Rødspætter og Isinger i Århus Bugt

Havmiljøets indflydelse på bestandene af rødspætte og ising i Århus Bugt

Resultater af fiskeriundersøgelser og vandmiljøundersøgelser
i Århus Bugt 1991-2002

Samarbejdsprojekt mellem DFU og Århus Amt

Christian A. Jensen*
Else Nielsen**
Anne Margrethe Wegeberg*

* Natur og Miljøkontoret, Århus Amt
**Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afd. for Havøkologi og Akvakultur

2005

Danmarks Fiskeriundersøgelser
Afdeling for Havfiskeri
Charlottenlund Slot
2920 Charlottenlund

ISBN: 87-90968-81-6 DFU-Rapport 148-05

Sammendrag

I perioden 1991 til 2002 har Århus Amt og Danmarks Fiskeriundersøgelser (DFU) samarbejdet om en undersøgelse af fiskefaunaen i Århus Bugt. I samme periode har Århus Amt i forbindelse med det Nationale Overvågningsprogram NOVA-2003 foretaget indsamling af en række miljødata fra Århus Bugt.
I undersøgelsen er der både set på yngel (0-grupper) og voksne fisk.
Formålet med denne undersøgelse er at koble miljødata og fiskedata for at identificere hvilke miljøfaktorer, som har betydning for fiskefaunaen i Århus Bugt.
Data som ligger udenfor perioden 1991-2002 er hvis muligt inddraget. Fiskedata er primært ising (*Limanda limanda*) og rødspætte (*Pleuronectes platessa*). Øvrige arter er inddraget i det omfang de er relevante.
Yngelundersøgelserne finder sted i det kystnære vand på 0-3 m dybde, medens voksenbestand togterne fisker på dybere vand >6 m.
Resultatet af yngelundersøgelserne viste en stigning i 0-gruppe rødspættetætheden med en faktor 3 fra 1960'erne til 1990'erne. Stigningen er sket samtidig med en stigning af næringssaalte og der er en signifikant positiv sammenhæng mellem de to faktorer. Middelantal arter og diversiteten er steget igennem 1990'erne.
Der er blandt andet set fjæsing, hvarrer og tunger (0-grupper) i fangsterne på dybder <3 m i slutningen af 1990'erne. Tætheden af tunger er relateret til vinden i maj-juni, således at vinden er en medvirkende årsag til, at de kommer ind i bugten, men intet tyder på, at de bliver.

For de voksne fisk er det set, mere varmetilpasset arter optræder i fangsterne fra slutningen af 1990'erne. Diversiteten og middelantallet er steget signifikant fra 1991-1996 til 1997-2002. Totalfangsterne er gået kraftigt tilbage fra 1991 til 2002. Isingefangsterne er blevet halveret fra første halvdel af 1990'erne til anden halvdel af 1990'erne, og rødspættefangsterne er aftaget svagt. Iltsvindet driver rødspætterne imod øst og isingerne imod syd i Århus Bugt, og det ser ud til, at isingefangsten og rødspættefangsten er relateret til iltmængden som en polynomium.

En reduktion af bundfaunaen og en halvering af *Abra alba* fra 1996 synes at påvirke såvel ising som rødspætte. Nedgangen i isingetætheden synes at være relateret til *Abra alba*, og rødspætte middellængden synes relateret til *Abra alba*. En stigning i dage med iltsvind er også med til at reducere rødspætte middellængden. Isinge middellængden er øget fra 1991-1996 til 1997-2002. Årsagen synes at være tiltagende iltmangel og lav isingetæthed samt temperaturen.
Middellængde er i første halvdel af 1990'erne signifikant lavere end de sene 1990'ere hos isingerne.

Indholdsfortegnelse

1 Baggrund og formål 6
2 Datagrundlag 7
2.1 Hydrografi og vandkemi og vind 7
2.2 Plante- og dyreplankton 8
2.3 Bundfauna 8
2.4 Fiskedata 0-grupper 8
2.5 Fiskedata voksne fisk 8
3 Udviklingen i vandmiljøet i Århus Bugt 1970'erne til 2002 10
3.1 Hydrografi 10
3.2 Afstrømning 11
3.3 Kvælstof 11
3.4 Fosfor 12
3.5 Primærproduktion og planteplankton 12
3.6 Ilt 14
3.7 Bundfauna 14
3.8 Fisk 15
4 Generelt om rødspætter og isinger i æg- og larvestadiet (temperatur, saltholdighed, fødegrundlag) 17
4.1 Rødspætte æg- og larvestadie 17
4.2 Ising æg- og larvestadie 17
4.3 Forekomst af æg og larver og 0-grupper (rødspætte) 18
5 Yngelundersøgelser 19
5.1 Artssammensætning i yngeltrawl 19
5.2 Tæthed af rødspætter og andre arter i Århus Bugt 19
5.3 Diversitet før og nu 22
5.4 Diversitet og ydre faktorer 24
5.5 0-gruppe rødspætte i Århus Bugt 26
5.5.1 0-gruppe rødspætter, temperatur og saltholdighed 26
5.5.2 Sammenhæng imellem 0-gruppe rødspætter og plankton 27
5.5.3 Gatfinnestråler hos 0-gruppe rødspætte 31
5.5.4 Historiske data 33
5.5.5 Gatfinnestråleantal og saltholdighed 34
5.5.6 Tæthed af 0-gruppe rødspætter og antal gatfinnestråler 35
5.5.7 Sammenhæng mellem Århus Bugt rødspætteyngel og Kattegat rødspætteyngel 36
5.5.8 Vind og tilførsel af yngel 36
5.5.8.1 Tunger 36
5.5.8.2 Rødspætter 38
5.5.9 Sammenhæng mellem 0-gruppe rødspætter og 1-gruppe rødspætter i november 39
5.6 Den geografiske og tidslige fordeling af 0-gruppe fladfisk i Århus Bugt 40
5.6.1 Geografisk variation 41
5.6.1.1 Rødspætte 41
5.6.1.2 Skrubbe 42
5.6.1.3 Tunge 42
5.6.1.4 Slethvarre 42
5.6.2 Sedimentforhold og prædation 42
5.6.3 Vækst af fladfiskeyngel: Tidslig og geografisk variation 44

5.6.4 Føde: Geografisk variation 46
5.6.4.1 Rødspætte 46
5.6.4.2 Skrubbe 47
5.6.4.3 Slethvarre 48
5.6.4.4 Tunge 48
6 Fangst og artssammensætning på vanddybder >10 meter 50
6.1 Artssammensætning fordelt efter vægt 50
6.2 Artssammensætning fordelt på antal 51
6.3 Diversitet 53
6.4 Diversitet og ydre faktorer 55
6.5 Geografisk fordeling af fladfisk i Århus Bugt i perioderne 1953-62, 1982-85 og 1991-2002 56
6.5.1 Ising 57
6.5.2 Rødspætte 57
6.5.3 Skrubbe 58
6.5.4 Håising 59
6.5.5 Slet- og pighvarre 59
6.6 Iltsvind og fangst af rødspætte og ising 60
6.7 Alderssammensætning 62
6.7.1 Rødspætte 62
6.7.2 Ising 63
6.8 Middellængde og vækst af rødspætter og isinger i Århus Bugt 64
6.8.1 Rødspætte 64
6.8.2 Ising 66
6.9 Miljøfaktorer og vækst af rødspætte og ising i Århus Bugt 68
6.9.1 Rødspætte 68
6.9.2 Ising 69
6.9.3 Årlig tilvækst hos rødspætter og isinger 71
6.10 Bundfauna og fødegrundlag for ising og rødspætte 72
6.10.1 Bundfauna 72
6.10.2 Fiskeføde 72
7 Diskussion 76
7.1 Rødspætte: æg og larver 76
7.1.1 Saltholdighed og temperatur 76
7.1.2 Føde i larvestadiet 77
7.1.3 Relation til andre bestande 77
7.1.4 Rødspætterekruttering til voksenbestanden 78
7.1.5 Vindens indflydelse på rødspætte- og tungetætheden 78
7.1.6 Den geografiske fordeling af 0-gruppe rødspætter 78
7.2 Rødspætter og isinger på vanddybder >10 m 80
7.2.1 Diversitet 80
7.2.2 Fangster 80
7.2.3 Iltsvind og fangst af ising og rødspætte 81
7.2.4 Ændringer i bundfauna og tætheden af ising og rødspætte på vanddybder > 10 meter 82
7.2.5 Aldersfordeling 82
7.2.6 Ændringer i vækst af rødspætte og ising 83
8 Sammenfatning 85
8.1 Kystzonen 85
8.2 Vanddybder > 10 meter 85

9 Referencer 87

Trawlet hales ombord på Havfisken, Århus Bugt 2000.

1 Baggrund og formål

I perioden 1991 til 2002 har Århus Amt og Danmarks Fiskeriundersøgelser (DFU) samarbejdet om en undersøgelse af fiskefaunaen i Århus Bugt. Fiskeundersøgelserne omfatter både yngelundersøgelser (0-gruppe fisk) og undersøgelse af bestande af voksne fisk. I samme periode har Århus Amt i forbindelse med det Nationale Overvågningsprogram NOVA-2003 foretaget indsamling af en række miljødata fra Århus Bugt.
Resultaterne af disse parallelle undersøgelser viser, at der for en række parametre er sket en tidslig udvikling, samt at visse parametre udviser en stor år til år variation (Århus Amt, 1999a, 2003).

Formålet med denne rapport er at undersøge miljødata, og hvordan miljøfaktorer kan have betydning for udviklingen af fiskefaunaen i Århus Bugt.
Data fra undersøgelser, som ligger uden for perioden 1991-2002, er inddraget i det omfang det er muligt. Fiskedata tager primært udgangspunkt i arterne ising (*Limanda limanda*) og rødspætte (*Pleuronectes platessa*). Data fra øvrige arter er inddraget i det omfang de er relevante.
Dataanalyserne er opdelt på fiskedata fra yngelundersøgelserne og undersøgelse af voksen fisk.

Yngelundersøgelser i kystzonen (0-gruppe fisk) og miljødata er koblet til følgende temaer:

1. Kan der påvises en udvikling i artsdiversiteten for fiskefaunaen i kystzonen, og hvilke miljøfaktorer har betydning herfor?
2. Kan år til år variationen i årgangsstyrken af 0-gr. rødspætte kobles til svingninger i temperatur, saltholdighed, plankton og hydrografi?
3. Kan de hydrografiske forhold forklare variationer i meristiske karakterer som antallet af gatfinnestråler hos rødspætte og dermed tilhørsforholdet til Kattegatbestanden henholdsvis Bælthavsbestanden?

Afsnittet om yngelundersøgelserne er ligeledes en status over undersøgelser om fladfiskeynglens geografiske, tidslige samt fødemæssige grundlag i Århus Bugt.

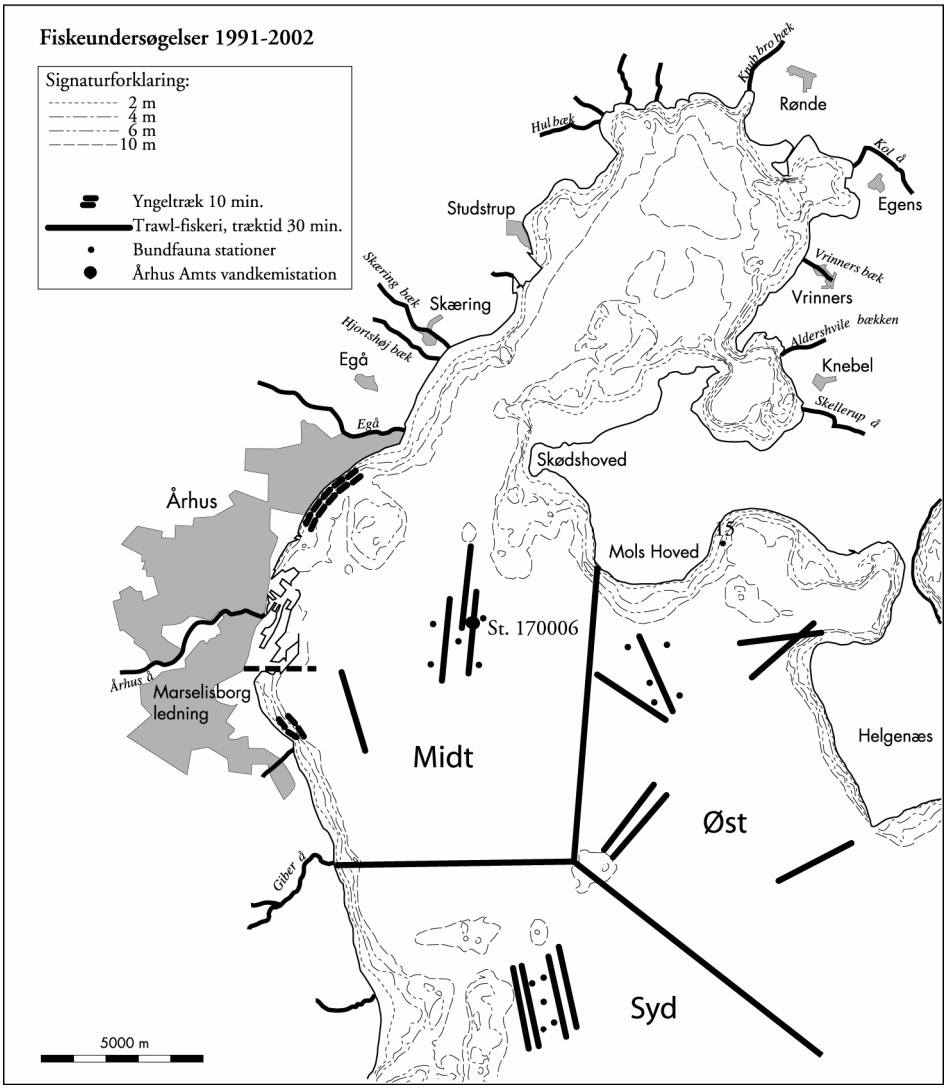
Fiskedata for voksen fisk (Århus Bugt vanddybde > 10 m) og miljødata er koblet til følgende temaer:

1. Kan der påvises en kobling mellem iltsvind og fordelingen af bundlevende fisk i Århus Bugt?
2. Kan ændringer i bundfaunasammensætningen kobles til udviklingen i fiskefaunaen?
3. Kan ændringer i bundvandets temperatur og iltindhold kobles til væksten hos ising og rødspætte?

Denne rapport er et første skridt i de dataanalyser som kan medvirke til at identificere koblinger mellem ændringer i miljøet i Århus Bugt og ændringer i fiskefaunaen. Såfremt sådanne koblinger kan påvises, vil der i en efterfølgende fase blive foretaget en mere dybtgående analyse til forståelse af årsagssammenhængene.

2 Datagrundlag

Vandmiljødata er i perioden 1990-2003 indsamlet af Århus Amt i en kombination af NOVA og et regionalt program. I figur 2.1-1 er vist den geografiske placering af stationerne for vandkemi, bundfauna samt fiskestationerne.



Figur 2.1-1 Århus Bugt med placering af stationer for vandkemi, bundfauna og fiskeri.

2.1 Hydrografi og vandkemi og vind

I perioden 1990-2002 er der tilvejebragt ugentlige dataserier (station 170006) med profilmålinger af saltindhold, temperatur, ilt og fluorescens med 20 cm intervaller fra overflade til bund (0 til 17 m) (Århus Amt, 2003).
Belastningsdata med transporten af kvælstof og fosfor til Århus Bugt i perioden 1990 til 2002 er ligeledes anvendt.
Vinddata fra DMI er tilgængeligt for perioden 1961-2000. Vinddata er fra Gniben.

2.2 Plante- og dyreplankton

Indsamlinger er foretaget med 14 dages mellemrum igennem hele året i perioden 1990-2002 (station 170006). Der foreligger planktondata (antal/l) fordelt på arter, såvel plante- som dyreplankton (Århus Amt, 2003).

2.3 Bundfauna

I undersøgelsesperioden er der indsamlet bundprøver på 14 stationer fordelt på 3 områder i Århus Bugt (se figur 2.1-1). På hver station er der udtaget 10 'haps' prøver til bestemmelse af artsantal, individantal og biomasse (g tørvægt) pr. m^2. Indsamlingerne fandt sted i oktober måned.

2.4 Fiskedata 0-grupper

Yngeltogter efter fladfisk har fundet sted fra 1991 til 2002. 1996 datasættet er udeladt, idet trækkene ikke er repræsentative pga. masseforekomst af gopler.
Tidsserien kan føres tilbage til 1957. Antal træk taget i perioden 1991-2002 fremgår af tabel 2.5-1. Disse togter fandt sted i de kystnære områder mellem 1,5-3,5 m dybde i områder med sandbund og uden sammenhængende vegetation. Trawlen er en Johansen yngeltrawl (Nielsen et al., 1998). Alle træk var 10 min. træk svarende til 300 meter. Yngeltogterne foregik i juli-august, med undtagelse af 2000, hvor der også er træk fra september.
Art og antal blev opgjort og enkeltfisk målt. Rødspætter blev konserveret i alkohol for senere tælling af gatfinnestråler. I 1999, 2000, 2001 og 2002 er undersøgelsen udført af Århus Amt.
I 2000 blev der foretaget en større tidslig og geografisk kortlægning af 0-gruppe fladfisks fordeling i Århus Bugten. Antal træk fremgår af tabel 2.5-1.
Historiske 0-gruppe data: Yngeltogter efter 0-gruppe rødspætter fandt sted fra 1950'erne. Sammenlignelige data fra Århus Bugt findes fra 1959-67 og 1982-83. Antal træk kan ses af tabel 2.5-2.
Det er ikke brugt samme skib i hele perioden.

2.5 Fiskedata voksne fisk

Årlige togter er gennemført fra 1991-2002. Redskabet er en torsketrawl (Århus Amt, 1999b). Trawltiden er ½ time på udvalgte lokaliteter (se figur 2.1-1) i oktober-november. Antal træk fremgår af tabel 2.5-1.

År	Torsketrawl (antal træk)	Yngeltrawl (antal træk)
1991	7	8
1992	12	9
1993	14	10
1994	17	9
1995	14	6
1996	14	
1997	11	18
1998	15	19
1999	17	24
2000	13	11
2001	14	9
2002	13	9

Tabel 2.5-1 Århus Bugt 1991-2002. Antal trawltræk pr. år fordelt på torske- og yngeltrawl

År	Torsketrawl (antal træk)	Yngeltrawl (antal træk)
1953	4	
1954	4	
1955	4	
1956	4	
1957	4	
1958	4	
1959	4	10
1960	1	7
1961		6
1962	11	4
1963	2	4
1964		4
1965		3
1966		4
1967		4
1982	4	
1983	8	

Tabel 2.5-2 Århus Bugt 1953-1983. Antal træk pr. år (Historiske data)

Fangsten er opsorteret på arter. Antal og vægt findes for hver art. Alders- og længdefordelingen for rødspætter og isinger er fra 1991-2002. Fiskene er blevet kønsbestemt fra 1993. Rødspætter og isinger blev vejet, kønsbestemt og målt individuelt fra 1998. Øresten er udtaget og brugt til aldersaflæsning.
Der blev udtaget og udsorteret maveprøver fra 548 isinger i perioden 1991-93 og fra 174 rødspætter i perioden 1992-93.

I tabel 2.5-2 er vist en oversigt over antallet af trawltræk, som er foretaget før 1991. Da redskabet og fangstmetoder er tilsvarende undersøgelsen i perioden 1991-2002, er data umiddelbart sammenlignelige i det omfang, at fangsterne er opsorteret efter samme metode.
Dette gælder for yngelsurvey. For novembertogterne kan kun data for rødspætte og ising anvendes.

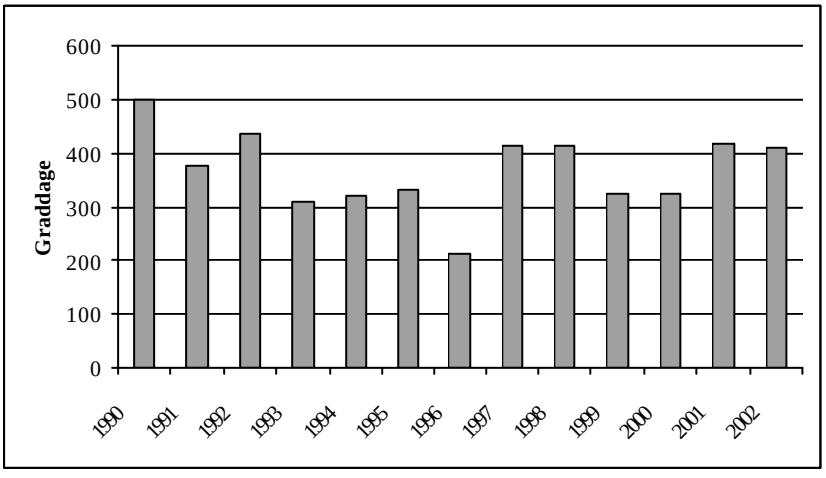
3 Udviklingen i vandmiljøet i Århus Bugt 1970'erne til 2002

3.1 Hydrografi

Århus Bugt og Kalø Vig har et samlet vandareal på 315 km², heraf ligger 97 km² på vanddybder mindre end 6 meter.
I Århus Bugt stiger vanddybden jævnt til 10 m's dybde i en afstand af 0,5-1 km fra kysten. Vanddybden er i størstedelen af området 12-15 m. Undtagelser er området omkring Helgenæs med dybder på 20-50 m, Norsminde Flak med dybder på 5-10 m og Ryes Flak med dybder på 4-10 m. Den gennemsnitlige vanddybde er 13,6 m.

I Kalø Vig forekommer store lavvandede områder, især i den østlige del (Egens Vig og Skødshoved Flak). De største vanddybder i Kalø Vig findes i mundingen til Århus Bugt med dybder op til 25 m. Den gennemsnitlige vanddybde er 7,3 m. Vanddybden har betydning for hvilke fiskearter som naturligt vil opsøge bugten. Variationen i vanddybden har betydning for fordelingen af fiskearter og aldersklasser inden for den enkelte art (Århus Amt, 1999b). De lavvandede områder som udgør næsten 100 km² betyder, at Århus Bugt rummer opvækstområder for en række arter af fladfisk.

Hydrografiske undersøgelser har vist, at vandmasserne i området er lagdelte størstedelen af året med en springlagsdannelse i dybdeintervallet 6-10 meter. Opblandede forhold forekommer specielt i efterårs- og vinterperioden, men er også registreret i den øvrige del af året som følge af kraftig vind og forskydninger af springlaget. Saltholdigheden i overfladelaget varierer i årets løb mellem 18-25 promille og i bundlaget mellem 25-30 promille. Variationer i saltholdigheden betyder, at vandmasser med forskellig geografisk oprindelse vil være i stand til at transportere æg og larver ind i bugter fra gydebestande, som ligger langt fra Århus Bugt. Lagdelingen af vandmasserne betyder, at der er væsentlige forskelle i livsbetingelserne for de fiskearter, som lever i det pelagiske system, og de arter som lever i det bentiske system.
Temperaturen varierer i årets løb og fra år til år. Bundvandets varmeenergi i forårsmånederne februar, marts og april udtrykt som antal graddage (graddage = temperatur i * antal dage med temperatur i) er vist i figur 3.1-1.



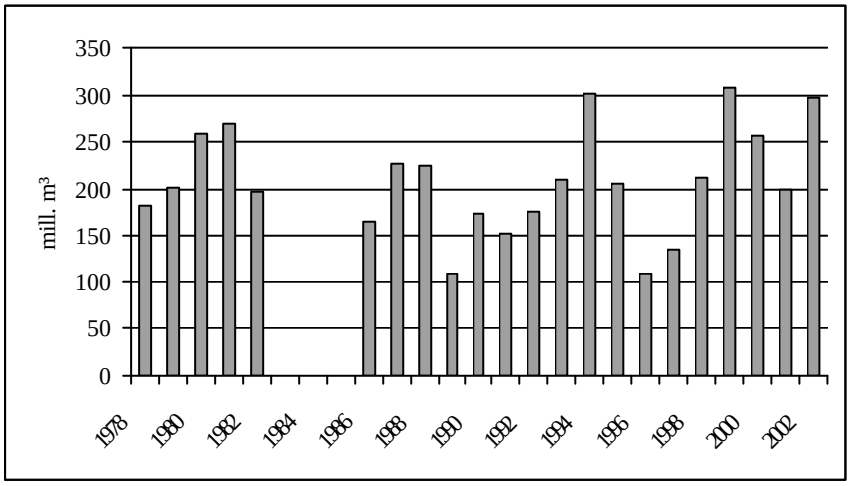
Figur 3.1-1 Antal graddage i bundvandet i Århus Bugt (st. 170006) som sum for månederne februar, marts og april 1990-2002.

Bundvandets temperatur er afgørende for en række kemiske og biologiske processer, herunder modning af æg og udvikling af fiskelarver. 1990 var med 500 graddage et usædvanligt varmt forår medens 1996 var et usædvanligt koldt forår med kun 210 graddage.

Vandskiftet i Århus Bugt er betinget af en kombination med strømme skabt af de meteorologiske forhold og de periodisk svingende tidevandsstrømme. Vandstandsforskellen er dog lille, idet den typisk varierer inden for intervallet 20-50 cm.
Beregninger af vandskiftet i området har vist, at vandets gennemsnitlige opholdstid er meget kort, omkring 12 døgn (Århus Kommune og Århus Amtskommune, 1980). Der er dog ikke tale om, at vandet udskiftes totalt, men at det bevæger sig frem og tilbage i området i forbindelse med forskydninger af springlaget forårsaget af de meteorologiske forhold. Undersøgelser af den dynamiske hydrografi i Århus Bugt har vist, at vandmasserne hyppigst transporteres over afstande på 2-5 km og kun sjældent over 30 km (Christiansen et al. 1994).

3.2 Afstrømning

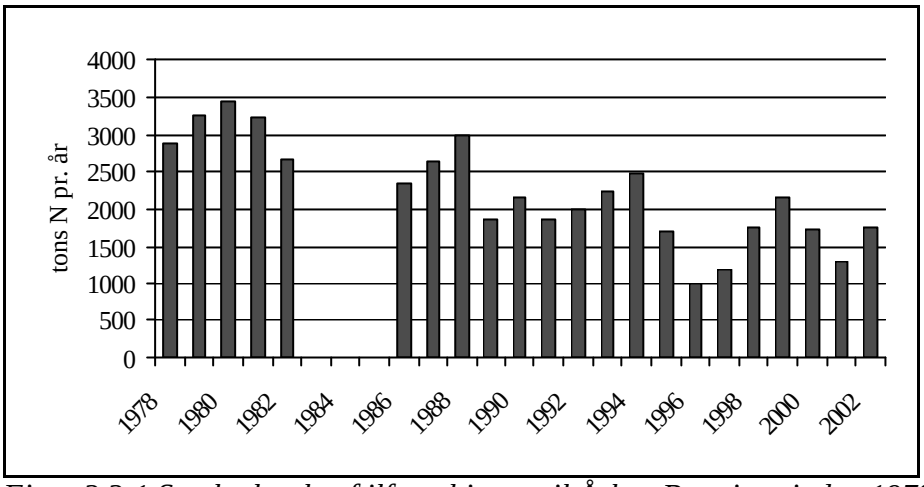
Ferskvandstilførslen til Århus Bugt var i perioden 1978-2002 som årsgennemsnit 200 mill. m³ fra et afstrømningsområde på ca. 660 km². Afstrømningen medfører transport af næringsstoffer til Århus Bugt, hvoraf transporten af især kvælstof er relateret til det enkelte års afstrømning.
Vandløbssystemer som Århus Å og Giber Å betyder, at der er livsbetingelser for fiskearter, som er afhængige af både fersk og marint vand.
År til år variationen i ferskvandsafstrømningen er vist i figur 3.2-1. I perioden er der registreret ekstreme år med ± 50% afvigelse fra middel med våde år i 1980-81, 1994, 1999 og 2002 og tørre år i 1989, 1996 og 1997.



Figur 3.2-1 Ferskvandstilførslen i mill. m³ pr. år til Århus Bugt i perioden 1978-2002. Perioden 1983-85 er ikke målt.

3.3 Kvælstof

Den samlede kvælstoftilførsel til Århus Bugt fra land og atmosfæren har i perioden 1978 til 2002 vist en signifikant faldende tendens. Reduktionen i tilførslen af kvælstof skyldes både den forbedrede spildevandsrensning fra 1989 og en reduktion i landbrugsbidraget (figur 3.3-1). Tilførslen i 1980'erne var fra 2340-3440 tons og faldt i 1990'erne til 2500 tons, hvor de tørre år i 1996-97 gav den laveste kvælstoftilførsel på 965-1164 tons.

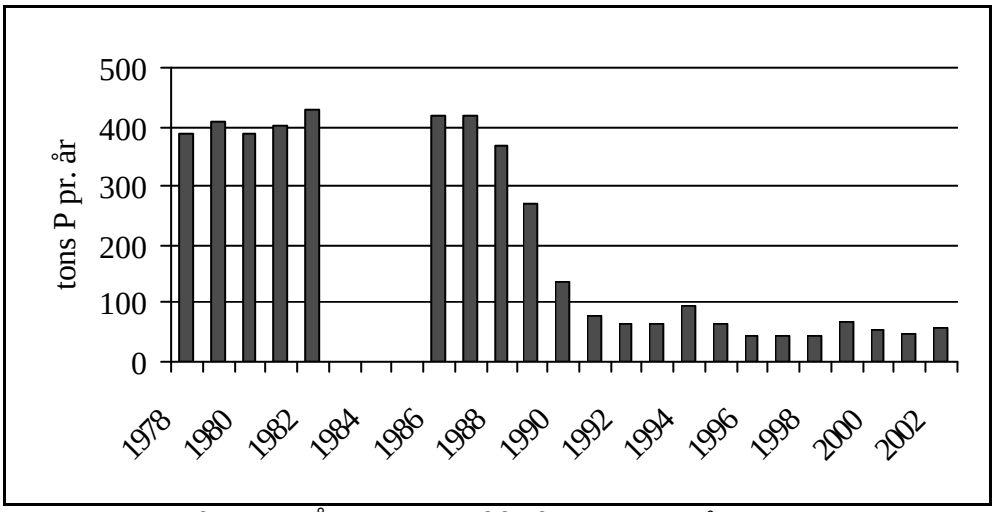


Figur 3.3-1 Samlet kvælstoftilførsel i tons til Århus Bugt i perioden 1978-2002.

Vandmiljøplanens mål om en 50% reduktion af kvælstofudledningen var ikke opfyldt i 2002. Faldet i kvælstofbelastningen afspejler sig ikke i en tilsvarende reduktion i kvælstof-koncentrationerne i Århus Bugten. Der er således ingen signifikante ændringer i koncentrationen af total-kvælstof i perioden 1989-2002.

3.4 Fosfor

Tilførslen af fosfor fra land og atmosfæren har som for kvælstof vist en signifikant faldende tendens i perioden 1978-2002 (figur 3.4-1). I 1980'erne var tilførslen 368-430 tons, men den faldt fra 1991 og fremefter, som følge af forbedret spildevandsrensning, til 43-92 tons. Vandmiljøplanens krav om en 80% reduktion af fosfortilførslen har siden 1991 været opfyldt.

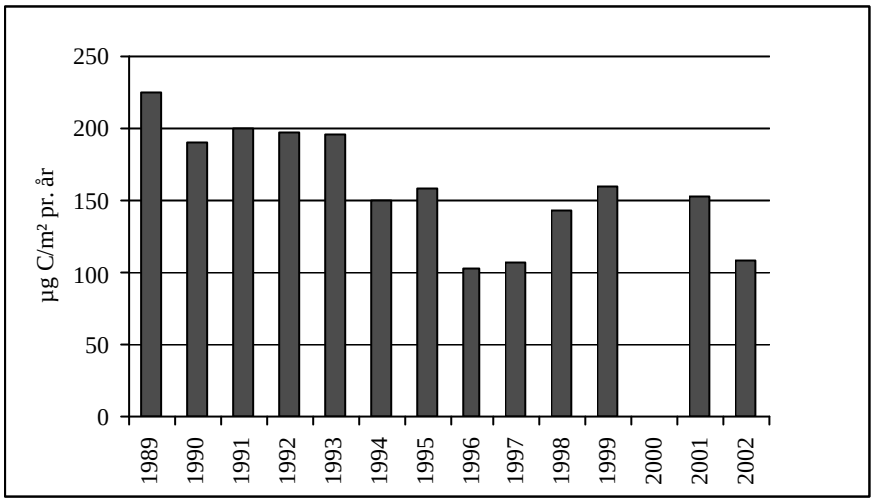


Figur 3.4-1 Tilførsel til Århus Bugt af fosfor i tons pr. år i perioden 1978-2002. Perioden 1983-85 er ikke opgjort.

3.5 Primærproduktion og planteplankton

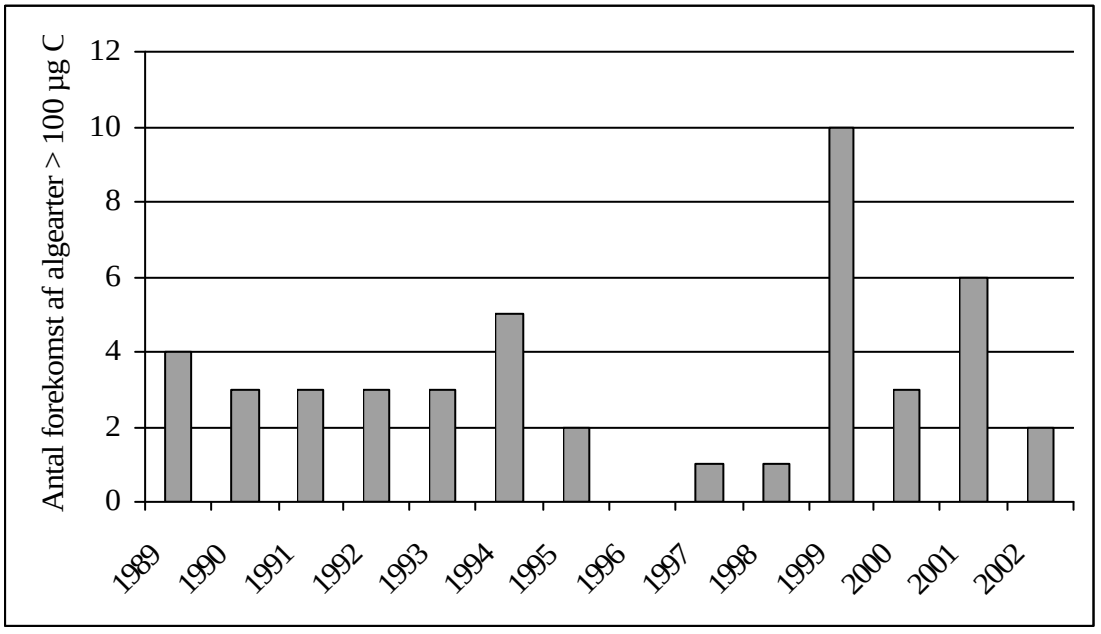
Den højeste årsproduktion blev registreret i 1989 (278 g C pr. m²), og årsproduktionen faldt herefter til 108 g C pr. m² og 114 g C pr. m² i hhv. 1996 og 1997 som følge af et fald i næringssalttilførslen som konsekvens af ringe nedbør, se figur 3.5-1. I 1998-1999 steg årsproduktionen til 141-165 g C pr. m². Primærproduktionen var signifikant faldende for hele perioden 1987-2002. Primærproduktionen er grundlaget for den fødekæde, som i sidste ende er livsgrundlaget for

fiskene. I det pelagiske system er det specielt i fiskens larvestadium afgørende, at føden er til stede med den rette timing. Primærproduktionen og koblingen til dyreplankton, dennes artssammensætning og dermed fødens kvalitet er ligeledes vigtige faktorer for overlevelsen af fiskelarver.



