

# Naturen set fra rummet

”

Hvis vi skal gøre os noget håb om at lave gode modeller af klimaet, så bliver vi nødt til at observere hele Jorden på en gang. Det gør vi nemmest fra rummet – det er faktisk den eneste måde at gøre det på.

**Jorden kan begribes i sin helhed fra rummet**

**Rumforskningens teknologier åbner for nye horisonter**

**Elever kan zoome ud og udforske Jordens natur fra rummet**

INSPIRATIONS-  
MATERIALER  
OM NY  
NATURVIDEN-  
SKABELIG  
VIDEN

TemaMagasinet **IndBlik**

# Et blik udefra på Jordens natur og klima

Rumforskning kan handle om fjerne solsystemer og forestillinger om liv i det ydre univers. Men rumforskning giver også en unik mulighed for at undersøge Jorden og dens natur udefra. Fra rummet kan Jorden underkastes undersøgelser, der ikke lader sig gøre på Jorden.

Teknologier som satellitter og laserstråler kan beskrive både store sammenhænge og mindre detaljer om planets status og udvikling. Der er viden at hente i rummet, som giver muligheder for at undersøge eksempelvis Jordens klima og økosystemer.

Forskningen hjælpes på vej af en teknologisk udvikling, der hele tiden rykker ved grænserne for, hvad der kan lade sig gøre. Som Danmarks førende rumforsker – professor John Leif Jørgensen fra Danmarks Tekniske Universitet (DTU) – forklarer, skal rumforskningens teknologier være relevante årtier frem i tiden og under langt mere ekstreme forhold end på Jorden. Den ambition har blandt andet gjort det muligt at scanne træer med lasere monteret på satellitter, der konstant roterer om Jorden.

Forskningen og den teknologiske udvikling er drevet frem af forskernes ønsker om at bedrive noget hidtil uset, og store forskningsprojekter bærer navne, der bevidst klinger af Star Wars. Som GEDI og *May the forest be with you*. Det er ifølge John Leif Jørgensen lige så eventyrligt, som det lyder.

Dette temamagasin præsenterer John Leif Jørgensens forskning og giver en introduktion til udforskning af Jordens natur fra rummet som et tema, der kan didaktiseres fra 1. til 9. klasse. Træernes rolle i det globale økosystem er magasinet omdrejningspunkt. Elever kan til daglig følge med i nyheder og begivenheder om naturens udvikling i en tid, hvor planetære grænser er under pres. På den måde knytter magasinet tema an til elevernes hverdag. Temaet knytter også an til elevers daglige miljø, hvor de oplever træer i haven, i skoven og i skolegården.

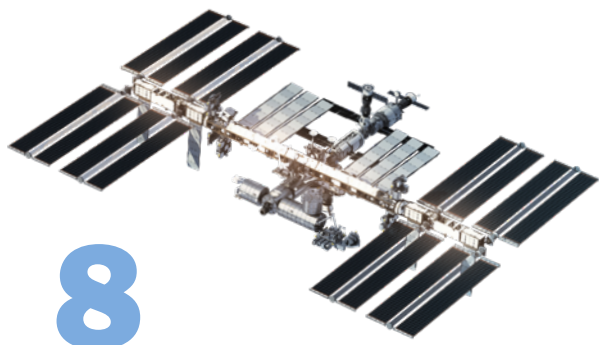
## Naturvidenskabens ABC

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

Erkendelserne, der er relevante for dette tema, er:

- Natur, mennesker og samfund påvirker hinanden gensidigt (erkendelse 1).
- Jordens overflade og klima udgør et dynamisk system (erkendelse 2).
- Fundamentale fysiske naturkræfter virker overalt i universet (erkendelse 8).
- Solsystemet er en meget lille del af en enkelt af milliarder af galakser i universet (erkendelse 10).

Se [naturvidenskabensabc.dk](http://naturvidenskabensabc.dk)



# 8

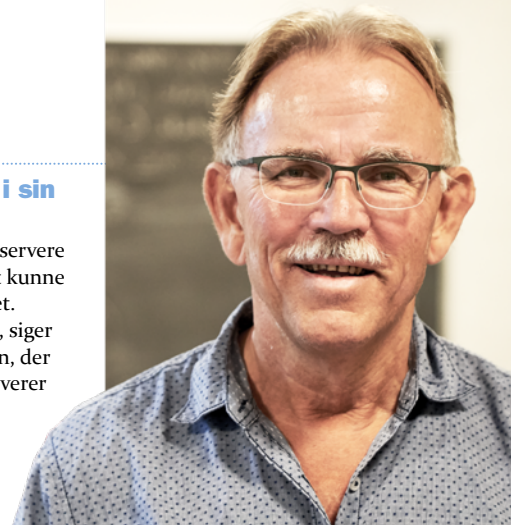
## Skovens tilstand kan måles fra rummet

Jordens træer spiller en nøglerolle i det globale økosystem, der blandt andet har indflydelse på klimaforandringer. Træernes samlede rolle kan kun studeres fra rummet.

# 4

## Jorden kan begribes i sin helhed fra rummet

Forskere bliver nødt til at observere hele Jorden på en gang for at kunne lave gode modeller af klimaet. Det kan kun ske fra rummet, siger professor John Leif Jørgensen, der gennem sin rumforskning leverer afgørende viden til at løse blandt andet klimakrisen.



# 10

## Rumforskningens teknologier åbner for nye horisonter

Rumforskning leverer konsekvent nye horisonter om universet og om Jorden set udefra. Samtidig skubber rumforskningen hele tiden på teknologiudviklingen.



# 16

## Elever kan zoomer ud og udforske Jordens natur fra rummet

Elever kan gennem rumforskning opdage, at naturfagene ikke kan undvære hinanden, siger professor John Leif Jørgensen. Han mener, at eleverne gennem et teknologisk blik fra rummet mod Jorden kan blive begejstrede og opdage nye handlemuligheder.



# 22

## Overblik: Temamagasinet er en del af en samlet videnspakke

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

# Jorden kan begribes i sin helhed fra rummet

”Hvis vi skal gøre os noget håb om at lave gode modeller af klimaet, så bliver vi nødt til at observere hele Jorden på en gang. Det gør vi nemmest fra rummet – det er faktisk den eneste måde at gøre det på.” Sådan siger professor John Leif Jørgensen, der gennem sin rumforskning leverer afgørende viden til at løse klimakrisen og andre af klodens store kriser.

**D**et kan være nemmere at skabe overblik og forstå de store sammenhænge, når tingene ses på afstand.

Af blandt andet den grund er 64-årige John Leif Jørgensen – Danmarks eneste professor i rumfartsteknologi – med til at sende satellitter i rotation om Jorden eller ud i det ydre rum. Det sker i samarbejde med European Space Agency (ESA), National Aeronautics and Space Administration (NASA) og andre organisationer. Satellitterne er forskernes forlængede arme på opdagelsesrejser i rummet. De udforsker ikke blot det ukendte univers – de kaster også nyt lys tilbage på vores egen planet.

