

Tema: Hav og klima i den antropocæne tidsalder

Fremtidsscenarioer for Jordens klima

Inspirationskatalog 9. klassetrin



Indhold

Introduktion	3
Baggrund: kompetenceorienteret naturfagsundervisning	4
Inspiration til undervisning	5
Faglige temaer	5
Rammer	7
Evaluering	7
Forslag til undervisningen og til et forløb	8
Progression	12

Introduktion

FN's klimapanel opridser fremtidsscenerier for klimaet, og Katherine Richardsons forskning i alger kan indgå som kilde til ny viden. Det er omdrejningspunktet i dette katalog, der omsætter den nye forskning til undervisning i 9. klasse.

Når Katherine Richardson, som er professor i biologisk oceanografi, sammen med sit forskerhold borer sedimentkerner ud af havbunden ved Island, er det ny og banebrydende ny viden, de henter op. Viden om interaktioner mellem biosfæren og klimaet, som eksempelvis kaster nyt lys over, hvilken indflydelse mennesker har på klimaforandringerne – og som også kan være en vigtig brik i forudsigelserne fra FN's klimapanel om, hvordan klimaet vil udvikle sig i fremtiden.

Forskningen bag kataloget

Katherine Richardsons forskning foregår ved Globe Institute på Københavns Universitet, og hendes overordnede fokus er sammenhængen mellem mennesker, hav og klima. Gennem sin forskning, der udgør afsættet for dette katalog, forsøger hun blandt andet at give svar på spørgsmål som disse:

- Hvilken betydning har det for drivhuseffekten, når fyto- eller planteplankton binder CO₂ fra atmosfæren og transporterer det ned på havbunden – en funktion beskrevet som den biologiske pumpe?
- Hvad kan man ud fra analyser af biodiversitet på havbunden sige om, hvordan den biologiske pumpe har virket historisk, herunder hvilken indflydelse den har og vil have på drivhuseffekten?

Se en kort film, hvor Katherine Richardson præsenterer sin forskning, og læs mere i temamagasinet *Hav og klima i den antropocæne tidsalder*. Se



emu.dk/grundskole/naturvidenskabsstrategien.



Faktaboks

Undervisning ud fra kataloget knytter an til **Fælles Mål**:

- Fysik/kemi: Jorden og universet, Stof og kredsløb, Modellering i naturfag, Perspektivering i naturfag.
- Biologi: Økosystemer, Modellering i naturfag, Undersøgelser i naturfag, Perspektivering i naturfag.
- Geografi: Jordkloden og dens klima, Demografi og erhverv, Globalisering, Modellering i naturfag, Perspektivering i naturfag.



