

Biodiversitet som grundlag for natur og menneskeliv

”

Livet er ualmindeligt svært at slå ihjel. Det er meget resistent, og det betyder blandt andet, at klimaforandringer ikke er hovedtruslen mod biodiversitet – det er ødelæggelser af levesteder.

**Forsker:
Vi tager fejlagtigt naturen for givet**

Arternes verdenskort er fuldt af hvide pletter

Biodiversitetens krise truer både natur og mennesker

INSPIRATIONS-
MATERIALER
OM NY
NATURVIDEN-
SKABELIG
VIDEN

TemaMagasinet **IndBlik**

Biodiversitet kræver sammenhængende indsatser

Naturen stiller uanede mængder af gratis ressourcer og goder til rådighed for mennesker. Men ressourcerne forsvinder i takt med, at biodiversiteten falder. Forskere taler om, at vi står midt i livets sjette masseuddøen. De arter, der forsvinder nu, kommer aldrig igen.

Det er en krise, der rammer alle. Biodiversitetskrisen kan for eksempel true et lands bruttonationalprodukt (BNP) og også ramme hverdagens forbrug, når blandt andet kakao og dermed chokolade risikerer at blive en sjælden ressource og lige så dyr som kaviar.

Der er ifølge professor Carsten Rahbek ved Københavns Universitet en klar årsag til biodiversitetskrisen: mangel på plads. Derfor er løsningen ifølge professoren også, at "naturen får flere områder tilbage". Hvis naturen kan råde frit over 30 procent af vores samlede arealer, kan Jordens økosystemer klare sig, vurderer han. Men det kræver ambitiøse og sammenhængende indsatser, som forbinder stadig større områder af vild natur.

Carsten Rahbek er optimist, for både forskere, politikere og andre beslutningstagere har erkendt, at der er brug for ambitiøs handling. Nu skal befolkningerne bare overbevises, forklarer han.

Dette temamagasin præsenterer Carsten Rahbeks forskning, som foregår med udgangspunkt på Københavns Universitet. Magasinet introducerer biodiversitet som et tema, der kan didaktiseres fra 1. til 9. klasse.

Det er et tema, som eleverne kan relatere umiddelbart til deres hverdag, hvor de eksempelvis kan se blomster-

bier, sommerfugle og andre arter forsvinde, fordi mennesker fylder. Temaet knytter samtidig an til flere af tidens store spørgsmål såsom klimaforandringer, bæredygtig produktion og planetære grænser.

Temamagasinet afsæt er Carsten Rahbeks forskning i særligt arts- og biodiversitetsrige områder som Andesbjergene. Hans forskning kan blandt andet lære os noget om, hvad der skal til i Danmark for at påvirke biodiversiteten positivt. Og hvorfor der ikke er zebraer i Danmark.



Naturvidenskabens ABC

Temaet vedrører grundlæggende naturvidenskabelige erkendelser. 10 sådanne erkendelser er beskrevet i Naturvidenskabens ABC, der er udviklet for Børne- og Undervisningsministeriet. Erkendelser, der er relevante for dette tema, er:

- Natur, mennesker og samfund påvirker hinanden gensidigt (erkendelse 1)
- Jordens ressourcer er konstante og indgår i et kredsløb (erkendelse 3)
- Naturen er rig på biodiversitet (erkendelse 4)
- Alt liv har udviklet sig gennem evolution (erkendelse 5).

Se naturvidenskabens-abc.dk



10

Arternes verdenskort er fuldt af hvide pletter

Naturforskere har gennem århundreder udforsket og beskrevet arter. Alligevel kender vi fortsat kun en mindre del af arterne.

4

Forsker: Vi tager fejlagtigt naturen for givet

Jordkloden mister arter unaturligt hurtigt. Skal udviklingen vendes, må vi overlade 30 procent af vores samlede land- og vandarealer til naturen.



12

Biodiversitetens krise truer både natur og mennesker

Krisen er stadig udløst af, at mennesker optager en stadig større andel af Jordens areal og ressourcer.



16

Både mennesker og natur behøver biodiversitet

Naturen leverer gratis ydelser såsom rent vand og bestøvning – men ydelserne er truet af biodiversitetens krise. Gennem undervisning kan eleverne erkende muligheder for handling.



22

Overblik: Temamagasinet er en del af en samlet videnspakke

Seks inspirationskataloger hjælper undervisning i temaet på vej, film formidler forskningen, og redskaber understøtter naturfagsteams.

A middle-aged man with glasses and a maroon sweater is speaking. He is positioned in front of a world map. The text is overlaid on the lower part of the image.

Forsker: Vi tager fejlagtigt naturen for givet

Jordkloden mister arter 100 til 1000 gange hurtigere end naturligt, og op mod 70 procent af jordens økosystemer er degenererede. Skal den udvikling vendes, må vi overlade 30 procent af vores samlede land- og vandarealer til naturen, vurderer professor Carsten Rahbek.



Nysgerrigheden og viljen til at turde tænke tanken – og man må gerne turde tænke helt skævt. Det er der, forskningen starter for mig.

”Jeg sidder tit med som ekspert bag ved diplomater og politikere, der forhandler om biodiversitet. De lytter til forskningen og tager faktisk biodiversitetskrisen meget seriøst. Men vi er ikke der endnu, hvor befolkningerne er klar til at bakke op om de skridt, der nødvendigvis skal tages,” siger professoren, der leder Center for Makroøkologi, Evolution og Klima på Københavns Universitet. Han har gennem en år-række markeret sig blandt de førende forskere inden for biodiversitet internationalt set.

Den i dag 56-årige Carsten Rahbek blev ph.d. som 30-årig, lektor som 32-årig og professor som 36-årig.

Vi udrydder arter med stor hast

Biodiversitetskrisen handler om, at vi lige nu mister arter op mod 100 til 1000 gange hurtigere end naturligt. Sidste gang Jorden var vidne til noget lignende, var for 65 mio. år siden, hvor dinosaurerne uddøde sammen med 75 procent af datidens øvrige dyre- og plantearter. Mennesket bærer skylden, fortæller Carsten Rahbek:

”Årsagen til tilbagegangen i biodiversitet er, at mennesket optager pladsen og bruger næsten alle ressourcerne. Op mod 70 procent af Jordens økosystemer er påvirket af mennesket. Der mangler simpelthen plads.”

Arternes og økosystemernes krise er alvorlig, også for mennesker. Det er almindeligt antaget, at værdien af naturens gratis ydelser svarer til cirka 50 procent af den globale BNP, da økosystemerne leverer en række gratis ydelser såsom bestøvning af planter, vandrensning og cirkulation af næringsstoffer.

”Ni procent af den samlede volumen af føde på jorden er afhængig af vilde bestøvere, men samtidig har vi i et globalt perspektiv et totalt kollaps i antallet af insektarter og mængden af insekter. Så vi er inde og lege med de gratis goder, vi får fra naturen, som vi bare tager for givet”, forklarer professoren, der også peger på, at menneskers adfærd har halveret mængden af rent vand på Jorden gennem de seneste 40 år.