Figur 3.5 -1 Tidsvægtet årsgennemsnit af primærproduktionen i perioden 1989-2002 på st. 170006 i Århus Bugt ud for Mols Hoved.

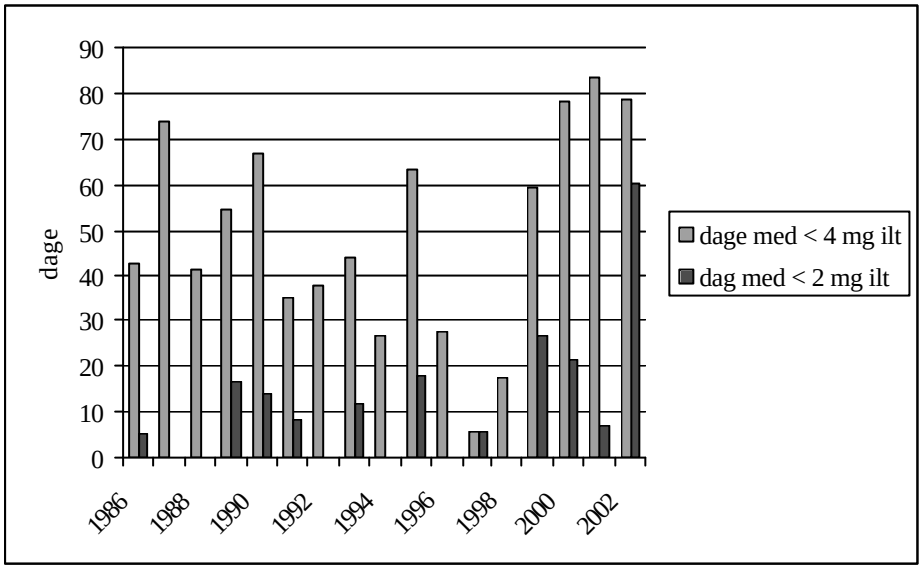
I perioden fra 1987 til 1996 skete der et signifikant fald i klorofylkoncentrationen fra et årsgennemsnit på 4,9 µg pr. l til 1,6 µg pr. l. I de efterfølgende år steg koncentrationen igen til et årsgennemsnit på op til 5,0 µg pr. l pga. større tilførsler af næringssalte. Set over hele perioden 1987-2002 ses ingen signifikant udvikling i koncentrationen af klorofyl.
Der har i perioden været årlige masseopblomstringer af en række planktonalger. Disse opblomstringer sker< primært i sommer- og efterårsmånederne. I figur 3.5-2 er vist hyppigheden af opblomstringer med en biomasse større end 100 µg C/l. I 1990 og 1997 var der masseforekomst af den for bunddyrene giftige alge *Gyrodinium aureolum* (*Karenia mikomotoi*) (Århus Amt, 2003).



Figur 3.5-2 Masseforekomst af algearter med en biomasse > 100 µg C/l i perioden 1989-2002

3.6 Ilt

Der er registreret et signifikant fald både i den minimale og den gennemsnitlige iltkoncentration i sensommeren i perioden 1986-2002. I figur 3.6-1 er vist varigheden i dage med iltsvind med iltkoncentrationer mindre end 4 og 2 mg pr. l. Iltsvind har en direkte og en indirekte betydning for især bundlevende fiskearter. Under iltsvind flygter fiskene til områder med bedre iltforhold. Dør bunddyrene som følge af iltsvindet forsvinder fødegrundlaget for fiskene, og livsvilkårene forringes i en periode væsentligt.



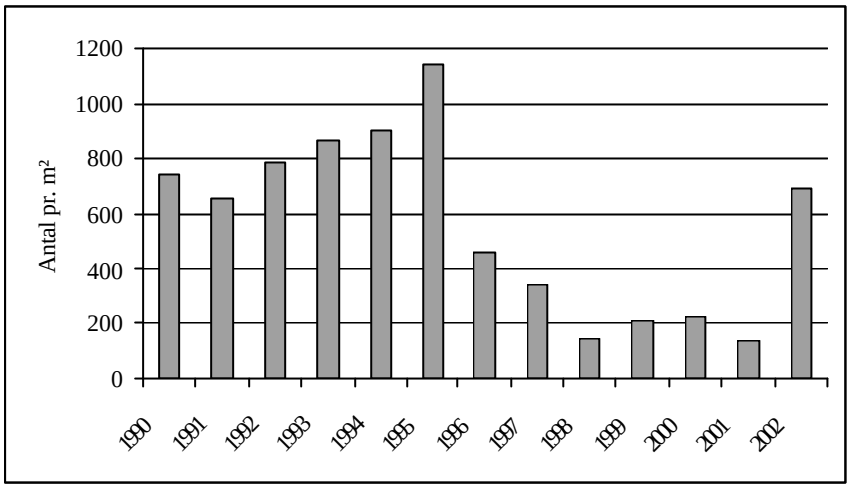
Figur 3.6-1 Antal dage med iltsvind i Århus Bugt i perioden 1986-2002

I de fleste år har næringssalttilførslen og primærproduktionen været så stor, at det hovedsageligt har været vejret i sommerperioden, der har været bestemmende for iltsvindets udbredelse. Kun i de meget tørre år 1996 og 1997 var tilførslen af næringssalte og primærproduktionen så lav, at det gode sommervejr ikke medførte langvarige iltsvind i Århus Bugt.
I 1999-2002 var der større primærproduktion igen, og resultatet var meget kraftige iltsvind, hvoraf iltsvindet i 2002 blev det hidtil kraftigste (Århus Amt, 2003).

3.7 Bundfauna

Bundfaunaen er fødegrundlaget for en række fiskearter. En række fiskearter er selektive i fødevalget og derfor mere afhængige af tilstedeværelsen af specielle arter.
Bundfaunabiomassen har været meget stabil indtil 1997, dog med de undtagelser at biomassen i 1994 var ca. det dobbelte af perioden 1990-93 og at bundfaunaen i Århus Bugt i 1997-99 var lavere end normalt, hvilket skyldes en kombination af ringe afstrømning fra land i perioden medio 1995 til medio 1997, forekomst af den giftige alge *Gyrodinium aureolum* i september 1997 og et kraftigt iltsvind i Århus Bugt og Kalø Vig i 1999. Bundfaunaen i Århus Bugt viser en generel sammenhæng med tilledningen til området af kvælstof, idet maksima i forekomst af bunddyr registreres med en tidsforsinkelse på 1 år i forhold til maksima i kvælstoftilførslen. Sammenhængen skyldes især iltsvindshændelser i år med stor afstrømning og efterfølgende høje individantal i forbindelse med rekoloniseringen af de iltsvindsramte områder.
En af de vigtigste arter, der tjener som fiskeføde, og som udgør 90% af rødspætte- og 50% af isingføden, er muslingen Hvid Pebermusling (*Abra alba*) (Århus Amt, 1999b).

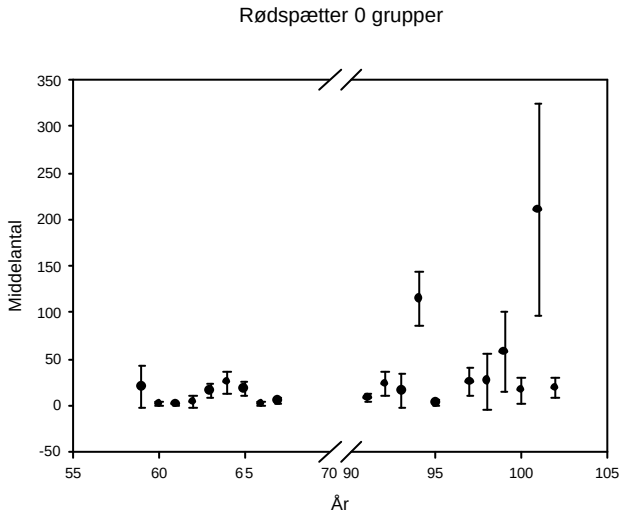
Udviklingen i forekomsten af *Abra alba* viser i figur 3.7-1, at der i 1996/97 også for denne art skete en kraftig reduktion i antallet. Dette niveau har holdt sig frem til 2002.



Figur 3.7-1 Gennemsnitligt antal Abra alba pr. m² i Århus Bugt (3 områder: midt, syd og øst) i perioden 1990-2002.

3.8 Fisk

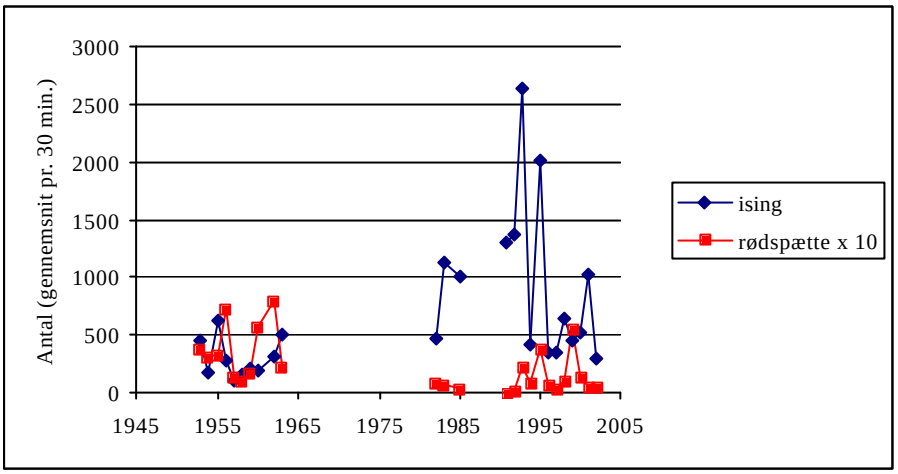
De lavvandede områder i Århus Bugt tjener som opvækstområder for en række fladfiskearter som rødspætte, skrubbe, tunge og hvarre. Udviklingen i bestanden af rødspætte og ising er vist i figur 3.8-1 for yngel (0-gr.) af rødspætte på vanddybder fra 1-3 meter, og for voksne fisk af ising og rødspætter på vanddybder > 10 meter i figur 3.8-2.



Figur 3.8-1 Udviklingen i tætheden af rødspætte gr. 0 i perioden 1959-2002 i august nord for Århus på vanddybder 1-3 meter. Middelantal pr 10 min træk + - stddev.

Middeltætheden af 0-gr. rødspætter er i fra 1959-67 til 1991-2002 steget fra et gennemsnit på 10,25 til 35,01. Variationen inden for perioderne er ligeledes forskellig, hvor standardafvigelsen er steget fra 14,22 til 63,24. Perioden 1991-2002 udviser således store år til år variationer. Beregnes en middelværdi uden år 1994 og 2001 fås 15,23, og standardafvigelsen er 18,72, så selv om de to store årgange udtages, er middelværdien steget fra 1959-67 til 1991-2002 og variationen ligeså, men ikke så kraftigt.

For voksne fisk er der set en stigning i antallet af isinger fra et gennemsnit i perioden 1953-63 fra 298 til 932 i perioden 1983-2002. År til år variationen er ligeledes steget markant, hvor standardafvigelsen er steget fra 178 til 985, og afspejler således et miljø med store variationer. Tætheden af voksne rødspætter er reduceret fra et gennemsnit på 38 pr. 30 min. trawltræk til 13 i perioden 1983-2002. I samme periode er landingerne af rødspætter til Århus Fiskeriauktion gået ned fra 500 tons til 50-75 tons, og fiskeflåden er reduceret fra 60 til 2 fartøjer.



Figur 3.8-2 Antal (gennemsnit pr. 30 min.) ising og rødspætte fanget ved trawlfiskeri i Århus Bugt 1953-2002 på vanddybder >10 m.

Samlet er der sket store ændringer i vandmiljøet i Århus Bugt. Fra slutningen af 1980'erne er der sket en reduktion i fosforbelastningen, medens belastningen med kvælstof udviser stor år til år variation, som overvejende er betinget af variationen i ferskvandsafstrømningen. Iltsvind er hyppigt forekommende, men varigheden og udbredelsen er øget specielt i den sidste del af perioden. Forekomsten af fisk afspejler sig i en kraftig reduktion i fiskeriet fra Århus.

4 Generelt om rødspætter og isinger i æg- og larvestadiet (temperatur, saltholdighed, fødegrundlag)

4.1 Rødspætte æg- og larvestadie

Rødspætter i Kattegat gyder i februar-marts (Heegaard, 1947; Nielsen et al., 2004) og ikke på specifikke dybder (Simpson, 1959; Nielsen et al., 2004). Rødspætteæg, som er forholdsvis store (>1,8 mm) i diameter, bliver gydt i overfladen, hvor de forbliver en periode for efterfølgende at fordele sig mere jævnt i vandsøjlen. Ægstadiet varer normalt 10-14 dage og er temperaturafhængigt. Jo koldere vand jo mere længerevarende er udviklingen (Simpson, 1959; Wennhage, 1999). For rødspætter er det påvist, at lave vintertemperaturer betyder bedre overlevelse i kraft af, at ægdødeligheden nedsættes. Sammenhængen formodes at være den, at prædatorantallet mindskes ved lavere temperaturer, samtidig med at infektionsrisikoen for æg mindskes (Van der Veer et al., 1990).

For at rødspætteæg skal kunne blive i overfladen og udvikles normalt, skal saltholdigheden være tilstrækkelig høj. I Nordsøen er det påvist, at saltholdigheden skal være fra 31-32 psu og højere (Coombs et al., 1990), i det nordlige Kattegat 26 psu (Nielsen & Støttrup, pers. komm.) og for Bælthavet 14-18 psu (Jacobsen og Johansen, 1908).

Larverne er mellem 5-7,5 mm lange ved klækningen (Wennhage, 1999). Når ægget er klækket og blommesækken absorberet, skal larven finde føde inden for 8 dage hvis den skal overleve. Større larver er mindre følsomme over for fødemangel og kan sulte i indtil 25 dage (Wyatt, 1972).

Rødspættelarvers foretrukne føde er tunicater (sækdyr), og især fremhæves *Oikopleura* og *Fritellaria* i alle størrelser (Last, 1978; Shelbourne, 1962). Herudover vides de at kunne fouragere på kiselalger, f.eks. *Coscinodiscus* og *Nitzschia*, som indtages allerede i blommesækstadiet (Shelbourne, 1953). Polychaeter (børsteorme), nauplier fra copepoder og lamellibranchia veliger (larvestadier af muslinger) nævnes som føde for større larver (Shelbourne, 1953; Ryland, 1964; Last, 1978). Shelbourne (1953) har påvist, at rødspættelarver er relativt specifikke og selektive i deres fødevalg. Rødspættelarver, som opfostres i laboratoriet under kunstige forhold, spiser således *Artemia* uden besvær, selv om det er et fødeemne som ikke findes i rødspætteopvækst mønster i naturen. Settlingen finder sted i maj.

4.2 Ising æg- og larvestadie

Isinger gyder i Kattegat fra begyndelsen af marts, med maksimum i maj-juni. Ægtætheden er størst i den sydlige del af Kattegat i maj og i det centrale Kattegat i juni (Hegaard, 1947). De pelagiske æg gydes i overfladen (Campos, 1996; Henderson, 1998). Gydningen er temperaturafhængig, og den foretrukne temperatur er 3-7°C (Bohl, 1957). For isinger ses også en bedre ægoverlevelse ved lave temperaturer (Van der Veer & Witte, 1999). Lange & Greve (1997) mener derimod, at lave vintertemperaturer kan være med til at forsinke gydningen og dermed mindske rekrutteringen. Udviklingen af æg er temperaturafhængig, og ægudviklingen kræver ca. 68 daggrader. For isingeæg har Jacobsen & Johansen (1908) påvist, at saltholdigheden skal være > 24 psu i Kattegat, mens Bohl (1957) angiver 28-35 psu for Nordsøen. Isingelarver æder som oftest dinoflagellater som startføde. Blandt øvrige fødeemner kan nævnes kiselalger, tintinnider, nauplielarver og copepoder (eks. *Temora*) (Lebour, 1918). *Oikopleura* angives som et vigtigt fødeemne for de større larver (Last, 1978).

4.3 Forekomst af æg og larver og 0-grupper (rødspætte)

Undersøgelser af forekomsten af fladfiskeyngel (0-gruppe rødspætter) er udført i Århus Bugt i perioden 1991-2002. Denne tidsserie kan sammenlignes med en tidsserie fra 1957-1969 (Nielsen et al. 1998), idet samme redskab er brugt, og området er befisket i samme periode (juli-august).

Forekomsten af 0-gruppe rødspætter og voksne rødspætter i Århus Bugt kan være relateret til indstrømning af vand fra f.eks. Kattegat-Skagerrak. Et sådant indstrømningsfænomen vil i givet fald kunne aflæses dels af de hydrografiske forhold i Århus Bugt, dels ved at undersøge antallet af gatfinnestråler hos enkeltindivider af rødspætter (Nielsen et al., 1998).

Fiskeriundersøgelser i Århus Bugt 2002 (Århus Amt og Århus Universitet, 2003) viser, at gydemodne og udgydte hunrødspætter findes i bugten med den største andel i marts. I 2001 og 2002 er der lavet ichthyoplantonundersøgelser i Århus Bugt, og begge år viser meget få æg/larver, men med et toppunkt i marts (Århus Amt og Århus Universitet, 2003).

Poulsen (1939) har undersøgt antallet af gatfinnestråler langs hele Kattegatkysten og fundet forskelle fra nord mod syd. Han oplyser, at middelantallet af gatfinnestråler for Århus Bugt er 50,7. Lindsey (1988) og Frank (1991) mener, at variationen i de meristiske karakterer er delvist genetisk bestemt og delvist temperaturbestemt. Antallet af gatfinnestråler skulle være fastlagt i larvestadiet (Molander & Molander-Swedmark, 1975).

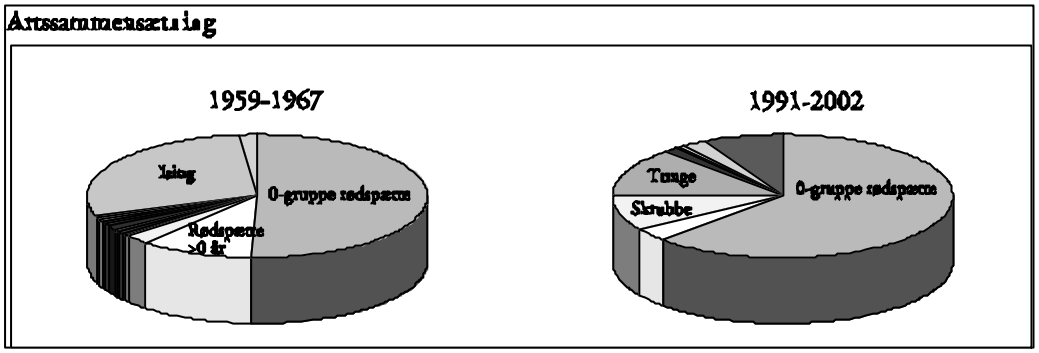
Rødspætterne i Århus Bugt kan principielt stamme fra to bestande, en Bælthavsbestand og en Kattegat-Skagerrak bestand. Er udgangspunktet Bælthavet vil middelantallet af gatfinnestråler være 49-51. Er udgangspunktet derimod Kattegat-Skagerrak vil middelantallet af gatfinnestråler være 52-54. De højeste værdier af gatfinnestråleantal er fundet hos individer fra det nordlige Kattegat. (Poulsen, 1939). Poulsens værdi på 50,7 for Århus Bugt antyder således, at den lokale bestand af rødspætter har sin oprindelse i Bælthavet.

Er rødspætterne rekrutteret til området som æg og larver, er en videre bestandsudvikling i området naturligvis afhængig af lokalt fødegrundlag for yngel og forekomst af bundtyper, som er af en sådan beskaffenhed, at settling kan finde sted (Wennhage & Pihl, 1994).

5 Yngelundersøgelser

5.1 Artssammensætning i yngeltrawl

Artssammensætningen (antal pr. 10 min. træk) i yngeltrawl er gjort op for perioden 1959-67 og for perioden 1991-2002.
Resultatet kan ses af figur 5.1-1 for de dominerende arter.

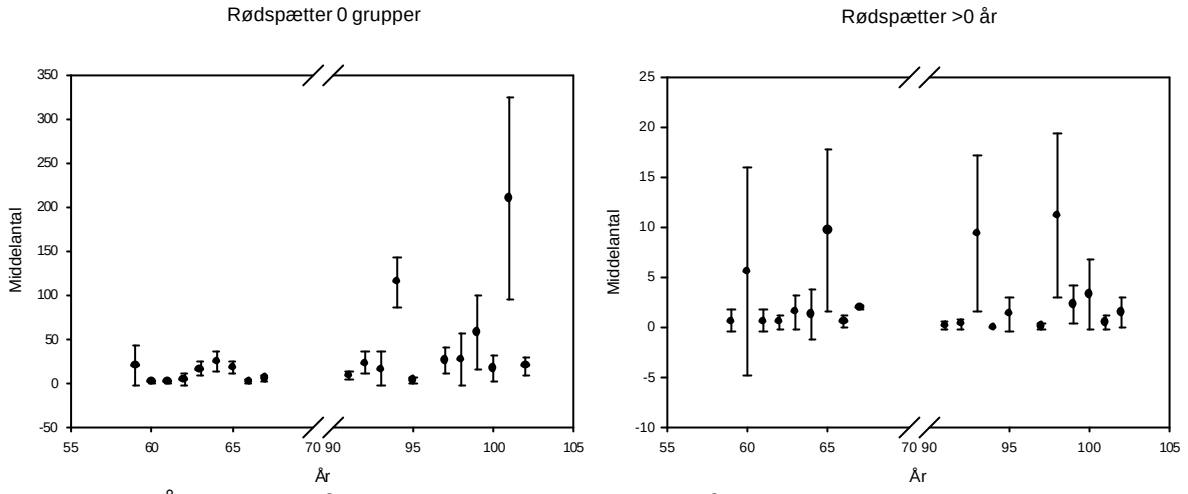


Figur 5.1-1 Artssammensætningen med den procentvise fordeling på dominerende arter i 1959-67: Rødspætte 0-gr.(længde <11cm), rødspætte > gr. 1+ (længde >=11cm) og ising. 1991-2002: 0-gr. rødspætte.(længde <11cm), tunge, skrubbe og rødspætte > gr. 1+ (længde >=11cm).

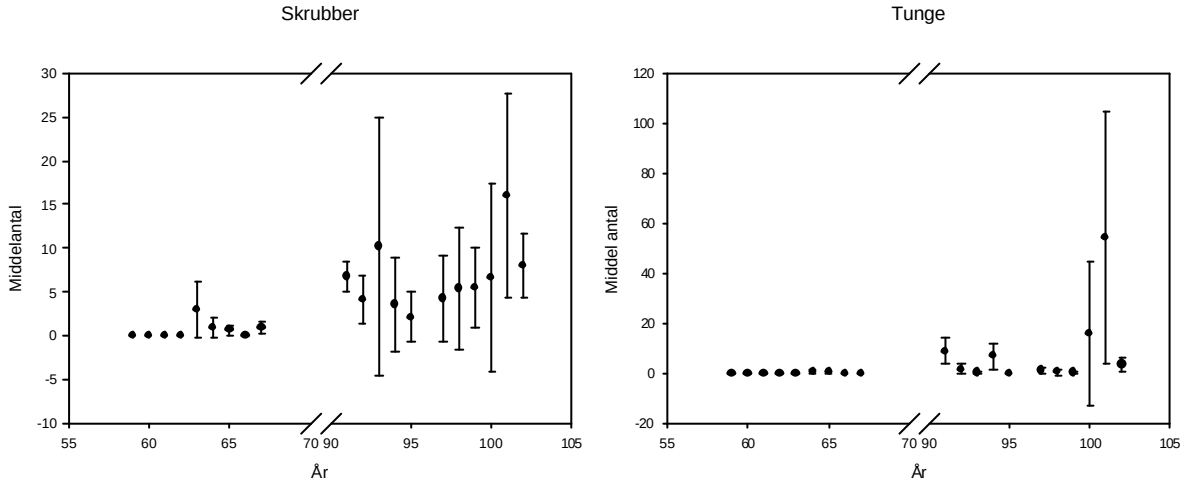
Af figurerne kan ses, at sammensætningen af fladfiskearter er ændret mellem de 2 perioder. I perioden 1959-67 og i perioden 1991-2002 er 0-gruppe rødspætter dominerende, idet de udgør henholdsvis 41% og 62% af totalfangsten. Isingandelen er derimod faldet fra 40% til 2%. Skrubbeandelen er steget fra 3% til 9% fra 1960'erne til 1990'erne. Der blev kun fanget et uhyre lille antal tunger op igennem 1960'erne, men tunger udgør i 1990'erne 13% af totalfangsten.

5.2 Tæthed af rødspætter og andre arter i Århus Bugt

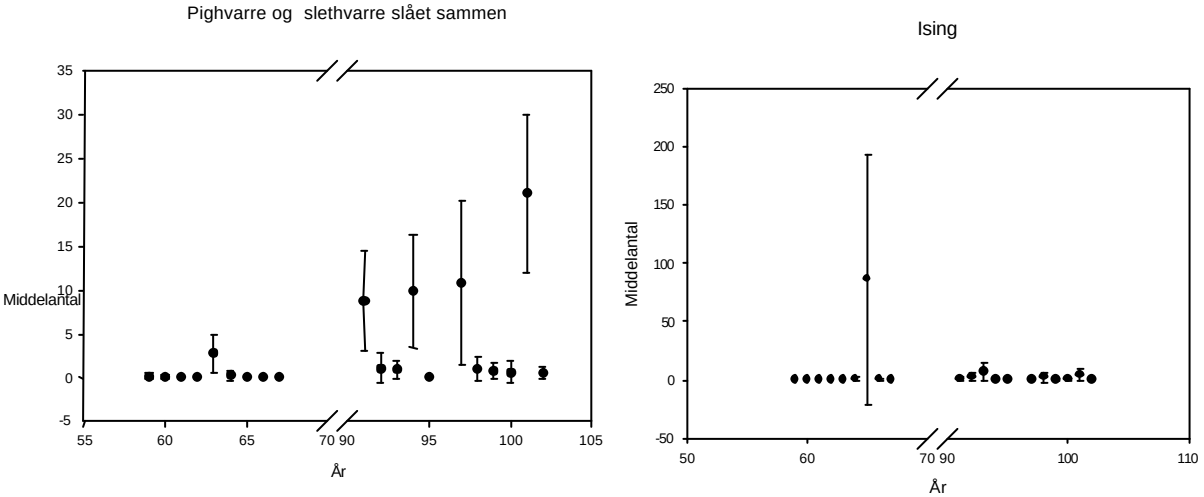
År til år variationen er vist i figur 5.2-1 til 5.2-4 for 0-gruppe rødspætter, rødspætter >0 år, ising, skrubber, pighvarre og slethvarre slået sammen, fjæsing, tangnål og tangsnarre. Alle er omregnet til antal pr. 10 minutters træk.



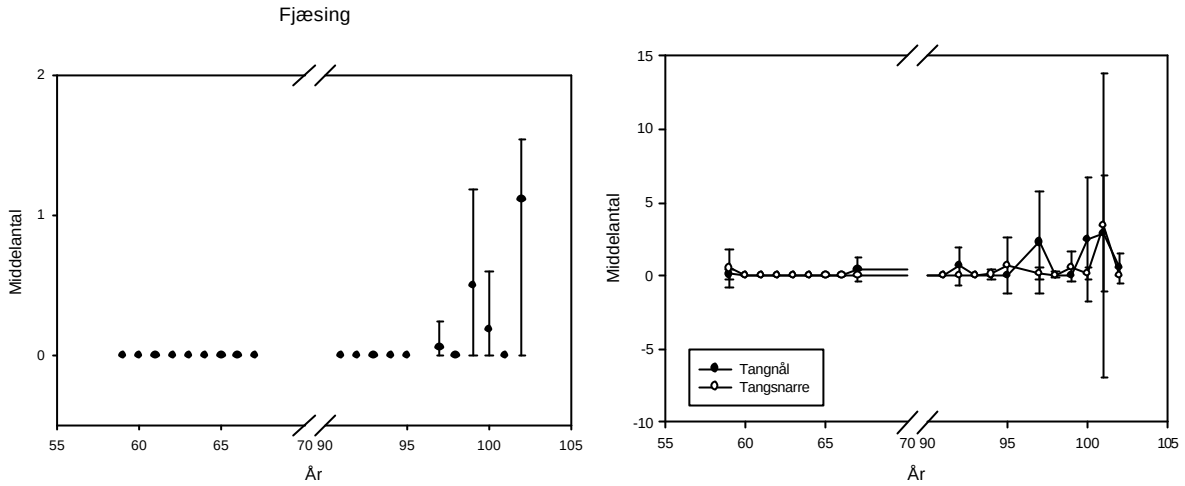
Figur 5.2-1 Århus Bugt, fangst pr. 10 min. trawltræk af 0-gr. rødspætter (Pleuronectes platessa) (tv) og rødspætter > gr. 0 (th) gennemsnit ± sd.



Figur 5.2-2 Århus Bugt, fangst pr. 10 min. trawltræk af 0-gr. skrubbe (Platichthys flesus) (tv) og 0-gr. tunge (Solea solea) (th) gennemsnit ± sd.



Figur 5.2-3 Århus Bugt, fangst pr. 10 min. trawltræk af 0-gr. sum pig- og slethvarre (Psetta maxima og Scophthalmus rhombus) (tv) og 0-gr. ising (Limanda limanda) (th) gennemsnit ± sd.



Figur 5.2-4 Århus Bugt, fangst pr. 10 min. trawltræk af fjæsing (Trachinus draco) (tv) og alm. tangnål (Syngnathus typhle) og tangsnarre (Spinachia spinachia) gennemsnit ± standardafvigelse af middelværdien.

Af figurerne 5.2-1, 5.2-2, 5.2-3 og 5.2-4 kan ses, at for arter som 0-gruppe rødspætter, skrubber, tunger, hvarrer (slethvarre og pighvarre slået sammen) og fjæsinger er abundancen steget fra 1959-67 til 1991-2002. Det samme er også set for arterne tangnål og tangsnarre. Fjæsinger har ikke optrådt i fangsterne i perioden 1959-67, og fjæsinger ses først efter 1996, tungernes antal var beskeden i perioden 1959-67, ellers er tunger set fra 1991, men i et lille antal. I årene 2000 og 2001 er et stort antal tunger set.
Middelværdierne i perioden 1991-2002, 1959-67 og for hele perioden kan ses af tabel 5.2-1.

	Perioden 1991-2002		Perioden 1959-1967		Perioden 1959-2002	
Art	Middel	Std	Middel	Std	Middel	Std
0-gruppe rødspætte	35,01	63,24	10,25	14,22	28,68	56,03
Rødspætter>0	2,85	5,75	2,17	5,03	2,58	5,57
Ising	1,44	3,57	5,78	31,24	2,56	16,07
Skrubber	6,32	7,68	0,47	1,26	4,82	7,13
Slet- og pighvarre	4,48	7,59	0,32	0,98	3,49	6,82
Tunger	6,53	20,16	0,07	0,33	4,88	17,61
Tangsnarre	0,42	2,74	0,11	0,60	0,33	2,38
Tangnål	0,79	2,28	0,06	0,28	0,60	1,99
Tobis	3,20	23,07	5,22	17,66	3,71	21,80

Tabel 5.2-1 Middelværdierne og std. af middelværdien for hele perioden 1991-2002 og 1959-1967.

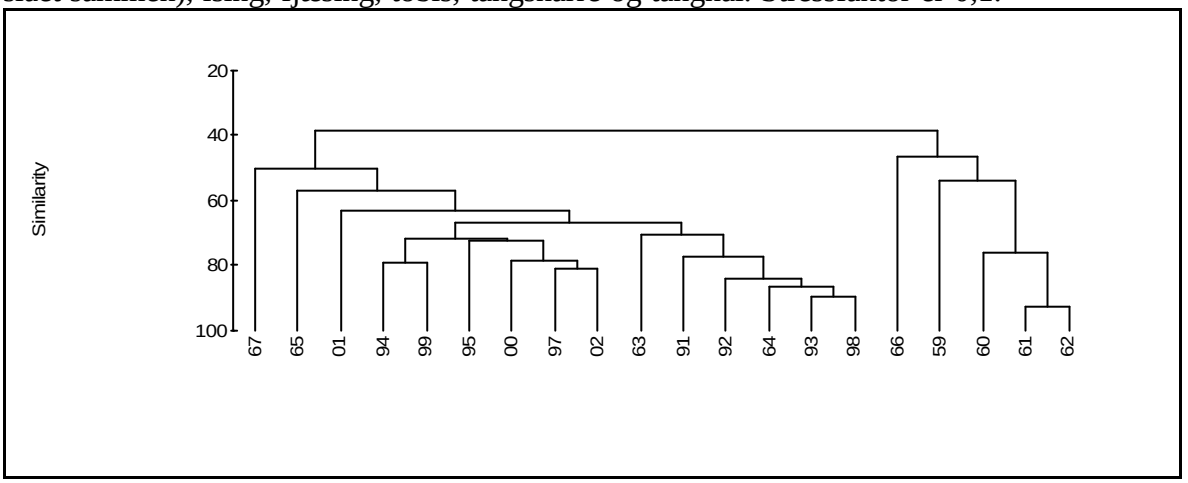
Af tabellen kan ses, at middelværdien for 0-gruppe rødspætter er steget med en faktor 3 fra 1960'erne til i dag. For rødspætter >0 år er middelantallet uændret. Skrubbeantallet er steget med en faktor 11, slethvarre-pighvarre og tunger med en faktor >10.
Af ikke kommercielle arter kan nævnes tangsnarre og tangspræl, der begge er steget, om end ikke i stort antal.

5.3 Diversitet før og nu

Der er set nye arter som tunger og fjæsinger i Århus Bugt, og antallet af for eksempel rødspætter og skrubber er steget. Derfor er diversiteten i perioden 1959-67 og 1991-2002 sammenlignet for at se, om der er sket et skift imellem de to perioder.

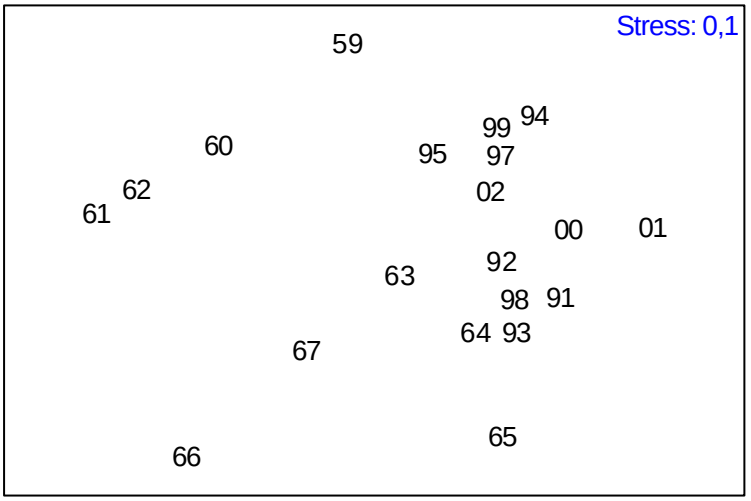
Det er gjort ved hjælp af programmet PRIMER. For hvert år er der beregnet et Bray-Curtis similaritets index på kvadratrodstransformerede data. Herefter er data plottet på MDS (multi-dimensionel skalering) og et dendrogram til at identificere adskilte grupper (clustre). I MDS plottet angives et stresstal, og er dette mindre end 0,1 er der ingen misvisning i fortolkningen af data. Er det større end 0,2-0,3 bør tolkningen foregå med stor forsigtighed (Clarke and Warwick, 1994).