”Alt hvad du ved om klimaet, det er målt fra rummet”, siger John Leif Jørgensen, mens han vender pegefingeren opad. Blikket følger fingerens retning mod de kameraer, laserkanoner og andet teknologisk udstyr, der er monteret på satellitter og Den Internationale Rumstation (ISS), og som giver forskerne et teknologisk blik på Jorden udefra.

### **Teknologisk blik fra rummet på vand og træer på Jorden**

Det teknologiske blik fra rummet medfører blandt andet ny viden om vandets cirkulation på Jorden. På den baggrund kan forskere forudse, hvor risikoen for akut mangel på ferskvand er størst, og hvilke muligheder der er for at afværge risikoen. Det teknologiske blik kan også hjælpe til at forstå

Jordens tyngdefelt i detaljer og til at beskrive havstrømmene, så skibstrafikken bedre kan udnytte dem og spare på brændstoffet.

Det er også i kraft af det teknologiske blik, at John Leif Jørgensen sammen med sine forskerkolleger har kunnet begive sig ud på en aktuel mission kaldet GEDI – med bevidst ordspil på Star Wars-universets Jedi-riddere. GEDI er en forkortelse for Global Ecosystem Dynamics Investigation, og det er en mission, som scanner Jordens træer ved hjælp af infrarød laserteknologi monteret på Den Internationale Rumstation. Der scannes store skovområder ad gangen for at vurdere deres bidrag til det globale økosystem, herunder til kulstofkredsløbet gennem optag af CO<sub>2</sub>.

”Vi har brug for at kende klimaets udvikling i detaljer, og træerne i skovene

og algerne i havet er ansvarlige for 65 procent, altså to tredjedele af den optagelse af CO<sub>2</sub>, der er i hele verden. Derfor skal vi også vide, hvor meget CO<sub>2</sub> der optages i skovene, eftersom hvert træ optager CO<sub>2</sub> fra atmosfæren og producerer ilt og vækst gennem fotosyntese til gavn for vores klima. Jo større et træ er, desto mere CO<sub>2</sub> optager det”, forklarer John Leif Jørgensen.

### **Skove kan optage CO<sub>2</sub>**

Rumforskeren følger op med et spørgsmål – og besvarer det selv:

”Hvordan kan vi fra rummet finde ud af, om en skov har det godt? Eller skovene i en hel region eller på et helt kontinent? Det kan vi, fordi en satellit har den fordel, at den kun er lidt over en time om at komme rundt om Jorden. Stille og roligt scanner den planeten, og hver tredje dag har vi dækket hele Jorden med GEDI (...)

### **Ørsted-satellitten**

Danmarks første satellit hed Ørsted. Satellitten blev opsendt 23. februar 1999, og dens opgave var blandt andet at måle Jordens magnetfelt. På baggrund af data fra Ørsted er der udviklet avancerede modeller af Jordens magnetfelt, som anvendes over hele verden til blandt andet at søge efter olie og mineraler.

Ørsted-satellitens mission er i dag afsluttet og afløst af Swarm-missionen. Den hører under Den Europæ-

iske Rumorganisation ESA og er stadig aktiv (foreløbigt frem til 2033). Ørsted-satellitten var opkaldt efter den danske fysiker, kemiker og farmaceut Hans Christian Ørsted (1777-1851), der er verdensberømt for at have opdaget elektromagnetismen. Ørsted var også den første, der isolerede rent aluminium.

Læs mere om Swarm-missionen hos DTU Space: [space.dtu.dk/forskning/projektlister/swarm](https://space.dtu.dk/forskning/projektlister/swarm)

(...) På den måde kommer alle Jordens træer på kort tid inden for vores søgefelt”, forklarer han.

Metoden går mere konkret ud på at skyde laserstråler fra GEDI-måleapparatet på Den Internationale Rumstation ned mod Jorden. Selv om det kunne lyde som en science fiction-film, er det dog ikke ren og skær stjernekrig:

”Vi skal vælge en farve på laseren, som ikke bliver stoppet for meget af atmosfæren. Dernæst rammer den trætoppene, byer og veje – den rammer også dig og mig. Vi skal sørge for, at den ikke blænder flyvemaskiner og slår folk ihjel – så vi skal gøre den eye safe. Den skal være så svag, at den ikke skader nogen”, forklarer John Leif Jørgensen.

For at få flest mulige data spredes strålen ud gennem et kæmpe teleskop på Den Internationale Rumstation. Når strålen rammer Jorden, er den 25

meter bred. Det betyder, at den kan ramme et bånd, der er 30 kilometer bredt på få sekunder, fordi stationen bevæger sig med otte kilometer i sekundet.

”Vi bruger en grøn laser, der er skabt til at måle, hvor meget biomasse der er i træerne. Vi måler simpelthen, hvordan den her stråle dæmpes ned igennem træet og til sidst når jordoverfladen, hvor en del af lyset bliver reflekteret. Så ryger lyset tilbage gennem trætoppen en gang til. Når det så returnerer op til os, kommer der en ret svag stråle tilbage, og den er nem nok at måle”, forklarer John Leif Jørgensen og understreger, at forskerne især er interesserede i træernes vækstsæson:

”Når en skov vokser hurtigt, optager den meget CO<sub>2</sub>, og når den vokser langsomt, optager den næsten intet. Det betyder meget for klimaeffekten. Derfor er vi interesseret i vækstsæsonerne – forår og efterår. Det er der,

træerne vokser mest”, forklarer professoren.

### ”May the forest be with you”

John Leif Jørgensen forklarer, at det var ”helt fantastisk” at modtage de første data fra Amazonas:

”Vores data bidrager i første omgang til den grundforskning, som biologer også interesserer sig for: Hvornår har et træ det godt? Hvad stresser træet under tørke og brande? Hvornår er væksten tilbage? Den slags ting vil vi gerne vide. Specielt i forhold til de skove, der ligger langt væk fra menneskene – for det er den skov, der er mest af.”

Han peger på en plakat med GEDI's motto med den velkendte skrifttype fra Star Wars-filmene.

”Det er en helt vidunderlig mission. Vi har taget mottoet *May the forest be with you* på grund af navnet GEDI. Når jeg har ministre på besøg, viser jeg den plakat. De kigger altid på den med store øjne”, siger rumforskeren og smiler.

### Hver dag er et eventyr

Smilet er en fast følgesvend for John Leif Jørgensen, når han fortæller om sin karriere og sin forskning. Begge dele er eventyrlige, synes han.

