

Bestemmelse af vandløbskvalitet ved hjælp af makro-indeks



Lærervejledning

Der er flere ting, man kan kigge på, når man arbejder med vandløbet som økosystem. Elevvejledningen omhandler makro-indeks til brug ved forureningsbestemmelse, men her i lærervejledningen gives kort et par eksempler på, hvad man ellers kan arbejde med.

Kompendiet her er målrettet biologi i gymnasiet, men vil også kunne bruges i overbygningen i grundskolen. Der er dog mange andre fora, hvor der findes vejledninger målrettet grundskolen, såvel mellemtrin som overbygning¹.

Ud over biologi, er det oplagt at kombinere vandløbsundersøgelsen med naturgeografi og måle vandets hastighed, dybdeprofil og vandføring. Vejledning til disse tre ting findes separat

Uorganiske målinger

Udstyr:

- Kits til bestemmelse af nitrat, ammonium, fosfat mv
- Iltmåler
- Termometer

Som beskrevet i elevvejledningen giver uorganiske målinger et øjebliksbillede, mens faunaen er et udtryk for den gennemsnitlige vandkvalitet i vandløbet. Men derfor kan de to typer målinger sagtens supplere hinanden.



¹ Et rigtig godt eksempel er Skoven i Skolen <https://www.skoven-i-skolen.dk/>

Direkte links til arbejde med vandløb: <https://www.skoven-i-skolen.dk/biologi/vandløbsundersøgelser>
<https://www.skoven-i-skolen.dk/content/fysik-og-matematik-i-vandløbet>

Vanddyrs tilpasninger

Udstyr:

- Fangstketsjer
- Hvid plastikbakke
- Ske
- Prøveglas eller syltetøjsglas
- Bestemmelsesdug eller -bog
- Stereolup
- Saltkar

Der skrubes med ketsjeren i den øverste del af bunden og mellem bladene, altid imod strømmen. Det værste mudder skylles væk fra ketsjeren, hvorefter indholdet tømmes over i en plastikbakke med vand. Når vandet er faldet til ro, kan dyrene i prøven overføres til prøveglas/syltetøjsglas, og enten artsbestemmes og undersøges på stedet eller bringes med hjem til laboratoriet. Nogle dyr, for eksempel snegle, sidder fast på sten, hvorfor man skal tage stenene op af vandet og forsigtigt overføre dyrene til glassene.

Dyrets navn (gruppe)	Tegning	Træk, der viser tilpasning til			
		Iltoptagelse	Vandstrøm	Fødesøgning	Undgåelse af rovdyr

Bestemmelse af vandløbskvalitet ved hjælp af makro-indeks



Formål

Formålet er at undersøge hvilke smådyr, der lever i et vandløb, og herudfra bestemme vandløbets forureningsgrad

Teoretisk baggrund

Vandløb og søer kan blive udsat for forurening flere forskellige steder fra. Tidligere har udledningen af organisk stof (primær forurening) fra husspildevand og fødevarerindustrien været en stor forureningskilde, men dette er forbedret med indførslen af rensningsanlæg. Organisk forurening kan også stamme fra landbrug, især via dræn, men derudover kan landbrug også bidrage med udledning af næringssalte (sekundær forurening) og egentlige giftstoffer, såsom tungmetaller og insektgifte.

Det meste organiske stof, der udledes fra husholdninger eller landbrug, er let nedbrydeligt. De vandlevende mikroorganismer, der omsætter det organiske stof, bruger ilt i vandet til deres respiration. Vandet bliver således iltfattigt, hvilket skader dyrelivet. Lige ved udledningen af eksempelvis spildevand, vil det organiske indhold i vandet således være højt og iltniveauet lavt, men ned gennem vandløbet forbedres forholdene: dels er det organiske stof, der blev udledt med spildevandet, blevet nedbrudt af bakterier, og dels vil vandet efterhånden blive gen-iltet af luften. Derudover vil alger eller fast vegetation i vandløbet bidrage til øget iltindhold gennem deres fotosyntese.

Vandløbets dyr er tilpasset livet i rindende vand på forskellig vis, og især iltniveauet i vandet er en af de vigtigste parametre for, hvilke dyr der kan leve hvor. Dette skyldes, at det kan være udfordrende for dyrene at få ilt nok, idet vand indeholder ca. 25 gange mindre ilt end luft, og iltmolekyler diffunderer 10.000 gange langsommere gennem vand end luft. Dyrenes krav til iltindhold i vand afhænger af deres fysiologi og levevis. I det følgende gennemgås nogle eksempler, startende med dem, der kræver mest ilt²



2

http://denstoredanske.dk/Naturen_i_Danmark/De_ferske_vande/Naturen,_mennesket_og_de_strømmende_vande/Smådyrenes_tilpasninger_til_rindende_vand/Tilpasninger_til_iltforholdene

Sløvringenymfe

Sløvringenymfen er et eksempel på et dyr, der ånder ved hudåndedræt, hvor ilten i vandet diffunderer gennem kropsvæggen ind i dyret.

Nymfen er således afhængig af, at vandet indeholder meget ilt, idet hudåndedræt ikke er særlig effektivt. Dyrene trives bedst i rindende vand med et højt iltindhold, hvor vandets bevægelse øger diffusionen



Fakta:

Insekter har et særligt system til at sikre ilttilførslen til alle kroppens celler. Ilten, der ofte optages over huden, diffunderer rundt inde i dyret i nogle små luftkanaler. Dette kaldes et traké-system. Hos landlevende dyr er traké-systemets ender åbent ud mod luften, men i vand er de lukkede, da der ellers ville flyde vand ind i de små kanaler/rør. Men selvom enderne er lukkede, kan ilten stadig diffundere ind fra vandet til traké-systemet

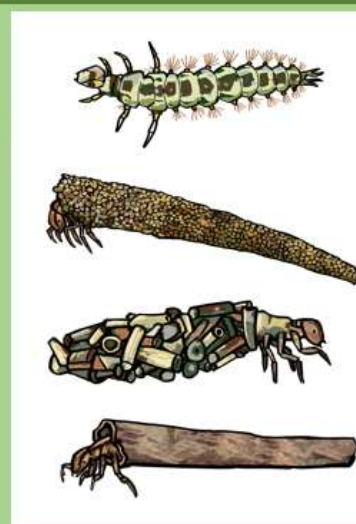


Døgnfluenymfe

Døgnfluenymfen har også hudåndedræt, men derudover har den en række simple gæller ned langs kroppen. Gællerne øger overfladen og dermed kontaktfladen med vandet, hvilket giver en øget iltoptagelse. Den tåler derved lidt lavere iltkoncentrationer i vandet end sløvringenymfen, men kræver stadig rent, iltrigt vand

Vårfluelarve

Vårfluer er sommerfuglenes nærmeste slægtninge, men larverne lever og forpupper sig i ferskvand. Flertallet af larverne bygger transportable huse af plantestumper, småsten eller lignende. Huset fungerer som beskyttelse mod fjender, idet larven kan trække sig ind i det som en snegl i et sneglehus, med det er også god camouflage. Vårfluelarver trives bedst i nogenlunde rent og iltrigt vand





Ferskvandstangloppe

En ferskvandstangloppe er et krebsdyr, der med sin krumme og leddede krop lidt ligner en reje. Den kræver en del ilt og findes især i større søer og i rindende vand, hvor den lever under sten og grus eller mellem halvrådne blade. At tanglopper er krebsdyr og ikke insekter ses blandt andet på de manglende vinger samt antallet af ben: insekter har altid 6 ben, mens krebsdyr som regel har mindst 10 ben

Vandbænkebidere

Vandbænkebidere er ligeledes krebsdyr, men til forskel fra tanglopperne kan de trives i forurenede vand med et lavt iltindhold. Lemmerne på bagkroppen er omdannet til gæller. Dyrene kravler ofte rundt på bunden mellem sten og planter, og er langsomme, men vigtige nedbrydere.



Rød dansemyggelarve

Larvernes røde farve skyldes et højt indhold af hæmoglobin i kropsvæsken. Hæmoglobinet kan binde ilt, larverne er således i stand til at overleve i vand, hvor iltkoncentrationen er ret lav, idet de kan opfange og binde ilten ved selv ret lave koncentrationer

Vandtæger og vandbiller

Disse dyr har en luftboble, som de fastholder omkring deres krop ved hjælp af vandskyende hår eller under dækvingerne. Luftboblen kaldes en "fysisk gælle" og efterhånden som dyret bruger ilten i boblen, diffunderer der ny ilt ind fra vandet. Nogle dyr svømmer op til overfladen og tanker luftboblen op, og de er således fuldstændig uafhængige af iltindholdet i vandet. Princippet svarer til en dykkerflaske.





Rottehal

Rottehaler har et ånderør, der fungerer som en slags snorkel. Hvis iltindholdet i vandet er lavt, stikker rottehalen enden af ånderøret op over vandoverfladen, så luftens ilt kan diffundere ned til dyret. Rottehalen er derved fuldstændig uafhængig af iltkoncentrationen i vandet, og kan derfor overleve, hvor stort set ingen andre insekter kan. Dyregrupper med ånderør trives ikke i stærkt strømmende vand, da de jo er nødt til at befinde sig oppe ved overfladen og derfor vil blive revet med af strømmen. De ses derfor mest i langsomt, rindende vand, i stillestående vand eller i vegetationen ved bredderne er større søer.

Slørvingenymfer og døgnfluenymfer kaldes *rentvandsindikatorer*, idet de kun forekommer hvor vandet er rent og iltrigt. Røde dansemyggelarver og rottehaler er derimod *forureningsindikatorer*, idet de kan leve i forurenede vand med et meget lavt iltindhold

Artssammensætningen kan således bruges til at bestemme vandets forureningsgrad. Kemiske målinger giver et øjebliksbillede af situationen, hvorimod faunaen giver et billede af den gennemsnitlige forureningstilstand.

Når man benytter forureningsindeks som metode til at bestemme vandkvaliteten, går man ud fra to forudsætninger:

- 1) Organisk forurening er skyld i et fald i iltkoncentrationen og formindsker derved antallet af forskellige dyregrupper i vandet
- 2) Dyregrupperne forsvinder efter deres følsomhed over for forurening; de mest følsomme forsvinder først, de mest hårdføre til sidst

Lige ved en punktudledning af husspildevand eller dræn fra gødskede marker, vil iltindholdet i vandet være lavt grundet bakteriernes respiration. Her vil det typisk være røde dansemyggelarver og rottehaler, der vil udgøre størstedelen af faunaen. Efterhånden som vandet bevæger sig hen gennem vandløbet vil iltforholdene som tidligere beskrevet blive forbedrede og artssammensætningen vil ændre sig i takt hermed, således at der i det rene, iltrige vand vil være både slørvingenymfer og døgnfluenymfer.

På baggrund af mange års studier af indsamlede smådyr fra vandløb, har Miljøstyrelsen udviklet en fremgangsmåde til standardiserede vandkvalitetsbestemmelser baseret på artssammensætningen. Metoden kaldes "Dansk Vandløbs Fauna Index" og bruges til at bestemme og overvåge vandkvaliteten i de danske vandløb og søer³⁴. Det er dog en lidt omstændelig metode, så i denne vejledning beskrives en noget forsimplet udgave, kaldet makroindeks.⁵

³ <https://www2.dmu.dk/Pub/FR731.pdf>

⁴ <https://mst.dk/media/121275/3-faunaindeks-dvfi-wiberg-larsen-og-baatrup-pedersen-2013.pdf>

⁵ Ofte bruges betegnelsen faunaindeks dog også om denne metode

Materialer

Der arbejdes i grupper på ca. 3 personer. Hver gruppe skal bruge

- Waders og gummistøvler
- Ketcher eller sigte
- Fotobakke
- Skeer
- Prøveglasser
- Vejledning med skemaer til at indsætte resultater og bestemme forureningsgrad
- (Lup og pincet)



Derudover er det en god ide at klassen fælles har

- Bestemmelsesdug
- Opslagsbøger
- Kits til bestemmelse af nitrat, ammonium, fosfat mv
- Iltmåler
- Termometer

Ønskes en kobling med naturgeografi

- Strømmåler
- Meterstok
- Målebånd



Metode

Før indsamlingen af dyr

Det er en god ide at foretage de målinger, der kræver rent vand, inden vandløbet betrædes. Det vil sige målinger af temperatur, ilt og næringsstoffer samt evt. måling af strømføringshastigheden. Der kan også opsamles vandprøver, tages med tilbage til laboratoriet.

lagttag det uforstyrrede vandløb

- Bundforhold
- Lysforhold
- Plantevækst
- Strøm
- Slyngninger
- Dybde

Planlæg hvor prøvetagningen skal foregå

Hvis der ønskes en kobling til naturgeografi, er det ligeledes oplagt at måle vandløbets bredde og især dybdeprofil inden der foretages sparkeprøver (hvorved bundens profil kan ændres lidt på prøvestedet).

Indsamling af dyr

Indsamlingen kan foregå på tre måder;

- 1) Skrab med ketsjeren i bunden og mellem bladene
- 2) Sparkeprøve
- 3) Pilleprøve

Ved Miljøstyrelsens Faunaindeks er der en fuldstændig standardiseret metode for, hvordan sparkeprøve og pilleprøve udføres. Skrab af bunden benyttes ikke. Her beskrives alle tre former, men det er nok at bruge skrab⁶:

1) Skrab

- Den hvide fotobakke fyldes halvt op med vand og sættes ved bredden af vandløbet
- Skrab med ketsjeren i den øverste del af bunden og mellem planterne. Der skal altid skrubes **mod** strømmen
- Det værste mudder skylles ud af ketsjeren ved at ryste den lidt frem og tilbage i vandoverfladen, og resten af materialet tømmes ud i fotobakken
- Brug en ske til at rode rundt i fotobakken og overfør de dyr, der bliver fundet, til prøveglas. Husk at give dem rigeligt vand med. Hver slags dyr skal have sit eget prøveglas
- Når alle dyr i bakken er fundet, tømmes resten af indholdet ud i vandløbet, og bakken fyldes igen med rent vand.
- Gentag indtil I ikke længere finder nye dyregrupper



2) Sparkeprøve

- Den hvide fotobakke fyldes halvt op med vand og sættes ved bredden af vandløbet
- Ketcheråbningen (eller en sigte ved meget lavvandede vandløb) holdes i midten af vandløbet på bunden op mod strømmen og man sparker – mod strømmen – i bunden foran ketcheren. Det ophvirvlede materiale ryger herved ind i ketcheren
- Det værste mudder/slam mv skylles ud af ketcheren, og resten af materialet tømmes ud i fotobakken
- Brug en ske til at rode rundt i fotobakken og overfør de dyr, der bliver fundet, til prøveglas. Husk at give dem rigeligt vand med. Hver slags dyr skal have sit eget prøveglas
- Når alle dyr i bakken er fundet, tømmes resten af indholdet ud i vandløbet, og bakken fyldes igen med rent vand.
- Sparkeprøven gentages halvvejs mod den ene bred, og igen opsamles dyrene fra prøven, hvorefter bakken tømmes og endnu en gang fyldes med vand
- Sparkeprøven gentages nu halvvejs mod den anden bred, samme procedure
- Hele proceduren gentages 2 gange nogle meter længere opstrøms, hvor dyrelivet ikke har været generet af indsamlingen

















⁶ Jo flere sparkeprøver og pilleprøver, der udføres, jo mere fyldestgørende bliver billedet af faunaen i vandløbet. I den standardiserede udgave er der dog kun tale om de her beskrevne 6 spark.

Pilleprøve

- Opsaml evt. sten og grene fra vandet, og pil alle de dyr af, der sidder på dem. Dette kræver lup og pincet, og kaldes for en pilleprøve








Resultater

- Bestem dyrene til gruppe-niveau og marker i tabel 1, hvilke dyregrupper, I har fundet

DYREGRUPPE		SÆT KRYDS
Slørvingenymfer		
Døgnfluenymfer		
Vårefluelarver		
Biller		
Vandtæger		
Tangloppe		
Vandbænkebider		
Store røde dansemyggelarve		
DYREGRUPPE		SÆT KRYDS
Andre dansemyggelarver		
Kvægmyggelarvera		
Muslinger		
Snegle		
Igler		
Børsteorme		
Fimreorme		
Ørred		

Tabel 1: Liste over fundne dyregrupper. Bemærk, at de ikke er angivet i samme størrelsesforhold. Illustration: Oliver Streich

- Noter hvor mange forskellige dyregrupper, I har fundet.

Tabel til bestemmelse af forureningsindeks		Samlet antal dyregrupper				
		0-1	2-5	6-10	11-15	Over 15
Dyregruppe						
Slørvingenymfer		-	7	8	9	10
Døgnfluelarver		-	6	7	8	9
Vårfluelarver		4	5	6	7	8
Ferskvandstanglopper		3	4	5	6	7
Vandbænkebidere		2	3	4	5	6
Røde dansemyggelarver og/eller røde børsteorme		1	2	3	4	5
Rottehaler		0	1	2	3	4

Tabel 2: Tabel til bestemmelse af forureningsindeks

- I tabel 2 herover skal I starte oppefra og vælge den mest rentvands-krævende dyregruppe, I har fundet.
 - Hvis I har fundet slørvingenymfer, bliver I i første række.
 - Hvis I ikke har fundet slørvinger, men har fundet døgnfluenymfer, går I videre til anden række
 - Hvis I hverken har fundet slørvingenymfer eller døgnfluenymfer, men har fundet vårfluelarver, er I i tredje række osv.

