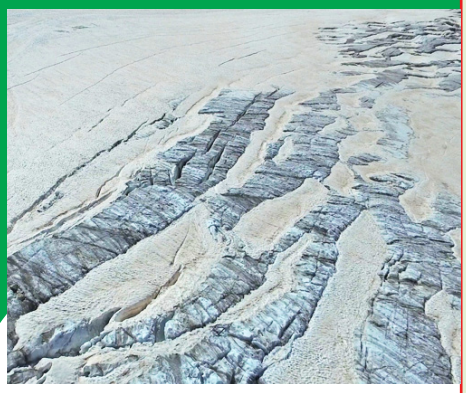
Det ustabile klima



Jordens klima styres af Solen. Det er energien i Solens stråler, som opvarmer landjorden og havene, skaber vindene og via fordampning af havenes vand den nedbør, som landjordens liv er helt afhængig af

Jordens klima har i hvert fald i de seneste 2 milliarder år været stabilt nok til, at livet kunne udvikle sig fra encellede organismer til den mangfoldighed af arter, vi kender i dag. Meget tyder på, at drivhuseffekten har haft en afgørende rolle for denne udvikling. Ikke blot ved at holde temperaturen høj nok til at livet kunne opstå, men også ved at holde temperaturen inden for et område, hvor livet fortsat har kunnet udvikle sig på Jorden.

Det betyder dog ikke, at klimaet har været stabilt set i menneskelig målestok. I meget lange perioder har klimaet været varmt – betydeligt varmere end i dag. Og efter alt at dømme har livet på Jorden mere end én gang været truet af altomfattende istider eller af voldsomme klimasvingninger efter nedslag af kæmpemeteorer og efter meget store vulkanudbrud. De seneste 10.000 års meget stabile klima er ikke en selvfølge.

NOAHs Forlag

Det ustabile klima

Vores dagligdags oplevelse er, at Jordens klima er nogenlunde stabilt. Vi ved som regel, hvad vi kan forvente os af en bestemt årstid afhængigt af, hvor på Jorden vi opholder os, og vi forventer, at klimaet er det samme næste år og næste år igen.

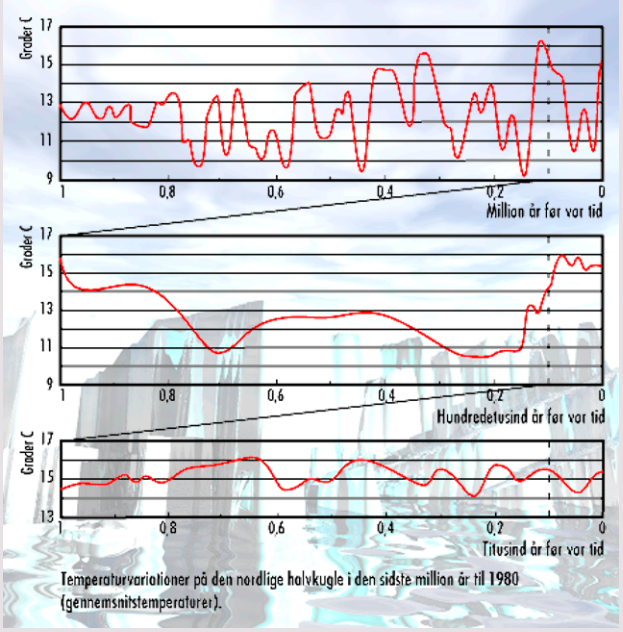
Men set over en længere periode har Jordens klima langt fra været stabilt. Mange forskellige faktorer har påvirket Jordens klima. Både kortvarige og længerevarende svingninger i Solens stråling påvirker klimaet. Jordens bane omkring Solen varierer over lange perioder på flere tusinde år. Og vulkanudbrud og meteornedslag har forårsaget hurtige og til tider voldsomme klimasvingninger. Jordens klima har altid været udsat for svingninger og forandringer. Alene af den grund at Solen langsomt, men sikkert bliver varmere.

