtiden och varför?". Så bryts frågan upp i mindre och mer detaljerade bitar till det jättepussel som klimatforskningen är. Några grundläggande fakta kan ändå etableras: Det är självklart att klimatet kommer att förändras, det har det alltid gjort, av olika orsaker. Vi vet att halten av koldioxid i atmosfären ökar på grund av mänsklig aktivitet och att koldioxiden påverkar klimatet. Så långt odiskutabla fakta. Tränger man djupare mot mer detaljerad kunskap om hur klimatet kommer att ändras ökar osäkerheten.

Atmosfärens förmåga att värma jorden, det vi kallar växthuseffekten, beskrevs för första gången i början av 1800-talet av den franske matematikern och fysikern **Joseph Fourier**. I korthet fungerar det så här. Solstrålning värmer jordklotet och det varma jordklotet skickar värmestrålning tillbaka till rymden. En del av denna värmestrålning absorberas av koldioxid och andra växthusgaser i atmosfären och reflekteras tillbaka till jorden, värmestrålning som annars skulle försvunnit ut i rymden. Rent fysikaliskt haltar analogin med ett växthus något; ett växthus håller värmen genom att stänga inne den varma *luften* och inte genom att glaset hejdar värmestrålning. Likväl är växthuseffekten värmande, utan den skulle jordens medeltemperatur vara drygt 30 grader lägre. Växthuseffekten är alltså nödvändig för avancerade livsformer på jorden. Att vi idag talar om växthuseffekten som ett problem beror på den *förstärkta* växthuseffekt som orsakas av utsläpp av antropogena (av människan skapade) växthusgaser. Vid förbränning av fossila bränslen bildar kol som tidigare varit bundet i marken koldioxid som sedan släpps ut

i atmosfären. Det resulterar i förhöjda halter av växthusgaser och alltså en förstärkt växthuseffekt som höjer jordens medeltemperatur.

Den svenske kemisten och fysikern **Svante Arrhenius** insåg i slutet av 1800-talet att ökade halter av växthusgaser i atmosfären från mänsklig aktivitet skulle kunna påverka klimatet. Han ansåg emellertid inte att det var ett problem eftersom en sådan klimatförändring skulle ta tusentals, eller i alla fall hundratals, år. 80 år senare var situationen annorlunda. Sedan början av 1900-talet hade halten av koldioxid i atmosfären ökat stadigt, och föreställningen om en mänskligt orsakad klimatförändring var inte lika främman-

Vi vet att halten av koldioxid i atmosfären ökar på grund av mänsklig aktivitet och att koldioxiden påverkar klimatet. Så långt odiskutabla fakta.

de. En av dem som insåg behovet av en satsning på klimatforskning var en annan svensk, meteorologen **Bert Bolin**. Bolin var initiativtagare till, och den förste ordföranden i, FN:s klimatpanel IPCC, som grundades 1988, och alltså en av grundarna till klimatforskningen så som vi känner den idag. Vid den här tiden hade också datorer och beräkningsmodeller utvecklats så mycket att det var möjligt med datorsimuleringar av klimatsystemet. Eftersom klimatsystemet är omöjligt att återskapa i laboratoriemiljö är datorsimuleringar det enda sättet att simulera till exempel framtidens

klimat. Jag ska här, med utgångspunkt i tre kategorier, ge några exempel på viktiga frågor inom klimatforskningen, vad som gör dem viktiga och var osäkerheterna ligger: (för-) historiskt klimat, dagens klimat och framtidens klimat.

Att veta hur klimatet har varierat genom historien är viktigt för att sätta dagens klimatförändring i perspektiv. Att studera gången klimat ger oss också en möjlighet att förstå vilka processer som styr klimatet utan inblandning av människan. På så sätt kan vi reda ut hur stor del av klimatförändringen som är naturlig och hur stor del som är antropogen. Vi vet ganska bra hur det globala klimatet varierat under de senaste 800 000 åren och ju närmare idag vi kommer desto mer detaljerad är kunskapen, både i tid och i rum. Det senaste millenniet är likt nutiden med avseende på växthusgaser och instrålning från solen vilket gör denna period extra relevant. Här har forskningen gått från den välkända "hockeyklubban" som beskriver en temperaturkurva som varierar lite under 1000 år för att sedan stiga brant i slutet av 1900-talet till en mer nyanserad bild där temperaturen under de senaste 1000–10 000 åren har varierat med en amplitud som liknar den temperaturökning vi ser idag. Men det finns en viktig skillnad. Den nuvarande temperaturökningen har pågått i hundra år. Tidigare temperaturökningar av samma storlek har tagit flera hundratals år.