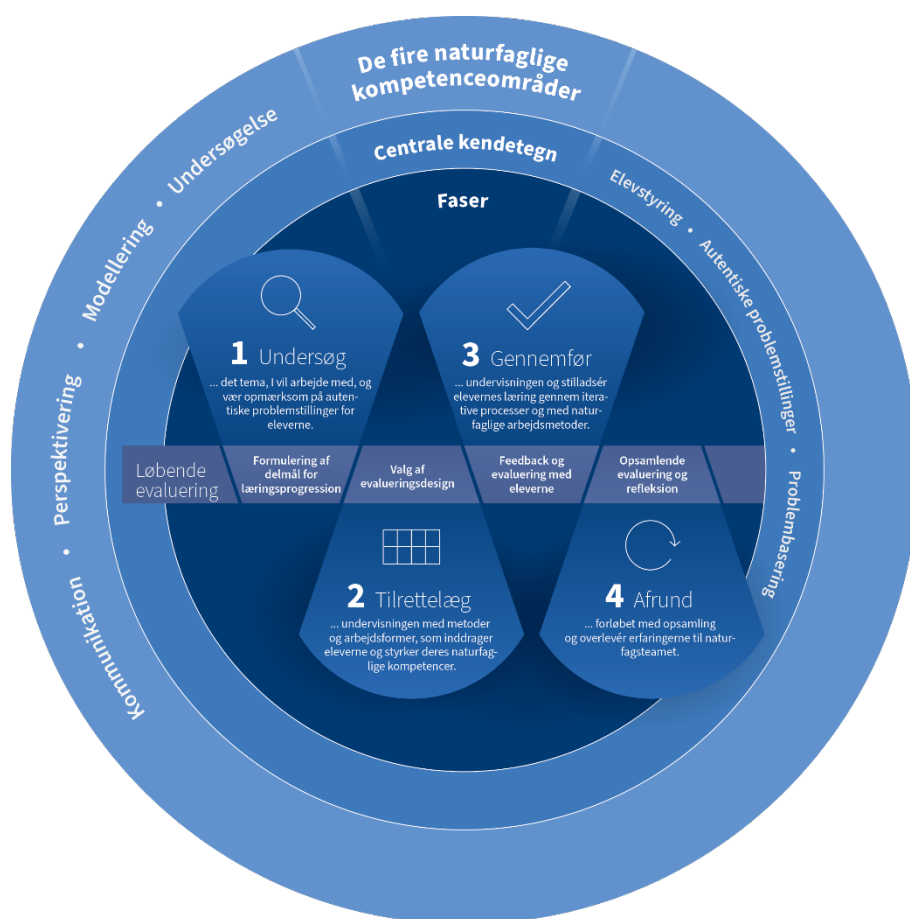
Læs mere på emu.dk/grundskole/

Baggrund: Kompetenceorienteret naturfagsundervisning

Kataloget er udarbejdet som led i udviklingen af inspirationsmaterialer om 10 naturvidenskabelige temaer. Dette katalog præsenterer inspiration til et fællesfagligt forløb i 9. klasse om temaet *Hav og klima i den antropocæne tidsalder*.

Inspirationsmaterialerne om de 10 temaer er tilrettelagt med henblik på kompetenceorienteret naturfagsundervisning. De afgørende elementer i denne type undervisning er skitseret i den fagdidaktiske ramme herunder i form af naturfaglige kompetenceområder og centrale kendetegn.

Derudover rummer figuren en proces i fire trin for kompetenceorienteret naturfagsundervisning. Naturfagslærere kan anvende inspirationen i dette katalog gennem netop disse fire trin eller faser.



Mere viden

Den fagdidaktiske ramme er uddybet i *Vidensnotat om kompetenceorienteret naturfagsundervisning*. En proces for at arbejde didaktisk gennem rammens trin er beskrevet i *Udviklingsredskab til kompetenceorienteret naturfagsundervisning til naturfagsteams*.



Begge dele kan sammen med alle seks inspirationskataloger samt temaets film og temamagasin hentes på emu.dk/grundskole/naturvidenskabsstrategien.

Inspiration til undervisning

Alger og deres CO₂-optag kan udgøre den konkrete indgang for elever i 9. klasse til Katherine Richardsons forskning i havets betydning for klimaets udvikling. Dette kapitel giver inspiration til undervisning med det som fokus.

Klimaet forandrer sig ifølge Katherine Richardson som følge af interaktion mellem fysik, kemi, mennesker og biologi – og det sker gennem massevis af små processer. Et eksempel på de små processer er algers binding af CO₂. Denne proces og dens sammenhæng med scenarier for fremtidens klima udgør problemfeltet i dette katalog.

Klimaforandringer er blandt de største udfordringer, som eleverne i dag og som voksne kommer til at stå overfor. En udfordring, der for at blive løst forudsætter præcis viden om, hvordan menneskelige aktiviteter påvirker det globale økosystem. Algerne og deres virkning udgør et hjørne, som eleverne i 9. klasse kan tage de første skridt gennem til dette komplekse vidensområde.



Faktaboks

Alle **de naturfaglige kompetenceområder** kan komme i spil i undervisningen om problemfeltet – i dette katalog med særligt fokus på:

- *Modelleringskompetencen*: Eleverne kan aktivere kompetencen ved at anvende klimamodeller og forholde sig kritisk til manipulerede og reducerede udtryk for komplekse naturfaglige fænomener.
- *Perspektiveringskompetencen*: Eleverne styrker eksempelvis kompetencen gennem undersøgelse af algers betydning for havets CO₂-optag, hvor de får forståelse af sammenhænge mellem årsager og problemstillinger i den nære og fjerne omverden.