De seneste ca. 10.000 år, i den periode, hvor den menneskelige civilisation har udviklet sig fra jæger/samlersamfundet til nutidens højteknologiske samfund, har Jordens gennemsnitstemperatur været relativt stabil. Men det er ikke det normale, og meget tyder på, at der under normale omstændigheder sandsynligvis kunne forventes en ny istid på Jorden i løbet af de næste 5–10.000 år.

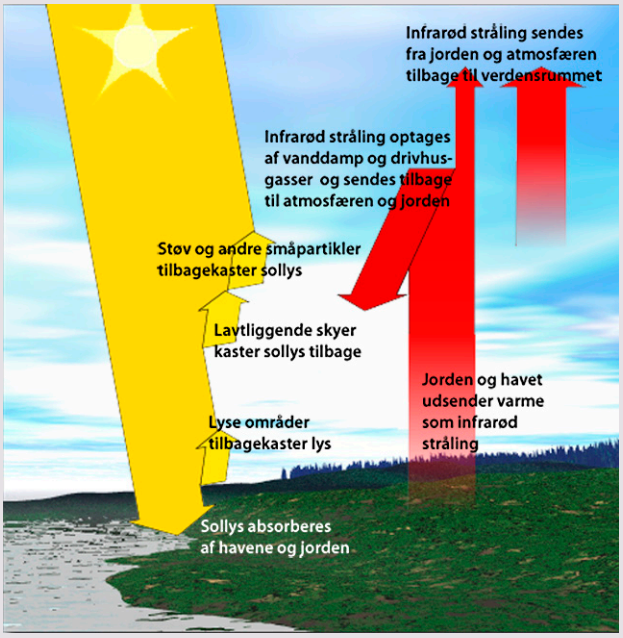
Drivhuseffekten har eksisteret lige så længe som Jordens atmosfære.
Drivhuseffekten er et resultat af atmosfærens sammensætning, og drivhuseffekten har sandsynligvis eksisteret lige så længe, som Jorden har haft en atmosfære. På det tidspunkt, hvor livet på Jorden blev dannet, var solen mellem 25 og 30 procent svagere end i dag. Samtidig var drivhuseffekten betydeligt kraftigere, end den er nu. I takt med at solindstrålingen er øget, er drivhuseffekten langsomt aftaget til det niveau, vi kender i dag. Det er ikke sket uden voldsomme og til tider katastrofale svingninger.

Klimasvingninger med varme og fugtige perioder vekslende med lange istider har betydet store omvæltninger for jordens økosystemer, og mere end én gang har livet på Jorden været truet med udryddelse af voldsomme klimasvingninger efter nedslag af kæmpemeteorer og efter meget store vulkanudbrud. Men på trods af de voldsomme svingninger har klimaet været stabilt nok til, at livet har kunnet udvikle sig fra encellede organismer til højerestående pattedyr og til mennesket.

Vi ved som regel, hvad vi kan forvente af en bestemt årstid.



De seneste 10.000 år har Jordens gennemsnitstemperatur været relativt stabil efter en lang periode med skiftende istide.



Drivhusgasserne holder på den infraråde stråling, der reflekteres fra landjorden og havet. Det betyder, at den nederste del af atmosfæren bliver varmere, end den ville have været uden drivhusgasserne

Voldsomme istider er en del af klimaets historie
Livet på Jorden har ikke altid haft lette vilkår. Der er tegn på, at voldsomme istider har været tæt på at udslette livet helt i perioder. For ca. 650 millioner år siden skete der sandsynligvis en voldsom udvaskning af kuldioxid fra atmosfæren. Det kan have fået temperaturen til at falde voldsomt med en næsten total nedfrysning af jorden til følge. Selv den tids encellede og meget simple flercellede organismer kan have haft meget svære livsvilkår. Måske overvintrede livet omkring vulkaner og varme kilder i havets dyb.

Der er også tegn på, at Jorden har gennemgået en voldsom kuldeperiode endnu tidligere, for mellem 2,4 og 2,1 milliarder år siden, det i man kalder the Huronian glaciation.

