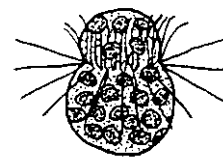
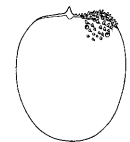


Mytilus edulis (Blåmusling)



Mesodinium rubrum



Proocentrum minimum

NOTAT

ILTSVIND I MARIAGER FJORD 1997

STATUS



Skeletonema costatum

Capitella capitata



Heterocapsa triquetra



Pelsoscolex benedine



ÅRHUS AMT



NORDJYLLANDS AMT

OKTOBER 1997

Udgiver: Århus Amt,
Natur- og Miljøkontoret
Lyseng Allé 1, 8270
Højbjerg,
Tlf. 89 44 66 66

Udgivelsesår: 1997

Titel: Notat. Iltsvind i Mariager
Fjord 1997. Status

Forfatter: Helene Munk Sørensen og
Lisbeth Wiggers

Layout: Hanne Lykkegård Schmidt

Emneord: Mariager Fjord,
eutrofiering, fosfor,
kvælstof, iltsvind,
svovlbrinte, bundvending.

Illustrationer: Natur- og Miljøkontoret

Oplag: 100

Format: A4

Sidetæl: 16

Tryk: Århus Amts Trykkeri,
trykt på miljøpapir

NOTAT
ILTSVIND I MARIAGER FJORD 1997
STATUS



ÅRHUS AMT



NORDJYLLANDS AMT

OKTOBER 1997

Sammenfatning

I slutningen af august måned 1997 blev Mariager Fjord ramt af et voldsomt iltsvind, der medførte frigivelse af giftig svovlbrinte.

Mariager Fjord er en tærskelfjord med et lille vand-skifte. Stor næringsstofftilførsel kombineret med en relativ lille vandudskiftning medfører, at fjorden har en meget stor produktion af planktonalger. Algerne omsættes under et stort forbrug af ilt. De dybe dele af fjorden er normalt iltfrie. I sommerperioden kan iltsvindet brede sig op mod overfladen således, at det iltmættede overfladelag kan reduceres til nogle få meters tykkelse. Den økologiske balance i fjorden er derfor meget sårbar.

Iltsvindet og svovlbrintefrigivelsen i Mariager Fjord har medført en næsten total udryddelse af bunddyr og fisk i den indre del af Mariager Fjord - fra Hobro til Dania. I området fra Dania til Hadsund har en del bunddyr overlevet iltsvindet. I Yderfjorden har iltsvindet tilsyneladende ikke haft nogen skadelig effekt på dyrelivet.

Bundplanterne er ligeledes blevet påvirket af iltsvindet og svovlbrintefrigivelsen, og der er kun få levende skud tilbage af ålegræs og havgræs i Inderfjorden. I Yderfjorden er plantevæksten tilsyneladende ikke påvirket.

Den grundlæggende årsag til det kraftige iltsvind i 1997 er de store tilførsler af næringssalte til fjorden. Årsagen til det katastrofale omfang af iltsvindet er de usædvanlige meteorologiske forhold i juli-august 1997. Høje temperaturer og vindstille vejr i en lang periode har fremmet iltsvindet. Et kraftigt regnvejr i slutningen af juli har yderligere tilført næringsstoffer til algerne, og endelig kan en lavtrykspassage i dagene omkring det kraftige iltsvind have øget gasdannelsen og svovlbrintefrigivelsen fra bunden.

Indledning

På baggrund af det kraftige iltsvind i Mariager Fjord i august 1997 og den store interesse, der har været for forholdene i og omkring fjorden, har Århus Amt i samarbejde med Nordjyllands Amt udarbejdet nærværende notat om iltsvindshændelsen. I notatet gives en kortfattet beskrivelse af belastningsforhold, forholdene i fjorden umiddelbart før og under iltsvindet samt de økologiske konsekvenser.

Mariager Fjord indgår i vandmiljøplanens overvågningsprogram. Dette indebærer, at hydrografi, vandkemi og plankton undersøges en gang om ugen i sommerperioden (maj-september) og 1-2 gange om måneden i vinterperioden. Undersøgelser af bunddyr foretages en gang årligt, mens bundvegetationen undersøges hvert 3. år. Der foreligger således et stort datamateriale vedrørende forholdene i fjorden inden iltsvindshændelsen.

I perioden efter 25. august 1997 har Århus og Nordjyllands Amter foretaget ekstra undersøgelser af de fysiske/kemiske og biologiske forhold i fjorden for at følge omfanget og konsekvenserne af iltsvindet. Endvidere har amterne påbegyndt et samarbejde med flere forskningsinstitutioner med det formål, at fremskaffe en detaljeret viden om årsagssammenhænge. Disse undersøgelser er endnu ikke afsluttet, og vurderingerne i nærværende notat skal derfor betragtes som foreløbige.

En endelig beskrivelse og vurdering af årsagerne til og konsekvenserne af det usædvanlige iltsvind i 1997 vil sammen med en beskrivelse af fjordens belastning, hydrografi, vandkemi og biologi i tidligere år indgå i en kommende statusrapport: "Mariager Fjord 1990-97".

Baggrund

Nordjyllands og Århus Amter fik mandag den 25. august 1997 meddelelse om, at der var set døde fisk i Mariager Fjord. Tilsyn på fjorden den 25.-29. august 1997 viste, at der var store mængder af døde fisk og bunddyr i området fra Hobro til Hadsund, og at vandet var hvidligt.

De døde fisk bestod af alle arter af de normalt forekommende fisk i fjorden: ørreder, skrubber, ålekvabber, småsild, hundestejler, kutlinger og ål. Ligeledes blev flere arter af de normalt forekommende bunddyr fundet døde langs kysten, og dykkerundersøgelser vi-

ste, at blåmuslinger og krabber på skrænterne var døde.

Undersøgelser af iltindholdet i vandet på strækningen fra Hobro til Dania viste, at der i hele vandsøjlen var iltfrie forhold - selv i overfladen. Kun helt inde ved bredden på 20 cm vand var der en smule ilt i vandet (1-3 mg ilt pr. l) på grund af bølgeslaget.

Hvidlige misfarvninger af vandet er karakteristiske for områder, hvor der i forbindelse med iltfrie forhold sker en frigivelse af svovlbrinte fra bunden. Svovlbrinten vil ved passagen gennem vandsøjlen opbruge ilt, og der dannes hvidlige svovlkorn i vandet. Kraftig svovlbrintelugt i fjordområdet var ligeledes tegn på, at der var svovlbrinteafgivelse fra vandet. Det er dette fænomen, der populært kaldes en "bundvending". Undersøgelserne i fjorden viste således samlet, at størstedelen af fiskebestanden og bunddyrene i den indre del af Mariager Fjord var døde på grund af iltmangel kombineret med forgiftning med svovlbrinte frigivet fra bunden og bundvandet.

Årsager

Mariager Fjord består af en indre del med stor vanddybde (op til 30 m) og en ydre lavvandet del med en smal sejlrende, hvor vanddybden maksimalt er 7 m - dette betegnes en tærskelfjord. Den snævre forbindelse til havet gør vandskiftet langsomt, og den indre dybe del af fjorden er meget sårbar over for eutrofiering (næringsaltforurening). Fra naturens hånd vil der, også uden forureningspåvirkning, være et bundlag på op til ca. 15 m's dybde med iltfrie forhold og svovlbrinteudvikling i sommerperioden.

Den grundlæggende årsag til det kraftige iltsvind og svovlbrintefrigivelsen i 1997 er den store tilførsel af næringsalte til fjorden, mens årsagen til det katastrofale omfang er de usædvanlige meteorologiske forhold i sommeren 1997.

