



Forskningsbaseret feltarbejde

-Kompendium 4:

Ferskvandsøkologi

Lavet i 2013 af:

Kit Nielsen -Htx Fredericia



Intro

I 2009 udkom bogen *Naturen og klimaændringerne i Nordøstgrønland*, som var en tiltrængt nationalt/lokalt forankret forskningsbaseret undervisningsbog i Grønland. Det eneste denne bog ikke kom med var eksempler på vejledninger som kunne bruges i tilknytning til dens kapitler. Denne manglende del til min/vores undervisning har givet anledning til denne samling af kompendier, som knytter sig direkte til følgende 3 bøger.

- Naturen og klimaændringer i Nordøstgrønland
- Grønlands Økologi
- Grønlands Geologiske udvikling

Kompendierne er blevet lavet i forbindelse med et projektforsløb i fagene geologi, biologi og kemi, men kan sagtens bruges i andre sammenhæng. Det er lavet til et teknik niveau-A hold, men dele af materialet kan sagtens bruges på niveau B – dog forudsætter en noget af materialet en del grundlæggende viden inden for økologi.

Ideen bag projektet er at lave vidensdeling mellem gymnasieklasser og kunne sammenligne/undersøge flere forskellige områder på en gang igennem forskningsbaseret arbejde fra elevernes side. Vi kalder det forskningsbaseret undervisning, fordi der SKAL ligges op til, at eleverne arbejder med nutidige og relevante forskningsemner, holder deres data op mod referenceværdier fra forskernes arbejde og videns deler / formidler deres resultater til andre.

Vi håber det kan inspirere til nye projektforsløb og give eleverne mulighed for, at komme ud af klasseværelset og lege forsker i naturen. Meget gerne i parallelforsløb med andre gymnasieklasser fra andre byer/lande.

Der er lavet 4 kompendier i dette projektforsløb: "*Forskningsbaseret feltarbejde i Jordbundsøkologi*", "*Forskningsbaseret feltarbejde i Geologi*", "*Forskningsbaseret feltarbejde i botanik*" og "*Forskningsbaseret feltarbejde i Ferskvandsbiologi*". Kompendierne kan bruges samlet, hver for sig eller som mange små vejledninger/øvelser i feltarbejde. Hver kompendium består af:

- Introduktion til underviseren
- Teoriafsnit med links/QR-koder til relevante film og artikler
- Elevvejledninger

I forbindelse med udgivelsen af dette materiale vil vi gerne takke Grønlands Selvstyre for støtte til udviklingen af materialet både økonomisk og konsulentbistand igennem Kasper Busk.

Materialet er udarbejdet af:

Geologi - Søren Nielsen fra Htx/GU Sisimiut/GL

Botanik - Sine Madsen fra Htx/GU Sisimiut/GL

Ferskvandsøkologi – Kit Nielsen fra Htx Fredericia

Jordbundsøkologi – Jakob Bach Andersen fra Htx Fredericia (Projektansvarlig- jmb@eucl.dk)

Indhold

Kompendium 4: Ferskvandsøkologi

Vejledning – Søer – hvilke faktorer styrer deres biologi	s.1-22
Vejledning til underviseren	s.2
Vejledning til elever	s.6

Søer – hvilke faktorer styrer deres biologi?



Lake temperatures - Changing Planet.
<http://www.youtube.com/watch?v=xXYVHiUwvPM>

Formål

At få kendskab til de økologiske forhold i søer og give en baggrund for at vurdere og tolke biologiske, fysiske og kemiske data fra søer.

At undersøge ligheder og forskelle mellem to søer i hhv. det tempererede klimabælte og Arktis. Dette gøres ved at bestemme søens plante- og dyrearter, både makroskopiske og mikroskopiske

At undersøges om andre parametre, kan være årsag til forskelle i artssammensætning. Derfor måles temperatur, iltindhold og næringssaltkoncentrationer i vand, og sedimentet analyseres for indhold af organisk stof.

At få forståelse for, og kunne argumentere for, hvilken betydning klimaet, og miljøet generelt, har for hvilke organismer der kan leve i et bestemt område, samt hvilke følger eventuelle klimaændringer kan få for de eksisterende økosystemer.

Til underviseren

Følgende undervisningsoplæg er beregnet på et forløb på 10-14 lektioner. Lektionerne kan være fordelt over 2-4 dages undervisning. Forløbet starter med en kort teoridel efterfulgt af feltarbejde med undersøgelse af en sø og til slut laboratoriearbejde. Der er lagt op til at eleverne dokumenter deres arbejde, resultater og konklusioner med en film, der f.eks. kan lægges på You Tube. De fleste elever har i dag mobiltelefon af en kvalitet, der optager udmærkede film og de vil ofte have fremstillet mindre film i Kom/IT og/eller dansk.

I dette undervisningsforløb er hensigten, at lade elever undersøge søer i to forskellige klimabælter (det arktiske og det tempererede) for at se hvordan dyre og planteliv adskiller sig både i tilstedeværende arter samt vandkemiske og fysiske forhold. Tanken med at sammenligne de to klimabælter er at anskueliggøre, hvordan klimaændringer vil kunne påvirke biodiversiteten i søer i den lavarktiske zone.

Eleverne vil i forløbet få kendskab til forskellige trofiske niveauer i søerne og se hvorledes de afviger fra hinanden i de forskellige klimazoner. Sammenligningen af søerne skal give eleverne en forståelse for, hvad effekten af stigende temperature kan blive for søerne og deres biodiversitet.

Forløbet egner sig godt til en visuel præsentation og ved at gøre de producerede elev-film og artslister tilgængelige på nettet, er tanken, at man vil få et stort materiale at sammenligne sine egne undersøgelser med. Dermed vil man kunne perspektivere sin undersøgelse af en lokal sø med en diskussion af konsekvenser af klimaforandringer.

Tabel 1: Eksempel på opdeling i lektioner.