De arter, der indgår i analysen, er rødspætter, skrubber, tunger, hvarrer (pighvarre og slethvarre slået sammen), ising, fjæsing, tobis, tangsnarre og tangnål. Stressfaktor er 0,1.



Figur5.3-1 Dendrogram for cluster af årene i perioden 1959-66 og 1991-2002.

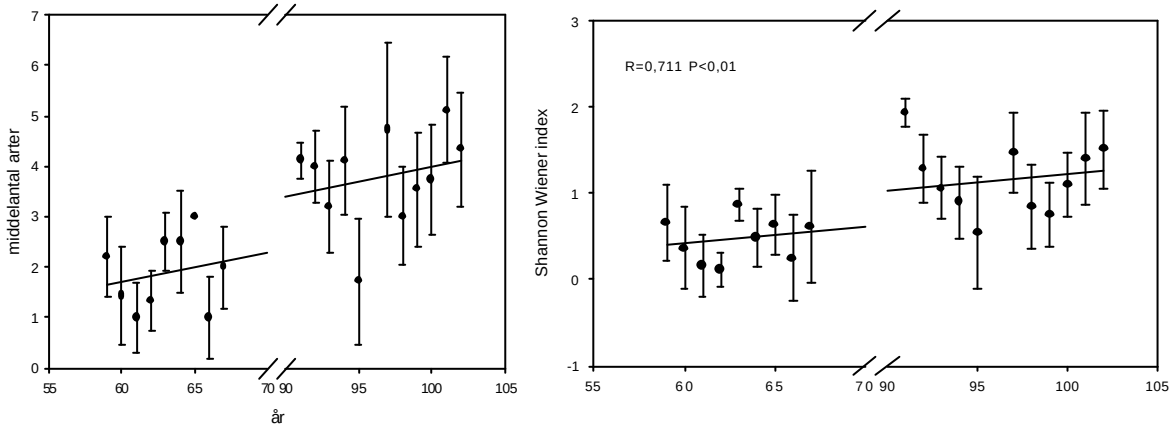
Dendrogrammet figur 5.3-1 viser to grupperinger: én indeholdende årene 1959, 1960, 1961, 1962 og 1966 og én med resten, år 1967 står dog alene ved 50% similaritet.



Figur 5.3-2 MDS plot af årene 1959-66 og 1991-2002. Baseret på Bray-Curtis vv transformerede abundancer.

MDS plottet figur 5.3-2 understøttes af dendrogrammet, én gruppering for de tidlige år nemlig 1959, 1960, 1961 og 1962 og viser en adskillelse til de resterende år.
Resultaterne fra MDS og cluster dendrogrammet indikerer forskelle mellem de to perioder.

Middelantal arter er beregnet, diversitetsindexet Shannon-Wiener er brugt og data log2 transformeret (Clarke and Warwick, 1994).
Shannon-Wiener index = -? (p_i(log p_i))



Figur 5.3-3 Middelantal arter og std. pr år – middeldiversitetsindex og std. pr. år

Middelværdierne er baseret på stations niveau (træk pr. 10 min)
År til år variationen af middelantal kan ses af figur 5.3-3. Det kan ses, at middeltallet er steget fra perioden 1959-67 til 1991-2002. Stigningen over årene er signifikante på 0,01 niveau; det samme ses for diversitetsindexet.

Ser man på de to perioder hver for sig, kan der inden for hver periode ikke ses nogen trend, hverken i middelantal eller i diversiteten.

Middelantal arter og middeldiversiteten i de to perioder i 1990'erne kan ses af tabel 5.3-1.

	Middel	Std	Middel	Std
	Middelantal arter		Shannon-Wiener	
His (59-67)	1,86	0,95	0,48	0,4523
Nu (91-96)	3,49	1,22	1,15	0,60
Nu (97-02)	3,91	1,40	1,10	0,54
Test	F=39,89(P<0,001)		F=23,76(P<0,001)	

Tabel 5.3-1 Middelantal arter og middeldiversiteten i perioderne 1959-67, 1991-96 og 1997-2002.

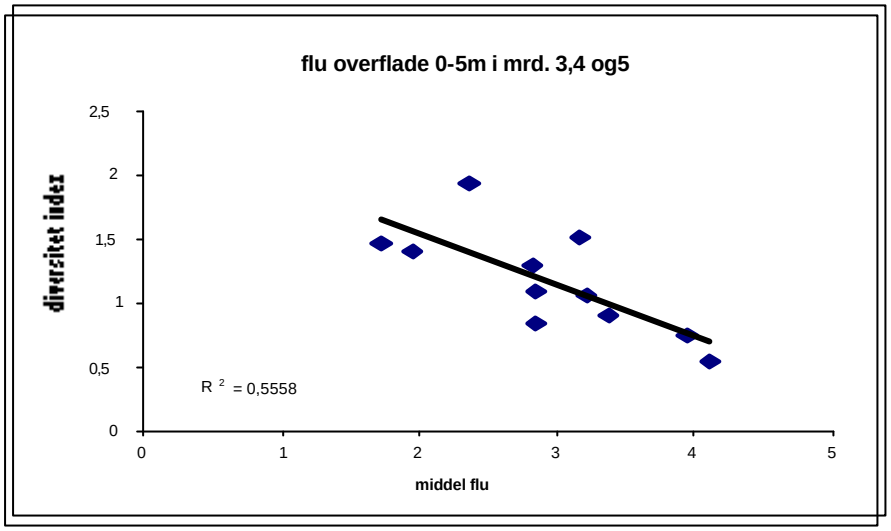
Det er testet, om middelværdierne i de to perioder er forskellige (ANOVA). Der er signifikante forskelle mellem perioderne for både middelantal og diversitetsindex ($F=39,89$ $P<0,001$ og $F=23,76$ $P<0,001$). Tukey test viser, at det er den historiske periode (1959-67) der skiller sig ud, medens der ikke er signifikant forskel på de to perioder 1991-96 og 1997-2002.

5.4 Diversitet og ydre faktorer

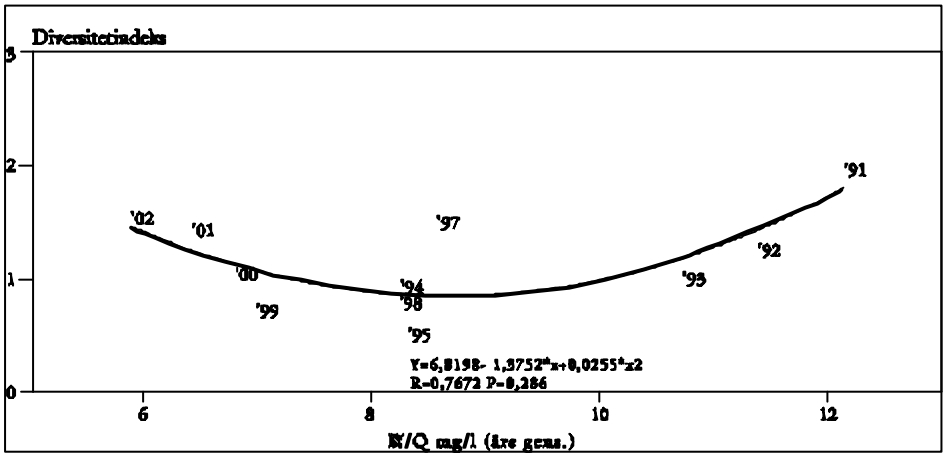
Der er ikke påvist nogen trend i diversiteten i perioden 1991-2002. Figuren 5.3-3 viser en år til år variation i diversitetsindexet, og det er undersøgt, om disse variationer er betinget af ydre faktorer som kvælstof- og fosforbelastning, mængden af planteplankton udtrykt ved fluorescens, iltsvind og temperatur.

Da diversitetsindexet er baseret på både arter og antal pr. art er det nærliggende at se på nærings-indholdet i vandmasserne i form af planktonalger.
Middel fluorescens for månederne marts til maj i overfladen blev relateret til diversitetsindexet figur 5.4-1, og en signifikant sammenhæng blev fundet ($R= -0,746$ df 9 $P<0,01$).

Sammenhængen mellem diversitet og fluorescens blev fundet og var lineær.
Diversiteten kan udtrykkes ved følgende ligning:
Diversitet=-0,4037*flu+2,35.
Residualerne af ligningen blev beregnet og plottet ud imod tiden og viste ingen trend, hvilket tyder på at diversiteten er stabil i undersøgelsesperioden (1991-2002).



Figur 5.4-1 Sammenhængen mellem middel fluorescens (st. 170006) og diversiteten (yngeltrawl Århus Bugt 1991-2002).



Figur 5.4-2 Relationen mellem diversitetsindekset og den vandføringsvægtede kvælstofbelastning N/Q.

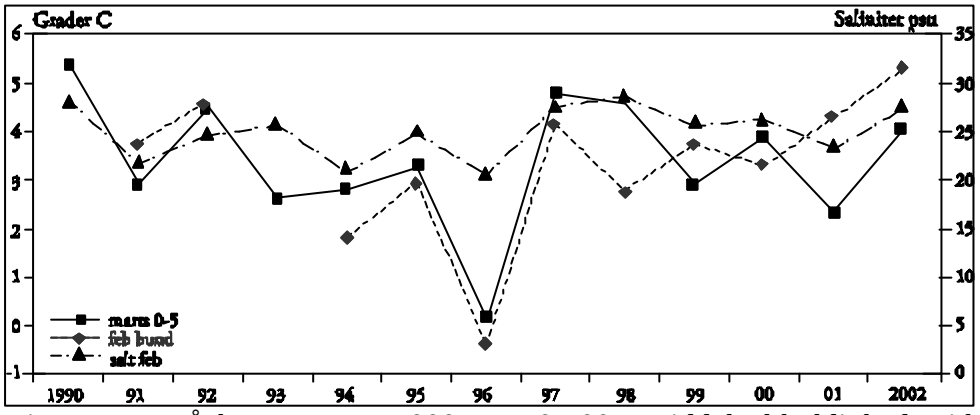
Det er undersøgt, om diversitetsindexet er relateret til den årlige tilførsel af kvælstof, fosfor og ferskvand. Analysen er ligeledes foretaget med de vandføringsvægtede afstrømningskoncentrationer (NP/Q mg. pr. l). Relationen mellem diversitet og belastning viser sig kun signifikant på P=0,0286, og er U formet når diversiteten relateres til den vandføringvægtede kvælstofkoncentration (N/Q) figur 5.4-2. Relationen er en U formet kurve som indikerer, at diversiteten øges under forhold, hvor afstrømningen fra land er relateret til både lave og høje N/Q værdier. Det fremgår af kurven, at det er årene i begyndelsen af 1990'erne der har de høje N/Q værdier, og 2000-02 med lave N/Q som relaterer sig til højere diversitetsindex.

Betydningen af iltsvind, udtrykt som antallet af dage med iltkoncentrationer i bundvandet under 2 og 4 mg, er ligeledes undersøgt, men der blev ikke fundet nogen sammenhæng.
Det er undersøgt om temperaturen i bundvandet (middel) har indflydelse på diversiteten, men der blev ikke her fundet nogen signifikant sammenhæng, hverken for sommertemperatur eller årlige temperatur.

5.5 0-gruppe rødspætte i Århus Bugt
År til år variationen fremgår af figur 5.2-1. Forekomsten i 1994 er ca. 3 gange større end i de øvrige år i undersøgelsesperioden (1991-2002) og i 2001 næsten 7 gange større.

Middelværdien (antal/10 min. træk) af 0-gruppe rødspætter for perioden 1991-2002 er 35,01 (std=63,24). I perioden 1957-1967 var middelværdien 10,25 (std=14,22).

5.5.1 0-gruppe rødspætter, temperatur og saltholdighed
Betydningen af temperaturen i overfladen (0-5 m, se figur 5.5.1-1) er undersøgt i de måneder, hvor æg- og larvestadierne optræder i Århus Bugt. Temperaturen ved bunden, som betinger gydningen, er ligeledes undersøgt i relation til hyppigheden af 0-gruppe rødspætter.
Yderligere er det undersøgt, om der findes en sammenhæng mellem saltholdigheden i februar-marts, som er de måneder, hvor æg/larver kan blive ført fra de omliggende områder til Århus Bugt.



Figur 5.5.1-1 Århus Bugt st. 170006, 1990-2002. Middelsaltholdigheden i hele vandsøjlen i februar-marts og middeltemperaturen i overfladevandet i marts (0-5 m) og ved bunden i februar.

En sammenhæng mellem saltholdigheden og tætheden af 0-gruppe rødspætter antages ikke for at være sandsynlig, idet en sådan sammenhæng ville ses, hvis der kun blev ført æg og larver ind fra enten nord eller syd. Da tilførslen af æg og larver kan ske både fra Bælthavet og fra Kattegat, vil variationerne i saltholdigheden vise, hvor ofte forskellige vandmasser bevæges ud og ind i Århus Bugt. Derfor er variation af middelsaltholdigheden cv (cv = std./middel) i februar og marts af hele vandsøjlen valgt og sammenholdt med tætheden af 0-gruppe rødspætter.

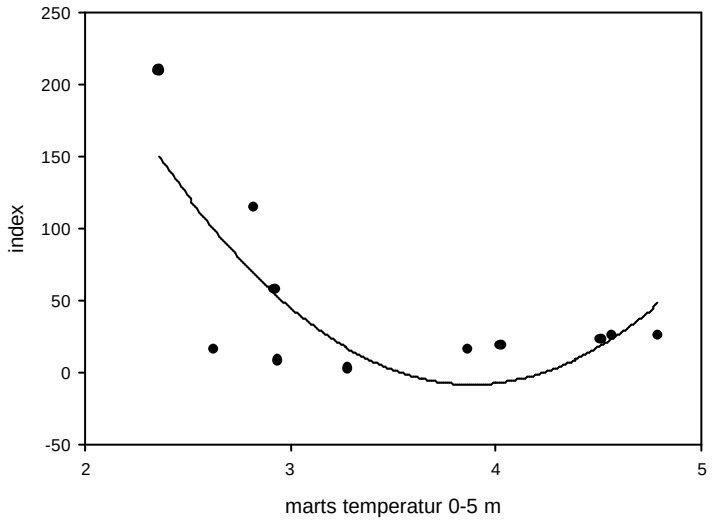
0-grupper antages at komme ind som æg og larver i februar-marts, og jo større variation i saltholdigheden jo flere antages at komme ind. Det antages, at en sådan sammenhæng har en øvre grænse, fordi hurtige vandudskiftninger betyder, at æg og larver forsvinder igen. Den nedenstående tabel viser, at den bedste korrelation mellem 0-gr. rødspætter og variation i saltholdigheden (cv) er for dybden 10-15 m. Ingen af de testede sammenhænge viste sig at være signifikante.

Sted	R værdi
cv-februar-0-5m	0,3984
cv-februar-5-10m	0,4936
cv-februar10-15m	0,6183
cv-februar >15	0,4865

Ud over at undersøge saltholdighedens indflydelse på æg og larver er det også undersøgt hvilken indflydelse temperaturen kan have på æg og larver.

Det er undersøgt, om der er en sammenhæng mellem temperatur i februar ved bunden, i marts i overfladen og 0-gruppe yngel. Bundtemperaturen i februar kan være relateret til gydningen og modningen af æggene.
Overfladetemperaturen i marts skulle være relateret til hvor hurtigt æg og larver udvikles.
Vi finder ikke signifikant relation mellem bundtemperaturen og tætheden af 0-gruppe rødspætter.

Sammenhængen mellem overfladetemperatur og tætheden af 0-gr. rødspætter blev set i marts og er en U formet kurve, R=0,7564 (figur 5.5.1-2).



Figur 5.5.1-2 Sammenhæng mellem tætheden af 0-gr. rødspætter og overfladetemperaturens gennemsnit i marts på station 170006 i perioden 1991-2002.

Det er undersøgt, om temperaturen i forskellig dybde i marts er relateret til tætheden af 0-gruppe rødspætter. Der kunne påvises en signifikant sammenhæng mellem overfladetemperaturen i marts måned (0-5 m) og tætheden af 0-gr. rødspætter. R-værdien aftog med tiltagende dybde og var ikke signifikant.

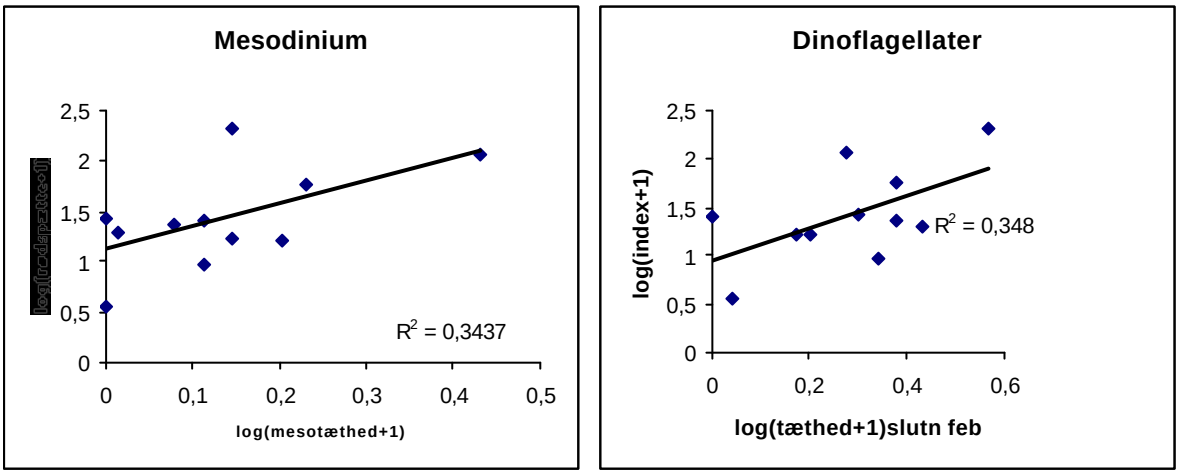
5.5.2 Sammenhæng imellem 0-gruppe rødspætter og plankton

Artssammensætningen af plankton er stor, og kun en mindre del af planktonet er egnet som føde for rødspættelarverne. Undersøgelser af maveindhold hos larver af rødspætte har i andre sammenhænge indikeret, at specielt *Oikopleura* optræder som hovedføde såvel for de små larver som de store (Last, 1978). Da *Oikopleura* jf. resultater af ugentlige prøvetagninger kun forekommer sporadisk i Århus Bugt, må det antages, at rødspætteyngel kan fouragere på et bredt spektrum af andre organismetyper, sandsynligvis inden for bestemte størrelsesintervaller. Denne antagelse er i god overensstemmelse med bl.a. observationer rapporteret af Shelbourne (1953) som indikerer, at rødspætteyngel er omnivore. Dinoflagellater og ciliater ses ifølge litteraturen ikke i rødspættemaver. Det er dog mest sandsynligt, at dette er et udtryk for, at disse hurtigt omsættes og derfor ikke efterlader strukturer, som kan registreres ved en undersøgelse af maveindholdet.

Tætheden af 0-gruppe rødspætter afspejler, hvor mange der overlever larvestadiet (Van der Veer et al., 1990). Således kan tætheden af 0-gruppen være repræsentativ for larvetæthed.

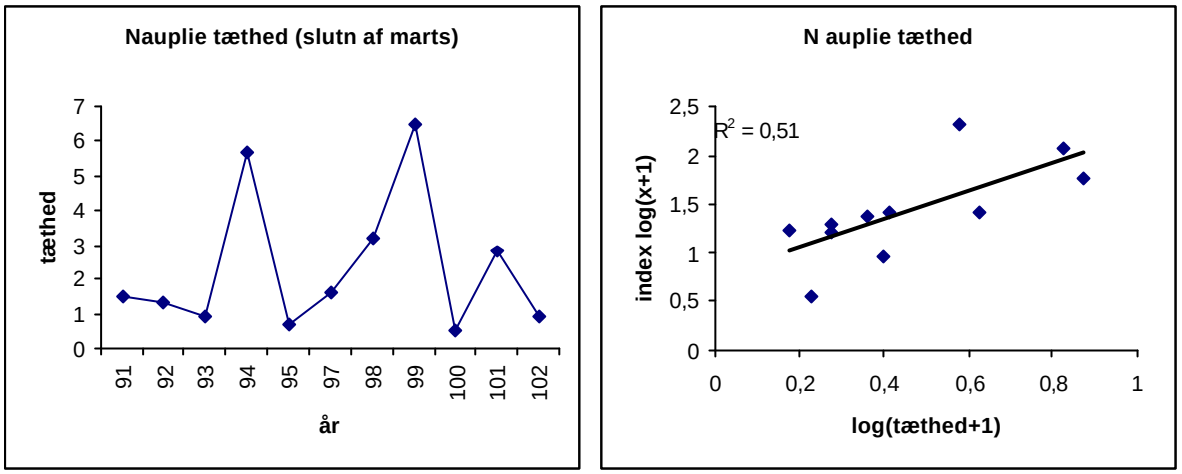
Tilgængeligheden af føden spiller en vigtig rolle for overlevelsen af larverne. Hvis der ikke er tilstrækkeligt med føde, dør de (Bisbal and Bengtson, 1995).
Det er vurderet, at dinoflagellater, ciliater, nauplier og polychaeter er fødeemner, og det er testet, om der findes en sammenhæng mellem tilgængeligheden af føden i larvestadiet og tætheden af 0-gruppe rødspætter. Planktontætheden er udtrykt som biomasse C pr. liter.
Dinoflagellater fra slutningen af februar og ciliater-mesodinium (små) fra begyndelsen af marts (figur 5.5.2-1) er valgt, idet det må antages, at de kan sluges af nyklækkede larver. Nedenstående analyser er foretaget på transformeret data (log(index+1)).

Der blev fundet en positiv, men ikke en signifikant korrelation imellem 0-gruppe rødspætter i juli-august og tætheden (biomasse C pr. l) af hhv. ciliaten Mesodinium i begyndelsen af marts og dinoflagellater i slutningen af februar.



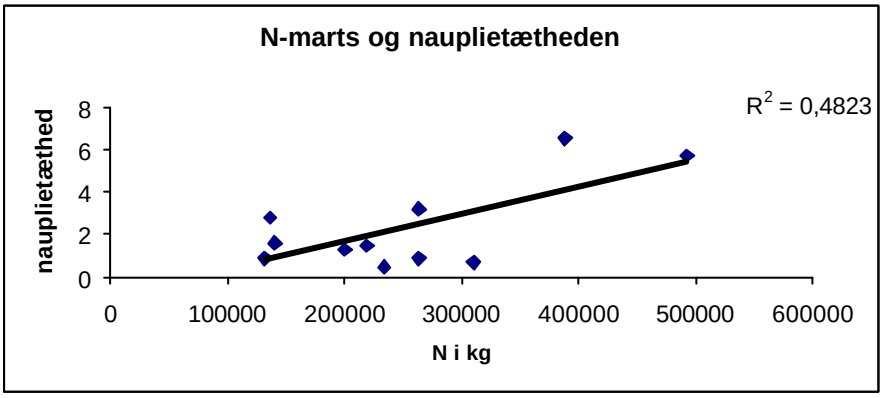
Figur 5.5.2-1 Århus Bugt 1991-2002. Tætheden (log +1) af 0-gr. rødspætte og biomassen (g C/l) af mesodinium (tv) og dinoflagellater (th) (st. 170006).

Tætheden af vandlopper (nauplier) i slutningen af marts og tætheden af 0-gr. rødspætter (figur 5.5.2-2) viste en positiv og signifikant korrelation: R=0,714 df 9 0,01<P<0,05.



Figur 5.5.2-2 Århus Bugt 1991-2002. Nauplietætheden (biomasse C pr. l) i slutningen af marts (tv) og tætheden af 0-gr. rødspætte og nauplietæthed (log+1) (th).

Nauplietætheden i marts er signifikant relateret til kvælstof- og fosforbelastningen i marts. I figur 5.5.2-3 er nauplietætheden og kvæstofbelastningen afbildet.



Figur 5.5.2-3 Sammenhæng mellem nauplietæthed (biomasse i Cl pr. l) og kvælstofafstrømningen (kg) til Århus Bugt i marts i perioden 1991-2002.

Nauplietæthed i marts kan alene forklare 51% af variationen i tætheden af 0-gruppe rødspætterne i august.
Dette betyder, at næringssaltbelastningen indirekte er medbestemmende for tætheden af 0-gr., men også temperatur havde en indflydelse på 0-gruppe tætheden.

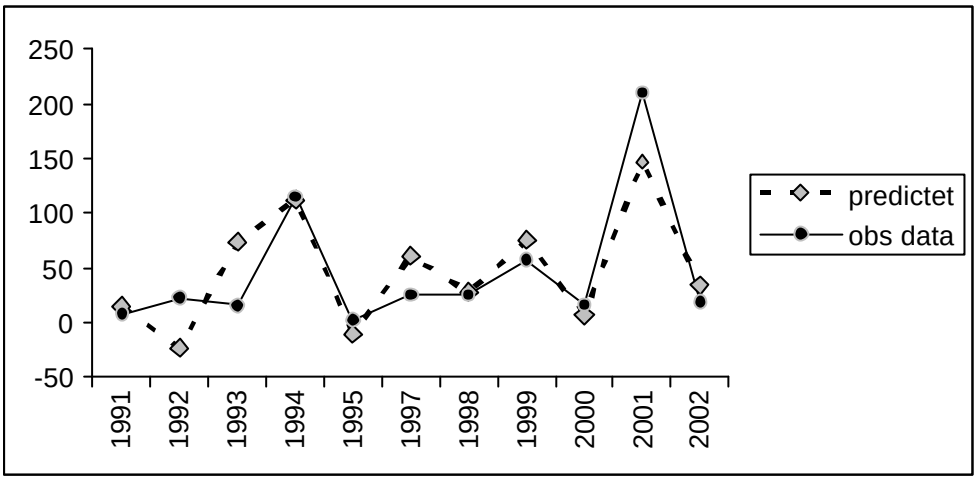
Det er derfor undersøgt, om der i perioden 1991 til 2002 kan opstilles en model for år til år variationen i tætheden af 0-gr. rødspætter og faktorer som temperatur og næringssaltbelastningen. Sammenhængen er afprøvet ved en multipel lineær regressionsanalyse, hvor kvælstof- og fosfortilførslen til Århus Bugt i månederne februar-april indgår, og temperaturen er omregnet til graddage, idet graddage skulle kunne beskrive væksten i larvestadiet (Weltzien et al., 1999).

En multipel regression (ved r-squaremetoden i reg. proceduren i SAS) viser, at graddage alene i marts forklarer 24% af variationen hos 0-gr. rødspætter, og graddage i marts sammen med N-marts og P-marts og P-jan forklarer 70% af variationen.

De samme faktorer (N-marts, P-marts, P-januar og graddage marts) forklarer 79% af nauplie-tætheden i marts.

Modellen er:
Tæthed 0-gr. rødspætter august = 355,0 – (1,70 x graddage marts - 0,0005 x N kg marts - 0,024 P kg jan. + 0,027 P kg marts)

Figur 5.5.2.-4 viser modelberegningen og de observerede tidsserier. Modellen beskriver fluktuationerne ganske godt, hvilket indikerer, at rekrutteringen af 0-gr. er bestemt af næringssalttilførslen og temperaturen.

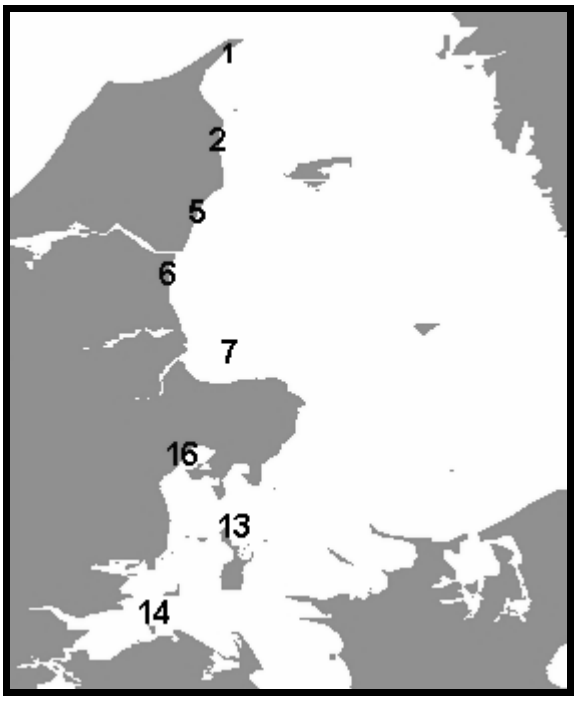


Figur 5.5.2-4 Den modelberegnede og den observerede tidsserie for tætheden af 0-gr. rødspætter. Tæthed 0-gr. rødspætter august = 355,0 – (1,70 x graddage marts - 0,0005 x N kg marts - 0,024 P kg jan. + 0,027 P kg marts)

Der kunne ikke påvises en sammenhæng mellem tætheden af polychaetlarver og 0-gr. rødspætte.

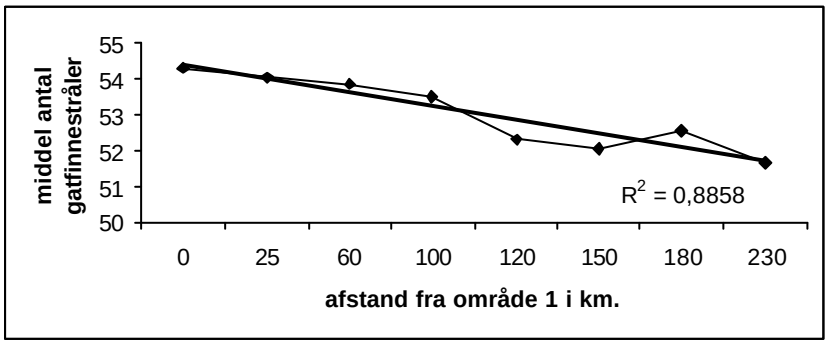
5.5.3 Gatfinnestråler hos 0-gruppe rødspætte

Middelantal gatfinnestråler falder fra nord (Skagen) til Bælthavet (figur 5.5.3-1). Dette er overensstemmende med Poulsen (1939). Det laveste antal ses i området nord for Fyn, st. nr. 14. St. nr. 16 svarer til Århus Bugt området.



Figur 5.5.3-1 Stationsoversigt

Gatfinnestråler er talt på rødspætter fra Århus Bugt i undersøgelsesperioden, med en afbrydelse i 1996. Variationen i middelantal af gatfinnestråler og variationskoefficienten cv (std./middel) fremgår af tabel 5.5.3-1.



Figur 5.5.3-2 Fordelingen i antallet af gatfinnestråler fra Skagerak (område 1) til nord for Fyn i skønnet km målt i luftlinie. Efter Poulsen 1939 (for St.nr. se også figur 5.5.3-1.)

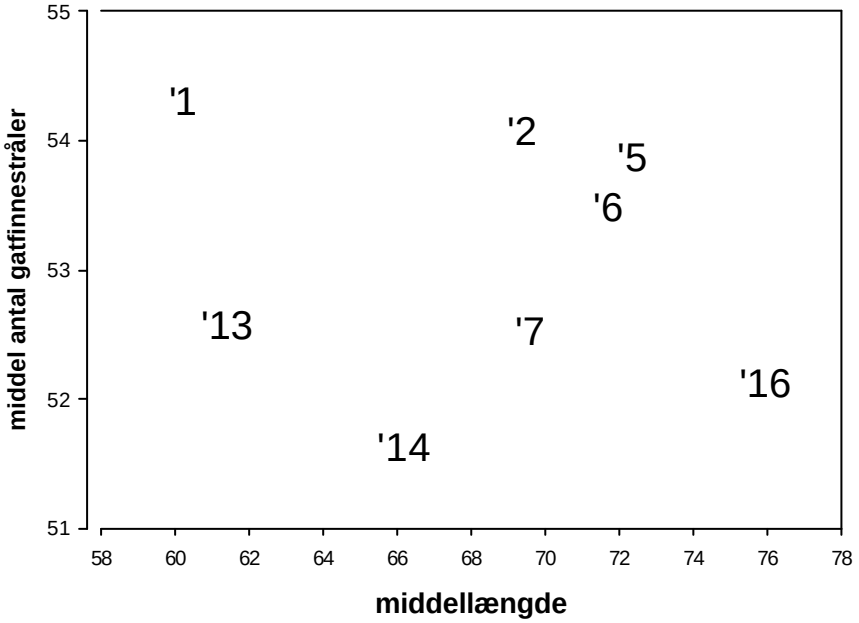
	gennemsnit	antal	std	Cv
1991	51,56	79	1,866	0,036
1992	52,99	81	1,847	0,035
1993	51,48	85	1,9	0,037
1994	52,25	93	2,025	0,039
1995	51,44	18	1,723	0,033
1997	51,58	131	1,776	0,034
1998	52,76	172	1,958	0,037
2000	51,81	178	2,146	0,041
2001	52,61	114	2,295	0,044

Tabel 5.5.3-1 Århus Bugt 0-gr. rødspætter middelgatfinnestråleantal og cv standardafvigelse / gennemsnit pr. år. (Ingen data fra 1999 og 2002).

Den største middelværdi er i 1992, mens den største variationskoefficient (cv) optræder i 2002. En ANOVA test (ubalanceret GLM / SAS) er anvendt til at vurdere om de årlige middelværdier er ens. Analysen viser, at der er forskel, F=7.93 (P<.0001). Ved en parvis sammenligning af indsamlingsårene (TUKEY testen / SAS) fremgår, at det er 1992, 1998 og 2001 der afviger. De er alle signifikant større end de øvrige år.

Johansen (1910) beskriver flere typer af rødspætter i Kattegat, nogle som store med højt gatfinnestråleantal og andre som små med lavt gatfinnestråleantal. Individer med højt gatfinnestråleantal bliver karakteriseret som Nordsørødspætte og bruger Kattegat som opvækstområde.

Middellængde og middelantal gatfinnestråler er plottet ud imod hinanden og stationsnr. er markeret. En oversigt over stationsnumre er vist på figur 5.5.3-1.



Figur 5.5.3-3 Middellængde og middelantal gatfinnestråler for stationerne 1-16 (se ovenfor) i perioden 1991-98.

Det kan ses, at rødspætterne i Århus Bugt er karakteriseret ved at være store og have et lavt gatfinnestråleantal, medens de i Ålbækbugten har et højt antal af gatfinnestråler og en lille længde.

Opblandingen af 0-gr. rødspætter i Århus Bugt er undersøgt med en diskriminant analyse, hvori fiskens længde og gatfinnestråleantal indgår under den forudsætning, at længden er sammenlignelig mellem de enkelte år. 0-grupper fanget i juni er ikke medtaget. Analysen er udarbejdet på årene 1991-2000, idet der i disse år var tal for både længde og gatfinnestråler. Analysen er foretaget i SAS. Ved hjælp af en diskriminant analyse kan observationerne som længde og gatfinnestråler blive klassificeret (her klassificeret til områder eller år).

