



Jordens
System

Jordens system

Without new policies to mitigate climate change, projections suggest an increase in global mean temperature: in 2100 of 3.7-4.8 °C, relative to pre-industrial levels



Det er svært at følge udviklingen af Jordens system uden at komme til at føle afmagt og det er vigtigt at snakke om de følelser der opstår undervejs. Historien om hvordan Jordens system er i forandring giver anledning til fascination, kærlighed, fortvivelse og håb. Samtalen om fremtiden bliver nødt til at kunne rumme alle de følelser hvis den skal være ærlig og skabe forandring.

Denne time sigter imod at skabe en grundforståelse af levende systemers udvikling og funktion, men den handler i høj grad også om atmosfæren som en del af den levende Jords system. Timen er en introduktion til Jorden forstået som et selvregulerende system og giver samtidig et indblik i, hvordan det klimatiske system er i forandring. Målet er at forstå naturlige systemers homøostase, de fundamentale dynamikker som regulerer atmosfæren samt kulstofkredsløbets betydning for klodens temperatur. Præsentationen har mange slides og er den mest tekniske lektion på den virtuelle rejse, men hvis eleverne kan forstå disse grundlæggende koncepter, har de en forståelse der kan sætte resten af rejsen i det rette perspektiv. Det er derfor vigtigt at tage tiden til at forklare koncepterne og tjekke elevernes forståelse. Timen slutter med en diskussion af elevernes syn på fremtiden i lyset af dagens rejse.

FORSIDESLIDE: Kort introduktion til dagens time. Knyt eventuelt an til timen "Overblik": i dag går vi fra det store blik på kloden og naturen til at kigge nærmere på, hvordan temperaturen på Jorden reguleres, og hvilken rolle atmosfærens drivhusgasser spiller. Atmosfæren er omdrejningspunktet for denne time.

1 Introducér de overordnede emner vi skal kigge på sammen i dag. Timen starter med en fortælling om livets udvikling, hvorefter vi kigger på nogle af de grundlæggende systemteoretiske begreber: **tilbagekoblinger**, **feedbackmekanismer** og **homøostase**. Det gør vi for at forstå, hvordan Jordens system fungerer. Så undersøger vi **kulstofkredsløbet**, **Jordens energibalance** og udviklingen af indholdet af CO₂ i atmosfæren. Vi slutter med et blik på, de konsekvenser klimaforandringerne har for livet på kloden de næste årtier og en samtale om hvordan eleverne ser på fremtiden.

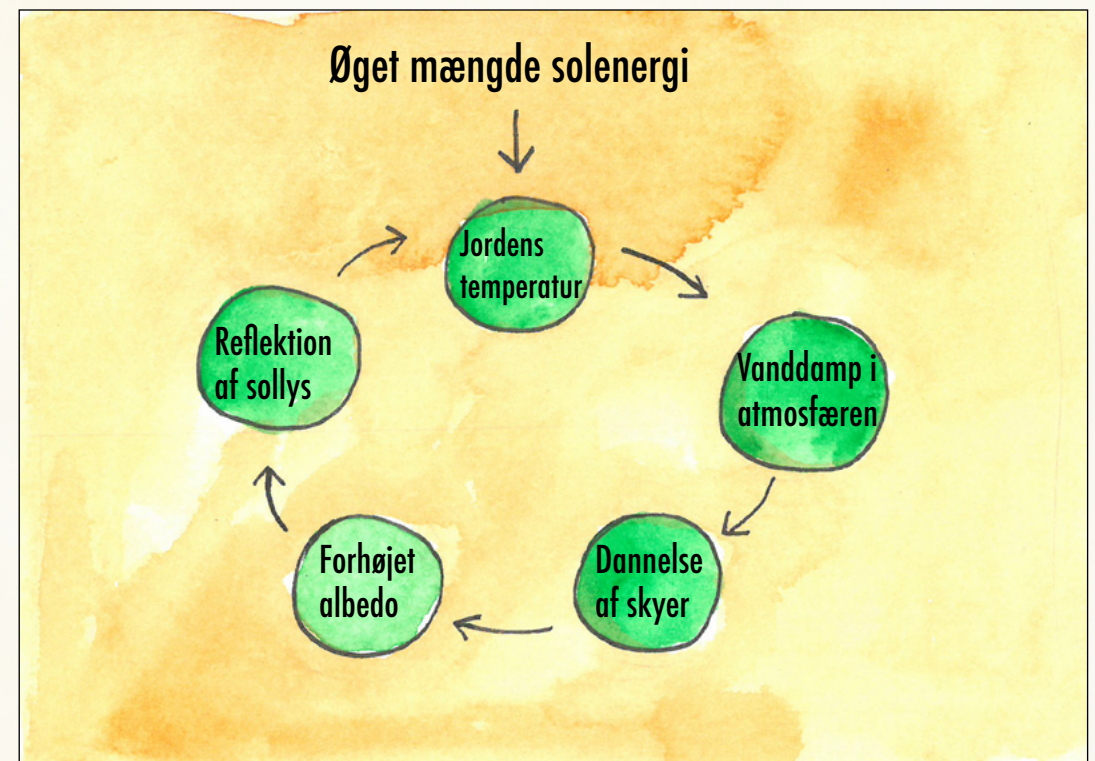
2 - 7 Disse slides understøtter en fortælling om livets udvikling på Jorden. Et af udgangspunkterne for denne lektion er **James Lovelocks** opdagelse af, at levende organismer er med til at regulere atmosfærens sammensætning (som formuleret i **Gaia teorien**). Forståelsen af at livet er med til at regulere Jordens forskellige kredsløb, er en revolution i den videnskabelige opfattelse af livet på Jorden. Derfor starter timen med en fortælling om livets udvikling der rammesætter det systemiske blik på Jorden. Meget af denne fortælling er hentet fra dokumentaren om biologen Lynn Margulis, "**Symbiotic Earth**", og hendes bog "**Symbiotic Planet**". Fortællingen formidler nogle af pointerne fra essayet i forordet til denne undervisningsvejledning. Jeg har lavet en virtuel morgen-samling, "**Fortællingen om livet**", hvor du kan hente inspiration til din egen fortælling. Her kan du også se teksten til det billedmateriale der er brugt på slide 3 - 7.