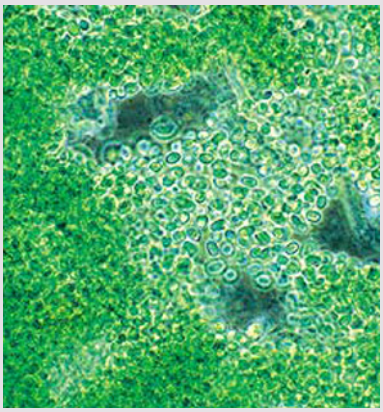
Først for cirka 540 millioner år siden stabiliserede klimaet sig så meget, at livet for alvor begyndte at udvikle sig fra encellede organismer til de højerestående pattedyr. De flercellede organismer invaderede Jordens overflade og ændrede den fra et goldt, ørkenlignende landskab til et frodigt landskab med en rigdom af plante- og dyrearter.

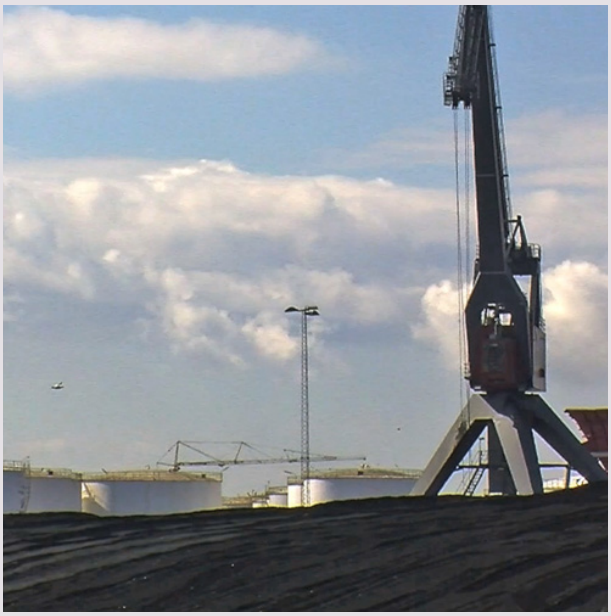
I hele den periode, der har været liv på Jorden, er der sket en aflejringen af organisk materiale på havbunden og i de udstrakte sumpområder, der i periode dominerede landjorden. Nogle af disse aflejringer er under tryk blevet omdannet til de olie- og gasdepoter, man kan finde i dag.

For 350 - 270 millioner år siden var jorden præget af et varmt og fugtigt klima med en global gennemsnitstemperatur på mellem 20 og 25° C. Vegetationen bestod først og fremmest af bregner, padderokker og ulvefod, som voksede til enorme størrelser i de udstrakte lavtvandsområder og sumpe. Aflejringer fra planterne i disse sumpskove finder vi idag som kullag nede i jorden. I de udstrakte sumpe er planterne i stedet for at rådne blevet omdannet til tørv og derefter til kul, efterhånden som tørven igennem millioner af år er blevet presset sammen af stadigt flere lag af tørv og andre materialer. Den gradvise deponering af CO_2 optaget af planterne og aflejret som organisk materiale har efterhånden fået kuldioxid-indholdet til at falde fra ca 0,3 procent eller 3000 ppmv til mellem 200 og 300 ppmv, indtil mennesket begyndte at afbrænde de fossile depoter.

Jordens klima har i en meget lang periode svinget mellem voldsomme istider og meget varme drivhusperioder

Selv de første encellede organismer har haft svære vilkår under Jordens voldsommme istider





De kul, vi brænder af i vores kraftværker, kommer fra urtidens udstrakte sumpskove, hvor de døde planter i stedet for at rådne, blev omdannet til tørv og derefter til kul.

Vulkaner og meteorer

Vulkanudbrud har været ved at udrydde livet på Jorden
For ca. 250 millioner år siden var det ved at gå galt igen for livets udvikling. Man kan i geologiske lag finde tydelige tegn på, at en periode med voldsomme vulkanudbrud i Sibirien påvirkede Jordens klima så meget, at livets udvikling gik nærmest i stå, og at livet næsten blev udslettet. De voldsomme vulkanudbrud sendte store mængder sodpartikler og svovl ud i atmosfæren, hvilket i første omgang skærmede så meget for Solens stråler, at temperaturen faldt drastisk over hele Jorden. Det blev afløst af en gradvis opvarming efterhånden som mængden af kuldioxid og dermed drivhuseffekten steg. Opvarmningen blev yderligere forværret af, at det varme havvand udløste store mængder metan, som var bundet som is på havbunden.