Læs mere på emu.dk/grundskole/



Faglige temaer

Som forberedelse til undervisningen kan læreren undersøge, hvilke faglige temaer problemfeltet byder på. Det kan for eksempel være disse:

1. FN's scenarier for klimaudvikling

FN's klimapanel arbejder med fire scenarier for klimaudvikling som følge af udledning af drivhusgasser, der tilsammen giver en helhedsforståelse af klimaudviklingens udfaldsrum. Det er den, forskerne i panelet baserer deres vurderinger på af den globale opvarmning, klimaforandringerne og deres konsekvenser. I fremtiden kan Katherine Richardsons forskning i alger meget vel

komme til at indgå i det vidensgrundlag, som scenarierne udregnes ud fra. For selv om de mikroalger, som Katherine Richardson forsker i, kun udgør en procent af Jordens plantebiomasse, optager den op mod halvdelen af den CO₂, der bliver optaget fra atmosfæren ved fotosyntese. Det placerer algerne som en helt central faktor i forhold til mængden af CO₂ i atmosfæren og dermed i forhold til klimaudviklingen. Læs mere om klimascenarier: klimatilpasning.dk/viden-om/fremtidens-klima/klimascenarier/



2. Tipping points

Klimaudviklingen har en række *tipping points* – processer, der ikke kan spoles tilbage, når bestemte punkter er passeret. Et eksempel er isens afsmeltning på polerne, der ifølge FN's klimapanel hænger sammen med atmosfærens opvarmning som følge af CO₂-udledning. Det vil sige, at afsmeltningen er udløst af menneskelig aktivitet, men afsmeltningen er første led i en kædereaktion, og uanset om CO₂-udledningen nedsættes, er udviklingen svær at vende. Jo mere is, der smelter om sommeren, jo ringere vil udgangspunktet være for at danne ny is om vinteren. Samtidig vil afsmeltningen påvirke andre processer, der kan accelerere den globale opvarmning – såsom dynamikken i havstrømmene og Jordens evne til at reflektere Solens lys og varme (albedo).

3. Den biologiske pumpe

Alger optager CO₂ via fotosyntese, og når de dør, vil nogle af dem synke til bunds og tage CO₂ med sig. Dermed slipper CO₂ ikke ud i atmosfæren, men bindes i havbunden. Transporten af CO₂ til havbunden kaldes den biologiske pumpe, og Katherine Richardson er overbevist om, at den har stor betydning for mængden af CO₂ i atmosfæren, og hvor stærk drivhuseffekten og dens klimapåvirkning er. Gennem DNA-analyser af sedimentkerneboringer fra havbunden er Katherine Richardson i færd med at undersøge, om der er udsving i mængden af alger, og hvordan den biologisk pumpe fungerer – eventuelt relateret til historiske klimaforandringer. Det kan forskerne få viden om ved at studere biodiversiteten i sedimentkernernes lag.



Faktaboks

De fleste planter i havet er alger. De store alger (makroalger) er tang, hvoraf de største kan blive op til 60 meter lange. Encellede alger (mikroalger) kaldes fyto- eller planteplankton. De kan blive fra et par mikrometer (en tusindedel millimeter) til 0,5 millimeter. Begge algetyper udfører fotosyntese ligesom planterne på landjorden og er afhængige af Solens stråler. Algerne vokser i de øverste vandlag, hvor der er lys. Når de dør, nedbrydes de enten i de øvre vandlag eller synker til bunds. Nedbrydes de, indgår de i et lukket stofkredsløb i de øvre vandmasser uden hverken at lægge til eller trække fra CO₂-mængden i atmosfæren. Synker de til bunds, binder de derimod deres CO₂ i havenes bundlag via den biologiske pumpe.

Ud fra de tre forslag til faglige temaer kan læreren tilrettelægge en undervisning med fremtidsscenarier for klimaet som omdrejningspunkt og koble det til Katherine Richardsons forskning i algers klimapåvirkning. Derudover kan læreren gøre undervisningen autentisk ved at inddrage elevernes egne forestillinger, holdninger og viden om klimaforandringerne.

Rammer

I tilrettelæggelsen af et forløb kan læreren tage højde for, hvilke muligheder problemfeltet og de faglige temaer giver for at rammesætte undervisningen:

1. Sammenhæng til andre fag

Fremtidens klima taler ind i mange sammenhænge, og det er derfor oplagt at arbejde tværfagligt med emnet – eksempelvis med matematikfaget om numerisk modellering eller med samfundsfag og historie om kulturens samspil med naturen igennem århundreder.