8 Fortæl om **Amsterdam-erklæringen**. Læs den eventuelt højt og fortæl om dens **videnskabshistoriske betydning**.

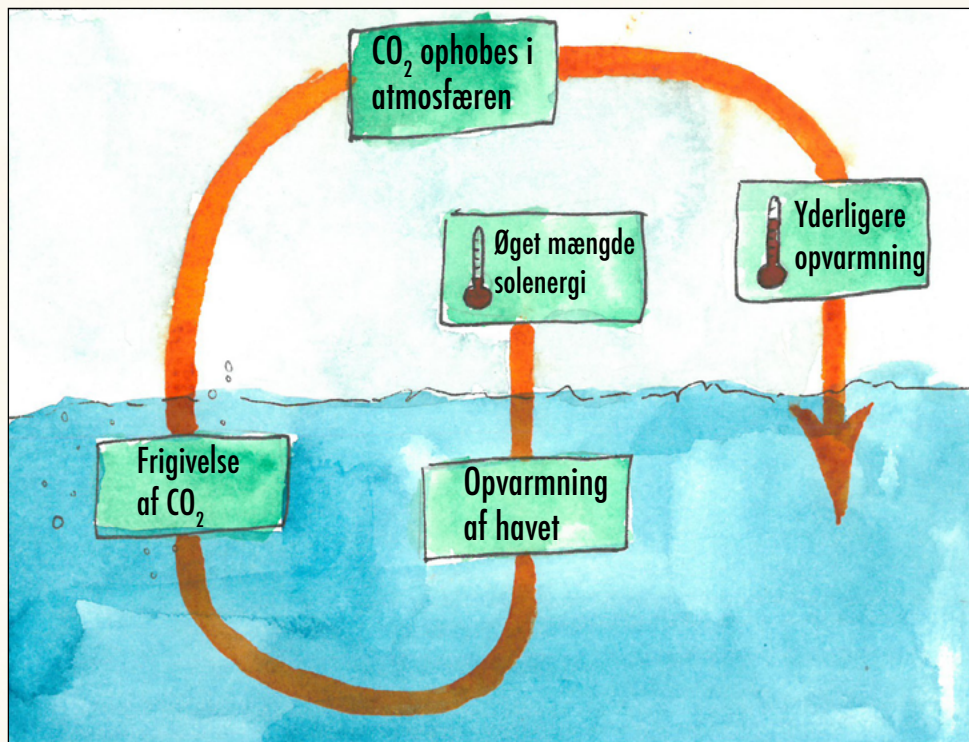
9 - 12 Forklar hvordan Jorden som system består af fire sfærer som igen består af andre elementer: **hydrosfæren**, **geosfæren**, **atmosfæren** og **biosfæren**. På den måde er Jordens system som en russisk dukke, hvor de forskellige dele er indlejrede i hinanden.

13 Introducér **tilbagekoblinger** (feedback) i naturens systemer. En tilbagekobling er ganske enkelt en proces, hvor en påvirkning af en komponent i et system medfører en reaktion. Denne kan være forstærkende (positiv) for det oprindelige signal eller dæmpende (negativ). Tilbagekoblinger er måden hvorpå naturlige processer reguleres. Brug f.eks. kroppens **evne til at svede** som eksempel. Se en forklaring af begrebet med eksempler fra klimasystemet **her**.

14 Forklar negative tilbagekoblingsmekanismer ud fra eksemplet nedenfor, hvor mere varme i atmosfæren skaber øget for-



Eksempel på negativ feedbackmekanisme



Eksempel på positiv feedbackmekanisme



Homøostase er evnen til at opretholde en ligevægtstilstand

dampning af Jordens vandmasser og dermed øger skydækket, hvilket reflekterer mere sollys tilbage til rummet. Her reagerer systemet på den første påvirkning med en modsatrettet respons. Negative feedbackmekanismer virker stabiliserende på et system ved at regulere dets tilstand hen imod dets ligevægtspunkt. "Negativ" betyder altså dæmpende og ikke dårlig!

15 Forklar positive tilbagekoblingsmekanismer. I eksemplet til venstre medfører en varmetilførsel til atmosfæren at havene opvarmes og frigiver CO_2 , hvilket forårsager yderligere opvarmning som frigiver mere CO_2 , osv., osv. Man kan også tænke på positive feedbackmekanismer som en ond cirkel eller spiral, hvor det indledende signal forstærkes igen og igen. Et andet eksempel er afsmeltningen af isen på polerne, hvor den hvide overflade, som har en høj **albedo**, erstattes af mørkeblåt havvand, som absorberer mere energi fra solen og dermed forstærker effekten af opvarmningen. Positive feedbackmekanismer virker altså destabiliserende i det klimatiske system, og dette er årsagen til at forandringerne i Jordens klima kan forekomme meget hurtigt, når først et systems evne til at opretholde ligevægt bliver forringet væsentligt.

16 Afspil videoen (5:10 min).

17 **Homøostase** er et levende systems evne til at regulere sit indre miljø så det opretholder en dynamisk ligevægt overfor påvirkninger udefra. Denne evne til selvregulering findes også i økosystemer, hvor cirkuleringen af grundstoffer i det biokemiske kredsløb opretholdes af organismer og sikrer stabilitet. Økosystemer har en tendens til at udvikle sig hen mod en tilstand af balance (**klimaks**). Feedbackmekanismer, særligt negative tilbagekoblinger, spiller en central rolle i økosystemers selvregulering af deres tilstand. Brug dette slide til at opsummere og tjekke forståelsen. Hvis eleverne har styr på disse principper og kan se hvordan systemer (selv)reguleres, har de den grundforståelse der skal til, for at forstå de fleste af de problematikker vi skal undersøge på den videre rejse rundt i Jordens system.



James Lovelock er en britisk videnskabsmand og opfinder, som opdagede at Jorden fungerer som et selvregulerende system, da han i 60'erne arbejdede for NASA. Han kaldte sin teori for **Gaia hypotesen**. Teorien var fra starten omdiskuteret, da den blev anset for at modstride princippet om naturlig selektion i evolutionsteorien. Derfor udviklede Lovelock **Daisyworld** modellen som anskueliggjorde at feedbackmekanismer kan opstå ud fra naturlig selektion.

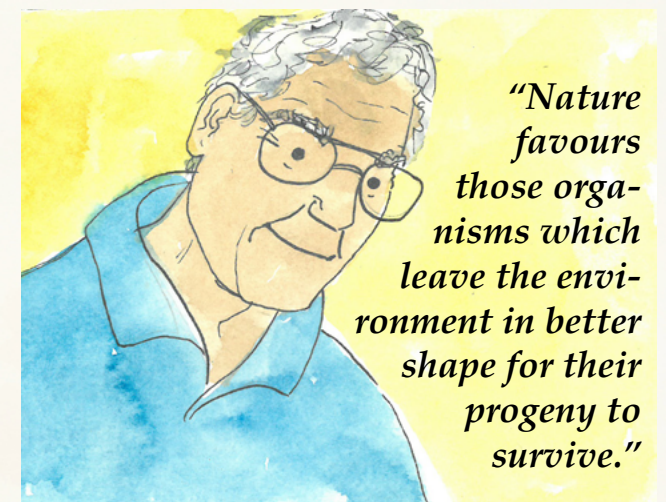
18 Dette slide introducerer James Lovelocks **Gaia teori** som foreslår at homøostase foregår på planetær skala, og at Jordens klima reguleres ved hjælp af forskellige feedbackmekanismer der involverer biosfæren. Gaia teorien er fortsat omdiskuteret, men dens grundlæggende indsigt, at livet er tæt koblet med udviklingen af dets miljø, er bredt accepteret. Lovelock er i sig selv en spændende og kontroversiel personlighed. Han har en usædvanlig historie, som hænger sammen med "det store blik" på kloden og forståelsen af Jorden som et selvregulerende system. Fortæl eventuelt først lidt om Lovelocks liv og opdagelser. Du kan finde ud af mere om Lovelocks historie i BBC dokumentaren "**Beautiful minds**".

