

# Genskabte vådområder og rent ferskvand

”

Vi ved, at naturen er i stand til at modvirke katastrofer. Det er derfor, vi prøver at genskabe naturens egne løsninger.

**Naturlige økosystemer kan levere det nødvendige ferskvand**

**Vandets veje og transport af næringsstoffer**

**Kunsten at efterligne et naturligt vådområde**

INSPIRATIONS-  
MATERIALER  
OM NY  
NATURVIDEN-  
SKABELIG  
VIDEN

TemaMagasinet **IndBlik**

# Ferskvand er kostbart

Vand er en forudsætning for liv, og ferskvand er en nødvendighed for alle mennesker hver dag. Vi drikker ferskvand, bader i det, bruger det til at vande marker og anvender det til at producere fødevarer med.

Men ferskvand er blevet en meget begrænset naturressource. Mange mennesker kæmper dagligt for at skaffe nok vand. Problemet bliver forstærket af blandt andet manglende miljøhensyn, ødelæggelse af økosystemer, befolkningstilvækst og menneskeskabte klimaforandringer.

Hvis der skal være ferskvand nok til kommende generationer, er det nødvendigt at sikre bedre beskyttelse af grundvand og overfladevand såsom vandet i vandløb, søer og fjorde. Alternativt kan vi se ind i en fremtid, hvor knaphed på vand kan føre til regionale vandkonflikter. Det mener professor Brian Kronvang, der er ekspert i miljøforvaltning.

Dette temamagasin præsenterer Brian Kronvangs forskning, som foregår på Aarhus Universitet. Magasinet giver en introduktion til ferskvand og dets betydning for mennesker som et tema, der kan didaktiseres fra 1. til 9. klasse. Det er et tema, som eleverne, der er vant til at drikke vand fra vandhanen, kan relatere umiddelbart til deres hverdag. Samtidig knytter temaet an til andre af tidens store spørgsmål såsom klimaets udvikling og folkevandringer.

Temamagasinet afsætt er Brian Kronvangs forskning i, hvordan vi kan alliere os med naturen for at beskytte ferskvandsressourcen. Det handler konkret om at genetablere tabte vådområder, restaurere vandløb og søer samt anvende ny, naturbaseret teknologi i forskellige former for mini-vådområder, intelligente bufferzoner og mættede randzoner, der rensar vandet for næringsstoffer.

## 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).

Se [naturvidenskabens-abc.dk](http://naturvidenskabens-abc.dk)



# 8



## Vandets veje og transport af næringsstoffer

I slyngede vandløb og naturlige vådområder håndterer naturen ofte selv næringsstofferne fra landbrugets brug af gødning og gylle.

# 4

## Naturlige økosystemer kan levere det nødvendige ferskvand

Intet er bedre til at forny Jordens rene ferskvand end naturen selv. Det siger professor Brian Kronvang, som opfordrer til handling nu af hensyn til fremtidige generationer.



# 10

## Kunsten at efterligne et naturligt vådområde

Ny forskning viser, hvordan der kan anlægges naturbaserede vådområder og teknologiske drænvirkemidler, som genskaber bæredygtige vandmiljøer.



# 16

## Rent vand er nødvendigt – og motiverende i undervisningen

Alle behøver rent drikkevand – også elever i folkeskolen, som gennem undervisning i temaet bliver rustet til at tage stilling til problemstillinger vedrørende vandforurening og -mangel.



# 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.

# Naturlige økosystemer kan levere det nødvendige ferskvand

Tabte ferskvandsområder må genoprettes, hvis kommende generationer skal have nok rent ferskvand. Det mener professor Brian Kronvang, der ser naturen som forbillede for de naturbaserede tekniske løsninger, han udvikler i sin forskning til at sikre tilstrækkelige og rene ferskvandsressourcer.

”Ferskvand er grundlaget for alt liv. Uden det vil hverken vi, planterne eller dyrene eksistere. Så det er simpelthen grundlæggende”.

Så klar er meldingen fra professor og ph.d. Brian Kronvang. Han er tilknyttet Institut for Bioscience ved Aarhus Universitet og er ekspert i oplandsanalyse og miljøforvaltning.

”Men vi mangler ferskvand i det danske landskab i dag og også i resten af verden. Hvis man havde et verdenskort, der viste, hvor mange moser og vådområder der er forsvundet fra landskabet på grund af dræning, så er der de sidste 150 år forsvundet 90 procent i Danmark. Og det er meget sammenligneligt med resten af verden”, slår han fast.

## Mennesker har ændret vådområderne

Manglen på ferskvand i Danmark skyldes ifølge forskeren ikke mindst, at vi særligt mellem 1870 og 1940 har reguleret vores vandløb, drænet søer og vådområder væk i landskabet og gravet 200-300.000 kilometer drænrør ned i jorden.

”Vores vandløb er blevet rettet ud, og oveni det er der lagt mange tusinde kilometer drænrør i markerne. Det gør til sammen, at overskudsnedbøren hurtigt løber væk i landskabet. Det vand har vi desværre tabt. Og det er rigtig mange milliarder af kubikmeter vand, som kunne



være blevet til en stor ressource i form af grundvand”, siger Brian Kronvang og forklarer, at rørene typisk ligger en meter under jordoverfladen.

”Rørene fanger det regnvand, der siver gennem marken. Sammen med vandet kommer nitrat, fosfat, pesticider og tungmetaller. I stedet for at de løber ned til grundvandet, løber de ned i drænrøret og direkte ud i åen og videre ud i havet”, forklarer han.

### Naturen hjælper til

Professoren har de seneste år været med til at udvikle såkaldte naturbaserede løsninger. De skal råde bod på tabet af nitrat, fosfat, pesticider og tungmetaller fra markerne ved at rense drænvandet, inden det når ud og forurener vores ferskvand og hav. Løsningerne handler basalt set om, at bække, åer, moser og vådområder bliver restaureret og genskabt, så de mest muligt ligner det landskab med naturlig hydrologi, som vi havde, før afvandingen tog fart i den sidste del af 1800-tallet.

”Man bryder og ødelægger grøfter og rørledninger, så vandet får lov at løbe frit. Naturen behøver ikke os mennesker til at hjælpe sig. Den er faktisk bedre til at passe sig selv”, siger Brian Kronvang, når han skal forklare, hvordan de naturbaserede løsninger fungerer. Omdrejningspunktet er naturlig hydrologi - det vil sige gendannelse af vandløb og ådale til deres tilstand, fra før menneskene begyndte at påvirke dem.

”Vi ved jo, at naturen er resilient og i stand til at modvirke katastrofer. Det er derfor, vi prøver at replicere naturens egne løsninger”.