2. Metoder og arbejdsformer

Læreren kan tilrettelægge undervisningen ud fra en scenariedidaktisk ramme – det vil sige en ramme, hvor det specifikke scenarie for klimaudvikling, som eleverne arbejder med, afgør, hvilke faglige principper, begreber, taksonomier og metoder der skal i spil. En scenariedidaktisk tilgang er oplagt i fællesfaglige forløb, når arbejdsmetoder og indhold fra de tre udskolingsnaturfag skal anvendes fleksibelt. Læs mere om scenariedidaktik på emu.dk: emu.dk/grundskole/paedagogik-og-didaktik/undervisningsformer/simon-skov-fougt-scenariebaseret-undervisning

3. Eksterne læringsmiljøer

Mange professioner, samfundsinstitutioner, civilsamfundsorganisationer m.fl. beskæftiger sig med hele eller dele af klimadagsordenen. Klassen kan eksempelvis besøge en skovfoged eller en klimaorganisation afhængig af den valgte problemstilling. Eller klassen kan inddrage den lokale tekniske forvaltning til en drøftelse af, hvordan klimascenarier anvendes kommunalt.

Evaluering

Læreren kan planlægge evaluering af undervisningsforløbet fra starten og gennemføre den løbende. På den måde kan evalueringen give input til undervisningen undervejs.

Fra starten kan læreren overveje, hvad der kan lægges særligt mærke til i elevernes arbejde for at vurdere, om de anvender perspektiverings- og modelleringskompetencerne. Elever med perspektiveringskompetence vil eksempelvis kunne reflektere over sammenhængen mellem algers CO₂-optag og klimaforandringerne, mens elever med modelleringskompetence blandt andet vil kunne forholde sig kritisk til en model af den biologiske pumpe og forklare algerens betydning derudfra.



Gode ideer

Evaluér med en prøveeksamen

I udskolingen er det oplagt at integrere en miniature prøveeksamen som evaluering undervejs i undervisningen. Hvis modelleringskompetencen er i fokus, kan det forløbe på denne måde: En gruppe er til eksamen, mens resten af klassen lytter og noterer. Hvordan kommer gruppen ind på modeller? Hvordan perspektiverer de? Og hvordan bruger de sproget? Det giver udbytte at lytte til den fremlæggende gruppe og til, hvordan læreren stiller spørgsmål. Forløbet kan afsluttes med en feedback-session og fælles refleksion.

Gennem prøveeksamenen udveksles feedback på mange niveauer (lærer-elev, elev-elev og selvevaluering). Det kan give et godt udgangspunkt for senere at vurdere elevernes udvikling af kompetencer i en afsluttende evaluering.

Undervejs gennem forløbet kan læreren observere og lytte til elevernes sprogbrug, samtaler og forklaringsmetoder for at få indblik i deres udvikling af de naturfaglige kompetencer. Ud over den løbende og afsluttende evaluering kan læreren samle op på forløbet i naturfagsteamet eller med kolleger i en anden organisering, hvis skolen ikke har et naturfagsteam. Den faglige refleksion kan både nuancere indsigterne og gennem videndeling bidrage til at styrke den naturfaglige undervisning på skolen.



Hent eventuelt yderligere inspiration til evalueringsmetoder på emu.dk: emu.dk/grundskole/paedagogik-og-didaktik/evaluering-og-feedback

Forslag til undervisningen og til et forløb

Som indledning på undervisningen kan læreren vække elevernes nysgerrighed og forforståelser med konkrete eksempler, der kan aktivere deres egen viden og inddrage Katherine Richardsons forskning. Læreren kan eksempelvis spørge eleverne, om de selv har oplevet resultater af klimaforandringerne, og om de ved, hvordan deres egen kommune planlægger at ruste sig mod dem.

Læreren kan eventuelt også indlede undervisningsforløbet med at vise filmen "Before the Flood", der kan lånes på Det Danske Filminstituts streamingtjeneste. Filmen kan give eleverne et indblik i klimaforandringerne og i de intersemodsætninger, der findes om emnet. På den baggrund kan læreren initiere en klasserumssamtale om holdninger til klimaforandringer, og hvilke tiltag der vil kunne bremse dem.



Refleksionsspørgsmål

Læreren kan yderligere aktivere elevernes refleksion og forundring gennem klasserumssamtaler ud fra spørgsmål som disse:

- Hvad er egentlig forskellen på vejr og klima?
- Hvordan ved man, om klimaforandringer er årsag til oversvømmelser og skybrud?
- Tror du, at dine handlinger kan påvirke klimaet? Hvordan?