Stor næringsalttilførsel kombineret med en relativ lille vandudskiftning medfører, at Mariager Fjord generelt har en meget stor produktion af planktonalger. Produktionen er 2-4 gange større end hvad, der er målt i andre danske fjordområder. Algerne omsættes under et stort forbrug af ilt, og også i tidligere somre har der været iltsvind (< 4 mg ilt pr. l) langt op i vandsøjlen. I varme og vindstille sommerperioder breder laget med iltsvind sig op mod overfladen, således at fjordens iltmættede overfladelag reduceres fra normalt 15 til

nogle få meters tykkelse. Fjordens kapacitet til iltforbrugende processer er hermed meget lille. Den økologiske balance i fjorden er derfor meget sårbar, og usædvanlige meteorologiske forhold kan udløse omfattende iltsvind og svovlbrintefrigivelse.

Oplandet

Oplandet til Mariager Fjord er på 572 km², hvoraf de to tredjedele ligger i Nordjyllands Amt og en tredjedel i Århus Amt. 66 % af oplandet er opdyrket, 17 % er dækket af skov, mens den øvrige del af oplandet er fordelt på vådområder, ferskvand, øvrige naturområder og bebyggelse.

Oplandet til Mariager Fjord er forholdsvis sandet, og undergrunden består af kalk. Nedsivningen til grundvandet er derfor stor, og vandafstrømningen til vandløbene er præget af, at en stor del når frem som en jævn grundvandsstilstrømning.

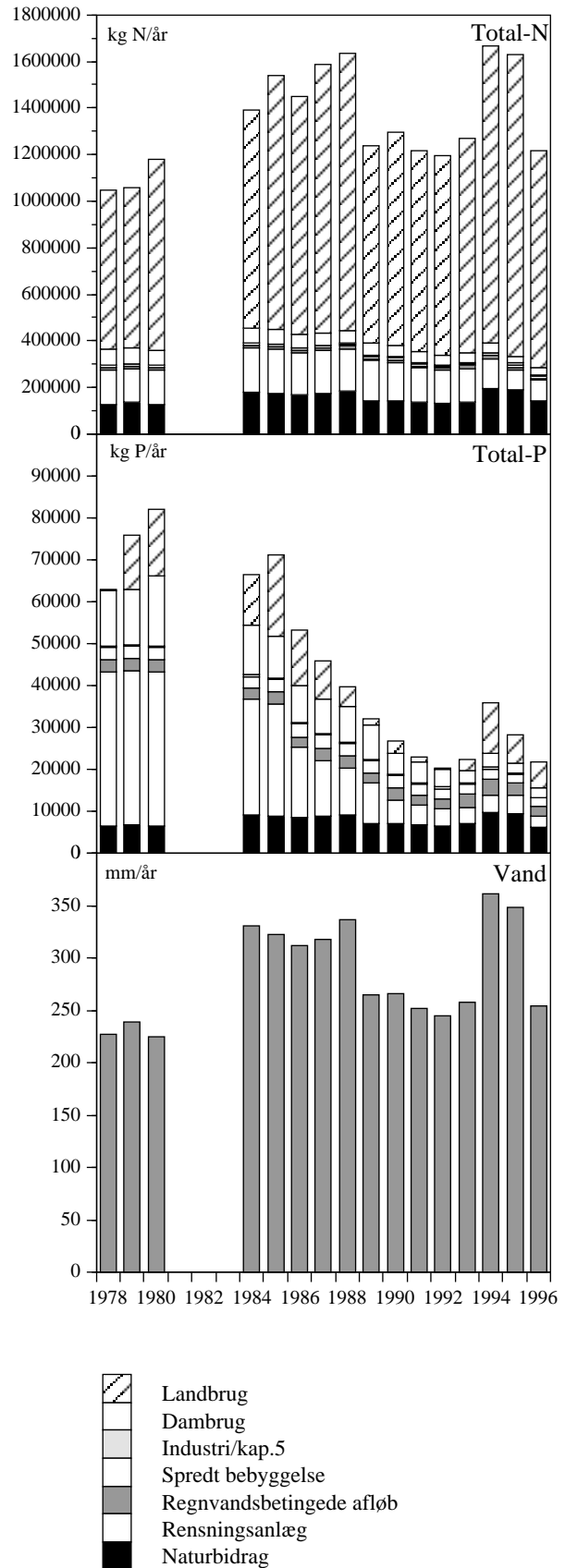
Belastning med kvælstof og fosfor

Mariager Fjord er siden 1950'erne blevet tilført store mængder næringsstoffer fra byer, dambrug og landbrug. Udviklingen i tilførslen af kvælstof, fosfor og vand fra land til Mariager Fjord i årene 1978-1996 fremgår af figur 1.

For fosfor ses der et markant fald i tilførslerne fra land. Reduktionen i fosforbelastningen skyldes først og fremmest den forbedrede rensning af spildevandet fra byerne, men de reducerede udledninger fra dambrugene er også medvirkende årsag til faldet. Bidraget fra landbrug og bidraget fra natur (baggrundsbidraget) varierer en del fra år til år. Variationerne hænger for en stor del sammen med variationer i vandafstrømningen. I "våde" år er fosforafstrømningen fra arealerne større end i "tørre" år.

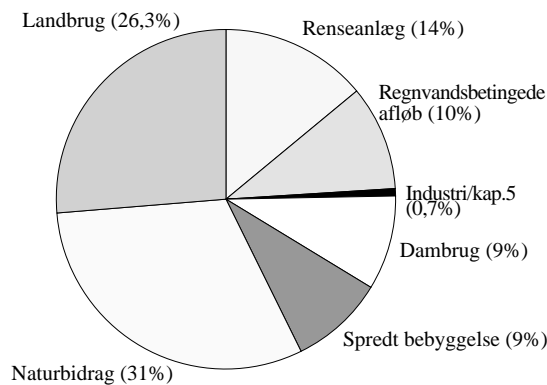
Fosforbelastningen fra punktkilderne (renseanlæg, dambrug, industri og regnvandsbetingede udledninger) har i slutningen af 1970'erne været den dominerende fosforkilde. I dag udgør de omkring en tredjedel af den samlede belastning. Landbrugsbidraget udgør omkring en fjerdedel af tilførslerne fra land (beregnet som gennemsnit for 1995 og 1996, hvor vandafstrømningen har været hhv. lidt over og lidt under normalen). Figur 2 viser fordelingen mellem kilderne fra land.

I 1996 har fosfortilførslerne fra oplandet til Mariager



Figur 1. Tilførsel af kvælstof, fosfor og vand fra land til Mariager Fjord fra 1978 - 1996. Belastningen er opsplittet på bidraget fra de forskellige kilder.

KILDEFORDELING AF FOSFORBELASTNINGEN



Figur 2.
Fordelingen af fosforbelastningen fra land. Fordelingen er beregnet som gennemsnit for 1995 og 1996 (vandafstrømning hhv. lidt over og lidt under normalen).

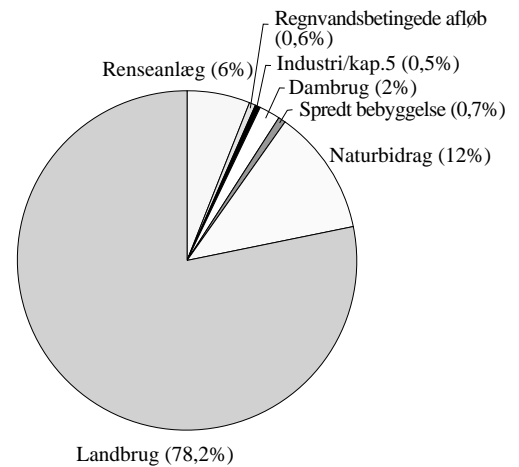
Fjord været på 22 tons. Dette svarer til en tilførsel på 4,5 kg fosfor/ha fjordareal. Udover tilførslerne fra land sker der også en mindre tilførsel (knap 500 kg) i form af atmosfærisk nedfald på fjorden, og endelig er der for fosfors vedkommende en betydelig frigivelse fra fjordbunden.