Forskeren er en af de første danskere på sit felt og er i dag en del af DTU

## Den Internationale Rumstation (ISS)

Den Internationale Rumstation (ISS), som er vært for GEDI-måleinstrumentet, er en rumstation i kredsløb om Jorden i en højde af cirka 386 kilometer. Rumstationen vejer omtrent 450 ton, og den bevæger sig med en fart på 27.700 kilometer i timen. Den fuldfører næsten 16 kredsløb rundt om Jorden per døgn.

ISS dækker jordkloden fra den 53. nordlige til den 53. sydlige breddegrad. Det betyder, at GEDI-måleinstrumentet i kraft af ISS' rotation om kloden dækker cirka 95 procent af jordklodens skove.

Læs mere om ISS på: [nasa.gov/mission\\_pages/station/main/index.html](https://nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html)



Space: Institut for Rumforskning og Rumteknologi. Det danske institut er blandt verdens førende, og faktisk er instituttets rumforskning ifølge forskeren verdens bedste på hele fire forskellige områder: røntgeninstrumenter til rummet, stjernekameraer til satellitter, magnetfeltmåling i rummet og på Jorden samt radarmåling af is og vandstand.

Selv om John Leif Jørgensen er med til at bryde ny grund for rumforskningen, er han bevidst om, at hans forskning står på skuldrene af en lang naturvidenskabelig tradition. Som eksempel nævner han Hans Christian Ørstedes opdagelse af, hvordan magnetfelter og elektriske felter påvirker hinanden.

”Ørstedes opdagelse har ændret verden og måden, vi ser tingene på – det har gjort Danmark berømt. Siden da har det at måle magnetfelter været en dansk specialitet”, vurderer John Leif Jørgensen, der selv har taget tråden fra Ørsted op i sin egen forskning:

”Tidligere var der faktisk ingen, der kendte og målte Jordens magnetfelter. Det ville vi gerne! Ved at måle Jordens magnetfelter kan vi sikre navigation for skibe og fly, finde miner på landjorden, undersøge hvordan fugle migrerer, og hvorfor hvaler navigerer, som de gør. Vi kan også blive klogere

”Jeg vil ikke have en dårligere verden til mine børn, end den jeg selv modtog. Det er en driver for mig: at gøre de rigtige ting og ikke de forkerte.

på de partikelstorme, der kommer fra Solen, og som er den største trussel for at slå menneskeheden ihjel”, siger John Leif Jørgensen. Han peger på, at det såkaldte rumvejr er i stand til at ødelægge al elektronik og elektriske systemer – fra vindmøller over el- og datanettet til mobiltelefoner og computere.

På grund af Ørstedes opdagelse var det for John Leif Jørgensen naturligt, at den første danske satellit, som blev opsendt i 1999 og havde til opgave at måle Jordens magnetfelter, netop fik sit navn efter Ørsted.

### **Altid mod nye horisonter**

John Leif Jørgensen er med egne ord ”barn af månelandingen”, og det er den skelsættende begivenhed fra juli 1969, der har sat sig fast i professorens sind og inspireret ham til at arbejde med rumforskning.

”Jeg kan huske, at ligegyldigt hvem jeg spurgte, så var der ingen, der kunne svare på, hvordan det kunne lade sig gøre. Min mor og far plejede at vide alt, men dér kom de til kort. Det kunne de dumme mænd, der kommenterede på tv, heller ikke. Og det generede mig virkelig. Så måtte jeg simpelthen ’bøge’ den. Dengang havde vi ikke Google. Til gengæld havde vi bøger med en kvalitet, der

er noget bedre, end det der findes på nettet”, forklarer professoren.

Det frø, som blev plantet i barnet John Leif, har siden vokset sig stort og er blevet til en passion – ikke kun en passion for at lære universet at kende eller for at udvikle ny teknologi:

”Jeg vil ikke have en dårligere verden til mine børn, end den jeg selv modtog. Det er en driver for mig: at gøre de rigtige ting og ikke de forkerte. Hvis verden skal være et godt sted at være for mennesker om 20 år, skal vi gøre vores arbejde ordentligt.”

Vejen til at skabe en bedre verden handler for John Leif Jørgensen om hele tiden at udvikle, gøre det unikke og arbejde sig frem mod nye horisonter inden for teknologisk kunnen. Den ambition ser ud til at stå på tærsklen til et gennembrud, forklarer John Leif Jørgensen og henviser til den spritnye teknologi PROBA-3:

”Det, vi gør i øjeblikket, er at ændre måden, vi kommer til at lave satellitter på i fremtiden. Det er en forskning, som, jeg tror, vil ændre verden. Det er nemlig en gamechanger, fordi du kan lave en mission 10 gange billigere end i dag. Derfor bliver effekten også, at vi får mere ud af vores missioner”, forudsiger han.

# Skovenes tilstand kan måles fra rummet

Jordens træer spiller en nøglerolle i det globale økosystem, der blandt andet har indflydelse på klimaforandringer. Træernes samlede rolle kan kun studeres fra rummet.

Set under ét repræsenterer Jordens træer en enorm biomasse, der er en vigtig faktor i det globale økosystem. Et økosystem, der blandt andet huser kulstofkredsløbet, som er tæt knyttet til klimaforandringer.

Med instrumentet GEDI (The Global Ecosystem Dynamics Investigation) studerer forskere fra DTU i NASA-regi den tredimensionelle struktur af Jordens skove. Det vil sige skovenes højde over jordoverfladen og trækronernes struktur. På den baggrund kan forskerne blandt andet vurdere, hvor meget CO<sub>2</sub> træerne optager.

## Fordele ved GEDI

GEDI er monteret på Den Internationale Rumstation (ISS), og det giver følgende fordele:

Der er mange genbesøg, da ISS overflyver Jorden mange gange i døgnet i forskellige baner.

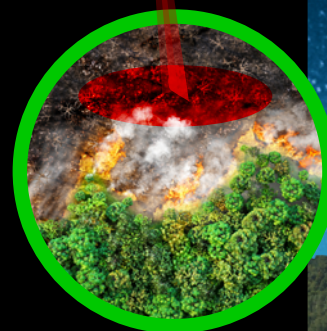
GEDI-instrumentet dækker 95 procent af Jordens overflade. En tilsvarende dækning kan ikke opnås med nogen instrumenter på Jorden.

GEDI er et meget stabilt instrument, fordi det er fastgjort på en rumstation uden for atmosfæren.