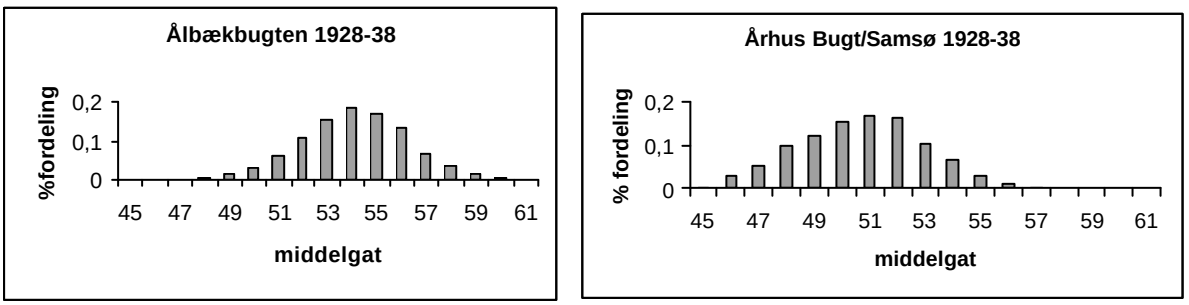
År	% til Århus Bugt
1991	51,9
1992	65,43
1993	2,35
1994	5,38
1995	38,89
1997	73,28
1998	8,14
2000	37,64

Tabel 5.5.3-2 Den procentvise klassifikation af yngel i Århus Bugt pr. år.

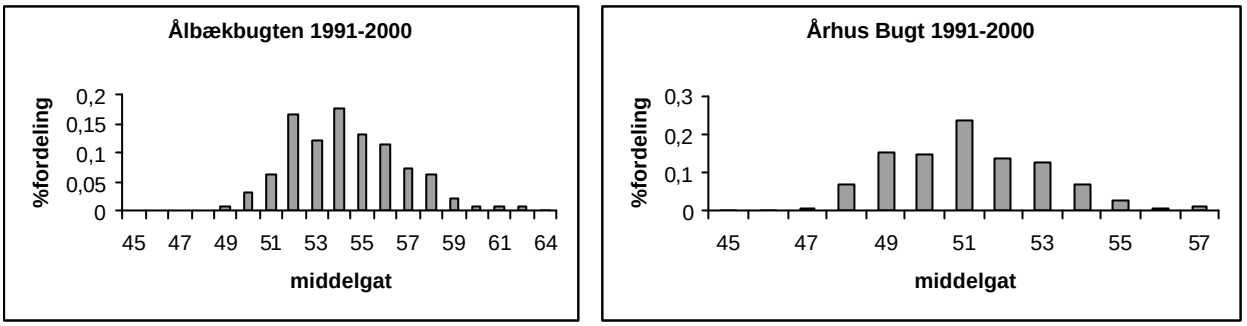
Af tabel 5.5.3-2 kan det ses, at Århus Bugt i årene 1992 og 1997 er domineret af lokale fisk, medens den i årene 1993, 1994 og 1998 er invaderet af fisk udefra.

5.5.4 Historiske data

De undersøgte meristiske karakterer (gatfinnestråler) er sammenlignet med Poulsen (1939). I forbindelse med Poulsens data er alle registreringer under 45 gatfinnestråler ikke medtaget i analysen, idet de antages at være skrubber.
Data fra 1991-2000 har næsten ingen gatfinnestråletællinger, der er mindre end 45.



Figur 5.5.4-1 Fordelingen af gatfinnestråler hos 0-gr. rødspætter Århus Bugt/Samsø 1928-38 (th) og Ålbækbugten 1928-38 (tv) (Poulsen 1939).



Figur 5.5.4-2 Fordelingen af gatfinnestråler hos 0-gr. rødspætter fra Århus Bugt 1991-2000 (th) og Ålbækbugten (tv).

Stationsnr.	Gennemsnit	N	Std Dev
1	54,3	883	2,393
2	54,07	2017	2,425
5	53,87	784	2,594
6	53,48	786	2,528
7	52,32	861	2,198
13	52,57	708	2,195
14	51,63	235	1,698
16	52,06	838	2,019
1*	54,02	2942	2,92
16/13*	50,07	1000	2,28

* efter Poulsen (1939) gældende for perioden 1928-38.

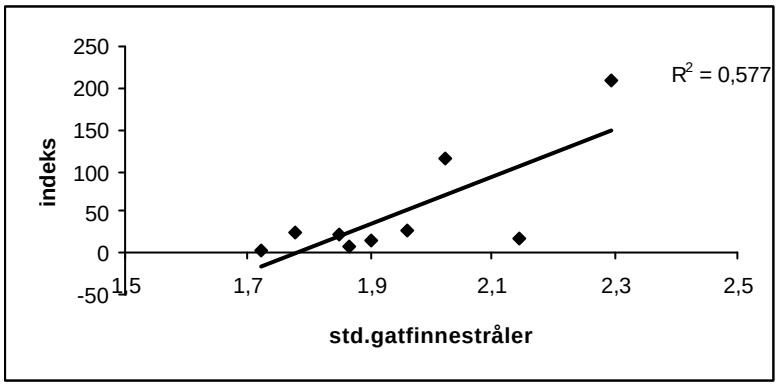
Tabel 5.5.4-1 Middelantal gatfinnestråler (1991-2000) std. af og antal observartioner for enkeltstationer i Kattegat og Bælthavet

5.5.5 Gatfinnestråleantal og saltholdighed

Antallet af gatfinnestråler er en indikator for, hvilken af de 2 bestande rødspætten er mest beslægtet med. Hvis slægtskabet er størst med bestanden, der lever i den relativt høje saltholdighed i det nordlige Kattegat, vil antallet af gatfinnestråler være stort. Er udgangspunktet derimod det relativt lavt saltholdige Bælthav vil antallet af gatfinnestråler være mindre.
Da der ikke alene føres fisk med højt gatfinnestråleantal ind i Århus Bugt med højt saltholdigt overfladevand, ej heller alene fisk med lavt gatfinnestråleantal med lavt saltholdigt overfladevand, er det valgt at se på variationen i gatfinnestråler, variationskoefficienten (cv), og denne vil, hvis den er stor, indikere, at der er fisk i Århus Bugt fra både Kattegat og Bælthavet; er den snæver, vil der kun være fisk fra et af stederne og ingen eller kun en lille bestandsopblanding. Tilsvarende kan saltholdighedens cv groft tolkes som en indikation på stor udskiftning af vandmasserne i Århus Bugt. En stor cv vil indikere, at der er vandindtrængning i bugten fra både Kattegat og Bælthavet. Disse vandmasser kan bringe rødspættelarver med både fra Bælterne og fra Kattegat. Begge situationer kan forekomme inden for den periode, hvor rødspætter er æg og/eller larver.

Cv for gatfinnestråleantal er derfor blevet korreleret med cv for saliniteten i februar, marts og april. Der er en korrelation, men ikke signifikant.

5.5.6 Tæthed af 0-gruppe rødspætter og antal gatfinnestråler

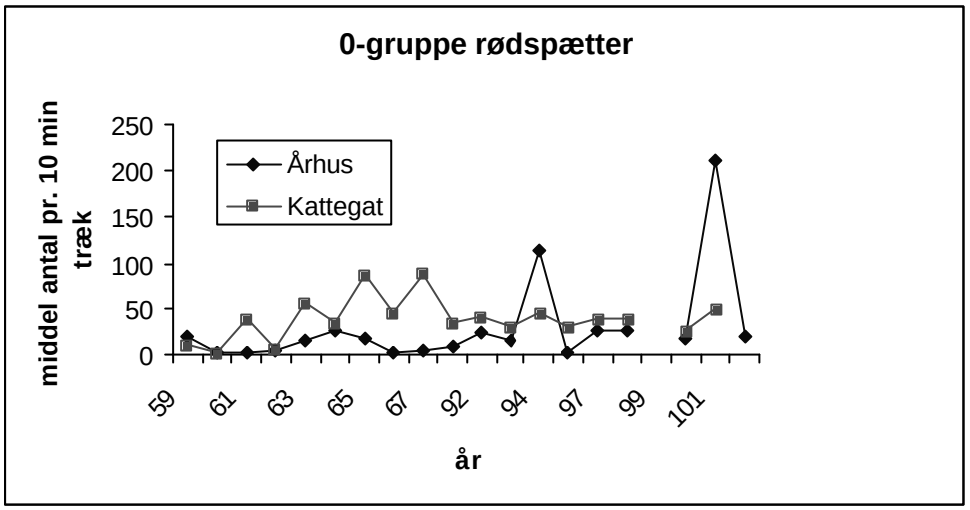


Figur 5.5.6-1 Tætheden (gennemsnit pr. år) af 0-gr. rødspætter i Århus Bugt i perioden 1991-2002 og standardafvigelsen på gatfinnestråleantallet.

Det er undersøgt, om tætheden af 0-gr. rødspætter er relateret til variationen i gatfinnestråleantallet, hvilket kunne indikere, om store årgange kommer fra lokale fisk (lille variation) eller fra blanding af fisk fra Kattegat eller Bælthavet (stor variation). I figur 5.5.6-1 er variationen (standardafvigelsen) i gatfinnestråleantallet korreleret med tætheden af 0-gr. rødspætter. Analysen viste en signifikant sammenhæng mellem en stor variation i gatfinnestråleantallet og en forøgelse i tætheden af 0-gr. rødspætter. R=0,76 df 7 0,1<P<0,5.

5.5.7 Sammenhæng mellem Århus Bugt rødspætteyngel og Kattegat rødspætteyngel

Et index for 0-grupper i hele Kattegat, hvor Kattegat er defineret som område 1, 2, 5, 6 og 7 (se kort), er beregnet, og dette index er sammenlignet med indexet for 0-grupper i Århus Bugt (figur 5.5.7-1).
På figur 5.5.7-1 kan det ses, at tætheden generelt er højere for perioden 1959-2002 i Kattegat end i Århus Bugt, dog med årgang 1994 og 2001 som undtagelser.



Figur 5.5.7-1 Tætheden af 0-gr. rødspætter i Kattegat og Århus Bugt i perioden 1959-2002.

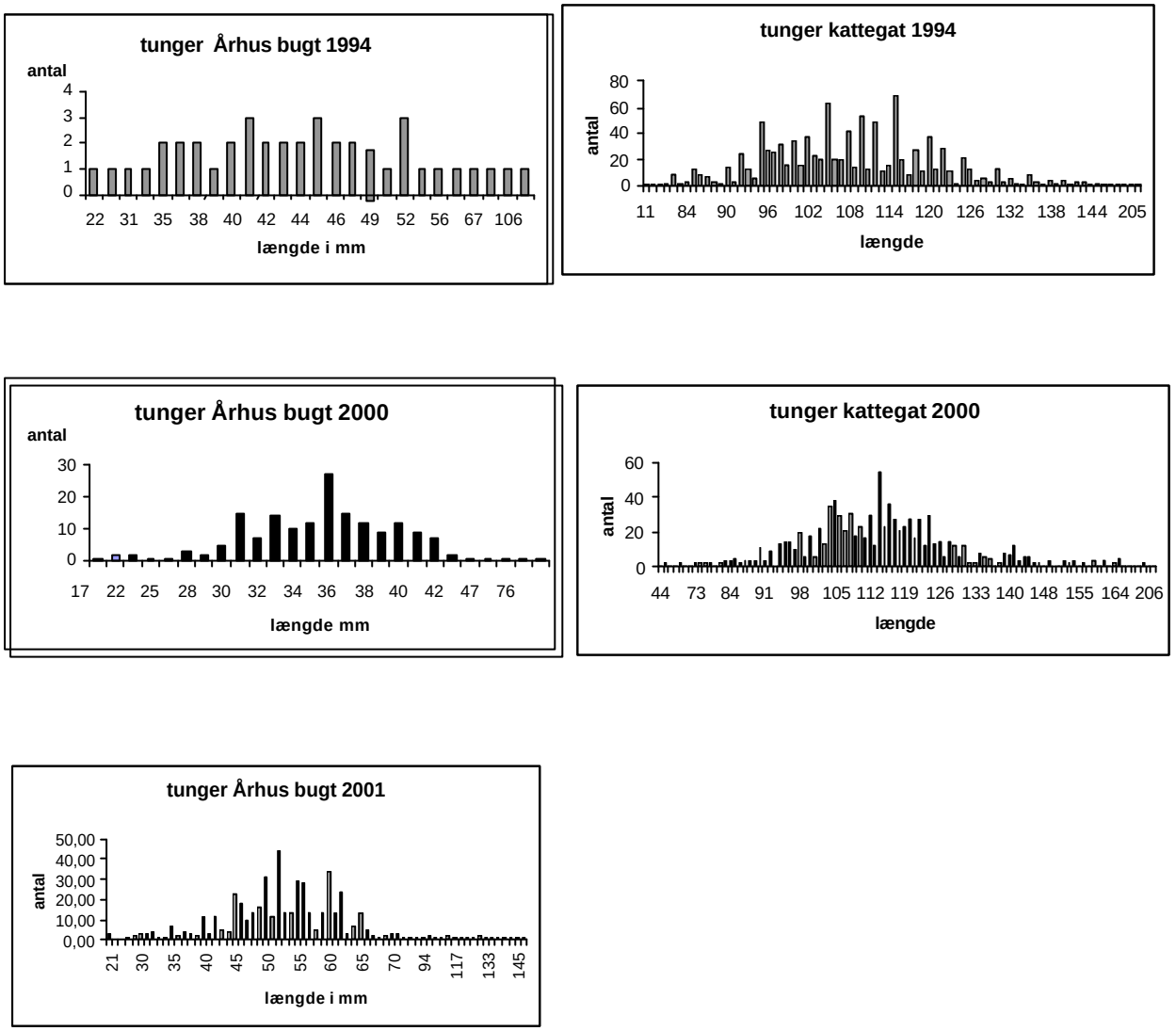
Det er undersøgt, om der er en forbindelse mellem svingningerne i tætheden af 0-gr. rødspætter i Århus Bugt og Kattegat.
Derfor er tætheden i Kattegat korreleret med tætheden i Århus Bugt. Analysen viste, at der ingen sammenhæng er, hvis hele tidsserien anvendes i analysen, men anvendes perioden 1991-2001 (ingen data fra Kattegat 2002) er der en signifikant korrelation på $R=0,781$ og $df=7$ ($0,1<P<0,5$). Vi ser ingen sammenhæng for perioden 1959-67.

5.5.8 Vind og tilførsel af yngel

Vinddata findes for Gniben fra 1960-2000. Det er undersøgt, om tætheden af tunger og tætheden af 0-gr. rødspætter er relateret til vinden.

5.5.8.1 Tunger

Tunger er ikke set i fangsterne i 1960'erne, men igennem 1990'erne optræder de som hyppige gæster. I Århus Bugt ses de som regel som 0-grupper, medens man i Kattegat fanger dem som 1-grupper.

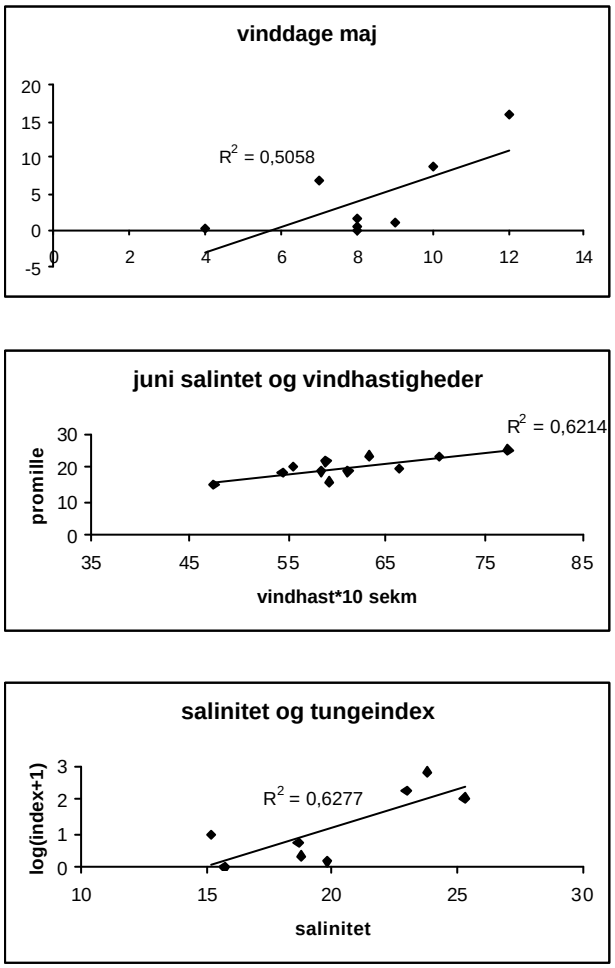


Figur 5.5.8.1-1 Længdefordelingen af tunger i Kattegat og Århus Bugt i årene 1994, 2000 og 2001 (i 2001 kun Århus Bugt).

Af figur 5.5.8.1-1 kan det ses, at Århus Bugt tilsyneladende fungerer som en opvækstplads for tunger. De fanges ikke som voksne i novembertogterne. Det kan også ses af længdefordelingen, at de ikke ser ud til at blive i Århus Bugt. I år 2000 blev der fanget 16 pr. 10 min. træk, i 2001 blev der fanget 54 pr. 10 min., og i 2002 kun 3 pr. 10 min. træk.
Århus Amts undersøgelse af forekomsten af fiskeæg og larver viser for år 2002 ingen tungeæg og larver, men i år 2001 fanger de larver i august samme måned, hvor der fanges 0-gruppe tunger på ca. 5 cm. Der er samme år også rapporteret om tungelarveforekomster i april-maj (Århus Amt og Århus Universitet, 2002).
Der forekommer tunger i yngeltrawlingerne i juli-august som 0-grupper, hvilket tyder på at de må være kommet ind som æg og larver. Da vandmasserne bevæges over korte afstande, må der kraftige vinde til for at få dem til at komme fra gydepladserne til Århus Bugt. Derfor er antallet af vinddage, der overskrider middelvindhastigheden i perioden februar-august, talt op, og af nedenstående figur ses, at der er en signifikant sammenhæng.

Vinddata for perioden 1961-2000 er tilgængelige fra Gniben for månederne februar til og med august. Middelvindhastigheden for hele perioden blev beregnet til 7,5 m/sek, middelhastighed og middelretning pr. måned blev beregnet.

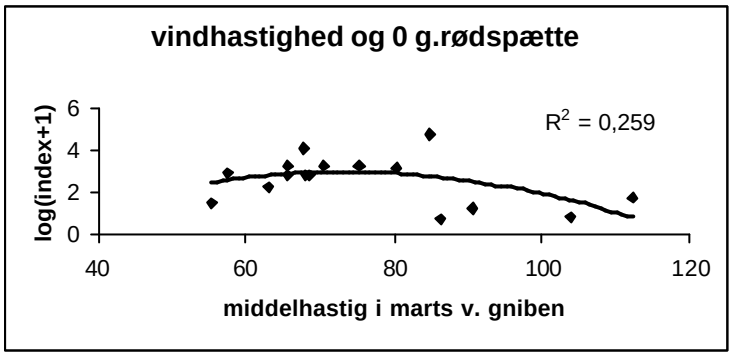
En relation mellem tungeabundancen og salinitet og antal vinddage med en hastighed større end middelhastigheden kan ses i figur 5.5.8.1-2. Det kan ses, at sammenhængen er signifikant (R2=0,5058 df=6) og for tungeindex og salinitet er sammenhængen signifikant (R2= 0,6277 df=6). Sammenhængen mellem vindhastigheden og salinitet (juni) viste sig også at være signifikant (R2=0,6214 df=9).



Figur 5.5.8.1-2 Relationen mellem tungeindeks, antal vinddage >7,5 (middelvindhastigheden), saliniteten og vindhastigheden i juni.

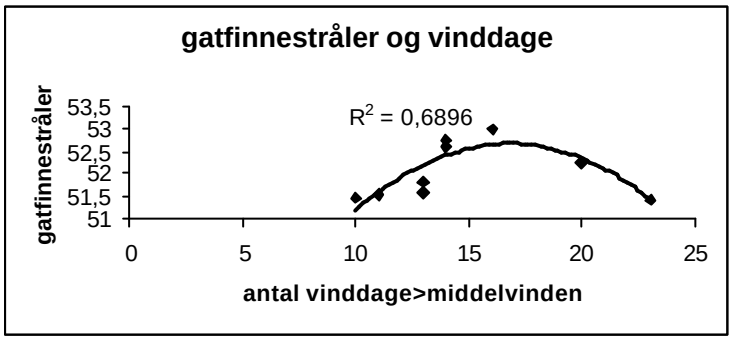
5.5.8.2 Rødspætter

I Kattegat var det set, at vinden kan have en gavnlig effekt på 0-gruppe rødspætter (Nielsen et al., 1998). I Kattegat blev der påvist lineær sammenhæng mellem vindhastigheder og rødspætteabundancen. Den sammenhæng, som ses i Århus Bugt, er en klokkeformet kurve.



Figur 5.5.8.2-1 Sammenhæng mellem vindhastigheden og 0-gruppe rødspætter

Middelgatfinnestråletallet er ligeledes relateret signifikant til vinden. Denne relation er også klokkeformet, se figur 5.5.8.2-2.

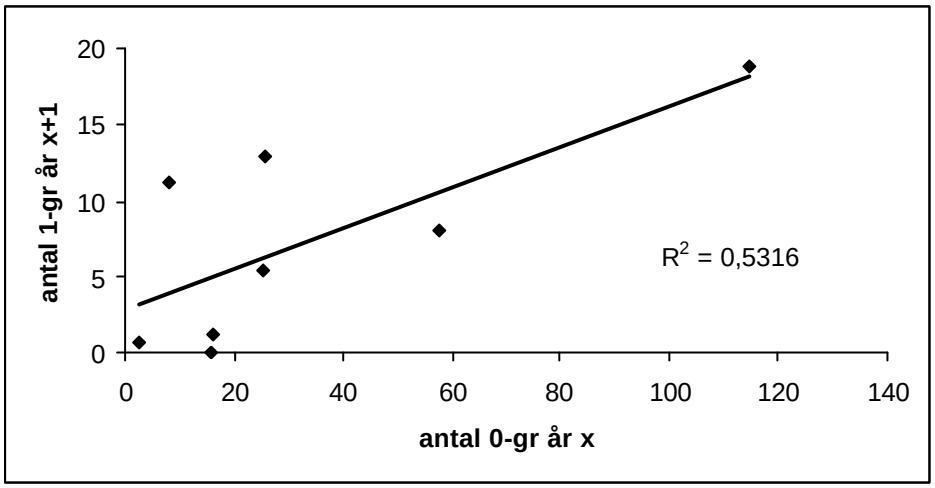


Figur 5.5.8.2-2 Sammenhæng imellem gatfinnestråler og vinddage.

Gatfinnestråletallet stiger med stigende antal vinddage med hastigheder større end middelvind, dog til en vis grænse hvor det så falder, hvilket tyder på, at vinden hovedsageligt bringer Kattegat fisk med. Længere perioder (> 17 dage) med høje vindhastigheder bevirker, at gatfinnestråleantallet igen falder. Stærk vind er ikke gavnlig for rødspætterekrutteringen i Århus Bugt.

5.5.9 Sammenhæng mellem 0-gruppe rødspætter og 1-gruppe rødspætter i november

Det er testet, om tætheden af 0-gr. rødspætter i august afspejler sig i tætheden af 1-gr. rødspætter i novembertogtet et år efter. En korrelationsanalyse viser en signifikant sammenhæng på 5% niveau.



Figur 5.5.9-1 Sammenhæng mellem tætheden af 0-gr. rødspætter (august) og 1-gr. rødspætter (november året efter) i Århus Bugt i perioden 1991-2002.

Resultatet betyder, at man kan se 0-gruppe årgangen året efter, men vi så ingen sammenhæng mellem 0-gruppen og tætheden 2 år efter. Der kan ikke laves analyse på de historiske data, idet de to perioder ikke overlapper.

5.6 Den geografiske og tidslige fordeling af 0-gruppe fladfisk i Århus Bugt

I 2000 blev 3 lokaliteter undersøgt for at kortlægge den geografiske fordeling af 0-gr. fladfisk i Århus Bugt.
Bellevue, Mårup Vig (inklusive Sælvig bugt) og Saksild blev undersøgt i juli, august og september, hvorved både settlingstidspunktet samt væksten kunne registreres. Stationernes placering er vist i appendix X.

Fangster (standardyngeltrawl træklængde 300 m) er foretaget på følgende tidspunkter og dybder:

- Primo juli på dybder fra 0,5 til 1 meter.
- Primo august på dybder fra 1 til 1,5 meter.
- Ultimo september på dybder fra 2 til 2,5 meter.

Farvandet ud for Bellevue er beliggende ca. 3 km nord for Århus Havn og er et lavvandet område med sandrevler ud til 5-800 m fra kysten, hvor 2-meters dybdekurven befinder sig. Sedimentet er velsorteret (U = 1,6) mellem/fint sand med et lavt indhold af organisk stof (tørstof: 75%, glødetab: < 0,5% af tørstof).

Farvandet ud for Saksild Strand er beliggende ca. 18 km syd for Århus og er et lavvandet område ud til 12-1500 meter fra kysten (2-meter dybdekurven). Sedimentet er rimeligt velsorteret (U = 1,9) mellem/fint sand med et lavt indhold af organisk stof (tørstof: 75 %, glødetab: < 0,5% af tørstof).

Mårup Vig på vestsiden af Samsø er lavvandet ud til 1100 m fra kysten, hvor 2-meter dybdekurven findes. Sedimentet er velsorteret (U = 1,6) mellem/fint sand med et lavt indhold af organisk stof (tørstof: 77 %, glødetab: < 0,5% af tørstof).

Sediment og dybdeforløb er således rimelig ensartet på de 3 lokaliteter, som indbyrdes er beliggende med en afstand på 20-25 km.

5.6.1 Geografisk variation

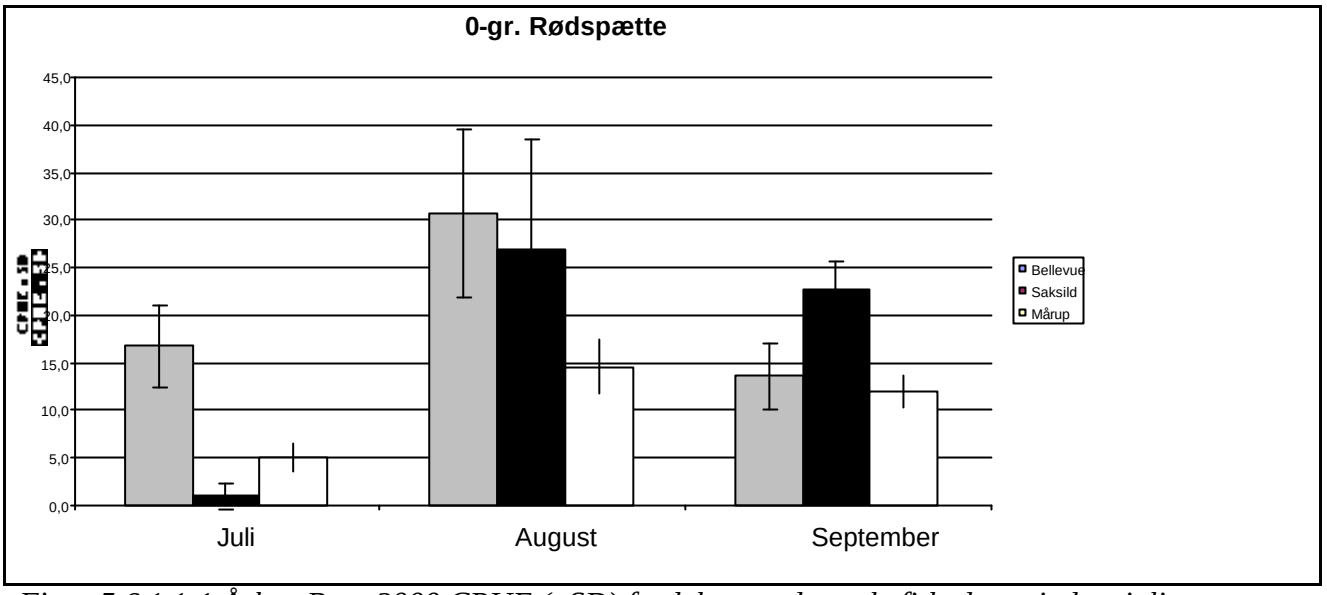
Tætheden (CPUE) (10 min. trawltræk af 300 m) af 4 fladfiskearter: Rødspætte, skrubbe, slethvarre og tunge, på 3 lokaliteter i Århus Bugt i perioden juli, august og september er vist i tabel 5.6.1-1 og figur 5.6.1.1-1 (rødspætte).

	CPUE	SD	CPUE	SD	CPUE	SD
Rødspætte	Juli		August		September	
Bellevue	16,8	4,3 (n=5)	30,7	8,8 (n=6)	13,6	3,5 (n=9)
Saksild	1,0	1,4 (n=5)	27,0	11,5 (n=3)	22,8	5,9 (n=5)
Mårup	5,0	1,5 (n=6)	14,6	2,8 (n=4)	12,0	1,7 (n=8)
Skrubbe						
Bellevue	19,2	17,4	8,0	11,3	7,6	10,7
Saksild	21,5	9,0	22,0	16,4	2,0	1,8
Mårup	8,0	5,6	6,7	7,1	1,6	1,2
Slethvarre						
Bellevue	4,8	9,1	0,0	0,0	1,0	1,3
Saksild	0,0	0,0	35,3	36,6	0,5	1,0
Mårup	1,0	1,5	24,2	6,8	1,0	0,5
Tunge						
Bellevue	0,0	0,0	57,7	23,1	0,3	0,5
Saksild	0,5	1,2	16,7	11,7	2,0	1,4
Mårup	1,0	1,5	24,0	26,9	0,5	0,8

Tabel 5.6.1-1 Tætheden: CPUE ± SD (10 min. trawltræk af 300 m) for rødspætte (Pleuronectes platessa), skrubbe (Platichthys flesus), slethvarre (Scophthalmus rhombus) og tunge (Solea solea) for områderne: Bellevue, Saksild og Mårup i månederne juli, august og september. N= antal træk pr. station i juli, august og september 2000.

5.6.1.1 Rødspætte

Der er i juli måned en signifikant større tæthed af rødspætter ved Bellevue end ved Saksild og Mårup. I september er der ved Saksild en signifikant højere tæthed sammenlignet med Mårup. Tætheden ved Bellevue varierer ikke signifikant i perioden juli, august og september. Ved Saksild og Mårup ses en signifikant stigning fra juli til august. For alle 3 områder sker der et fald i tætheden fra august til september, se figur 5.6.1.1-1. Faldet er ikke signifikant, men repræsenterer sandsynligvis en reel reduktion som følge af dødelighed og en udvandring fra området (Wennhage, 1999).



Figur 5.6.1.1-1 Århus Bugt 2000 CPUE (±SD) fordelt over de tre befiskede perioder: juli, august og september på lokaliteterne: Bellevue, Saksild og Mårup. CPUE er normaliseret til 300 m pr. træk.

5.6.1.2 Skrubbe

Tætheden af skrubber er mellem stationerne forholdsvis ens og er kun signifikant forskellig mellem Saksild og Mårup i august måned. Inden for den enkelte station er der betydelig variation, hvor tætheden er signifikant faldende fra juli til august (Bellevue) og fra august til september (Saksild/Mårup).

5.6.1.3 Tunge

Variationen mellem stationerne er kun signifikant forskellig mellem Bellevue og Saksild i september.
Fra juli til august sker der på alle stationer en signifikant stigning i tætheden, og fra august til september sker der ligeledes et signifikant fald i tætheden.
Dette tyder på en forholdsvis hurtig migration af tunge, som settler senere end de 3 andre arter og efterfølgende hurtigere søger til større vanddybde (> 2,5 m).

5.6.1.4 Slethvarre

Variationen mellem stationerne er betydelig. Slethvarren optræder ikke i fangsten i juli måned ved Saksild og i august ved Bellevue. Ved Saksild og Mårup optræder slethvarren med signifikant større tæthed i august end i juli og september.

5.6.2 Sedimentforhold og prædation

Århus Bugt som opvækstområde for gr. 0-fladfisk (undtagen ising) er begrænset af tilgængeligheden af områder med egnet substrat på vanddybder fra 0-6 meter.
Bundforholdene er i forbindelse med Århus Amts vegetationsundersøgelser kortlagt, og tabel 5.6.2-1 viser fordelingen af områder dækket med vegetation (ålegræs og makroalger), blåmuslinger samt barbundsarealer.

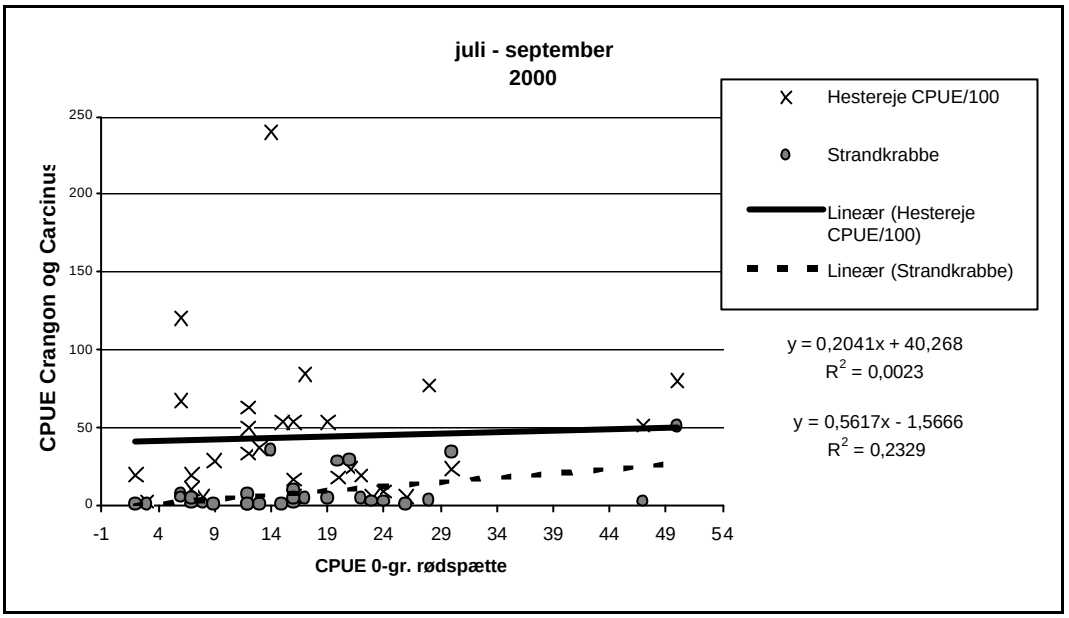
Af et samlet areal i Århus Bugt (0-6 meter dybdegrænsen) på ca. 100 km² er ca. 25% dækket med makrobiota (muslinger/alger) og ca. 75% er bar bund. Sedimentanalyserne viser, at den bare bund består af sand med et lavt indhold af organisk materiale < 1% glødetab.

Dybdeinterval	0-6 meter antal km²
Ålegræs	10,8
Alger	5,1
Blandet bund	
Blomsterplanter+alger	3,7
Blåmuslinger	1,8
Blomsterplanter+blåmuslinger	0,4
Blåmuslinger+alger	0,3
Total af bund dækket af vegetation/muslinger	21,8
Ingen vegetation (sandbund)	74,9
Total areal	96,9

Tabel 5.6.2-1 Fordelingen i km² af bundtyper i Århus Bugt i dybdeintervallet 0-6 meter.