For kvælstof ses der ikke nogen udvikling i tilførslerne. Spildevands- og dambrugsbidraget er faldet lidt, men da disse kilder kun udgør en lille del af den samlede belastning, ses nedgangen ikke i fjordbelastningen. De variationer, der ses i kvælstoftilførslerne, skyldes overvejende forskelle i vandafstrømningen. Korrigeres der for forskelle i vandafstrømning, kan der ikke måles et fald i kvælstofafstrømningen i vandløb med lange måleserier - herunder Kastbjerg Å.

For kvælstof stammer 78 % af tilførslerne fra land fra landbrugsbidraget (gennemsnit for 1995 og 1996) (landbrugsbidraget er eksklusiv naturbidraget for landbrugsområderne). Under 10 % kommer fra punktkilderne. Figur 3 viser fordelingen mellem kvælstofkilderne fra land.

I 1996 har tilførslerne af kvælstof fra oplandet til Mariager Fjord været på 1275 tons. Dette svarer til en tilførsel på 270 kg/ha fjordareal. Udover tilførslerne fra land sker der en tilførsel på omkring 57 tons kvælstof til fjorden i form af atmosfærisk nedfald.

KILDEFORDELING AF KVÆLSTOFBELASTNINGEN



Figur 3.
Fordelingen af kvælstofbelastningen fra land. Fordelingen er beregnet som gennemsnit for 1995 og 1996 (vandafstrømning hhv. lidt over og lidt under normalen).

Overgårds betydning for belastningen

På baggrund af målinger af kvælstof- og fosforindholdet i afvandingskanalerne på Overgård Gods er der foretaget en beregning af næringsstofbelastningen fra Overgårds jorde til Mariager Fjord.

Kvælstofbelastningen er beregnet til at være mindre end 0,5% af den samlede belastning fra land til Mariager Fjord og fosforbelastningen i størrelsesordenen 1%.

Udledningerne sker tæt ved fjordmundingen og kun i vinterhalvåret. Overgårds betydning for den samlede belastning vurderes således at være meget lille.

Betydningen af den kraftige nedbør i slutningen af juli

Den store nedbør i slutningen af juli måned medførte en stigning i vandafstrømningen i vandløbene omkring Mariager Fjord. Nedbøren og dermed stigningen i vandafstrømningen var størst syd for fjorden. Kvælstofkoncentrationerne i det afstrømmende vand var lidt mindre end i den forudgående og efterfølgende periode - sandsynligvis fordi en stor del af vandet løb af overfladisk. Den store vandafstrømning betød imidlertid, at transporten af kvælstof til fjorden blev forøget i dagene fra den 27. juli til den 1. august 1997.

Ud fra målinger i Kastbjerg Å og Villestrup Å kan det

anslås, at transporten af kvælstof til Mariager Fjord i disse dage blev forøget med i størrelsesordenen 10 tons, heraf ca. 7 tons i form af nitrat. Herudover anslås kvælstoftilførslen med regnvand direkte på fjorden til at være størrelsesordenen 6 tons. Under normale forhold vil den månedlige transport af kvælstof fra oplandet (inklusive diverse punktkilder) være i størrelsesordenen 80-100 tons om måneden i sommermånederne.

Der er foretaget beregninger og vurderinger af, hvilken betydning overløb fra byernes kloaksystemer og tilledning af overfladevand fra separat-kloakerede områder (regnvandsbetingede udledninger) kan have haft på stigningen i kvælstofudledningerne under den store nedbør. Den udledning af kvælstof, der kan tilskrives de regnvandsbetingede udledninger, er begrænset (i størrelsesordenen 10 %) i forhold til den stigning i tilførslen, der er registreret.

Meteorologi

Sommeren 1997 (juli-august) var karakteriseret ved varmt, solrigt vejr og rolige vindforhold. Data fra DMI's vejrstation ved Hadsund viser, at det stabile højtryksvejr blev afbrudt af lavtrykspassager med torden og regn i perioderne 25.-28. juli og 23.-25. august. Lavtrykspassagen i juli var fulgt af kraftig nedbør, fra 64 til 145 mm ved DMI's målestationer ved hhv. Havnø og Kjellerup Skov.

Det varme, solrige vejr har sammen med de høje næringssaltkoncentrationer i fjorden givet planktonalgerne gode vækstbetingelser i august 1997.

De rolige vindforhold har bevirket, at omrøringen i vandmasserne har været minimal, og dermed betydet, at nedblandingen af ilt har været ringe.

Det er endvidere velkendt, at trykfald kan medføre frigivelse af gasser fra fjordbunden. Det er derfor muligt, at lavtrykspassagen den 23.-25. august har medført en øget afgivelse af gasser og giftig svovlbrinte fra fjordbunden og bundvandet. Trykfaldet var dog ikke usædvanlig stort, og svarer til den trykændring, der sker i vandet, når vandstanden falder 15 cm, hvilket sker med jævne mellemrum.

De meteorologiske forhold har således været medvirkende årsag til udviklingen af det kraftige iltsvind og svovlbrintefrigivelsen.

En endelig bearbejdning af meteorologiske data og vurdering af de meteorologiske forhold vil indgå i statusrapporten: "Mariager Fjord 1990-97".

Vandets opholdstid

Vandets opholdstid i Mariager Fjord varierer i de enkelte fjordafsnit. I Yderfjorden er opholdstiden kort, i størrelsesordenen uger, og ved større vandstandsvariationer i Kattegat kan hele vandmassen blive udskiftet i løbet af en dag. I Inderfjordens nedre vandmasse er opholdstiden meget lang. Vandet skiftes aldrig i sommerhalvåret, og selv i vinterhalvåret kan der være år mellem indstrømning af vand fra Kattegat. I Inderfjordens øvre opblandede vandmasse (0-15 meter) er opholdstiden omkring 7 måneder.

Vandtemperatur

I sommerhalvåret er der generelt temperaturspringlag i 10-15 meters dybde, endvidere kan der være midlertidige springlagsdannelser i den øvre vandmasse. På dybder større end ca. 20 meter er temperaturen meget ensartet.

I juli-august 1997 lå vandtemperaturen i de øvre vandmasser på 20-24 °C. Denne vandtemperatur er høj, men afviger ikke markant fra vandtemperaturen i andre varme somre i undersøgelsesperioden. Vandtemperaturen i de dybeste dele af fjorden (>20 m) lå i perioden maj-august på 4-6 °C, og var ikke højere end i tidligere år.

Saltholdighed

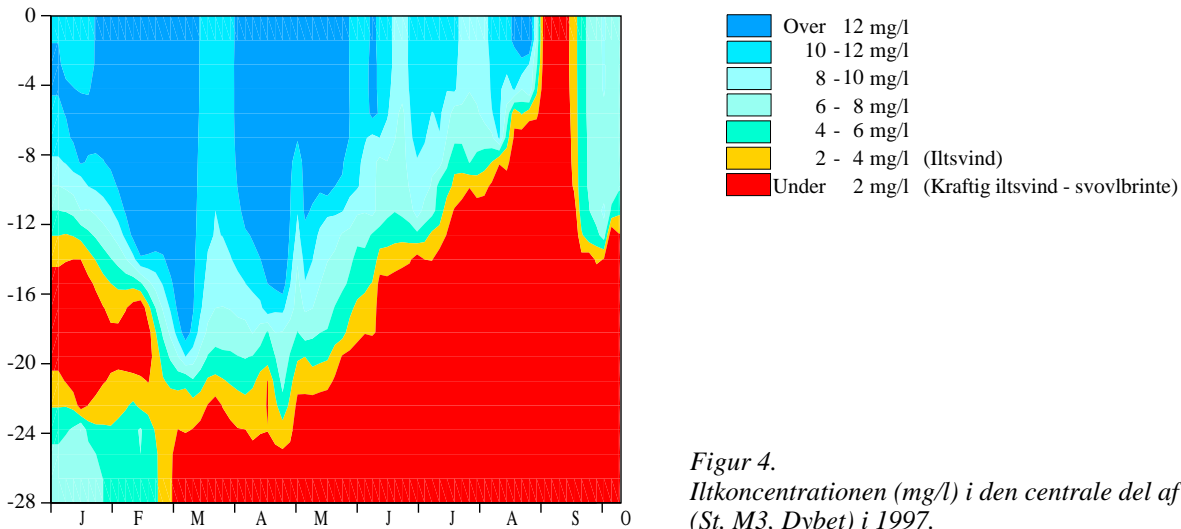
Fjorden er hele året lagdelt i 12-15 meters dybde. I den øvre vandmasse ligger saltholdigheden typisk mellem 15 og 18 o/oo, mens den under springlaget stiger til mellem 20 og 24 o/oo i den dybeste del af fjorden. Med års mellemrum strømmer vand fra Kattegat med høj saltholdighed ind i den dybe del af fjorden.