Introducer Daisyworld som en forklaringsmodel for hvordan selvregulering fungerer i Jordens system. Daisyworld er en computersimulation af en planet, hvor der lever to slags planter: hvide og sorte margueritter. Planeten kredser om en sol der, ligesom vores sol, gradvist bliver varmere. Da solen bliver så varm at temperaturen på Daisyworld bliver høj nok til at margueritterne kan gro, begynder de sorte margueritter, som har en lav albedo og let optager varme, at sprede sig.

Efterhånden som temperaturen stiger overtager de hvide margueritter, som har en høj albedo og reflekterer varme.

På den måde opretholder de to planter, selvom de er underlagt princippet om naturlig selektion, en temperatur på planeten som er gavnlig for deres vækst i længere tid, end hvis de var alene i Daisyworld. Senere versioner af Daisyworld, der introducerer arter som kaniner og ræve, viser at tilstedeværelsen af flere arter forbedrer systemets evne til at regulere temperaturen. Selvom modellen er for simpel til, at man kan overføre dens resultater direkte på Jordens system, viser den, hvordan feedbackmekanismer i økosystemer kan resultere i højere klimatisk stabilitet, som gavner alle de arter der lever der.

Afspil videoen (6:44 min).



19 I systemteorien findes der tærskler for, hvor stor en påvirkning et økosystem kan udsættes for og bevare sin oprindelige tilstand: når naturlige systemers dynamiske balancepunkt bliver forskubbet af en forcering (påvirkning) udefra kan systemet nå en sådan tærskel ("tipping point"), hvorefter det hurtigt destabiliseres og bevæger sig i retning af en ny tilstand. Se f.eks. **denne uddybende forklaring**.

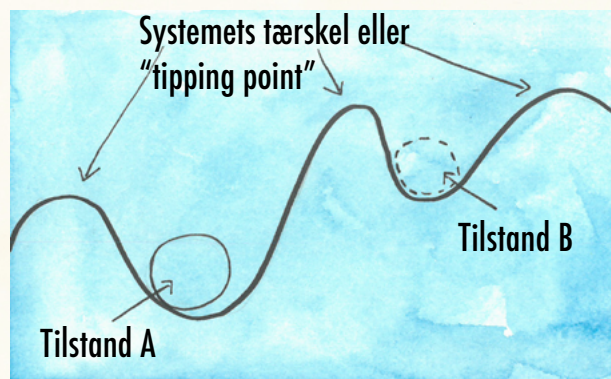


Illustration af et "tipping point"

20 Sådanne tipping points findes også i det klimatiske system. Det er denne tankegang der ligger bag "Hothouse Earth" scenariet, hvor forskellige tipping points i Jordens system aktiverer hinanden og **bratte klimaforandringer** aktiveres.

21 Dette kort er en oversigt over, **hvor i Jordens system der findes tipping points** eller tipping elements.

Det er altså værd at holde øje med, hvad der sker disse steder på Jorden, hvis man vil følge med i klimaforandringernes udvikling.

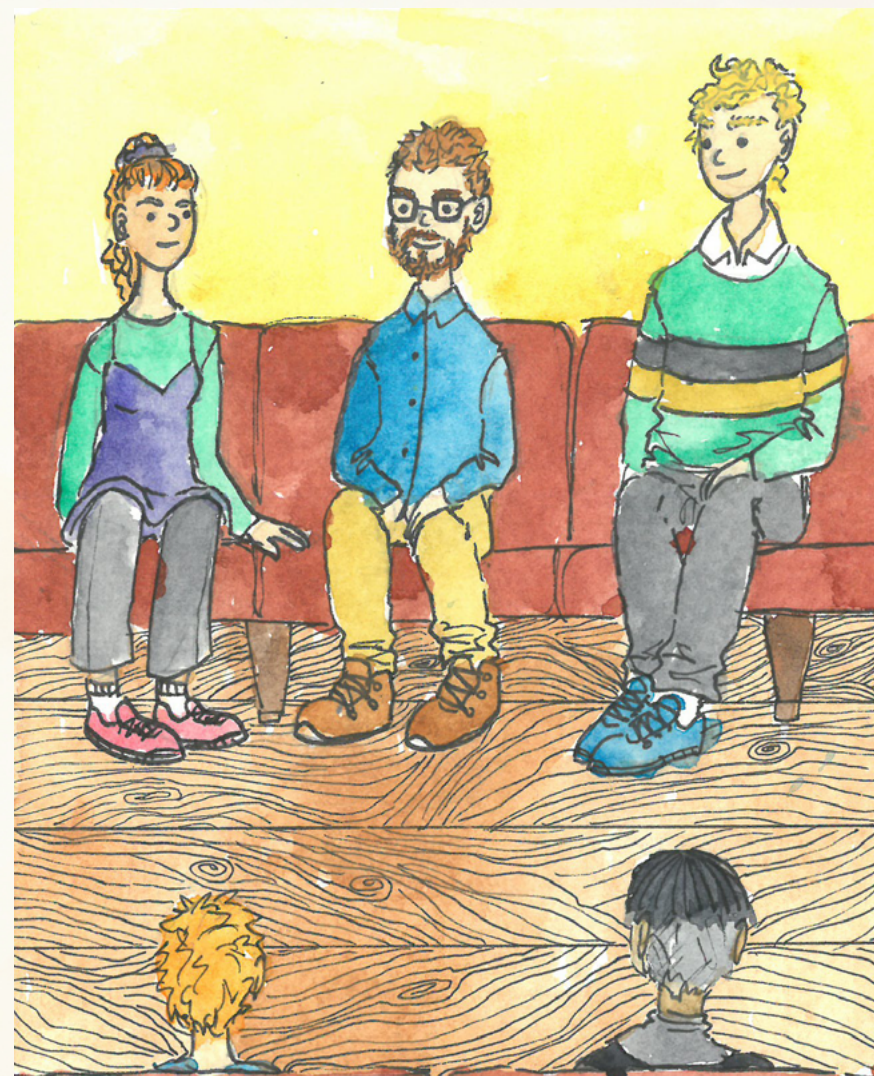
22 Opsummer denne del af timen der har beskæftiget sig med det systemiske blik på Jorden.