- Når I har fundet den rigtige række, bruger I antallet af dyregrupper fra tabel 1 til at bestemme forureningsindekset. Eksempler:
 - Hvis I har fundet slørvingenymfer og 7 forskellige dyregrupper, er I i første række og det interval, der hedder 6-10. Det giver et forureningsindeks på 8
 - Hvis den mest rentvandskrævende art, I har fundet, er vårflyelarver, og I samlet har fundet 5 dyregrupper, så er I i tredje række og det interval, der hedder 2-5. Det giver et forureningsindeks på 5

- Til sidst bruges tabel 3 herunder til at omsætte forureningsindekset til forureningsgrad (miljøcentrenes skala) og den almindelige betegnelse for forureningstilstanden

Forureningsindeks	Forureningsgrad	Betegnelse
(9-10)	I	Praktisk taget uforurenet
(6-8)	II	Let forurenet
(3-5)	III	Ret stærkt forurenet
(0-2)	IV	Meget stærkt forurenet

Tabel 3: Sammenligning mellem forurenings-indeks (vores skala), forureningsgrad (miljøcentrenes skala) og den almindelige betegnelse for forureningstilstanden.

Diskussion ID c1202

1. Hvis I har målt på temperatur, iltindhold og indholdet af næringsstoffer, hvordan passer disse resultater så sammen med resultaterne af makroindekset?
2. Hvilke fordele er der ved at anvende faunaprøver ved bestemmelse af vandkvaliteten?
3. Hvilke ulemper er der herved?
4. Sammenlign gruppernes resultater. Har alle fået det samme? Hvis ikke, hvad kan det da skyldes?
5. Se på kort over vandløbets opland og sammenlign med resultatet af forureningsbestemmelsen. Er der en sammenhæng mellem oplandet og forureningsgraden?
6. Hvad kan I/man gøre for at bedre vandkvaliteten i vandløbet? I vandløb generelt?
7. Når Miljøstyrelsen bestemmer vandkvaliteten i de danske vandløb ved brug af faunaindeks, er der en meget standardiseret måde, hvorpå sparkeprøver og pilleprøver skal udtages. Her er det vigtigt, at der laves præcis 6 sparkeprøver og præcis 5 minutters pilleprøver. Hvorfor er det vigtigt at standardisere prøvetagningen på denne måde?
8. Skemaerne/tabellerne er i Miljøstyrelsens metode også langt mere komplekse, hvor arterne skal bestemmes meget mere præcist, og ikke kun til gruppeniveau. Nogle arter bidrager negativt, andre positivt i omregningen fra faunasammensætning til forureningsgrad.
9. Diskuter fordele og ulemper ved at forsimpler en kompleks metode til en mere enkel?

Illustrationer og fotos

Alle fotos er taget af Pia Gommesen

Alle illustrationer er lavet af Oliver Streich

Kilder

Anvendelse af en feltbaseret metode til bedømmelse af biologisk vandløbskvalitet i danske vandløb

<https://www2.dmu.dk/Pub/FR731.pdf>

(januar 2020)

Makroinvertebrater (smådyr) i vandløb, teknisk anvisning. Århus Universitet. DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi

<https://mst.dk/media/121275/3-faunaindeks-dvfi-wiberg-larsen-og-baatrup-pedersen-2013.pdf>

(januar 2020)

Entomologisk Fagudvalg. Hvad er insekter?

<https://www.entoweb.dk/def/insekter.php>

(januar 2020)

Gyldendal. Den Store Danske. Smådyrs tilpasninger til iltforhold i rindende vand

[http://denstoredanske.dk/Naturen i Danmark/De ferske vande/Naturen, mennesket og de strømmende vande/Smådyrenes tilpasninger til rindende vand/Tilpasninger til iltforholdene](http://denstoredanske.dk/Naturen_i_Danmark/De_ferske_vande/Naturen,_mennesket_og_de_strømmende_vande/Smådyrenes_tilpasninger_til_rindende_vand/Tilpasninger_til_iltforholdene)

(januar 2020)