Læs mere hos NASA: [nasa.gov/feature/goddard/2018/gedi-to-measure-earths-forests](https://nasa.gov/feature/goddard/2018/gedi-to-measure-earths-forests)

## Sentinel-2B

## Skovbrande



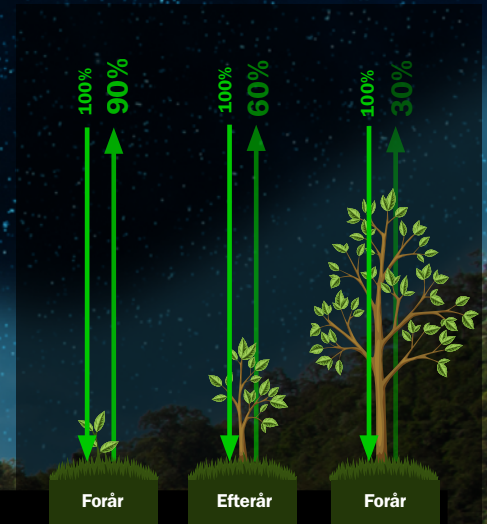
ESA's satellit Sentinel-2B kan afdække skovbrande med forstærkede infrarødmålinger. Med visuelle billeder i naturlige farver kan forskere sammenligne med røgdannelse. Det kan endvidere gøre ved at bruge Sentinel HUB EO Browser. Se: [apps.sentinel-hub.com/eo-browser](https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser)



## ISS Den Internationale Rumstation

Den grønne laser  
måler klorofyl-  
indholdet i  
træernes blade.

Den infrarøde laser  
måler CO<sub>2</sub>-indholdet  
i skovenes vækstzoner.



## Grønne og røde lasere

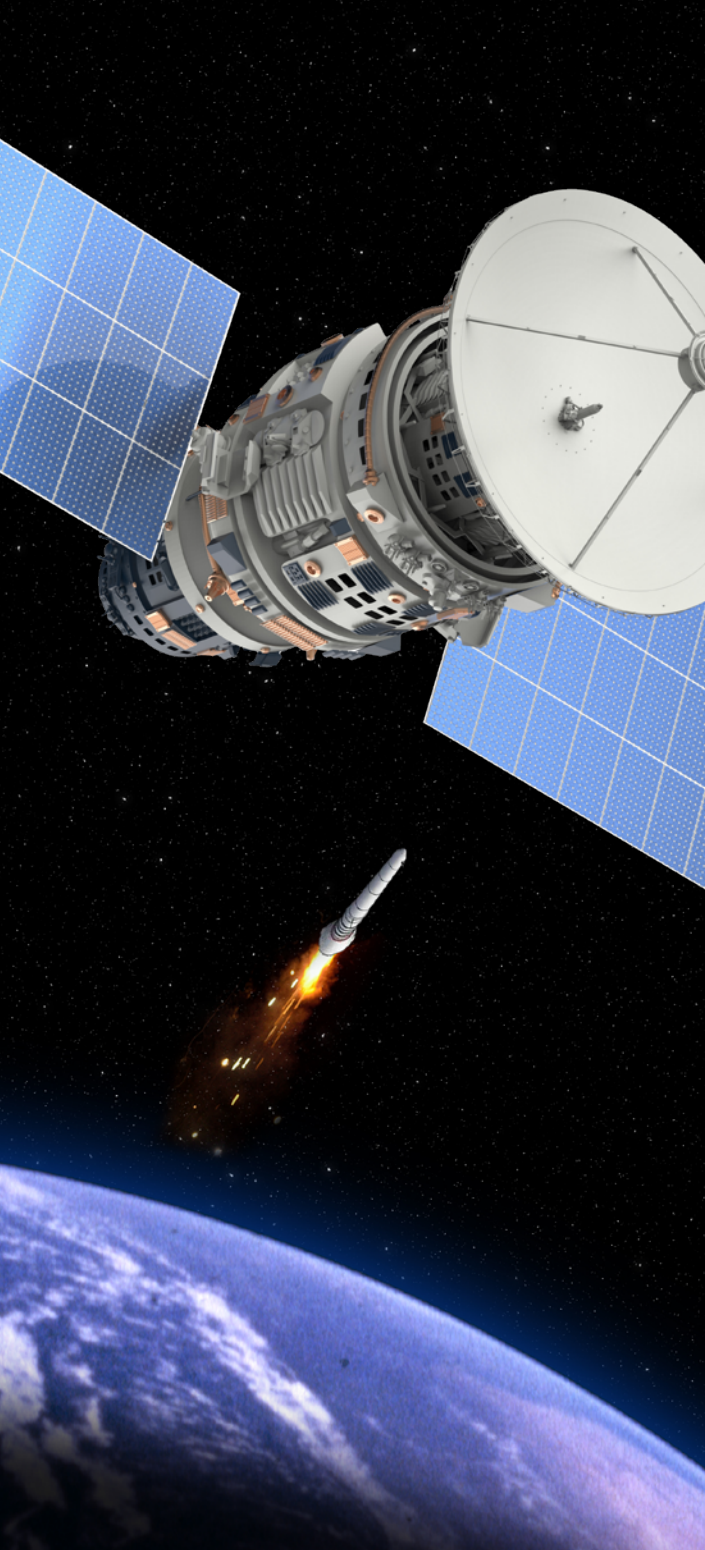
Med grøn laser måler forskerne skovens massetæthed eller densitet. Det forklarer professor John Leif Jørgensen på denne måde:

"Vi bruger en grøn laser, der er tunet til at ramme bølgelængden af klorofyl, og den er skabt til at måle, hvor meget biomasse der er i træerne. Vi er interesseret i vækstsæsonerne forår og efterår. Det er der, træerne vokser mest. Så måler vi simpelthen, hvordan den her stråle dæmpes ned igennem træet og til sidst når jordoverfladen, hvor en del af lyset bliver reflekteret. Så ryger lyset tilbage gennem trætoppen en gang til. Når den så kommer op til os, kommer der en ret svag stråle tilbage, og den er nem nok at måle."

Med en nær-infrarød laser kan træets størrelse måles. Størrelsen er et indirekte mål for CO<sub>2</sub>-optag, så når forskerne kender træsorten i et bestemt område, kan de estimere CO<sub>2</sub>-optaget fra dette skovområde ved brug af nær-infrarød laseren.

# Rumforskningens teknologier åbner for nye horisonter

Rumforskningen har to særlige kendetegn: For det første åbner rumforskning konsekvent for nye horisonter i sin udforskning af universet og af Jorden set udefra. For det andet skubber rumforskningen konstant på teknologiudviklingen. De to kendetegn betyder, at der produceres en svimlende ny og omfattende viden, der blandt andet fordrer, at fællesfaglighed bliver fuldt udnyttet.



”

Det, vi gør i øjeblikket, er at ændre måden, vi kommer til at lave satellitter på i fremtiden. Det er en forskning, som, jeg tror, vil ændre verden. Det er nemlig en gamechanger, fordi du kan lave en mission 10 gange billigere end i dag.

Rumforskningens teknologier giver indblik i hidtil ukendte forhold såsom mineralsammensætningen på fjerne planeter og den præcise variation i Jordens tyngdefelt. Det er indblik, som er relevante for eksempelvis fysikere, kemikere og biologer, der hver især kan uddrage nyttig viden til deres forskningsområde. Men det er kun i fællesskab, at forskerne kan begribe den nye viden i sin helhed.