FORSIDESLIDE: Vi holder et kvarters pause.

23 Velkommen tilbage. I den næste del af timen kigger vi på Jordens klimatiske system som fordelingsmekanisme for solens energi. Herefter tager vi et blik på fremtidens klimaforandringer og snakker om, hvordan vi hver i sær ser på fremtiden.

Fortæl om hvordan klima er en konsekvens af solenergiens rejse igennem Jordens system. Solen opvarmer områderne ved ækvator mere end polerne og energien fordeles igennem klimasystemet rundt på hele kloden. Der er mange "kosmiske" faktorer der påvirker energitilstrømningen til Jorden: **excentricitet**, **hældning** og **præcession**. Disse faktorer skaber forskellige cyklusser som påvirker Jordens energibalance.

24 Fortæl hvordan solens intensitet



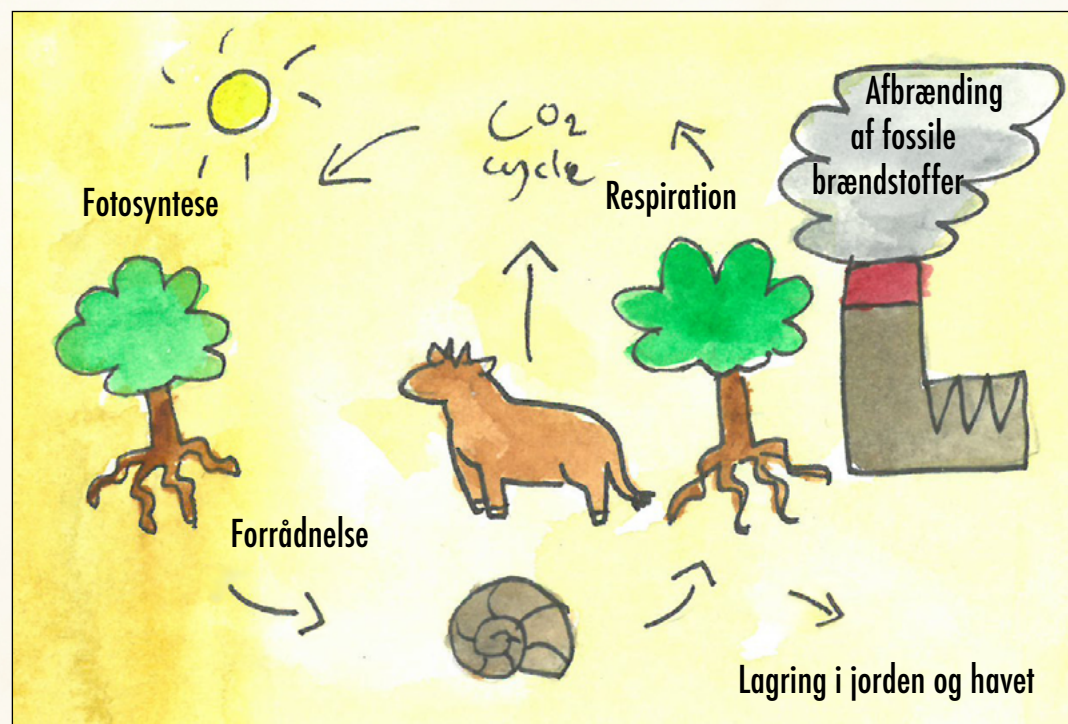
Denne time er klart den mest krævende og har et højt abstraktions- og informationsniveau. Sørg for at holde pauser undervejs og overvej om du skal lave nedslag i materialet i stedet for at bruge det hele. Du kan forsikre eleverne om at, hvis de har forstået tilbagekoblinger, homøostase og tipping points, har de forstået de grundlæggende mekanismer der skal til for at forstå rigtig meget af det klimatiske system.

på kort sigt er afgørende for, hvor meget energi der strømmer til Jorden. Solen har en cyklus på omkring 11 år der også påvirker Jordens klima.

25 Introducér **Jordens energibalance**. Her kan du starte med at fortælle om den globale opvarmning som en forskydning imellem, hvor meget energi der strømmer til Jorden, og hvor meget energi Jorden afgiver tilbage til rummet. Det vi oplever som klimaforandringer er altså en ophobning af energi i Jordens system som skyldes væksten af drivhusgasser i atmosfæren.

Afspil videoen (4:25 min).

26 Kulstof er et grundstof i mange drivhusgasser. og derfor er det vigtigt at forstå **kulstofkredsløbet**, hvis man vil forstå ophobningen af CO_2 og CH_4 (metan) i atmosfæren. Grundproblematikken er, at vi mennesker har tilført kulstof til atmosfæren i en grad,

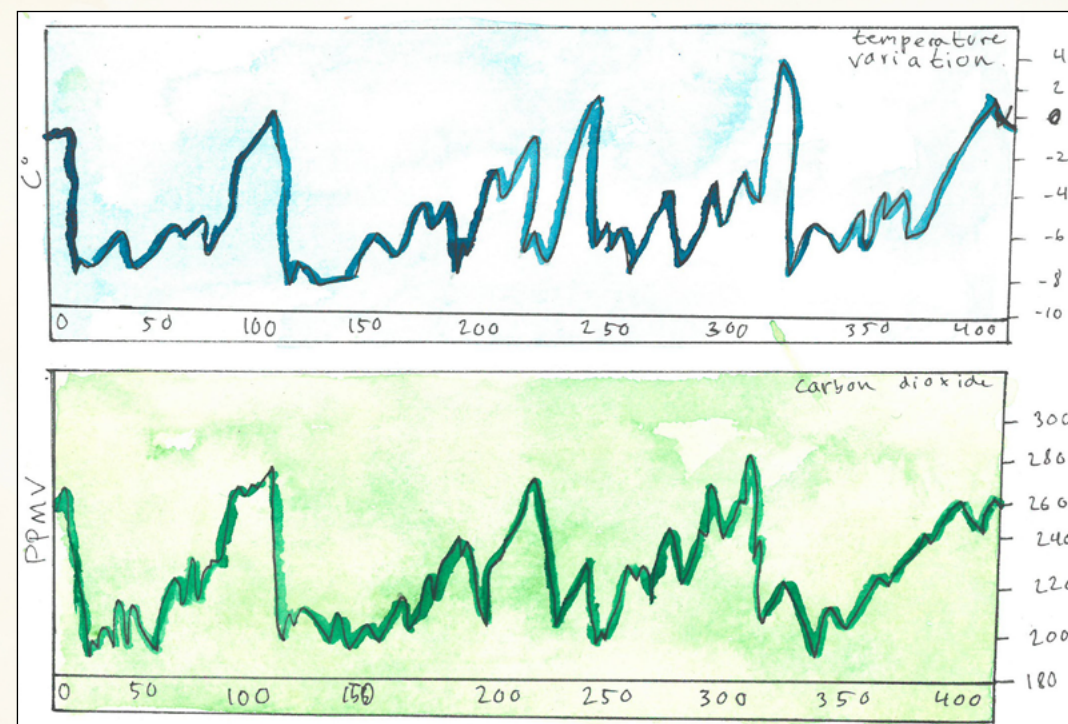


Eksempler på kulstofkredsløbets processer

så de negative feedbackmekanismer i Jordens system, som tager kulstof ud af atmosfæren, ikke kan nå at følge med.

Afspil videoen (3:10 min). Klippet viser, hvordan CO_2 opfører sig i atmosfæren i løbet af et år. Jeg skruer altid helt ned for lyden og forklarer lidt om, hvad vi ser. Læg mærke til, hvor på kloden CO_2 befinder sig og hvornår den frigives i større mængder. I den nordlige halvkugles sommer- og vækstperiode trækkes der mere CO_2 ud end der frigives. Skovene i Siberien er afgørende for, hvornår dette kan ses på videoen: vi er helt henne i juni før effekten slår ind.

27 Vi har ret præcise **indikatorer** af fortidens middeltemperatur fra Jordens geologi. Vi har også præcise målinger af niveauet af CO_2 i atmosfæren fra **iskerneboringer** i Arktis og Antarktis. Når man sammenholder CO_2 i atmosfæren og klodens middeltemperatur er det tydeligt at temperatur og CO_2 hænger sammen. Nogle



Jordens middeltemperatur sammenholdt med niveauet af CO_2 i atmosfæren

klimaskeptikere afviser de videnskabelige beviser for klimaforandringerne, fordi denne sammenhæng er en **korrelation og ikke en årsagssammenhæng**. Det bunder i en **misforståelse af hvordan Jordens system fungerer**. Der er mange faktorer ud over CO₂ der påvirker middeltemperaturen på Jorden, men CO₂ har været den **dominerende faktor de sidste 40 år**.

28 Vis hvordan temperaturen er steget i takt med niveauet af CO₂ i atmosfæren de sidste 140 år. Se f.eks. **Carbon Briefs "State of the climate"** for mere baggrund omkring udviklingen af klimaet de sidste år.

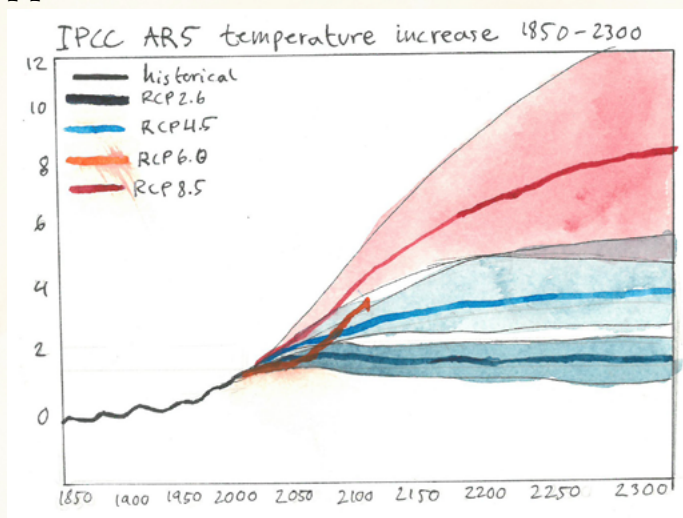
29 Jeg har inkluderet denne graf og linket til **Our World in Data**, fordi der af og til er nogen der gerne vil vide mere om hvordan CO₂-udledningerne er fordelt på lande, befolkningsgrupper og sektorer. Det er ikke vigtigt at gå i dybden med dette nu, og det kan være, at der på dette tidspunkt bare er brug for at få hovederne ud af graferne, men Our World in Data er en god ressource, hvis du skal give et breakdown af det globale CO₂ udslip.

FORSIDESLIDE: Tag en puster. Den sidste del af dagens time handler om, hvad fremtiden bringer, og hvordan vi forholder os.

30 Fortæl om hvordan det internationale samfund arbejder med klimaforandringer

under **UNFCCC** og hvad **IPCCs** rolle er. Det vigtige her er at eleverne forstår målet med at begrænse den globale opvarmning til **2 °C** (se f.eks. **denne artikel**).

31 I følge IPCC er det sandsynligt at klodens middeltemperatur vil overstige 2 °C i 2100. Det er kun det mest optimistiske scenarie (RCP 2.5), hvor udledning af CO₂ falder fra nu af og stabiliseres ved i 420 ppm i atmosfæren i 2100, som med sik-



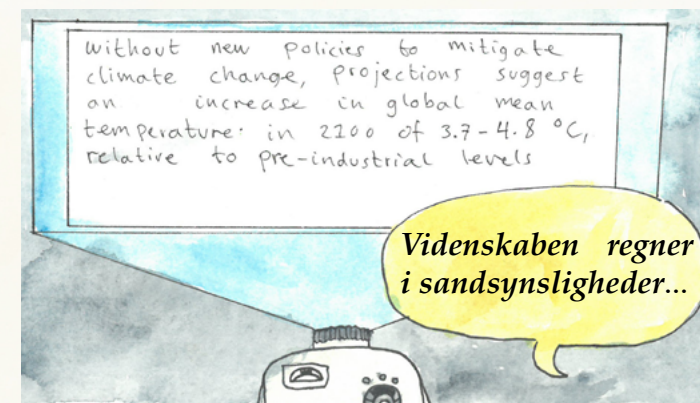
kerhed holder sig under de 2 °C. Se f.eks. **denne del af sammendraget** af IPCCs femte hovedrapport.

32 IPCC beskriver 450 ppm CO₂ i atmosfæren som et niveau hvor vi har 66% chance for at begrænse opvarmningen til 2 °C i 2100 (selvom denne vurdering **ignorerer effekten af andre drivhusgasser**). "**Kulstofbudgettet**" er loftet for, hvor mange tons CO₂ vi kan udlede, hvis vi skal nå at be-

grænse den globale opvarmning.

Afspil videoen (8:48 min) som forklarer, hvordan kulstofbudgettet fungerer. Du kan evt. stoppe videoen ved 4:46 min, hvor Kevin Anderson har forklaret, hvordan **Negative Emission Technologies** (NET) er en vigtig del af fremskrivningerne. Pointen her er, at målsætningen om at begrænse den globale opvarmning til 2 grader, forlader sig på teknologier der ikke findes endnu.

33 Diskuter chancerne for at vi reelt kan begrænse opvarmningen til 1,5 eller 2 °C, og hvor CO₂ udledningerne er på vej hen. For mere baggrund kan du f.eks. læse **Kevin Andersons blog**. I **denne artikel** fortæller han om, hvordan han ser



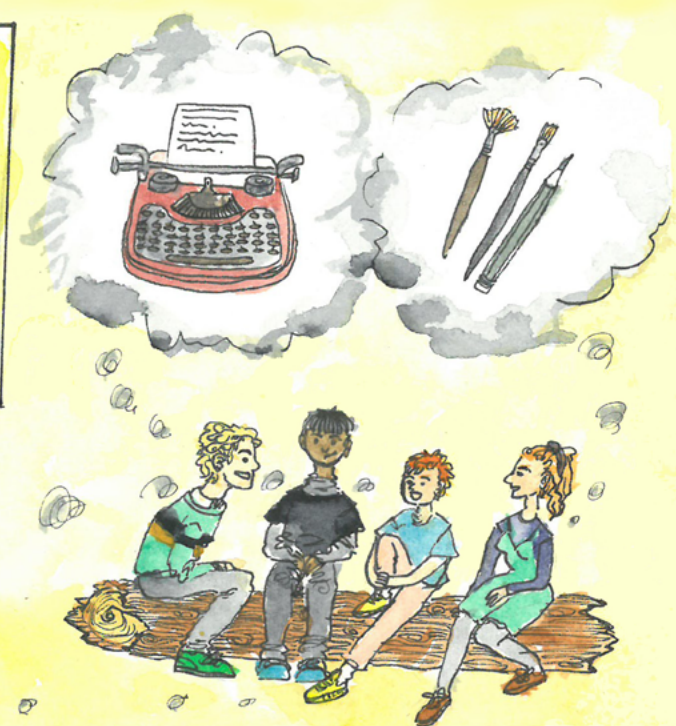
chancerne for at nå målet om 2 °C. **Bemærk:** det er vigtigt hvordan vi taler om de scenarier klimavidenskaben opstiller. Se f.eks. **denne artikel af Mike Hulme** om fortællingen om at "vi er løbet tør for tid".

34 Hvad betyder "2 °C"? Hvordan kom-



Vandstanden i havene stiger i takt med at iskapperne smelter og havvandet udvides som følge af **termisk ekspansion**.

Der er mange tanker og følelser i spil, når det gælder samtalen om fremtiden, så det er vigtigt at være forberedt på at rumme dem, og lade de tanker og følelser der er opstået i løbet af undervisningen komme op til overfladen. Nogle gange er der ikke så meget at sige, fordi deltagerne er i deres egen proces og skal have tid til at forstå perspektivet – så kommer det som regel frem senere i forløbet.



mer verden til at se ud i løbet af dette århundrede? Her er det vigtigt, at du har en god forståelse af de forskellige scenarier – brug evt. **ekstramaterialet til denne time** for mere baggrund. Afspil den første video (4:46 min) som handler om konsekvenserne af 1,5 - 4 °C opvarmning. I video 2 (3:11 min) forklarer forskellige klimaforskere, hvordan de opfatter betydningen.

35 Diskuter hvordan vi forholder os? Dette er den vigtigste del af dagens lektion. Prøv at holde diskussion så personlig og nede på jorden som muligt. Se om du kan få deltagerne til at fortælle konkret om, hvordan de ser på fremtiden, hvilke følelser der er i spil, og hvordan det på-

virker dem lige nu og her. Det er min erfaring at diskussionen tager en halv times tid med de fleste grupper. Min egen **tilgang til fremtiden** og mit syn på **samtalen om klimaforandringerne** kan måske være til inspiration, men det er en ny samtale hver gang den opstår. Jeg fortæller altid om de mange mennesker på kloden, der arbejder for at vende udviklingen, og om hvad vi skal lave i fagets undersøgelser af alternativerne til forbrugssamfundet. Slut eventuelt af med at vise videoen om begrebet "tavaha" som et eksempel på den kulturforandring der er undervejs (6:42 min).

36 Henvisninger til mere baggrund om dagens emner på fagets hjemmeside.

Baggrundsmateriale

Fagmaterialer online

Prezi-præsentation: <https://prezi.com/view/Ecbsuvr6sb4pgFmU5MHO/>

Materialebank: <https://klodenkalder.tumblr.com/search/kk-earthssystem>

Introduktion til Earth System Science

Will Steffen et al. (2020) *The emergence and evolution of Earth System Science*, Nature Reviews Earth & Environment vol. 1, pp 54–63

Jorden som system

Will Steffen et al. (2004) *Global Change and the Earth System*, Springer

Jordens energibalance

David Archer og Stefan Rahmstorf (2010) "Earth's energy budget" i *The Climate Crisis – An Introductory Guide to Climate Change*, Cambridge University Press

Hyperlinks

Tilbagekoblinger: <https://da.wikipedia.org/wiki/Tilbagekobling>

Feedbackmekanismer: https://www.global-klima.org/Kap%204/s4_5b.html

Homøostase: <https://da.wikipedia.org/wiki/Hom%C3%B8ostase>

Jordens energibalance: <https://www.dmi.dk/klima/temafor-side-energiens-rejse-i-klimasystemet/drivhuseffekten/>

Kulstofkredsløbet: <https://da.wikipedia.org/wiki/Kulstofkredsl%C3%B8b>

James Lovelock: <http://www.jameslovelock.org>

Gaia teorien: https://en.wikipedia.org/wiki/Gaia_hypothesis

Symbiotic Earth: <https://vimeo.com/ondemand/symbioticearthhv>

Symbiotic Planet: <https://www.basicbooks.com/titles/lynn-margulis/symbiotic-planet/9780465072729/>

Fortællingen om livet: <https://patternwhichconnects.com/blog/fortaellingen-om-livet/>

Amsterdam-erklæringen: <http://www.igbp.net/about/history/2001amsterdamdeclarationonearthsystem-science.4.1b8ae20512db692f2a680001312.html>

Udviklingen af Earth System Science: <https://futureearth.org/2015/12/14/the-evolution-of-earth-system-science/>

Hydrosfæren: <https://da.wikipedia.org/wiki/Hydrosf%C3%A6re>

Geosfæren: <https://da.wikipedia.org/wiki/Lithosf%C3%A6re>

Atmosfæren: https://da.wikipedia.org/wiki/Jordens_atmosf%C3%A6re

Biosfæren: <https://da.wikipedia.org/wiki/Biosf%C3%A6re>

Eksempel på tilbagekobling: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zwj4xfr/revision/5>

Introduktion til tilbagekoblinger: https://rucforsk.ruc.dk/ws/portalfiles/portal/60946889/BP1___Tilbagekoblingsmekanismer_for_den_globale_opvarmning.pdf