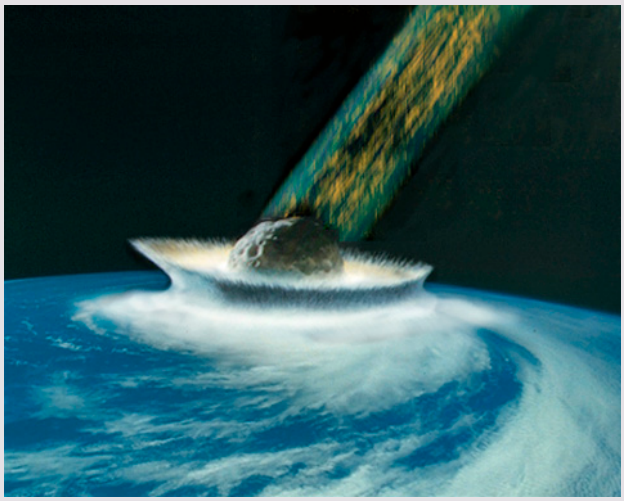
Klimaet blev dengang sendt ud på en voldsom rutschebanetur, som udryddede op imod 90 procent af alt liv på landjorden og i havet, og det tog millioner af år for livet at komme på fode igen.

Kæmpemeteorer har forårsaget klimakatastrofer
Også meteornedslag har forårsaget klimakatastrofer. Jordens barndom var præget af hyppige og voldsomme meteornedslag. Så mange, at det har givet anledning til spekulationer om, hvorvidt en del af det vand, der er i oceanerne, oprindeligt stammer fra de utallige meteorer, som Jorden blev bombarderet med de første mange millioner år af dens levetid. Meget tyder på, at det faktisk forholder sig sådan.

Den voldsomme meteorregn er forlængst taget af, men selvom der nu er langt færre meteorer i solsystemet, er der stadig masser af rester tilbage fra solsystemets dannelse i omløb mellem planeterne. De fleste af de meteorer, der rammer Jorden, er så små, at de aldrig når Jordens overflade, men brænder op i atmosfæren. En del af dem - måske endda i tusindvis hvert år - er så store, at de ikke når at brænde helt op i atmosfæren. I sjældne tilfælde kan de rester, der når ned, veje flere kilo og anrette skader på huse og biler.

Meget store meteorer er heldigvis sjældne. Men når de med måske millioner af års mellemrum rammer Jorden, kan resultatet blive en global klimakatastrofe. Alene chokbølgen fra et stort meteornedslag vil kunne lægge i tusindvis af kvadratkilometer øde. Og

For 250 millioner år siden, sendte voldsommme vulkanudbrud i Sibirien klimaet ud på en rutschetur med først en global nedkøling og derefter en global opvarmning.



Chokbølgen fra et stort meteornedslag vil kunne lægge tusindvis af kvadratkilometer øde og forårsage en global klimakatastrofe.

de mængder af støv og aske, som sendes op i atmosfæren ved nedslaget, vil kunne medføre en global temperatursænkning på op imod 10° C. Følgerne for dyrelivet og - hvis det skete i vor tid - for den menneskelige civilisation ville være uoverskuelige.

Virkningen af et meteornedslag vil dog i høj grad afhænge af, hvad det er for en slags meteor. En sten eller jernholdig asteroide vil lettere kunne trænge igennem atmosfæren end en komet af samme størrelse. Kometer består af meget store mængder is og vil derfor lettere fordampe og gå i stykker på turen igennem atmosfæren.