Eftersom klimatet varierar mycket mellan enskilda år så är det svårt att veta vad som är naturliga variationer och vad som är orsakat av ett förändrat klimat. Det är alltså viktigt att kvantifiera dagens klimat, att göra bra observationer för att kunna göra en bra statistisk beskrivning av dagens klimat och på så sätt kunna skilja ut förändringssignalen i bruset av naturlig variabilitet. Bra observationer är nödvändigt för att kunna utvärdera klimatmodellerna. Problemet är att det finns få långa observationsserier och att det saknas observationer från stora områden, framför allt till havs. Satellitmätningar, som täcker hela jorden, har bara funnits i drygt 30 år. Det är i kortaste laget när det gäller att beskriva klimatet. Man kan väga ihop de observationer som finns på olika sätt, och det finns olika rekonstruktioner av den globala medeltemperaturen.

Forskningen handlar förstås om att göra förutsägelser om hur framtiden kommer att bli. Detta görs med avancerade datormodeller som simulerar framtidens klimat. Även om klimatmodeller är ett modernt påfund så baseras de på en månghundraårig kunskap om klimatsystemet. Det är också värt att påpeka att även om en klimatmodell i princip fungerar som en väderprognosmodell så kan den bara göra förutsägelser om klimatet, d.v.s. vädrets statistiska egenskaper. En klimatmodell kan inte säga om det blir en vit jul i Åbo 2097, däremot kan den säga något om vintrarna i sydvästra Finland i slutet av seklet.

Två viktiga osäkerheter i förutsägelser om framtida klimat finns. Den första är storleken på återkopplingsmekanismerna. Hur stor temperaturökning som medförs av en viss ökning av koldioxidhalten i atmosfären kunde Arrhenius räkna ut med papper och penna. Den faktiska temperaturökningen beror emellertid också på så kallade återkopp-

lingsmekanismer, som sätts igång då temperaturen ökar. Det kan exempelvis vara ytterligare ökad koldioxidhalt eller minskade landisar vilket påverkar jordytans förmåga att reflektera solstrålning. Vissa av dessa mekanismer bidrar till att förstärka temperaturökningen och vissa till att begränsa den. Summan av dessa återkopplingsmekanismer är osäker och därför anges ofta framtida temperaturökningar som ett intervall, till exempel 1,5–4 grader i slutet av 2000-talet.

Den andra osäkerheten är att vi inte vet hur framtiden ser ut. Det kan låta självklart, men klimatmodellsimuleringar baseras på antaganden om hur framtidens samhälle

Problemet är att det finns få långa observationsserier och att det saknas observationer från stora områden.

kommer att utveckla sig. Om halten av växthusgaser blir så, så beräknas klimatet bli så. Även om vissa scenarier är troligare än andra så kan vi inte veta exakt hur det verkligen blir. Därför är det viktigt att göra flera modellsimuleringar med olika utsläppsscenarier för att fånga den osäkerheten, och med olika modeller för att fånga osäkerheter i beskrivningen av klimatsystemet (t.ex. återkopplingsmekanismer).

Det talas mycket om konsensus i klimatdebatten, att majoriteten av alla klimatforskare anser att människan bidrar till ökad temperatur. Även om detta är sant så är det felaktigt att likna forskningen vid en debatt där några tycker si, andra så och att sanningen antagligen finns någonstans mitt emellan. Oavsett antalet anhängare är växthushypotesen, om vi kan kalla den så, den beskrivning av klimatet som bäst passar ihop med tidigare kunskap om atmosfären och klimatsystemet och som bäst förklarar dagens situation. Min beskrivning av klimatforskningen ovan visar också att osäkerheterna är på en sådan detaljnivå att de knappast rubbar hypotesen i sin helhet.

Gustav Strandberg är forskare vid Rossby Centre, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI).