

## Rekvirent

Dansk Akvakultur  
Att. Lisbeth J. Plessner  
Dansk Akvakultur  
Vejsøvej 51  
8600 Silkeborg

Telefon 89 21 22 60  
Mobil 22 82 87 02

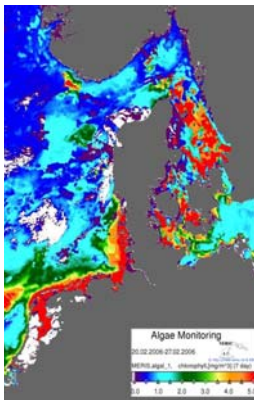
[www.danskakvakultur.dk](http://www.danskakvakultur.dk)

E-mail: [lisbeth@danskakvakultur.dk](mailto:lisbeth@danskakvakultur.dk)

## Rådgiver

Orbicon A/S  
Jens Juuls Vej 18  
8260 Viby J  
Telefon 87 38 61 66  
E-mail [pea@orbicon.dk](mailto:pea@orbicon.dk)

Sag	
Projektleder	Per Andersen
Tekst	Per Andersen
Kvalitetssikring	Bettina Skovgaard Jensen
Revisionsnr.	1
Godkendt af	Lars Sloth
Udgivet	maj 2008



**PROJEKT-titel: Videnbaseret operationel overvågning af skadelige alger i forbindelse med danske havbrug**

**Arbejdsplan nr. 5: Udstyr etc. til monitorering af skadelige alger.**

**Projektet er støttet af Fødevareministeriet og EU gennem FIUF programmet.**

# INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Introduktion .....	3
2	Identifikation og afprøvning af udstyr/teknologier til monitorering af skadelige alger.....	5
2.1	Identifikation og kvantificering af alger og "gopler" .....	5
2.1.1	Indsamling af planktonprøver til analyse for alger/"gopler" .....	5
2.1.2	Kvantificering af "alger" .....	6
3	Fysiske og kemiske parametre .....	11
3.1	Saltholdighed.....	11
3.2	Temperatur .....	11
3.3	Strømretning og hastighed .....	11
3.4	Ilt.....	12
3.5	Meteorologisk målinger .....	12
4	Platforme .....	13
4.1	Håndholdte/kranbetjente sonder .....	13
4.2	Andre platforme .....	13
5	Datahåndtering-opbevaring, analyse og præsentation.....	16
5.1	Database.....	16
5.2	Modellering.....	16
6	Leverandører .....	18
7	Referencer.....	19

## 1 Introduktion

Denne rapport er udarbejdet i forbindelse med et større projekt som har til formål forbedre/optimere de danske havbrugeres drift i forbindelse med forekomsten af skadelige alger. Projektet er støttet af Fødevareministeriet og EU gennem FIUF programmet.

Rapporteringen omfatter aktiviteterne i arbejdsplanen 5, som har til formål at identificere og vurdere forskellige typer af overvågningsudstyr og dets anvendelighed i forbindelse med overvågning af alger ved de danske havbrug.

Projektet er sammensat af 5 arbejdsplaner, som her især beskæftiger sig med afgrænsede problemstillinger. I forbindelse med arbejdsplanerne 1 og 2 indsamles og dokumenteres henholdsvis viden og erfaringer om forløbet af opblomstringerne af skadelige alger i foråret 2006 og opblomstringens skadevirkninger på fiskene i havbrugene samt den eksisterende viden om forekomst af skadelige alger og andet skadeligt plankton, primært små- og storgøpler i danske og skandinaviske farvande. Som nævnt tidligere omfatter arbejdsplanen 3 en udarbejdelse af forslag til monitoringspraksis af skadelige alger ved de danske havbrug. Arbejdsplanen 4 omfatter, som beskrevet tidligere, implementering af demonstrationsmonitoring ved de danske havbrug i 2007 baseret på forslagene udarbejdet i arbejdsplanen 3. Erfaringerne opsamles og dokumenteres ved årets slutning. Arbejdsplanen 5 omfatter en præsentation og vurdering af forskellige typer af overvågningsudstyrs anvendelighed i forbindelse med overvågning af alger ved de danske havbrug.

I forbindelse med overvågningen af skadelige alger kan der anvendes en række metoder til dels identificering og kvantificering af algerne og dels kvantificering af andre parametre, som enten afspejler forekomsten af algerne eller algernes vækstforhold og horisontale og vertikale transport.