### Forskerne får bakterier til at æde nitraten

Forskningen står på skuldrene af det, der hedder denitrifikationsprocessen. Det er en naturlig bakteriel proces i jordbunden, der omsætter nitrat til frit kvælstof.

”Vi fodrer bakterierne i vores anlæg med nitrat og kulstof, og så yder de tilbage ved at køre denitrifikationsprocessen. Det vil sige, at de fjerner nitraten”, siger Brian Kronvang. Han tilføjer, at de i andre tilfælde fanger grundstoffet fosfor, der sidder i de små lerpartikler, ligesom opløst fosfat kan blive absorberet fra vandet til jern- og aluminiumsoxider i sedimentet.

”Vi leger med nogle tekniske løsninger, hvor vi optimerer processerne”,



for-klarer han og peger blandt andet på, at forskerne er begyndt at tage sensorteknologi i brug. Det giver adgang til store mængder af data fra målinger af koncentration og mængde af nitrat og fosfor i vandløb.

”De nye sensorer giver mulighed for virkelig at få samlet nogle store datamængder sammen og få indsigt i processer, vi ikke har kunnet gennemskue før. Med alle disse data kan vi se den naturlige dynamik, og det bruger vi til at forstå, hvordan naturen agerer i forskellige situationer”, fortæller Brian Kronvang.

### Hvad er vandmangel og vandstress?

Vandmangel går ud over væskebalancen hos dyr og mennesker. Og mangel på vand kan også bidrage til en dårlig sanitet, der igen kan føre til sygdomme. Det er blot to eksempler på, hvordan vandmangel kan udgøre et problem. Mange steder i verden er problemet tiltagende, og det forventes at blive større, i takt

med at ferskvandsressourcen bliver forurenet, klimaet bliver varmere, og befolkningstilvæksten øges. Vandstress er tilsvarende et stigende problem i verden, som opstår, når mængden af vand, der anvendes i et område, overstiger tilgængeligheden (den fornybar ressource).

## Samspil med landbruget

Baggrunden for de mange kilometer drænrør i Danmark, som udfordrer ferskvandsressourcen, skal findes i landbruget. Dræningen har været med til at skaffe mere landbrugsjord og er dermed en væsentlig del af landbrugets historiske succes. Men dræningen har ifølge Brian Kronvang også medført et tørt og mere naturfattigt dansk landskab.

”Vi har fjernet vådområderne ved at rette vores vandløb ud og lave dem om til afvandingskanaler. Det betyder, at en masse plantearter og dyr er forsvundet. Kun de arter, der har kunnet tilpasse sig livet i de tørre arealer, har overlevet. Når mange arealer samtidig er dyrket med brug af giftstoffer som pesticider og gødningsstoffer, har det betydet, at vi har tabt en masse biodiversitet”, siger Brian Kronvang.

I dag svinger pendulet så småt den anden vej, og genetableringen af vådområder sker ofte i samarbejde med landmænd, der kan søge tilskud til genetableringen (se Miljøstyrelsens hjemmesides vandprojekter.dk). Samtidig bliver de naturbaserede løsninger prioriteret i politisk vedtagne natur- og vandplaner.

## Vandeksport til Sydeuropa

De naturbaserede løsninger er dermed et redskab, der anvendes aktivt til at sikre fremtidige ferskvandsressourcer i Danmark. Og løsningerne har ifølge Brian Kronvang et globalt potentiale: De kan benyttes i andre lande til at genskabe landskaber og aktivere

naturens egne mekanismer til at løse problemer med eksempelvis mangel på drikkevand og vand til afgrøder.

Ifølge Brian Kronvang er disse udfordringer mange steder dog så store, at der også skal andre idéer på banen. For eksempel anser professoren det for et realistisk fremtidsscenario, at der skal eksporteres ferskvand fra Nord- til Sydeuropa.

”Der vil være nogle år, hvor man i Nordeuropa har det vand, man skal bruge, fordi det regner meget. I tørkeår kunne man sende vand rundt fra steder med overskud. Men hvis vi skal være på forkant med udviklingen, og hvis vi skal undgå vandkonflikter om 30 til 50 år, skal vi sikre, at infrastrukt-

turen er der til at sende forsyninger fra nord til syd”, spår Brian Kronvang, der peger på afsaltnings af havvand som en anden løsning.

”Hvis vi har nok elektricitet til at afsalte havvand, kan vi få drikkevand. Men problemet er jo, at de marker, vi skal have for at dyrke mad, også skal have vand. Det vil kræve enorme ressourcer, hvis vi også skal afsalte vand til at dyrke markerne”, siger Brian Kronvang. Han vurderer, at manglen på vand i fremtiden kan skabe migrationsbølger fra for eksempel Afrika til Nordeuropa.

## Afgørende vigtigt med forskningssamarbejde

De naturbaserede løsninger rummer et stort potentiale, men, som Brian

## Centrale begreber

**Denitrifikation:** Denitrifikation er en proces, der fjerner nitrat. Processen udføres af bakterier i jord og vand. Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) fra eksempelvis kunstgødning og husdyrgødning bliver af denitrificerende bakterier omsat til frit kvælstof ( $\text{N}_2$ ). Denitrifikation er et vigtigt led i den globale kvælstofomsætning.

Kilde: denstoredanske.lex.dk/

**Eutrofiering:** Eutrofiering er overgødskning af vandløb, søer og havområder med plantenæringsstoffer, især nitrat og fosfat. Eutrofiering forårsager, at der kommer flere planktonalger. Algerne gør vandet

uklart, så der nogle steder ikke kan trænge sollys nok ned til vandplanterne på de dybe steder. Desuden kan der opstå iltvind, fordi bakterier bruger ilt i vandet til at nedbryde de mange døde alger.

Kilde: denstoredanske.lex.dk/

**Naturlig hydrologi:** Hydrologi er læren om, hvordan vand bevæger og fordeler sig. 'Naturlig hydrologi' betegner dermed vandets fordeling uden påvirkning fra mennesker - eksempelvis som følge af dræning - hvor blandt andet grundvandsdannelse foregår naturligt.