Rødspætten foretrækker den åbne sandbund med kun spredt vegetation (Wennhage og Pihl, 1994). Undersøgelsen viste, at der ikke var signifikant forskel i tætheden af 0-gr. rødspætter på de 3 lokaliteter i august måned.
Tætheden af 0-gr. rødspætter i august måned er i et "normalt" år ca. 25 på et befisket areal af 1200 m² (0,02 pr m²). Med et samlet barbundsareal i Århus Bugt på 75 km² svarer dette til en potentiel bestand af 0-gr. rødspætter i august måned på ca.1,5 mill. stk.

Samlet over perioden juli til september er der ikke fundet en signifikant sammenhæng mellem tætheden af bundlevende prædatorer (hestereje *Crangon crangon* eller strandkrabbe *Carcinus maenas*) og tætheden af 0-gr. rødspætter, se figur 5.6.2-1. I juli måned er der en negativ korrelation mellem CPUE strandkrabber og hesterejer og CPUE rødspætter. Korrelationen er ikke signifikant (r^2 = 0,177 og 0,132), dog er der en tendens som indikerer, at fangster med CPUE gr. 0 rødspætter lig 0, er sammenfaldende med CPUE strandkrabber > 40.

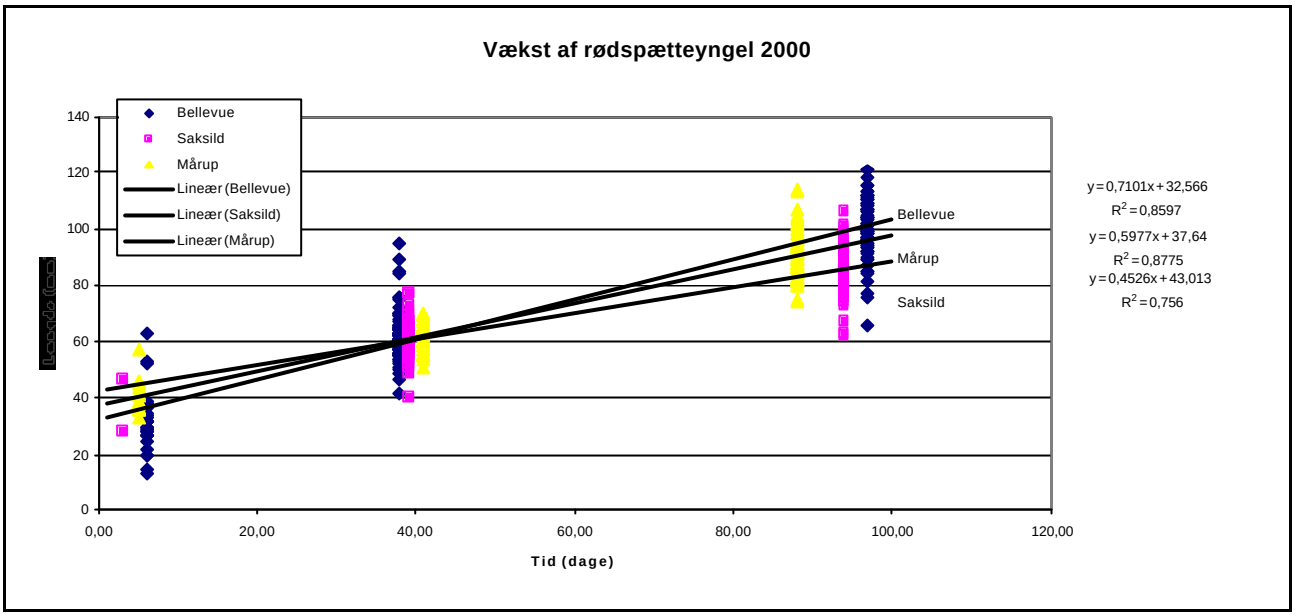


Figur 5.6.2-1 Sammenhæng mellem CPUE 0-gr rødspætter og CPUE Crangon crangon, Carcinus maenas i Århus Bugt i perioden juli-september 2000.

5.6.3 Vækst af fladfiskeyngel: Tidslig og geografisk variation

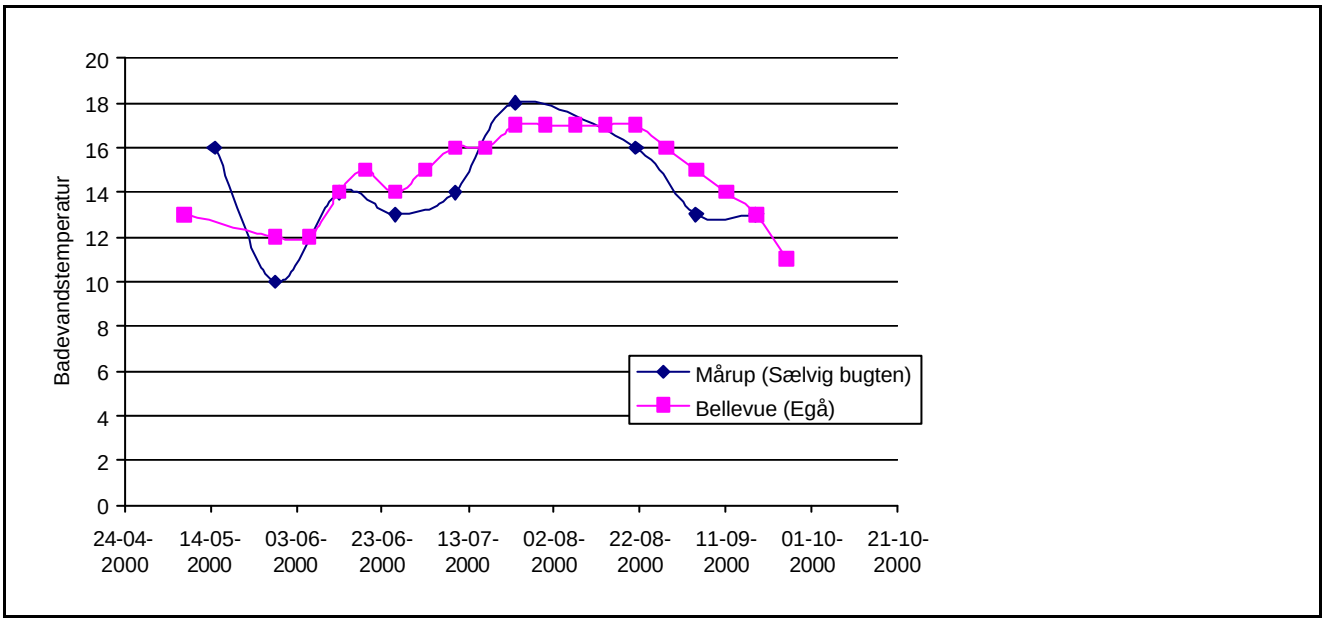
Rødspættens længdetilvækst er bedst beskrevet ved en lineær kurve (figur 5.6.3-1). I juli måned var rødspætterne signifikant længere ved Mårup (41 mm i gennemsnit) end ved Bellevue (32 mm, P = 0,001, t-test). I august var der ingen forskel på rødspætternes længde mellem lokaliteterne (P> 0,05, t-tests). Den lå på gennemsnitlig 61 mm på alle tre lokaliteter. I september derimod var rødspætterne signifikant større ved Bellevue (100 mm) end ved Mårup (90 mm, P = 0,000, t-test), som var signifikant større end rødspætterne ved Saksild (85 mm, P = 0,000, t-test). Vækstraterne for rødspætter over hele perioden bliver således 0,73 mm/dag ved Bellevue, 0,6 mm/dag ved Mårup og 0,45 mm/dag ved Saksild.

De fundne gennemsnitsvækstrater (0,5-0,7 mm/dag) for rødspætter i Århus Bugt svarer til vækstrater (fra bundslåningstidspunktet til august) for rødspætter i Vadehavet (Van der Veer et al. 2000b).



Figur 5.6.3-1 Længdevækst hos rødspætte på stationerne Bellevue, Saksild og Mårup i perioden juli til september 2000. Den 1. juli er dag 1.

I en periode fra midt i juni til midt i juli er temperaturen ifølge badevandstemperaturmålingerne 1-2 grader højere i området omkring Bellevue end den er omkring Saksild og Mårup (figur 5.6.3-2. I denne periode udviser fladfiskene normalt højere vækstrater end lidt senere på sæsonen (Jager et al. 1995), og temperaturen kan derfor have været en medvirkende faktor til den højere vækstrate ved Bellevue.



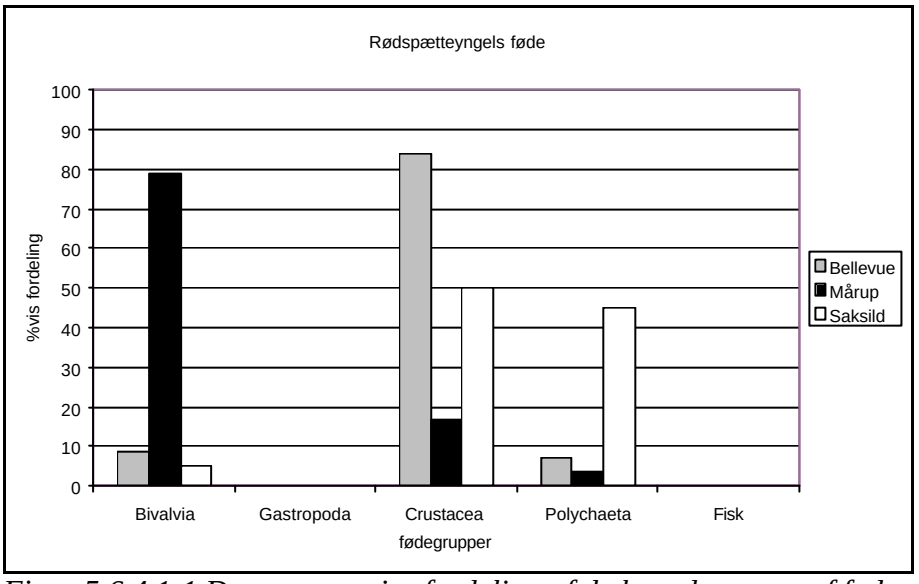
Figur 5.6.3-2 Badevandstemperaturen målt ved Bellevue og Mårup i perioden maj til ultimo september 2000.

Når vandtemperaturen når over 20ºC, begynder fladfiskenes vækst at aftage (Fonds et al. 1992). Vandtemperaturen var i 2000 ikke kritisk høj på noget tidspunkt på nogen af de undersøgte lokaliteter.

5.6.4 Føde: Geografisk variation

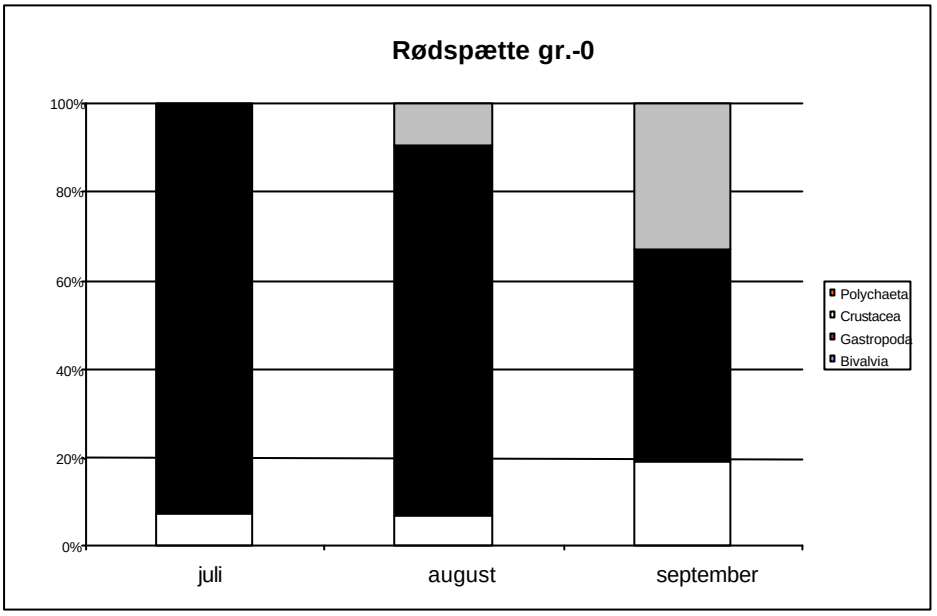
5.6.4.1 Rødspætte

Rødspætten er den af de 4 fladfiskearter, der spiser mest varieret. Fødevalget fordelt mellem de tre hovedgrupper: krebsdyr, muslinger og børsteorm er vist i figur 5.6.4.1-1.
Ved Bellevue har rødspætterne hovedsageligt spist krebsdyr. Ved Saksild har de spist krebsdyr og børsteorm, mens de ved Mårup overvejende har spist muslinger (80 %).
De muslinger, som rødspætterne har spist ved Mårup, er næsten udelukkende små nyligt bundslåede molboøsters, som de har spist i juli måned. Ved Bellevue og Saksild består muslingerne af flere forskellige muslingearter.
De krebsdyr, som rødspætterne har spist, var hovedsageligt vandlopper ved Bellevue og Mårup, mens de ved Saksild bestod overvejende af hesterejer (50 %) og en del uidentificerede krebsdyr.



Figur 5.6.4.1-1 Den procentvise fordeling af de hovedgrupper af føde, som den fangede rødspætteyngel (n=255) har spist ved Bellevue, Mårup og Saksild over hele den befiskede periode. Bivalvia: muslinger, Gastropoda: snegle, Crustacea: krebsdyr, Polychaeta: børsteorm, Fisk.

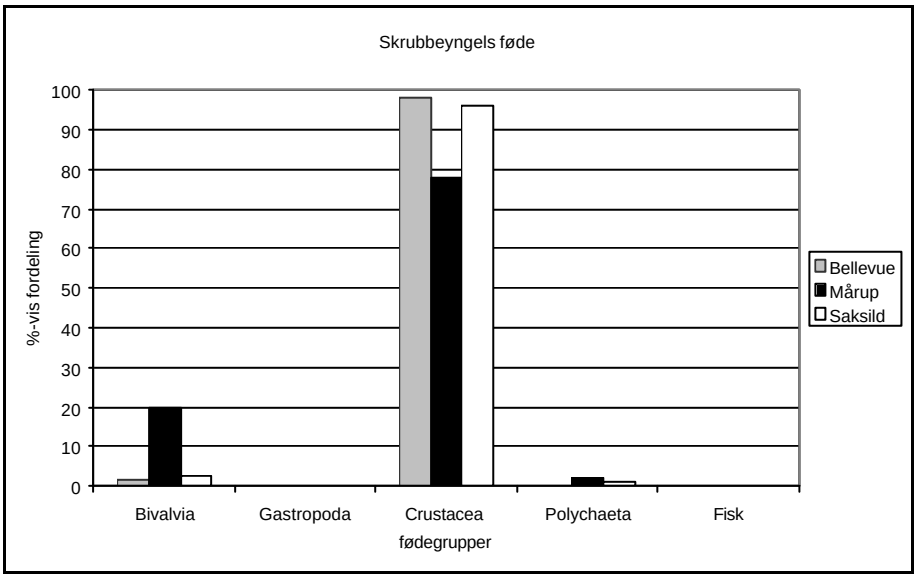
I perioden fra juli til september sker der et skifte i rødspættens fødevalg. I figur 5.6.4.1-2 er vist den procentvise fordeling af byttedyr inden for hovedgrupperne. I perioden umiddelbart efter settlingen består føden primært (>95 %) af Crustaceer, mens den i perioden frem til september i højere grad består af Polychaeter og forskellige muslinger (Bivalvia).
Den tidslige udvikling i rødspættens krebseføde er, at de fra næsten udelukkende at spise krebsdyr i form af vandlopper i juli, går over til at spise Amphipoder og Bathyporeia i august og hesterejer og Gastrocaccus i september.



Figur 5.6.4.1-2 Den procentvise fordeling af de hovedgrupper af føde, som den fangede rødspætteyngel har spist i juli, august og september på lokaliteten Bellevue. Bivalvia: muslinger, Gastropoda: snegle, Crustacea: krebsdyr, Polychaeta: børsteorm.

5.6.4.2 Skrubbe

Skrubbens føde bestod på alle tre lokaliteter hovedsageligt af krebsdyr, bortset fra Mårup, hvor 20% bestod af molboøsters.



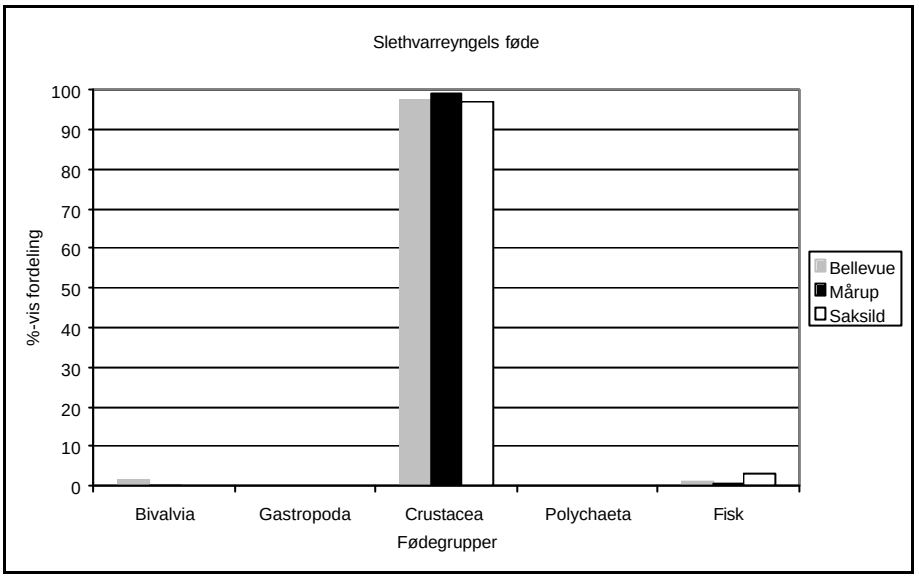
Figur 5.6.4.2-1 Fordelingen af 0-gr. skrubbe (n=91) føde i perioden juli, august og september 2000 på de 5 hovedgrupper.

De krebsdyr, skrubberne spiser, består på alle tre lokaliteter overvejende af vandlopper. Disse er ved Saksild suppleret med 30% amphipoda. Ved Mårup er ca. halvdelen af skrubbernes krebsdyrføde uidentificeret.

De krebsdyr, skrubben spiser i juli, består antalsmæssigt af godt 80% vandlopper og 20% amphipoder. I august har det ikke været muligt at identificere størstedelen af de spiste krebsdyr, men i september består næsten 70% af føden af hesterejer.

5.6.4.3 Slethvarre

Slethvarrens føde består ligesom skrubbens mest af krebsdyr på alle lokaliteter.
De krebsdyr, slethvarren spiser, består på alle lokaliteter af decapoder. Henholdsvis 80% og 40% af føden er ved Saksild og Mårup bestemt til hesterejer.

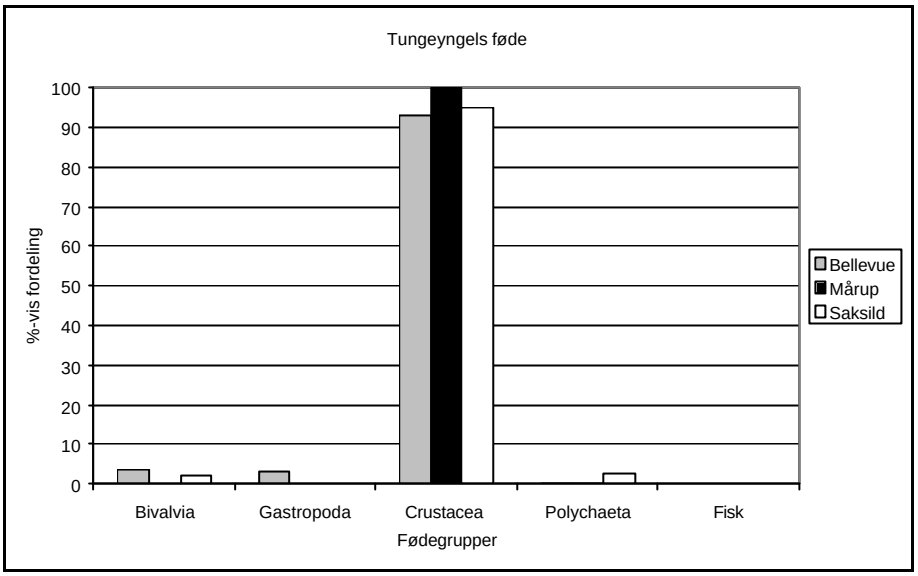


Figur 5.6.4.3-1 Den procentvise fordeling af føde for slethvarre (n=64) i perioden juli-september 2000 i Århus Bugt.

I alle de undersøgte måneder består slethvarrens føde mest af krebsdyr. I september spiser slethvarren dog, som den eneste af de fire arter, ca. 10 % fisk. Resten af føden består af krebsdyr, men også her adskiller slethvarren sig fra de andre fiskearter, idet den slet ikke spiser vandlopper. Det er ikke muligt at sige, hvorvidt der foregår en udvikling i slethvarrens krebsdyrføde fra juli til august, da slethvarren i begge måneder har spist næsten 100 % decapoder, hvoraf ingen er artsbestemt i juli. I september supplerede slethvarren decapoderne med ca. 25% gastrosaccus.

5.6.4.4 Tunge

Tungens føde bestod ligesom slethvarrens og skrubbens føde hovedsageligt af krebsdyr på alle lokaliteter.
De krebsdyr, tungerne spiste, bestod ved Bellevue af vandlopper og amphipoda, mens krebsdyrene ved Mårup og Saksild ikke kunne identificeres nærmere.



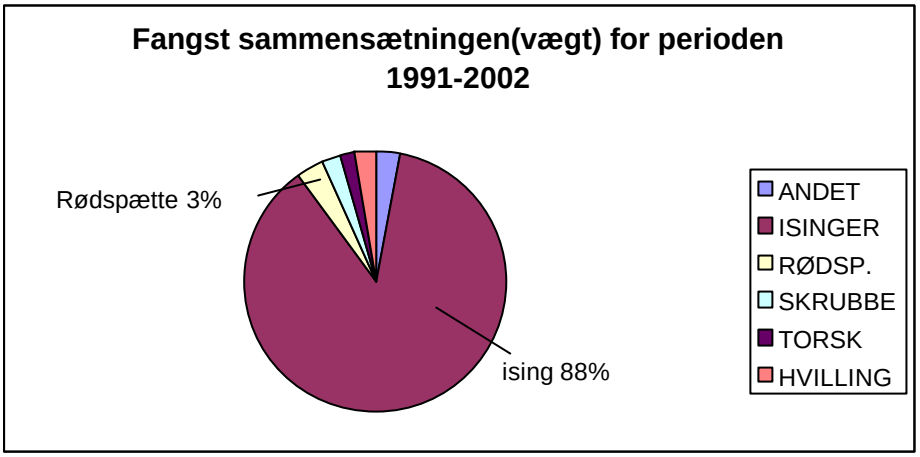
Figur 5.6.4.4-1 Den procentvise fordeling af føde hos tunge (n=79) i perioden juli-september 2000.

Der indgår ikke tunger i maveundersøgelsen i juli. I august spiste tungerne krebsdyr og i september supplerede de disse med 10-15 % børsteorm.
De fleste krebsdyr, tungerne spiste i august, kunne ikke identificeres udover ca. 10 % amphipoder og 10 % copepoder. I september derimod bestod føden af 40 % kommakrebs, knap 30 % hesterejer og 30 % ikke nærmere bestemte decapoder.

6 Fangst og artssammensætning på vanddybder >10 meter

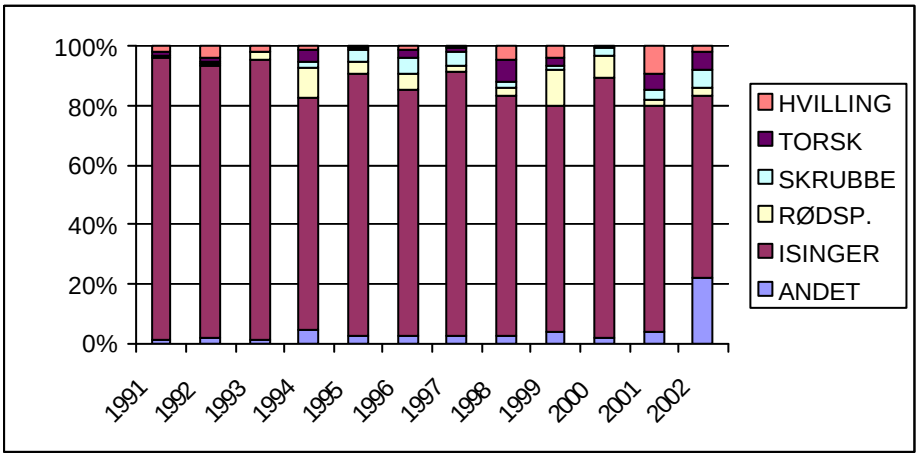
6.1 Artssammensætning fordelt efter vægt

Ising er den art, der totalt dominerer fangsterne. I perioden 1991-2002 udgør den 88% af fangsten i vægt, medens rødspætten udgør 3% (figur 6.1-1). Arter som skrubbe, torsk og hvilling udgør hver 2% af totalen.



Figur 6.1-1 Middelartssammensætningen (vægt) i oktober/november (Århus Bugt 1991-2002).

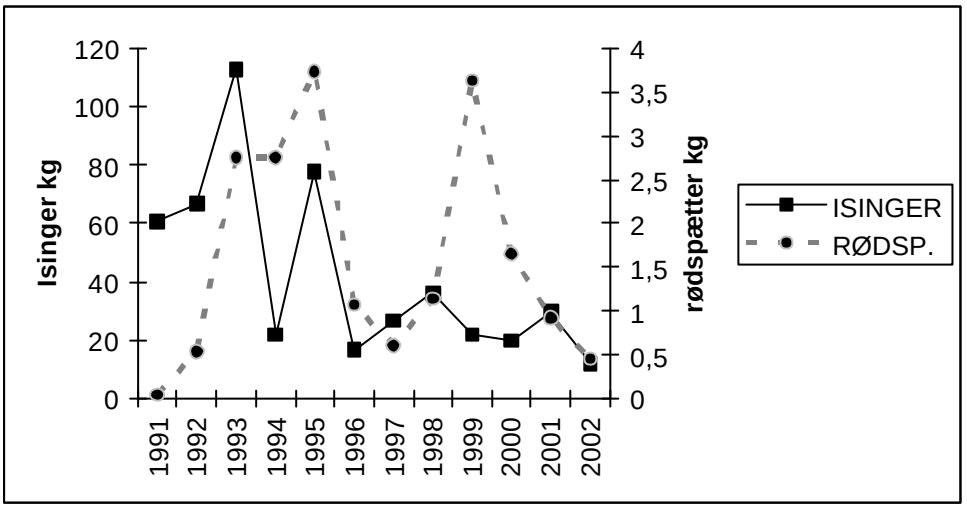
Den årlige variation i artssammensætning af de vigtigste arter i Århus Bugt fremgår af figur 6.1-2. Det fremgår at isingerne er dominerende i alle årene, men andelen er nedadgående fra over 90% i 1991 til ca. 65% i 2002 - det laveste i undersøgelsesperioden 1991-2002.
Isingemiddelfangsten i kg pr. 30 min. træk var i 1991-1996 på 59,4 kg (std. 35,95), og i perioden 1997-2002 var den 24,48 kg (std. 8,35). En signifikant nedgang mellem de to perioder (t=2,316; P=0,043) blev fundet.
Rødspættebidraget er steget fra < 1% i 1991 til ca. 10% i 1999, men derefter faldet til ca. 2% af totalen i 2002. Skrubbeandelen er vokset siden 1994 til knap 6% i 2002.



Figur 6.1-2 Årlig middelartssammensætning i % (/vægt) i fangsterne i oktober/november i Århus Bugt.

Rødspættefangsterne var størst i midten af 1990'erne. Middelrødspættefangsterne for hele Århus Bugt er steget fra 0 til 4 kg pr. 30 min. træk fra 1991 til 1995 (figur 6.1-3), hvorefter fangsten er faldet for igen at stige i 1999 og derefter falde til 0,5 kg i 2002.
Rødspættefangsterne er faldet, men ikke signifikant, når perioden 1991-1996 sammenlignes med 1997-2002 fra 1,81 kg (std 1,466) til 1,40 kg (std.1,171).

Isingeandelen var højest i begyndelsen af 1990'erne og toppede i 1993 med 120 kg pr. 30 min. træk. Trenden i de gennemsnitlige isingefangster er nedadgående og er i 2002 nede på 12 kg pr. halv times træk (figur 6.1-3).



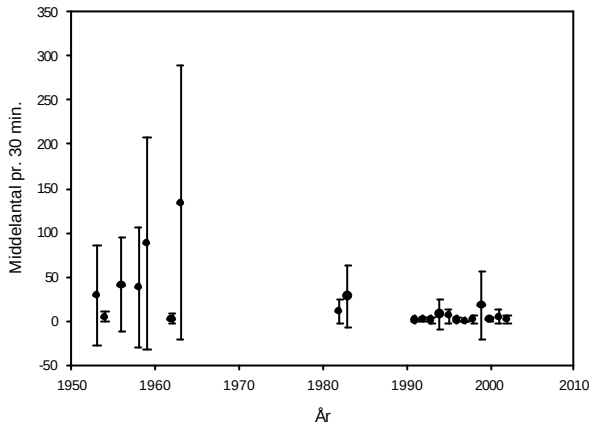
Figur 6.1-3 Rødspætte- og isingefangster (middelværdier vægt) for Århus Bugt i perioden 1991-1999.

6.2 Artssammensætning fordelt på antal

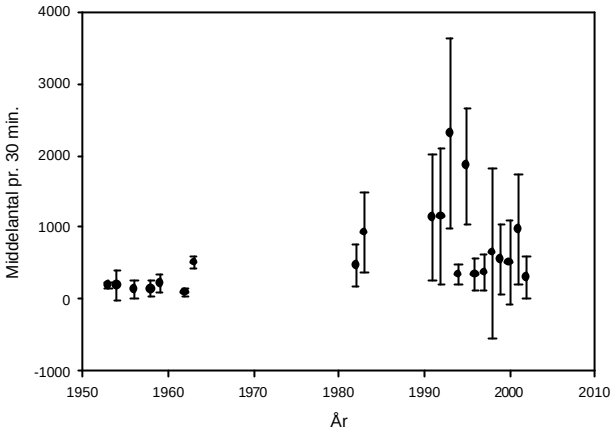
Årlig variation af de vigtigste arter i antal pr. 30 min. træk er vist på nedenstående figurer 6.2-1.
Fangster i antal ising, håising, skrubbe og rødspætte er tilgængelige for hele perioden 1953-1962 og 1991-2002. For de øvrige arter er det kun data fra perioden 1991-2002.
Der ses en stor år til år variation, og arter som hestemakrel og mulle optræder i fangsterne i de seneste år, og ansjoser er set i fangsterne fra 2002.

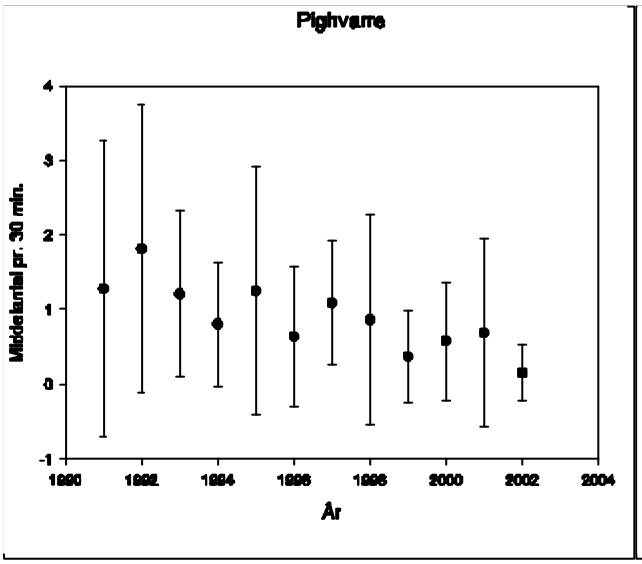
Fangsten af håisingen er reduceret i forhold til tidligere undersøgelser, medens isingen er i fremgang.
Middelantal af pighvarrer er nedadgående, medens der for slethvarrer ikke kan ses nogen klar trend.
Rødspætter viser en svagt nedadgående trend, men skrubber viser en svagt stigende trend.

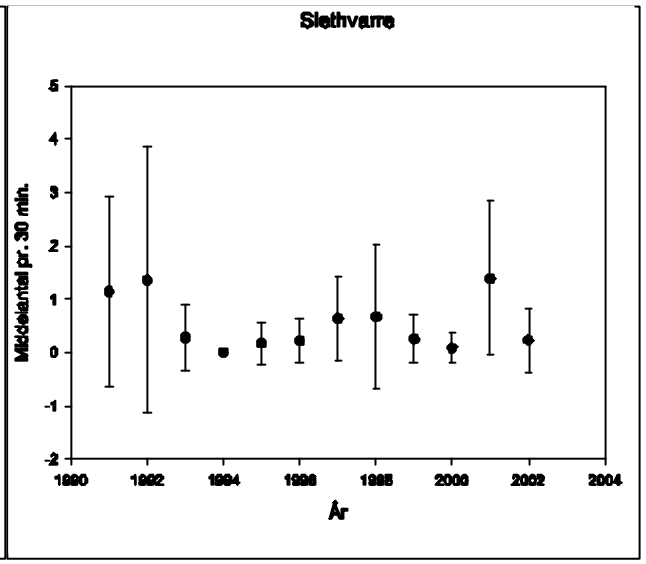
Håising



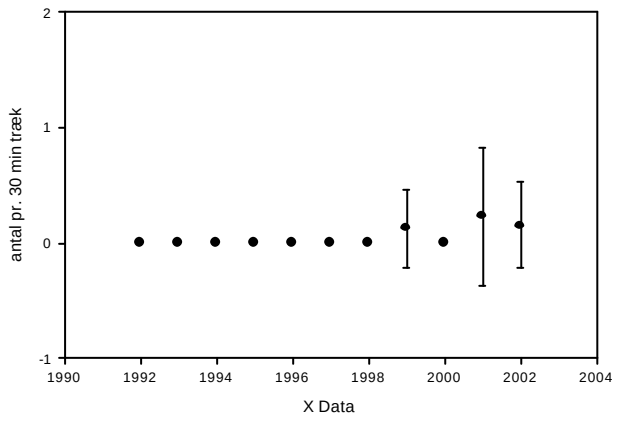
Ising



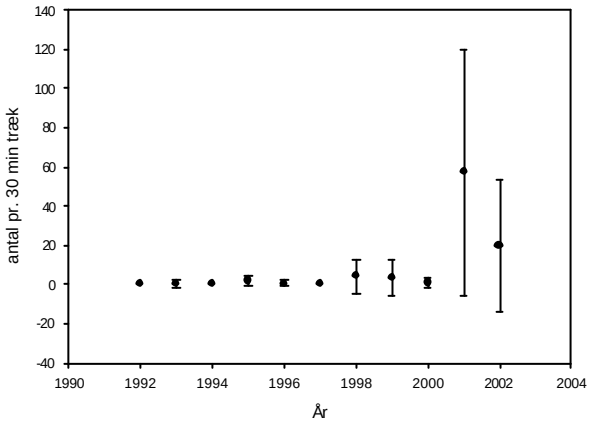


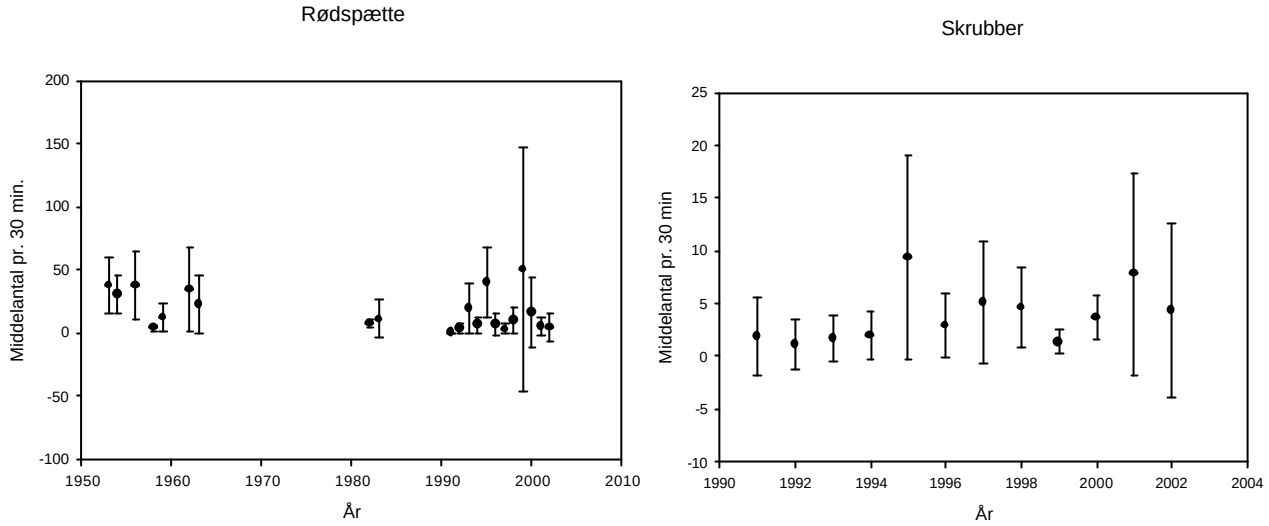


Mulle



Hestemakrel



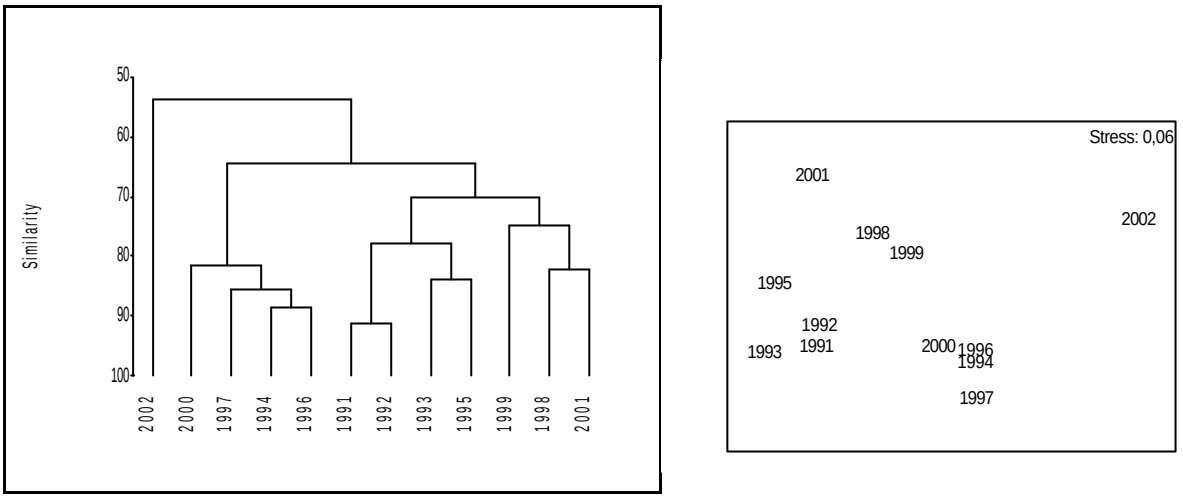


Figur 6.2-1 Variationen i middelantal pr. 30 min. trawltræk af udvalgte arter (middelantal og ± std.) i Århus Bugt.

6.3 Diversitet

Ændringer i diversiteten i perioden 1991-2002 er undersøgt. Metoden til at analysere, om der er sket ændringer i diversiteten, er den samme som beskrevet i afsnit 5.3.
De arter, der indgår i analysen, er: sardin, mulle, ansjos, tangsnarre, brisling, grå knurhane, rød knurhane, ulk, rødtunge, panserulk, tungehvarre, hvilling, torsk, slethvarre, skrubbe, pighvarre, rødspætte, ålekvabbe, glyse, håising, hestemakrel, ising, sild, kuller, kulmule, fjæsing og sortkutling. Alle er de arter, der optræder i mere end et træk i hele tidsserien.

Et dendrogram til at identificere afvigende år eller grupper kan ses på figur 6.3-1. Similariteten er angivet på y-aksen, og det ses, at similariteten er over 50%. Der er således intet, der tyder på et skift i diversiteten i perioden 1991-2002. År 2002 ser ud til at ligge 'udenfor', men med en similaritet på 60%, stressfaktoren er under 0,1 hvilket betyder, at MDS plottet er absolut acceptabelt. Cluster analysen og MDS plottet understøtter hinanden.



Figur 6.3-1 Dendrogram af en hierarkisk cluster analyse og MDS plot af undersøgelsesårene.

Middelantallet af arter fra år til år viser en svag stigning (figur 6.3-2). Diversitetindexet (Shannon – Wiener, se afsnit 5.3) er også stigende (signifikant R2=0,6391 P=0,01).

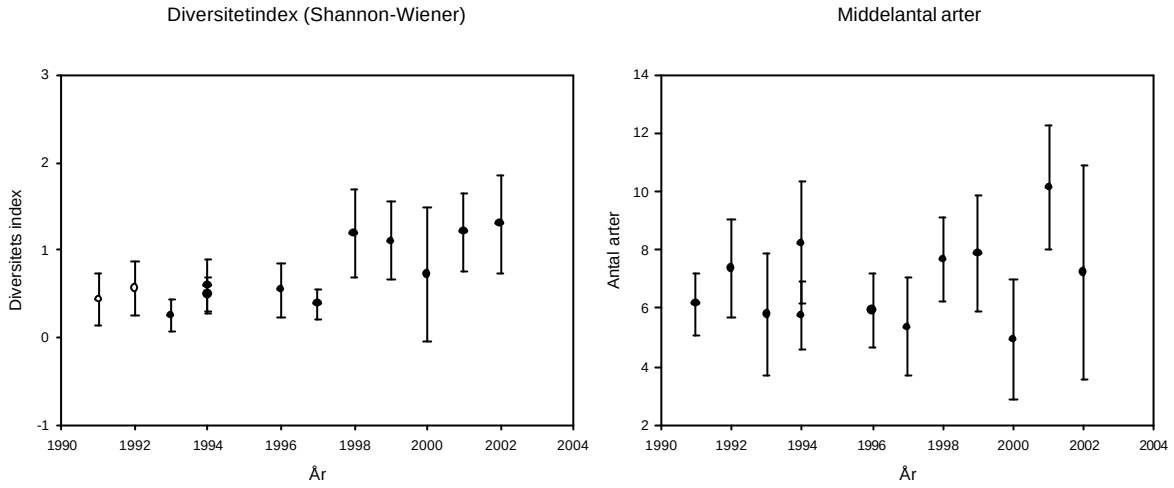
På grund af de kraftige iltsvind i slutningen af 1990'erne og forekomsten af gyrodinium, som var medvirkende til at reducere bundfaunaen i perioden 1996 til 1997, er perioden delt op i én i 1991-1996 og én 1997-2002. Middelantal arter og diversitetsindexet er beregnet for hver af de to perioder.

	Middel antal arter		**Diversitets index**	
Periode	middel	stdv	middel	stdv
1991-1996	6,48	1,8375	0,48	0,2921
1997-2002	7,53	2,8102	1,04	0,6026

Tabel 6.3-1 Middelantal arter og diversitetsindex i perioderne 1991-1996 og 1997-2002.

Med en ANOVA (SAS enterprise) er det testet, om der er signifikant forskel på perioderne 1991-96 og 1997-2002, tabel 6.3-1.
Middelantal arter viste forskel med F= 7,42 P=0,0072.
Diversiteten viste også signifikant forskel med F=51,59 P<0,0001.

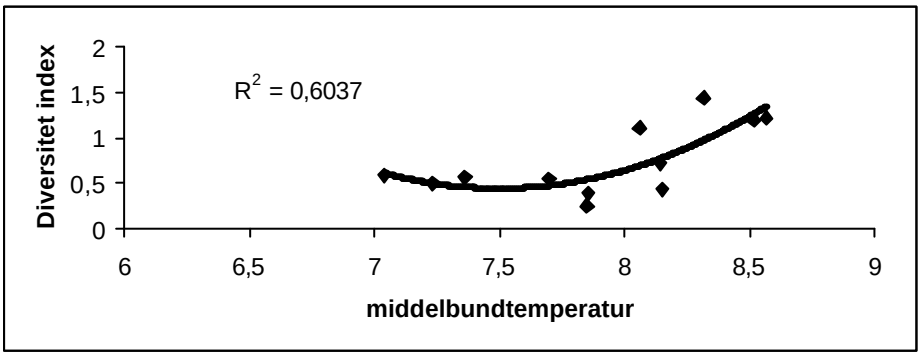
Varmekrævende arter som mulle, ansjos og hestemakrel optræder i større antal i dag end tidligere. Antallet af skrubber er stigende, medens isinger og rødspætter er gået tilbage.



Figur 6.3-2 Middelantal arter pr. år (th), og diversitetsindex (Shannon-Wiener)(tv).

6.4 Diversitet og ydre faktorer

Da mere varmeelskende arter er observeret i fangsterne i de senere år, er det undersøgt, om diversiteten kan relateres til temperaturen og middelbundtemperaturen (hele året). Bundtemperaturen og diversiteten er en U-formet kurve se figur 6.4-1. Sammenhængen er signifikant, se nedenstående tabel 6.4-1.



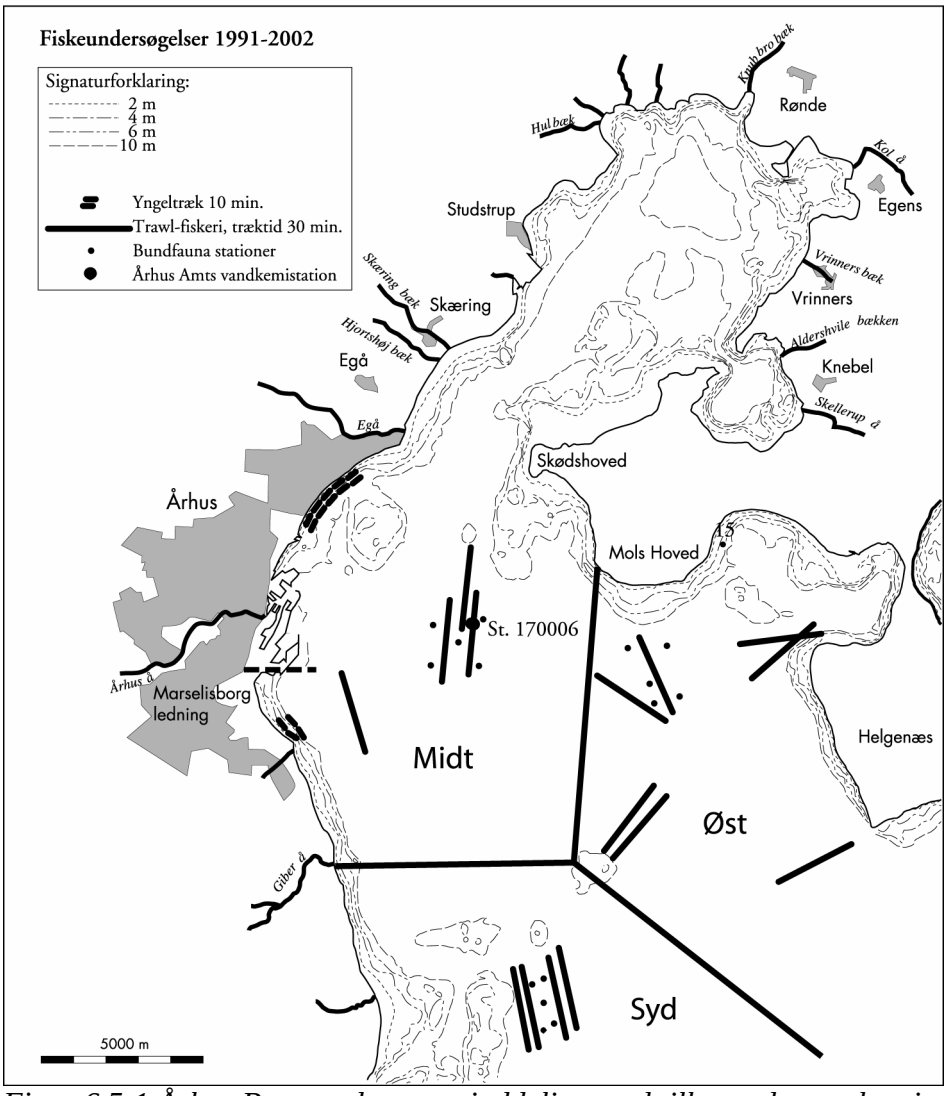
Figur 6.4-1 Sammenhængen mellem diversitetsindex og bundtemperaturen (St. 170006) Århus Bugt for perioden 1991-2002.

	Hele året Middelbund temp.		frihedsgrader
Diversitets-indeks	0,6037		10

Tabel 6.4-1 R^2 værdier og antal af frihedsgrader for relationen mellem middelbundtemperaturen hele året og diversitetsindekset.

6.5 Geografisk fordeling af fladfisk i Århus Bugt i perioderne 1953-62, 1982-85 og 1991-2002

Det er undersøgt, om der fra 1950'erne til i dag er sket ændringer i den geografiske fordeling i forekomsten af arterne ising, rødspætte, skrubbe, håising, slet- og pighvarre.
Der er foretaget en analyse af fangstdata fra 3 perioder med en opdeling af Århus Bugt i 3 geografiske zoner: Syd, Midt og Øst, se figur 6.5-1.



Figur 6.5-1 Århus Bugt med en zoneinddeling med tilhørende trawlstationer.

Den tidslige variation er i de 3 områder analyseret i 3 perioder: perioden 1953-62, perioden 1982-85 og perioden 1991-2002. Data er sammenlignet mellem områder og perioder vha. ANOVA og t-test (independent samples) (SPSS 4.0).

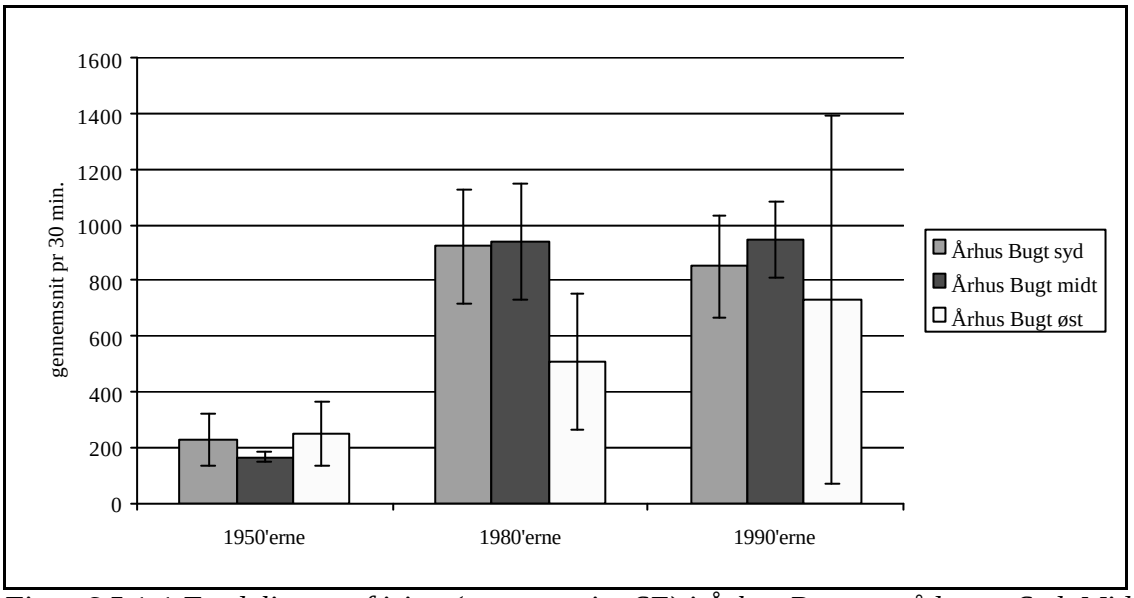
Område Syd er beliggende syd for 56°05'00''N mellem Norsminde og Mejlflak. Området med en homogen bund er befisket på vanddybder mellem 14-18 meter. Sedimentet har et tørstofindhold på ca. 30% og et glødetab på ca. 9%.

Område Midt er beliggende nord for 56°05’00’’N og vest for 10°20’00’’E, og omfatter den centrale del af bugten. Der er her befisket på vanddybde mellem 14-18 meter. Bunden er homogen med et sediment bestående af ca. 35% tørstof og med et glødetab på ca. 8%.

Område Øst udgøres af Begtrup Vig og området syd og vest for Sletterhage, hvilket er øst for 10°20’00’’E.
Vanddybden på de befiskede stationer varierer her mere end i områderne Syd og Midt. Der er i område Øst fisket på vanddybder mellem 15 og 28 meter.
Sedimentet ligner område Syd med et tørstofindhold på ca. 30% og med et glødetab på ca.9%.

For alle 3 områder gælder, at der i perioden 1991-2002 er sket et mindre fald i sedimentets tørstofindhold og en svag stigning i sedimentets glødetab.

6.5.1 Ising
Fordelingen af ising i fangsterne er i de 3 områder, og over de 3 perioder vist i figur 6.5.1-1.

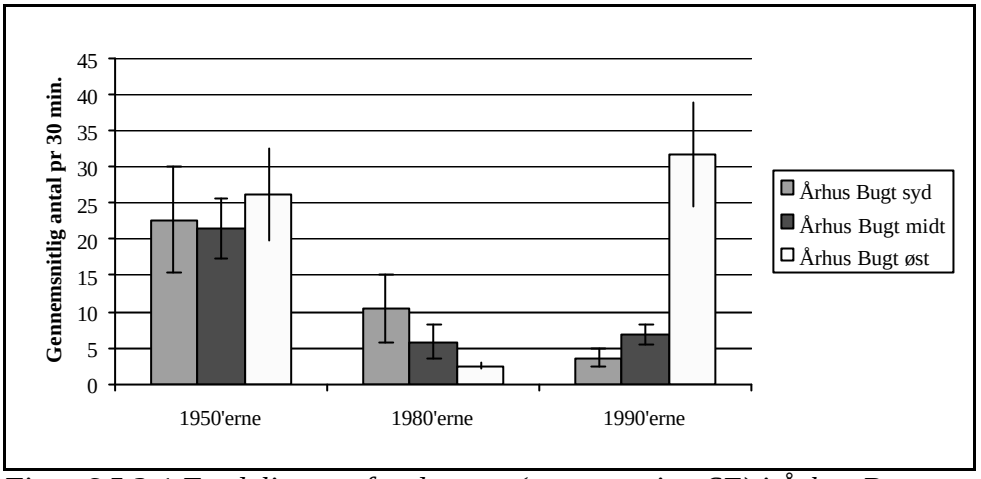


Figur 6.5.1-1 Fordelingen af ising (gennemsnit ±SE) i Århus Bugt områderne: Syd, Midt og Øst i 3 perioder: 1953-62, 1982-85 og 1991-2002.

Fangsten af ising inden for de 3 områder er ikke mellem de 3 perioder signifikant forskellige (ANOVA) (0,463 < P < 0,620).
Sammenlignes fangsterne (t-test, SPSS, independent samples) mellem områderne i de 3 perioder ses det, at fangsterne i perioden 1953-62 var signifikant lavere (0,001< p < 0,01) i områderne Syd og Midt end i 1980’erne og 1990’erne. I område Øst ses over de 3 perioder en tendens til en øgning i fangsten, men forskellen er ikke signifikant (P>0,089).
Samlet over de 3 perioder er fangsten af ising gået frem i alle 3 områder.

6.5.2 Rødspætte
Fordelingen i fangsten af rødspætte er i de 3 perioder for områderne: Syd, Midt og Øst vist i figur 6.5.2-1.

Inden for perioderne er der kun signifikant forskel mellem områderne i perioden 1991-2002, hvor fangsterne i område Øst var signifikant større ($p<0,001$) end i område Syd og Midt.

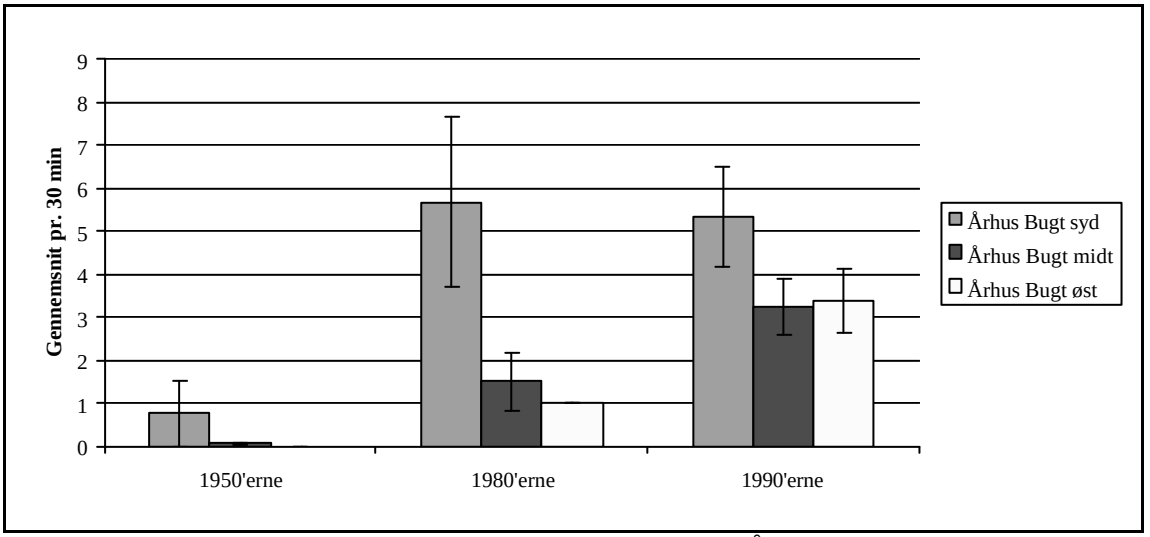


Figur 6.5.2-1 Fordelingen af rødspætte (gennemsnit ± SE) i Århus Bugt område: Syd, Midt og Øst i 3 perioder: 1953-62, 1982-85 og 1991-2002.

Sammenlignes fangsterne (t-test, SPSS, independent samples) mellem områderne i de 3 perioder ses en signifikant forskel ($0,001< p < 0,027$), hvor fangsterne i perioden 1953-62 var højere i område Syd og Øst end i de tilsvarende områder i 1980'erne og 1990'erne. Fangsten i område Øst er ikke signifikant forskellig ($p> 0,77$) i 1950'erne sammenlignet med perioden i 1990'erne.
Samlet er rødspætten gået tilbage i Århus Bugts sydlige og centrale del, medens niveauet i 1990'erne i den østlige del svarer til niveauet i 1950'erne.

6.5.3 Skrubbe

Fordelingen i fangsten af skrubbe er i de 3 perioder for områderne: Syd, Midt og Øst vist i figur 6.5.3-1.

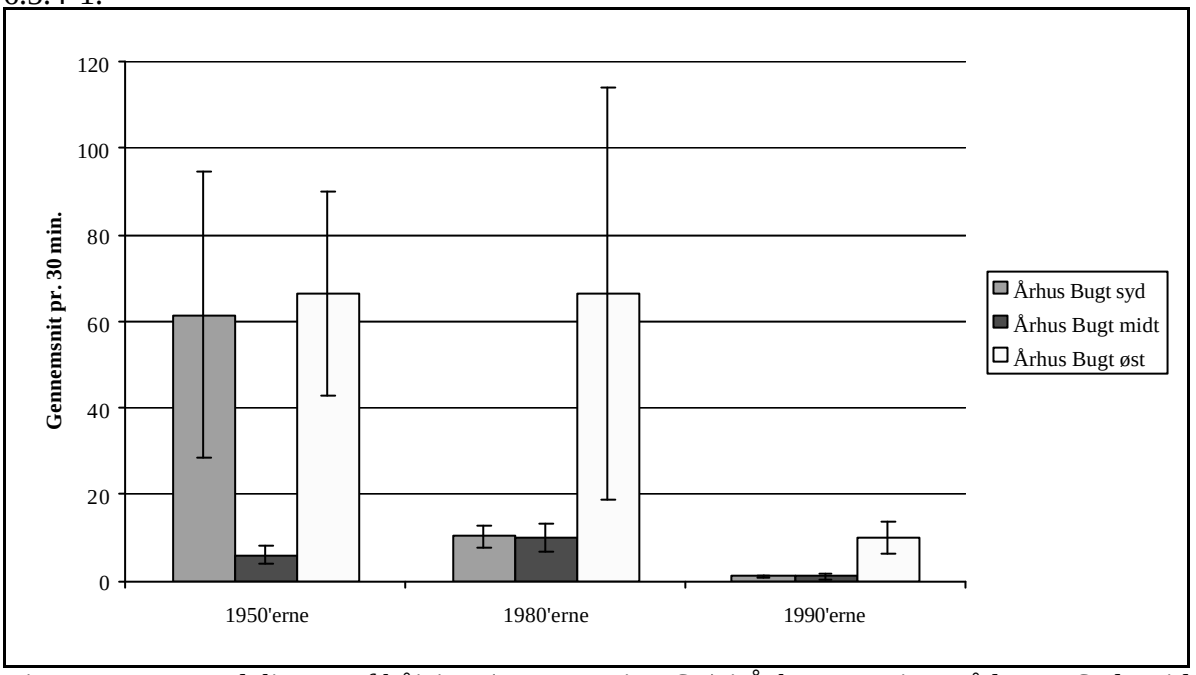


Figur 6.5.3-1 Fordelingen af skrubbe (gennemsnit ±SE) i Århus Bugt i områderne: Syd, Midt og Øst for 3 perioder: 1953-62, 1982-85 og 1991-2002.

Inden for perioderne er der ikke påvist en signifikant forskel mellem områderne (0,311>p>0,096(ANOVA, SPSS)).
Sammenlignes fangsterne (t-test, SPSS, independent samples) mellem områderne i de 3 perioder ses en signifikant forskel (0,001< p < 0,042) mellem områderne Syd og Midt. Her var fangsterne højere i 1980'erne og 1990'erne sammenlignet med samme områder fra perioden1953-62. For område Midt og Øst var der ligeledes et signifikant højere fangst af skrubber i 1990'erne sammenlignet med 1980'erne.
Samlet er fangsten af skrubber inden for de 3 områder gået frem set over de 3 perioder.

6.5.4 Håising

Fordelingen i fangsten af håising er i de 3 perioder for områderne Syd, Midt og Øst vist i figur 6.5.4-1.



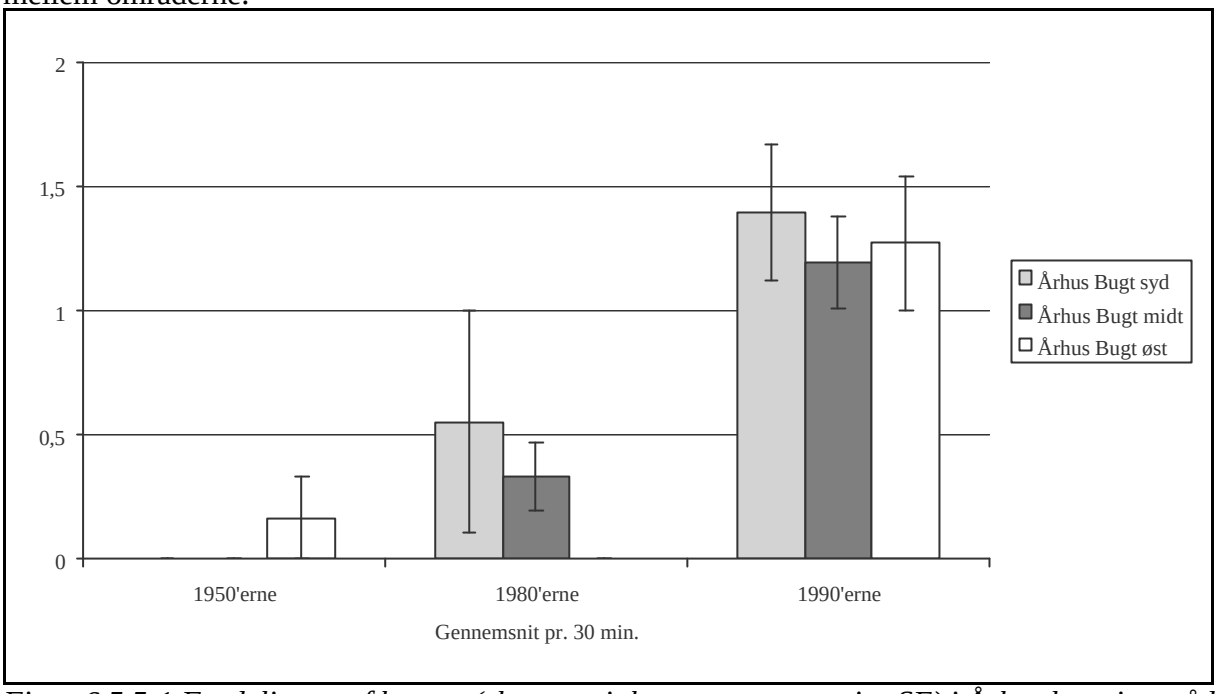
Figur 6.5.4-1 Fordelingen af håising (gennemsnit ± SE) i Århus Bugt i områderne: Syd, Midt og Øst i perioderne: 1953-62, 1982-85 og 1991-2002.

Inden for de enkelte perioder er der en signifikant (ANOVA, SPSS) forskel (0,004>p>0,027) mellem områderne.
Sammenlignes fangsterne (t-test, SPSS, independent samples) mellem områderne i de 3 perioder ses, at der ikke mellem de 3 områder fra 1950'erne og 1980'erne (1,00>p>0,12) er en signifikant forskel, men sammenlignes områderne i perioden fra 1990'erne med de to foregående perioder er der en signifikant forskel mellem alle områder (0,029>p>0,0001).
Samlet er fangsten af håising gået tilbage i alle områder, når perioden fra 1990'erne sammenlignes med de 2 foregående perioder, hvilket sandsynligvis hænger sammen med hyppigere forekomst af iltsvind.

6.5.5 Slet- og pighvarre

Fordelingen i fangsten af slet- og pighvarre er i de 3 perioder for områderne Syd, Midt og Øst vist som summen af de 2 arter i figur 6.5.5-1.

Inden for de enkelte perioder er der ikke en signifikant (ANOVA, SPSS) forskel (0,88>p>0,14) mellem områderne.



Figur 6.5.5-1 Fordelingen af hvarre (slet- og pighvarre gennemsnit ±SE) i Århus bugt i områderne: Syd, Midt og Øst i perioderne: 1953-62, 1982-85 og 1991-2002.

Sammenlignes fangsterne (t-test, SPSS, independent samples) mellem områderne i de 3 perioder ses, at der ikke mellem områderne i 1950'erne og 1980'erne (0,604>p>0,175) er en signifikant forskel, men sammenlignes områderne fra 1990'erne med de to foregående perioder, ses der en signifikant forskel mellem alle områder (0,012>p>0,0001). Undtaget er område Syd, hvor der mellem 1980'erne og 1990'erne ikke ses en signifikant forskel (p=0,108).
Samlet er fangsten af hvarrer gået frem, når perioden fra 1990'erne sammenlignes med de 2 foregående perioder.

6.6 Iltsvind og fangst af rødspætte og ising

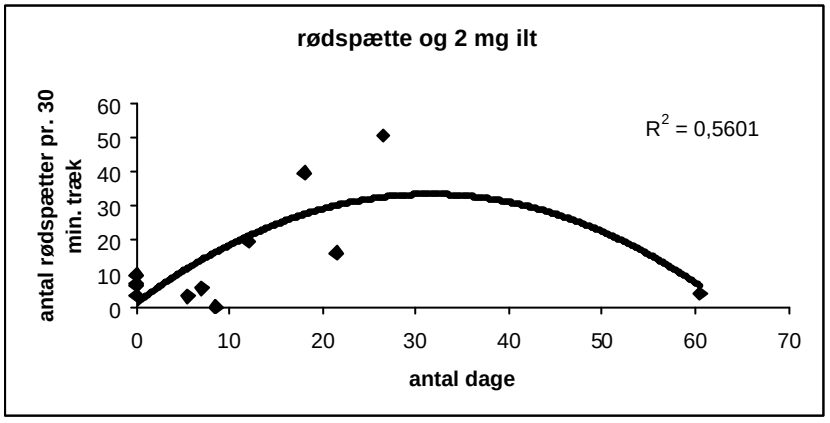
Sammenhængen mellem iltsvind (ilt < 2 og 4 mg pr.l) og fangsten af ising og rødspætte er undersøgt. Fangstdata for de enkelte togter i den centrale del af Århus Bugt (Midt) er i perioden 1991-2002 sammenholdt med den målte iltkoncentration i bundvandet på station 170006. Fangstdata er ligeledes sammenholdt med varigheden af iltsvindet som antallet af dage med henholdsvis 2 og 4 mg ilt pr. l. Antallet af dage med et iltindhold under 2 mg og fangsten af rødspætte er vist i figur 6.6-1. Sammenhængen, som kun var signifikant mellem antal dage under 2 mg og fangsten af rødspætte, er klokkeformet. For ising var relationen ligeledes en klokkeformet kurve, men ikke signifikant. R^2 værdier kan ses af nedenstående tabel 6.6-1.