Dag/lektion	Tema	Hvad
1/1-2	Teori	Intro til temaet, inddeling i grupper, tildeling af ansvarsområder. Betydning af temperaturændring for lagdeling og dennes indflydelse på næringsstofbalancen og dermed på organismer skal diskuteres. Nærmere præsentation af organismer og deres økologiske rolle.
1/3-5	Feltarbejde	Pakning af udstyr, undersøgelse af lokalitet, prøvetagning, artsidentifikation, hjemtagning af prøver til videre bearbejdning
1/6	Laboratoriearbejde	Opskæring af sedimentsøjler, afvejning og tørring
2/1-6	Laboratoriearbejde og databehandling	Mikroskopering af organismer Bestemmelse af organisk indhold af sediment Udarbejdelse/klipping af film til You Tube (færdiggøres i fritiden).
3/1-2	Elevpræsentation	Fremvisning og diskussion af elevernes You Tube-film, med fokus på naturvidenskabelig arbejdsmetode og kvaliteten af formidling.

Der forventes 3 elevtimer til færdigbearbejdning af data og færdiggørelse af You Tube-film. Filmen fremvises og kommenteres af gruppen selv og øvrige grupper og lærer.

Det forventes at eleverne har kendskab til grundlæggende ferskvandsøkologi, herunder effekt af eutrofiering og lagdeling svarende til Biologi på C-niveau. Eleverne skal kunne anvende mikroskoper og stereolupper og have basale færdigheder i et kemilaboratorium. Til elevernes repetition af nitrogens og fosfors kredsløb kan følgende links eventuelt bruges:

<http://www.youtube.com/watch?v=rdZW7JZCoFc>
<http://www.youtube.com/watch?v=hkcGrwxtVMM>

Til repetition af samspil mellem fytoplankton, zooplankton og næringsalte kan følgende anvendes

<http://www.youtube.com/watch?v=NmzfAGakKjw&nofeather=True>

For forklaring af springlag

<http://www.youtube.com/watch?v=MIJWRFcUWro>

eller brug QR-koderne her til eleverne.



Teoridel - 1 lektion

Der er lagt op til at eleverne anvender kapitel 6 "Søerne" fra bogen "Naturen og Klimaændringer i Nordøstgrønland" af Mads Forchhammer m.fl.. Desuden anvendes artiklerne "Hvordan ser økosystemer ud i Arktis?"¹ og "Klimaændringer i Danmark – Effekt på søer"², der kan ses i litteraturlisten. Eleverne ser udsendelsen "Lake temperatures" fra serien "Changing Planet"³, der varer 5 minutter. Filmen er på engelsk. Eleverne kan se den ved at scanne QR-koden på forsiden af elevvejledningen. Den kan bruges som baggrund for en diskussion af, hvad øget temperatur i søer kan få af konsekvenser for søerne, på trods af, at den behandler store søer.

Det tilstræbes, at forløbet kan bruges alene med brug af dette materiale og de to artikler.

Elevforberedelsen til temaet kan passende være gennemlæsning af vejledningens teori-afsnit og det forventes også at de skimmer vejledningen til øvelserne.

Litteraturlistens artikler og kapitler anvendes til diskussion og perspektivering af elevernes egne resultater og skal inddrages i deres diskussion og konklusion i deres producerede film.

Feltdelen - 3 lektioner

Alt arbejde i felten dokumenteres med filmoptagelse OG feltjournal (resultatark). Før feltarbejdet påbegyndes, instrueres der i kravene til journal og film.

Eleverne skal lave undersøgelse af vandkemi, undervandsvegetation / bredvegetation, dyreliv og sedimentprøver. Der tages prøver af plante- og dyreplankton. Da brug af båd i undervisning ikke længere er tilladt med elever i Grønland, udelades måling af sigtdybde og temperaturprofil. Har

¹ Tema om Arktis på emu.dk

² Vand og Jord nr. 4, 2009

³ Science News From the National Science Foundation

man mulighed for brug af båd er dette dog interessant! Det bedste resultat fås, hvis målingen foretages på søens dybeste sted (brug et topografisk kort). Der udtages sedimentprøver til undersøgelse af organisk indhold og indhold af skalrester.



De vandkemiske analyser vil blive foretaget med vandkemiske testsæt. Der udtages vand ved bredden i en passende beholder og herfra tages delprøver ud til analyse for nitrat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) og fosfat (PO_4^{3-}). Det kan i Grønland være nødvendigt med inddampning af vandprøverne.

De indsamlede hvirvelløse dyr og eventuelle fisk identificeres så vidt muligt i felten via bestemmelseslitteratur. Det samme gælder for vandplanter. Er der identifikationsproblemer tages dyr og planter med til nærmere identifikation i laboratoriet. Der udtages sedimentprøver i kajkrør, der forsegles med

gummipropper og tages med retur.



Prøver af zooplankton og fytoplankton (kvalitativ undersøgelse) udtages med planktonnet og opbevares i forsvarligt lukkede beholdere (gerne termobeholdere) under transport til laboratorie.

Der måles temperatur, iltindhold og pH på søvandet.

Laboratoriedelen og databehandling – 4 lektioner

Der er mulighed for at skrue lidt op og ned på tidsforbruget til hhv. identifikation og artslistes af planktonprøver også arbejdet med sedimentet. Dette kan være nødvendigt, da man aldrig helt kan vide, hvor gode planktonprøver man får med retur fra felten.

Mikroskopering eller brug af stereolup til identifikation af fytoplankton og zooplankton. Til dette er der brug for bestemmelseslitteratur. Københavns universitet har udgivet kompendium til Feltbiologi III, f.eks. i 2009, hvor der er mindre og overskuelig nøgler til dette. Gunnar Nygaards tavler er også altid gode.

Sedimentsøjlerne skæres op i dybdeprofiler. Der bestemmes vådvægt, tørvægt og glødetab. Herudfra beregnes organisk indhold (LOI, Loss on ignition) i sedimentets enkelte lag. Sedimentet undersøges også kvalitativt for rester af muslinger, snegle, krebsdyr. Dette kan give indblik i søens forhistorie. I Grønlands næringsfattige søer er sedimentationsraterne så lave, at man kan være heldig at kunne gå meget langt tilbage i tiden.

Mulighed for udvidelse:

På de hjemtagne sedimentsøjler måles redoxprofiler. Sedimentsøjlerne skæres op i dybdeprofiler, hvor lagenes tykkelse bestemmes ud fra de målte redoxprofiler, men inddelingen bør være ens for alle søjler fra station. Lagene behandles som ovenfor (bestemmelse af vådvægt, tørvægt og glødetab, LOI,). Disse sammenholdes med redoxprofilerne.

Delprøver af det tørrede sediment fra hver dybde kan endvidere bruges til senere bestemmelse af nitrat, ammonium og fosfat i laboratoriet. Til dette vil metoder fra ”Naturundersøgelser 2. Jordbundsområder” af Ivar Cornelius Petersen blive anvendt.