Den tilfældige skestork

Tilfældigheder har ifølge Carsten Rahbek stor betydning for, hvordan biodiversitet udvikler sig. Som eksempel fortæller han om skestorkens indtog i Danmark:

”Som ung ville jeg have været klar til at tage til Nordjylland, hvis nogen spottede en skestork deroppe. De fandtes ikke som fast bestand i Danmark. Men det gør de i dag. Hvorfor? Har vi nogen modeller, som kan forklare det? Nej, for det er en tilfældighed.”

”Tilbage i 1980'erne var der en stor koloni af skestørke i Holland med mange ringmærkede fugle. En sommer med ekstrem tørke var vandet, der omgav øen med ynglekolonien, tørret ud. En ræv blev set løbe ud til øen og ind i flokken af ynglende skestørke. De lettede så i samlet flok, hvorefter de fløj til Nordjylland. Nogle kom tilbage og ynglede året efter. Derfra har de siden bredt sig til resten af landet og England og Nordtyskland. Udløst af en tilfældig ræv et tilfældigt usædvanligt tørt år.”

Sværere end raketvidenskab

Hvis biodiversitetskrisen skal løses, er første skridt at se på, hvordan biodiversitet overhovedet fungerer. Men det er ikke let af udrede. Biodiversitet eksisterer nemlig som variation og mangfoldighed i både gener, arter, økosystemer og i interaktionerne imellem disse. Og biodiversiteten påvirkes i sine forskellige former af en lang række ekstremt komplekse faktorer.

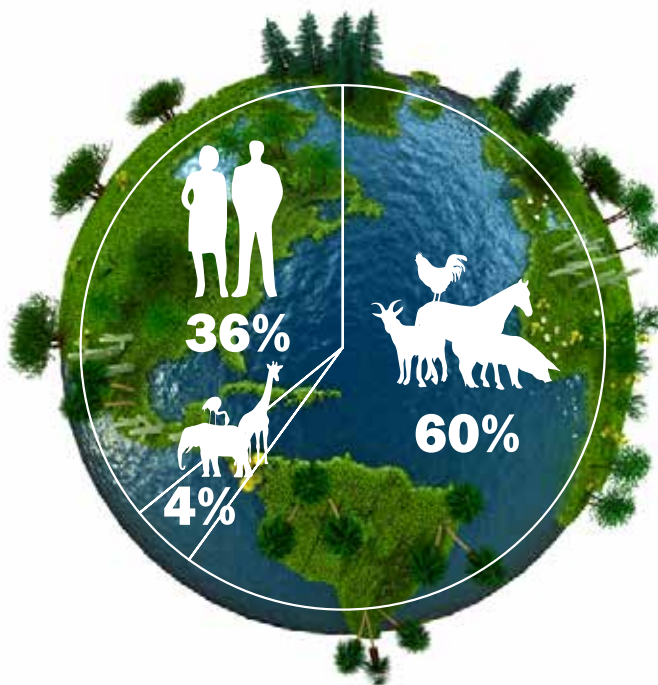
”Som nogle af mine kolleger nogle gange siger til mig: ”Nu skal du ikke gøre det til raketvidenskab, Carsten.” Hvor jeg så svarer: ”Det her er meget mere kompliceret end raketvidenskab!””

Kompleksiteten i biodiversitet handler blandt andet om, at arternes tilblivelse, eksistens og uddøen er underlagt vilkår, som endnu ikke er ordentligt forstået.

For eksempel er det ikke forklaret, hvorfor 85 procent af Jordens biodiversitet findes i de tropiske bjergegne, mens lavlandet Amazonas til sammenligning er artsfattig (om end meget artsrig sammenlignet med eksempelvis Europa). Handler det om biologiske interaktioner eller måske om kemi og geologi – altså om de mineraler og stenarter af vulkansk oprindelse, der findes i mange bjerge? Eller om sameksistensen af flere klimazoner tæt ved hinanden op langs siden ad et bjerg? Alle delene indgår som hypoteser i Carsten Rahbeks forskning i verdens mest artsrige område: Andesbjergene.

Mennesket fylder

Mennesket og menneskets husdyr udgør mere end nitten tyvendedele af klodens samlede biomasse af pattedyr.



Mennesker:	36 procent
Menneskers husdyr:	60 procent
De cirka 6500 andre pattedyr:	4 procent

”Jeg har gennem de senere år været med til at beskrive mønstret i, hvordan arter opstår og fordeler sig på Jorden og især i bjergegne. Jeg er overbevist om, at beskrivelsen er

præcis. Men samtidig er jeg ret sikker på, at vores forklaring på mønstret er forkert eller i hvert fald mangelfuld. Simpelthen fordi vi endnu ikke kan gennemskue alt, der er på færde.”

Udfordrer antagelserne

For 20 år siden antog man, at de fleste arter fandtes i lavlandet i troperne, mens der ikke var mange at komme efter i de tropiske bjerge. Noget, som Carsten Rahbek modbeviste i 1995 i sin ph.d.-afhandling, der blev det første af hans mange forskningsgennembrud. Udgangspunktet for afhandlingen var feltstudier gennem halvandet år i Andesbjergene.

”Jeg oplevede, at meget af det, jeg læste i videnskabelige artikler, ikke passede med det, jeg så ude i felten – i naturen. Så jeg fik mulighed for at forske i det og endte med at fjerne en konklusion om et universelt generelt gældende mønster, alle indtil da havde været enige om: Nemlig at antallet af arter falder med højden”, forklarer forskeren.

Han mener, at årsagen til hans succes som forsker skal findes i, at han sætter spørgsmålstejn ved det, vi alle sammen går og tror, at vi ved.

”Verden er så kompleks, at alle vi forskere forsimples den – simpelthen for at afgrænse og forstå den. Problemet er naturligvis, at hvis man tror på de forsimplede historier – som eksempelvis opstår, når man generaliserer ud fra noget specifikt og afgrænset – så risikerer man at bygge på forkerte antagelser og konkludere noget uden at opdage, at man tager fejl.”

Pas på historierne

Den helt store historie, som man ifølge Carsten Rahbek skal være kritisk overfor, er den grundlæggende

antagelse brugt i alle modeller til at forudsige biodiversitet. Nemlig antagelsen om, at naturen og alle arternes udbredelse er i konstant naturlig ligevægt med klimaet. Men nyere forskning viser ifølge Carsten Rahbek, at det er ikke tilfældet:

”Sammenhænge er langt mere komplekse, end modellerne typisk regner med. De historiske klimafluktueringer igennem istiderne er for eksempel mere bestemmende for, hvor arterne er i dag, end det nutidige klima er, og den globale opvarmning ser i sig selv ikke ud til at være den væsentligste trussel mod biodiversi-

teten. Signalet af evolution gennem hundrede tusinder af år er langt mere betydningsfuldt for arterne og økosystemerne end de nutidige processer. Det er tabet af levesteder – plads til naturen – som er den væsentligste årsag til krisen”, påpeger Carsten Rahbek og slår fast:

”Samtidig kan en stor del af biodiversitetens mønstre på Jorden forklares med tilfældigheder. Men det er rigtig svært at lave en model for, at der sker hændelser, som er tilfældige, og som forandrer alting. Det er derimod nemt, men forkert at lave ligevægtsmodeller med nutidigt klima.”