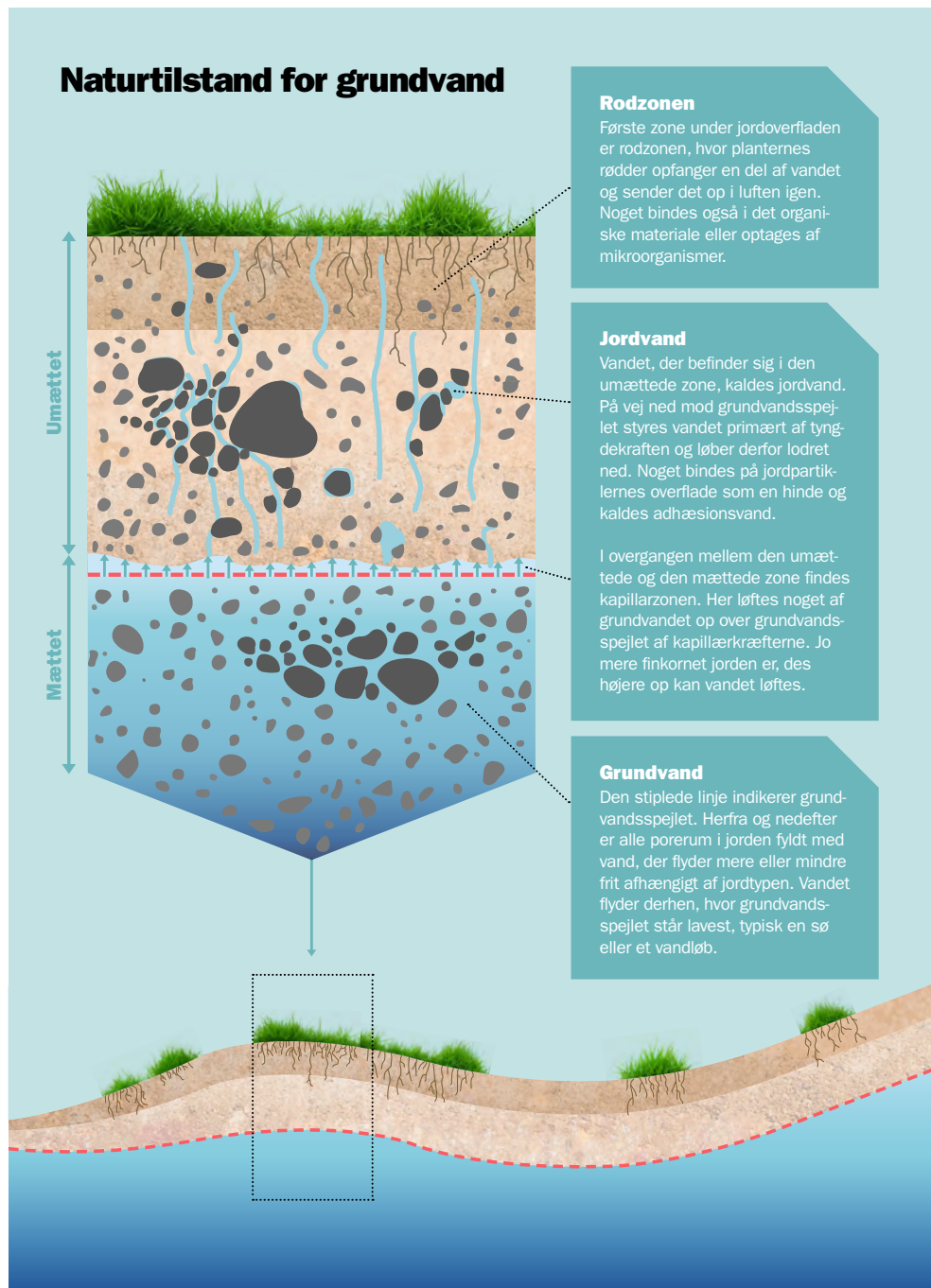
Kronvang understreger, kun hvis forskerne arbejder tværdisciplinært. Ellers finder vi ikke frem til holdbare løsninger, der kan forløse potentialet for ferskvandsressourcerne i hverken Danmark eller resten af verden, mener han.

”Forskningen kommer i de næste år til at handle om helhedsperspektivet; altså forståelsen af at opnå mest mulig synergi i denne her omdannelse af vores udnyttelse af landskabet. Der er tale om en multifunktionel løsnings-tilgang”, fortæller han.

Som eksempel nævner Brian Kronvang, at han samarbejder med landbrugsøkonomer, der fokuserer på at optimere økonomien for den enkelte landmand, mens han selv er optaget af at skabe optimale forhold for miljøet og klimaet. De to perspektiver harmonerer ikke altid som udgangspunkt, men de holdbare løsninger kræver, at man finder balancen, mener han.

”Vi har haft et fantastisk samarbejde og har produceret vigtige artikler sammen inden for de seneste år”, fortæller Brian Kronvang, der også har set forskningen bliver flittigt citeret internationalt gennem de seneste år. På den måde kommer denne nye tværdisciplinære viden om en multifunktionel udnyttelse af landskaberne ud i verden.

**Figurtekst:** Illustrationen viser, hvordan vand bevæger sig gennem rodzonen og bliver til jordvand og siden grundvand i et miljø med våde enge, slyngede vandløb og søer og uden drænrør.