Saltholdigheden i den indre del af Mariager Fjord i sommeren 1997 afveg ikke væsentlig fra tidligere år.

Ilt

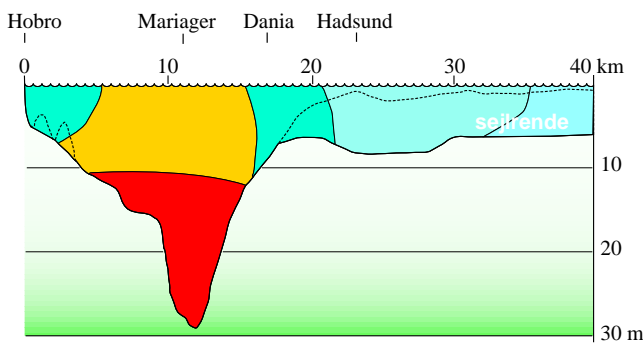
På grund af den permanente lagdeling af vandmasserne sker tilførsel af ilt til bundvandet i de dybe dele

ILTKONCENTRATION 1997

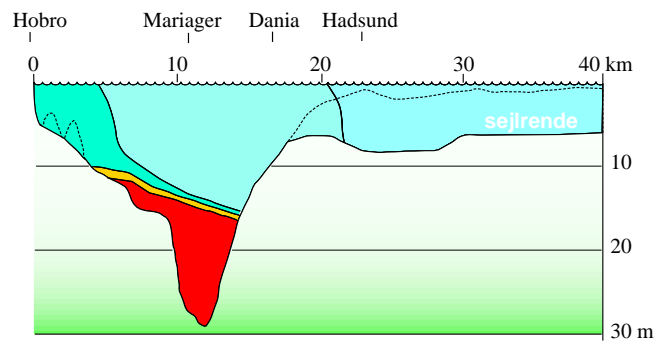


Figur 4. Iltkoncentrationen (mg/l) i den centrale del af Inderfjorden (St. M3, Dybet) i 1997.

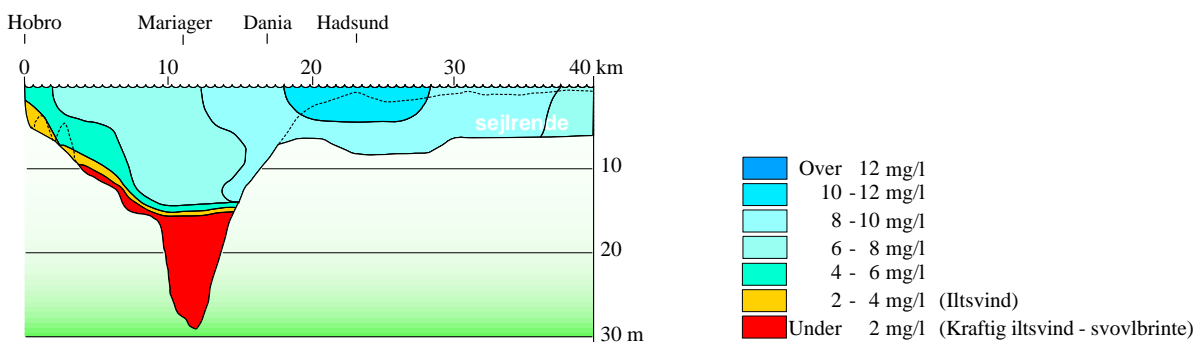
ILTFORHOLD 12. SEPTEMBER 1997



ILTFORHOLD 19. SEPTEMBER 1997



ILTFORHOLD 29. SEPTEMBER 1997



Figur 5. Iltkoncentrationen (mg/l) i Mariager Fjord 12., 19. og 29. september 1997.

af fjorden hovedsagelig ved tilførsel af iltrigt vand fra Kattegat. Disse tilførsler forekommer kun sjældent og er hidtil kun registreret i vinterhalvåret. Iltten i det indstrømmende vand bliver brugt op i løbet af få uger, og der er registreret permanent iltfrit og svovlbrinteholdigt vand i de dybeste dele af fjorden med ganske få undtagelser siden overvågningen startede i 1979.

Iltindholdet i vandet i den centrale og dybe del af Inderfjorden ud for Mariager (St. M3, Dybet) er vist på figur 4. Det fremgår heraf, at der fra februar-marts var iltsvind (< 4 mg ilt pr. l) på dybder over 20 meter. Fra midten af maj blev en større og større del af vandsøjlen ramt af iltsvindet, der i juni og juli nåede op til henholdsvis 15 og 10 meter under overfladen. Udvik-

lingen fortsatte i august, hvor der den 20. august var iltsvind på dybder over 6 meter, og den 25. august kunne det konstateres, at der var iltfrie forhold i overfladen. Målinger den 4. september viste, at der stadig var iltfrie forhold i overfladen.

Få dage senere kom der hård vind og kuling fra vest, og herved startede en geniltning af de øvre vandmasser. Den 12. september blev der registreret 3-3,5 mg ilt pr. l ned til 7 meters dybde og 2-3 mg ilt pr. l ned til 11 meter. Den 19. september var iltforholdene forbedret yderligere, idet der blev registreret 6-7 mg ilt pr. l ned til 13 meters dybde og 2-5 mg ilt ned til 14,5 meter, fra 15 meter var vandet helt iltfrit. Den 29. september var iltforholdene stort set uændrede.

Det kan således konstateres, at der 5 uger efter "bundvendingen" endnu ikke var opnået 100 % iltmætning (> 9 mg ilt pr. l) i de øvre vandmasser i den centrale del af Inderfjorden.

Den 12., 19., og 29. september blev der udført iltmålinger på en række stationer langs en transekt fra Kattegat til Hobro (figur 5). Den 12. september viste målingerne, at iltkoncentrationerne i Inderfjorden var lavest i området ud for Mariager (3,3 mg ilt pr. l i overfladen), mens der blev registreret en svag stigning ind mod Hobro (op til 5,5 mg ilt pr. l) og en større stigning ud mod Hadsund (op til 6,3 mg ilt pr. l). Målingerne den 12. september viste endvidere, at iltforholdene i Yderfjorden var kraftigt påvirket af udstrømning af iltfattigt vand fra de indre dele af Mariager Fjord. Iltmætning blev kun registreret i den yderste del fra Als Odde til Hollænderdyb, mens der fra Hollænderdyb til Hadsund blev målt relativt lave iltkoncentrationer (5,5-7 mg ilt pr. liter svarende til 60-80 % mætning) i en større og større del af vandsøjlen. Iltkoncentrationen var generelt lavest i de øverste vandmasser, idet udstrømningen fra Inderfjorden foregik i overfladen på grund af vandets relativt lave saltholdighed.