Biodiversitetens grundprincipper

Der er ifølge professor Carsten Rahbek fire hovedprocesser eller grundprincipper for, hvordan biodiversitet udvikler sig:

- Artsdannelse og tilpasning, der sker gennem evolution.
- Arternes vandringer, altså hvordan individer flytter sig rundt og derigennem ændrer arternes geografiske udbredelse.
- Arternes opretholdelse af bestande i forhold til ressourcer, herunder også biologiske interaktioner som konkurrence om ressourcerne.
- Arternes uddøen, der er naturlig – men ikke i det omfang og med den hast, som ses i dag.

Carsten Rahbek forklarer, at fordelingen af liv på Jorden kan forklares ud fra disse grundprincipper, og viden om disse kan bruges til at beskrive situationens alvor for biodiversiteten i dag:

”Når verden forandrer sig, så har du som art tre muligheder – tilpasse dig, flytte dig eller dø. I forhold til tilpasning, så sker forandringer i klima og økosystemer så hurtigt, at det ikke er en mulighed for alle arter. Der er heller ikke mange chancer for at flytte sig, fordi vi har fjernet naturen de fleste steder. Så derfor tror vi, at rigtig mange arter risikerer at uddø.”

Naturen er som finansmarkederne

Af den grund skal modellerne udfordres, mener Carsten Rahbek. Ved hjælp af stor computerkraft er det i dag muligt at samle historiske og aktuelle udbredelsesdata for alle arter og på den baggrund regne på, hvordan biodiversitetens globale mønstre egentlig ser ud – og hvordan

de vil udvikle sig, når klimaet forandrer sig, økosystemer ødelægges, og når tilfældigheder sker. Men modellerne skal udsættes for virkeligheden, påpeger Carsten Rahbek:

”Forskere bygger i de her år modeller for, hvordan Jordens biodiversitet har set ud igennem hundredtusindvis af år med stor præcision i forhold til

geografisk sted og tid. Modelresultaterne af denne virtuelle computer-verden skal herefter sammenlignes med virkeligheden. Når det så sker, at modellerne faktisk ikke beskriver virkeligheden i dag ret godt, er det også ligetil at sige, at de antagelser, modellerne bygger på, nok heller ikke er gode til at forudsige fremtiden.”

Modellerne skal ikke mindst være bedre til at integrere tilfældigheder. Tilfældigheder betyder nemlig meget i biologiens verden – lidt ligesom uforudsete hændelser påvirker finansmarkederne.

”De modeller, jeg udvikler, minder om de mest avancerede modeller, man søger at bygge til at forudsige aktiekurser på længere sigt. På finansmarkederne ved man godt, at der kan opstå noget uventet – en epidemi, Trump, krig eller andet – som påvirker udviklingen uforudsigeligt. Vores naturvidenskabelige modeller skal kunne det samme. De skal kunne tage højde for det, vi ikke ved, hvis vi skal levere mere præcise forudsigelser om fremtiden for biodiversitet i en foranderlig verden”, forklarer Carsten Rahbek.

I Humboldts og Wallaces fodspor

Vejen til at forstå biodiversitet handler ifølge Carsten Rahbek om at beskrive de grundlæggende principper, som biodiversiteten følger – ikke om at studere enkeltstående eksempler og så ophæve dem til generelle sandheder:

”Jeg plejer at sige, at hvis jeg skal studere biodiversiteten i Gribskov, så må

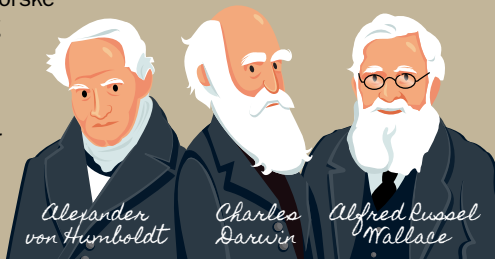
Humboldt, Wallace og Darwin

Carsten Rahbeks forskningsmæssige forbilleder er Friedrich Wilhelm Heinrich Alexander von Humboldt (1769-1859), Charles Darwin (1809-1882) og især Alfred Russel Wallace (1823-1913). Alle tre var som Carsten Rahbek optaget af at forstå biologi, geografi og biodiversitet ud fra et holistisk perspektiv baseret på naturhistoriske observationer indsamlet fra hele verden og sat i forhold til den geofysiske variation i verden.

Alexander von Humboldt var en tysk naturvidenskabsmand og samfundsdebattør, der regnes blandt grundlæggerne af den moderne geografi og plante-fysiologi. Humboldt var blandt andet som Carsten Rahbek meget optaget af Andesbjergene. Det var på en rejse til Sydamerika, at Humboldt udviklede sine mest berømte idéer, herunder idéen om klimazoner.

Charles Darwin var en engelsk naturforsker, der er almindeligt kendt som evolutionsteoriens ophavsmand. En ære, han dog deler med en anden engelsk naturforsker, den opdagelsesrejsende Alfred Russell Wallace, der uafhængigt og samtidig med Darwin erkendte, at arterne udvikler sig gennem naturlig selektion.

Wallace er ifølge Carsten Rahbek fader til den holistiske og naturhistoriske forståelse af samfundsökologien, biogeografien og evolutionsbiologien, og han brugte lang tid på at udforske og beskrive arterne på lange og besværlige rejser ind i landet og væk fra kysterne, især på Sydøstasiens mange store øer og i Sydamerika. Wallaces idéer er stadigvæk den dag i dag i centrum for megen forskning.





Vi bor på en ukendt planet! For eksempel har vi beskrevet omkring 1,7 millioner arter på Jorden, men der findes mange flere – nogle mener, at der er mellem 10 og 15 millioner, andre at der er op til 50 millioner arter.

målet være at lære noget, som også er gyldigt for en skov i Japan. Kun ved at hæve sig til at se holistisk på naturen og se de store linjer kan man opnå en bedre forståelse af biodiversiteten.”

Den holistiske ambition placerer Carsten Rahbek i selskab med store naturforskere i historien såsom Alexander von Humboldt, Charles Darwin og Alfred Russell Wallace. De forsøgte at se helheden i naturen og de gensidige sammenhænge, som alle enkeltstående tilfælde er udtryk for.

”Det, der karakteriserede forskere som Wallace, Darwin og von Humboldt, var, at de indsamlede mange observationer fra mange steder og prøvede at forklare holistisk, hvordan tingene hænger sammen. Det er også den måde, jeg laver forskning på. Jeg plejer at sige til mine studerende, at nu løfter vi lige blikket fra Excel-arket og prøver at kigge ud ad vinduet og bruge vores felterfaringer og naturhistoriske viden til lige at tænke over, hvordan det hele mon hænger sammen”, fortæller professoren og tilføjer, ”at man kan ikke forstå verden ved blot at se, hvilke arter der er i en kokasse i Danmark.”