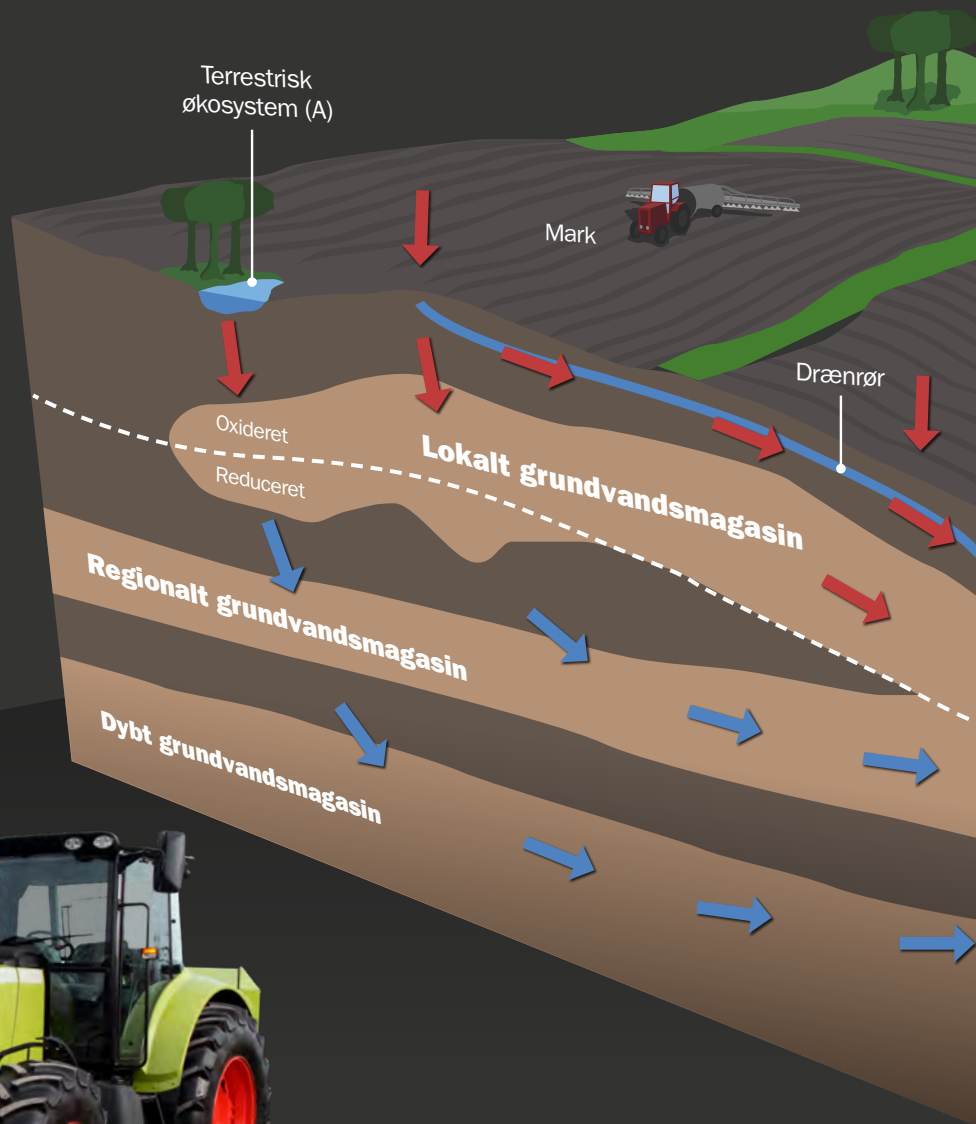


# Vandets veje og transport af næringsstoffer

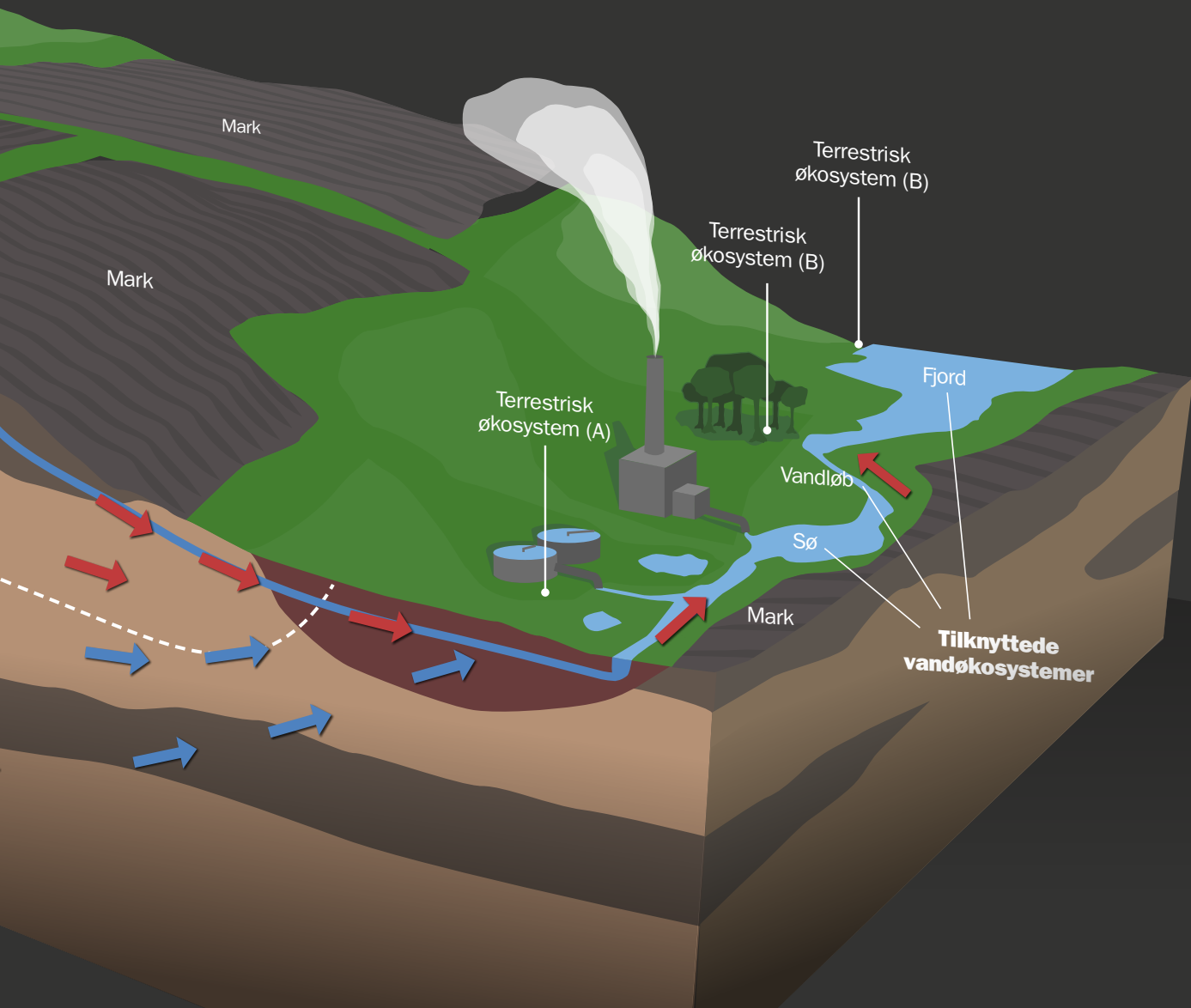
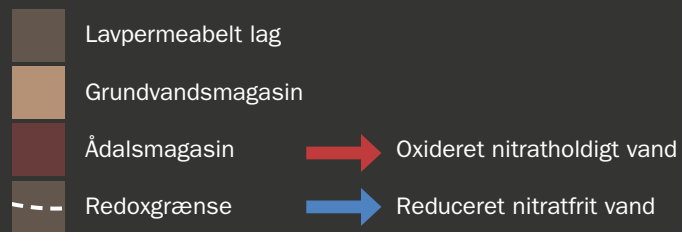
I naturlige eller naturbaserede løsninger som slyngede vandløb og vådområder bevæger vandet sig langsomt. Her vil naturen alt efter vandmængden selv kunne håndtere vandets indhold af næringsstoffer fra landbrugets natur- og kunstgødning samt gylle.

**N**itrat bliver omsat i grundvandet under redoxgrænsen – det vil sige i et miljø med reducerede forhold, herunder ingen ilt. Men når vandet føres ad drænedede marker og regulerede vandløb, går det stærkt. Det er regulære motorveje, der fører næringsstofferne ud i vandløb og derfra videre til i havet. Resultatet kan blive nitratforurening af grundvandet, eutrofiering og iltsvind i overfladevandet.

Grafikken her på opslaget viser vandets veje i et typisk dansk økosystem med opdyrket land, drænrør og lige, regulerede vandløb nær en fjord.