Differentiering

Der er sat mange undersøgelsesparametre på denne øvelse. Man kan vælge at opdele disse i obligatoriske undersøgelser, som alle skal laves og så nogle ekstra for de lidt hurtigere elever. Arbejder man i en sø med høj diversitet i vandplanter, bunddyr og fisk, kan man f.eks. vælge at nedprioritere arbejdet med sedimentprøver. Undersøger man en sø med meget lav produktivitet er arbejdet med sedimentet måske meget mere informativt og skal derfor opprioriteres, hvor arbejdet med bestemmelse af zooplankton og fytoplankton formodentlig vil være mindre krævende, da der kan forventes færre arter.

Alternativt kan man fordele måleparametrene mellem grupperne, så hver gruppe mindst har ansvar for to-tre typer af målinger og har en prioriteret liste for de resterende målinger, som foretages, hvis der bliver tid. På den måde kan man sikre sig at alt bliver målt. Herved får alle elever dog ikke kendskab til alle typer af prøvetagning og analysearbejde.

Opprioriteres arbejdet med sedimentprøverne vil data om sedimentationsrater eller primærproduktion pr. år være relevante for de arbejdsomme elever i en diskussion af sedimentlagernes alder. Dette er specielt interessant, hvis man i uproduktive søer finder skalrester fra dyr, der ikke længere er til stede (rur i Grønland, f.eks. hvis søen tidligere har stået i forbindelse med havet).

Pakkeliste til felten

Waders, rive, Sigurd Olsen rive, fotobakker, plastposer med skrivefelt, vandfast tusch, papir, blyant (til markeringssedler), feltlup, plastikspande med låg, flasker til planteplankton og dyreplankton, iltmåler, termometer, pH-sticks eller felt pH-meter eller testsæt, testsæt til bestemmelse af nitrat, ammonium, fosfat, kajak rør og propper, bundprøveoptager til kajakrørene. Ketchere og net til smådyr, vandkikkerter. Bestemmelseslitteratur (feltflora, vandplanteflora, nøgler til vandlevende invertebrater og fisk, zooplanktonnøgle, fytoplanktonnøgle).

Udstyr til laboratoriet

Mikroskoper, objekt- og dækglas, engangspipetter, stereolupper, petriskål eller ”saltkar”, pincetter, præparernåle, planteplanktontavler (Nygaard), feltflora, vandplanteflora, bestemmelseslitteratur til dyr og dyreplankton. Krave, metalspatel og stempel til opskæring af sedimentsøjler, skeer til homogenisering af sedimentprøver, vægt, aluminiumsbakker, digler, tørreovn (eller radiator), glødeovn (550 °C) eller gasbrændere, eksikator.

Søer – hvilke faktorer styrer deres biologi?



Lake temperatures - Changing Planet.
<http://www.youtube.com/watch?v=xXYVHiUwvPM>

Formål

At få kendskab til de økologiske forhold i søer og give en baggrund for at vurdere og tolke biologiske, fysiske og kemiske data fra søer.

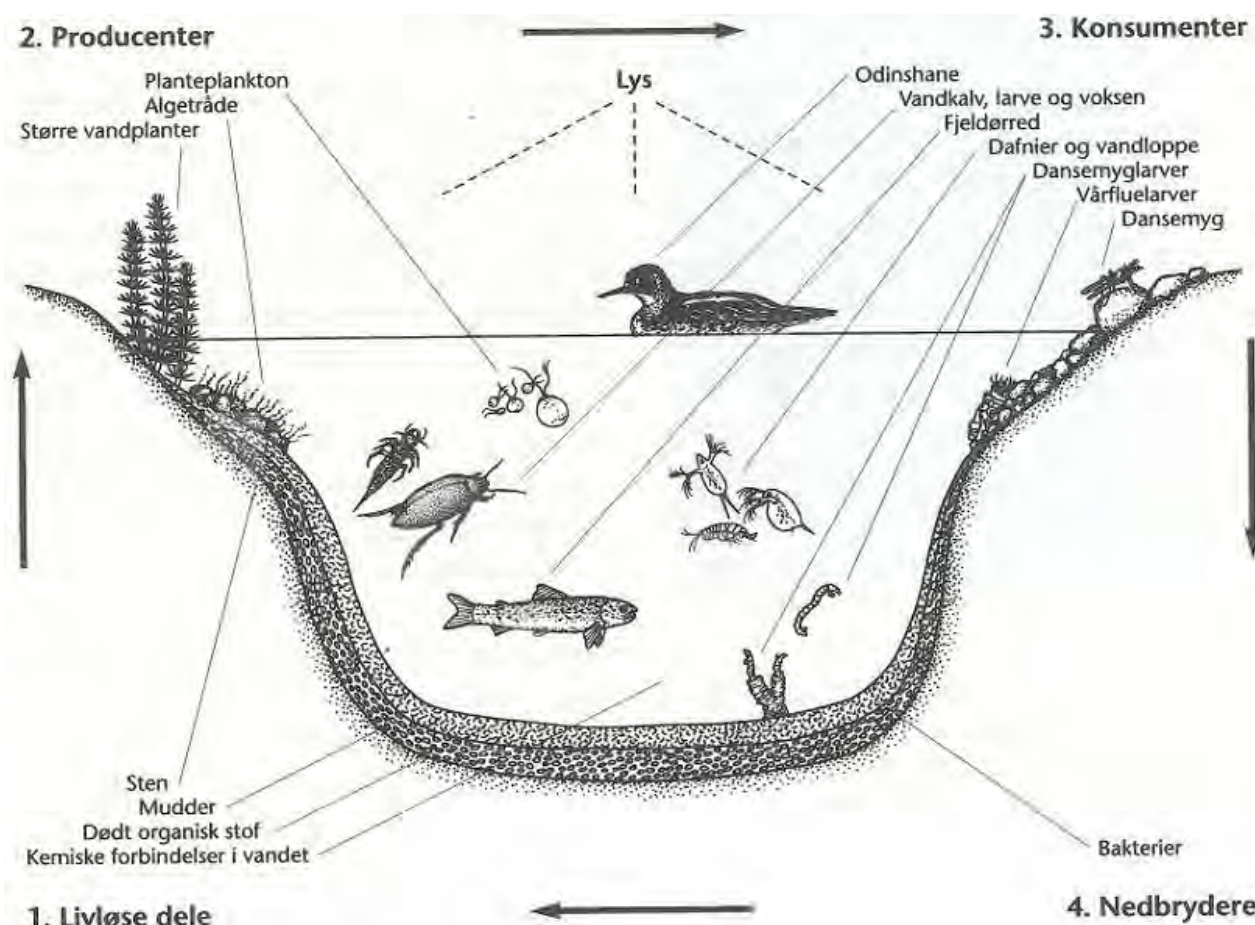
At undersøge ligheder og forskelle mellem to søer i hhv. det tempererede klimabælte og Arktis. Dette gøres ved at bestemme søens plante- og dyrearter, både makroskopiske og mikroskopiske

At undersøges om andre parametre, kan være årsag til forskelle i artssammensætning. Derfor måles temperatur, iltindhold og næringssaltkoncentrationer i vand, og sedimentet analyseres for indhold af organisk stof.

At få forståelse for, og kunne argumentere for, hvilken betydning klimaet, og miljøet generelt, har for hvilke organismer der kan leve i et bestemt område, samt hvilke følger eventuelle klimaændringer kan få for de eksisterende økosystemer.

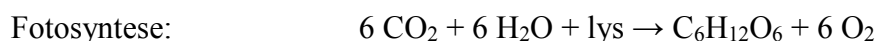
Teoridel

Vandet i søer er, i modsætning til i vandløb, mere eller mindre stillestående. Det gør at miljøet er mere stabilt i en sø end i et vandløb. Det mere stabile miljø i søer giver mulighed for, at der opstår samfund af planter og dyr, der spiller sammen. Hvor meget liv, der er i en sø afhænger bl.a. af, hvor mange næringssalte, der er i vandet. Jo større koncentration af næringssalte, jo større primærproduktion kan der skabes i søen. Og denne er igen grundlaget for de højere trofiske niveauer (planteædere, rovdyr, nedbrydere, figur 1).



Figur 1. En sø kan betragtes som et næsten lukket økosystem. Pilen angiver stoftransport i kredsløbet (fra Born og Böcher⁴).

En anden meget vigtig parameter for primærproduktionen i en sø er mængden af lys, der er nødvendig, for at fotosyntese kan finde sted:



I de tempererede egne, som Danmark ligger i, er der en del årstidsvariation i antallet af solskinstimer, i lysintensiteten og i temperaturen. I de arktiske egne, som Grønland ligger i, er disse årstidsvariationer meget mere ekstreme. Primærproduktionen i en sø afhænger, ligesom på landjorden, af antal solskinstimer. I søer er lysindfaldet dog yderligere begrænset af et eventuelt

⁴ Grønlands Økologi – En grundbog.

isdække, der først skal smelte væk om foråret/sommeren, før der kommer maksimalt lys til fotosyntese. Den arktiske sommer, vækstperioden, er på land blot på 2-4 måneder afhængig af, hvor langt mod nord man befinder sig.

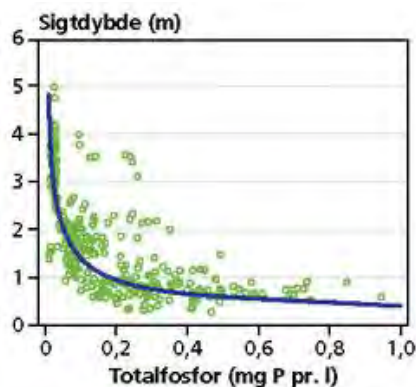
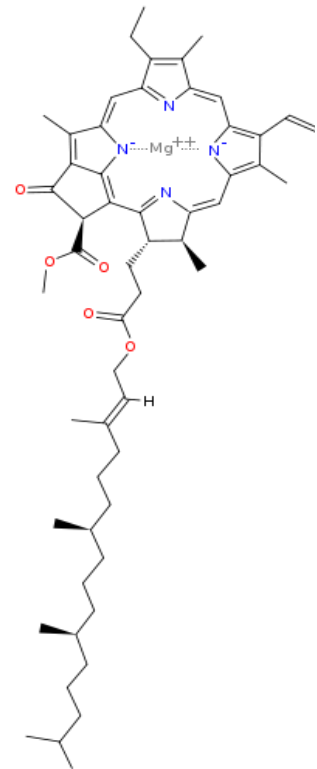
Ud fra den dannede glukose, $C_6H_{12}O_6$, kan planten opbygge øvrige makromolekyler, f.eks. protein, klorofyl, DNA, RNA og ATP, hvilket kræver tilstedeværelse af bl.a. nitrogen og fosfor.

Man kan følge udviklingen i algebiomasse i en sø ved at måle koncentrationen af klorofyl (figur 2).

Klorofylkoncentrationen giver oplysninger om den tilgængelige føde for dyreplankton og nedbrydere på bunden og dermed resten af fødenettet i søen.

Næringssaltindholdet i en sø afhænger af undergrunden. Rige ler- og muldjorde indeholder højere koncentrationer af alle ioner, end udvaskede sandjorde gør. Ioner er nødvendige for planternes vækst. Desuden er afstrømningen af vand fra de omkringliggende arealer af betydning. Er oplandet dyrket, kan der tilføres mange næringsstoffer i kontrast til hvis oplandet er dækket af naturlig vegetation.

Figur 2. En del af et klorofyl a molekyle med de indbyggede N-atomer og en magnesium-ion (en.wikipedia.org/wiki/Chlorophyll).