De store linjer vender tilbage

Gennem sin karriere har Carsten Rahbek været begunstiget af store forskningsbevillinger. Det har gjort det muligt for ham at bruge tilstrækkelig tid til at se længere ud end de enkelte casestudier, indsamle data fra hele verden og komme mere i dybden. Og så er det hans held, at han lever i en tid, hvor computere gør det muligt at bearbejde meget store datamængder:

”Med den computerkraft, vi har i dag, kan vi samle alle de mange, mange millioner af observationer af forekomster af arter, der er gjort gennem tiden. På den baggrund kan vi skabe det store overblik, og ud fra de fire hovedprocesser eller grundprincipper, der bestemmer fordelingen af livet på Jorden, begynder vi at nærme os en forståelse af, hvordan det hele hænger sammen (se faktaboksen 'Biodiversitetens grundprincipper'). Ambitionen er at beskrive naturens biologiske love.”

Det er blandt andet på ryggen af det forskningsfremskridt, at politikere i dag kan konkludere, at naturen skal have meget mere plads tilbage, hvis vi skal bremse biodiversitetskrisen – for

Europas vedkommende har EU med tiltrædelse af alle medlemslandene besluttet, at 30 procent af land- og vandarealerne skal være natur. Nogle forskere mener, at naturen skal have halvdelen af Jordens areal.

”Jeg tror, at 30 procent er nok. Ikke ekstravagant, men det går. Og der er ingen tvivl om, at det betaler sig. De gratis ydelser, vi får fra naturen, vil være rasende dyre – om overhovedet mulige – at lave kunstigt. Rent vand til Jordens befolkning – hvordan klarer vi for eksempel det? Og hvad med kaffe, kakao – og dermed chokolade – og andre planter? Er vi klar til at undvære dem i fremtiden, fordi de bliver for dyre, da der ikke er nok insekter til at bestøve dem eller velegnede jorde nok tilbage at dyrke dem på og på en måde, så der kan produceres nok til den globale efterspørgsel?”

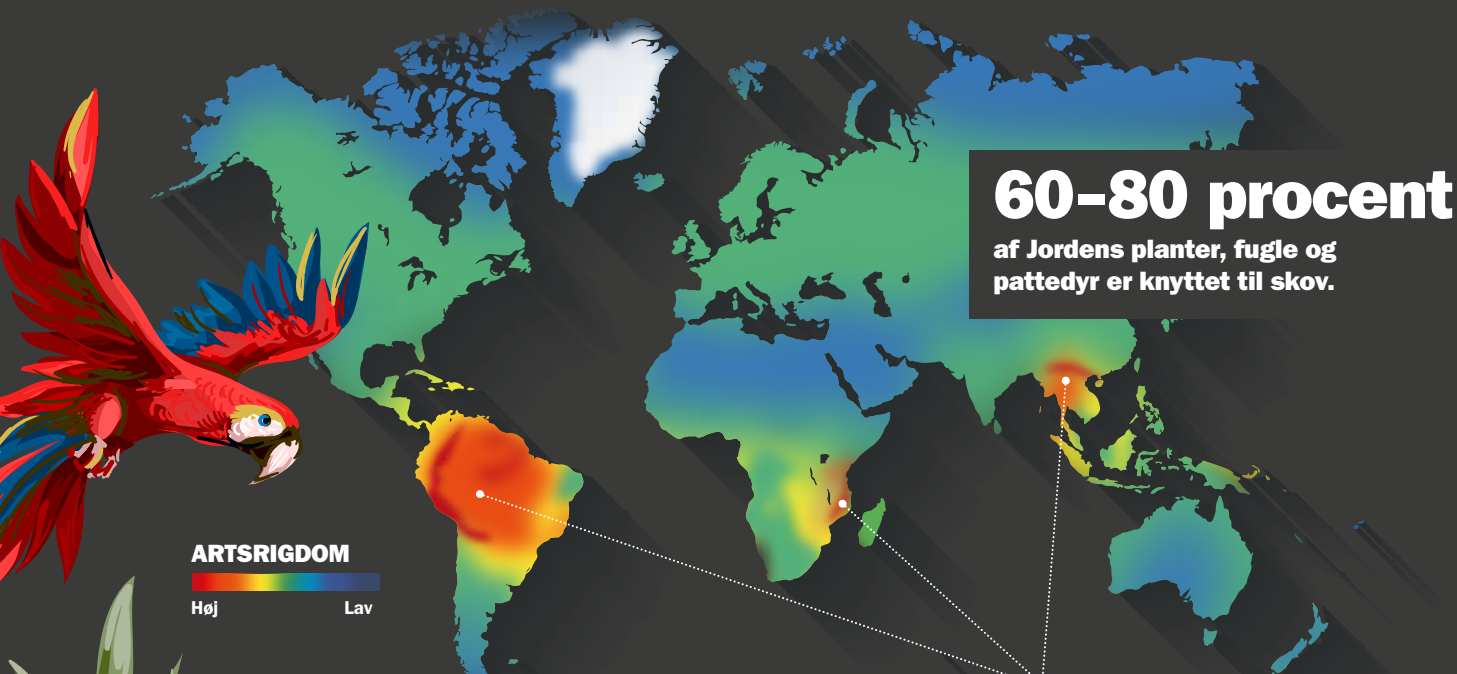


Arternes verdenskort er fuldt af hvide pletter

Siden Alexander von Humboldt, Charles Darwin og Alfred Russell Wallace har naturforskere arbejdet på at opdage, udforske og beskrive arterne. Men vi kender fortsat kun en brøkdel af arterne på Jorden.

Forskere har i dag navngivet omkring 1,7 millioner dyre- og plantearter. Men beregninger viser, at de kun udgør en lille andel af Jordens samlede artsdiversitet. Afhængig af beregningsmetoder og definition af artsbegrebet lyder de fleste estimater, at Jorden rummer mellem otte og 50 millioner arter.

Pattedyr, fugle og padder



60-80 procent

af Jordens planter, fugle og pattedyr er knyttet til skov.

ARTSRIGDOM



Høj Lav

Det fremgår af kortet, at artsdiversiteten af pattedyr, fugle og padder er størst i tropene. Kortet viser også, at artsdiversiteten er særligt høj i tropisk bjergskov.

90 procent

af Jordens artsdiversitet findes i tropene.

Jordens artsrigdom er skævt fordelt

Men hvordan fordeler arterne sig så på Jorden? Som det fremgår af dette opslag, er der store biogeografiske forskelle. For eksempel er der observeret 114 forskellige arter af træer pr. fire hektar i Congo, mens vi i hele Danmark har i alt 70 arter af træer og buske på lidt mere end fire millioner hektar.

Et af biologiens faste mønstre er breddegradienten. Den tilsi-ger eksempelvis, at antallet af arter i Danmark er mindre end i Centraleuropa, men større end i Nordnorge. Tilsvarende er der færre arter i Europa end i troperne. Skove er det økosystem med størst biodiversitet.