# Kunsten at efterligne et naturligt vådområde

Ny viden om genetablering af vådområder og teknologiske drænvirkemidler kan blive afgørende for at (gen)skabe bæredygtige vandmiljøer med rent drikkevand til alle mennesker.





Ferskvand er grundlaget for alt liv. Uden det vil hverken vi, planterne eller dyrene eksistere. Så det er simpelthen grundlæggende.

**D**et danske landskab er ensartet og præget af marker som resultat af intens og specialiseret landbrugsproduktion gennem de sidste par hundrede år. Med omkring 60 procent af jorden under plov er Danmark faktisk det mest dyrkede land i Europa.

Den intense landbrugsproduktion er baseret på en række valg. Herunder:

- Markerne gødes med næringsstoffer, der blandt andet indeholder kvælstof og fosfor, og som optimerer landbrugsplanternes vækstbetingelser.
- Markerne bliver afvandet med grøfter på sandede jorde og dræn på lerede jorde.
- Det samlede landbrugsareal er blevet udvidet ved at dræne vådområder og søer, der arealmæssigt er blevet reduceret henholdsvis 13 og 2,5 gange i løbet af de sidste 150 år.
- I omtrent samme periode er 97 procent af alle danske vandløb blevet uddybet eller reguleret, så vandet fra de drænede arealer hurtigere kan blive ledt bort.

Landbrugsproduktionen har medført stor succes for erhvervet, blandt andet i form af eksport af korn, mælkeprodukter og kød - men på bekostning af naturens habitatsvariation og vandmiljø.

### Naturtilstanden i vådområder langs vandløb

Snoede vandløb og vandløbsnære arealer med høj vandkvalitet er kendetegnende for vådområder i naturtilstanden. I denne tilstand er vådområderne både et levested og en migrationsvej for en lang række planter, dyr og fisk.

Vådområdernes økologiske tilstand afhænger af, hvordan de påvirkes biologisk, fysisk, kemisk og geologisk. Typisk er områderne i balance og tilbyder gode levevilkår samt stor habitatsvariation, når vandløbene er i fri bevægelse, når der er sæsonbetingede oversvømmelser, og når der strømmer rent grundvand til. Omvendt vil eksempelvis regulering af vandløb og grødeskæring, hvor vandplanter fjernes fra vandløb, kunne skubbe til balancen og forringe levevilkårene for både dyr og planter.

### Hvorfor bliver nitrat udvasket, men ikke fosfat?

Kvælstofionen nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) er letopløselig, så den bliver opløst og transporteret med vand og kan forurene overfladevand og grundvand. Fosforionen fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) bliver bundet tungtopløseligt især på overfladen af lerpartikler (partikelbundet) og transporteres i forbindelse med erosionsprocesser.





Intensiv landbrugsdrift med drænedede marker og få eller ingen vådområder kan forstærke en sådan negativ udvikling. Når markerne i den situation bliver gødet, vil det føre til øget udvaskning og transport af næringsstoffer, der kan forurene grundvand og overfladevand som søer og havet med risiko for eutrofiering og iltsvind.

Ud fra denne forståelse af sammenhængen mellem vådområder og landbrugsdrift peger forskere som Brian Kronvang på, at en bæredygtig forvaltning af vandmiljøet og ferskvandsressourcen handler om at genetablere de oprindelige vådområ-



Danmark er et af foregangslandene og måske endda det førende. Og det smitter af på resten af verden. Så lige nu er vores naturbaserede løsninger virkelig hot stuff.

der og søer. Det vil øge naturarealet, styrke biodiversiteten og begrænse transporten af næringsstoffer fra landbruget til søer og havet.

### Naturlige og kunstige vådområder

Erkendelsen af, at landbruget risikerer at påvirke vådområder, vandets kredsløb og det rene grundvand, deles i stort omfang også af landbruget. Derfor sker genetableringen af naturlige vådområder blandt andet i samarbejde med landmænd.

Skovrejsning, efterafgrøder, præcisionsbestemt gødning og reduceret jordbearbejdning (pløjning mv.) har også været anvendt som et virkemiddel til at begrænse tabet af kvælstof og fosfor fra gødsning af markerne.

Disse virkemidler slår imidlertid ikke altid til, og vandmiljøet forurenes nogle gange alligevel. Fra 1980'erne og frem er gendannelse og restaurering af vandløb, vådområder og søer derfor blevet introduceret i vandløbslovgivning og -planer som endnu et værktøj i redskabskassen.

Professor Brian Kronvang og hans forskerkolleger har fra starten spillet en central rolle i at udvikle de bedste metoder til at genskabe vandløb og vådområder. Blandt andet har Brian Kronvang været stærkt engageret i genslyngningen af Skjern Å.

Senest har Brian Kronvang og hans forskerkolleger udviklet seks naturbaserede teknologiske drænvirkemidler (kunstige vådområder), der efterligner naturens omsætning af næringsstoffer i naturlige vådområder. Se illustration af de seks drænvirkemidler på næste side.

Uanset hvilket af de seks drænvirkemidler der anvendes, medvirker det til, at partikelbundet fosfat bliver tilbageholdt. Samtidig sker der en kvælstofreduktion, når bakterier i de våde jorde nedbryder nitrat i vandet og frigør luftformigt kvælstof.

## Adgang til rent vand

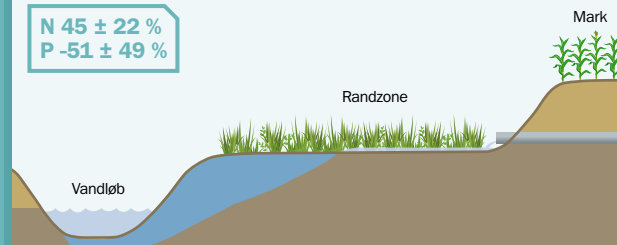
Flere og flere mennesker på verdensplan får i dag adgang til rent vand. Men ca. 700 millioner mennesker har endnu ikke det privilegium – og der er risiko for, at udviklingen vender som følge af blandt andet ødelæggelse af økosystemer og klimaforandringer. Den udvikling

kan intensivere konkurrencen om adgang til nok rent ferskvand.

Otte til 10 procent af det samlede vandforbrug på verdensplan bliver anvendt til drikkevand og sanitet, mens resten bliver brugt til markvand og i industrien.

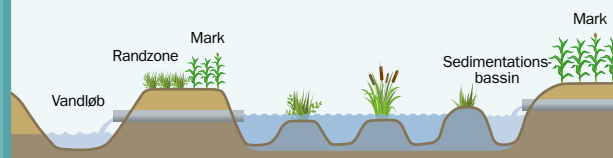
**A) Drænvandsoverrisling:** Drænet bliver skåret ved ådalens skrænt, og drænvandet bliver fordelt, så det kan infiltrere engarealet.