Undervisningen kan også lægge fra land med casen herunder, der kan give eleverne en forståelse af, hvordan klimaforandringer kan komme til udtryk i deres eget nærområde, ligesom den kan vise, at det er vigtigt for deres egen hverdag, at scenarierne er præcise. Det kan eksempelvis betyde, at kommunen kan sikre sig mod oversvømmelser.

Case



Nye kloakker i Nørre Skelsted

Den tekniske forvaltning i Nørre Skelsted Kommune er ved at planlægge nye kloakker i en del af byen. Kommunen har oplevet ekstremt vejr med skybrud og oversvømmelser flere gange gennem de seneste år, og de nye kloakker skal sikre byen mod fremtidige klimaforandringer.

Den tekniske forvaltning anvender FN's klimascenarier for at vurdere, hvad kloakkerne skal kunne klare. Scenarierne giver nogenlunde samme billede af, hvordan udviklingen vil være frem mod midten af århundredet. Men derefter forgrener de sig og giver vidt forskellige forudsigelser af temperaturstigningen, nedbørmængden og de andre klimaeffekter, der venter.

Det giver direktøren og medarbejderne i den tekniske forvaltning hovedbrud. For hvilket scenarium skal de orientere sig mod i planlægningen af kloakkerne? Det sikreste vil være at arbejde ud fra *worst case scenario* – altså ud fra scenariet med det mest ekstreme vejr. Men det vil også være den dyreste løsning, for så er små justeringer af det nuværende kloaknet ikke nok. Direktøren overvejer derfor at tage afsæt i et gennemsnitligt scenarie og designe kloakkerne med mulighed for at forstærke og udvide dem igen senere.

Inspiration til forløb

Et undervisningsforløb i *Fremtidsscenarier for Jordens klima* kan gennemføres på denne måde:

Opstartsfasen (2-4 lektioner)

Introduktion til forløbets indhold, mål, opgave, arbejdsformer og Katherine Richardsons forskning. Eleverne ser filmen "Before the Flood" og samler efterfølgende fælles op i klassen, hvor casen eventuelt også kan drøftes.

Undersøgelserforslag 1: Plankton under lup (4-6 lektioner)

Eleverne undersøger vandprøver med alger for at forklare planktons betydning for CO₂-optaget i havet og perspektivere til klimaforandringerne.

Undersøgelserforslag 2: Planters CO₂ optag (4-6 lektioner)

Eleverne undersøger planters CO₂-optag og lærer at forklare årsager og virkninger af naturlige og menneskeskabte ændringer i økosystemer.

Alle undersøgelser kan skaleres op eller ned i forløbet.

Undersøgelserforslag 1: Plankton under lup

Eleverne undersøger, hvilken betydning planteplankton har for CO₂-optaget i havet ved at undersøge små alger som udgangspunkt for at undersøge verdens klimaforandringer.

Formål

Eleverne tilegner sig viden om plankton og kan forklare planteplanktons betydning for CO₂-optaget i havet.

Fremgangsmåde

Som forberedelse til undersøgelsen kan læreren vise den korte film "Alger fra dybhavet". Find filmen her: virtuelgalathea3.dk/om/videoer.



Læreren kan herefter inddele eleverne i grupper og arrangere en ekskursion til stranden, en sø eller en anden vandbiotop for at tage vandprøver med alger, gerne i forskellige dybder. Tilbage på skolen kan eleverne arbejde med vandprøverne. Første skridt kan være at opstille hypoteser om, hvad der findes i prøverne, ud fra undersøgelsesspørgsmålet: Hvad lever i vandet, og er der forskel på, hvad der lever i forskellige dybder? Eleverne kan lægge en plan for, hvordan der undervejs tegnes og noteres i observationsskemaer.

Herefter kan eleverne gå i gang med selve undersøgelsen. En dråbe vand placeres på et objektglas, der lægges et dækglas på, og eleverne kan nu kigge på vandprøven gennem et mikroskop. Eleverne kan gruppevis tegne, hvad de ser og drøfte forskellene. Herefter kan de bruge en bestemmelsesdug, en hjemmeside eller en opslagsbog til at finde ud af, hvad de har fundet.