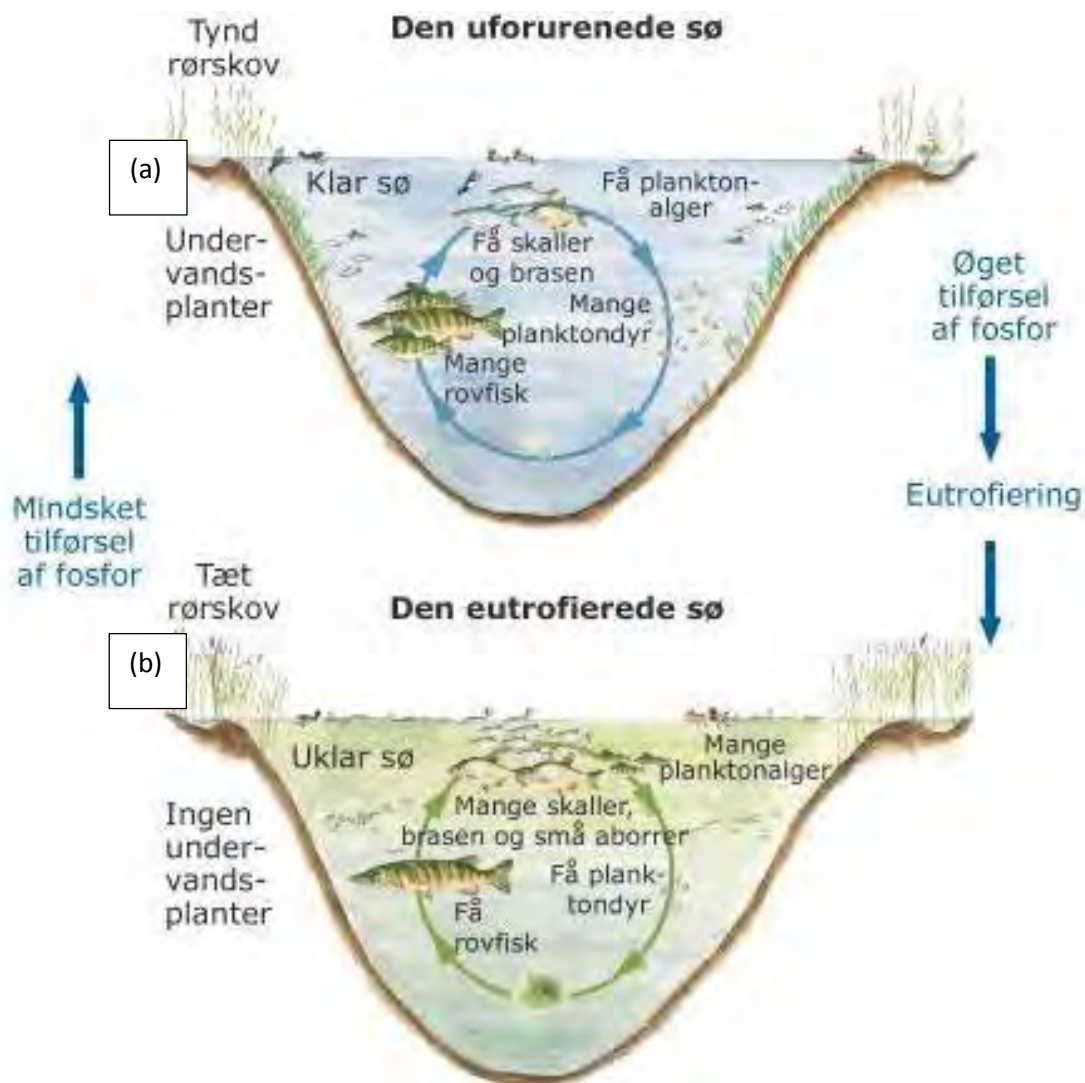


Figur 3. Sammenhæng mellem søers indhold af fosfor og sigtdybden. Hver cirkel repræsenterer en dansk sø (<http://www.fiskepleje.dk/soeer/soebiologi.aspx>).

Fosfat er relativt hårdt bundet i jorden og tilføres primært til vandet med jordpartikler, hvorimod nitrat er meget vandopløseligt og let vaskes ud fra jorden til søer og vandløb eller til grundvandet.

Figur 3 viser sammenhængen mellem indholdet af fosfor i en sø og sigtdybden.

Betydningen af indholdet af næringsalte for vandets klarhed kan bedre forstås, hvis man ser på, hvad der sker i en sø, der beriges med næringsstoffer. På figur 4 ses modeller af, hvordan kredsløbende i en næringsfattig og næringsrig sø kan se ud.



Figur 4. (a) Næringsfattige, uforurenedede sø med udbredt bundplantedække, mange rovfisk, få fredfisk (skalle og bræsen), mange dyreplankton (dafnier, vandlopper) og få planteplankton. (b) Næringsrig sø med mange planteplankton og deraf følgende dårlig lysgennemtrængning, lille udbredelse af bundplanter, få rovfisk, mange fredfisk og dermed få dyreplankton (fra furesoeprojekt.dk).

Efterhånden som indholdet af næringsstoffer stiger i en sø, enten pga. af naturlige eller menneskeskabte kilder, vil der ske et skift mod øget produktion af planteplankton, mindskelse af bundvegetationen, dårligere sigt for rovfisk, der falder i antal. Det fører til stigning i antallet fredfisk, der græsser på det dyreplankton, der kan holde planteplanktonet i skak. Dette kan resultere i en såkaldt "ønd cirkel", hvor faldet i bundvegetation resulterer i, at der er flere næringsstoffer til planteplankton, der samtidig græsses mindre og derfor øges i antal. Dette gør det sværere for rovfisk at jage, fredfiskene trives og græsser endnu kraftigere på dyreplankton.

I de arktiske søer, der er begrænset i deres produktion af det oftelave næringsstofindhold og den lave lysintensitet i en stor del af året, er næringsstofkredsløbende ofte simple end i søer i de tempererede egne (Figur 5).



Figur 5. Fødekæde i arktisk sø. Fødekæden består af planteplankton, der bliver spist af dyreplankton (protozoer, dafnier og vandlopper), som selv er føde for lidt større vandlopper og damrokker. Disse bliver igen spist af fjeldørreder, der således er topovdyr i fødekæden, - altså en meget kort fødekæde. Fødekæden indeholder dog også en såkaldt mikrobiel løkke, hvor organisk materiale fra alger og fæces m.m. fra andre organismer bliver optaget af bakterier, som selv bliver ædt af protozoer eller dafnier. (fra Forchhammer m.fl., fig. 6.2).

Derfor forventes en ændring i miljøet, som f.eks. øget lysindfald, øget næringsstoffilførsel eller mindsket isdække, at kunne have en stor indflydelse på økosystemerne. Man kan allerede nu se store forskelle i, hvilke grupper af krebsdyr, der dominerer dyreplanktonet, alt efter vandets temperatur. I Zackenberg i Nordøst Grønland har undersøgelser vist øget forekomst af dafnier i varme år, hvor der også bliver mere føde, hvorimod vandlopperne (copepoderne) dominerede i år, hvor vandtemperaturen var lavere⁵. Krebsdyrene er vigtig føde for fiskene, men indeholder ikke lige meget energi, så denne effekt af temperatur smitter af på alle de næste led i fødekæden.

