



Iltsvind påvirker planter og dyr



Iltsvind ændrer livsbetingelserne for havbundens planter og dyr, så de forsvinder fra de ramte områder. Den biologiske mangfoldighed bliver derfor mindre i vore farvande, og det tager ofte lang tid, før det normale liv er tilbage. Selv om fisk, fugle og havpattedyr ikke påvirkes direkte af iltsvind, bliver deres fødegrundlag ændret, og iltsvind kan derfor virke langt op i fødekæden.

Foto: Peter Bondo Christensen.

Figur 3-1

Ålegræsset kan danne tætte, grønne enge under havoverfladen.

Foto: Peter Bondo Christensen.



Iltsvind og planter

Havets planter skal som de fleste andre organismer have ilt for at leve. De laver godt nok selv ilt ved fotosyntese, men forbruger også ilt, når deres celler ånder. Det er primært større fastsiddende alger og ålegræs ved havbunden, der er i fare for at dø eller tage skade ved længere perioder med iltsvind.

Ålegræsset dør ved iltmangel

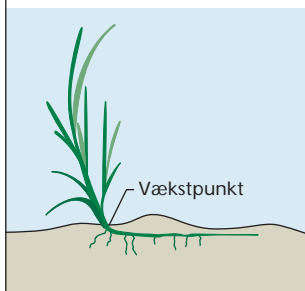
Med jævne mellemrum ser man da også områder med ålegræs langs vore kyster, der pludselig dør i varme, stille somre med iltsvind. Planternes skud med blade løsner sig fra stængelen og flyder rundt i overfladen. Det ser næsten ud, som om nogen har svunget en stor le gennem ålegræsengene. Stikker man hovedet under vandet, kan man se, at planternes skud er afstødt lige over havbunden.

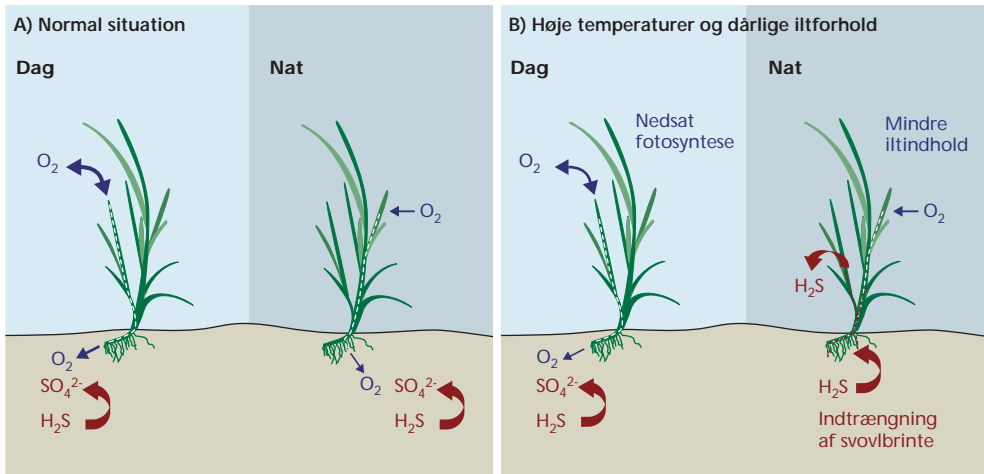
Ålegræs er nemlig bygget op, så stængelen ligger nedgravet i havbunden. Herfra stikker bladene op i vandet (figur 3-2). Mellem bladene og stængelen – altså lige over havbunden – sidder ålegræssets vækstpunkt, som er meget følsomt. Påvirkes vækstpunktet af iltfrit vand med svovlbrinte, rådner det, og bladene brækker af stængelen og driver væk.

Præcist hvad planten dør af, ved man ikke, men der er flere teorier. Cellerne i vækstpunktet dør måske simpelthen af iltmangel. Det kan også være, at den giftige svovlbrinte slår cellerne ihjel. Endelig kan giftige stofskifteprodukter, som ålegræsset selv danner under iltfrie forhold, have en skadelig virkning på planten.

Figur 3-2

Ålegræs har stængelen nede i havbunden. Herfra skyder skuddet med bladene op i vandet. Plantens vækstpunkt sidder lige over havbunden mellem jordstængelen og bladene.





Om dagen producerer ålegræssets blade ilt. En del af iltten trænger gennem plantens luftvæv helt ned i rødderne og forsyner hver enkelt celle. Er der mere ilt inde i planten end i omgivelserne, frigives noget af det fra planten. Det sker bl.a. fra rødderne, som frigiver iltten til havbunden. På den måde kan planten afgifte sit nærmiljø ved at ilte den giftige svovlbrinte, der findes i havbunden (figur 3-3A). Om natten, når planten ikke selv producerer ilt, optager den ilt fra vandet gennem sine blade og transporterer det videre til alle celler gennem sit luftvæv.

Er der dårlige iltforhold i det vand, der omgiver ålegræsset, kan planterne komme til at mangle ilt. Det sker specielt om natten, hvor de ikke selv producerer ilt. Under sådanne forhold kan svovlbrinte fra havbunden trænge ind gennem rødderne og skade planten (figur 3-3B).

Høje temperaturer i vandet forstærker det stress, som lave iltkoncentrationer udsætter ålegræsset for. Stiger temperaturen, stiger plantens stofskifte og dens forbrug af ilt, og planten bliver derfor endnu mere sårbar.

Ålegræsset forsvinder fra store områder

I de særligt varme somre i 1992 og 1994 var der udbredte iltsvind, og store bestande af ålegræs døde mange steder i de danske farvande. F.eks. forsvandt ålegræsset fra store arealer i Det Sydfynske Øhav i 1994 (figur 3-4). Det samme var tilfældet for flere ålegræsbestande i andre kystvande omkring Fyn, i de sønderjyske fjorde og i Limfjorden.

Figur 3-3

Gastransport i ålegræs.

A) viser en situation med god iltforsyning. Plantens fotosyntese forsyner rødderne med ilt om dagen, mens bladene om natten optager ilt fra vandet. Både om dagen og om natten transporteres ilt ned til rødderne, så der er ilt til cellernes respiration. Et overskud af ilt inde i planten frigives til havbunden, hvor det omdanner det giftige svovlbrinte (H_2S) til sulfat (SO_4^{2-}).

B) viser en situation med dårlige iltforhold, høje temperaturer og svagt lys. Her er fotosyntesen nedsat, og om natten er der så lidt ilt, at der trænger svovlbrinte ind i planten fra havbunden. I planten bliver det transporteret op igennem de celler, der normalt transporterer ilt ned til plantens rødder.

- Områder med ålegræs i foråret 1994
- ▨ Områder hvor ålegræsset gik meget tilbage efter iltsvindet i august 1994

Figur 3-4

Udbredelse af ålegræs i dele af Det Sydfynske Øhav før og efter iltsvindet i 1994. Efter iltsvindet blev ålegræsset kun opmålt inden for den sorte linie, så det er kun i det område, tilbagegangen er registreret.

Data fra Fyns Amt.



Ålegræsbestande forsvandt også fra Mariager Fjord under iltsvindet i sensommeren 1997. I 2000 forsvandt store områder med ålegræs helt fra den nordlige del af Odense Fjord, og i 2001 var Århus Bugt ramt af kraftige iltsvind, hvor de dybest voksende ålegræsbestande forsvandt.

Det er vigtigt at understrege, at man ikke direkte kan påvise, at iltsvind var årsagen til de store tab af ålegræs de enkelte år. Men vores viden om, hvordan iltsvind påvirker ålegræs, og fundet af sorte, døde jordstængler på steder, hvor der tidligere har vokset ålegræs, peger på, at planterne er blevet slået ihjel af iltsvind – måske sammen med et udslip af svovlbrinte.

Ålegræs og lys

Man ved, at en øget mængde næringsstoffer i vore farvande op gennem 1970'erne og 1980'erne har forringet lysforholdene og dermed indskrænket det område, hvor ålegræs kan vokse. Siden slutningen af 1980'erne og frem til i dag er der imidlertid en tendens til, at lysforholdene både er blevet bedre i de åbne havområder og i fjordene. Men det har ikke fået ålegræsset til at vokse ud på større dybder igen. Faktisk er ålegræssets dybdegrænse i fjordene blevet mindre, og dybdegrænsen langs de åbne kyster er uændret siden slutningen af 1980'erne. Man ser derfor kun sjældent en sammenhæng mellem ålegræssets dybdegrænse og lysforholdene i et bestemt område.

Der er desværre ikke data, der kan fortælle, hvor meget iltsvindshændelser direkte har medvirket til planternes til-

bagegang, eller til at planterne ikke har bredt sig mere, selv om lysforholdene er blevet bedre. Men det er sandsynligt, at hyppige iltsvind på dybere vand kan medvirke til at forhindre ålegræsset i at brede sig.

Hvor hurtigt kommer ålegræsset tilbage?

Ålegræs spreder sig dels ved frø, dels ved at sætte nye skud fra eksisterende bestande. Førstnævnte er kønnet formering, mens sidstnævnte kaldes for vegetativ formering. De fleste frø falder tæt ved moderplanten, og der kan ligge kolossalt mange frø i havbunden under en ålegræsbevoksning. Undersøgelser har vist, at der for hver kvadratmeter kan være flere tusinde frø.

Strøm og bølger vil sprede nogle af frøene til naboområder længere væk, hvor de kan etablere nye bestande, hvis betingelserne er optimale. Men de små frøplanter har kun en meget ringe chance for at overleve i de danske farvande, hvis de står ubeskyttet. Frøplanter, der vokser på en bar havbund, er særligt udsatte. Her graver bølger i havbunden, og sand i bevægelse slider på de spæde planter.

Et eksempel på, hvor svært det kan være for en ålegræsbevoksning at gendanne sig ved frø, finder man i Odense Fjord. I den nordlige del af fjorden forsvandt ålegræsset fuldstændigt i 2000. Men i det tidlige forår 2001 spirede en mængde frø, og havbunden lignede en nysået græsplæne. Men mange af frøplanterne døde hurtigt, og i september måned var næsten alle frøplanter forsvundet igen (figur 3-5).

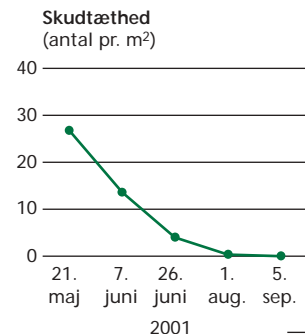
I 1994 forsvandt ålegræsset ligeledes fra Det Sydfynske Øhav. Men her var udviklingen en anden. Allerede to år senere var planterne tilbage. Den hurtige genvækst skyldes sandsynligvis, at den tidligere ålegræsbestand også her efterlod en stor mængde frø. Samtidig holdt spredte overlevende planter og et tæt net af stængler og rødder sammen på havbunden. Denne kombination gav efter alt at dømme den nødvendige beskyttelse, så de sårbare frøplanter overlevede.

Ved den vegetative formering sætter planterne udløbere, der kan vokse op til nye planter. Men det er en meget langsom måde at sprede sig på. En bestand af ålegræs vokser kun ca. 16 cm ud til siderne i løbet af et år, og det kan derfor tage årtier, før en ødelagt bestand er genetableret alene ved vegetativ formering.

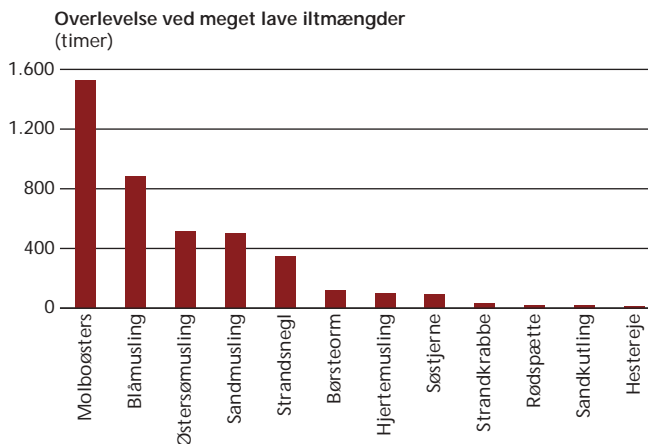
Det vil altså ofte være en langvarig proces for naturen at gendanne tabte ålegræsbestande. Men som man oplevede det i Det Sydfynske Øhav, kan en ålegræsbestand dog vende forholdsvis hurtigt tilbage, hvis forholdene er optimale.

Figur 3-5

Nye ålegræs-frøplanter forsvandt hurtigt på lavt vand (to meters dybde) i den nordlige del af Odense Fjord i 2001.



Figur 3-6
Forskellige dyrs evne til at tåle meget lave iltmængder inden de dør.



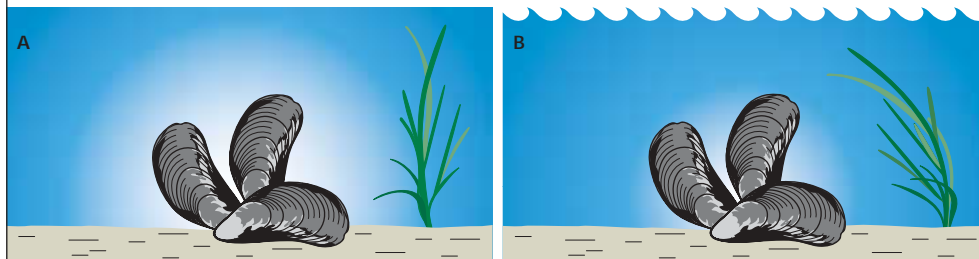
Iltsvind og bunddyr

Dyr, der lever på eller i havbunden, er ofte udsat for lave iltkoncentrationer. Mange bunddyr kan derfor på forskellige måder klare iltmangel, og et iltsvind skal være både kraftigt (dvs. under 2 mg ilt pr. liter) og vare flere uger, før det slår de mest hårdføre bunddyr ihjel (figur 3-6). Men kommer vandets iltindhold under 0,3 mg ilt pr. liter, går det helt galt. Også selv om iltsvindet kun varer kort tid.

Varigheden af et iltsvind og iltsvindets styrke er altså to vigtige faktorer. Men bundvandets bevægelse spiller også ind. Står det iltfattige bundvand stille, fjerner dyrenes iltforbrug den ilt, der er lige omkring dyret. Bevæger bundvandet sig derimod, vil dyrene have en bedre overlevelseschance. Selv om der kun er lidt ilt i vandet, vil vandbevægelsen tilføre ny ilt, som erstatter den ilt, dyrene har brugt (figur 3-7).

Vandets temperatur er også en væsentlig faktor, da dyrenes behov for ilt vokser i takt med, at temperaturen stiger. Øget vandtemperatur vil altså udsætte dyrene for et stigende iltstress.

Figur 3-7
Står vandet omkring dyrene stille (A), opstår der en zone, hvor iltindholdet er lavere end i resten af vandet. Bevæger vandet sig (B), forsvinder zonen næsten, og iltforholdene omkring dyrene bliver bedre.





Figur 3-8

Snit gennem en havbund med orme og ormegange. Ormegangene fremtræder lyse, fordi dyrene pumper iltrigt bundvand ned i deres gange. Herved iltes den jernsulfid, der ellers farver havbunden sort.

Foto: Erik Christensen.