R^2	2 mg	4 mg
rødspætte	0,5601*	0,2488
ising	0,2018	0,2795

*signifikant 0,01<P<0,05

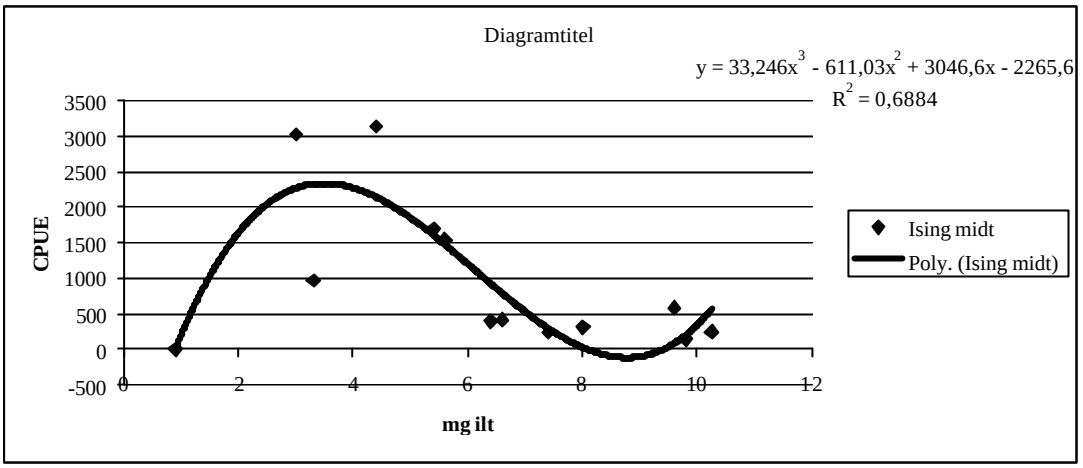
Tabel 6.6-1 R^2 værdier for sammenhængen mellem antallet af iltsvindsdage og fangsten af ising og rødspætter pr. 30 min. trawlfiskeri i den centrale del af Århus bugt 1991-2002.

At relationen er en klokkeformet kurve betyder, at antal dage med iltmangel vil øge fangsten indtil et maksimum for derefter at aftage.



Figur 6.6-1 Rødspættefangster og antal dage med ilt under 2 mg/l.

Sammenhængen mellem den aktuelle iltkoncentration under fiskeriet og fangsten af ising er vist i figur 6.6-2. Den bedste sammenhæng fås med en trejdegradspolynom (R^2= 0,6884* signifikant 0,01<P<0,05). Sammenhængen viser, at tætheden af ising inden for det befiskede areal stiger, når bundvandets iltindhold falder, men at denne stigning igen aftager, når iltkoncentrationen falder under 3 mg pr. liter.



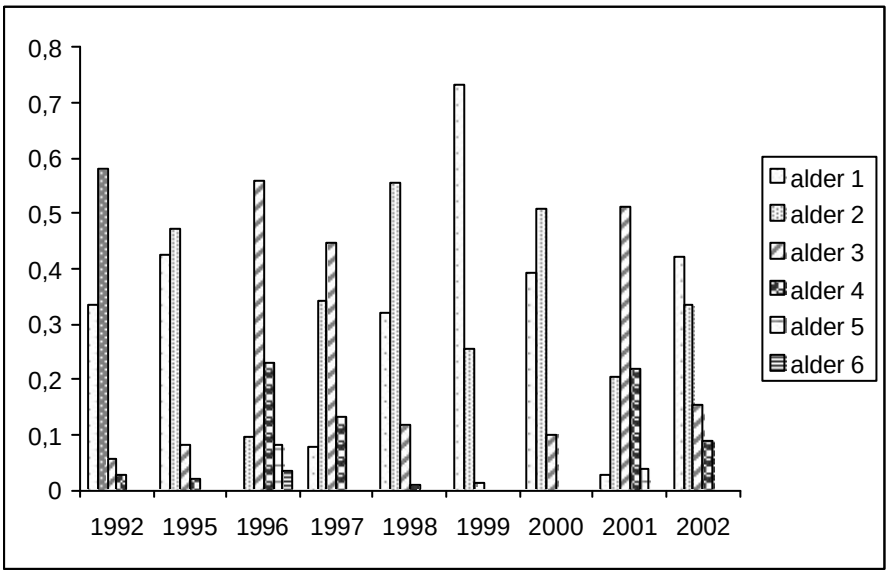
Figur 6.6-2 Middelfangsten pr. 30 min. (CPUE) af ising i Århus Bugt Midt 1991-2002 og iltkoncentrationen i bundvandet på station 170006.

6.7 Alderssammensætning

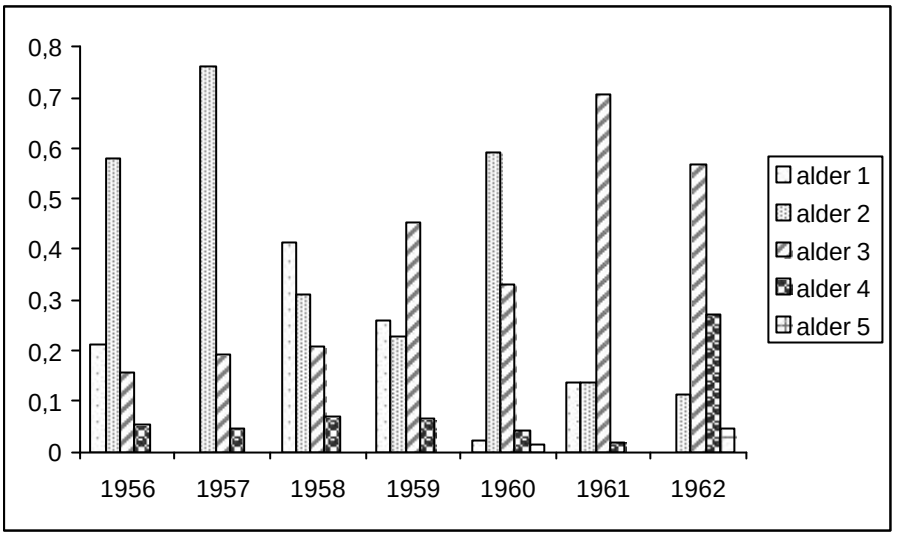
6.7.1 Rødspætte

Den relative aldersfordeling i rødspættefangsterne fremgår af figur 6.7.1-1. Der optræder kun få aldersgrupper, og der optræder ikke fisk ældre end 4 år. I 1999 er aldersgruppe 1 totalt dominerende, denne går igen i 2000 som 2 og i 2001 som 3, men vi ser ikke årgang 1998 som en stor årgang hos 0-grupperne i yngeltrawlundersøgelserne.

I 1999 og 2000 er kun få aldersgrupper repræsenteret (alder 1-3).
Sammenlignes med historiske data ses, at også i perioden 1953-1962 var kun få aldersgrupper repræsenteret, figur 6.7.1-2.



Figur 6.7.1-1 Den relative aldersfordeling hos rødspætte (>0-gr.) i Århus Bugt for perioden 1992-2002.

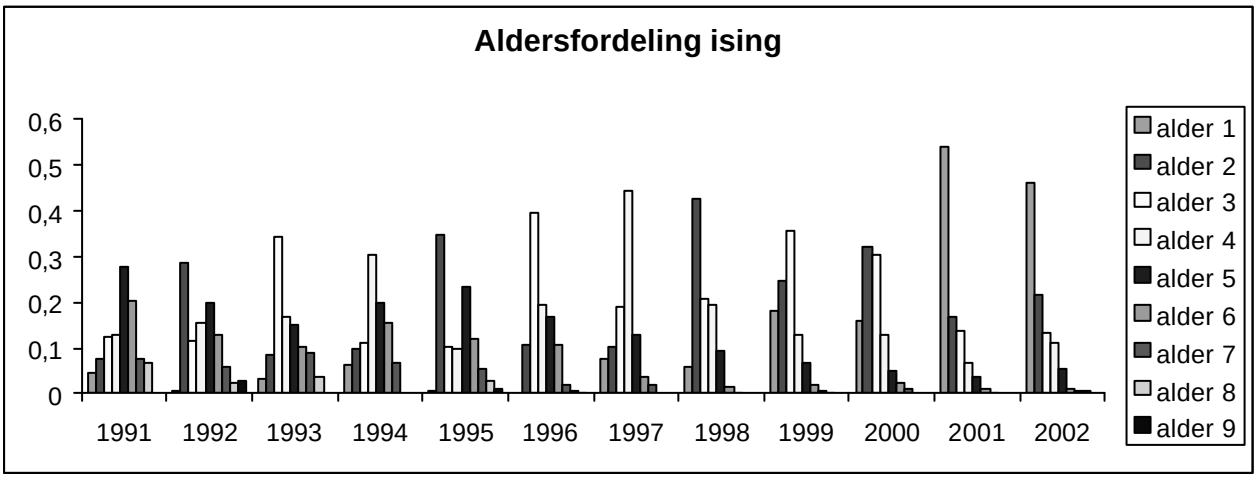


Figur 6.7.1-2 Den relative aldersfordeling af rødspætte (>0-gr.) i Århus Bugt for perioden 1956-1962.

Der er intet der tyder på, at gamle aldersgrupper er forsvundet fra 1950'erne til i dag, idet figur 6.7.1-2 ikke antyder aldersgrupper ældre end 4 år undtagen i 1962 hvor der er set en aldersgruppe 5.

6.7.2 Ising

Den relative alderssammensætning af isingefangsterne fremgår af figur 6.7.2-1. Alder 2 i 1992, alder 3 i 1993 og alder 4 i 1994 ses at være relativt højt repræsenteret, og højere end de øvrige år. Det ses også, at alder 2 er høj i 1995 og går igen som 3 årig i 1996 og 4 årig i 1994.
Årgangen 1996 svarende til alder 2 i år 1998 ser ikke ud til at være så dominerende som de andre to årgange.
Aldersstadier til og med 5 dominerer fangster fra Århus Bugt.
I såvel 2001 som 2002 er der mange 1 gruppe isinger, men disse kan ikke efterfølgende ses som dominerende årgang.



Figur 6.7.2-1 Den relative aldersfordeling af ising i fangsterne fra Århus Bugt 1991-2002.

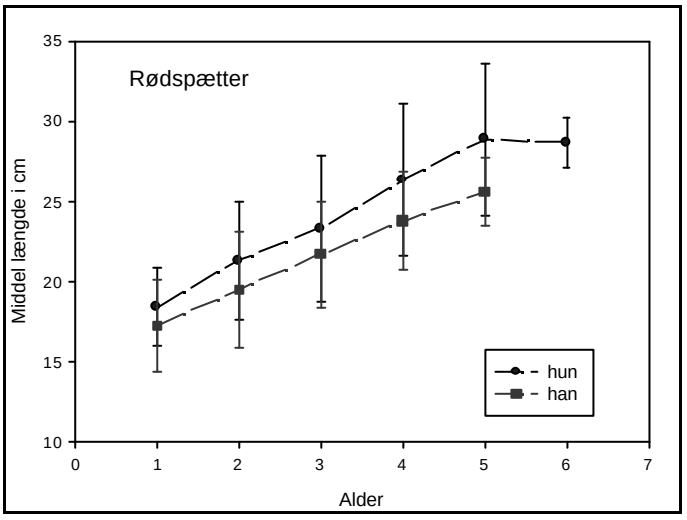
Den relative aldersfordeling for perioden 1991-2002 (figur 6.7.2-1) viser, at der i de seneste år optræder færre aldersgrupper end i starten af 1990'erne.

6.8 Middellængde og vækst af rødspætter og isinger i Århus Bugt

Der har jævnligt været konstateret iltmangel i sensommer og efterår i bundnære vandlag i Århus Bugt, se figur 3.6-1 (Århus Amt, 2002). Det er rapporteret, at fisk æder mindre under iltmangel (Brett & Blackburne, 1981). Bagge et al. (1995a) fandt, at isinger og rødspætter vokser langsommere i Århus Bugt i dag end i 1950'erne. Den observerede reduktion i middellængde er forklaret som en vækstregulerende effekt af iltmangel. Nedsat vækst ses også hos isinger i Nordsøen i perioden 1956 til 1970, og det er vist, at væksten er bestemt af såvel kvantitet som kvalitet af den tilbudte føde (Lozan, 1989). For Århus Bugt tyder foreløbige beregninger på, at isingebestanden kan nedgræsse bestanden af muslingen *Abra alba* så der derved kan opstå fødebegrænsning af fødeemner med høj kvalitet i modsætning til en anden af isingens fødeemner slangestjernen *Ophiura* (Århus Amt, 1999b), hvilket kan betyde, at isingernes vækst er tæthedsafhængig. Temperaturen er af betydning for væksten hos voksne fladfisk (Fond et al., 1992; Jonassen et al., 1999).

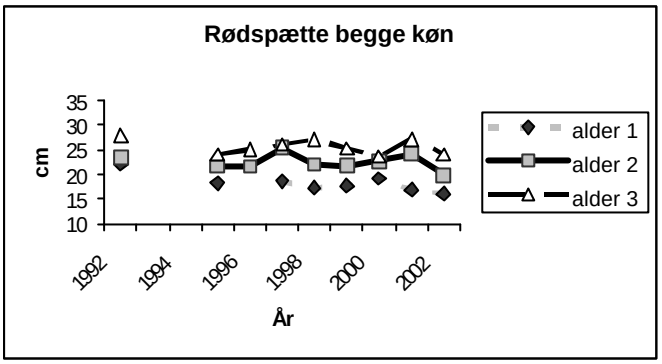
6.8.1 Rødspætte

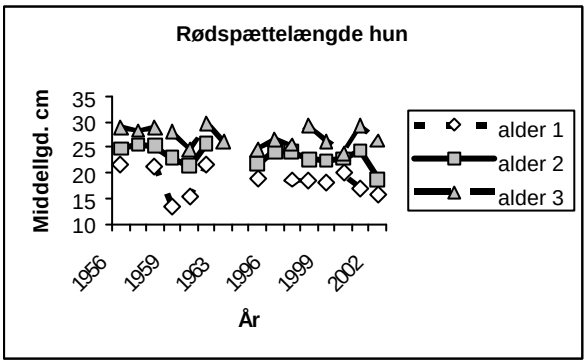
Rødspætters middellængde (± std.) for hver aldersgruppe og køn i undersøgelsesperioden fremgår af figur 6.8.1-1. Data er opdelt på køn fra 1995.

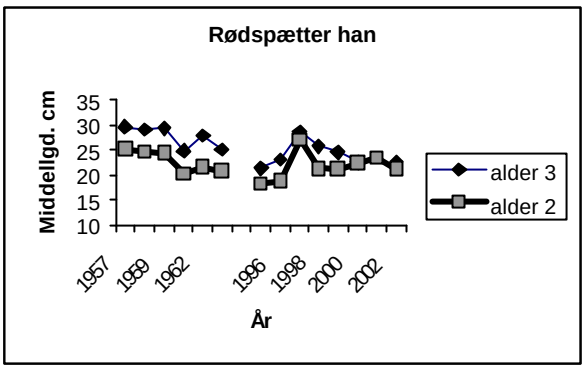


Figur 6.8.1-1 Middellængde og std. afvigelse for aldersgrupper af rødspætter i undersøgelsesperioden.

Middellængden for hver aldersklasse og indsamlingsår fremgår af figur 6.8.1-2. Figuren viser, at der ikke er nogen tydelig trend i middellængden for perioden 1992-2002.







Figur 6.8.1-2 Middellængden i cm for aldersgrupperne hun-rødspætte 1 til 3 og han-rødspætte 2 til 3 pr. år i perioden 1956-2002.

Middellængden er beregnet for tre perioder: perioden 1953-62, 1991-96 og 1997-2002. Bagge et al. (1995b) fandt, at middellængderne (begge køn slået sammen) var mindre i perioden 1991-94 end i perioden 1954-62. Perioden (1991-96) er valgt, fordi gyrodinium havde opblomstring i 1997. Denne opblomstring resulterede i, at bundfaunaen blev halveret, se afsnit 2.6.

RSP	Periode 1991-96		Periode 1997-2002		Periode 1953-62	
alder	middel	Std	middel	std	Middel	std
1	18,9	5,2	21,7	2,1	17,8	2,7
2	21,9	5,3	18,7	3,0	22,5	3,6
3	26,6	4,3	22,0	3,7	25,8	4,8
4	29,4	3,3	24,6	3,6	30,1	13,5

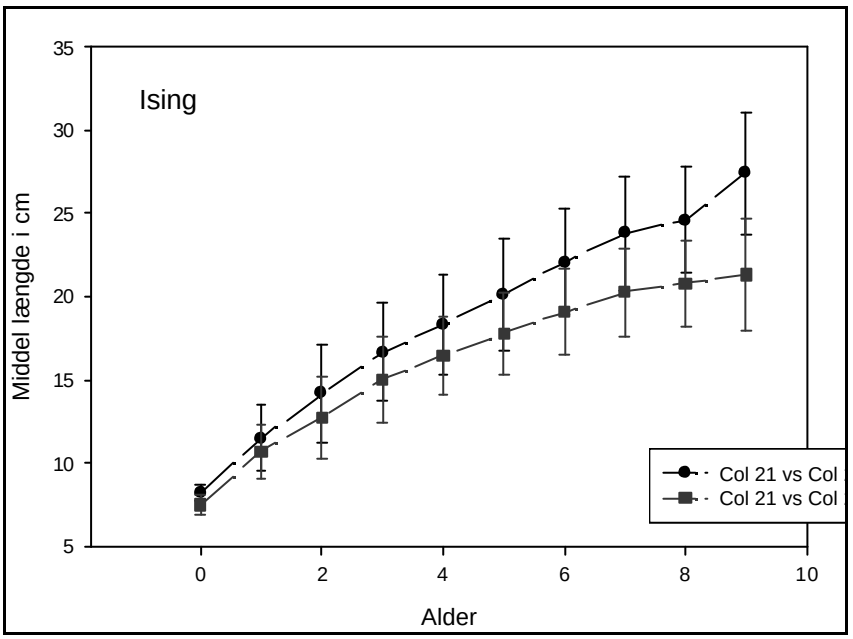
Tabel 6.8.1-1 Middellængde pr. aldersgruppe og standardafvigelsen af middellængden for de tre valgte perioder.

Testes middellængderne i de tre perioder med en ANOVA, findes en forskel på middellængden for alder 1, alder 2, alder 3 og alder 4, det er perioden 1997-2002 der afviger.

Alder	Rødspætter
1	F=11,9 (P<0.0001)
2	F=113,8 (P<0,0001)
3	F=121,4 (P<0,0001)
4	F=29,2 (P=0,0001)

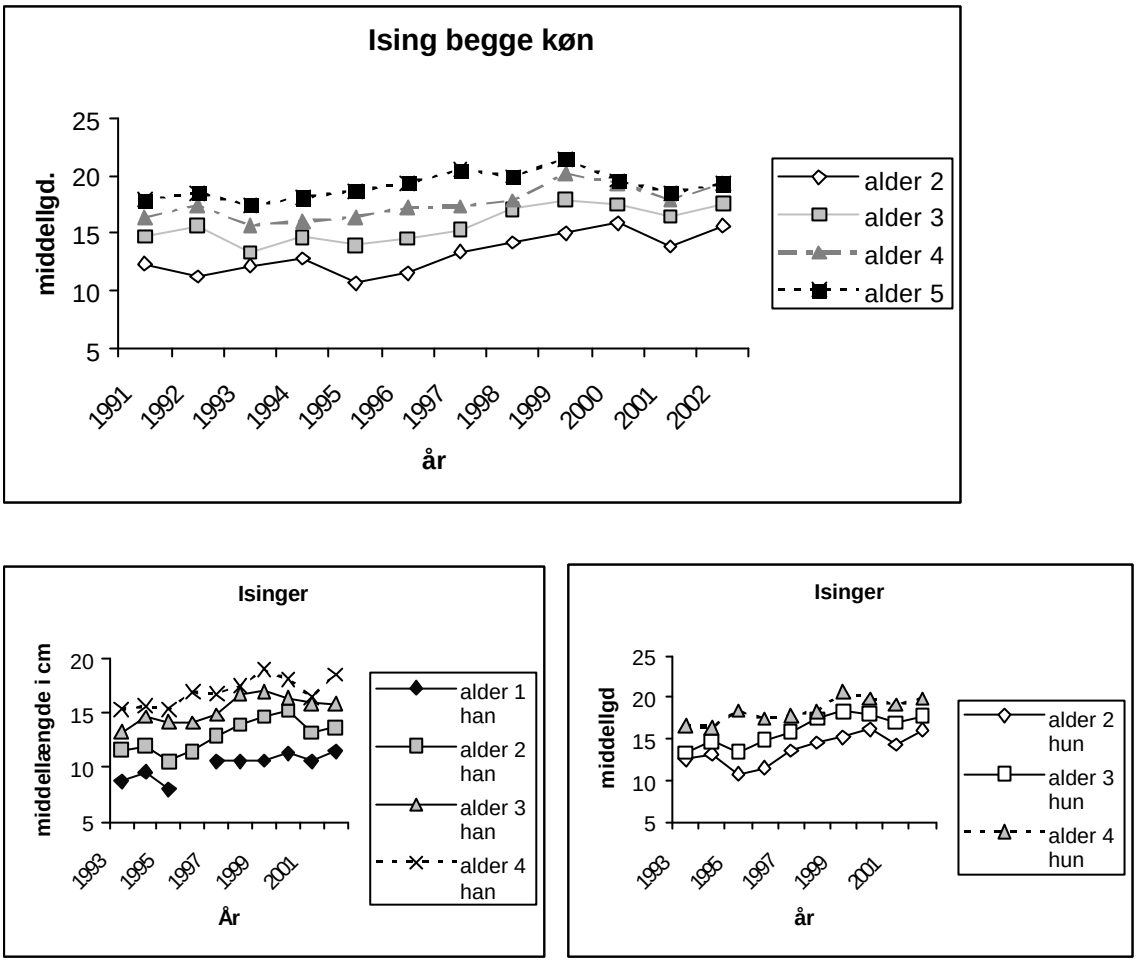
6.8.2 Ising

Isingers middellængde (± std.) fordelt på alder og køn for undersøgelsesperioden fremgår af figur 6.8.2-1. Data er ikke opsplittet på køn før 1993. Den største vækst er i de unge år, medens der er en større spredning på middellængden for de ældre fisk.



Figur 6.8.2-1 Ising middellængde (± std.) pr. aldersgruppe for Århus Bugt i perioden 1991-2002.

Middellængder for isinger med alderen 2 til og med 5 i perioden 1991-2002 fremgår af figur 6.8.2-2.



Figur 6.8.2-2 Middellængden for aldersgrupperne 1-6 for årene 1993-2002. Øverst: begge køn. Nederst: Hunner og hanner adskilt.

For isingerne er samme analyse udført; og af tabellen ses, at det er i perioden 1991-96 de mindste middellængder forekommer. De største middellængder er set i perioden 1953-62, her er dog kun data fra årene 1957 og 1962.

Ising	Periode 53-62		Periode 91-96		Periode 97-02	
Alder	middel	Std.	middel	Std.	middel	Std.
1	14,9	3,5	9,6	1,0	11,2	1,9
2	18,0	5,0	11,1	1,8	14,8	2,6
3	21,2	2,8	14,1	2,4	17,1	2,5

Tabel 6.8.2-1 Middellængde og standardafvigelse af middellængden pr. aldersgruppe for udvalgte perioder.

Forskelle i middellængderne er testet med ANOVA, og her findes for aldersgrupperne 1, 2, 3, at alle er signifikant forskellige fra hinanden.

	Ising
Alder 1	F= 180,4 (P<.0001) Alle afviger
Alder 2	F=522,8 (P<0,0001) Alle afviger
Alder 3	F=244,9 (P<0,0001) Alle afviger

Middellængden for de undersøgte aldersgrupper ligger på et relativt konstant niveau indtil 1995, hvorefter der for alle aldersgrupper ses en stigende trend. En statistisk test til belysning af, hvorvidt middellængden pr. aldersgruppe pr. år er ens, er gennemført (ANOVA /sigmastat). For yderligere at afklare i hvilke år middellængden afveg, er årene blevet sammenlignet parvis (TUKEY test). Det er konstateret, at der er forskel på årene for aldersgrupperne 2, 3 og 4, hvor det hovedsageligt er årene 1999 og 2002 der afviger ved at være større end de øvrige år, alder 3 hvor 1999 og 2002 hovedsageligt er større end de foregående år og alder 4 hvor år 1999 og 2000 er større end de foregående år.

6.9 Miljøfaktorer og vækst af rødspætte og ising i Århus Bugt

Det er undersøgt, hvorvidt iltmangel og temperatur influerer på væksten af rødspætte og ising.

6.9.1 Rødspætte

Middellængden pr. år for aldersgruppe 1, 2 og 3 er vist på figur 6.8.1-2. Det ses, at væksten er svagt nedadgående.

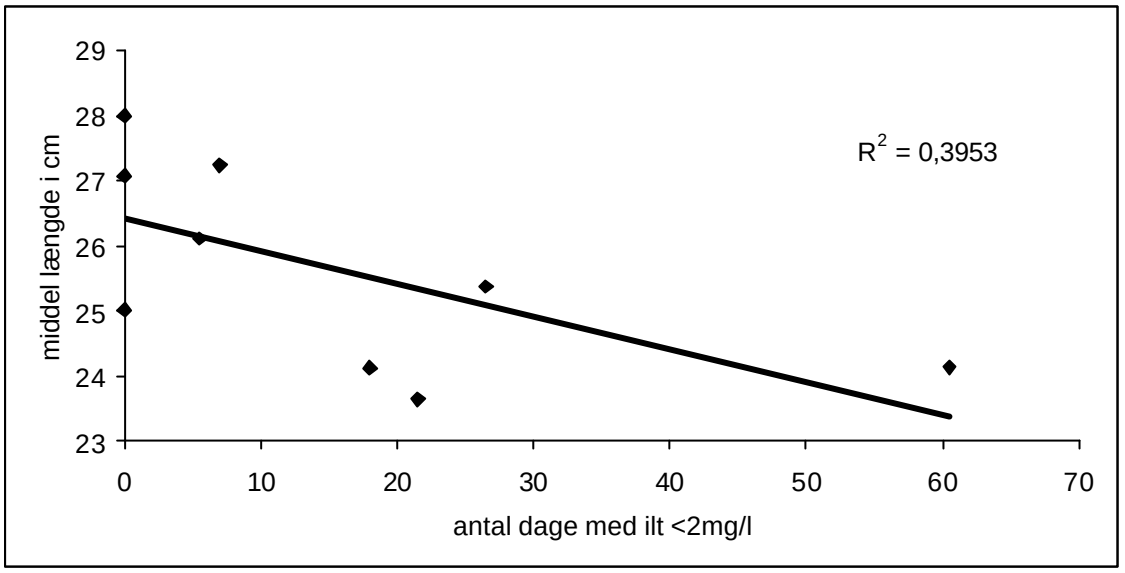
Det er undersøgt, om temperatur og iltmangel har nogen indflydelse på middellængden af rødspætter. Iltmangel er udtrykt som antal dage med et iltindhold under henholdsvis 4 mg/l og 2mg/l. Temperaturen er 1) middeltemperatur over hele året og 2) middeltemperatur for sommermånederne maj-oktober (dybde>=15 m).

Sammenhængen mellem temperatur og middellængde var ikke signifikant, men sammenhængen var positiv. Det samme mønster blev set for både middeltemperaturen (hele året) og for middeltemperaturen (sommermånederne).
En negativ sammenhæng mellem antal dage med ilt under 2mg/l og middellængden (begge køn slået sammen) er vist på figur 6.9.1-1. Denne sammenhæng er ikke signifikant.

En multipel regression er foretaget for at undersøge, hvad der er bestemmende for middellængden af rødspætter. Analysen viser, at temperaturen og antal iltdage < 2mg/l (ved Rsquare (SAS) selection) kan forklare 46% af variationen af middellængden for alder 3 rødspætter og 41% for alder 2 rødspætter.

Er kønnene adskilte fås ikke et ensartet billede af, hvad der er bestemmende for væksten. For hunner alder 2 er det antallet af iltdage under 2 mg/l, der er den altafgørende faktor, idet den alene forklarer 83% af variationen; for hanner alder 2 er det ikke meget der giver udslag; for hanner alder

3 er det antal iltdage under 4 mg og temperaturen der giver en forklaringsgrad på 65%. For hunner alder 3 giver sommertemperaturen og antal dage med ilt under 2 mg/l en forklaringsgrad på 52%. At der ikke vises et ensartet billede kan bero på, at der er for få data, idet rødspættefangsterne er meget små, og bliver de delt op på køn og alder, bliver der kun få i hver gruppe.



Figur 6.9.1-1 Rødspætte middellængden af 3 årige og antal dage med ilt under 2 mg/l.

6.9.2 Ising

Middellængden for isinger viser et svagt fald fra 1991 til 1995, hvorefter der ses en stigning i middellængden indtil 2002.

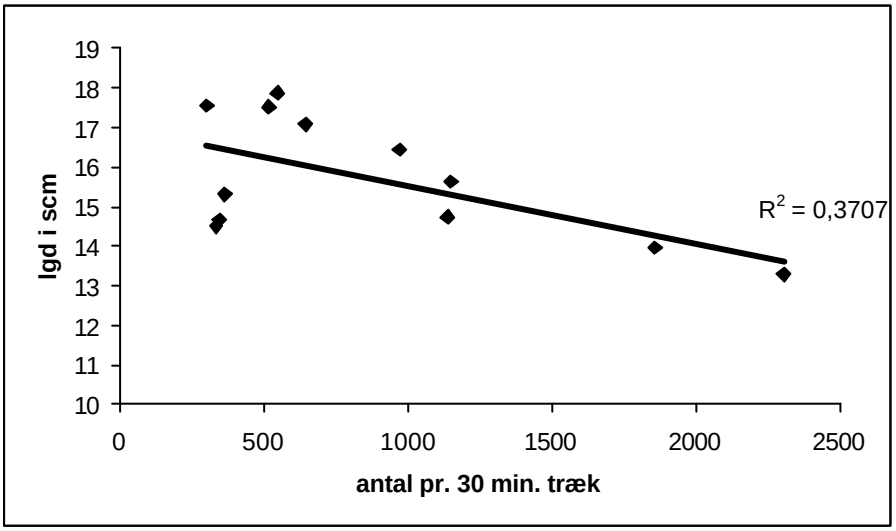
Det er undersøgt, om middellængden kan relateres med temperatur hele året og sommermånederne maj-oktober samt antal iltdage med ilt < 4 mg/l og 2 mg/l og tætheden af isinger.

Der findes en sammenhæng mellem tætheden og middellængden (figur 6.9.2-1), og der er signifikans på 5% niveau.
Der ses ligeledes en sammenhæng mellem antallet af dage med iltsvind og middellængde. Sammenhængen er ikke signifikant, men imod forventning er sammenhængen en positiv korrelation.
Det er ligeledes undersøgt, om der var en sammenhæng mellem temperaturen og middellængden af aldersgrupper 2, 3 og 4 ved hjælp af en regressionsanalyse.
Der blev fundet en positiv og signifikant korrelation mellem middellængden af ising aldersgruppe 2, 3 og 4 (se tabel 6.9.2-1) og middeltemperaturen (dyb>=15 m, hele året og "sommerbund" middel temperatur), figur 6.9.2-2 og figur 6.9.2-3.

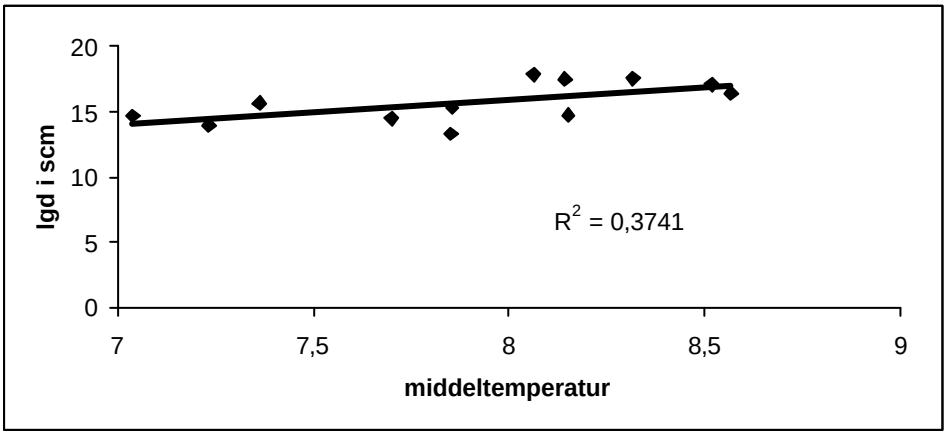
Alder	Middelbund temp.	Sommermid. temp	Df
	R2	R2	
2	0,445	0,465	10
3	0,374	0,426	10
4	0,279	0,237	10

Tabel 6.9.2-1. Ising aldersgr. 2, 3 og 4 år regressionsanalyse (R^2 værdier) middellængde og bundvandstemp. Som årsmiddel og sommermiddel.

En multivariatanalyse på isinger, begge køn slået sammen, viser, at variationen af middellængde af alder 2, 3 og 4 og tætheden samt temperaturen kan forklare henholdsvis 63%, 62% og 49% af variationen. Tilføjes analysen yderligere antal dage med ilt under 2 mg/l fås en forklaringsgrad med 76%, 69% og 69%.
Middellængden ser således ud til at være bestemt af iltindhold, temperatur og tæthed. Det samme billede ses på kønnene hver for sig. For hanner alder 2 og 3 fås en forklaringsgrad på henholdsvis 65% og 61%, for hunner alder 2 og 3 fås 69% og 86%.

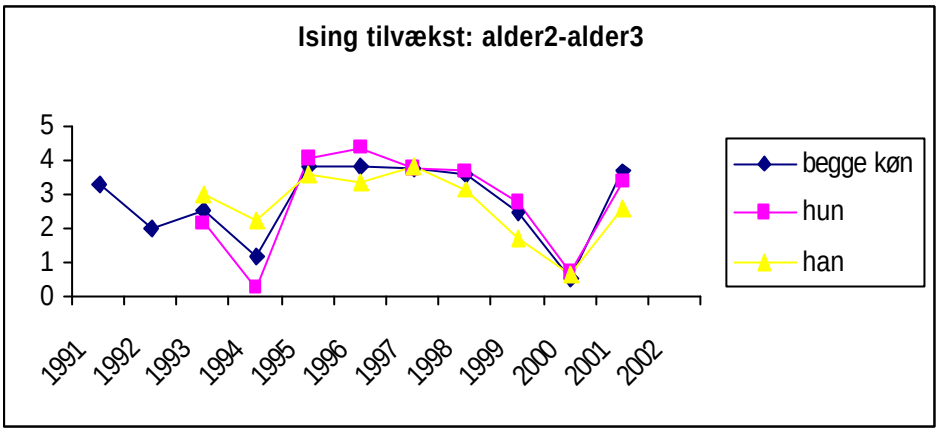


Figur 6.9.2-1 Relationen mellem middellængden og tætheden af isinger alder 3.



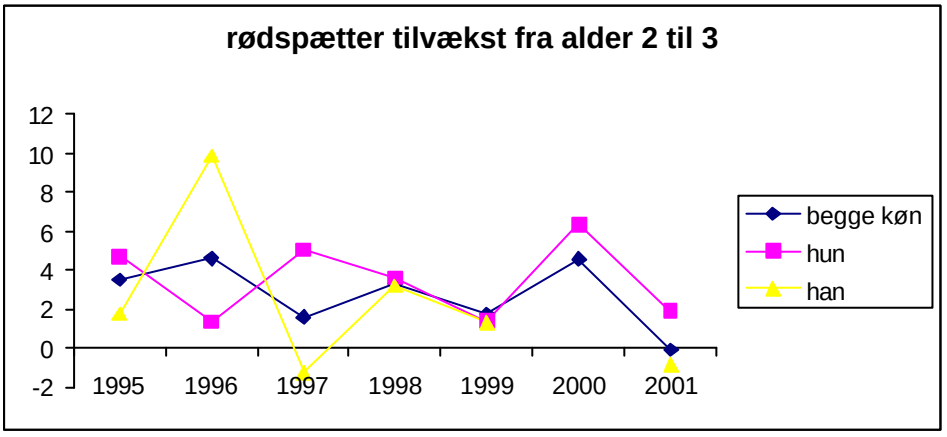
Figur 6.9.2-2 Relationen mellem middel bund (>15m) temperatur (hele året) og middellængde af isinger alder 3.