The mountain puzzle

To af de store spørgsmål, som Carsten Rahbek arbejder på at besvare, er: Hvorfor er der forskel på biodiversiteten for- skellige steder på Jorden, og hvad bestemmer, hvor høj eller lav biodiversiteten er i et område?

Selv om videnskabsmænd og -kvinder helt fra Alexander von Humboldt har ledt efter svaret, er det ikke fundet endnu. Carsten Rahbek mener, at det blandet andet skyldes, at vi endnu ikke forstår bjergenes rolle i artsdannelse. Han taler ligefrem om 'the mountain puzzle'.

Hvirveldyr i bjergene

Kun 15 procent af alle beskrevne arter er marine, til trods for at to tredjedele af Jordens overflade er hav.

ARTSRIGDOM



Det fremgår af kortet, at artsdiversiteten af hvirveldyr (med undtagelse af slanger) er særligt høj i tropiske bjergområder såsom Andesbjergene og til dels Hima- laya-bjergene sammenlignet med artsdiversiteten i tropisk bjergskov i eksempelvis Afrika. Desuden er bjergområder i troperne mere artsrige end bjergom- råder længere væk fra ækvator, hvor artsdiversiteten ikke adskiller sig nævneværdigt fra lavlandet.

90 procent
af alle pattedyr findes
i bjergområder.



Biodiversitetens krise truer både natur og mennesker

Carsten Rahbek og andre forskere taler om, at vi står midt i en biodiversitetskrise med potentielt set store konsekvenser. Kernen i krisen er, at økosystemer og arter forsvinder og fortrænges af mennesker, som udnytter og påvirker en større og større andel af Jordens areal og ressourcer.

Biodiversitet er et forholdsvis nyt begreb, som første gang blev introduceret i 1980'erne. Ordet er en sammentrækning af 'biologi' og 'diversitet', og det dækker over både variation inden for og mellem arter og over mangfoldigheden af hele økosystemer. Biodiversitet handler således om bakterier, svampe, planter, dyr og alt andet levende på Jordens land, vand og i luften.

Biodiversitet findes på flere niveauer – nemlig som:

- *Økosystemdiversitet*

Mangfoldigheden af økosystemer i et givent område er en form for biodiversitet. Da arter lever sammen i de forskellige økosystemer, er det vigtigt at bevare så mange forskellige økosystemer som muligt. Jo mere komplekse og forskelligartede økosystemerne er i et givent område, des større er økosystemdiversiteten.

- *Artsdiversitet*

Den mest kendte form for biodiversitet er artsdiversiteten, som handler om mangfoldigheden af dyr, planter, alger og svampe i et givent område. Jo flere arter, der findes i et givent område, des højere artsdiversitet er der tale om.

- *Genetisk diversitet*

Genetisk diversitet er en tredje form for biodiversitet. Den handler om variation af gener inden for en bestand eller art. Jo større genetisk variation, des mindre sårbar er en artsbestand i forhold til sygdomme. Desuden mindskes risikoen for indavl.

Menneskers intensive udnyttelse af vand- og landarealer til blandt andet landbrug, fiskeri og bebyggelse og menneskers brug af naturressourcer såsom ferskvand gør, at vi i disse år taber biodiversitet i meget stor skala. Det gælder både i Danmark og i resten af verden. Man taler derfor om, at vi er i en global biodiversitetskrise.

Den sjette store masseuddøen

Det er ikke i sig selv unaturligt, at arter uddør. Det sker som en del af evolutionen og er lige så naturligt, som at nye arter opstår. Historien rummer derfor mange eksempler på, at arter er opstået og siden uddøet.

Arter uddør ikke nødvendigvis på baggrund af naturkatastrofer – som det skete for eksempelvis dinosaurerne. Arter kan også uddø som følge af, at økosystemet, de er en del af, og alle de andre arter, som findes der, også hele tiden ændrer sig. Det forskubber konstant konkurrenceforholdene og de samlede livsbetingelser en lille smule, og det kan i sidste ende vise sig fatalt for både individer og arter.

Gennem Jordens historie er arter flere gange uddøet i hobetal. Senest var for cirka 65 millioner år siden, hvor dinosaurerne forsvandt i forbindelse med den femte store masseuddøen på Jorden.

I dag udspiller den sjette masseuddøen sig for øjnene af os, og arter uddør i rekordfart. Forklaringen er ikke denne gang meteornedslag, vulkanudbrud eller lignende – nutidens fald i arts- og biodiversitet skyldes, at habitater forsvinder, og at livsbetingelser derfor ændrer sig så dramatisk og så hurtigt, at organismernes ikke kan nå at tilpasse sig de nye levevilkår.

Artsdannelse er konstant

Artsdannelse er en meget langsom proces, der derfor kan være svært at observere direkte. Artsdannelse foregår ved, at der sker ændringer i den genetiske sammensætning hos eksisterende arter. Det står på konstant i det små. Hvis en art eksempel-

vis bliver geografisk adskilt i mindre populationer, vil de genetiske forandringer i hver population føre til en gradvis større og større genetisk forskel mellem populationerne.

Hvis de genetiske ændringer med tiden fører til, at to populationer med fælles stamtræ ikke længere kan få fertilt afkom, er populationerne pr. definition to forskellige arter.

Forskere vurderer, at vi er meget langt fra at have kortlagt verdens arter – nogle estimerer, at cirka en sjettedel af alle de arter, som findes, er kortlagt. Andre forskere vurderer, at vi har kortlagt langt mindre. Måske så lidt som en tyvende- eller tredivtedel.

Et stort spørgsmål er, hvad der driver artsdannelse. Er det alene konkurrencen mellem arter? Eller spiller det for eksempel også en rolle, hvilke klimazoner eller hvilken geologi arterne opholder sig i?

Geologien er en faktor, som professor Carsten Rahbek er ved at undersøge. Han arbejder ud fra en hypotese om, at giftige mineraler i vulkanske bjergarter kan presse arter til at tilpasse sig og derved drive artsdannelsen i vejret.





Beregninger viser, at 30-50 procent af det globale BNP kommer fra de økosystemstjenester, som vi med stor hast er i gang med at ødelægge.

Biodiversitetskrisen er menneskeskabt

Der er blandt forskere ingen tvivl om, at faldet i biodiversitet skyldes menneskelig påvirkning. Den mangfoldighed af liv, der i dag findes på Jorden, er ved at blive fortrængt af befolkningers efterspørgsel på ressourcer såsom fødevarer og træ. Flere og flere områder med for eksempel regnskov inddrages til landbrug, skovbrug, fiskeri, bebyggelse til boliger, produktion m.m. Det sker på bekostning af biodiversiteten.

Biodiversitetskrisen skyldes mangel på plads. Eller som Carsten Rahbek ynder at sige det: Der er tre hovedårsager - mangel på plads, mangel på plads og mangel på plads.

Hvorfor er tab af biodiversitet et problem?