Endelig er mængden af svovlbrinte afgørende, da svovlbrinte slår de fleste bunddyr ihjel, hvis det frigives fra havbunden. Mange dyr, der lever nedgravet i havbunden, kan imidlertid på forskellig vis ilte og dermed uskadeliggøre svovlbrinte i deres umiddelbare nærhed. Det sker bl.a. ved, at de pumper iltrigt bundvand ned i havbunden (figur 3-8).

Hvilke dyr bliver ramt?

Forskellige faktorer sætter altså rammerne for det stress, bunddyrene udsættes for under et iltsvind. Men hvordan klarer de forskellige dyr sig egentlig? For det meste er dyrenes størrelse og aktivitetsniveau afgørende for deres evne til at modstå iltsvind. Store og bevægelige dyr lider ofte skade allerede ved et ret højt iltindhold, mens små og fastsiddende eller nedgravede dyr bedre kan tåle et lavt indhold.

Generelt kræver større dyr en højere koncentration af ilt. Det skyldes, at store dyr har en mindre overflade i forhold til deres kropsvolumen end små dyr. De store dyr kan derfor optage forholdsvis mindre ilt, da ilten skal ind gennem overfladen. Samtidig bevæger de store dyr sig ofte mere og bruger derfor mere ilt.

Når indholdet af ilt begynder at falde i bundvandet, kravler mange af de dyr, der normalt lever nede i selve havbunden, op på overfladen. Andre skyder deres ånderør højere op (figur 3-11). Og dyr, der lever på havbunden, bruger alle kneb for at komme lidt højere op i vandsøjlen, hvor der er en smule mere ilt. Søstjerner hæver sig eksempelvis op på deres armspidser, men kan som andre dyr også kravle op på forhøjninger som sten eller planterester.

Figur 3-9

Jomfruhummer på natlig fou-
ragering på havbunden.

Foto: Henrik Manley.



Mange af de store dyr er i stand til at bevæge sig væk fra et iltsvindsområde. Det gælder f.eks. en del krebsdyr, der generelt er mere følsomme over for et lavt iltindhold end andre bunddyr. Jomfruhummeren er et eksempel (figur 3-9). Den flygter, hvis iltindholdet bliver for lavt, men falder iltindholdet ned til omkring 2 mg ilt pr. liter, dør jomfruhummeren ligesom mange fisk.

Figur 3-10

Molbøsters er en af de
muslinger, der klarer iltsvind
bedst. Muslingerne her er
sigtet fra en bundprøve taget
i Kattegat.

Foto: Anders Engell-Kofoed.



De mindre dyr er ofte mindre mobile, og de har derfor udviklet evnen til at modstå lave iltkoncentrationer. Muslinger og snegle er f.eks. temmelig hårdføre (figur 3-10). De tåler lavere iltindhold og kan leve længere tid under sådanne forhold. Muslinger, der ikke har krebsdyrenes mulighed for at stikke af, kan ofte tilpasse sig iltsvind ved at ændre deres stofskifte, så de dels vokser mindre, og så en større del af stofskiftet foregår uden forbrug af ilt. På den måde nedsætter de deres iltforbrug i en begrænset periode. Den samme tilpasning har man observeret i studier af slangestjerner.

Børsteorme og trådregnorme er også meget hårdføre. Børsteormene har en meget stor overflade i forhold til størrelsen af deres krop, og ormene kan optage ilt gennem hele deres overflade. Men ormene er også i stand til at ventilere deres rør eller gange kraftigere og pumpe mere vand med ilt ned omkring sig, når iltforholdene er dårlige. Iltindholdet skal helt ned under 0,3 mg pr. liter, før disse dyr bukker under.



Når man ser børsteorme ligge døende eller døde på havbunden, er det derfor et tegn på, at der stort set intet ilt er tilbage i bundvandet (figur 3-11).

Den største modstandsdygtighed over for iltsvind finder man blandt de bunddyr, der er mindre end 1 mm. Flere undersøgelser har samtidig vist, at netop i det livsstadium, hvor bunddyrene sætter sig på bunden efter at have levet som larver, er de meget modstandsdygtige over for et lavt iltindhold.

Men varer iltsvindet i for lang tid, ligger alle de dyr, der ikke er flygtet, livløse tilbage på havbunden for til sidst at rådne bort.

Hvor hurtigt kommer dyrene tilbage?

Der lever ikke bunddyr i områder med konstant iltsvind. Og områder, der hyppigt udsættes for iltsvind, har kun en meget artsfattig bundfauna. Man kan sammenligne det med skovbrande på landjorden. Brænder et område hyppigt, når der aldrig at vokse nye træer op, og der bliver aldrig dannet stabile økosystemer.

I områder, der kun en gang imellem bliver ramt af kraftige iltsvind, vil bunddyrene vende tilbage efter et stykke tid. Der er mange faktorer, der bestemmer, hvilke dyr der vender tilbage, hvor hurtigt det går, og om der genopstår et normalt samfund af bunddyr.



Figur 3-11

Sandmuslinger lever normalt dybt nedgravet i havbunden, men kravler helt op til overfladen og stikker deres ånderør op i vandet for at få en smule ilt, når iltsvindet bliver alvorligt (øverste billede). Døde børsteorme på havbunden fortæller, at alle dyr er slået ihjel (nederste billede).

Foto: Peter Blanner,
WWF Verdensnaturfonden.



Figur 3-12
Bundprøve fra den dybe del af Mariager Fjord ("Dybet"). Her er konstant iltfrit, bunden er sort, og der lever ingen bunddyr.

Foto: Nina Reuss.

Figur 3-13
Friskfangede jomfruhummere i Østerby Havn på Læsø.

Foto: Ole Schou Hansen.



Størrelsen af det område, der er ramt af iltsvind, er afgørende for, hvordan indvandringen sker. Hvis iltsvind har ramt et område, der er mindre end omkring 100 m², kan voksne dyr ofte indvandre direkte fra naboområderne. På den måde kan de genetablere et nyt samfund relativt hurtigt – ofte inden for et enkelt år.

Hvis området derimod er mere end 500 m², kan en stor del af dyrene kun vende tilbage som larver fra en bestand af dyr i et nærliggende område. Larverne spredes med havstrømme og skal senere etablere sig og vokse op i det ramte område. Det er en meget langsom form for genvækst, og det kan tage flere år, før et samfund bliver genskabt på den måde. Hastigheden for genvækst er bl.a. bestemt af, hvilke larver der er i vandet, hvor mange larver der er til stede, og hvor hurtigt de enkelte arter vokser. Det tager f.eks. 4-6 år, før et samfund med voksne individer af slangestjernen *Amphiura* er tilbage, mens et samfund af blåmuslinger etablerer sig i løbet af et par år. Flere af de store bunddyr bliver både 10 og 20 år gamle, så det kan tage lige så mange år at genoprette et samfund med den oprindelige aldersfordeling.

De omfattende iltsvind i 1986 og 1988 udryddede jomfruhummere i store områder af det sydlige Kattegat. Fiskerne i Gilleleje prøvede årligt, om hummerne var kommet tilbage, men først i slutningen af 1990'erne, dvs. efter 10-12 år, var der så mange store dyr, at det igen kunne betale sig at fiske efter jomfruhummere i disse områder (figur 3-13).

Iltsvind og ændringer i bunddyrsamfundene

Det er svært at forudse virkningerne af et iltsvind på et samfund af bunddyr i detaljer. Om arter forsvinder i kortere tid, i længere tid eller permanent, og om nye arter kommer til. Det er derfor også svært at sige noget om, hvordan sammensætningen af dyr ændrer sig på kort eller længere sigt.

Slutresultatet er bl.a. styret af et samspil mellem temperatur, vandbevægelse og den oprindelige sammensætning af arter. Men der er typisk færre og mindre dyr i områder, der regelmæssigt bliver ramt af iltsvind. Mange arter kan simpelthen ikke nå at vokse op til voksenstørrelse imellem perioder med iltsvind, enten fordi de bliver slået ihjel, eller fordi det lave indhold af ilt hæmmer dyrenes vækst. Et sådant samfund af dyr er derfor domineret af arter med kort levetid. Det vil sige dyr, der hurtigt kan etablere sig og formere sig, og som samtidig tåler iltsvind godt. Det er f.eks. små børsteorme, mens krebsdyr, muslinger, snegle og slangestjerner til gen-

Dyr	Antal pr. m ² (%)	
	1917-1933	1975-2000
Havbørsteorme	68 (25)	197 (16)
Muslinger og snegle	100 (36)	946 (79)
Pighude: søstjerner, slange- stjerner, søpindsvin	52 (19)	10 (1)
Krebsdyr	55 (20)	27 (2)
Andre dyr	1 (0)	19 (2)

gæld er væk. Et eksempel på et sådant samfund, som rammes hyppigt af iltsvind, finder man i Arkona-bassinet, der ligger mellem Møn og Bornholm.

Et andet eksempel kommer fra Fyns Amt, der har vist, at der også er sket markante ændringer gennem de seneste 100 år i Langelandsund. Amtet har sammenlignet undersøgelser af bunddyrene i perioden 1917-1933 foretaget af Dansk Biologisk Station med dets egne undersøgelser fra 1975 til 2000 (tabel 3-1). Sammenligningen viser, at der er sket markante ændringer i fordelingen mellem de forskellige grupper af bunddyr på den bløde havbund, og at enkelte grupper af dyr helt er forsvundet.

Oprindeligt var der en nogenlunde ligelig fordeling mellem børsteorme, bløddyr, pighude og krebsdyr, der hver udgjorde 20-30% af hele samfundet af bunddyr. I dag er der forholdsvis flere muslinger og tilsvarende færre krebsdyr og pighude. Nogle arter af pighudene, søpindsvin og sømus er næsten helt forsvundet. Svingninger i mængden af krebsdyr i nyere tid peger samtidig på, at iltsvindene er taget til i styrke. Krebsdyrene er som nævnt forholdsvis følsomme over for lavt iltindhold, og iltsvind dræber dem. De mangler derfor helt blandt bunddyrene om efteråret og ofte også i det følgende forår.

Hvert år er der områder af den danske havbund, hvor bunddyrene bliver påvirket. Og med mellemrum bliver dyrene udsløjet på store arealer, når iltsvindet strækker sig over store områder og over længere tid. Det er bl.a. velkendt, at jomfruhummere og andre bunddyr forsvandt fra det sydlige Kattegat i efteråret 1988, og at stort set alle dyr døde i Mariager Fjord i 1997. Bunddyrene i store dele af Skive Fjord, Århus Bugt og Vejle Fjord forsvinder også igen og igen som følge af iltmangel.

Den seneste og mest omfattende udsløjet af bunddyr skete i efteråret 2002, hvor iltsvindet bredte sig over

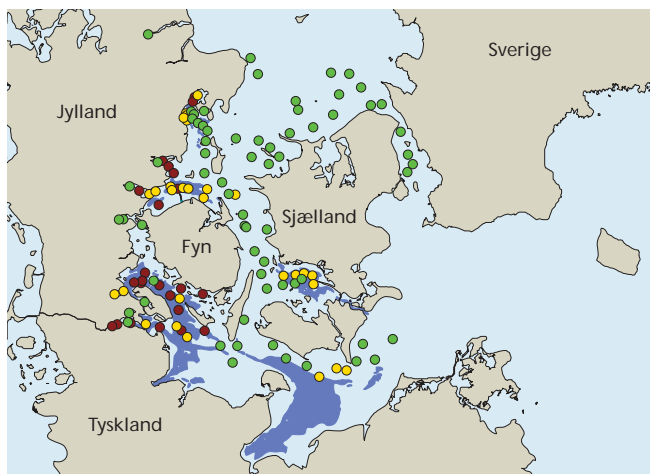
Tabel 3-1

Ændringer i Langelandsunds dyreliv fra 1917-1933 til 1975-2000. Den procentvise andel af dyrene er angivet i parentes. Muslinger er øjensynligt blevet favoriseret af den forurening med næringsstoffer, som har givet mere føde til dyrene. Den samme forurening er årsag til, at iltsvind formodentlig er taget til i styrke, hvilket har reuleret i, at der er blevet færre af de mere følsomme dyr, f.eks. krebsdyr.

Data fra Fyns Amt.

Figur 3-14

Udbredelsen af skader på bunddyr efter det voldsomme iltsvind i 2002. Grønne prikker viser områder, hvor der ikke er sikre tegn på skader. Gule prikker viser områder med tydelige tegn på iltsvind, og røde prikker angiver markante virkninger af iltsvindet. De violette områder markerer steder, hvor modelberegninger forudsiger, at der er sket skader.



det nordlige og sydlige Lillebælt, områderne omkring Fyn, Århus Bugt og flere østjyske fjorde. Undersøgelser af bundprøver taget efter iltsvindet i 2002 viser, at der var skader på steder, hvor iltsvind normalt er sjældne. F.eks. i det nordlige Smålandsfarvand og visse kystnære områder i Femern Bælt og Hjelm Bugt (figur 3-14). Bunddyr blev påvirket i områder, der tilsammen dækkede omkring 3.400 km². Man må derfor forvente, at det vil tage flere år at genskabe de oprindelige samfund af bunddyr – selv hvis områderne ikke igen bliver ramt af iltsvind.

Figur 3-15

Sild lever i de frie vandmasser og er nogle af de første fisk, der stikker af, når iltsvind rammer et havområde. Til gengæld er de også blandt de første, der vender tilbage.

Foto: Nordsømuseum.





Figur 3-16

Torsk er normalt en af de fisk, der forsvinder hurtigt, når et iltsvind begynder at sætte ind. Denne torsk nåede dog ikke at flygte bort fra iltsvindet omkring Fyn i 2002 og blev "fanget" mellem Drejø og Hjortø i Det Sydfynske Øhav.

Foto fra videoklip:
Ole Blohm Poulsen, Fyns Amt.

Iltsvind og fisk

Når iltindholdet falder til omkring 4 mg pr. liter, begynder de fleste fisk at søge efter bedre iltforhold. Fritsvømmende fisk som sild (figur 3-15), brisling og makrel er de første, der stikker af. Også torsk, som lever ved bunden, forsvinder hurtigt (figur 3-16).

Andre bundlevende fisk som fladfisk tåler lavere iltindhold lidt bedre, og de reagerer derfor senere. Ising, rødspætte og skrubbe søger typisk ind på lavt vand, hvor iltforholdene er bedre, og her finder man dem i store mængder, når iltforholdene længere ude er dårlige. Ålekvabbe, ulk og kutling, der er standfisk, reagerer typisk på dårlige iltforhold ved at bevæge sig mindre eller ved at ligge stille (figur 3-17).

Hvordan reagerer fiskene på lavt iltindhold?

Fisk tilpasser sig altså lavt iltindhold på forskellige måder. Nogle stikker af og undgår iltsvindet, mens et almindeligt reaktionsmønster hos mange fisk er, at de bevæger sig mindre i iltfattigt vand. F.eks. falder torsks svømmehastighed med op til 75% i iltfattigt vand. Samtidig falder deres stofskifte med 30-40%. De bruger derfor mindre ilt, og det øger deres chance for at overleve. Mange fiskearter reagerer også ved at æde mindre. Det betyder, at de bruger mindre energi på at søge føde og mindre energi til at fordøje føden. Denne tilpasning har dog en pris. Når fiskene æder mindre, vokser de tilsvarende mindre. Samtidig bliver deres evne til at formere sig nedsat, og de bliver mindre modstandsdygtige over for sygdomme. Fiskene bliver med andre ord stressede.