Metoderne kan groft opdeles i:

- prøvetagning på lokaliteten med efterfølgende analyse af prøver i laboratoriet
- løbende in-situ måling/observation på lokaliteten
- løbende EO (earth observation, satellit/fly etc.) på lokaliteten
- fysisk og biologisk modellering af forholdene på lokaliteten baseret på assimilering af målte parametre

Udviklingen af nye metoder og platforme, som kan anvendes i forbindelse med overvågning af skadelige alger, går stærkt i disse år. For specielt interesserede kan det anbefales at konsultere denne publikation på vej fra IOC:

**REAL-TIME COASTAL OBSERVING SYSTEMS FOR MARINE ECOSYSTEM DYNAMICS AND HARMFUL ALGAL BLOOMS: THEORY, INSTRUMENTATION AND MODELLING**

Edited by Marcel Babin, Collin S. Roesler &  
John J. Cullen  
Oceanographic Methodology series  
2008, 860 p.  
ISBN 978-92-3-104042-9  
UNESCO Publishing

I forbindelse med monitoring af skadelige alger ved de danske havbrug vil det være hensigtsmæssigt at anvende en kombination af forskellige metoder. På den måde anskueliggøres informationsbehovet vedr. hvilke algearter, der fo-

rekommer på en given lokalitet, opblomstringens udbredelse i tid og rum samt dens forventede udvikling.

I denne delrapport præsenteres en række forskellige metoder til prøvetagning og analyse/kvantificering af skadelige alger og de biologiske, kemiske og fysiske variable, som kan være af betydning i forbindelse med risikovurderingen i forhold til skadelige alger.

Forskellige overvågningsteknikker beskrives og vurderes i forhold til anvendelighed.

Se i øvrigt rapporten fra arbejdsopgave 3, som beskriver principperne for et fremtidigt monitoringsprogram for skadelige alger i forbindelse med de danske havbrug.

## 2 Identifikation og afprøvning af udstyr/teknologier til monitorering af skadelige alger

### 2.1 Identifikation og kvantificering af alger og "gopler"

#### 2.1.1 Indsamling af planktonprøver til analyse for alger/"gopler"

##### **Vandhenter**

Vandhenterne anvendes ved udtagning af vandprøver i forskellige dybder.

Princippet er, at vandhenteren sænkes ned i den ønskede prøvetagningsdybde, hvorefter den udløses, så den lukkes af, og vandet kan hentes op.

Der findes en hel række forskellige typer af vandhenterne på markedet, som kan anvendes ved udtagning af vandprøver til analyse for skadelige planktonalger i forbindelse med havbrug. Det vigtigste er, at vandhenteren skal have en volumen på mindst 0,5 l, samt at den skal være robust og driftssikker.

Det anbefales at anvende enten:

Muslingefisker-typen

Niskin-type

Leverandør: [KC Denmark A/S](#), RESEARCH EQUIPMENT

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug: Vandhenteren skal anvendes i forbindelse med udtagning af vandprøver til undersøgelser for forekomst af skadelige alger.*

##### **Planktonnet**

Planktonnet med en maskestørrelse på 20 µm anvendes ved kvalitativ/kvantitative indsamling af planktonalger eller med maskestørrelse på 200 µm ved kvalitativ/kvantitative indsamling af gopler.

Leverandør: [KC Denmark A/S](#), RESEARCH EQUIPMENT

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug: Planktonnet bør anvendes i forbindelse med specialundersøgelser ved mistrivsel/forøget dødelighed hos havbrugsfisk, til kortlægning af skadelige gopler, hvor der er mistanke om "gopleangreb" eller angreb fra større planktonalger f.eks. fra slægten *Chaetoceros*.*

##### **Gopletæller**

Gopletælleren er udviklet af Orbicon A/S og består af et videobaseret undervandsudstyr, som trækkes efter et skib. Observationerne optages på videobånd og kan enten analyseres i felten eller hjemme i laboratoriet. Gopletælleren er velegnet til identifikation og kvantificering af gopler større en 1 cm i diameter og vil således kunne anvendes ved overvågning af storgopler som vandmænd og brandmænd samt ribbegopler og kolonidannende siphonophorer som f.eks. den skadelige *Apolemia*.

Observationerne fra "gopletælleren" kan suppleres med kvantitative indsamlinger med WP-2 planktonnet.

Leverandør: Orbicon A/S

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug:  
Gopletælleren bør anvendes i forbindelse med specialundersøgelser ved mis-  
trivsel/forøget dødelighed hos havbrugsfisk til kortlægning af skadelige gopler,  
hvor der er mistanke om "gopleangreb".*

## 2.1.2 Kvantificering af "alger"

### **Kvantitativ mikroskopering**

Kvantificering af de enkelte arter af skadelige alger kan p.t. kun foretages ved anvendelse af lysmikroskopi ved hjælp af Utermöhl metoden eller kvantitativ epifluorescens mikroskopi.

Identifikation af algerne til slægt eller art kan i de fleste tilfælde foretages ved hjælp af lysmikroskopi. Identifikation af de fleste arter fra slægten *Chrysochromulina* kan kun foretages ved hjælp af elektronmikroskopi.

Udvikling af molekytlære prober til specifikke arter er også en mulighed. Probe-  
teknikken er baseret på standard epifluorescens mikroskopi.