Eleverne kan så præsentere, hvad de har fundet frem til, herunder både resultatet af undersøgelsen og antallet af identificerede planteplankton. I forbindelse med præsentationen kan læreren bede dem reflektere over disse spørgsmål:

- Hvad var vores hypotese?
- Hvad gjorde vi og med hvilket udstyr?
- Hvordan ser vores resultater ud?
- Hvad tænker vi om resultaterne contra vores forventninger og vores hypotese?

Ved at inddrage undersøgelsens resultater kan klassen derefter i fællesskab forsøge at forklare, hvordan planteplankton kan "svømme" op og ned i vand-søjlen. Det vil sige, hvordan den nedadgående transport i den biologiske pumpe fungerer.



Tjekliste

Materialer til undersøgelsesforslag 1

- Plankton
- Mikroskop, objektglas og dækglas
- Beholder til opsamling af vandprøver
- Observationsskema
- Tablet, telefon eller kamera til at tage billeder med.

Undersøgelsesforslag 2: Planter CO₂-optag

Eleverne undersøger, hvordan planter optager og binder CO₂.

Formål

Eleverne forstår, at grønne planter, herunder planteplankton, kan binde CO₂ i en fotokemisk proces ved hjælp af stoffet klorofyl gennem fotosyntese. Eleverne forstår derudover, at planternes CO₂-optag kan bidrage til at forklare naturlige og menneskeskabte ændringer i økosystemer.

Fremgangsmåde

Læreren kan indledningsvist gennemgå teorien om den biologiske pumpe virkemåde og betydning for atmosfærens indhold af CO₂. Modeller og billeder af processen kan understøtte elevernes forståelse. Der kan også være behov for at genopfriske, hvordan fotosyntesen virker.

Efter den teoretiske indledning kan eleverne sætte tre reagensglas i stativ og placere en vandpest i to af reagensglassene. CO₂-indikator fyldes i alle tre glas, så planterne er dækkede, og væsken står lige højt i de tre glas. Eleverne kan derefter folde stanniol om det ene af de to glas med vandplanter, placere

stativet med reagensglassene lyst og lade det stå i flere dage, indtil de ser et tydeligt farveskifte i de to glas med planter. Forinden kan eleverne notere deres forventninger til, hvilket farveskifte der vil indtræffe.

Klassen kan nu diskutere disse spørgsmål: Hvorfor skifter vandet farve i de forskellige glas? Hvor er CO₂'en blevet af i glasset med planten? Og hvorfor er der et tredje glas med i undersøgelsen?

Med inddragelse af undersøgelsens resultater kan eleverne herefter forsøge at forklare processerne bag udviklingen i reagensglassene og sammenhængen med planteplankton. I den forbindelse kan eleverne søge efter viden om planteplankton og inddrage fotos over deres variation og liv. De kan eksempelvis undersøge: Hvad er plankton? Hvem spiser plankton? Hvad bliver CO₂ til i planktonet?



Tjekliste

Materialer til undersøgelsesforslag 2

- Demineraliseret vand
- Reagensglas, holder og etiketter til reagensglas
- Stanniol og sugerør
- Vandpestplante (kan købes i en akvariebutik)
- BTB bromthymolblåt (pH-indikator).

Med afsæt i undersøgelsen og filmen om Katherine Richardsons forskning kan klassen gå videre til at drøfte perspektiver vedrørende klimascenarier. Eleverne kan fremskaffe viden om FN's klimapanel og drøfte:

- Hvilke fremskrivninger præsenterer FN-klimapanelet (IPCC)?
- Hvilke fremtidsscenarier og konsekvenser forventer panelet?
- Hvordan vurderes konsekvenserne af de forventede klimaforandringer under forskellige grader af global opvarmning?
- Hvordan vurderes effekten af at reducere CO₂-udslippene?

Drøftelserne kan eventuelt knytte an til visning af filmen "Before the Flood", og læreren kan stille spørgsmål som: Hvad er forskellen på deterministiske og stokastiske fremskrivninger? Hvornår er noget viden? Er scenarier viden, når de ikke kan bevises? Og hvad betyder sandsynlighed i de forskellige scenarier?