Den 19. september var iltforholdene i Inderfjorden forbedret i området fra Katbjerg Odde til Hadsund, idet der blev målt op til 6,1-8,1 mg ilt pr. l svarende til 67-87 % mætning i de øvre vandmasser. Iltforholdene i Yderfjorden var ligeledes forbedret, idet der blev målt 8,1-9 mg ilt pr. l svarende til 87-96 % mætning.

Den 29. september var iltforholdene i den inderste del af fjorden fra Hobro til Mariager stort set uændrede. Fra Dansk Salt til Hadsund var der sket en markant stigning i iltkoncentrationen, idet der blev målt op til 11,5 mg ilt pr. l svarende til 124 % mætning. Stigningen i iltkoncentrationen var her forårsaget af forekom-

ster af planktonalger, der i vækstfasen producerer ilt i dagtimerne. I Yderfjorden var der ligeledes høje iltkoncentrationer ud til Havnø Hage (9,2-10,3 mg ilt pr. l svarende til 100-112 % mætning). Fra Havnø Hage til Als Odde faldt iltindholdet markant ned til 6,6 mg ilt pr. l (74 % mætning), og der var flere steder kraftig svovlbrintelugt. I denne del af fjorden blev der flere steder observeret større flager af henfaldende og rådende alger, og de lave iltkoncentrationer i Yderfjorden må skyldes iltforbruget ved nedbrydningen af disse alger. I Kattegat steg iltindholdet igen til fuld mætning (90-100 %).

I tidligere år er der ligeledes registreret iltsvind, der har bevæget sig opad i vandsøjlen i løbet af sommeren, og der er i enkelte år registreret iltsvind i op til 5 meters dybde, f.eks. i august 1994. Iltfrie forhold i overfladen og kraftig svovlbrintefrigivelse er ikke registreret i undersøgelsesperioden 1979-96.

I august-september 1997 blev der ligeledes registreret kraftigt iltsvind samt døde fisk og bunddyr i en række andre nærings saltbelastede fjorde, f.eks. de indre dele af Limfjorden, de sydøstjyske fjorde og Isefjorden.

Vandkemi

Mariager Fjord er karakteriseret ved høje nærings saltkoncentrationer, hvilket er et resultat af stor nærings salttilførsel og ringe vandudskiftning.

I forbindelse med reduktionen i fosfortilførslen er der sket et signifikant fald i fosforkoncentrationerne i fjorden. Kvælstofkoncentrationerne varierer i takt med kvælstoftilførslerne, og der har ikke været nogen signifikant udvikling i undersøgelsesperioden. Koncentrationen af nitrat i sommerperioden har dog været signifikant stigende.

Uorganisk kvælstof og fosfor når kun i korte perioder ned på de niveauer (under hhv. 14 µg N/l og 2 µg P/l), som anses for at være begrænsende for planktonalgernes produktion. Potentiel fosforbegrænsning er registreret inden for perioden april-maj, mens potentiel kvælstofbegrænsning er registreret inden for perioden juli-september. I 1997 viste undersøgelser i den centrale del af Inderfjorden (St. M3, Dybet), at fosfor var potentielt begrænsende for planktonalgernes vækst i 4-5 uger i april-maj, mens kvælstof var begrænsende 1-2 uger i begyndelsen af august. Selv om koncentrationerne af fosfor og kvælstof kun i korte perioder er under det niveau, der anses for at være begrænsende for

algeproduktionen, viser data, at der er en tydelig sammenhæng mellem næringssaltbelastningens størrelse, mængden af planktonalger og sigtdybden (vandets gennemsigtighed) i fjorden. I april-maj (hvor uorganisk fosfor findes i de laveste koncentrationer) er sigtdybden generelt størst i de år, hvor fosfortilførslen i de foregående måneder har været lav. Ligeledes er sigtdybden i juli-august (hvor kvælstof findes i de laveste koncentrationer) generelt størst i de år, hvor tilførslen af kvælstof i de foregående måneder har været lav.

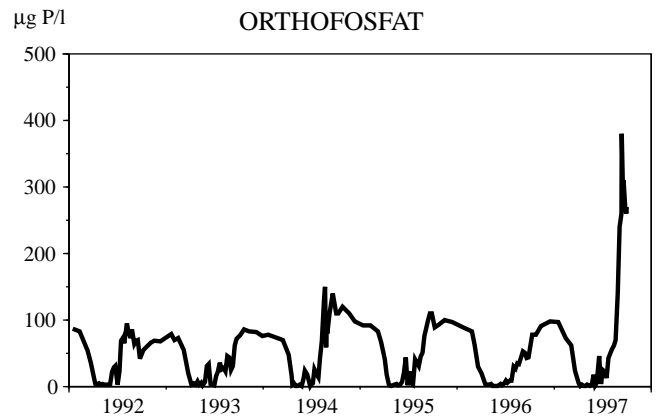
Den ekstra tilførsel af kvælstof i forbindelse med den kraftige nedbør i slutningen af juli 1997 svarer til en stigning i koncentrationen af total-kvælstof og uorganisk kvælstof i de øvre vandmasser i fjorden (0-10 m) på omkring henholdsvis 90 og 70 $\mu\text{g pr. l.}$ Koncentrationen af uorganisk kvælstof i de øvre vandmasser i fjorden var relativt lav i slutningen af juli (56-75 $\mu\text{g pr. l.}$), og tilførslen har bidraget til at skabe gode vækstbetingelser for planktonalgerne. Den ekstra tilførsel var dog lav i forhold til den **totale** kvælstofkoncentration i vandet, der i slutningen af juli var på 600-700 $\mu\text{g pr. l.}$ Ved den biologiske omsætning af denne kvælstofpulje, frigøres der løbende uorganisk kvælstof, som optages af planktonalgerne.

I forbindelse med iltsvindet blev der registreret en ekstrem stigning i koncentrationen af fosfor (orthofosfat) og kvælstof (ammonium+ammoniak) i Mariager Fjord. Koncentrationen i de øvre vandmasser (0-10 m) i den centrale og dybe del af Inderfjorden ud for Mariager (St. M3, Dybet) er vist på figur 6 og 7.

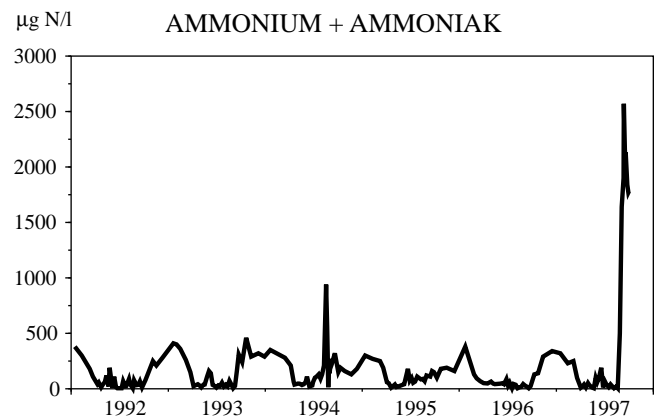
Det fremgår heraf, at koncentrationen af orthofosfat i perioden fra den 20. august til den 12. september steg fra ca. 40 til 390 $\mu\text{g P pr. l.}$ Den 29. september var koncentrationen faldet til 260 $\mu\text{g P/l.}$ Stigningen skyldes hovedsagelig en tilførsel fra fjordbunden, idet der her findes depoter af jernbundet fosfor som opløses under iltfrie forhold. Derudover er der sket en frigørelse af orthofosfat ved nedbrydningen af den store mængde af døde planter og dyr i fjorden.

Stigningen i den totale fosforkoncentration svarer til en tilførsel af fosfor på omkring 35 tons, hvilket er mere end den årlige tilførsel fra land, der i 1990-96 har været på 20-35 tons.