Tab af biodiversitet har stor betydning for Jorden og for vores samfund både lokalt og globalt. En sund biodiver-

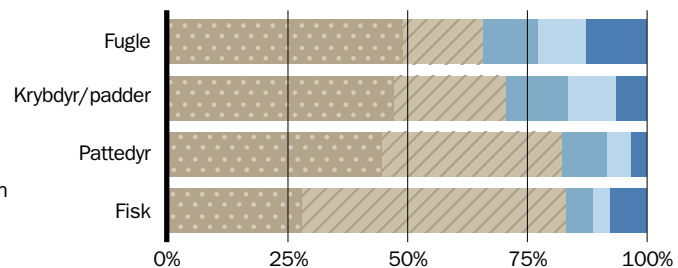
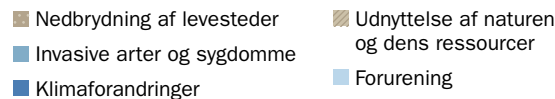
sitet, hvor arter opstår, udvikler sig og uddør i et naturligt tempo, og hvor arternes samspil med hinanden og med abiotiske forhold som jordbundsforhold, næringsstoffer m.m., skaber nemlig velfungerende økosystemer, der kan danne grundlag for naturressourcer såsom rent vand, bestøvning, ilt osv.

Ud over den værdi, som naturen og dens mangfoldighed har i sig selv, har naturen også en økonomisk værdi for mennesker. De naturressourcer, som økosystemerne leverer, er nemlig forudsætninger for menneskers liv, samfund og produktion. Det er fra naturen, vi får drikkevand, bestøvning af frugt bærende buske og træer og andre afgrøder osv.

Beregninger viser, at 30-50 procent af det globale BNP kommer fra de økosystemstjenester, som vi med stor hast er i gang med at ødelægge.

Tab af levesteder er en stor trussel mod biodiversiteten

The Living Planet-rapporten vurderer vigtige drivkræfter for artsnedgang.



Figurtekst: Biodiversitetskrisen skyldes menneskers påvirkning eller ligefrem ødelæggelse af økosystemer. Vi forbruger det meste af Jordens plads og ressourcer. Selv om der er lidt variation i, hvilke faktorer der har mest indflydelse på de enkelte grupper af arter, har ødelæggelse af habitater størst indflydelse på fugle, krybdyr og padder, pattedyr, mens fiskeri har størst indflydelse på fisk.

Bemærk: En stikprøve på 3.789 populationer evalueret af the Living Planet Index. Kilde: <https://livingplanet.panda.org/en-us/>



Tre forskningseksempler: Biodiversitet undersøges i Danmark og i resten af verden

Biodiversitet er et anliggende for alle i hele verden, og forskning på området involverer blandt andet både borgerinddragelse i Danmark og ekspeditioner til fremmede egne, som disse eksempler illustrerer.

1. Københavns Universitet: Studier i makroøkologi og udforskning af grundlæggende principper for diversitet af liv på Jorden

"En af de ting, som vi viser, er, at vi hænger fast i en forkert tro på, hvordan livet på Jorden er fordelt. Det vender op og ned på rigtig mange ting, også hvordan klimaforandringerne påvirker biodiversiteten på Jorden," fortæller Carsten Rahbek. Han og hans kolleger har blandt andet vist, at bjergområder har utrolig stor biologisk mangfoldighed og er levested for 85 procent af verdens padder, fugle og pattedyr. Carsten Rahbek modtog i 2020 en bevilling fra Villum Fonden på 40 millioner kroner til at

forske videre inden for netop dette område. Et af formålene i projektet er at observere, hvordan det står til med biodiversiteten i Andesbjergene, hvilket kan give viden om, hvordan vi i fremtiden skal handle for at sikre en høj biodiversitet.

Læs mere på: <https://www.akademikerbladet.dk/magasinet/2019/magisterbladet-nr-11-2019/carsten-rahbek-vil-forstaa-livets-naturlove>

2. Københavns Universitet: Projekt Myrejagten

Forskning i biodiversitet, særligt i forhold til kortlægning og forståelse af de mønstre, der ligger til grund for forskelle i biodiversitet forskellige steder på Jorden, kræver mange data. Data, som fremkommer ved observationer i naturen, hvilket er meget tidskrævende. I de senere år har forskere forsøgt at involvere borgere i forskningsprojekter også kaldt citizen science-projekter. I dette projekt har skoleelever og børnefamilier indsamlet viden om myrers kostvaner ved at udsætte lokkemad og talt antallet

af myrer. Der blev indsamlet 16.831 myrer og fundet 29 arter, hvoraf en er helt ny i Danmark. Ved at sammenligne de indsamlede resultater med ældre resultater kunne forskerne konkludere, at arter næsten er unaturligt stabile. Det vil sige at de hverken er blevet mere almindelige eller mere sjældne.

Læs mere på: <https://snm.ku.dk/besoeg-os/skoletjenesten/materialer/myrejagten>

3. Aarhus Universitet: Projekt Biowide

Dette projekt dækker over den hidtil mest grundige udforskning af Danmarks landbaserede biodiversitet. Hvis vi også i fremtiden skal sikre biodiversiteten, bliver forskerne nødt til at udvikle metoder på baggrund af viden til at forvalte den vilde natur. Dette projekt har givet belæg for, at planter kan bruges til at forudsige artsrigdommen af en bred

vifte af andre organismer lige fra store svampe, laver og mosser til snegle og edderkopper.

Læs mere på: <https://bios.au.dk/forskningraadgivning/temasider/biowide/>

Både mennesker og natur behøver biodiversitet

Hvis vi også i fremtiden skal kunne drage fordel af naturens gratis ydelser såsom rent vand og bestøvning, skal vi give biodiversiteten bedre vilkår. Gennem undervisning ud fra Carsten Rahbeks forskning kan eleverne opleve betydningen af deres egne valg i den forbindelse og forstå, at det er muligt at handle.

Carsten Rahbek forsker i makroøkologi, evolution og klima, og han er en af verdens førende forskere inden for biodiversitet og biodiversitetskrisen. Hans forskning kan være en indgang til at lære om det tætte sammenspil mellem mennesker og natur. Carsten Rahbeks løsningsorienterede tilgang kan samtidig motivere eleverne og gøre dem bevidste om, at der endnu er tid til at handle.

Seks inspirationskataloger, der er udarbejdet i forlængelse af dette temamagasin, giver naturfagslærere og -teams konkrete forslag til at gennemføre undervisning om biodiversitet. De seks inspirationskataloger er målrettet forskellige klassetrin og præsenterer autentiske problemstillinger, som

eleverne kan arbejde problembaseret og undersøgende med. Katalogerne sætter hver især fokus på et selvstændigt undertema i relation til Carsten Rahbeks aktuelle forskning.