Faktaboks

Hjemmesider om klimascenarier

- Miljøstyrelsen: klimatilpasning.dk/viden-om/fremtidens-klima/klimascenarier/ og klimatilpasning.dk/media/1397389/vejledning-i-anvendelse-af-udledningsscenarier.pdf
- Danmarks Meteorologiske Institut: dmi.dk/klimaatlas/

Progression

Dette er et ud af seks kataloger, som konkretiserer temaet om hav og klima i den antropocæne tidsalder hen over indskoling, mellemtrin og udskoling. Kataloget er målrettet undervisning i 9. klasse.

Den tematiske sammenhæng i de seks kataloger understøtter, at læreren kan arbejde med progression gennem skoleforløbet. Afsættet for progression kan for eksempel være, at katalogerne udvikler sig fra det nære og lokale i indskoling til samfundsmæssige og globale perspektiver i udskoling. Og fra konkrete fænomener mod et stadig højere abstraktionsniveau.

I dette tema ses udviklingen eksempelvis ved, at elevernes egne erfaringer med hav, vejr og klima er afsæt i indskoling, mens der i udskoling er fokus på problemstillinger vedrørende naturlige og menneskeskabte klimaforandringer og fremtidsscenerier. Som led i progressionen rummer katalogerne stigende problembaseret i undersøgelsesforslagene gennem skoleforløbet.

Sammenhængen kan i princippet gøre det muligt at anvende katalogerne som inspiration til undervisning i den samme klasse fra skolestart til afsluttende eksamen. Og den kan gøre det muligt at etablere et fælles fagligt afsæt i naturfagsteamet, uafhængigt af hvilket klassetrin den enkelte lærer i teamet underviser på. Hvert katalog kan dog også anvendes som inspiration til selvstændige forløb.

Sammenhængen mellem katalogerne fremgår af denne illustration:

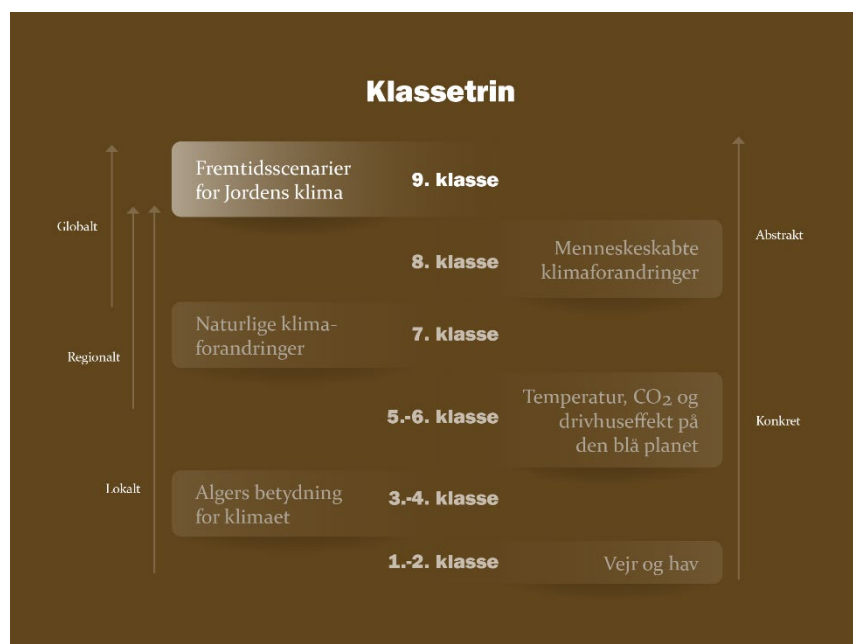


Illustration: Temaets progression gennem seks inspirationskataloger på langs af skoleforløbet.

Du står med en del af en samlet videnspakke

Alle materialer kan findes på emu.dk/grundskole/naturvidenskabstrategien



Vidensnotat

12 sider.

Planlægningsredskab

Otte sider til naturfagslærere og vejledere i grundskolen.

Fællesfagligt forløb

16 sider.

Udviklingsredskab

Fire sider til skoleledelserne.

PowerPoint-præsentation

Præsentation af de vigtigste pointer fra vidensnotatet.

Video

Speed drawing.



Bokssæt med 10 temamagasiner

10 film i lang og kort version

Forskerne fra de 10 temamagasiner præsenterer deres naturvidenskabelig forskning.



Podcasts



60 inspirationskataloger

(10 temaer til seks klassetrin)