Koncentrationen af ammonium+ammoniak steg i perioden fra den 20. august til den 12. september fra mindre end 10 til 2640 $\mu\text{g N pr. l.}$ Den 29. september var koncentrationen faldet til 1770 $\mu\text{g N pr. l.}$ Stigningen i koncentrationen af ammoniak skyldes dels en frigivelse i forbindelse med nedbrydningen af den store



Figur 6.
Koncentrationen af orthofosfat ($\mu\text{g P/l}$) i de øvre vandmasser (0 - 10 m) i den centrale del af Inderfjorden (St. M3, Dybet).



Figur 7.
Koncentrationen af ammonium + ammoniak ($\mu\text{g N/l}$) i de øvre vandmasser (0 - 10 m) i den centrale del af Inderfjorden (St. M3, Dybet).

mængde af døde planter og dyr, og dels at den normale iltning af ammoniak til nitrat (og videre omdannelse til frit kvælstof - såkaldt denitrifikation) er standset under de iltfrie forhold. Stigningen i den totale kvælstofkoncentration svarer til en tilførsel af kvælstof på omkring 375 tons, hvilket er ca. 1/3 -1/4 af den årlige tilførsel fra land, der i 1990-96 har været på 1100 - 1700 tons.

Den 12., 19., og 29. september blev der foretaget undersøgelser af koncentrationen af næringssalte på en række stationer langs en transekt fra Hobro til Kattegat (bilag 1). Undersøgelserne viste, at der var ekstremt høje koncentrationer af orthofosfat og ammonium+ammoniak i hele området fra Hobro til Hadsund. De højeste koncentrationer fandtes generelt i den centrale del af Inderfjorden ved Mariager og Assens. Undersøgelserne viste endvidere, at næringssaltkoncentrationerne i hele Yderfjorden var stærkt forhøjede, hovedsagelig på grund af tilførsler fra den indre del af fjorden.

I løbet af september skete der et fald i koncentrationerne i Yderfjorden og ind til området ud for Assens. I den indre del af fjorden skete der et svagt fald i koncentrationerne i de øvre vandmasser ud for Mariager, men der var ivotrigt ikke markante ændringer i koncentrationen af næringssalte i løbet af september.

En detaljeret behandling af vandkemiske data vil indgå i statusrapporten: "Mariager Fjord 1990-97".

Primærproduktion og planktonsammensætning

De høje næringssaltkoncentrationer i Mariager Fjord giver gode vækstbetingelser for planktonalgerne, og årsproduktionen i Mariager Fjord, der siden 1988 har ligget på 800-1000 g C/m² pr. år, er 2-4 gange højere end årsproduktionen i alle andre marine områder i Danmark.

Planktonsamfundet i Mariager Fjord er derfor karakteriseret ved meget høje biomasser og ved dominans af ganske få arter. Undersøgelser af planktonet har vist, at biomasseniveauet og artssammensætningen i første halvdel af 1997 ikke adskilte sig væsentligt fra tidligere år.

Den lange sommerperiode med varmt og stille vejr har sammen med de høje næringssaltkoncentrationer i fjorden givet planktonalgerne gode vækstbetingelser. I begyndelsen af august blev der registreret en masseforekomst af furealgen *Prorocentrum minimum*. I den centrale del af Inderfjorden blev algen fundet i koncentrationer på ca. 4 millioner celler pr. l og med en biomasse på ca. 800 µg C pr. l. Andre steder i fjorden blev algen imidlertid registreret i langt højere koncentrationer; således blev der registreret koncentrationer på op til 200 millioner celler pr. l svarende til en biomasse på 28 mg kulstof pr. l i området umiddelbart vest for Dania. Sigtdybden i fjorden var i denne periode meget lav, ned til 0,75 m, og vandet var stærkt misfarvet (brunt til rødbrunt) flere steder i fjorden.

Oplomstringer af planktonalger med biomasser på 800 µg kulstof pr. l eller mere er ikke usædvanlige i Mariager Fjord og forekommer hvert år op til flere gange i perioden april-juli. I august er biomassen af planktonalger dog normalt væsentlig mindre, og biomasser på 800 µg kulstof pr. l er siden undersøgelsen start i 1990 kun tidligere registreret i august 1994.

Oplomstringen af *Prorocentrum minimum* stoppede

brat i slutningen af august i forbindelse med registreringen af iltsvindet. Under og efter iltsvindet blev der kun registreret meget få planktonalger. I stedet blev der registreret store mængder bakterier samt heterotrofe protozoer (flagellater, ciliater og amøber), som er karakteristiske for iltfrie lokaliteter, og som ikke tidligere er registreret i større mængde i de øvre vandmasser i Mariager Fjord. I slutningen af september var planktonalger (hovedsagelig kiselalger tilhørende slægten *Chaetoceros*) til stede i mindre mængder (18 µg kulstof pr. l) i den centrale del af Inderfjorden (St. M3, Dybet).

En detaljeret behandling af plante- og dyreplanktondata vil indgå i statusrapporten: "Mariager Fjord 1990-97".

Bundvegetation

Bundvegetationen i Mariager Fjord udgøres dels af blomsterplanter som f.eks. ålegræs og havgræs, dels af enårige eutrofieringsbetingede alger som søsalat. Blomsterplanterne har rødder og kan derfor kun vokse i områder med sandet eller siltet bund, hvorimod de arter af enårige alger, der dominerer i Mariager Fjord, kan vokse løstliggende på bunden.

Bunden i Mariager Fjord består hovedsageligt af sand og silt med et varierende indhold af organisk materiale. I den inderste del af Mariager Fjord er der kun et smalt, lavvandet bælte langs kysten, hvor der kan vokse blomsterplanter. I den yderste del af fjorden er der derimod store lavvandede områder, som er velegnede til vækst af blomsterplanter.

Områder med blomsterplanter har stor økologisk betydning, fordi de giver gode betingelser for fisk og smådyr, og planterne er en vigtig fødekilde for mange fugle. Desuden binder blomsterplanternes rodnet sedimentet samt mindsker erosion og ophvirvling, hvorved der skabes bedre lysforhold. Eutrofieringsbetingede enårige alger medvirker derimod til at skabe mere ustabile forhold. I Mariager Fjord forekommer algerne i tykke lag, der kan bortskygge blomsterplanterne og derved blotlægge sedimentet. Samtidig forringes livsbetingelserne for fisk, smådyr og fugle.

Kombinationen af lave iltkoncentrationer og høje svovlbrintekoncentrationer kan have en giftvirkning på ålegræs, idet vækstpunktet ved basis af ålegræsplanterne sandsynligvis er følsomt over for svovlbrinte.

En vegetationsundersøgelse på strækningen fra Lille Skovsgaard og til Åmølle umiddelbart vest for Hadsund den 25. september 1997 viste, at bundvegetationen i Inderfjorden er påvirket af bundvendingen i august/september. Der blev kun fundet meget få levende skud af havgræs, *Ruppia sp.* og ålegræs, *Zostera marina*. På samme strækning blev der desuden observeret en del døde skud og rødder fra flere arter af blomsterplanter - heriblandt ålegræs.

Rørhinde, *Enteromorpha sp.* samt vandhår *Cladophora sp.* i et enkelt område er de eneste makroalgarter, der blev observeret ved undersøgelsen den 25. september. Den maksimale dybde for disse alger var 0,5 m. Algerne blev alene fundet kystnært, hvor vandet måske ikke har været 100 % iltfrit i så lang tid. Ingen steder blev der observeret søsalat, *Ulva lactuca*. Dette kunne tyde på, at også søsalat er blevet påvirket af bundvendingen.

I begyndelsen af august 1997 blev der taget flyfotos af Mariager Fjord. På baggrund af disse fotos og efterfølgende dykkerundersøgelser blev bundvegetationens udbredelse og sammensætning kortlagt. Denne undersøgelse blev foretaget inden bundvendingen og danner derfor et godt udgangspunkt for at belyse effekterne af bundvendingen og følge reetableringen af blomsterplanterne i Mariager Fjord. I oktober blev der således foretaget dykkerundersøgelser på de samme lokaliteter. Resultatet af undersøgelsen foreligger endnu ikke, men vil indgå i statusrapporten: "Mariager Fjord 1990-97".