N  $45 \pm 22$  %  
P  $-51 \pm 49$  %



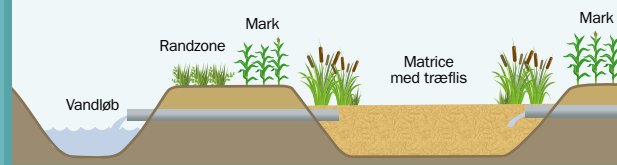
**B) Mini-vådområde:** Drænvandet bliver ført til et sedimentationsbassin og videre i lavvandede vegetationszoner, inden det i et bassinudløb bliver ført til vandløbet.

N  $23 \pm 10$  %  
P  $45 \pm 20$  %



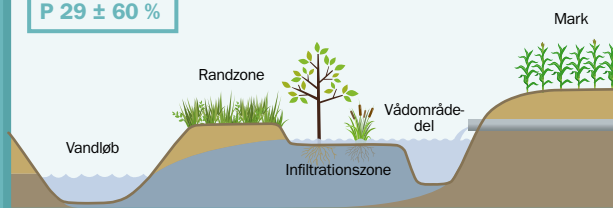
**C) Matrice mini-vådområde:** Drænvand bliver ført til et bassin fyldt med træflis.

N  $50 \pm 13$  %  
P  $12 \pm 4$  %



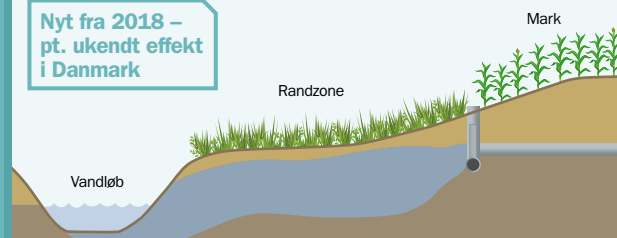
**D) Intelligent bufferzone:** Åbent vådområde med en lavvandet infiltrationszone beplantet med elmtræer, hvorfra drænvandet siver til vandløbet.

N  $45 \pm 12$  %  
P  $29 \pm 60$  %



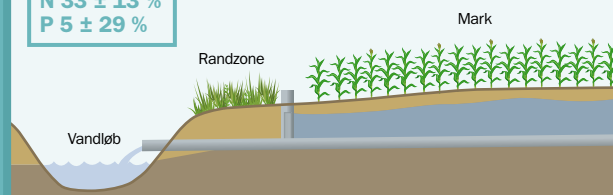
**E) Mættet bufferzone:** Ny drænledning bliver gravet ned i kanten af marken langs med vandløbet. Fra drænet siver vandet gennem jorden i randzonen.

Nyt fra 2018 –  
pt. ukendt effekt  
i Danmark



**F) Styret dræning:** Drænafløbet kan hæves og sænkes, så grundvandsstanden i marken er lav, når markarbejde bliver udført, men høj i andre perioder. Drænvirkemidlet er kun testet i Danmark i vinterhalvåret med vinterhvede på markerne.

N  $33 \pm 13$  %  
P  $5 \pm 29$  %



**Figurforklaring:** Skematisk oversigt over opbygning og funktion af seks teknologiske drænvirkemidler, som Brian Kronvangs forskning bidrager til (reduktionseffektivitet: gennemsnit  $\pm$  standardafvigelsen).

Kilde: Hoffmann, C.C., Zak, D., Kronvang, B., Kjærsgaard, C., Carstensen, M.V. & Audet, J. (2020). Vådområder og drænvirkemidler: Næringsstofeffekter. Vand & Jord, 27(2), 77-80. Tilpasset.

## Rent vand er en begrænset ressource nu og i et fremtidigt varmere klima

Forskningsresultater som disse leverer viden og løsninger til bæredygtig forvaltning af ferskvandsressourcen og vandmiljøet i Danmark. Samtidig har forskningen international relevans, da manglen på nok rent ferskvand er kendt i de fleste områder og lande på Jorden.

Der er store lokale, regionale og nationale forskelle på vandforbrug og forvaltning af ferskvandsressourcen, der rundt omkring i verden er

domineret af grundvand, overfladevand eller en kombination af de to. I Danmark hentes ferskvandet fra grundvandet, men 20 procent af alle grundvandsboringer er i dag lukket på grund af forurening fra landbrug, industri og byerne. I mange andre lande er situationen dog langt mere alvorlig end i Danmark.

I særligt de subtropiske lande fører forurening, klimaforandringer med øget fordampning og ændrede nedbørsmønstre, øget befolkningstilvækst og en ikke-bæredygtig forvaltning af vandressourcen til vandman-

gel og vandstress lokalt og regionalt. I et fremtidigt endnu varmere klima tyder alt på, at rent vand bliver en endnu mere knap ressource såvel i Danmark som i de fleste andre lande.

”

Vi tiltrækkes af vand som mennesker. Det er grundstoffet i os. Ellers eksisterede vi ikke.

## Kolindsund – et tørlagt vådområde

Turen fra Grenaa til Aarhus via Kolind fører i dag gennem en cirka 25 km lang, smal og fladbundet dalstrækning i Djurslands morænelandskab. Tidligere var dalstrækningen Djurslands største sø ved navn Kolindsund - tidligere endnu var det en fjord med forbindelse fra Kattegat til Randers Fjord. I dag rummer dalstrækningen blandt andet mere end 2000 hektar opdyrket landbrugsjord.

I 1872 blev afvandingen af Kolindsund begyndt som et af de mange landindvindingsprojekter, der blev sat i gang i den periode. Dalstrækningen rummer frugtbar jord, og formålet med afvandingen var at få adgang til at drive landbrug på arealet. Siden 1879 har Kolindsund været opdyrket.

Forudsætningen for at kunne drive landbrug i Kolindsund er, at vandet kontinuerligt pumpes væk. Det er et arbejde, som gennem årene har været sat i stå, sat i gang igen, og som løbende er blevet vedligeholdt og udvidet i forskellig grad. Samtidig har det siden slutningen af 1990'erne været heftigt diskuteret, om vandet igen skal brede sig i sundet.

Parter i diskussionen er områdets landmænd, interessenter inden for blandt andet lystfiskeri og naturfredning samt skiftende regeringer, der øver indflydelse gennem natur- og vandmiljøplaner, randzonenlovgivning m.m.