Dinosaurernes uddøen blev sandsynligvis forårsaget af et kæmpemeteor

En eller måske hele to kæmpemeteorer med kort tids mellemrum har efter alt at dømme været den væsentligste årsag til dinosaurernes pludselige forsvinden for ca. 65 millioner år siden. Et af indicierne for, at et meteornedslag var årsagen, er de store mængder af det sjældne grundstof iridium, der er fundet i geologiske aflejringer, som netop er 65 millioner år gamle. Iridium er meget sjældent i jordskorpen, men findes i store mængder netop i meteorer. Ved nedslaget vil dette iridium blive spredt med støvet fra nedslagseksplosionen op i atmosfæren og ud over hele jordkloden. Andre kraftige indicier for et stort meteornedslag er at finde i aflejringer fra en gigantisk flodbølge omkring det Caraibiske Hav for cirka 65 millioner år siden. Denne kan have været resultatet af, at et meteor med en diameter på 5-10 km slog ned i det Caraibiske Hav.

Den umiddelbare effekt af et sådant nedslag har været enorme ødelæggelser forårsaget af chokbølgen fra nedslaget og den efterfølgende flodbølge. Støvet fra nedslagseksplosionen har derefter ført til et hurtigt, kraftigt temperaturfald over hele jordkloden, og det er blevet efterfulgt af en voldsomt stigende drivhuseffekt forårsaget af de store mængder vanddamp og kuldioxid, der er fordampet op i atmosfæren ved nedslaget. Det har betydet, at temperaturfaldet de første år efter nedslaget er blevet afløst af en kraftig global opvarmning af mindst flere hundrede års varighed. Tilsammen vil denne kæde af begivenheder have påvirket Jordens økosystemer voldsomt og have ført til dinosaurernes forsvinden.

Støv og aske fra et meteornedslag vil kunne medføre en global afkøling på helt op til 10 grader

65 millioner år gamle iridium aflejringer kan i Danmark bl.a. findes på Stevns Klint

Meget tyder på, at dinosaurerne fik det endelige dødsstød på grund af et kæmpemeteor, der slog ned i det Caraibiske Hav for ca. 250 millioner år siden.

Istider og mellemistider

I løbet af de seneste to millioner år har Jorden været ramt af hyppigt tilbagevendende istider. Tidsmæssigt set har istidsperioderne været de længste, og de ser ud til at være indtruffet med ca. 100.000 års mellemrum, adskilt af varmere mellemistider på 20 - 50.000 års varighed. Klimamæssigt befinder Jorden sig i øjeblikket i en mellemistid med et klima, der foreløbig har været relativt stabilt i de seneste 10.000 år. Forudsat at vi ikke selv har ændret for voldsomt på klimaet forinden, skulle vi kunne forvente den næste istid om tidligst 5.000 år.

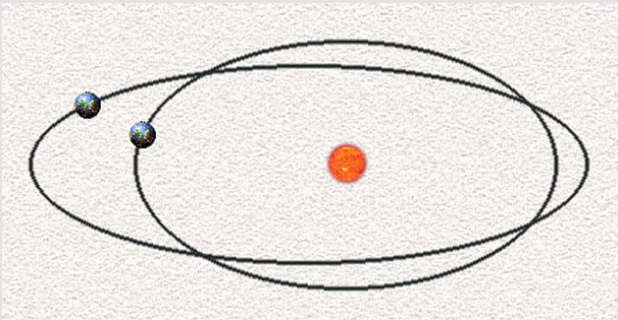
Det vides ikke, hvad der har forårsaget den lange periode med hurtige skift mellem varmt og koldt klima på Jorden. Indtil nu har deponeringen af kuldioxid som kalk i havbunden og som kul og olie, holdt trit med en stadigt varmere sol ved at sørge for, at kuldioxidkoncentrationen i atmosfæren langsomt er gået ned. En teori er, at klimaet har let ved at komme ud af balance når kuldioxidkoncentrationen ligger så langt nede som 200 og 300 ppmv (eller 0,02 - 0,03%), som den har været de seneste par millioner år indtil industrialiseringen begyndte. Det betyder, at selv små variationer f.eks. i Jordens bane omkring solen kan forårsage store udsving i klimaet.