Albedo: <https://da.wikipedia.org/wiki/Albedo>

Økologisk klimaks: [https://da.wikipedia.org/wiki/Klimaks_\(%C3%B8kologisk\)](https://da.wikipedia.org/wiki/Klimaks_(%C3%B8kologisk))

Daisyworld: <https://en.wikipedia.org/wiki/Daisyworld>

Beautiful Minds – James Lovelock: <https://youtu.be/QqwZJDEZ9Ng>

Forklaring af tipping points: <http://oceantippingpoints.org/our-work/glossary>

Hothouse Earth Scenario: <https://www.pnas.org/content/115/33/8252>

Bratte klimaforandringer: <https://www.nap.edu/catalog/10136/abrupt-climate-change-inevitable-surprises>

Tipping points i Jordens system: <https://www.pnas.org/content/105/6/1786>

Excentricitet: [https://da.wikipedia.org/wiki/Excentricitet_\(astronomi\)](https://da.wikipedia.org/wiki/Excentricitet_(astronomi))

Hældning: <https://da.wikipedia.org/wiki/Akseh%C3%A6ldning>

Præcession: <https://da.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%A6cession>

Jordens energibalance: https://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s_energy_budget

Kulstofkredsløbet: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/CarbonCycle/page1.php>

Klima-indikatorer: [https://en.wikipedia.org/wiki/Proxy_\(climate\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Proxy_(climate))

Iskerneboringer: https://en.wikipedia.org/wiki/Ice_core

CO₂ halter efter temperatur: <https://www.skepticalscience.com/co2-lags-temperature.htm>

CO₂ korrelation vs. årsag: <https://www.skepticalscience.com/co2-temperature-correlation-intermediate.htm>

CO₂ den dominerende faktor: <https://skepticalscience.com/CO2-is-not-the-only-driver-of-climate.htm>

State of the Climate: <https://www.carbonbrief.org/category/in-focus/state-of-the-climate>

Our World in Data: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

UNFCCC: https://en.wikipedia.org/wiki/United_Nations_Framework_Convention_on_Climate_Change

IPCC: https://en.wikipedia.org/wiki/Intergovernmental_Panel_on_Climate_Change

2 °C: <https://www.carbonbrief.org/two-degrees-the-history-of-climate-changes-speed-limit>

Hvorfor 2 °C er vigtige: <https://theconversation.com/why-is-climate-changes-2-degrees-celsius-of-warming-limit-so-important-82058>

Sammendrag af IPCCs femte hovedrapport: https://ar5-syr.ipcc.ch/topic_futurechanges.php

Samlet effekt af drivhusgasser på jordens temperatur: <https://www.skepticalscience.com/why-450-ppm-is-not-safe.html>

Kulstofbudgettet: https://en.wikipedia.org/wiki/Emissions_budget

Negative Emission Technologies: <https://www.carbonbrief.org/explainer-10-ways-negative-emissions-could-slow-climate-change>

Kevin Anderson: <http://kevinanderson.info/>

Anderson interview: <https://www.dw.com/en/2c-we-have-a-5-percent-chance-of-success/a-41405809>

Termisk ekspansion: <https://www.geus.dk/natur-og-klima/tilpasning-til-klimaaendringer/havniveaustigninger>

Samtalen om fremtiden: <https://patternwhichconnects.com/blog/giving-up-hope/>

Samtalen om klimaforandringerne: <https://refiguring.net/>

Velkommen til en virtuel rejse gennem Jordens system, som stiller skarpt på, hvordan det står til med naturen set i det store perspektiv – og menneskets rolle i de forandringer der er undervejs på vores klode. Denne publikation er tænkt som en vejledning og rejseplan for undervisere, studerende, autodidakte og andre videbegærlige, der ønsker at forstå Jordens økosystem og de planetære forandringer vi står midt i. Den virtuelle rejse er udviklet som en del af faget Kloden Kalder som jeg underviser på Ry Højskole. Rejsen introducerer nogle af økologien og klimavidenskabens grundkoncepter for at forstå, hvordan det går med planeten målt på parametre som biodiversitet, temperatur, isdække, kulturel diversitet og naturens lydlandskaber.

Forløbet er tilrettelagt som et crash course, der i løbet af ni lektioner på cirka tre timer hver, giver en forståelse af de dynamikker der ligger bag de globale forandringer der er i gang i naturen, samt et indblik i hvad videnskaben fortæller om hvordan Jordkloden vil ændre sig de kommende årtier. Hver lektion introducerer et emne som ved hjælp af en Prezi-præsentation bliver en audiovisuel rejse gennem Jordens forskellige sfærer. Præsentationerne kan tilgås via hjemmesiden klodenkalder.com og indeværende vejledning uddyber det materiale der fremvises. Vejledningen skal derfor læses i sammenhæng med Prezi-præsentationerne, som er det primære undervisningsmateriale. Stort set alt det materiale der indgår i den virtuelle rejse er open source og frit tilgængeligt. Jeg håber du vil benytte dig af enhver mulighed for at sakse, remixe, dele eller anbefale materialet.

Kloden Kalder er et fag der har sit udspring i en frustration over den offentlige debat om klimaforandringerne. Alt for længe har klimaet været omtalt, diskuteret og forklaret i tekniske og videnskabelige termer der har et meget højt abstraktionsniveau. Det er et dårligt udgangspunkt for en bred folkelig forståelse og opbakning til den omstilling i vores individuelle og fælles liv, der er nødvendig for at undgå at ende der, hvor vi er på vej hen. Materialet der indgår i den virtuelle rejse er derfor udviklet med henblik på at gøre klimaforandringerne forståelige for sanserne og kroppen. Målet har været at styre udenom abstraktionerne og prøve at italesætte miljøet i dets eget sprog: hvordan lyder det når biodiversiteten ændres, eller hvordan ser det ud når en hedebløge skyller gennem havet, og kan vi leve os ind i den verden der forsvinder, når et sprog forstummer?

Jeg håber, at dette materiale kan være med til at levendegøre de forandringer, vi står overfor og kvalificere samtalen om klimaet, fremtiden, naturen og vores plads på Jorden som en enkelt node i livets store fællesskab. Kloden kalder – vi må lære at lytte, for at forstå hvor vi er på vej hen.

Jeppe Graugaard



Introduktion til den virtuelle rejse

Kloden Kalder er et fag der handler om hvad der sker med naturen på kloden lige nu og hvor vi finder alternativerne til forbrugssamfundet. Faget består af flere moduler, hvoraf den virtuelle rejse er den del der danner grundlaget for en forståelse af naturens tilstand, global økologi og klimavidenskab. Den virtuelle rejse består af ni Prezi-præsentationer som hver introducerer forskellige dele af, og perspektiver på, Jordens system. Denne undervisningsvejledning understøtter disse præsentationer med mere baggrundsinformation, vejledning i de forskellige øvelser og tips til de samtaler der kan opstå undervejs i forløbet.