Hvad betyder fisk?

Fiskene spiller en helt central rolle for økosystemet i en sø. I de grønlandske søer, med deres simple fødenet får fiskene enorm betydning. Er de ikke tilstede, vil der være mange store dafnier og f.eks. damrokker, men ikke så mange små krebsdyr, da de vil blive ædt af de store krebsdyr. Er der derimod fisk, vil de holde de store arter af krebsdyr nede, hvilket vil føre til vækst i de mindre arter som f.eks. vandlopper og hjuldyr (Figur 6). Søer der bundfryser om vinteren indeholder ikke fisk.



Figur 6. Fjeldørreder fra søerne ved Zackenberg i Nordøstgrønland. Fiskene spiller en nøglerolle i de kolde søer. I Grønland forekommer kun fjeldørred og nogle steder også hundestejle, men søer med mindre end 3 meter vand er uden fisk fordi vandet fryser helt til bunds om vinteren (http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_dm_unyt/1999-3/side3.htm).

Man kan følge udviklingen i en sø gennem historien, da rester af krebsdyr bevares i søbunden, når de dør. Man vil derfor indirekte kunne se, om der har været ændringer i fiskebestanden i en sø.

⁵ Mads C. Forchhammer m. fl., side 76

Dette udnyttes i undersøgelser af, hvilke effekter store udsving i temperatur har haft i de Grønlandske søer og giver en idé om, hvad der kan forventes ved stadig stigende temperatur.

Feltarbejde

Observer søens beliggenhed (GPS-koordinater). Observer og noter omgivelserne. Relevante oplysninger er: beskrivelse af oplandet. Hvordan er jordbund og plantelivet? Dyrkes der afgrøder? Er der tilledning af spildevand, smeltevand, mosevand? Dokumenter jeres iagttagelser på film og skriftligt i jeres journal. For hver prøvetype noteres også afstand fra søbredden, vanddybde og andre informative oplysninger, som hvordan bunden ser ud.

Måling af temperatur, pH og ilt

Målingen foretages et stykke ud fra bredden med en kombineret ilt og temperaturelektrode, alternativt med termometer. pH måles med stick eller testkit.

Sedimentprøver

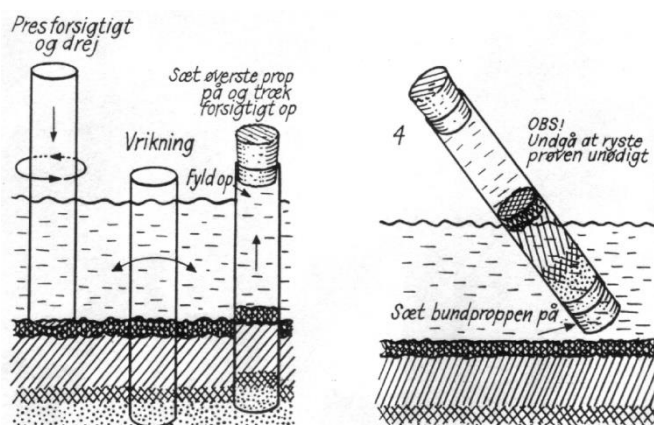
Kajakrør monteres på prøvehenteren og presses ned i sedimentet på det valgte sted (dokumenter, hvor prøven tages, afstand fra bredden, vanddybde, GPS-koordinater). Få en god, dyb sedimentsøjle.

Membranen i prøvehenteren fastholder sedimentet i røret, når røret trækkes op. Sæt straks en bundprop i kajakrøret. Skru røret fri af

prøvehenteren og forsegl røret med en topprop, sæt røret i transportkassen. Alternativt presses kajakrør ned i sedimentet med håndkraft (figur 7). Proppen presses ned i toppen af kajakrøret.

Undertrykket pga. proppen fastholder sedimentet i røret, når røret trækkes op. Sæt straks en

bundprop i kajakrøret. Udtag tre søjler pr. gruppe. Beskriv sedimentets udseende i journal og i film.



Figur 7. udtagning af sedimentprøver ved håndkraft.

Næringsalte

Der anvendes et vandkemisk testsæt til bestemmelse af nitrat, fosfat og ammonium på søvandet. Her følges vejledningen i testsættet. For næringsfattige søer kan det være nødvendigt at inddampe vandprøven. Hold styr på inddampningsgraden, dvs. mål start og slutvolumen på vandprøven. Inddampning sker i kop eller gryde over gasblus.



Vegetationsundersøgelse



Der indsamles planter fra bredvegetation og undervandsvegetation. Dette gøres med hænderne og med en kasterive eller en vandplanterive (Sigurd Olsenrive). Der indsamles kun planter, der står med "fødderne i vand", dvs. at mindst rodnettet skal være under vand. Formålet er at få et større indblik i, hvilke typer af planter der knytter sig til søer i forskellige klimazoner og med forskelligt næringsstofindhold, forstå hvad der adskiller vegetationstyperne og hvorfor vi finder dem forskellige steder. Bestemmelse af plantens art foretages så vidt muligt på stedet. Fastgør seddel med navn til planten, så I kan filme det. Repræsentative eksemplarer med rod kan tages med til laboratoriet for nærmere bestemmelse. Brug feltflora og nøgle til undervandsplanter. Jeres fund noteres i **Resultatskema – vegetationsundersøgelse** bagest i kompendiet.

Dyreliv

Indsamling af dyr sker med net og ketcher på stang. Tag sten, grene og planter op af vandet og pil dyr af. Læg dyrene i hvide fotobakker til observation. Brug den medbragte litteratur til artsbestemmelse. Er der særligt interessante arter eller dyr, der er vanskelige at bestemme, hjembringes de i lukkede beholdere til laboratoriet. Sørg for frisk vand inden afgang. Især mindre dyr kan være interessante at observere i stereolupper. Jeres fund noteres i **Resultatskema – faunaundersøgelse** bagest i kompendiet.