Variationer i Jordens bane omkring Solen er med til at skabe klimaændringer

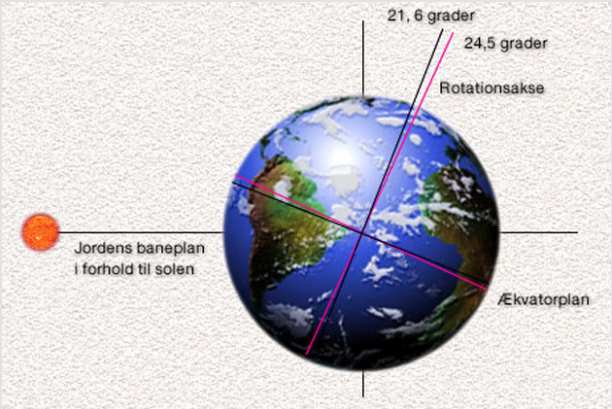
Vi taler om tre forskellige slags variationer i Jordens bane omkring Solen. Disse variationer er regelmæssige med meget lange perioder på henholdsvis 23.000 år, 41.000 år og 100.000 år. Kombinerer vi disse perioder dannes et mønster, som har vist sig at passe godt sammen med de skift mellem istider og mellemistider, der er registreret i borekerner fra Grønlands indlandsis og fra havbundssedimenter. Selv om der er et godt sammenfald med skiftende mellem kolde og varme perioder i de seneste ca. 600.000 år, er størrelsen af variationerne i solindfaldet dog ikke nok til at forklare de til tider voldsomme og hurtige temperatursvingninger, vi har kunnet registrere i isborekernerne. Sammenfaldet antyder dog, at den såkaldte Milankowitch-effekt, som disse variationer i jordbanen kaldes, er den udløsende faktor.

Istiderne er indtruffet, når et sammenfald af cykliske variationer i Jordens bane omkring Solen i en lang periode har medført kølige somre på den nordlige halvkugle. Når virkningen af Milanko-

Jorden har været ramt af hyppigt, tilbagevendende istider, som er indtruffet med ca. 100.000 års mellemrum.



<u>Baneexcentricitet</u>
Jordens bane omkring solen varierer i en lang cyklus på omkring 100.000 år fra en næsten cirkulær til en mere elliptisk bane. Når Jordens bane er meget elliptisk, vil vinteren blive forlænget, da Jorden bruger længere tid om at gennemløbe den del af banen, der er længst væk fra Solen. Det kan altså forstærke en tendens til kolde vintre.

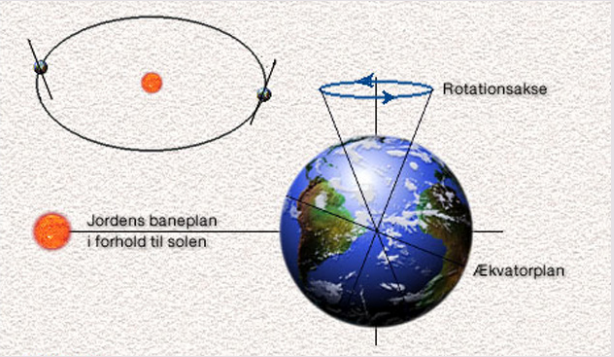


<u>Aksehældning</u>
Hældningen af jordens rotationsakse varierer med ca. 3 grader over en periode på 41.000 år. Når aksehældningen er lille (21,6 grader), vil klimaet tendere imod milde vintre og kølige somre. Når aksehældningen er maksimal (24,5 grader) vil tendensen være kolde vintre og varme somre.

witch-effekten i højere grad gør sig gældende på den nordlige halvkugle end den sydlige, er det fordi, der på den nordlige halvkugle er betydeligt større faste landområder med vegetation. Mørke nåleskove optager meget sollys og giver dermed en positiv opvarmningstilbagekobling i varme perioder. I kølige perioder vil sneen falde tidligere om efteråret og smelte senere om foråret. Det betyder, at den positive opvarmningstendens efterhånden vil blive vendt til en forstærkning af den kølige periode, fordi mere sollys bliver tilbagekastet af sneen og jordoverfladen bliver efterhånden koldere og koldere, så skovene trækker sig sydpå, og gletschere kan brede sig over landområderne.

Antarktis er derimod omgivet af hav. Det betyder, at gletscherne har svært ved at blive meget større, fordi de flyder ud i havet. Derfor reagerer Antarktis langsommere på små temperatursvingninger skabt af jordbanens variationer, end den nordlige halvkugle gør.