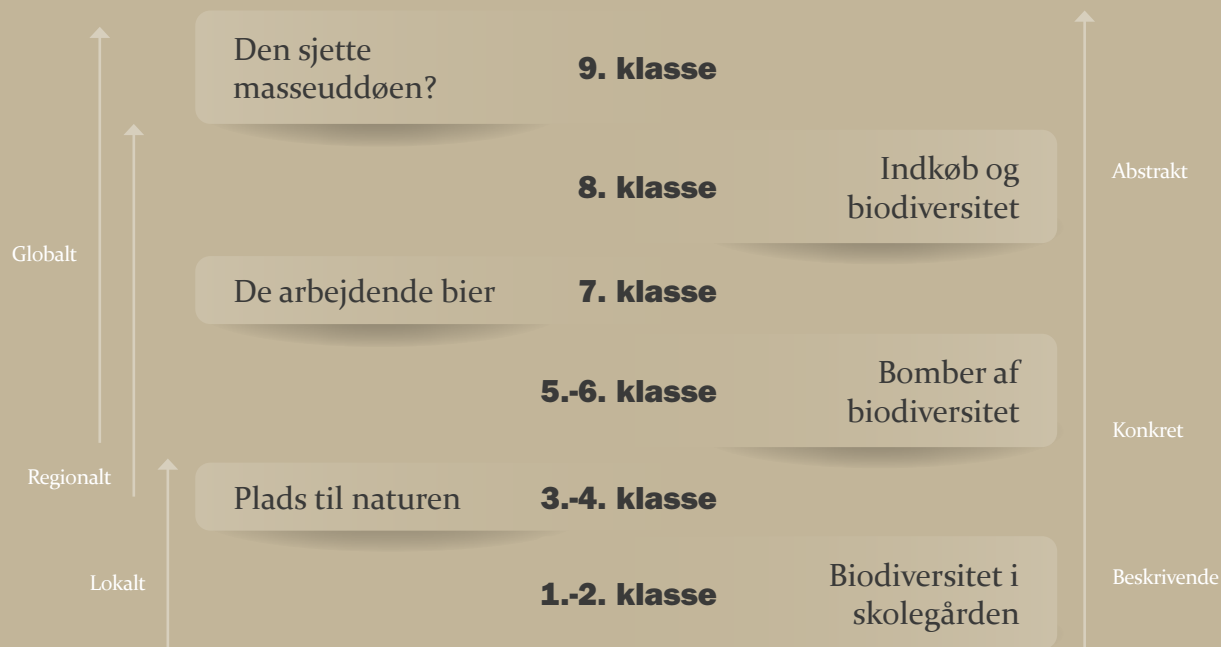
Fra skolegårdens biodiversitet til masseuddøen på kloden

I natur/teknologi i 1.-2. klasse får eleverne en grundlæggende viden om dyrs levevilkår. På dette klassetrin arbejder eleverne primært med undersøgelser på baggrund af naturlig undren og nysgerrighed. I 3.-4. klasse kan eleverne arbejde med og lære at definere, hvad natur egentlig er. I 5.-6. klasse kan eleverne undersøge, hvordan frø spirer, og udvikle deres kompetence til at kommunikere naturfaglig viden.

I 7. klasse understøtter inspirationskataloget, at eleverne undersøger og kommunikerer om betingelser for biodiversitet. I 8. klasse kan eleverne beskæftige sig med, hvordan indkøb af dagligdagsvarer kan påvirke klodens biodiversitet. I 9. klasse introduceres dataanalyse som metode til at arbejde problembaseret med naturforvaltning.

De seks inspirationskataloger giver naturfagslærere og -teams forslag til at skabe progression gennem elevernes skolegang i arbejdet med biodiversitet. Inspirationskatalogerne danner således samlet set et sammenhængende forløb gennem skoleforløbet, samtidig med at hvert enkelt katalog udgør et afrundet emne (undertema) i sig selv.

Klassetrin



Progression og den røde tråd

Figuren illustrerer temaets progression gennem inspirationskatalogerne, der dækker hele skoleforløbet fra 1. til 9. klasse. Figuren viser dermed også den faglige røde tråd i forhold til temaet.

Inspirationskatalogernes undersøgelses- og aktivtetsforslag har progression fra det nære og lokale som skolegården i indskolingen og til samfundsmæssige og globale perspektiver i udskolingen.

Graden af problembasering i forslagene øges gennem skoleforløbet, ligesom der sker en udvikling

fra det beskrivende over mere konkrete fænomener i indskolingen og på mellemtrinnet mod et højere abstraktionsniveau i udskolingen.

Gennem skoleforløbet får eleverne forudsætninger for at arbejde med biodiversitet, biodiversitetskrisen og menneskets påvirkning. Forløbet understøtter tilegnelse af viden om dyr og planter, levesteder, variation i biodiversitet i forskellige biotoper samt befolkningers påvirkning af økosystemer og menneskets ansvar og mulighed for at handle til fordel for biodiversiteten.

Indsigt i biodiversitet kan motivere elever til handling

På tværs af de seks inspirationskataloger løber tre røde tråde, der kan være med til at skabe undring og viden, som tilsammen gør eleverne i stand til at handle og bidrage til at løse biodiversitetskrisen.

1. Forskning giver viden til at løse biodiversitetskrisen

I alle seks inspirationskataloger er der fokus på forskning og på de gennembrud i form af ny viden, nye modeller og handlingsforslag, som Carsten Rahbek og andre forskere repræsenterer. De forskningsmæssige gennembrud kan danne grundlag for de ambitiøse initiativer, der skal til for at overkomme biodiversitetskrisens udfordringer, og som potentielt kan medføre ændringer i livsstil, forbrugsmønstre, produktion og samfundets indretning.

2. Jordens mangfoldighed

Jorden er rig på arter, og særligt i Andesbjergene er biodiversiteten høj. Det har Carsten Rahbek påvist i sin forskning. Selv om biodiversiteten ikke er nær så rig i Danmark, vil elever kunne få en aha-oplevelse, når de ryster en gren på et træ eller undersøger, hvilke bestøvere der besøger æbletræerne i lokalområdet. På tværs af alle inspirationskatalogerne lægges der vægt på at give eleverne en direkte og konkret oplevelse af naturens mangfoldighed for at styrke deres bevidsthed om, hvorfor vi skal passe på naturen.

3. Jordens befolkning og interesser påvirker økosystemerne

Mangel på plads på grund af menneskelig påvirkning eller ligefrem ødelæggelse af økosystemer er den største årsag til den faldende biodiversitet. Eleverne vil gennem de forskellige inspirationskataloger få et indblik i de interessekonflikter, der opstår, når de skal være med til at skabe mere plads til naturen. Aktiviteterne kan være med til at give eleverne indsigt i, hvordan de selv kan være med til at handle på en af de største udfordringer, vi som verdensbefolkning står overfor.



Ud af klasselokalet

Temaet om klodens biodiversitet inviterer til aktiviteter ud af huset. Sådanne aktiviteter kan skabe variation i undervisningen og være med til gennem sanselige oplevelser at give eleverne hukommelsesknager. På den måde kan aktiviteterne understøtte elevernes læringsudbytte. Ud af huset-aktiviteterne kan desuden være med til at knytte undervisningen til autentiske problemstillinger, der tager udgangspunkt i nærområdet.