Vårfluelarve



Damrokke

Planktontræk

Prøvetageren vader ud til max. hoftedybde. Der skal være fri bevægelighed af overkroppen. Planktonnet (planteplankton: maskestørrelse omkring 20 µm, dyreplankton 70 eller 200 µm) kastes ud og trækkes gennem vandet retur. I næringsfattige søer skal der filtreres meget vand, for at få en rimelig koncentration af både plante- og dyreplankton i sin indsamlede prøve og der må kastes flere gange. Prøverne hældes på tæt flaske eller glas og tages med retur til laboratoriet. Her bestemmes arterne og skrives ind i **Artsliste for planteplankton** hhv. **dyreplankton** bagest i kompendiet.

Laboratoriearbejde

Planteplankton sammensætning

Lad flasken med planteplankton stå på bordet ca. ½ time. Ryst ikke flasken! Udtag en dråbe med pipette fra bunden af flaske. Dråben placeres på objektglas og der lægges et dækglass over. Sug overskydende vand væk med kanten af et stykke køkkenrulle. Sæt objektet i mikroskopet. Start med den mindste forstørrelse og centrér objektet. Der mikroskoperes flere prøver. Udskift mikroskoppræparatet, når det tørrer ud. Lav en artsliste. Tag film eller billeder gennem mikroskopet. Afgør, hvilke der dominerer. Jeres fund noteres i **Resultatskema – planteplanktonundersøgelse** bagest i kompendiet.

Dyreplankton sammensætning

Se på dyreplankton i stereolupper. Bestem dem til slægt efter dyreplanktonnøglen Brug den sorte skive på mikroskopet som baggrund for større kontrast. Tag film eller billeder gennem mikroskopet. Afgør, hvilke der dominerer. Jeres fund noteres i **Resultatskema – dyreplanktonundersøgelse** bagest i kompendiet.

Sedimentsøjler

Holdet betragter sedimentsøjlerne. Ses skalrester i sedimentet? Noter dybderne for observation. Er der en ensartet lagdeling at se? I så fald enes holdet om 3 sedimentdybder, som sedimentet skal indeles i (overfladelag, rodzone og under rodzonen, hvis der er en rodzone). Overfladelaget er tit meget tydeligt. Det samme kan en eventuel rodzone være. Er sedimentet meget heterogent (uensartet), beslutter hver gruppe selv, hvilke 3 dybder alle gruppens søjler skal indeles i.



Der monteres et stempel i bunden af kajakrøret (topproppen skal blive i røret!). Der monteres en krave øverst på røret og sedimentsøjlen skubbes gradvist op. En metalspatel skubbes langs den monterede krave, igennem sedimentet, og sedimentskiven placeres i en beholder og homogeniseres. Der udtages en repræsentativ delprøve, ca. 30 g, der placeres på en for-vejret og mærket aluminiumbakke. Vådvægt (VV) af sedimentet noteres nøjagtig (!) i **Resultatskema for sediment**.

Dernæst sættes sedimentet til tørring ved 60 °C i 12 timer (alternativt på radiator). Herefter vejes prøven igen nøjagtigt (TV). Vandindholdet beregnes i procent ved

$$\text{Vandindholdet} = \frac{VV-TV}{VV} \cdot 100$$

En del af den tørrede prøve pakkes i frysepose til senere bestemmelse af fosfat, nitrat og ammonium i sedimentet. En delprøve bruges til bestemmelse af organisk indhold.

Bestemmelse af organisk indhold

Der afvejes 10 g tørret sediment i en for-glødet⁶, for-vejjet og mærket digel (brug blyant i bunden). Prøven glødes ved 550 °C i 2½ timer. Lad diglerne afkøle lidt i ovnen. Herefter overføres de med tang til eksikator og afkøles min. 45 minutter før vejning (GV). Glødetabet beregnes i procent ved

$$\text{Glødetab} = \frac{TV-GV}{TV} \cdot 100$$

Glødetabet (den afbrændte masse) svarer til indholdet af organisk stof i prøven, med mindre der er mange skaller i. (Se ”opgave til tema 1 i GL – jordbundsøkologi”)

⁶ Diglerne glødes ½ time ved 550 °C. Afkøles i eksikator i ca. 45 minutter.

Resultater

Resultaterne af undersøgelserne præsenteres i form af artslister og film.

Resultatskema for fysiske, kemiske og geografiske data

Sø:

Station:



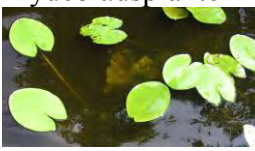


GPS:

Beskriv lokaliteten: _____

Parameter	Resultat
Temperatur (°C)	
O ₂ (mg · L ⁻¹)	
pH	
Nitrat, [NO ₃ ⁻]	
Ammonium, [NH ₄ ⁺]	
Fosfat, [PO ₄ ³⁻]	
Ved inddampning V _{start}	
V _{slut}	
Beregn [NO ₃ ⁻] _{start} = $\frac{[NO_3^-]_{slut} \cdot V_{slut}}{V_{start}}$	
Beregn [NH ₄ ⁺] _{start} = $\frac{[NH_4^+]_{slut} \cdot V_{slut}}{V_{start}}$	
Beregn [PO ₄ ³⁻] _{start} = $\frac{[PO_4^{3-}]_{slut} \cdot V_{slut}}{V_{start}}$	

Resultatskema - vegetationsundersøgelse

Planternes artsnavn skrives under de relevante vegetationstyper (grundskudsplanter, vandskudsplanter, flydebladsplanter eller rørsumpplanter). Kommenter hvor planterne er fundet (vanddybde, type af bund, hyppighed).

Vegetationstype	Artsnavn	Kommentarer
Grundskudsplanter 		
Vandskudsplanter 		
Flydebladsplanter 		
Rørsumpplanter 		
Mosser 		




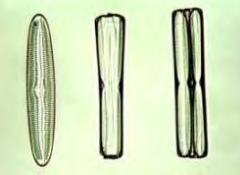
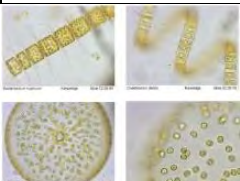

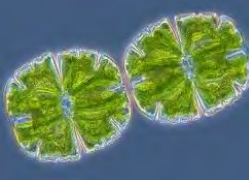

Resultatskema - faunaundersøgelse

De fundne dyrs artsnavn skrives med angivelse af, hvor de er fundet (i vegetationen, på sten, på bunden, i bunden, fritsvømmende). Noter hvilken måde dyret samler føde på (skraber, filtrator, detritivor, prædator).