Fig 3-17

Ulken er en af de standfisk, der typisk reagerer på iltsvind ved at ligge stille.

Foto: Ole Schou Hansen.

Nogle fisk forsøger at klare dårlige iltforhold ved at ventilere gællerne mere, det vil sige, at de trækker vejret hurtigere. Når fisken på den måde sender mere vand ind over gællerne, optager den mere ilt, men den får stadigvæk mindre, end når der er rigeligt med ilt i vandet. Fisken kan derfor ikke længere svømme så langt og så hurtigt. Jo mindre ilt, der er i vandet, jo sværere får fisken altså ved at flygte. På et tidspunkt er indholdet af ilt så lavt, at fisken ikke længere kan svømme. Til sidst kan den heller ikke holde gang i det elementære stofskifte, som er afhængigt af ilt, og den skifter derfor til et stofskifte, der ikke bruger ilt. Det svarer lidt til, at vi mennesker danner mælkesyre i musklerne, når de ikke får ilt nok gennem blodet. Men fisken kan ikke klare dette iltfrie stofskifte ret længe, så det er kun et spørgsmål om tid, før den dør, hvis iltindholdet ikke stiger igen.

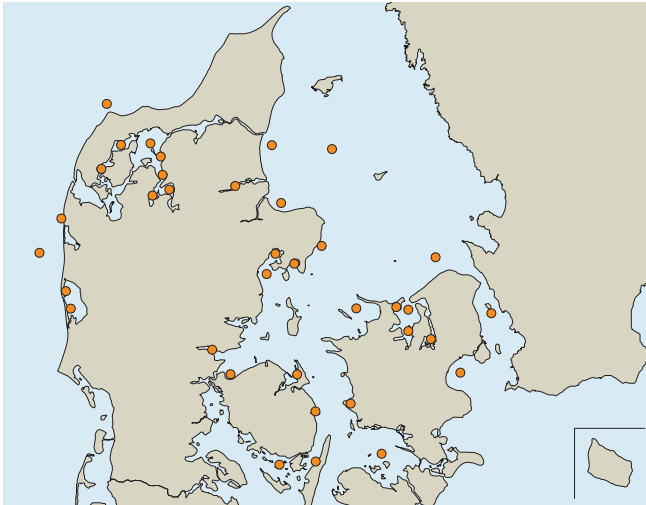
Fisk har også en mulighed for at nedsætte deres stofskifte ved at opsøge koldere vand. Fisk er nemlig vekselvarme og har derfor et lavere stofskifte i koldt end i varmt vand. Eksempelvis dør en torsk i 14°C varmt vand, der har et iltindhold på ca. 1 mg pr. liter. Ved en temperatur på 9°C har torsken nedsat sit stofskifte og behovet for ilt med ca. 40% og dermed øget sine chancer for at overleve. Høje vandtemperaturer ved iltsvind er derfor en ekstra trussel mod fiskene.

Når iltsvindet rammer fiskene, reagerer de altså enten ved at flygte et sted hen, hvor der er mere ilt i vandet, eller skifter til en adfærd, der sætter dem i stand til at overleve en begrænset periode med lavt iltindhold. I det første tilfælde virker tilpasningen, da fiskene svømmer hen til områder med tilstrækkeligt med ilt. I det andet tilfælde, hvor de bliver på stedet, har de kun en chance, hvis perioden med dårlige iltforhold er kortvarig.

Figur 3-18
Døde fladfisk, kutlinger og tobis skyllet op i Ålborg Bugt 2002 efter at være blevet dræbt af iltsvind.

Foto: Christen Jensen, Nordjyllands Amt.





Figur 3-19

Prikker illustrerer områder, hvor der er blevet fundet døde fisk i forbindelse med iltsvind i perioden 1981-2002.

Døde fisk på stranden

Døde fisk, der skyller op på stranden, er det billede, man ofte har af, hvordan iltsvind rammer fisk. Men trods synligheden er det næppe den alvorligste virkning af iltsvind sammenlignet med tab af føde og opvækstområder. Ofte er de døde fisk på stranden et resultat af, at fiskene er blevet fanget i iltfattigt vand (figur 3-19). Det kan være i en fjord eller en bugt, hvor et lokalt iltsvind er blevet så voldsomt og opstået så hurtigt, at fiskene ikke har kunnet flygte. Andre gange er fiskene døde, fordi iltfattigt bundvand er blevet ført helt op til overfladen eller ind i en fjord og har fanget fiskene (se side 29). I begge tilfælde er det oftest bundlevende fisk, man finder døde langs kysten. Det så man f.eks. i 2002, hvor man i Vejle Fjord fandt store mængder døde og døende fisk på nord- og sydsiden, ligesom man i strandkanten og på havbunden i områder syd for Djursland fandt et stort antal døde sortkutlinger, ålekvarber, småtorsk og fladfisk.

I de mest ekstreme tilfælde frigiver bundvendinger svovlbrinte, der på vej op gennem vandsøjlen bruger al ilt i vandet og forgifter fiskene. Så dør fiskene øjeblikkeligt, kvalt af iltmangel eller dræbt af svovlbrinte. Ved bundvendinger kan selv stimefisk blive fanget og dø, fordi det sker så pludseligt og uden varsel, at fiskene ikke kan nå at flygte. Da inderfjorden i Mariager Fjord blev ramt af iltsvind i august 1997, døde store mængder fisk, der ikke nåede at flygte. Samtidig stod tusindvis af ål og gispede efter vejret omkring åudløb med frisk, veliltet vand.

Iltsvind rammer fiskebestande

De kendte dramatiske virkninger af iltsvind, hvor døde fisk skylles op på stranden, kan suppleres med beretninger fra fiskere, der kan fortælle om manglende fisk eller fisk, der er kvalt i nettet under et iltsvind. Men sandheden er, at vi i dag ved meget lidt om de skader, iltsvind generelt forvolder på fiskebestandene.

En undersøgelse fra Sverige fortæller dog noget om det mulige omfang af virkningerne. I den sydøstlige del af Kattegat var der gennem 1980'erne gentagne iltsvind om efteråret i perioder på 3-11 uger i et område på ca. 3.000 km². Prøvefiskeri viste, at iltsvindet reducerede antallet af fiskearter i området til omkring halvdelen af de arter, der var til stede, når der ikke var iltsvind. Når der var gode iltforhold, dominerede kommercielt vigtige arter som torsk, hvilling og rødspætte, mens mindre attraktive og mere iltsvindtolerante fladfisk dominerede under iltsvindene. Samtidig med, at antallet af arter blev mindre under iltsvindene, blev fangsten af fisk halveret. I de mest ekstreme tilfælde faldt fangsterne til 3% af det normale, og fangsten bestod i stedet af døde og døende bunddyr.

En anden undersøgelse giver mistanke om, at iltsvind kan stresser fisk så meget, at de bliver mere syge. Gennem flere år har man i Kattegat fundet sammenhænge mellem perioder med iltsvind og isinger, som var syge af bestemte vira.

Men direkte skader på fiskene er ikke den eneste måde, et iltsvind rammer fiskebestandene på. Fiskenes føde rammes også af iltsvind. I første omgang kan et iltsvind kortvarigt øge fødemængden. Det sker, når orme og rørboende krebsdyr kravler op af havbunden på jagt efter ilt. Fisk som ål, ising eller skrubber, der tåler et lavt iltindhold, får pludselig meget lettilgængelig føde. Men balancen mellem det iltindhold, fiskene kan tåle, og adgangen til det nye spisekammer, er knivskarp.

Slutresultatet af et omfattende iltsvind er da også, at der er mindre føde til de fisk, der vender tilbage til området. Dels er der færre bunddyr, dels er udbuddet af føde mere ensidigt i op til flere år efter et iltsvind (se side 44).