Kilde: [astra.dk/tildinundervisning/fjorden-geotop-kolindsund](http://astra.dk/tildinundervisning/fjorden-geotop-kolindsund)







## Tre forskningseksempler: Ferskvand bliver det nye guld

Viden om bæredygtig forvaltning af ferskvandsressourcen bliver nu og i fremtiden afgørende for menneskers levevilkår. Tre eksempler på forskning inden for ferskvand som ressource er:

### 1. Aarhus Universitet: Gennembrud i dansk grundvandsforskning

Med avancerede elektriske og elektromagnetiske metoder er det lykkedes en dansk forskningsgruppe at kortlægge mere end 40 procent af Danmarks grundvand ved hjælp af helikoptere. I kortlægningen bliver den elektriske modstand i jorden bestemt, og den bliver efterfølgende omregnet til jordtyper som sand, ler og kalk. Når jordens lag er kortlagt, kan kortlægningen

sammenholdes med viden om, hvordan vandkvalitet påvirkes af forurening fra forskellige kilder. På den baggrund kan særligt følsomme områder med drikkevand beskyttes nu og til glæde for fremtidige generationer.

Læs mere her: [videnskab.dk/naturvidenskab/gennembrud-i-dansk-grundvandsforskning](http://videnskab.dk/naturvidenskab/gennembrud-i-dansk-grundvandsforskning)

### 2. Københavns Universitet: Klimaforandringernes indflydelse på vandets kredsløb

Hvordan påvirker menneskeskabte klimaforandringer vandets kredsløb? Det har en forskningsgruppe i 12 år indsamlet data om. I Danmark har der over en årrække været udfordringer med balancen mellem den mængde af vand, som et vandløbsopland modtager fra nedbør og afgiver til fordampning, vandløbsafstrømning, op-pumpning og grundvandsudsivning til havet. Det kalder på særligt præcise måleteknikker. I Skjern Å-oplandet har forskerne derfor opstillet jordbaserede målestati-

oner, og i kombination med blandt andet sensorer på helikoptere, fly og droner har de kortlagt jordens geologiske opbygning og målt nedbør, fordampning, vandindhold i planternes rodzone og grundvandsstanden.

Læs mere her: [videnskab.dk/forskerzonen/naturvidenskab/vandobservatorium-har-overvaaget-vandets-kredsløb-ved-skjern-aa-i-12-aar](http://videnskab.dk/forskerzonen/naturvidenskab/vandobservatorium-har-overvaaget-vandets-kredsløb-ved-skjern-aa-i-12-aar)

### 3. United Nations University: Vandmangel i 2050

En international forskergruppe publicerede i 2019 en artikel i tidsskriftet Nature, hvor de undersøgte sammenhængen mellem befolkning og økonomisk vækst samt vandefterspørgsel, vandressourcer og forurening. De peger på behovet for øjeblikkelig lokal handling rundt omkring i verden for at begrænse vandmangel i 2050.

Læs mere her:  
[www.nature.com/articles/s41545-019-0039-9](http://www.nature.com/articles/s41545-019-0039-9)



# Rent vand er nødvendigt – og motiverende i undervisningen

Viden fra forskning i bæredygtig forvaltning af ferskvand og vandmiljøer skal danne grundlag for at løse verdens store udfordringer med forurening af rent vand, vandmangel og vandstress.

**B**rian Kronvang forsker til daglig i næringsstoffers forurening af vandmiljøer og ferskvandsressourcen. Hans forskning kan være med til at motivere eleverne til at lære om og arbejde med en bæredygtig forvaltning af ferskvand.

Seks inspirationskataloger, der er udarbejdet i forlængelse af dette temamagasin, giver naturfagslærere og -teams konkrete forslag til at gennemføre undervisning i temaet. De seks inspirationskataloger er målrettede forskellige klassetrin og præsenterer autentiske problemstillinger, som eleverne kan arbejde problembaseret og selvstændigt med. Katalogerne sætter hver især fokus på et selvstændigt undertema i relation til Brian Kronvangs aktuelle forskning.

## Fra vands egenskaber til sikring af det rene vand

I natur/teknologi i 1.-2. klasse får eleverne en grundlæggende viden om, hvor vi bruger vand, og hvilke egenskaber vand har. På dette klassetrin arbejder eleverne primært med undersøgelser på baggrund af deres naturlige undren og nysgerrighed. I 3.-4. klasse kan eleverne arbejde med og lære om livet i vandløb og ådale. I 5.-6. klasse kan eleverne undersøge vandets naturlige veje og få indsigt i, hvordan mennesket har ændret vandets veje.

I 7. klasse understøtter inspirationskataloget, at eleverne i et fællesfagligt forløb kan arbejde med, hvordan rent drikkevand i Danmark og andre steder i verden ikke er en selvfølge.

I 8. klasse kan eleverne beskæftige sig med forurening af vandmiljøet i vandløb og ådale og de konsekvenser, det kan have. I 9. klasse anvendes engineering som metode til at arbejde problembaseret med at sikre det rene vand.

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

Figuren på modsatte side 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.

# Klassetrin



## Progression og den røde tråd

Inspirationskatalogernes undersøgelses- og aktivitetsforslag har progression fra det nære og lokale i indskolingen og til samfundsmæssige og mere globale perspektiver i udskolingen. Graden af problembaseret i forslagene øges gennem skoleforløbet, ligesom der sker en udvikling fra det beskrivende over mere konkrete fænomener i indsko-

lingen og på mellemtrinnet mod et højere abstraktionsniveau i udskolingen.

Gennem skoleforløbet får eleverne forudsætninger for at arbejde med ferskvand som en knap ressource: Forløbet understøtter alt fra deres første tilegnelse af viden om vand i indskolingen til en bæredygtig forvaltning af ferskvandsressourcen i udskolingen.



## Viden om ferskvand som ressource kan stimulere elevernes nysgerrighed og handlelyst

På tværs af de seks inspirationskataloger løber fire røde tråde, der kan fremme undren og viden, og som sætter eleverne i stand til at handle og bidrage til en bæredygtig forvaltning af ferskvandsressourcen i fremtiden.

### 1. Viden om menneskets påvirkning af vandets kredsløb

Vandets kredsløb er velkendt og beskrevet i mange naturfaglige lærebøger. Men ofte forholder beskrivelserne sig ikke til, hvordan mennesket mange steder påvirker den naturlige hydrologi i kredsløbet. Beskrivelserne forholder sig heller ikke altid til de konsekvenser, som menneskets påvirkning kan have for vandmiljøet og det rene drikkevand, der nogle steder hentes fra grundvandet og andre steder indvindes fra såvel floder som søer og dæmninger. Menneskets påvirkning af den naturlige hydrologi og rent vand som en begrænset ressource er et gennemgående tema på tværs af temamagasinet og de seks inspirationskataloger.

### 2. Udledning af kvælstof og fosfor som konsekvens af et intensivt landbrug

Et intensivt landbrug, hvor markerne gødes og sprøjtes med pesticider, kan forurene grundvandet og overfladevandet. Temamagasinet og inspirationskatalogerne har fokus på, hvordan gødning og udvaskning af kvælstof fra markerne kan forurene grundvand, og hvordan kvælstof sammen med fosforforurening kan føre til eutrofiering og iltsvind i søer og havet.