Miljø	Artsnavn	Fødesøgning
Fastsiddende		
I vegetationen		
I bunden		
På bunden		
Fritsvømmende (i åbent vand)		

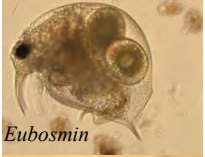



Artsliste for planteplankton

Planteplankton bestemmes (identificeres) ved hjælp af planteplanktonnøglen i laboratoriet.

Gruppe	Eksempel	Artsnavn
Cyanobakterier (blågrønalger, mangler kloroplaste)		
Dinoflagellater (panserflagel- later, furealger)		
Gulalger		
Pennate kiselalger (lange)		
Centriske kiselalger (”runde”)		
Chlorococcales – grønalger		
Desmidiaceer – grønalger		
Øjealger		

Artliste for dyreplankton

Dyreplankton bestemmes (identificeres) ved hjælp af bestemmelsesnøgler i laboratoriet.

Gruppe	Eksempler	Slægtsnavn
<p>Cladocer</p> <p>Opdel i</p> <p>a. små cladocerer</p> <p>b. dafnier</p>	 <p><i>Bosmina</i></p>  <p><i>Eubosmina</i></p>  <p><i>Daphnia</i></p>	<p>a.</p> <p>b.</p>
<p>Vandlopper (copepoder)</p> <p>Opdel i</p> <p>a. calanoide</p> <p>b. cyclopoide</p> <p>efter antennernes bøjning.</p>	 <p><i>Calanoid copepod</i></p>  <p><i>Calanoid copepod</i></p>  <p><i>Cyclopoide copepodit</i></p>  <p><i>Cyclopoide copepod</i></p>	
<p>Hjuldyr (de er så små, at vi måske ikke fanger dem)</p>	 <p><i>Brachionus angularis</i></p>  <p><i>Keratella testudo</i></p>	

Resultatskema for sediment

Prøve nr.	A. Tom alu- bakke (g)	B. Bakke + frisk sediment (g)	C. Bakke + tørret sediment (g)	Våd-vægt (g)	Tørsvægt (g)	Vand- indhold %

Beregn vådvægt (VV) og tørsvægt (TV) af sediment

$$VV = B - A \quad TV = C - B$$

$$\text{Beregn vandindhold i \%} = \frac{VV - TV}{VV}$$

Disse værdier bruges ved en evt. senere bestemmelse af fosfat og nitratkoncentration i sedimentet.

Bestemmelse af organisk stofindhold

Prøve nr.	Tom digel (g)	Digel + tørret prøve (g)	Digel + glødet prøve (g)	Tørsvægt af sediment (g)	Glødetab (g)	Organisk stof %

Glødetab beregnes som (digel + tørret prøve) – (digel + glødet prøve)

Beregn organisk indhold som

$$\text{Organisk stof} = \frac{\text{Glødetab}}{TV} \cdot 100$$

Diskussion

Hvad viser jeres resultater?

Kan I komme med forklaringer på, hvorfor der er forskel på dyre- og planteliv på forskellig bund? Redegør for, hvordan dyr og planter er tilpasset det specielle miljø?

Hvilken type plankton har I fundet. Hvordan indgår de i søens fødekæder og kredsløb?

Hvordan er næringstilstanden i søen, og hvordan kan det påvirke søen dyre- og planteliv?

Og endelig, hvilke forskelle ser I mellem tempererede og lavarktiske søer? Giv flere bud på hvad forskellene skyldes og argumenter for jeres forklaringer.

Krav til You Tube film

Det produkt I laver i denne workshop er en film, der skal lægges på You Tube. Jeres film skal både kunne bruges som instruktion til, hvordan feltarbejdet udføres, OG den skal vise jeres resultater.

Feltarbejde: filmen skal vise den lokalitet I har besøgt, hvordan er omgivelserne? De fundne organismer skal vises i klare billeder og arbejdet med at bestemme organismene demonstreres. Få sat navn på de indsamlede organismer.

Vis prøvetagning og bestemmelse af vandkemi, udtagning af sedimentsøjler og indsamling af prøver på planteplankton og dyreplankton, vandplanter og dyr.

Laboratoriearbejde: demonstrer hvordan man bestemmer dyre- og planteplankton, brug af mikroskop og stereolup. Vis arbejdet med sedimentprøverne. Hvordan gør man?

Når I har udarbejdet artslistes, tabeller og figurer over jeres resultater skal disse også indgå i filmen. Rediger filmen så der bliver et godt flow.

Litteraturliste

ARTIKEL 1

Hvordan ser økosystemer ud i Arktis?

Artiklen er en del af en større samling materiale om klima i Arktis og kan findes på:

<http://www.emu.dk/modul/klimaforandringer-i-arktis>

ARTIKEL 2

Klimaændringer i Danmark – Effekt på søer. Erik Jeppesen, Torben B. Jørgensen, Martin søndergaard, Torben L. Lauridsen, Mariana Meerhoff, Lone Liboriussen, Kerstin Holmgren. Vand & Jord, 16. årgang, nr. 4, 2009. Kan findes her: <http://www.vand-og-jord.dk/artikler/vj409-soer.pdf>

Anden litteratur

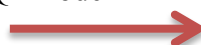
Mads C. Forchhammer, Hans Meltofte, Morten Rasch. Naturen og klimaændringer i Nordøstgrønland, kap. 6 ”Søerne”. Århus universitetsforlag, 2009.

Torben L. Lauridsen, Katrine Raundrup, Josephine Nymand, Erik Jeppesen. Sø-monitoring for vurdering af klimaændringer i lavarktis – ved Nuuk. Vand & Jord, 18. årgang, nr. 4, 2011.

You Tube video:

Lake temperatures - Changing Planet. Science News from the National Science Foundation

<http://www.youtube.com/watch?v=xXYVHiUwvPM> eller QR-kode
(aktiv 2013.05.11).



Nitrogens kredsløb forklaret på You Tube

<http://www.youtube.com/watch?v=rdZW7JZCoFc>

Fosfors kredsløb forklaret på You Tube

<http://www.youtube.com/watch?v=hkcGrwxtVMM>



Samspil mellem fytoplankton, zooplankton og næringssalte

<http://www.youtube.com/watch?v=NmzfAGakKjw&nofeather=True>



For forklaring af springlag

<http://www.youtube.com/watch?v=MIJWRFcUWro>



Andre Links:

<http://www.nuuk-basic.dk/>