Klimaet efter sidste istid har været relativt stabilt
Efter den sidste istid for ca. 10.000 år siden har kuldioxid-indholdet i atmosfæren ligget nogenlunde konstant på ca. 280 ppm. Dette er sket efter en periode, hvor klimaet har svinget voldsomt mellem kolde perioder, såkaldte istider, med et kuldioxid-indhold i atmosfæren på ned til 180 ppm og varmere perioder som den, vi oplever i øjeblikket. Det betyder ikke, at klimaet har været helt uden svingninger i de seneste 10.000 år. Mellem år 1000 og 1100 var klimaet f.eks. inde i en varmere periode, som tillod koloniseringen af Grønland. Senere kom den såkaldte "lille istid" i det 16. og 17. århundrede. De nyeste forskningsresultater tyder på, at temperaturforskellen mellem disse to perioder har været så høj som mellem 0,65 og 0,9 grader celsius. Årsagen til de seneste svingninger kendes ikke præcist, men formodes at være ganske små svingninger i Jordens bane omkring Solen, evt. kombineret med CO2-udledninger fra vulkanudbrud.



Præcession
Jordens rotationsakse ligger ikke fast i forhold til fiksstjernerne, men beskriver i sin bane omkring solen en kegle i rummet. Perioden for en sådan „omdrejning" af rotationsaksen er på ca. 23.000 år i forhold til Jordens rotationsplan omkring solen og 26.000 år i forhold til fiksstjernerne. Det betyder, at sommersolhvervspunktets placering på Jordens bane omkring solen langsomt forskydes. Når vinteren på den nordlige halvkugle på grund af Jordens præcession falder tæt på aphelion - dvs. når Jorden er længst væk fra Solen, vil det give en tendens til kolde vintre. Samtidig vil den sydlige halvkugle opleve kølige somre.

Nu stiger kuldioxidindholdet i atmosfæren igen. Men denne gang er det ikke naturlige klimasvingninger, men mennesket, der er den ansvarlige.

Nu er mennesket imidlertid begyndt at gribe ind i den kuldioxid-balance, der er en væsentlig faktor i Jordens temperaturregulering. I løbet af de seneste 200 år har mennesket i et stadigt hurtigere tempo afbrændt de lagre af organisk materiale af, som er blevet deponeret som kul, olie og naturgas i løbet af de sidste mange hundrede millioner år. Hermed frigøres den kuldioxid, som er blevet bundet i det organiske materiale. Det betyder, at kuldioxid-indholdet i atmosfæren igen stiger, og at drivhuseffekten dermed uundgåeligt stiger.

Mennesket vender så at sige den proces om, som naturen i hundreder millioner af år har brugt til at deponere kuldioxid i jordskorpen, så drivhuseffekten langsomt er faldet, og Jordens gennemsnitstemperatur er forblevet relativt stabil på trods af, at Solen stadig er blevet varmere.

Du kan finde flere oplysninger samt kilder på :
www.global-klima.org i afsnittet om Jordens klima

PÅ YouTube kan du finde en serie film produceret af NOAH om de globale klimaændringer:

Jordens klima:
http://kortlink.dk/nsyt
Den menneskeskabte drivhuseffekt:
http://kortlink.dk/nsyy
Konsekvenserne:
http://kortlink.dk/nsyz
Det lange spil om klimaet:
http://kortlink.dk/kqkw
Slutspil i Paris:
http://kortlink.dk/m242

Titel: Det ustabile klima
Tekst: Stig Melgaard, NOAH Energi og Klima,

ISBN (digital udgave): 978-87-93536-02-9
1. udgave, februar 2017
Udgivet af NOAHs Forlag 2017

Vil du gøre noget aktivt sammen med andre? Kontakt NOAH

Miljøbevægelsen NOAH,
Friends of the Earth Denmark,
Nørrebrogade 39, 2200 København N
Tlf.: 35 36 12 12
Giro: 5 5600 39
E-mail: noah@noah.dk
Hjemmeside: www.noah.dk

NOAH, februar 2017