Ud over abundansen giver kvantificeringen af alger også mulighed for at be-  
regne algernes biomasse som biovolumen = vådvægt (mg/l) eller kulstofbio-  
masse ( $\mu\text{g C/l}$ ).

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug:  
Mikroskopering skal anvendes løbende, når der er risiko for - eller opblom-  
string af skadelige alger.*

### **Sigtdybde**

Vandets klarhed eller sigtdybde er et mere groft mål for mængden af alger i  
vandet. Sigtdybden måles ved hjælp af en sigte-skive også kaldet en Secci-  
skive. Skiven sænkes ned i vandet, indtil den ikke mere kan ses. Herefter  
trækkes den langsomt op igen, og når den kan ses, registreres skivens dybde i  
vandsøjlen som sigtdybden.

Ud over sigtdyben giver anvendelsen af sigte-skiven også mulighed for at vur-  
dere vandets farve. Farven kan være en indikation på den dominerende alge-  
type, og ikke mindst på om farven skifter fra en prøvetagning til den næste  
hvilket indikerer et skift i algesammensætningen.

Anvendelse af sigtdybden som mål for algemængden kan besværliggøres ved  
forekomst af opslæmmede materiale/suspenderet stof, se herunder.

Leverandør: KC Denmark A/S, RESEARCH EQUIPMENT

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug:  
Sigte-skive bør anvendes løbende.*

### **Suspenderet stof**

Måling af suspenderet stof kan også anvendes som et groft mål for forekom-  
sten af alger og kan f.eks. anvendes ved identifikation af beliggenheden af  
springlagsopblomstringer af alger ved måling af vertikale profiler af mængden  
af suspenderet stof.

Som for sigtddybdens vedkommende kan anvendelsen af målinger af suspenderet stof som mål for mængden af alger vanskeliggøres i situationer med store mængder suspenderet bundmateriale etc.

Koncentrationen af suspenderet stof kan måles ved hjælp af målesonde.

Leverandør: EIVA a/s (Seapoint)

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug:  
Måling af suspenderet stof kan anvendes som erstatning for fluorscensmåling med sonde, som dog bør foretrækkes.*

### **Farve**

Vandets farve og ikke mindst ændring af farve kan anvendes som en indikation for skift i algesammensætningen, samt hvilke alger, der er tale om, se afsnittet om sigtddybde.

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug:  
Vandets farve bør anvendes løbende i forbindelse med måling af sigtddybde.*

### **Klorofyl-biomasse**

Alle alger indeholder farvestoffet klorofyl. Mængden af klorofyl i vandet anvendes løbende i den danske miljømonitorering som et groft mål for mængden af alger i vandet.

### **Klorofyl-ekstraktion**

Klorofyl kan måles ved ekstraktion af alger, som er koncentreret på filter ved hjælp af et spektrofotometer.

Leverandør: Turner Design

<http://www.fluorimeter.com/t2/doc/appnotes/998-5123.pdf>

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug:  
Klorofyl kan anvendes som mål for algemængden, men bør erstattes af fluorencensmåling med målesonde.*

### **Klorofyl-fluorescens**

Klorofyl kan også måles som fluorescens. Denne teknik er baseret på, at klorofyl udsender autofluorescens i form af rødt lys, når det belyses med blåt lys. Mængden af autofluorescens kan omregnes til en klorofylkoncentration.

Denne teknik gør det muligt at anvende målesonder til *in-situ* målinger ved, at målesonden sænkes ned i vandet og bestemmer mængden af klorofyl f.eks. som dybdeprofiler.

Leverandør: EIVA a/s (Seapoint)

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug:  
Fluorescensmåling bør anvendes løbende til profilmåling af algeforekomsten ved havbrug sammen med analyse af artssammensætning og abundans ved mikroskopi.*

### **Klorofyl-absorbtion**

Klorofyl og de andre farvestoffer (pigmenter), som algerne indeholder, absorberer lys ved pigmentspecifikke intervaller af lysbølgelængder. F.eks. har klo-

rofyl a sit absorptionsmaksimum omkring 670 nm. Dette kan anvendes til at kvantificere mængden af algepigmenter i vandprøver ved anvendelse af relativt simple "foto"metre til bestemmelse af klorofyl og andre algepigmenter i vandprøver eller ved at anvende instrumentet *in-situ* til f.eks. profilmålinger af klorofyl og andre pigmenter. Pigmentsammensætningen kan anvendes ved beregning af en sandsynlig fordeling af de forskellige algeklasser i vandet, og vil således kunne anvendes til bestemmelse af om en given vandmasse er domineret af kiselalger eller blågrønalger etc.