Derfor er der i GEDI-projektet involveret specialister i geografi, ingeniør- og computervidenskab, økosystemer og biodiversitet, fjernsensing, fysik, statistik, 3D-modellering og rumekspeditioner. Fra hver sin vinkel bidrager de til, at analysen af træernes biomasse målt fra rummet kan foretages og til at udlægge, hvad analysen viser. Ifølge DTU-professor John Leif Jørgensen er denne fællesfaglighed en stor styrke – og en nødvendighed.

### **Meget kompliceret og meget enkel**

Selve teknologien, som anvendes i rumforskningen, varierer fra det meget komplicerede til det meget enkle.

I den komplicerede kategori hører eksempelvis GEDI-projektet, der benytter et særligt udviklet instrument baseret på en fjernmålingsteknologi ved navn LIDAR. Instrumentet fungerer ved at sende laserlys mod Jorden og efterfølgende opfange lysfotonerne, som reflekteres tilbage fra Jorden. De opfanges af detektorer, der først konverterer lysets styrke til elektronisk spænding, som siden omregnes til tid.

Læs mere og følg missionens resultater: [gedi.umd.edu](http://gedi.umd.edu)

Til den enkle kategori hører eksempelvis en metode til at måle Jordens tyngdefelt. Målingen foretages med to satellitter ved navn GRACE, der kredser om Jorden med 150 kilometers afstand mellem sig. Når den forreste satellit passerer et sted på Jorden med et stærkt tyngdefelt, eksempelvis en bjergkæde, så trækker Jorden lidt mere i satellitten end ellers. Den forreste satellit lægger derfor lidt ekstra afstand til den bagerste satellit. Lige indtil den bagerste også når frem til bjergkæden, hvor den på samme måde udsættes for et stærkere træk fra tyngdefeltet og indhenter den forreste satellit igen.

Den ændrede afstand, når den forreste satellit passerer et stærkere (eller svagere) tyngdefelt, kan forskerne anvende til præcist at kortlægge variationerne i Jordens tyngdefelt. Og trods metodens enkelthed er udregningen overordentlig præcis: Den har en 1/1.000.000.000 meters nøjagtighed og kan eksempelvis registrere forandringer i tyngdefeltet i Thy efter et regnskyl, der gør jordlaget tungere.

Læs mere hos NASA: [grace.jpl.nasa.gov](http://grace.jpl.nasa.gov)



## Vigtig viden om vand

Da det især er vand, som bevæger sig rundt på Jorden og påvirker tyngdefeltet, er viden om vandets cirkulation på Jorden det primære skatkammer, som GRACE-satellitterne stiller til rådighed. Fra GRACE-satellitterne ved forskerne eksempelvis:

- Hvor mange kubikkilometer is, der smelter fra polerne og Grønland hvert år
- At Sahara ikke vokser, men tværtimod bliver grønnere som følge af klimaforandringerne
- Hvor i verden de naturlige vandreservoirer er truede, for eksempel i Californien og det nordvestlige Indien.

Det er viden, som giver politikerne fast og evidensbaseret grund under fødderne, når de eksempelvis vedtager klimahandlingsplaner og vandbeskyttelsesdirektiver.

” Alt hvad du ved om klimaet, det er målt fra rummet.

## ESERO Danmark

Dette temamagasin introducerer til udforskningen af 'Naturen set fra rummet' ved hjælp af de nyeste muligheder for brug af geodata i skolen. Geodata er et tværfagligt felt, som både Den Europæiske Rumorganisation (ESA) og den amerikanske rumorganisation NASA bruger halvdelen af deres missionsbudgetter til. For ESA er geodata det absolut højest prioriterede felt. Rumorganisationens store flagskib er deres uddannelsesafdeling ESERO, som har et uddannelseskontor i Danmark ved navn ESERO Danmark.

Læs mere på: [esero.dk](http://esero.dk)

# Geodata er for alle: Problemstillinger du ofte selv kan observere fra rummet

Geodata rummer enestående muligheder for store erkendelser og undersøgelser for elever i grundskolen. Rigtig mange naturfagslærere – og lærere i andre fag – udtrykker stor lyst til at arbejde med geodata. Potentialerne for elevernes læring er nemlig enorme, og mulighederne for problem-baserede undersøgelser er utallige.



## Find et træ ved skolen på et kort

På Bryrup Skole er der træer tæt på skolegården, og eleverne kan vælge et 'klassetræ', som de skal finde på Google Maps. Sammen kan de undersøge, hvor det er, og hvor stort det er.

En sammenligning af elevernes egen kortlægning af skolen med luftfotos træner dem i perspektivskifte mellem dagligdagsperspektivet og fugleperspektivet. Det udvalgte signaturtræ, 'klassetræet', måles og bliver en fælles bekendt i en årrække. Træets størrelse måles også af GEDI.

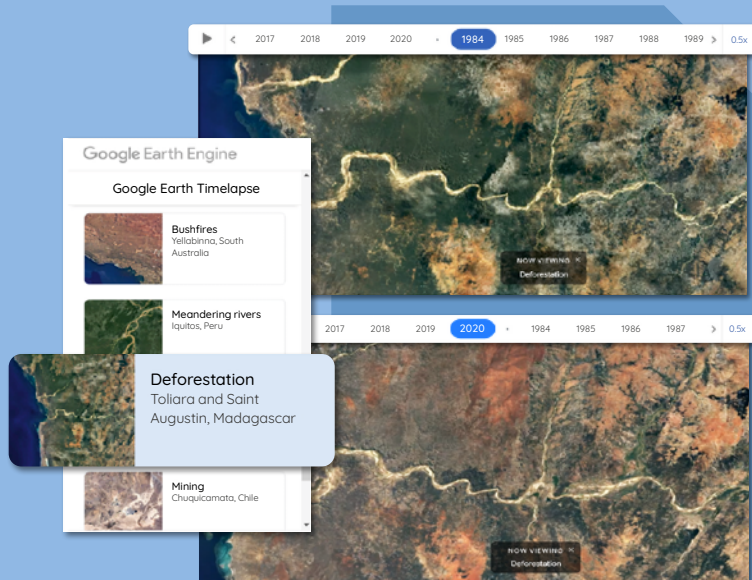


## Se skovbrande fra rummet

Eleverne kan få visualiseret skovbrande med Sentinel-2 gennem EO-browseren. Vælg visningen "Burned Area Detection", hvor de afbrændte områder fremhæves ved at indsætte infrarøde bølgelængder, der er tre gange længere end den synlige røde farve.

Arealet af branden på billedet måles til 250 km<sup>2</sup>, men store arealer uden for billedet brænder også. Det ses, at der omkring afbrændingen er plantager på områder, hvor junglen er blevet ryddet i tidligere år.