Materialet er skabt for at kunne give mine elever og andre interesserede en indføring i de grundproblematikker den globale opvarmning præsenterer. Det er min oplevelse, både som forsker og underviser, at de forandringer i naturen vi står midt i som oftest bliver formidlet i tekniske og abstrakte termer. Derfor er målet med den virtuelle rejse at præsentere klima- og miljøforandringerne på en måde som kan forstås af sanserne og med kroppen. Her kan oversigtsgrafer også have sin ret, men som udgangspunkt har hensigten været at

skabe et undervisningsmateriale der ikke kræver nogen forhåndsviden, og som de fleste lægfolk selv kan sætte sig ind i.

Efter en grundig undersøgelse af eksisterende undervisningsmaterialer, fandt jeg ikke noget der uden videre kunne overføres til min undervisning på en høj-

Det primære undervisningsmateriale på den virtuelle rejse er en række Prezi-præsentationer som kan tilgås på hjemmesiden:

klodenkalder.com

Denne undervisningsvejledning giver en indføring i brugen af disse præsentationer og skal læses i sammenhæng med dette materiale.

skole. Faktisk var der, da faget startede i 2016, meget lidt brugbart materiale. Derfor har jeg prøvet at udarbejde den virtuelle rejse så den kan bruges af andre undervisere. Forløbet er et mix af audio-visuelt materiale, historiefortælling, øvelser og samtaler. Det kan bruges i sin helhed, men man kan også udvælge dele af de forskellige lektioner eller bare hente inspiration i det bagkatalog som er at finde i

vejledningens henvisninger og fagets materialebank på klodenkalder.tumblr.com. Materialebanken rummer 1000+ artikler, dokumentarer og andet undervisningsmateriale organiseret efter emne.

Hver lektion er tilrettelagt så den tager cirka tre timer at gennemføre med et kvarters pause undervejs. Prezi-præsentationerne, som kan tilgås via hjemmesiden klodenkalder.com, fremviser det audiovisuelle materiale som danner omdrejningspunktet for lektionens fortællinger, øvelser og samtaler. Nærværende vejledning forklarer indgangsvinklen for lektionerne, uddyber hver slide og giver forslag til hvordan de kan præsenteres. Alle slides er nummereret med et symbol  som også er at finde i vejledningen så man på den måde kan navigere igennem materialet. De referencer i vejledningen der findes online er **farvemarkeret** og vil i den elektroniske version åbne det relevante link i en browser, hvis man klikker på det. Samtlige hyperlinks er angivet i slutningen af beskrivelsen af hver lektion.

Jeg har en fortælling, der fungerer som min røde tråd for hver lektion, og efterhånden som jeg kender de forskellige fakta

bliver de lettere at huske. Men det kræver stadig forberedelse at præsentere materialet – desværre udvikler klimaforandringerne og -videnskaben sig med en hast der gør at materialet skal opdateres hvert semester. Hvis du ønsker at bruge en eller flere af præsentationerne i deres helhed, er mit bedste tip derfor at sætte dig ordentligt ind i stoffet inden du tager andre med på rejsen. Men derudover kræver det ikke en særlig viden at formidle materialet. Det er derimod en fordel at være øvet i at holde en fælles samtale og rumme de tanker og følelser der er forbundet med et så stort og altomfavnende emne som klimaforandringerne.

Som enhver der har givet en Power-Point-præsentation ved, kan det være en fin balance at have et slideshow at læne sig op af – det er let at lade sig styre af sine slides. Derfor vil jeg anbefale at du tænker på Prezi-præsentationen som det sekundære og din egen fortælling som det primære. Præsentationerne skal understøtte din undervisning og ikke omvendt. Hvis der opstår en spændende diskussion, eller det er vigtigere, at I sætter jer udenfor og snakker, så gør det. Følg de spørgsmål og samtaler der opstår undervejs. De forskellige præsentationer er af forskellige længder da nogle af dem indeholder flere øvelser og diskussionspunkter end andre. Nogle af præsentationerne slutter af med

visningen af en dokumentarfilm som evt. kan byttes ud med samtaler eller øvelser.

Det er en fordel at have en udmærket projektor og et sæt gode højtalere. Jo større og skarpere billede og lyd desto bedre! Jeg bruger en klikker/laser-pegepind til at skifte slides. På den måde er jeg fri for at skulle sidde ved computeren og kan pege på billederne uden at stå foran projektoren. Jeg har ofte nogle af de bøger med som jeg refererer til i lektionerne og læser op af dem. Det er en fordel at finde måder at skabe afveksling og bryde fokuset på skærmen. Hold pause når du synes at kunne mærke det bliver svært at holde opmærksomheden.

Den virtuelle rejse og den medfølgende undervisningsvejledning skal ikke ses som en færdig pakke, men som et inspirationsmateriale man kan opbygge sit eget læringsforløb omkring eller bruge i uddrag. Forløbet kan skrues sammen som man vil, og lektionerne behøves ikke præsenteres i den rækkefølge der beskrives her. Illustrationerne i denne vejledning er udarbejdet med henblik på at man kan få en fornemmelse af, hvordan materialet og de forskellige øvelser *kan* bruges og udfoldes, men der findes ikke nogen anden måde at gå til det på end improvisationen og opmærksomheden på eleverne. Hvis du bruger materialet og gør dig erfaringer

med det, eller har forslag til at udvide materialet, vil jeg meget gerne høre om det.

Selvom der ikke er nogen forudsætninger for at bruge dette materiale kan man med fordel læse følgende værker, som har inspireret mig i mine egne studier og undervisning:

Lee Kump, James Kasting & Robert Crane (1999) *The Earth System*, Prentice Hall

Mike Hulme (2009) *Why We Disagree About Climate Change*, Cambridge University Press

David Archer & Stefan Rahmstorf (2010) *The Climate Crisis*, Cambridge University Press

Fritjof Capra & Pier Luigi Luisi (2016) *Liv. System. Helhed.*, Forlaget Mindspace

Endelig vil jeg påpege at ingen fortælling er singulær og at man altid skal spørge ind til den position der fortælles fra. Klimavidenskaben er ikke en neutral sfære at hente sine historier fra og man bør finde sin egen vej igennem andres fortællinger.

Det er mit håb at dette materiale kan understøtte og kvalificere undervisning i de globale forandringer vi som art står midt i – både på højskoler og i andre uddannelsesinstitutioner. Vi står med et fælles ansvar for at de næste generationer lærer at se sig selv som en integreret del af livets store fællesskab.