Bundfauna

I den inderste del af Mariager Fjord er bundfaunaen helt domineret af blåmuslinger, og fjordbunden på dybder fra 1- 9 meter er mere eller mindre dækket af blåmuslinger. I blåmuslingebankerne findes desuden en del forskellige arter af børsteorm og krebsdyr. Desuden findes på lavt vand flere andre muslinger, f.eks. sandmuslinger og hjertemuslinger. På dybder større end ca. 10 meter er fjordbunden iltfri i længere perioder hvert år og derfor uden et højere dyreliv.

Den yderste del af Mariager Fjord består ud over sejlrunden af meget lavvandede områder med vadekarakter. Her består fjordbundens dyreliv først og fremmest af sandmuslinger, hjertemuslinger, dyndsnegle, børsteorme, tanglus og tanglopper.

Forekomsten af et højere dyreliv i fjordbunden er vig-

tig for omsætningen af organisk stof og for iltningen af sedimentet - bunddyrene skaber ved graveaktivitet og ved ventilation af gangsystemer en iltning af sedimentet. Desuden er bunddyrene vigtige fødeemner for fisk. Blåmuslingerne i fjorden har endvidere en vigtig rolle i fjordens økologiske balance, idet muslingerne filtrerer vandet for planktonalger, hvorved de er med til at styre omsætningen af organisk stof i fjorden.

De fleste bunddyr kan tåle iltfrie forhold i kortere perioder. Optræder iltfrie forhold imidlertid samtidigt med forekomst af svovlbrinte, er det kun meget få arter af bunddyr, der ikke dør efter kort tid.

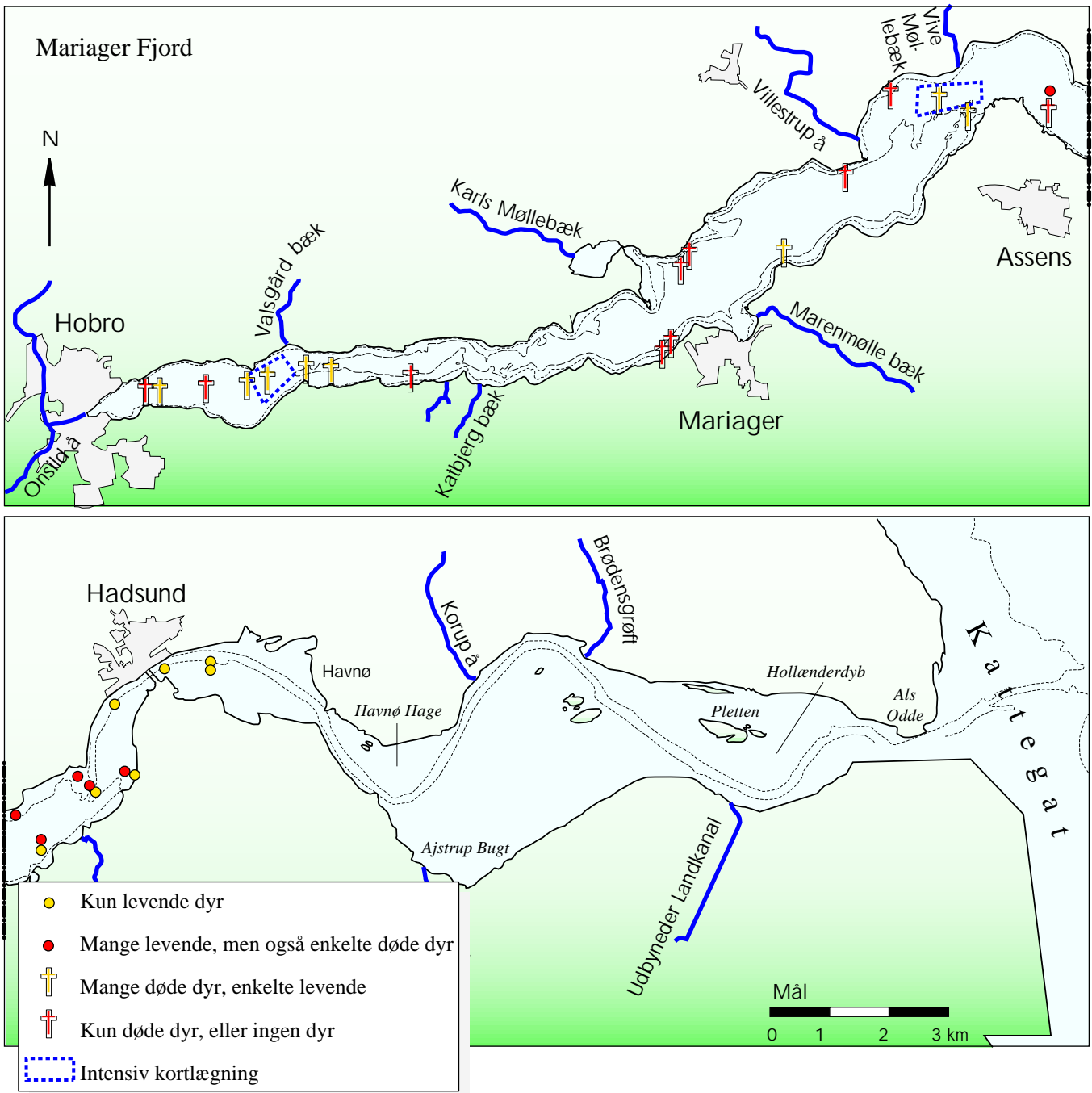
Efter besigtigelse på fjorden den 29. august, 16., 22. og 25. september og på baggrund af øvrige oplysninger om bundvendingen/iltsvindet i Mariager Fjord kan det konstateres, at stort set alt liv på bunden af fjorden indenfor Dania er udslettet (figur 8).

I dette område af fjorden blev der kun fundet enkelte levende individer af myggelarver og orme (*Chironomidae*, *Nematoda* og *Oligochaeta*), der alle er kendte som arter, der er ekstremt hårdføre overfor iltsvind. I langt hovedparten af prøver indsamlet i fjorden fra Dania og indefter blev der fundet mange tomme muslingeskaller med kødrester (*Mytilus edulis*, *Macoma baltica* og *Mya arenaria*) - det vil sige skaller af muslinger, der er døde i forbindelse med iltsvindet. Desuden blev der fundet en del tomme snegleskaller (*Hydrobia sp.* og *Littorina sp.*), fra snegle der formentlig er døde i forbindelse med iltsvindet. Andre dræbte dyr uden hårde skaldele som f.eks. børsteorm kunne ikke spores i prøverne, idet bløddelene hurtigt forrådnede.

I området fra Tygeslund til Dania blev der fundet en del døde muslinger og snegle som tegn på, at iltsvindet her har haft en effekt på fjordbundens dyreliv, men der blev også fundet levende dyr i alle prøver. I de mest lavvandede dele af området har iltsvindet ikke haft en skadelig effekt.

Ud for Hadsund og umiddelbart øst for Hadsund blev der kun fundet levende dyr i prøverne, og dyrelivet var så rigt, at det må konkluderes, at iltsvindet ikke har haft en skadelig effekt på fjordbundens dyreliv i dette område.

Fjordbunden længere øst for Hadsund og ud til Als er ikke undersøgt, men på baggrund af prøverne fra Hadsund området er det usandsynligt, at iltsvindet har haft nogen effekt i denne del af fjorden.



Figur 8. Status for udbredelsen af bunddyr i den indre del af Mariager Fjord, september 1997.