Se: [apps.sentinel-hub.com/eo-browser](https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser)



## Undersøg ændringer i miljøet med Timelapse

Elever kan let undersøge menneskets påvirkning af miljøet. I venstre side i det browserbaserede værktøj Google Earth Engine findes mange eksempler.

Når Timelapse startes op, ses billeder fra forskellige år. Ovenstående illustration viser screenshots fra år 1984 og 2020, og brugeren kan tydeligt ane, at der er sket skovrydninger; i dette tilfælde i Madagaskar. Regnskyl kan få jorden til at strømme ud i floden, fordi ingen træerødder holder på jorden. Derfor er det vanskeligt at genskabe skovene.

Med Earth Engine Timelapse kan eleverne også se andre former for miljøpåvirkning og andre sider af klimaforandringerne. Desuden kan eleverne selv flytte til et nyt område og undersøge det. Vælger de eksempelvis Storebælt, kan de se Storebæltsbroen blive bygget.

Se: [earthengine.google.com/timelapse](https://earthengine.google.com/timelapse)

## The Overview Effect

Både den komplicerede og enkle teknologi giver et syn på Jorden udefra, som har vist sig at kunne påvirke det enkelte menneskes oplevelse af sig selv, planeten Jorden og menneskers ansvarsfølelse for den.

Psykologer fra University of Pennsylvania offentliggjorde i 2016 resultatet af interview med de overlevende af de 516 astronauter, der indtil da havde været ude i rummet og set ned på Jorden. Tre oplevelser gik igen hos langt størstedelen: En større forståelse af Jordens skønhed, en øget fornemmelse af forbundethed med alle levende væsner på planeten og endelig uventede følelser af

overvældethed. Der var tale om et tydeligt skifte i bevidstheden om Jorden og universet, som psykologerne samlet set betegnede 'The Overview Effect'.

Gennem programmer såsom Google Earth og SkoleGIS, der formidler geodata, kan skoleelever og alle andre få lignende oplevelser og erkendelser af Jorden som en smuk, men lillebitte prik i en uoverskuelig masse af stjerner, planeter, galakser og mørke.

"When I orbited the Earth in a spaceship, I saw for the first time how beautiful our planet is. Mankind, let us preserve and increase this beauty, and not destroy it!"

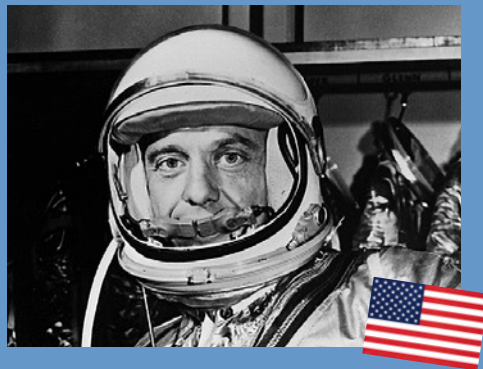


"I realized up there that our planet is not infinite. It's fragile. That may not be obvious to a lot of folks... We look pretty vulnerable in the darkness of space."



**Jurij Gagarin**

Sovjetisk kosmonaut og første menneske i rummet (1934-1968).



**Alan Bartlett Shepard**

Første amerikanske astronaut i rummet (1923-1998).



## Tre forskningseksempler:

### Eksempler på forskning i Jorden set fra rummet

Der er mange satellitter, som hele tiden overvåger Jorden og sender store mængder geodata ned til forskerne på Jorden. Gennem behandling af disse big data kan forskerne løbende undersøge og stille diagnoser om eksempelvis smeltning af indlandsisen, ændringer i havniveauet, tab af vand fra træers blade eller gasudslip fra store lossepladser. Tre eksempler på forskning af denne type er:

#### 1. ICESAT-2

ICESat-2 (forkortelse for Ice, Cloud and land Elevation Satellite 2) blev opsendt den 15. september 2018 og måler højdeforskelle på Jordens overflade ved hjælp af lasere. ICESat-2-missionen leverer højdemålinger af Grønlands og Antarktis' iskapper, så forskerne kan beregne, hvor meget indlandsisens masse ændrer sig. Forskerne får også indblik i mekanismerne, der driver

denne forandring og indvirkningen af ændringerne på det fremtidige globale havniveau. ICESat-2 overvåger ændringer i havisens tykkelse for at undersøge udvekslingen af energi, masse og fugt mellem is, hav og atmosfære.

Læs mere her: [icesat-2.gsfc.nasa.gov](https://icesat-2.gsfc.nasa.gov)

#### 2. ECOSTRESS

På Den Internationale Rumstation (ISS) har NASA monteret et termisk radiometer ved navn ECOSTRESS, som overvåger en af de mest basale processer i levende planter, nemlig tabet af vand gennem de små porer i deres blade. Processen betegnes transpiration. Vand, der fordampes fra Jorden omkring planter, påvirker også mængden af vand, som planter kan bruge, og derfor måler ECOSTRESS både fordampning og transpiration.

- Hvordan reagerer levende og dødt biologisk materiale på ændringer i vandtilgængeligheden?
- Hvordan påvirker ændringer i vegetationers daglige vandstress det globale kulstofkredsløb?
- Kan landbrugets sårbarhed reduceres gennem avanceret overvågning af landbrugets vandforbrug og forbedret tørkeestimering?

ECOSTRESS retter sig mod undersøgelse af tre overordnede videnskabelige spørgsmål:

Læs mere her: [ecostress.jpl.nasa.gov](https://ecostress.jpl.nasa.gov)

#### 3. SENTINEL-5P

Også Den Europæiske Rumorganisation (ESA) indsamler enorme mængder geodata fra sine satellitmissioner, blandt andet gennem en række missioner, der samlet kaldes Sentinel, som betyder vagtpost. En af disse – Sentinel-5P – måler Jordens luftforhold og udledning af forskellige gasser. Eksempelvis har forskere hentet geodata og fået dem billedbehandlet hos virksomheden GHGSat. Resultatet blev opdagelsen af et stort

udslip af metan fra en losseplads uden for den spanske hovedstad Madrid. Geodata-teknologi kan altså gøre det muligt at opdage og stoppe udslip af drivhusgasser.

Læs mere her: [esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-5P](https://esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P)

# Elever kan zoome ud og udforske Jordens natur fra rummet

Gennem et teknologisk blik fra rummet mod Jorden kan eleverne sætte problemstillinger og egne erfaringer ind i en større sammenhæng. Rumforsker og professor John Leif Jørgensen ser det som et element, der kan begejstre, hvis eleverne gennem rumforskningen kan opdage nye handlemuligheder og se, hvordan naturfagene slet ikke kan undvære hinanden.