### 3. Tilbage til naturtilstanden

Naturtilstanden, hvor landskabet er præget af vådområder med søer og snoede vandløb, er idealet i Brian Kronvang og kollegernes forskning. Naturtilstanden er

for eksempel målestokken for metoderne til genetablering af vådområder og søer og for de teknologiske drænvirkemidler, der efterligner den naturlige hydrologi og omsætning af kvælstof og fosfor. Målet med forskningen er en bæredygtig forvaltning af ferskvandsressourcen og vandmiljøet i dag og til fremtidige generationer.

### 4. Politik og interessekonflikter i spørgsmålet om rent vand

Rundt omkring i verden er mangel på rent vand og vandstress et tiltagende problem. Problemet forventes at blive værre i fremtiden som følge af blandt andet forurening, befolkningstilvækst og klimaforandringer med ændrede nedbørsmønstre og øget fordampning til følge. Derfor er og bliver adgang til rent vand et politisk spørgsmål fyldt med nationale og internationale interessekonflikter. Det er i den sammenhæng relevant, at eleverne lærer at handle på et oplyst grundlag hele vejen fra indskoling til udskoling, når de forholder sig til spørgsmålet om sikring af det rene vand og vandmiljøet.



## Ud af klasselokalet

Temaet *Genskabte vådområder og rent ferskvand* inviterer til engagerende undersøgelser. Motivation kan stimuleres med varierende grad af elevstyring, ikke kun i indskoling, men gennem hele skoleforløbet med for eksempel:

- Forsøg med vands kemiske og fysiske egenskaber i alle de fire naturfag
- Undersøgelser af vandets veje og livet i vådområder, søer og vandløb
- Undersøgelser af naturtilstanden og menneskets ændring af den naturlige hydrologi og forurening af rent vand
- Problembaseret læring, hvor eleverne selv bidrager til at finde løsninger på autentiske problemstillinger om sikring af rent vand til gavn for mennesker og vandmiljø i Danmark og i udlandet.

Undervisningen kan foregå i klasselokalet, i laboratoriet eller som feltarbejde. Feltarbejdet kan foregå på skolen, i nærområdet eller i forbindelse med ekskursioner, hvor det kan indtænkes, når klassen besøger et lokalt landbrug, et vandværk eller et rensningsanlæg.

Læreren kan overveje, hvordan skolen og lokalområdet kommer bedst i spil i såvel den ordinære undervisning som på både fagfaglige og tværfaglige felteventyr. Her kan laboratorie- og feltarbejde have en særlig formidlende rolle, når blot tilgangen foregår gennem en sansende, nysgerrig og erfaringsbaseret læring med egne oplevelser og undersøgelser hos den enkelte elev.

## Udvikling af inspirationsmaterialerne

Der udvikles i alt 10 sæt inspirationsmaterialer om i alt 10 naturvidenskabelige temaer – herunder dette om ferskvand. De øvrige temaer dækker over blandt andet bæredygtigt byggeri, vedvarende energi, klimaudvikling, biodiversitet, fedtceller og gener, 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.

Ved at deltage i udviklingen af materialet om Brian Kronvangs forskning har jeg fået en opdatering inden for et vigtigt naturfagligt emne, som jeg hermed kan give direkte videre til mine elever. De motiveres så ligesom jeg til at vide mere om emnet, fordi de kan se, at forskerens job gør en forskel.

Naturfagslærer Lykke Mejdal Jensen,  
Bagsværd Kostskole og Gymnasium

Eleverne skal opleve, at de kan være med til at gøre en forskel, når vi sammen passer på det rene vand. Men for at kunne handle på et oplyst grundlag, så skal de også kende til de interessekonflikter, der er i forvaltning og forurening af ferskvandsressourcen og vandmiljøet.

Fagudvikler Jesper Heidemann Langhoff,  
Københavns Professionshøjskole

# Seks inspirationskataloger om ferskvand som en knap ressource

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

**1.-2.  
klasse**



## Vand i din hverdag

**Kompetenceområder i fokus:**  
Undersøgelse og kommunikation

**Fælles Mål:**  
Undersøgelser, kommunikation og perspektivering i naturfag efter 2. klasse.



**5.-6.  
klasse**

## Vandets kredsløb er sårbart

**Kompetenceområder i fokus:**  
Undersøgelse og modellering

**Fælles Mål:**  
Stof og energi, undersøgelser og modellering i naturfag efter 6. klasse.

**3.-4.  
klasse**



## Livet i vandløb og ådale

**Kompetenceområder i fokus:**  
Undersøgelse og perspektivering

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





**7.**  
klasse

## Rent drikkevand er ikke en selvfølge

**Kompetenceområder i fokus:**  
Undersøgelse og modellering

**Fælles Mål:**

**Geografi:** Demografi og erhverv, globalisering, naturgrundlag og levevilkår

**Biologi:** Økosystemer

**Fysik/kemi:** Jorden og Universet, produktion og teknologi.



**8.**  
klasse

## Nitrat kan forurene søer og havet

**Kompetenceområder i fokus:**  
Undersøgelse og modellering

**Fælles Mål:**

**Geografi:** Demografi og erhverv, globalisering, naturgrundlag og levevilkår

**Biologi:** Økosystemer

**Fysik/kemi:** Jorden og Universet, produktion og teknologi.



**9.**  
klasse

## Sådan sikrer vi det rene vand

**Kompetenceområder i fokus:**  
Modellering og perspektivering

**Fælles Mål:**

**Geografi:** Demografi og erhverv, globalisering, naturgrundlag og levevilkår

**Biologi:** Økosystemer

**Fysik/kemi:** Jorden og Universet, produktion og teknologi.

### 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 'Genskabte vådområder

og rent ferskvand' 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/naturvidenssabsstrategien](http://emu.dk/grundskole/naturvidenssabsstrategien).

# 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)**

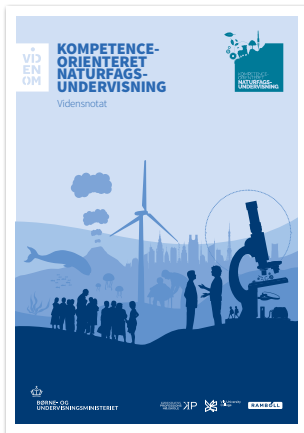


## 10 film i lang og kort version

Forskerne fra de 10 temamagasiner præsenterer deres naturvidenskabelige 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**  
87-603-3287-5 (web udgave)  
87-603-3288-3 (trykt udgave)



**BØRNE- OG  
UNDERVISNINGSMINISTERIET**