Leverandør: bbe moldaenke

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitoring ved havbrug:  
Klorofyl-absorption kan sandsynligvis anvendes (bør testes nærmere) ved kortlægning af algeopblomstringer som alternativ til fluorescensmålinger med målesonde.*

### **Pigmentanalyse ved HPLC**

Den kvalitative og kvantitative pigmentsammensætning i en vandprøve kan bestemmes ved hjælp af HPLC. Som klorofyl-absorptionsmetoder, se herover, kan resultaterne af pigmentanalysen anvendes ved vurdering af den totale algebiomasse samt fordelingen af biomassen mellem de overordnede klasser af alger. Da pigmentsammensætningen i nogle tilfælde kan være slægts-/artsspecifik, kan en analyse af pigmentsammensætningen også anvendes til identifikation af de respektive slægter/arter.

Leverandør: DHI

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitoring ved havbrug:  
HPLC pigmentanalyser kan anvendes ved kortlægning af algeopblomstringer men er ressourcekrævende, da algeprøverne til analyse skal analyseres umiddelbart efter prøvetagning eller nedfryse m. flydende kvælstof indtil analyse.*

### **Earth observation (EO) Klorofyl**

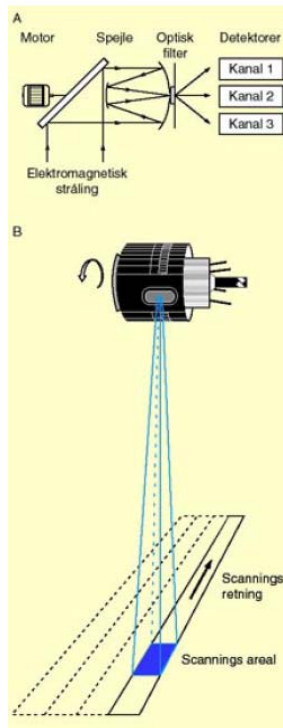
Satellitovervågning: Måling af mængden af alger ved hjælp af satellit er baseret på, at algerne reflekterer lys i bestemte bølgelængder. I de fleste tilfælde reflekteres grønt lys som i større eller mindre grad kan være iblandet rødt eller gult lys. Satellitter er f.eks.:

- MERIS ([http://www.esa.int/esaCP/ESAJZA8VTTC\\_Protecting\\_0.html](http://www.esa.int/esaCP/ESAJZA8VTTC_Protecting_0.html))
- MODIS (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>)
- SeaWiFF (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/SeaWiFF/>),

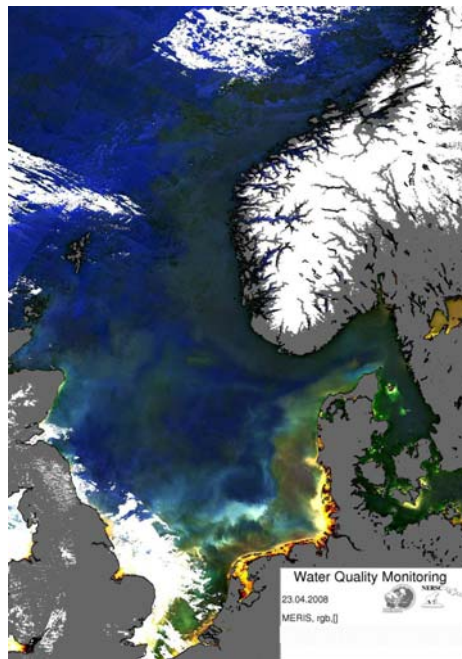
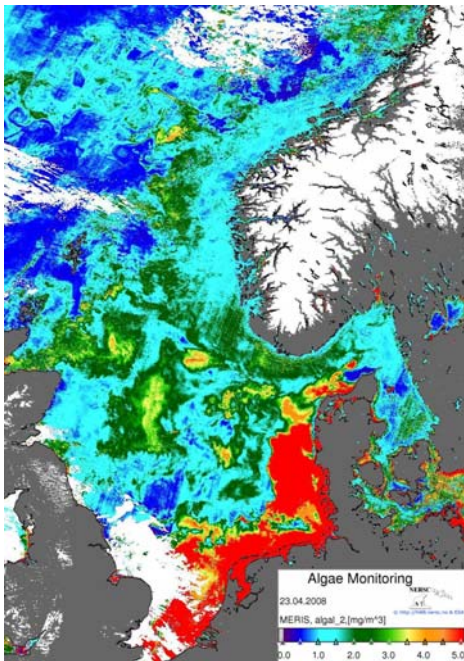
Satellitten kan have en - eller flere sensorer, som kan måle mængden af lys i forskellige bølgelængder fra afgrænsede områder, se figur herunder. Det lys, satellitten opfanger, stammer fra de øverste meter af vandsøjlen. Satellitter kan således ikke anvendes ved identifikation af klorofyl-maksima nede i vandsøjlen, f.eks. i forbindelse med springlag. Ved en efterfølgende analyse af data kan mængden af klorofyl per m<sup>3</sup> beregnes og angives på kort, se figur herunder.

Ud over klorofyl kan satelliternes sensorer også registrere refleksionen fra opblomstringer af f.eks. blågrønalger (grønne/blågrønne overfladeopblomstringer) og coccolithophoride alger som f.eks. *Emiliana huxleyi* (mælkehvide opblomstringer) samt gulstof og suspenderet stof.





Satellitbåret sensor til måling af f.eks. algerefleksion fra overfladevandet i havet.



Satellitbilleder af henholdsvis koncentrationen af klorofyl i overfladevandet (tv) og rgb (th).

Leverandør: NERSC, DMI, DHI, SMHI etc.

Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitoring ved havbrug:  
Satellitovervågning bør anvendes løbende.

Samme type sensorer som kan være satellitbårne kan også anvendes fra fly, som på tilsvarende måde som satellitterne kan anvendes ved kortlægning af

algeforekomster i overfladen, den såkaldte CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager) metode.

Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitoring ved havbrug:  
CASI metoden kan tages i anvendelse i forbindelse med lokale opblomstringer som supplement til satellitovervågningen, specielt i områder, som ikke dækkes godt af satelliter - men giver ikke væsentligt bedre informationer end den satellitbaserede overvågning.

#### **Andre metoder - fremtidens teknologier**

Ved anvendelse af molekylære prober, som er specifikke for udvalgte arter, kan disse arters kvalitative og kvantitative forekomst bestemmes. På samme måde kan specifikke algetoksiner registreres og deres forekomst overvåges. Denne metode kan bygges ind i *in-situ*-instrumenter, som kan udlægges i de havområder, man ønsker overvåget. Instrumentet kan monteres med andre typer af målesonder, som måler diverse miljøparametre. Data bliver løbende opsamlet og indsendes til en central pc via internet. Dette koncept er udviklet i ESP (Environmental sample processor) (<http://www.nopp.org/nopp/project-reports/reports/05scholi.pdf>).

Der er også udviklet teknikker, som ved at kombinere lysmikroskopi med digital fotografering og efterfølgende billedanalyse kan analysere vandprøver for den kvalitative og kvantitative forekomst af forskellige planktonorganismer, både alger og dyreplankton, f.eks. FlowCAM (<http://www.bigelow.org/flowcam/>).

Flere af de udviklede automatiske teknikker til bestemmelse af alger, toksicitet og andre miljøparametre er bygget ind i *in-situ*-instrumenter som f.eks. HAB-Buoy (<http://www.cis.plym.ac.uk/cis/projects/HABBuoy.html>).

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitoring ved havbrug:  
De beskrevne teknologiske teknikker kan tages i anvendelse i forbindelse med den rutinemæssige overvågning, men er p.t. relativt dyre at anskaffe og servicere. Det forventes, at prisen vil falde i de kommende år samt at det tekniske set-up vil blive yderligere forbedret, så servicebehovet mindskes. Udvikling i pris og teknisk set-up bør følges, og udstyret bør testes i forbindelse med opblomstringer i danske farvande!*

### **3 Fysiske og kemiske parametre**

#### **3.1 Saltholdighed**

Saltholdigheden er en meget vigtig parameter for fordelingen af de forskellige algearter, såvel horisontalt og vertikalt i vandsøjlen.

Saltholdigheden kan måles til nærmeste 0,1-0,2 o/oo ved anvendelse af et refraktometer. Refraktometret skal kalibreres løbende.

Leverandør: f.eks. Skala-shoppen.dk

Saltholdigheden kan også måles ved hjælp af en konduktivitets-sensor, som f.eks. kan bygges ind i profilerende instrumenter. Sensoren kalibreres rutinemæssigt.

Leverandør: f.eks. EIVA a/s (FSI-instruments)

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitoring ved havbrug: Saltholdigheden skal måles rutinemæssigt. Målinger med refraktometer kan anvendes. Ved rutinemæssig overvågning bør saltholdigheden måles med sensor.*

#### **3.2 Temperatur**

Lige som saltholdigheden er temperaturen af afgørende betydning for forekomsten og fordelingen af alger i tid og rum. Temperaturen er også meget vigtig ved modelberegning af algernes vækstpotentialer.

Temperaturen kan måles ved hjælp af standard-termometer, som kan være monteret i selve vandhenteren.

Temperaturen kan også måles ved hjælp af en temperatur-sensor, som kan bygges ind i profilerende instrumenter

Leverandør: f.eks. EIVA a/s (FSI-instruments)

Desuden kan overfladevandets temperatur måles ved satellitmonitoring af "sea surface temperature" (SST).

Leverandør: NERSC, DMI, DHI, SMHI etc.

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitoring ved havbrug: Temperaturen skal måles rutinemæssigt. Målinger med termometer kan anvendes. Ved rutinemæssig overvågning bør temperaturen måles med sensor. Satellitovervågningen giver et groft billede af temperaturfordelingen, som kan anvendes ved vurderingen af forskellige vandmasser i et område.*

#### **3.3 Strømretning og hastighed**

Strømretning og hastighed kan måles ved anvendelse af strømkors, vingeinstrumenter og doppler-baseret strømmåler (ADCP). Alternativt kan strømretning og -hastighed beregnes ved anvendelse af hydraulisk modellering.

Leverandør: f.eks. DHI, Farvandsvæsnet, DMI

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug:  
Strømretning og -hastighed skal ikke måles rutinemæssigt i forbindelse med  
overvågning af skadelige alger. Information vedr. strømretning og -hastighed  
bør stamme fra hydraulisk modellering af vandtransport. I forbindelse med  
specielle forhold omkring havbrug kan det være nødvendigt at kalibrere mo-  
dellen med in-situ-målinger.*

### **3.4 Ilt**

Koncentrationen af ilt målt som den absolutte koncentration (mg/l) eller den relative koncentration (mætningen i o/o) er en vigtig parameter i forbindelse med opdræt af fisk i havbrug, fordi fisk er meget afhængige af en tilstrækkelig adgang til ilt. Iltten kan falde til kritiske koncentrationer i forbindelse med opblomstringer af alger, enten i forbindelse med nedbrydningen af en stor algeopblomstring eller om natten i forbindelse med store algekoncentrationer, hvor algerne selv respirerer store mængder ilt.

Ilt kan måles ved den klassiske Winkler-metode, men bør rutinemæssigt måles ved hjælp af en ilt-sensor.

Leverandør: f.eks. EIVA a/s (Oxygard)

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug:  
Iltkoncentrationen bør måles rutinemæssigt i forbindelse med overvågning af  
havbrug.*

### **3.5 Meteorologisk målinger**

Havbrugeren kan selv måle en række meteorologiske parametre ved hjælp af en "vejrstation", som kan købes i blandt andet større supermarkeder og plantercentre.

I øvrigt er meteorologiske målinger tilgængelige fra DMI. ([www.dmi.dk](http://www.dmi.dk))

Følgende meteorologisk parametre kan være af interesse for havbrugere:

- Vindstyrke
- Vindretning
- Indstråling

Leverandør: Alle målinger kan ses løbende på DMI's hjemmeside [www.dmi.dk](http://www.dmi.dk), eller kan købes hos DMI efter aftale.

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug:  
Målinger af vindstyrke og -retning samt indstråling skal anvendes rutinemæs-  
sigt i forbindelse med den hydrauliske og biologiske modellering, se senere.*

## 4 Platforme

### 4.1 Håndholdte/kranbetjente sonder

De fleste målinger kan fortages ved hjælp af simple, håndholdte instrumenter. Det kan dog være en stor fordel at koble en række sensorer sammen i et enkelt instrument, så man ved en enkelt arbejdsgang får målt samtlige parametre.

Dette kan eventuelt ske ved, at sensorerne monteres på en såkaldt "rosette", som kan betjenes af kran. Ud over at "bære" sensorerne kan rosetten også monteres med vandhentere, som kan udløses i forskellige dybder, så der ved samme arbejdsgang også indsamles vandprøver til efterfølgende analyse.

En standard håndholdt sonde med kobling til pc kan være monteret med følgende sensorer:

- Temperatur, salinitet, dybde (FSI)
- Ilt (Oxygard)
- Fluorescens (Seapoint)
- Suspenderet stof (Seapoint)

Priseksempel (EIVA A/S – februar 2008):

- Temperatur, salinitet, dybde (FSI)	
FSI type NXIC-CTD-ADC-500	USD 9200
- Ilt (Oxygard), OxyGuard, type 505	USD 3200
- Fluorescens (Seapoint), Seapoint, type SCF	USD 4035
- <u>Suspenderet stof (Seapoint) Seapoint, type STM</u>	<u>USD 1760</u>
- <u>Samlet pris</u>	<u>USD 18195</u>

(Prisen svarer til ca. DKK 96.500 ved USD-kurs på 530)

OPTION:

- AROP software (1 stk)	DKK 8250
- Pris ved køb af 4 stk	DKK 6750/stk

Online og logging-software er udviklet i samarbejde med de danske Miljøcentre/tidligere amterne.