Temaet 'Naturen set fra rummet' har DTU-professor John Leif Jørgensens GEDI-projekt som omdrejningspunkt. Projektet giver et detaljeret indblik i et væsentligt aspekt af klodens økosystemer og modstandsdygtighed over for klimaforandringer. Det sker ved, at Den Internationale Rumstation (ISS) fra rummet måler træer og skove på Jorden.

Hvis der bliver undervist ud fra temaet i grundskolens naturfag, vil rumforskningens teknologiudvikling udgøre et væsentligt element. Eksempelvis kan ét fokus på undersøgelse og modelering af konkrete teknologier som droner, robotter eller instrumenter på ISS give eleverne en forståelse af, hvordan ny viden frembringes gennem rumforskningen. Undervisningen kan også fokusere på perspektivering af denne nye viden for at styrke elevernes oplevelse af handlemuligheder i forhold til eksempelvis klodens klimakrise.

En særlig opgave for læreren, der underviser i temaet, er at sikre en klar og

autentisk kobling fra de store forskningsprojekter i rummet til elevernes egen hverdag. Med udgangspunkt i GEDI-projektet kan koblingen handle om at relatere rumforskningens perspektiv på klimakrisen til elevernes perspektiver på krisen fra medier, øvrig undervisning, dialoger med forældre og venner med mere.

### Seks undertemaer i inspirationskatalogerne

I de seks inspirationskataloger, der udmønter viden fra dette temamagasin i konkret inspiration til undervisning fra 1. til 9. klasse, er der foreslået undersøgelser, som har til hensigt at understøtte koblingen til elevernes hverdag og gøre temaet vedkommende og meningsfuldt for den enkelte elev. Hvert inspirationskatalog har to undersøgelsesforslag, hvor det ene har et "set fra rummet"-perspektiv, mens det andet afspejler rumperspektivet gennem en undersøgelse i det nære.

I inspirationskataloget til 1.-2. klasse er udgangspunktet det nære og sanse- lige bål, der giver eleverne de første

erfaringer med kulstofkredsløbet som led i en dialog om sammenhængen mellem træers vækst, produktion af ilt og optag af CO<sub>2</sub>. Inspirationskataloget til 3.-4. klasse arbejder med måling af træers vækst og et perspektivskifte fra elevernes hverdagsperspektiv til et luftperspektiv med brug af teknologi. I inspirationskataloget til 5.-6. klasse behandles træernes bredere betydning for menneskers og naturens liv i henholdsvis byrummet og i det ydre rum.

I inspirationskataloget til 7. klasse bliver opmærksomheden rettet mod rumteknologiens udfordringer og træning i systematisk dataopsamling fra et hjemmelavet økosystem. Inspirationskataloget til 8. klasse lægger op til et perspektivskifte til rummet set fra Jorden. Kataloget fokuserer på menneskets udnyttelse af naturgrundlaget og produktion af rumsrot, som er prisen for at kunne overvåge Jorden udefra. Niveaueet af kompleksitet hæves i inspirationskataloget for 9. klasse for at pege frem mod den fællesfaglige prøve.



# 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 aktivitetsforslag har progression fra det nære og lokale 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.

Inspirationskatalogerne danner et sammenhængende forløb gennem skoleforløbet, samtidig med at hvert enkelt katalog udgør et afrundet emne (undertema) i sig selv.

## Rumperspektivet åbner for undren og store spørgsmål

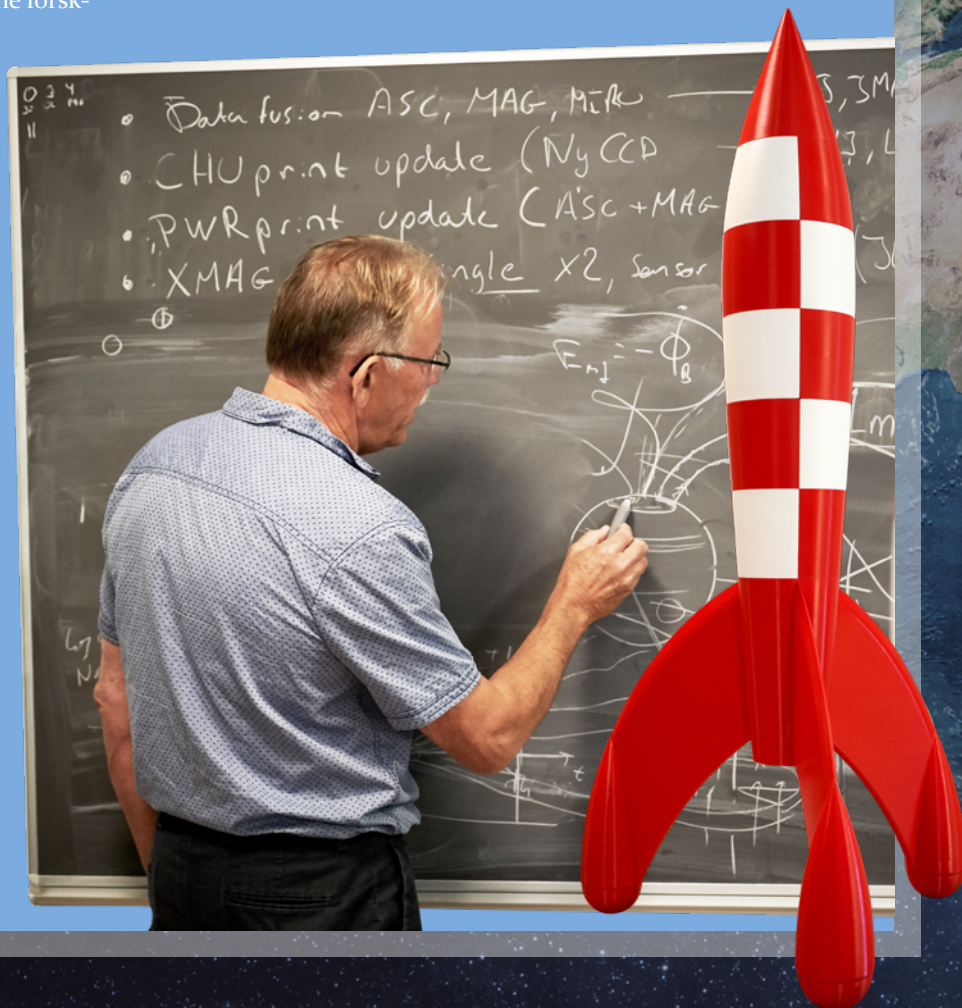
På tværs af de seks inspirationskataloger løber rumperspektivet på Jordens trævækst som den centrale røde tråd. Det er et perspektiv, som kan åbne døren til eventyret om alt det, menneskeheden endnu ikke ved – men har akut brug for at blive klogere på, så vi bedst muligt kan passe på Jorden.