Dårligere vækstbetingelser pga. et lavt iltindhold og dårligere føde er en af forklaringerne på, at gennemsnitslængden af torsk og rødspætte i Kattegat og af rødspætte og ising i Århus Bugt er faldet siden starten af 1980'erne, selv om overfiskning sandsynligvis også spiller en rolle.

Når ålegræs rammes af iltsvind (se side 36), påvirker det også indirekte fiskebestandene. Så forsvinder et vigtigt spisekammer og skjul for fiskeyngel nemlig. Og dermed et af de levesteder, som er afgørende for en fornyelse af en fiskebestand efter et iltsvind.

Figur 3-20
En ung torsk på lavt vand.

Foto: Ole Schou Hansen.





Figur 3-21

Skrubben er en fisk, der hurtigt vender tilbage efter et iltsvind.

Foto: Dennis Lisbjerg.

Kommer fiskene tilbage efter et iltsvind?

Langtidsvirkninger af iltsvind i form af ændringer i sammensætning og mængde af bunddyr og dermed fiskenes føde er sandsynligvis et større problem for fiskebestandene end de akutte påvirkninger under selve iltsvindet. Et af de store spørgsmål er: Hvor hurtigt og i hvilket omfang vender fiskene tilbage?

Bundlevende fladfisk som ising og skrubbe, der tåler lavere iltindhold, er nogle af dem, der hurtigt dukker op igen efter et iltsvind. Efter iltsvindet i Mariager Fjord i sommeren 1997 var skrubben f.eks. tilbage i inderfjorden igen allerede om efteråret. Og det på trods af, at der var mangel på føde.

Sild, brisling og havørred, dvs. fisk, der vandrer i de frie vandmasser, dukker også ret hurtigt op igen. Undersøgelser i Mariager Fjord viser, at de fleste af vandrefiskenes var tilbage igen tre år efter iltsvindet.

Mere følsomme fisk som torsk, der samtidig lever ved bunden, vender ofte senere tilbage. De er nemlig afhængige af, at der er bunddyr eller fritsvømmende småfisk, som de kan æde.

Standfisk som f.eks. ålekvalbe, ulk og kutling er specielt afhængige af et tilstrækkeligt udbud af føde ved bunden, fordi de ikke kan finde føde andre steder. Men det er også vigtigt, at der findes gode skjulesteder som f.eks. ålegræsbede. Standfisk spreder sig derfor langsomt og er blandt de fisk, som er længst tid om at vende tilbage. I Mariager Fjord var der fortsat færre standfisk i 2000 end før iltsvindet i 1997. En lokal race af ålekvalbe ser endda ud til at være helt udryddet.

Boks 3-1

Forskellige fisks evne til at tåle iltsvind

Nogle fiskearter er mere tolerante over for iltsvind end andre.

Ål er blandt de danske fisk, der tåler mindst ilt, mens medlemmer af ørredfamilien er mere iltkrævende.



Skrubbe tåler kun et lavt iltindhold i kortere tid, men reagerer ligesom rødspættens over for iltsvind ved at flygte. Skrubberne flygter til de åbne kyster, hvor iltforholdene i vandet er bedre. De vender normalt ret hurtigt tilbage igen, når iltforholdene bliver bedre. Virkningen af iltsvind begrænser sig derfor typisk til en kortvarig nedgang i skrubbebestanden. Skrubben er ikke så kræsen i sit fødevalg, men spiser, hvad den kan finde. Den er derfor kun lidt påvirket af, at følsomme bunddyr forsvinder.



Rødspætte lever på havbunden og er derfor tilpasset et forholdsvis lavt iltindhold. Den er dog mere følsom end andre fladfisk som ising og skrubbe. Rødspættens søger ind på lavt vand, når iltindholdet falder. De søger væk, når det er helt galt. Rødspættens lever af orme og små krebsdyr som f.eks. hesterejer. Det er derfor disse bunddyrs sårbarhed over for iltsvind, der afgør, om der er føde tilbage til rødspættens. Rødspættens vender typisk senere tilbage end andre fladfisk efter et iltsvind.



Sild og brisling vandrer meget langt mellem forskellige områder i havet, hvor de spiser eller gyder. De svømmer ofte højt oppe i vandet, hvor der er færrest iltproblemer. Silden flygter hurtigt ud af områder med faldende iltindhold. De er derfor sjældent direkte påvirkede af et lavt indhold af ilt ved havbunden eller af omfattende iltsvind i større områder. Men fiskene ændrer deres vandringsmønster og undgår at svømme igennem vand med lavt iltindhold. Når dårlige iltforhold får fiskene til at opsøge andre områder, vil fiskeriet af vandrefisken og af de fisk, der spiser vandrefisken – f.eks. torskefisk – indirekte blive påvirket af iltsvind.



Ørreder er laksefisk, der sædvanligvis holder sig til lavvandede områder med højt iltindhold. De er meget følsomme og flygter derfor hurtigt væk, hvis de opholder sig i områder, hvor der opstår iltsvind. De bliver derfor sjældent ramt af iltsvind. Til gengæld kan iltsvind ramme ørrederens føde, som bl.a. består af de ret følsomme krebsdyr, og det kan ramme deres skjulesteder og spisekamre, der bl.a. er ålegræsområder.

Iltsvind og vandfugle

Vandfugle kan uden større anstrengelser flyve 50-75 km i løbet af en time. Bliver området, hvor de søger føde, ramt af et iltsvind, finder de altså relativt nemt et lignende område. Man oplever derfor ikke, at sensommerens iltsvind slår bestande af fugle ud på samme måde, som det sker med andre organismer.

På længere sigt påvirker iltsvind imidlertid fuglenes fødegrundlag. Fugle kan totalt forsvinde fra områder, hvor føden forsvinder pga. iltsvind. Og det kan vare måneder eller år, afhængig af hyppigheden af iltsvind og skadernes omfang, før fuglene vender tilbage i samme antal.

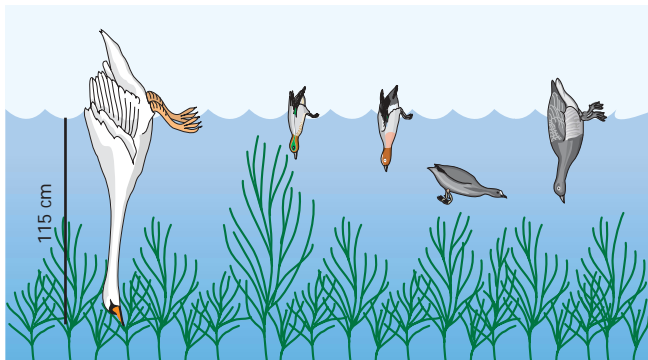
Da fuglene lever af forskellige fødeemner, og da der er forskel på, hvordan iltsvind påvirker denne føde, rammer iltsvindet de forskellige grupper af vandfugle forskelligt.

Vadefugle

Vadefuglene lever på sand- og mudderbanker, hvor de vader rundt for at finde føden, som består af slikkrebs, børsteorme, små muslinger og andre bunddyr. Selv de allermest langbenede vadefugle, storspoverne, finder aldrig deres føde på større vanddybder end 25 cm – og de mindste, rylerne, søger føde på blot 4-5 cm dybde. På så lavt vand er der så godt som aldrig iltsvind, og vadefuglene lever derfor ubekymret i forhold til iltsvind.

Græssende vandfugle

Græssende vandfugle lever af planter, der vokser på havbunden i lavvandede fjordområder. De æder især havgræsser, børstebladet vandaks, kransnålalger og ålegræs. Hovedparten af disse fugle dykker ikke, og de kan derfor kun nå deres føde på ret lavt vand (figur 3-22).