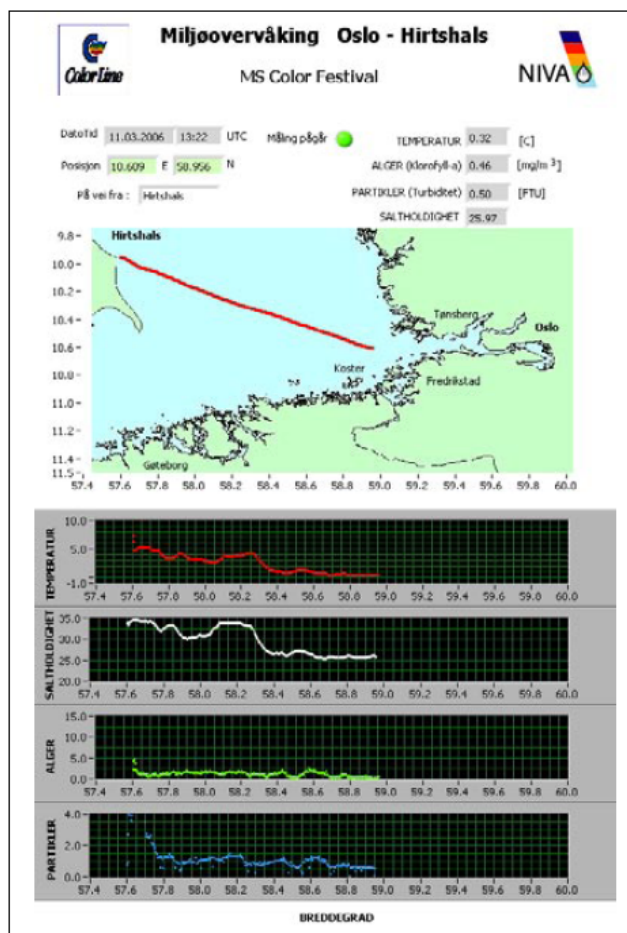
*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitoring ved havbrug: Håndholdte eller kranbetjente platforme med sonder til måling af de ønskede parametre bør tages i anvendelse til rutinemæssige målinger i forbindelse med overvågning af havbrug. Det ville være ønskeligt, at den generelle miljøovervågning ville udbygge indsamlingen af miljødata fra bøger og f.eks. broer som supplement til den løbende monitoring på faste stationer, som besøges rutinemæssigt med 1-4 ugers mellemrum. De kontinuerlige målinger ville være vigtige i forbindelse med kalibrering og validering af eventuelle modeller.*

### 4.2 Andre platforme

Ud over de håndholdte/kranbetjente instrumenter kan sensorer være monteret på faste konstruktioner eller bøger. Den faste konstruktion kan være en bropille/vindmøllefundament/havnekaj etc. En målebøje kan enten profilere vandsøjlen enten ved at bevæge sig op og ned eller ved, at sensorerne er placeret ned gennem vandsøjlen

Sensorer kan også være monteret på skibe i rutinefart, det såkaldte "Ships of opportunity" koncept. (Algaline/SAPHOS/Colorline-NIVA Ferry box).

[http://www.fimr.fi/en/tutkimus/seuranta/algline/en\\_GB/menetelma/](http://www.fimr.fi/en/tutkimus/seuranta/algline/en_GB/menetelma/)



Colorline/NIVA ferry box. (<http://otra.niva.no/sathav/viewer.htm>)

Der måles kun i overfladevandet.

Ferry boxe er f.eks. i gang på en række rutebåde i norske farvande.

En NIVA ferry box koster ca. kr. 500.000 i anskaffelse. Driftudgiften er på min. kr. 500.000 per år.

Overvågning af forekomsten af alger og andre miljøparametre kan også foretages ved hjælp af ubemandede miniubåde, som kan fjernstyres eller programmeres til at gennemsejle bestemte ruter. En ROV (=Remote operated vehicle) er således en ubemandet miniubåd, som kan bære en række sensorer, se f.eks <http://www.mariscopes.de/english/index.html>

Et andet princip er anvendelse af såkaldte "gliders" som er ubemandede undervands robotter med "vinger", som drives gennem vandet ved at ændre på massefylden ved henholdsvis at pumpe vand ud eller ind, så "glideren" henholdsvis synker eller stiger. I forbindelse med at "glideren" bevæger sig op eller ned i vandsøjlen, sørger vingerne for fremdrift. Glidere kan forprogramme-

res til at gennemsejle bestemte områder. Data "tappes" fra "glideren" når den samles op af vandet. Se f.eks. <http://www.marine.calpoly.edu/researchprograms/phytoplankton.php>

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug:  
Det kan være hensigtsmæssigt at igangsætte overvågning af alger og andre miljøparametre ved hjælp af det såkaldte "Ferry box" princip. Håndholdte eller kranbetjente platforme med sonder til måling af de ønskede parametre bør tages i anvendelse til rutinemæssige målinger i forbindelse med overvågning af havbrug. Data fra igangværende "Ferry boxe" etc. i tilstødende farvande bør gøres tilgængelige for den operationelle danske overvågning.*

## 5 Datahåndtering-opbevaring, analyse og præsentation

### 5.1 Database

I forbindelse med rutinemæssig overvågning af skadelige alger i forhold til havbrug vil mængden af data hurtigt blive så stor, at det kan blive nødvendigt at opbevare, analysere og præsentere den løbende situation ved hjælp af en database.

Databasen skal opbygges/udvikles til at håndtere data fra det specifikke overvågningsprogram. Databasen skal levere præsentationer af resultater i tabelform samt i form af grafiske fremstillinger, som kan give et hurtigt overblik over en given situation. Analysen og præsentationen af data bør udvikles løbende, så behovene hos brugerne tilgodeses, samt at ny information kan tilføjes databasen og blive håndteret/analyseret/præsenteret.