Formidling af rumforskning kan sættes i spil som et supplerende tema, der både kan betone forskningens anvendelsesperspektiv og borgeres og politikeres interesser i forskningen. Et udgangspunkt kan være at se på, hvordan videnskabsjournalister og digitale medier formidler forskningsdata. Det sker typisk med en hensigt og en vinkel såsom bekymring for klimaets tilstand, begejstring over teknologiens formåen eller optimisme om vores muligheder som art på kloden som følge af et bestemt forskningsresultat.

Formidlingen er imidlertid sidste led i en lang kæde. Kæden kan begynde med eksempelvis måling via en sensor på en satellit og omsætning af elektriske signaler til serier af digitale data og komme omkring usikkerhedsberegning og fortolkning inden selve formidlingen. Formidlingen kan også underopdeles i billedbehandling, afrapportering, gennemskrivning, præsentation efter journalistiske

nyhedskriterier eller lignende. Igennem alle leddene spiller menneskers hensigter og vurderings- og fortolkningsevne en vigtig rolle.

Disse samfundsmæssige aspekter ved databehandling generelt og geodata fra rumforskningen i særdeleshed er relevante for eleverne at forstå gennem eget arbejde med både at producere og konsumere data.



## Ud af klasselokalet

Temaet 'Naturen set fra rummet' inviterer til at bevæge sig ud af klasselokalet og lære gennem undersøgelser. Det kan ske gennem hele skoleforløbet med eksempelvis:

- Afbrænding af træmasse på bål og sanselige oplevelser, der giver en oplevelse af fotosyntese uden brug af vanskeligt fagsprog
- Undersøgelser og opmåling af lokale træer og velkendte geografiske områder
- Undersøgelse af raketprincippet og livet på en rumstation ved hjælp af rulleskøjter
- Erfaringer med perspektivskifte og sammenligninger af hjemmelavede kort og fotos taget med droner.

En anden mulighed for at bringe undervisningen ud af klasselokalet er gennem samarbejde med lokale interessenter, foreninger, forvaltninger eller virksomheder om problembaserede undersøgelser af land- og bymiljø. Gennem sådanne undersøgelser kan temaets naturfaglige viden om eksempelvis biodiversitet og plantevækst kobles til æstetiske elementer af design af bymiljø og -planlægning til mere bevægelse i det bynære.

## Udvikling af inspirationsmaterialerne

Der er udviklet i alt 10 sæt af inspirationsmaterialer om i alt 10 naturvidenskabelige temaer, herunder dette om naturen set fra rummet. De øvrige temaer dækker over blandt andet klimaforskning og -tilpasning, bæredygtigt byggeri, vedvarende energi, ferskvand, genetik og sygdomme, det teknologiske samfund 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.

'Naturen set fra rummet' har vist et enormt potentiale til at gøre den kompetenceorienterede naturfagsundervisning fællesfaglig, mere tværfaglig, problembaseret, undersøgende, perspektiverende og aktuel ved at koble det hurtigt voksende område - geodata - med undersøgelser og modellering i den nære omverden.

Fagudvikler Simon Olling Rebsdorf,  
VIA University College

Det har været superspændende at høre om forskningen, være med til at dele det og give input samt få input tilbage igen. Derudover synes jeg, at det er fedt at være med i sådan en proces. Det giver inspiration.

Naturfagslærer Gitte Pedersen,  
Udefriskolen

# Seks inspirationskataloger om naturen set fra rummet

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

**1.-2.  
klasse**



## Træer, ilt og CO<sub>2</sub>

**Kompetenceområder i fokus:**  
Undersøgelse og modellering

**Fælles Mål:**  
Vand, luft og vej, ordkendskab, organismer samt undersøgelser i naturfag og modellering i naturfag efter 2. klasse.



**5.-6.  
klasse**

## Liv i by og rum

**Kompetenceområder i fokus:**  
Undersøgelse og kommunikation

**Fælles Mål:**  
Natur og miljø, formidling, ordkendskab samt undersøgelser i naturfag og kommunikation i naturfag efter 6. klasse.

**3.-4.  
klasse**



## Træer og teknologi

**Kompetenceområder i fokus:**  
Undersøgelse og modellering

**Fælles Mål:**  
Naturen lokalt og globalt og undersøgelser i naturfag efter 4. klasse.



7.  
klasse

## Rumteknologiens udfordringer og dataindsamling

**Kompetenceområder i fokus:**  
Modellering og perspektivering

**Fælles Mål:**

**Biologi:** Økosystemer, anvendelse af naturgrundlaget samt perspektivering i naturfag og modellering i naturfag

**Geografi:** Jordkloden og dens klima, naturgrundlag og levevilkår samt perspektivering i naturfag og modellering i naturfag

**Fysik/kemi:** Stof og stofkredsløb, Jorden og universet, produktion og teknologi samt perspektivering i naturfag og modellering i naturfag.



8.  
klasse

## Rummet set fra Jorden

**Kompetenceområder i fokus:**  
Modellering og undersøgelse

**Fælles Mål:**

**Biologi:** Økosystemer og modellering i naturfag

**Geografi:** Jordkloden og dens klima, naturgrundlag og levevilkår samt modellering i naturfag

**Fysik/kemi:** Jorden og universet, produktion og teknologi samt modellering i naturfag.



9.  
klasse

## Biomasseforskning fra rummet

**Kompetenceområder i fokus:**  
Undersøgelse

**Fælles Mål:**

**Biologi:** Økosystemer og undersøgelser i naturfag

**Geografi:** Jordkloden og dens klima, naturgrundlag og levevilkår samt undersøgelser i naturfag

**Fysik/kemi:** Partikler, bølger og stråling, stof og stofkredsløb, Jorden og universet, produktion og teknologi samt undersøgelser 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 'Naturen set fra

rummet' 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](http://emu.dk/grundskole/naturvidenskabsstrategien).

# Du står med en del af en samlet videnspakke

Hent pakkens indhold her: [emu.dk/grundskole/naturvidenskabstrategien](http://emu.dk/grundskole/naturvidenskabstrategien)



**Bokssæt med 10 temamagasiner**



**60 inspirationskataloger (10 temaer til seks klassetrin)**

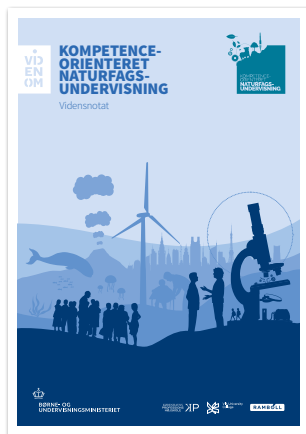


## 10 film i lang og kort version

Forskerne fra de 10 temamagasiner 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  
87-603-3328-6 (web udgave)  
87-603-3329-4 (trykt udgave)



BØRNE- OG  
UNDERVISNINGSMINISTERIET