Figur 3-22

Der er forskel på, hvor langt planteædende vandfugle kan nå ned under overfladen. Knopsvanen, den mest langhalsede af dem alle, når 115 cm ned. Krikanden når blot 25 cm ned, pipeanden 31 cm og knortegåsen 40 cm. Da de længste planter sjældent er ret meget mere end 70-100 cm høje, kan de planteædende vandfugle kun finde føde på vanddybder mindre end 2 meter. Blishøns kan dykke efter de planter, de æder. Men de er ikke særligt effektive dykkere og søger for det meste deres føde på helt lavt vand.



Figur 3-23

Når de bundlevende alger laver fotosyntese, producerer de ilt, der danner bobler. Mange iltbobler kan løfte store stykker af algemåtter, der pludselig letter fra havbunden. Så har havbundens giftige svovlbrinte ofte fri adgang til vandet og de omkringstående planter.

Foto: Peter Bondo Christensen.

Da de store reduktioner i ålegræssets udbredelse ofte sker på større dybder, har det mindre betydning for de græssende vandfugle. Men i varme og stille somre kan iltsvind også forekomme i fjorde og vige på lavt vand, hvor det i høj grad påvirker fuglenes føde. Sådanne steder vil trådalger som krølhårstang og bladalger som søsalat ofte vokse sig store og dominere vegetationen. Når algernes fotosyntese er høj, danner de mange iltbobler, der pludselig kan få dem til at flyde op til overfladen (figur 3-23). På vejen river de andre bundplanter med, og ofte kommer der også svovlbrinte med op fra havbunden. Efter at være flydt op falder alger og bundplanter atter til bunden for derefter at gå i forrådnelse. Resultatet er, at man i varme somre ofte ser plamager af rådrende søsalat, trådalger og blomsterplanter i lavninger på lavt vand i fjordene. Plamagerne er ofte dækket af purpur-svovlbakterier, der farver dem lilla, og de rådrende planter og bunden lige under er en kilde til svovlbrinte på helt lavt vand (figur 3-24).

Selv om den slags kollaps ikke opstår pga. iltsvind, er mekanismerne og virkningerne på mange måder de samme, og baggrunden for de store forekomster af trådalger og bladalger er igen store mængder næringsstoffer.

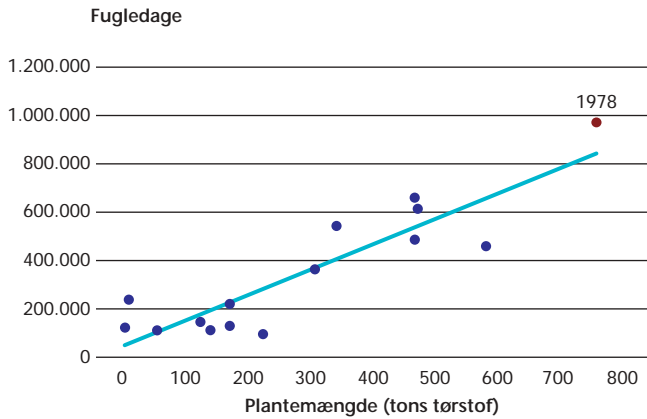
Det var sådanne hændelser, der var årsag til, at bundplanterne gik voldsomt tilbage på Tipper-grunden i Ringkøbing Fjord i årene 1979-1980. Faktisk forsvandt planterne stort set, og vandfuglene reagerede øjeblikkeligt på denne ændring.

Figur 3-24

Purpurfarvede svovlbakterier farver planterester lilla i lavvandede områder. Bakterierne laver fotosyntese og bruger den svovlbrinte, der er lige under de sammenskyllede planterester.

Foto: Nanna Rask, Fyns Amt.





Figur 3-25

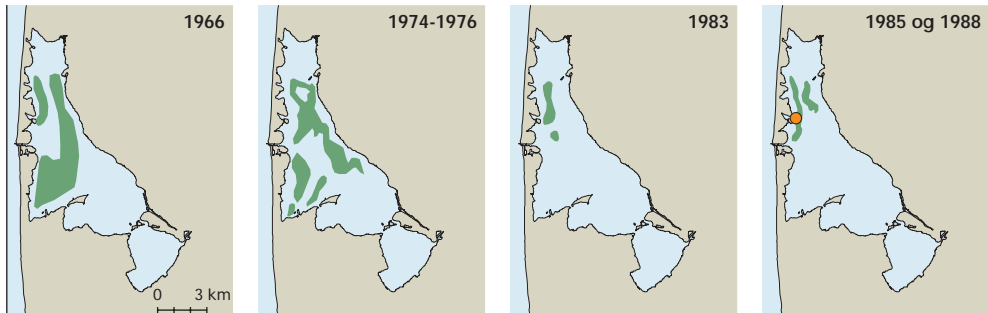
Sammenhængen mellem mængden af vandplanter (især børstebladet vandaks og havgræs) og antallet af planteædende vandfugle (pibeænder) på Tipper-grunden. Vandplanternes mængde er beregnet for hele Tipper-grunden. Fuglenes antal er udtrykt som antal fugledage. Denne enhed beskriver fuglenes samlede udnyttelse af et område. 300 fugle dagligt i 10 dage eller 3.000 fugle en enkelt dag giver eksempelvis begge 3.000 fugledage. I 1978, dvs. året før det første kollaps af bundplanterne, var der både flest bundplanter og det højeste antal fugledage.

I perioden 1973-1978 var der årligt mellem 7.200 og 22.700 blishøns på Tipperne, mens der i perioden 1980-1984 kun var 300 til 1.900 fugle. Antallet af knopsvaner faldt tilsvarende fra 1.200-2.500 fugle i 1973-1978 til 200-800 fugle i 1980-1984, og antallet af pibeænder blev mere end halveret. Samtidig holdt ænderne op med at søge deres føde på Tipperne og opholdt sig der kun om dagen, mens de søgte føde i det omkringliggende landskab om natten.

Det kan vare flere år, før planterne igen har etableret sig, og der igen er føde til fuglene efter sådanne kollaps. På Tipper-grunden har planterne f.eks. været i fremgang i to perioder, nemlig i 1984-1985 og i 1991-1995, men hver gang er der opstået et nyt kollaps.

Undersøgelser viser samtidig, at mængden af bundplanter på Tipper-grunden aldrig er nået op på de størrelser, der var før 1978. Plantemængden er bestemt gennem 14 somre, og kun i fire af dem var der mere end halvdelen af den mængde planter, man fandt før iltsvindet i 1978. Der er derfor færre fugle på Tipperne, da deres tilstedeværelse er bestemt af fødegrundlaget (figur 3-25).

Fuglene kan kun fordøje op til 40% af den energi, der er i bundplanterne. De må derfor æde meget og bruger mindst halvdelen af dagen på det. Er der for få planter, kan fuglene derfor ikke nå at indtage nok føde til at dække deres daglige behov. Så sulter de og søger nye græsgange i andre områder. En tommelfingerregel siger, at der er for få planter til, at vandfuglene kan udnytte dem, når der er under 10-20 g plantetørvægt pr. m².



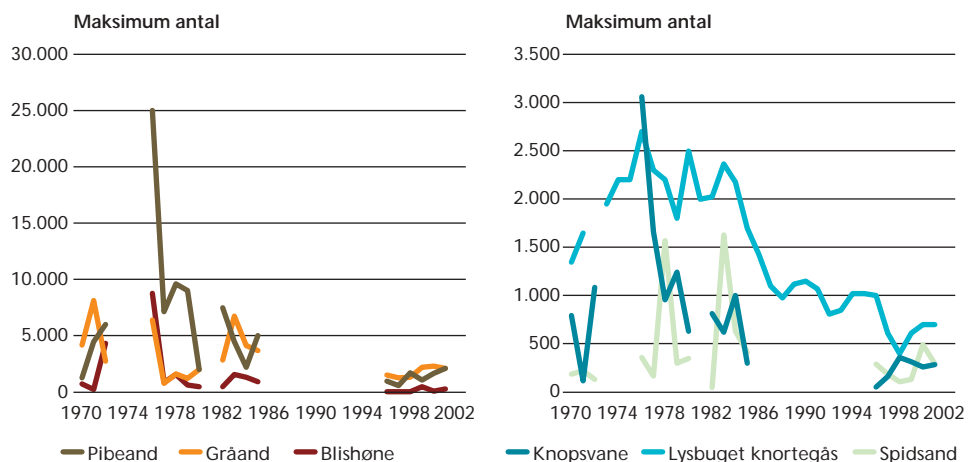
Figur 3-26

Udbredelsen af ålegræs i Nissum Fjord i 1966, 1974-1976, 1983, 1985 og 1988. I 1988 blev der blot fundet én plante i fjorden. Den er angivet med en orange prik.