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug:  
Anvendelse af database til håndtering af overvågningsdata bør igangsættes hurtigst muligt.*

### 5.2 Modellering

*Dynamisk modellering:*

Modellering af udviklingen i algeforekomsten skal baseres på en god hydraulisk model, som kan gøre rede for fordelingen af vandmasser samt transporten af vand i modelområdet.

Den hydrauliske modellering i forbindelse med havbrug i det sydlige Kattegat skal kunne arbejde med en god vertikal opløsning (0,5-1 m) og 50-100 m i den horisontale retning for at kunne håndtere de fænomener, som er af betydning for opbygning og transport af algeopblomstringer i området. Denne type af hydraulisk modellering er tilgængelig hos blandt andet DHI.

Modelleringen af algernes vækst, spredning og sammenbrud kræver, at den hydrauliske model kobles med biologisk modellering. Den biologiske modellering skal kunne arbejde med forskellige niveauer af alger. De modeller, som er udviklet p.t., kan arbejde med den totale algebiomasse eller algebiomassen delt op på følgende hovedgrupper/algeklasser:

- Kiselalger
- Flagellater
- Blågrønalger/cyanobakterier

En meningsfuld biologisk modellering skal også kunne arbejde med enkelte arter som f.eks. *Chattonella*. Denne type model er ikke tilgængelig p.t., men kan udvikles baseret på allerede eksisterende modeller.

Den dynamiske, biologiske modellering er baseret på den hydrauliske modellering som i høj grad er styret af vejrforholdene samt regionale vandstande. Da vejret kun kan forudsiges med god sikkerhed 5-7 dage frem i tiden, kan den dynamiske model kun forventes at kunne forudsige, hvad der vil ske med en given algeopblomstring inden for et tidsrum af denne størrelse. Til gengæld forventes det, at den dynamiske modellering kan give et relativt præcist mål for algekoncentrationen i et givent område inden for dette tidsrum.



*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug:  
Hydraulisk modellering og biologisk modellering af algeforekomster bør sættes i gang som en rutinemæssig del af overvågningsaktiviteten. Især den biologiske modellering skal løbende tilpasses og videreudvikles, så der fokuseres på evnen til at forudsige udviklingen af specifikke skadelige arter.*

*Empirisk modellering:*

Den empiriske model kan forudsige en given hændelse, f.eks. at *Chattonella* opnår en koncentration på 1 mill. celler/l i uge 18 med en angiven sandsynlighed baseret på de observationer, der foreligger i f.eks. uge 15. Sikkerheden i forudsigelsen vil naturligvis stige jo kortere frem i tiden forudsigelsen skal foretages. Den empiriske model kan ikke forudsige et præcist mål for algekoncentrationen indenfor et tidsrum på 4-8 uger, men bør kunne angive sandsynligheden for, at algerne opnår et givent koncentrationsniveau (10.000 eller 100.000 celler/l) i en given uge.

Denne type modellering kræver et godt datagrundlag for, at sammenhænge mellem forskellige udvalgte miljøparametre og en given algeopblomstring kan fastlægges. God empirisk modellering kræver en god konceptuel forståelse af, hvordan f.eks. *Chattonella* "spiller sammen med " miljøforholdene i den givne situation.

*Vurdering af anvendelighed i forbindelse med monitorering ved havbrug:*

*Empirisk modellering er det eneste tilgængelige redskab som kan anvendes ved vurdering af risikoen for skadelige algeopblomstringer ud over det tidsrum, som dækkes ind af god meteorologisk forudsigelse(5-9 dage). Empirisk modellering af specifikke skadelige arters forekomst bør derfor udvikles og anvendes i den løbende monitorering.*

## 6 Leverandører

bbe Moldaenke  
Wildrosenweg 3  
24119 Kiel-Kronshagen  
Telefon: +45 431 380 40 0  
e-mail: [bbe@be-moldaenke.de](mailto:bbe@be-moldaenke.de)

EIVA a/s  
Teglbaekvej 8-10  
DK-8361 Hasselager  
Denmark  
Att. Alan Steendahl  
Telefon: 8628 2011  
E-mail: [eiva@eiva.dk](mailto:eiva@eiva.dk)

KC Research  
Holmbladsvej 19  
DK-8600 Silkeborg  
Denmark  
Att. Kenneth Christensen  
Telefon: 86 82 83 47  
e-mail: [kc@kc-denmark.dk](mailto:kc@kc-denmark.dk)

Orbicon A/S  
Jens Juuls Vej 16  
8260 Viby J.  
Att. Per Andersen  
Telefon: 87 38 62 64  
e-mail: [pea@orbicon.dk](mailto:pea@orbicon.dk)

Skala-shoppen.dk  
Otto Busses Vej 12  
2450 København SV  
Telefon: +45 3023 6062  
e-mail: [erik@skala-shoppen.dk](mailto:erik@skala-shoppen.dk)

## 7 Referencer