Aktiviteterne kan indgå i alle forløb og variere i omfang og i forhold til graden af elevstyring. Som eksempler kan nævnes:

- Undersøgelse af biodiversiteten på skolen eller i lokalområdet
- Samarbejde med lokale virksomheder om for eksempel forbrug af naturressourcer i forhold til at skabe viden og forståelse samt at motivere eleverne til at arbejde med autentiske problemstillinger
- Scenariobaserede undersøgelser, hvor eleverne løser komplekse problemstillinger, som kræver involvering af for eksempel lokalsamfundet
- Besøg hos specialister inden for biodiversitet som eksempel museer
- Deltagelse i citizen science-projekter med fokus på biodiversitet.

Læreren kan få inspiration til konkrete ud af huset-aktiviteter, undersøgelser og besøg i de enkelte inspirationskataloger. Desuden er det oplagt at kontakte Det Nationale Videnscenter for skole-virksomhedssamarbejde (se mere på nvhus.dk/om-os/om-tek-tanken) i forbindelse med samarbejde med virksomheder eller skoletjenesten.dk for inspiration til at udvikle undervisning med inddragelse af eksterne undervisningsmiljøer.

Udvikling af inspirationskatalogerne

Der er udviklet i alt 10 sæt inspirationsmaterialer og i alt 10 naturvidenskabelige temaer, herunder dette om biodiversitet. De øvrige temaer dækker over blandt andet klimaforskning og -tilpasning, bæredygtigt byggeri, vedvarende energi, gener og fedtceller, ferskvand, det teknologiske samfund, rumforskning og mørkt stof.

I hvert sæt indgår der et temamagasin, en film og seks inspirationskataloger med inspiration til undervisning i det pågældende tema på forskellige klassetrin. Fagudviklere fra professionshøjskoler har udviklet indholdet på baggrund af forskerens input og i samarbejde med arbejdsgrupper med lærere.

Det har været enormt spændende at komme så tæt på en forsker og få lov til at føre forskningen med videre ud til eleverne. Jeg har været i faget i 20 år, og så er det rigtig godt, at nogen hiver lidt i en og siger, at verden er altså kommet videre. Det synes jeg, at det her materiale bidrager til.

Lærer John Obbekjer,
Birkhovedskolen

Ved at arbejde med biodiversitet og Carsten Rahbeks forskning får eleverne et indblik i et spændende forskningsfelt, og samtidig får eleverne en unik chance for at arbejde med autentiske problemstillinger.

Fagudvikler Line Stald,
VIA University College

Seks inspirationskataloger om biodiversitet

De seks inspirationskataloger, som inspirerer til undervisning i Carsten Rahbeks aktuelle forskning, er tilrettelagt med henblik på de naturfaglige kompetenceområder og Fælles Mål:



**1.-2.
klasse**

Biodiversitet i skolegården

Kompetenceområder i fokus:
Undersøgelse

Fælles Mål:
Organismer, undersøgelser i naturfag i 2. klasse.



**5.-6.
klasse**

Bomber af biodiversitet

Kompetenceområder i fokus:
Undersøgelse og perspektivering

Fælles Mål:
Teknologi og ressourcer, natur og miljø, formidling, ordkendskab og faglig læsning og skrivning, undersøgelser og perspektivering i naturfag i 6. klasse.



**3.-4.
klasse**

Plads til naturen

Kompetenceområder i fokus:
Modellering

Fælles Mål:
Naturen lokalt og globalt, undersøgelser i naturfag, modellering i naturfag i 4. klasse.



7.
klasse

De arbejdende bier

Kompetenceområder i fokus:
Undersøgelse og kommunikation

Fælles Mål:

Biologi: Økosystemer, undersøgelser i naturfag

Fysik/kemi: Produktion og teknologi, modellering i naturfag

Geografi: Naturgrundlag og levevilkår, undersøgelser i naturfag.



8.
klasse

Indkøb og biodiversitet

Kompetenceområder i fokus:
Undersøgelse og perspektivering

Fælles Mål:

Biologi: Økosystemer, anvendelse af naturgrundlaget, undersøgelser og perspektivering i naturfag

Fysik/kemi: Produktion og teknologi, undersøgelser og perspektivering i naturfag

Geografi: Globalisering, undersøgelser og perspektivering i naturfag.



9.
klasse

Den sjette masseuddøen?

Kompetenceområder i fokus:
Undersøgelse og modellering

Fælles Mål:

Biologi: Økosystemer, perspektivering i naturfag

Geografi: Globalisering, undersøgelse i naturfag

Fysik/kemi: Produktion og teknologi, perspektivering i naturfag.

Læs mere ...

De seks inspirationskataloger er struktureret ud fra en fagdidaktisk ramme, som understøtter systematisk planlægning og udførelse af undervisningen.

Rammen er grundigt udfoldet i 'Vidensnotat om kompetenceorienteret naturfagsundervisning'. En proces for at arbejde i naturfagsteamet med inspirationskatalogerne til temaet om biodiversitet ud fra

den fagdidaktiske ramme er beskrevet i 'Udviklingsredskab til kompetenceorienteret naturfagsundervisning til naturfagsteams'.

Begge dele kan sammen med de seks inspirationskataloger hentes på emu.dk/grundskole/naturvidenskabsstrategien.

Du står med en del af en samlet videnspakke

Hent pakkens indhold her: emu.dk/grundskole/naturvidenskabstrategien



Bokssæt med 10 temamagasin



60 inspirationskataloger (10 temaer til seks klassetrin)

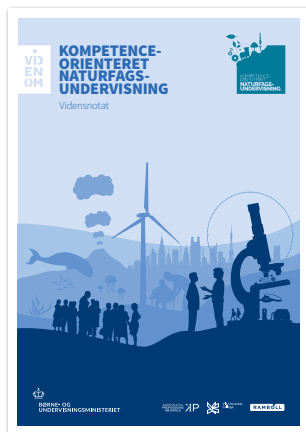


10 film i lang og kort version

Forskerne fra de 10 temamagasin præsenterer deres naturvidenskabelig forskning.



Podcasts



Vidensnotat
12 sider.



Planlægningsredskab
Otte sider til naturfagslærere og vejledere i grundskolen.



Eksemplarisk fællesfagligt forløb
16 sider til naturfagsteams og -lærere.



Udviklingsredskab
Fire sider til skoleledelserne.



PowerPoint-præsentation
Præsentation af de vigtigste pointer fra vidensnotatet.



Video
Speed drawing.



Udarbejdet af Rambøll Management Consulting,
Københavns Professionshøjskole og VIA University
College for Børne- og Undervisningsministeriet.

Eftertryk med kildeangivelse er tilladt.

Design & illustrationer
Campfire & co.

Fotos
B2Bfilm ApS

ISBN
87-603-3298-0 (web udgave)
87-603-3294-8 (trykt udgave)



**BØRNE- OG
UNDERVISNINGSMINISTERIET**