Det var lige det, der skete i Nissum Fjord. Her var der i 1960'erne en meget stor ålegræsbevoksning på omkring 12 km². Den blev gradvist mindre i løbet af 1970'erne, og antallet af vandfugle, der græssede på bevoksningen, aftog markant (figur 3-26 og 3-27). I slutningen af 1980'erne forsvandt ålegræsset helt. Årsagen til fuglenes tilbagegang i området var helt klart fødemangel. I andre tilsvarende områder er den samlede bestand af de samme fuglearter nemlig steget kraftigt i perioden fra begyndelsen af 1970'erne til nu.

Figur 3-27

Antal lysbugede knortegæs og andre planteædende vandfugle ved Nissum Fjord de seneste 30 år. Kurverne viser årlige maksima (forår for lysbuget knortegås, efterår for øvrige arter). De brudte kurver skyldes, at der ikke er optællingsdata fra alle år.



Dykkende vandfugle

Dykkende vandfugle dykker ned under vandet for at søge føde. De kan opdeles i to grupper efter deres valg af føde. Én gruppe består af en række arter, der æder fisk, f.eks. lommer, lappedykkere, skarver og skalleslugere. Disse fugle påvirkes direkte af iltsvind, når deres byttedyr stikker af eller dør pga. iltsvind.

Den anden gruppe består af dykænder som f.eks. ederfugl, havlit, sortand og hvinand. De lever hovedsagelig af muslinger, snegle og andre bunddyr, der også er udsatte, når der opstår iltsvind ved havbunden (se side 40). De fleste arter af muslinger er godt nok relativt tolerante over for iltsvind og kan overleve iltkoncentrationer på mindre end 2 mg ilt pr. liter i længere perioder. Men alvorlige iltsvind kan reducere mængden af muslinger på de dybder, hvor dykænder holder til om vinteren. Specielt under isvintre, hvor isen tvinger fuglene til at søge føde på større vanddybder, end de er vant til.

Normalt søger havdykænder deres føde på steder, hvor der er mange muslinger. Det er der sjældent på det lave vand, og dykænderne må derfor søge deres føde på dybere vand. Men dykænderne bruger energi på at dykke, og jo dybere de skal ned, jo mere energi bruger de. De dykker derfor kun i det dybdeområde, hvor der er muslinger nok, og hvor det samtidig ikke koster for meget energi at hente dem op.

Generelt viser undersøgelser, at netop på de vanddybder er iltsvind sjældent kraftige og langvarige nok til at nedsætte mængden af muslinger.



Figur 3-28

Hvinand, der netop har dykket efter føde på havbunden.

Foto: Jan Skriver.



Figur 3-29

Store flokke af måger holdt festmåltid på døde fisk, der var blevet fanget i iltfrie vandmasser i Skive Fjord den 14. august 2003. Svovlbrinte, der er frigivet fra bunden bliver iltet til frit svovl i vandet, som farver vandet mælkevidt.

Foto: Limfjordsovervågningen.

Altædende vandfugle

En enkelt gruppe af vandfugle kan direkte lukrere på følgerne af iltsvind. Det er de omnivore vandfugle, dvs. fugle, der stort set æder alt.

Denne gruppe domineres af måger, som søger deres føde alt efter, hvor mulighederne byder sig. Når iltsvind fører til fiskedød og død blandt bunddyrene, holder mågerne festmåltid på et veldækket bord bestående af flygtende og døde dyr i den øverste del af vandsøjlen eller i strandkanten (figur 3-29).

Marsvin og iltsvind i Flensborg Fjord

Marsvin er den eneste hval, der ses i de danske havområder året rundt (figur 3-30). Ligesom andre hvaler indånder den luft og er derfor ikke afhængig af ilten i vandet som de fleste andre havdyr. De bliver derfor ikke direkte påvirkede af iltsvind. Men det gør en del af de fisk, marsvinet lever af.

Nogle af de vigtigste fisk på marsvinets spisekort er sild og brisling. De lever i de frie vandmasser og er derfor kun sjældent påvirkede af iltsvind (se boks 3-1). Men bundlevende fiskearter som torsk og kutlinger er også en del af marsvinets føde i visse områder og på visse årstider. Disse fisk flygter eller dør normalt under dårlige iltforhold, og dermed forsvinder marsvinets føde. Da man endnu ved meget lidt om, hvordan iltsvind påvirker fiskebestandene i Danmark, ved man endnu mindre om, hvad det betyder for havpattedyr som sæler og marsvin, der lever af fiskene.



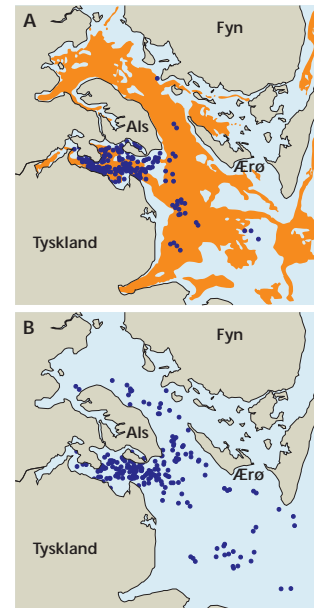
Figur 3-30
Marsvin i Flensborg Fjord.
Bemærk satellitsenderen på rygfinnen.

Foto: Jonas Teilmann.

For marsvinets vedkommende kan iagttagelser fra 2002 dog måske gøre os en smule klogere: Et voksent hunmarsvin, der bar en lille satellitsender på rygfinnen, opholdt sig i og omkring Flensborg Fjord syd for Als fra maj til november 2002, og ved hjælp af satellitsenderen var det muligt at følge dets bevægelser (figur 3-31). Marsvinet var også i fjorden under iltsvindet i perioderne fra 12. august til 3. oktober og fra 21. oktober til 7. november, hvor iltindholdet i bundvandet var mindre end 2 mg pr. liter. Det lave iltindhold så ikke ud til at bekymre marsvinet (figur 3-31). I begge perioder opholdt det sig nemlig omkring halvdelen af tiden i de områder, hvor iltsvindet var kraftigst – nemlig i de dybe dele af fjorden til trods for at disse områder udgør en forholdsvis lille del af fjorden.

Der var øjensynligt rigeligt med fisk tilbage i fjorden til marsvinet – måske oven i købet flere end normalt? I hvert fald brugte marsvinet et meget mindre område til at finde sin føde i under selve iltsvindet end i de perioder, hvor der ikke var iltsvind.

Det er nærliggende at gætte på, at iltsvindet gjorde det lettere for marsvinet at fange fisk. Måske fordi mange fisk blev jaget op i de frie vandmasser eller samlede sig i bestemte områder, hvor der trods alt var lidt mere ilt, eller måske fordi iltsvindet havde gjort fiskene sløvere og dermed nemmere at fange.



Figur 3-31
De blå prikker viser, hvor et marsvin med en satellitsender opholdt sig i Flensborg Fjord under iltsvindet (A) og hhv. før og efter iltsvindet i 2002 (B). Området ramt af iltsvind er angivet med orange farve.