Genindvandringen af bunddyr til den inderste del af Mariager Fjord vil for de mobile arters vedkommende (primært snegle, rejer, strandkrabbe og børsteorme) kunne ske fra Yderfjorden, der ikke har været ramt af iltsvind. De øvrige arters genindvandring til Inderfjorden vil alene være afhængig af tilførsel af larver med det tilstrømmende vand fra Kattegat. Denne proces er stærkt afhængig af tilfældigheder, idet tilstrømning af Kattegatvand er afhængig af vejrforholdene, og idet larverne ofte kun forekommer i Kattegatvandet i store

mængder i relativt korte perioder. En genindvandring kan derfor godt tage flere år for enkelte eller flere af arterne.

Når arterne er genindvandret, er en etablering af stabile bunddyrssamfund afhængig af, at fjorden ikke igen udsættes for usædvanligt omfattende iltsvind.

Mange af muslingerne (specielt blåmuslinger og sandmuslinger) og de store orm (sandorm og børsteorm),

der levede i fjorden før iltsvindet har haft en alder på op til 4 - 6 år. Alene af den grund vil en retablering af fjordens bunddyrssamfund til en tilstand som før iltsvindet tage mindst 4 - 6 år men muligvis længere på baggrund af de overfor nævnte forhold.

Bunddyrerne i fjorden er vigtige fødeemner for de bundlevende fisk (specielt skrubbe og ål), og en retablering af et rimeligt fødegrundlag vil allertidligst kunne forventes i sidste halvdel af 1998.

Fisk

Fiskebestanden i Mariager Fjord består dels af standfisk, som opholder sig i fjorden hele året, dels af fisk, der i bestemte perioder trækker til fjorden fra Kattegat og fra ferskvandstilløb til fjorden. En del af fiskebestanden stammer desuden fra udsætninger af havørred og ål.

Af egentlige større standfisk i fjorden er skrubbe mest udbredt; herudover findes ålekvabbe, kutling og hundestejle. Disse fisk gyder i fjorden og opretholder derved en selvreproducerende bestand i fjorden.

Af indtrækkende fisk fra Kattegat findes i forårs- og sommermånederne sild, brisling og hornfisk samt glasål, der søger til fjordens ferskvandstilløb. Ål på vandring langs den jyske østkyst vil også søge ind i fjorden i kortere perioder. Fra ferskvandstilløbene vandrer ørreder ud i fjorden, dels som smolt om foråret, dels efter gydning. Ligeledes trækker ål ud i fjorden, når de er kønsmodne (blankål).

Ved det kraftige iltsvind og svovlbrintefrigivelsen i august anses nærmest hele fiskebestanden for at være død i den indre del af Mariager Fjord. Den kritiske iltgrænse for fisks overlevelse ligger på ca. 2 mg pr. l, og svovlbrinte er meget giftig over for fisk, da det blokerer iltoptagelsen.

Fisk, der svømmer frit i vandmassen, såsom ørred og sild, er mest følsomme for iltsvind, mens fisk, der kan leve på helt lavt vand, såsom skrubbe og ål, kan overleve i længere tid. Da iltindholdet på vanddybder under 10 cm også var mindre end 1 mg ilt pr. l, og der samtidig var svovlbrinteindhold, var der kun overlevelsesmulighed for ålene, der kunne kravle helt ind i vandkanten. Efter nogle dage var det kun de ål, der havde fundet frem til ferskvandsudløb med iltet vand, der var levende. De sammentrængte ål blev herefter udsat for massivt fiskeri.

I samarbejde mellem fiskeri- og naturorganisationer, Fiskerikontrollen, Dansk Salt A/S og Århus Amt blev der gennemført en redningsaktion for ålene. 1.300 kg ål blev fisket op af fjorden og placeret i et 1.200 m³ bassin på Dansk Salt. Da iltindholdet i vandet i Mariager Fjord den 12. september atter havde et niveau, hvor ålene kunne overleve, blev de i weekenden den 13.-14. september sat ud i fjorden via Dansk Salts kølevandskanal.

Hvor hurtigt en ny fiskebestand i Mariager Fjord vil kunne genetableres i de kommende år, vil bl.a. afhænge af, hvor hurtigt fødegrundlaget gendannes og af hastigheden af genindvandringen.

BAGGRUNDSMATERIALE:

Mariager Fjord 1979-81. Århus og Nordjyllands Amtskommuner. Rapport 1981.

Mariager Fjord 1985-89. Udvikling og status. Århus og Nordjyllands Amtskommuner. Rapport maj 1990.

Mariager Fjord 1996. Rapportering af Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1996. Rapport juni 1997.

Opland og næringsstofførsler til Mariager Fjord. Århus Amt. Notat oktober 1997

Status for spildevandsrensning fra kommunale rensningsanlæg med udledning til Mariager Fjord. Århus og Nordjyllands Amter. Notat september 1997.

Status for spildevandsrensning fra dambrug med udledning til Mariager Fjord. Århus og Nordjyllands Amter. Notat september 1997.

Næringsstofbelastningen fra Overgård til Mariager Fjord. Århus Amt. Notat september 1997.

Belastning i forbindelse med nedbøren i slutningen af juli 1997. Århus Amt. Notat oktober 1997.

BILAG:**Bilag 1: Næringssaltkoncentrationer i Mariager Fjord september 1997.**

Næringssaltkoncentrationer i de øvre vandmasser (µg pr. l)

	12. september 1997						
	Hobro	Mariager	Assens	Havnø	Treskel Bakke	Als Odde	Kattegat
Total-kvælstof	2200	3050	3090	2210		460	360
Nitrit + nitrat	42	39	62	140		<10	<10
Ammonium + ammoniak	1620	2570	2500	1690		14	<10
Total fosfor	340	450	440	290		68	43
Ortho fosfat	270	380	360	210		23	17

	19. september 1997						
	Hobro	Mariager	Assens	Havnø	Treskel Bakke	Als Odde	Kattegat
Total-kvælstof	2020	2370	2470	1880		800	
Nitrit + nitrat	130	75	130	240		64	
Ammonium + ammoniak	1860	2130	2130	1440		270	
Total fosfor	360	340	350	240		100	
Ortho fosfat	310	310	300	180		41	

	29. september 1997						
	Hobro	Mariager	Assens	Havnø	Treskel Bakke	Als Odde	Kattegat
Total-kvælstof	2530	2520	2590	1300	780	620	400
Nitrit + nitrat	210	200	210	220	81	14	19
Ammonium + ammoniak	1830	1770	1680	410	130	<10	<10
Total fosfor	330	290	290	140	81	99	43
Ortho fosfat	300	260	240	97	43	16	11

Bilag 1.1: Næringssaltkoncentrationer i Mariager Fjord september 1997.Næringssaltkoncentrationer i bundvandet ($\mu\text{g pr. l}$)

	12. september 1997						
	Hobro	Mariager	Assens	Havnø	Treskel Bakke	Als Odde	Kattegat
Total-kvælstof	2410	3080	3120	2000		440	320
Nitrit + nitrat	47	<10	110	130		<10	<10
Ammonium + ammoniak	1730	2990	2510	1450		10	<10
Total fosfor	380	590	450	250		74	47
Ortho fosfat	300	580	360	180		24	20

	19. september 1997						
	Hobro	Mariager	Assens	Havnø	Treskel Bakke	Als Odde	Kattegat
Total-kvælstof	2230	3350	2240	1590		570	
Nitrit + nitrat	130	<10	180	200		28	
Ammonium + ammoniak	1980	3210	1920	1110		64	
Total fosfor	370	480	300	200		110	
Ortho fosfat	320	480	260	140		34	

	29. september 1997						
	Hobro	Mariager	Assens	Havnø	Treskel Bakke	Als Odde	Kattegat
Total-kvælstof	2660	3900	2290	1280	780	600	390
Nitrit + nitrat	210	23	69	230	83	13	14
Ammonium + ammoniak	1840	3140	1600	410	120	<10	<10
Total fosfor	340	580	300	140	84	79	41
Ortho fosfat	310	570	250	98	42	18	11