6.9.3 Årlig tilvækst hos rødspætter og isinger



Figur 6.9.3-1 Variationen af tilvæksten af ising fra alder 2 til alder 3 (cohorte) for hanner og hunner, samt begge køn slået sammen.

Tilvæksten af (middellængde) isinger fra alder 2 til alder 3 (cohorte) kan ses af figur 6.9.3-1. Tilvæksten svinger meget for både hanner og hunner og begge køn slået sammen. Sammenhæng mellem årstemperaturen og tilvæksten er undersøgt og viser, at sammenhængen giver en klokkeformet kurve, men sammenhængen var ikke signifikant.



Figur 6.9.3-2 Variationen af tilvæksten af rødspætte fra alder 2 til alder 3 (cohorte) for hanner og hunner og begge køn slået sammen.

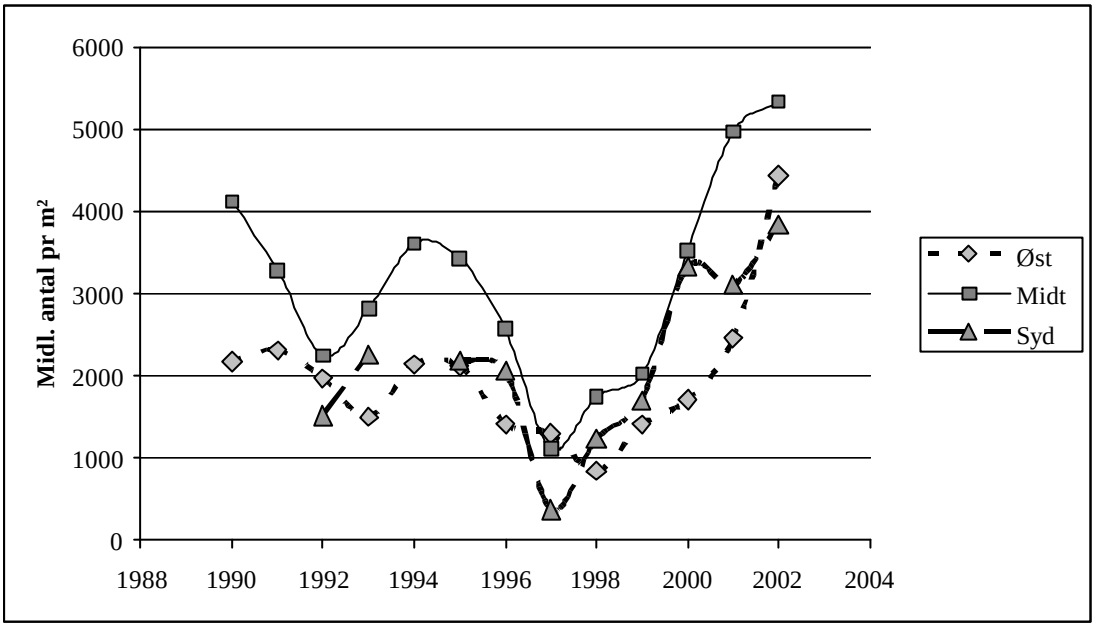
Rødspættetilvæksten fra alder 2 til alder 3 (cohorte) (figur 6.9.3-2) viser ligesom hos isingerne, at der er en stor år til år variation. Plottes tilvæksten ud imod sommertemperaturen findes en korrelation, men denne er ikke signifikant. Også her ses en klokkeformet kurve. En tilsvarende klokkeformet kurve ses for tilvæksten hos hunner og sommertemperaturen og hvis begge køn er slået sammen, men sammenhængen er ikke signifikant. Plottes middelbundtemperaturen imod tilvæksten fås en U formet kurve, men ikke signifikant.

6.10 Bundfauna og fødegrundlag for ising og rødspætte

Fødegrundlaget for ising og rødspætte er undersøgt ved maveundersøgelser af fisk fanget i perioden 1991-93. Desuden er udviklingen i bundfaunaen i perioden 1990-2002 undersøgt årligt i 3 områder af Århus Bugt: Midt, Syd og Øst (5 stationer med 10 delprøver pr. station pr. område, se figur 2.1-1).

6.10.1 Bundfauna

Udviklingen i tætheden af bundfaunaen i de 3 områder er vist som middelindividantal pr. m² i figur 6.10.1-1.

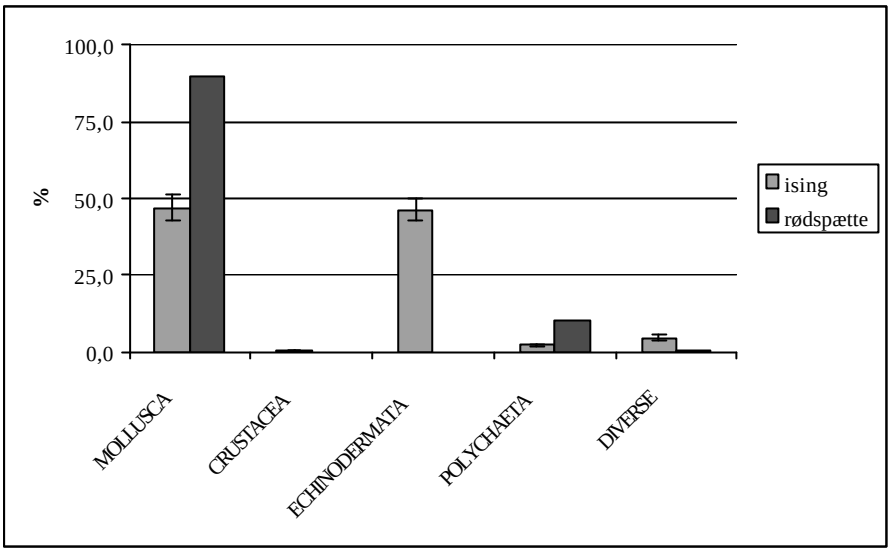


Figur 6.10.1-1 Middelantal bunddyr (alle arter) pr. m² i Århus Bugt områderne Syd, Midt og Øst i perioden 1990-2002.

Den tidslige udvikling i perioden 1990-2002 viser, at de 3 områder følger samme udviklingstendens, hvor områderne Midt og Syd udvikler sig ens og ikke signifikant er forskellige ($p<0,003$ ANOVA), medens område Øst er signifikant forskellig fra både Midt og Syd.
Reduktionen i bundfaunaen i 1996/97 skyldtes ikke kun effekter af iltsvind, men også masseforekomst af den toksiske alge *Gyrodinium mikimotui*. Det formodes, at algens toksiner har reduceret bundfaunaen. Fra 1997 til 2002 sker der igen en successiv og kraftig stigning i individtætheden i alle 3 områder.

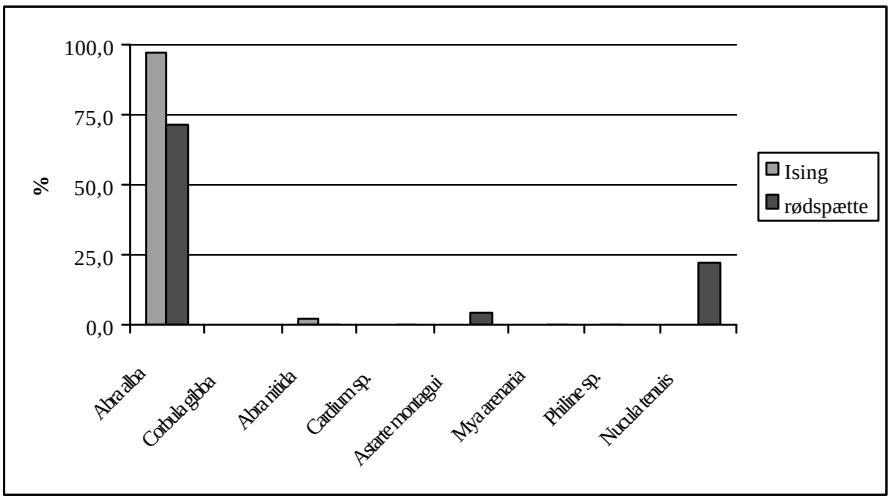
6.10.2 Fiskeføde

Isingens og rødspættens fødevalg fordelt på taxonomiske hovedgrupper er vist i figur 6.10.2-1.



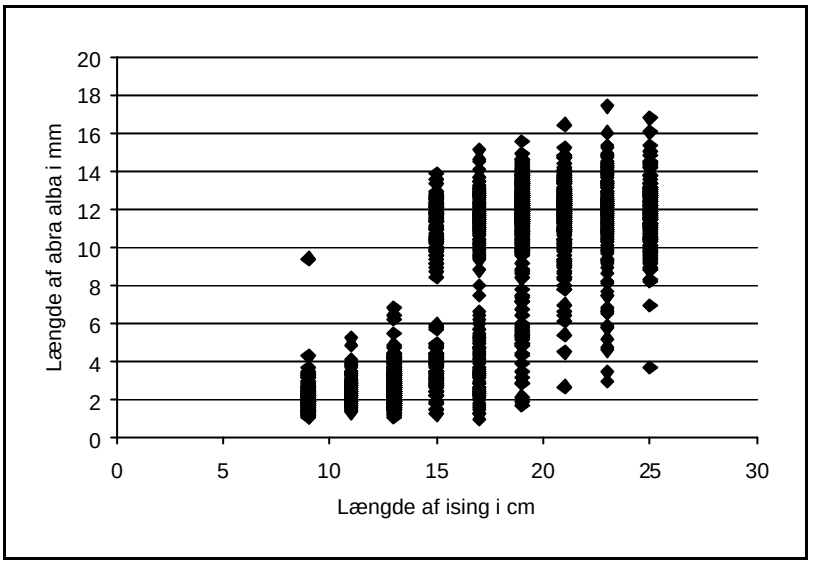
Figur 6.10.2-1 Fordelingen i % af fødeemner på taxonomiske hovedgrupper: Ising (n=548)±SE og rødspætte (n=174). Århus Bugt 1991-93.

Rødspættens fødevalg består primært af muslinger, som udgør 90% af føden. De resterende 10% består af børsteorme. Hos isingen ses en ligelig fordeling af føden med 50% muslinger og 50% pighuder, hvoraf arterne *Ophiura sp*. er de dominerende.
Fordelingen af fødeemner inden for gruppen Mollusca er for isingen og rødspætten vist i figur 6.10.2-2.



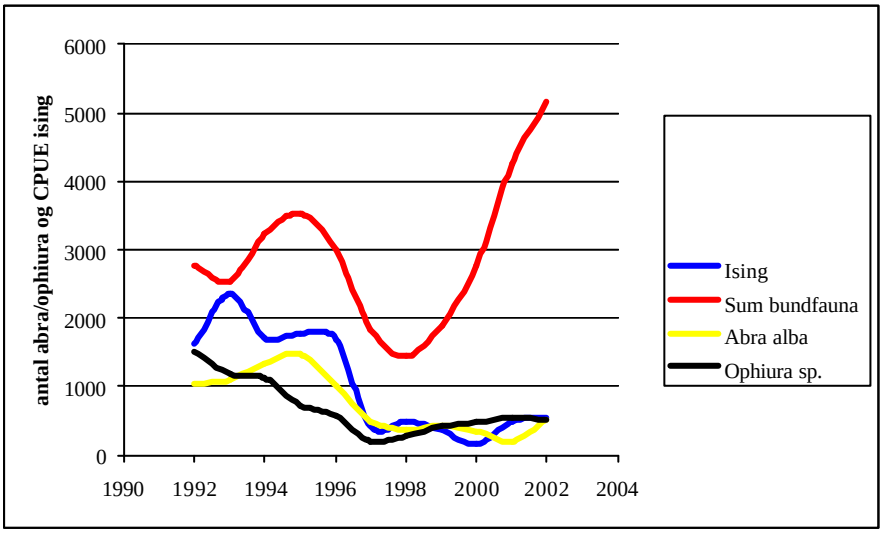
Figur 6.10.2-2 Fordelingen i % af muslingearter i maven hos ising og rødspætte fanget i Århus Bugt 1991-93.

Hos både isingen og rødspætten er den tyndskallede musling *Abra alba* det vigtigste fødeemne med henholdsvis 98% og 71% af muslingerne. Rødspætten spiser desuden den mere tykskallede musling *Nucula tenuis*. En undersøgelse af størrelsesfordelingen mellem *Abra alba* og ising viser i figur 6.10.2-3, at prædation af *Abra alba* er relateret til længden af isingen.



Figur 6.10.2-3 Længdefordeling af Abra alba som byttedyr og længden af ising.

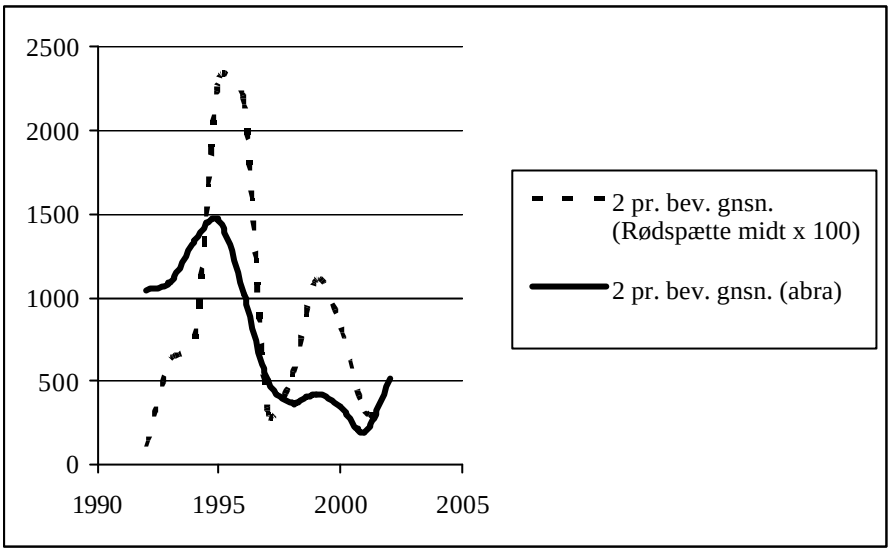
Isingens mulighed for at udnytte *Abra alba* som føderessource afhænger af isingens længde og byttedyrets størrelse. Isinger med en længde mindre end 15 cm spiser udelukkende *Abra alba* med en størrelse mindre end 8 mm. Større isinger har derimod mulighed for at udnytte *Abra alba* som føderessource i hele artens størrelsesspektrum (1-18 mm). Den størrelsesafhængige relation mellem isingen og byttedyret betyder, at små isinger er afhængige af, at der årligt sker en god rekruttering af *Abra alba*.



Figur 6.10.2-4 Udviklingen i antallet (glidende gennemsnit af 2 år) af bunddyr: Sum alle arter, Abra alba og Ophiura sp. (antal pr. m²) samt CPUE ising (30 min. Træk) Århus Bugt Midt.

Udviklingen i bunddyrssamfundet viser, at der fra 1996 til 1997 skete en kraftig reduktion med en halvering i tætheden fra ca. 3.000 individer pr. m² til 1.500 pr. m². Denne reduktion omfattede også isingens foretrukne fødeemner, som *Abra alba* og *Ophiura sp.*, se figur 6.10.2-4. Hos disse arter var reduktionen mere end en halvering. En multipel regressionanalyse (rsquare metode i REG-proceduren i SAS) viser, at reduktionen i *Abra alba* og *Ophiura sp.* kan forklare 68% af variationen i antal isinger. Stigningen i tætheden af bunddyr fra 1997 til 2002 medfører ikke en tilsvarende øget

tæthed af isinger og rødspætte. Dette skyldes primært, at stigning sker med arter som *Scalibregma inflatum*, *Mysella bidentata* og *Pectinaria koreni*, arter som ikke indgår i isingens og rødspættens "normale" fødevalg.



Figur 6.10.2-5 Udviklingen i tætheden (glidende gennemsnit af 2 år i antal pr. m²) af Abra alba og fangsten af rødspætte (CPUE x 100) i Århus Bugt Midt i perioden 1991-2002.

For rødspætten ses som for isingen en sammenhæng mellem forekomsten af *Abra alba*, hvor den kraftige reduktion i 1996-1997 er sammenfaldende med tilbagegangen af rødspætten (figur 6.10.2-5).

7 Diskussion

Analysen af fangstdata fra yngeltrawlundersøgelserne viste en udvikling i artsdiversiteten. Antallet af arter og diversiteten (Shannon-Wiener indeks) er steget fra perioden 1959-1967 til 1991-2002. Arter som fjæsing og tunge optræder i dag, og antal af skrubber og hvarrer er steget fra perioden 1959-1967 til 1991-2002.
Inden for perioden 1991-2002 er der ikke sket nogen ændringer i diversiteten, men der forekommer år til år variationer. Disse variationer kan signifikant kobles til to miljøfaktorer: middel-fluorescensen i overfladen (0-5 m) i marts, april og maj, samt afstrømningen af kvælstof udtrykt som den vandføringsvægtede afstrømningskoncentration (N/Q).
Både belastningen udtrykt som N/Q og fluorescensen rummer kompleks information om klimatiske forhold Q (nedbør), og fluorescensen er et samlet udtryk for en divers algesammensætning. Der kan ikke umiddelbart gives en entydig biologisk forklaring på disse koblinger mellem de observerede miljøfaktorer og variationerne i diversiteten i fiskefaunaen på sandbunden i kystzonen. Da antallet af arter og tætheden af de enkelte arter primært er 0-gr. fisk, kan samspillet mellem klima og hydrografi skyldes ændringer i transport af æg og larver til Århus Bugt. Forekomsten af tunger (0- og 1-gruppe fisk) og fjæsinger fra midten af 1990'erne til 2002 kunne underbygge dette forhold, da begge arter er hyppigt forekommende i det sydlige Kattegat, og der er ikke forekomst af voksne gydemodne hunner i Århus Bugt.
Koblingen til fluorescensen kan afspejle et mere komplekst samspil mellem plante- og dyreplankton og dermed fødegrundlaget for fiskelarverne. En yderligere dataanalyse af samspillet af fluorescens og planktonsammensætning samt hydrografi og klima er derfor nødvendig. En biologisk fysisk-oceanografisk model ville måske kunne give et indblik i sammenhæng mellem de forskellige trofiske niveauer og være med til at fremme forståelsen bag de observerede sammenhænge.

7.1 Rødspætte: æg og larver

7.1.1 Saltholdighed og temperatur

Der kunne ikke påvises en sammenhæng mellem variationen (cv =middel / standardafvigelsen) i saliniteten i februar og tætheden af 0-gruppe rødspætter i august. Dette kan skyldes, at vandudvekslingen er høj og opholdstiden kort, samt at vandmasserne sjældent transporteres over store afstande (Århus Kommune og Århus Amtskommune, 1980).

I 2002 blev forekomsten af gydemodne rødspætter undersøgt (Århus Amt og Århus Universitet, 2002). Der blev i perioden primo marts til medio marts fanget udgydte rødspættehunner i den østlige del af bugten. Gydetemperaturen i Kattegat og Århus Bugt ser ud til at være ca. 4 grader, svarende til hvad Simpson (1959) fandt for den nordlige Nordsø.

En sammenhæng mellem temperaturen i overfladen i marts og tætheden af 0-gruppe i juli-august må være relateret til larvestadiet, idet rødspætteæg gydes i de øvre vandmasser (Simpson, 1959; Coombs et al., 1990). Sammenhængen viste en U-formet relation, hvilket ikke er noget klart og entydigt signal, men det kan betyde, at såvel det kolde som det varme vand begunstiger overlevelsen af æg og larver i Århus Bugt. En sådan sammenhæng er - antagelig som i Vadehavet - at den kolde temperatur reducerer prædatorer og sygdom (Van der Veer et al., 1990; Fox et al., 2000) og den høje temperatur betyder hurtig udvikling af æg og larver (Simpson, 1959; Fonds et al., 1992).

7.1.2 Føde i larvestadiet

En sammenhæng blev kun fundet mellem tætheden af 0-gr. rødspætter og nauplietætheden i slutningen af marts.
Tætheden (koncentrationen, biomasse pr. l) af dinoflagellater i slutningen af februar, som må antages at være startføden, viser større forekomster af biomassen i de år, hvor der forekommer større tætheder af 0-gr. rødspætter. Men der er ingen signifikant sammenhæng.
En positiv sammenhæng mellem 0-gr. rødspætter og mesodinium koncentrationen i begyndelsen af marts er set, men er ikke signifikant. Dette kan skyldes, at 'timingen' mellem forekomst af larver ikke ligger fast på ét bestemt tidspunkt, men antageligt er bestemt af andre faktorer som f.eks. temperaturen samt vandudvekslingen mellem Kattegat/Bælthavet og Århus Bugt.

Tætheden af nauplier i slutningen af marts er signifikant relateret til tætheden af 0-gruppe rødspætter i august. Herudover er der set en positiv signifikant sammenhæng mellem kvælstof-mængden og naupliebiomassen. En multipel lineær regression indeholdende næringssalte og temperaturen som graddage viser, at 70% af variationen i 0-gruppe rødspætte tætheden kan forklares ved næringstilførsel og temperatur - et signal der tyder på at næringssalte kan have en effekt på 0-gruppe fisk. I Vadehavet har Philippart et al. (1996) fundet, at gode årgange af rødspætter, tunger og skrubber er de år, hvor der er lave vintertemperaturer og høje algebiomasser udtrykt som klorofyl a - et udtryk for at miljøfaktorer spiller en rolle for tætheden af juvenile fladfisk.

7.1.3 Relation til andre bestande

Middelantallet af 0-gruppe rødspætter i Århus Bugt er steget fra 10 i perioden 1950'erne til 35 i perioden 1990'erne pr. 10 min. træk. Til sammenligning ses i Kattegat, at middelantallet er faldet fra 44,01 (std. 71,31) til 37,39 (std. 46,68).

Det blev fundet, at indekset af 0-grupper for hele Kattegat og indekset for 0-grupper i Århus Bugt var relateret; denne relation gælder dog kun fra 1991 til 2002. Medtages de historiske data ses ingen sammenhæng. Tætheden af 0-gruppe i Århus Bugt er større end i Kattegat. Store årgange som 1994 og 2001 er set i Århus Bugt, men tilsvarende store årgange er ikke observeret i Kattegat. Middelgatfinnestråletallet i Århus Bugt er steget fra 1930'erne (Poulsen data) til i dag, hvilket kan tyde på, at bidraget af fisk fra Kattegat til Århus Bugt er steget. I det nordlige Kattegat er gatfinnestråletallet ikke steget i perioden, hvilket viser at der i det nordlige Kattegat er en meget lille opblanding i samme periode.

Undersøgelser lavet af Århus Amt viste, at æg og larver er til stede i Århus Bugt i februar til april (Århus Amt og Århus Universitet, 2002). Disse kan være ført ind via vandudvekslingen mellem Århus Bugt og Kattegat/Bælthavet, men fiskeriundersøgelser i Århus Bugt i februar-marts viser forekomst af gydemodne og udgydte hunner (Århus Amt og Århus Universitet, 2001-2002), hvilket indikerer, at lokalgydning finder sted. For perioden 1991-2002 er ca. 40% af 0-grupperne bestemt til at tilhøre Århus Bugt "bestanden", men varierer i perioden fra 2% til 70%.

Middelantal af gatfinnestråler er fundet signifikant højere i 1992, 1998 og 2001.

En U-formet kurve for sammenhængen mellem gatfinnestråler og vindhastighed var set. Gatfinnestråletallet stiger med stigende antal vinddage med hastigheder større end middelvind, dog til en vis grænse hvor det så falder, hvilket tyder på, at vinden hovedsageligt bringer Kattegat fisk

med. Længere perioder (> 17 dage) med høje vindhastigheder bevirker, at gatfinnestråleantallet igen falder. Stærk vind – turbulens er ikke gavnlig for rødspætterekrutteringen i Århus Bugt.

En større tæthed af 0-grupper er set de år hvor variationen i gatfinnestrålerne er store, hvilket også tyder på, at store årgange i Århus Bugt optræder ved tilførsel fra såvel æg og larver fra både den sydlige og den nordlige bestand.

7.1.4 Rødspætterekruttering til voksenbestanden

Rødspætteindekset af 0-grupper blev sammenlignet med indekset for 1- og 2-grupper fra novembertogterne henholdsvis 1 og 2 år efter. En signifikant sammenhæng blev set mellem 0- og 1-grupper, men ikke mellem 0- og 2-grupper. Dette kan tyde på, at det både er 0- og 1-grupper, der benytter kystzonen mellem 1 og 6 m som fødeområde, og at 1-grupper endnu ikke i november er trukket ud på dybere vand. Den manglende sammenhæng mellem 0- og 2-grupper kan også skyldes, at 2-grupper er på vej til at blive gydemodne (Nielsen et al., 2004) og derfor på vej ud af Århus Bugt, idet det kunne tænkes, at kun en mindre del af bestanden gyder i Århus Bugt, hvor Århus Bugt ellers er opvækstområde for juvenile. Det samme er set i Ålbækbugten, hvor dele af 0-grupperne udvandrer til Skagerrak, når de er kønsmodne (Johansen, 1910). Sker der en udvandring, kan dette forklare, at de store årgange af 0-grupper ikke ses i aldersfordeling af voksne fisk.
I 2001 blev der registreret den største tæthed af 0-gruppe, og i 2002 blev der i november-surveyet registreret mange 1-gruppe rødspætter.

7.1.5 Vindens indflydelse på rødspætte- og tungetætheden

<u>Rødspætter</u>
En analyse af vinddata indikerer, at vindhastigheden kan have en indflydelse på transporten af æg og larver til Århus Bugt.
Analysen viser en klokkeformet relation mellem perioder med vindhastigheder større end middelvinden og tætheden af rødspætter.
I Kattegat blev en lineær sammenhæng fundet (Nielsen et al., 1998), hvilket kan skyldes, at vindhastigheden skal være høj i en længere periode, for at vandmasserne skal kunne bevæge sig over større afstande og medbringe æg og larver. Den klokkeformede kurve kan skyldes, at æggene ødelægges, hvis vinden er for stærk, eller at føden bliver sværere at fange på grund af for høj turbulens (MacKenzie et al., 1994).
I Kattegat er 0-gruppe rødspætteindekset relateret til antal vinddage og vindhastigheder over en given hastighed (Nielsen et al., 1998).

<u>Tunger</u>
En signifikant sammenhæng mellem salinitet i overfladen, vindhastigheden og tungetætheden indikerer, at tunger bliver ført ind med vandmasserne fra Kattegat. Det ses, at abundancen af tunger er høj med høj saltholdighed i overfladen.

7.1.6 Den geografiske fordeling af 0-gruppe rødspætter

0-gruppe rødspætter forekommer i Århus Bugt med en middeltæthed på 0,002 pr. m^2, og den maksimale tæthed er 0,1 pr. m^2. Til sammenligning er tætheden langs den jyske østkyst i Kattegat 0,02 pr. m^2 (Nielsen et al., 1998), ved den svenske kyst er tætheden fundet fra 0,05 til 3,4 pr. m^2 (Pihl og van der Veer, 1992), og i det hollandske vadehav fra 0,2 til 1 pr. m^2 (van der Veer og Witte, 1999).

Middeltæthed i Århus Bugt er således af samme størrelsesorden som den, der er set i Kattegat, men meget lavere end den, der er set ved svenskekysten (Guldmaren).
Pihl og Witte (1992) finder den største tæthed i et delvist eksponeret område med et organisk indhold i sedimentet på 1-1,9 %. Sedimentet i Århus Bugt har et tilsvarende lavt indhold af organisk materiale, som udgør 0,8-2,0 %. Der er således ikke noget der tyder på, at sedimentets sammensætning i Århus Bugt skulle være en begrænsende faktor for tætheden af 0-gruppe rødspætter.

Betydningen af prædatorer
Faldet i tætheden af rødspætter (0,008/dag, gennemsnit for Bellevue, Mårup og Saksild) fra august til september overstiger ikke den estimerede dødelighed for rødspætter i Vadehavet (oftest på 0,01-0,04 fra bundslåningstidspunktet til august, Van der Veer et al., 2000b). Det må derfor antages, at faldet fra august til september kan afspejle den naturlige dødelighed hovedsageligt forårsaget af prædation (fra fisk, fugle og krabber), sygdom m.v., men da dødeligheden aftager med tiltagende alder og størrelse, og prædationen mindskes (Van der Veer et al., 2000b) er det sandsynligt, at faldet fra august til september mere er begrundet i en udvandring fra det lave vand til dybere vand, idet fisken vokser (Gibson et al., 1998).

Dødelighed efter bundslåningen skyldes fortrinsvis prædation fra strandkrabben (*Carcinus maenas*) og hesterejen (*Crangon crangon*) (Van der Veer et al., 2000b, Pihl & Van der Veer, 1992). Denne prædation forventes at være størst i maj/juni, hvor fladfiskene er mindre end 30 mm lange (Gibson et al., 1998).

Resultaterne fra Århus Bugt viste ikke en signifikant sammenhæng mellem tætheden af 0-gr. rødspætter og tætheden af hestereje *Crangon crangon* eller strandkrabbe *Carcinus maenas*). Dog var 0-observationer af 0-gr. rødspætter sammenfaldende med tætheder af strandkrabber > 40 stk. på 10 min. træk.

Settlingstidspunktet
De fangede rødspætter var i juli længere ved Mårup end ved Bellevue. Dette kan eventuelt skyldes, at rødspætterne ved Mårup er bundslået tidligere end rødspætterne ved Bellevue.

Tilstedeværelsen af føde
Tætheden af fødeemner er ofte af afgørende betydning for fiskenes fødevalg. Dette gælder specielt for fødegeneralister som rødspætten (Gibson et al., 1998).
Slethvarrens forholdsvis store indtag af hesterejer (80% af krebsdyrføden) specielt ved Saksild stemmer godt overens med, at der ved Saksild er en meget høj tæthed af hesterejer.

Fødeselektion
I juli har vandlopperne udgjort 80-90 % af de krebsdyr, som rødspætte- og skrubbeyngelen har spist. Dette hænger formodentlig sammen med fiskenes ringe størrelse i denne periode. Vandlopperne er meget små (0,06-0,5 mm) og tilhører meiofaunaen, som lever mellem partiklerne i sedimentet (da rødspætterne er bundslået ca. 2-5 uger før fiskeyngelundersøgelsen, formodes copepoderne at være bundlevende arter). I august/september består rødspættens og skrubbens krebsdyrføde af større krebsdyrarter.
Blandt de forskellige fiskearter på samme lokalitet ses ligeledes en fødeselektion. Ved Bellevue er næsten alle muslinger, som rødspætten og skrubben æder, blåmuslinger og molboøsters, hvorimod næsten 70% af tungens (i øvrigt ringe) indtagelse af muslinger er hjertemuslinger. Også ved Saksild

er næsten alle de muslinger, som tungen æder, hjertemuslinger (80%), selvom hjertemuslinger kun udgør 0% og 20% af hhv. skrubbens og rødspættens muslingeføde.

Fødestørrelse
En stor procentdel af de muslinger, som rødspætter og skrubber har ædt, bestod af meget små nyligt bundslåede molboøsters. Denne er som udvokset en meget stor musling, der normalt lever på mudderblandet bund på dybere vand. Det er stort set kun i juli, at molboøstersen bliver fundet i maven på fladfiskene, da den sandsynligvis hurtigt vokser sig for stor og tykskallet til at kunne spises af fladfiskene.

7.2 Rødspætter og isinger på vanddybder >10 m

7.2.1 Diversitet
Der er ikke sket et markant skift i fiskefaunaen fra 1991-2002, men middelantal af arter og diversiteten er svagt stigende. Arter som ansjos, sardin og mulle optræder i fangsterne fra slutningen af 1990'erne, og hestemakrellen er blevet en hyppigere gæst fra slutningen af 1990'erne. En signifikant sammenhæng mellem temperatur og diversitetet er fundet. De arter, der er set at være hyppigere gæster, har en sydligere udbredelse.
Abundancen af skrubber er steget. Denne stigning kan hyppigere ses ved forekomst af iltsvind, idet skrubber i iltfattigt vand er bedre til at opretholde en høj iltoptagelse end f.eks. rødspætter (Steffensen et al., 1982). En art med en aftagende abundance er håising, hvilket kan hænge sammen med, at den normalt lever på dybere vand og måske derfor oftere er udsat for effekter af kraftig iltsvind (< 2 mg ilt pr. l).

Betydningen i forekomsten af den giftige alge gyrodinium i 1996-1997 er undersøgt med hensyn til en indvirkning på diversiteten og middelantal arter. Diversitet og middelantal arter er beregnet for perioden 1991-1996 og 1997-2002. For de to perioder blev der fundet signifikante forskelle, således at perioden 1997-2002 har de største værdier, hvilket kan betyde at middelantal arter og diversitet har været påvirket således, at artssammensætningen af bundfaunaen er blev ændret.

7.2.2 Fangster
Middelfangsterne (alle arter) er faldet i perioden 1991 til 1995-1996 og har derefter ligget konstant (figur 7.2.2-1). Noget af forklaringen på de nedadgående fangster må ses på baggrund af en stor nedgang i isingefangsterne. Isingemiddelfangsten faldt signifikant fra perioden 1991-1996 til perioden 1997-2002.

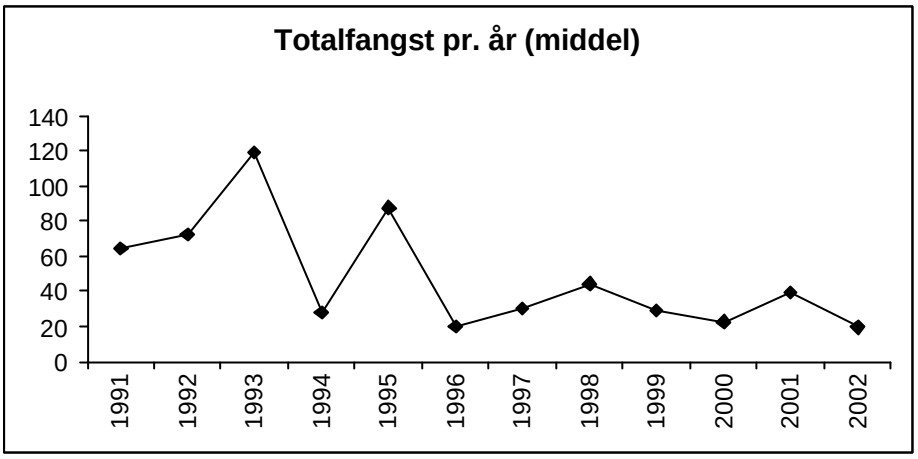


Fig. 7.2.2-1 Middelfangst i kg for alle arter i Århus Bugt i perioden 1991 til 2002 (survey).

Isingerne dominerer fangsten og udgør fra 80% til 90% af totalfangsten, men i 2002 var andelen nede på 63% of totalfangsten. Denne nedgang i isingefangsterne kan skyldes, at hyppigheden af perioder med iltsvind er tiltaget, og at gyrodinium i 1996-1997 var med til at reducere isingeføden. Det er set, at den manglende føde som *Ophiura* og *Abra alba* kan forklare 68% af variationen af isingetætheden (antal pr. 30 min). Der er efter 1997 ikke set et opsving af isinger. Selvom det totale individantal af bunddyr var stigende, forblev individantallet af *Abra alba* og *Ophiura* på et lavere niveau end før 1997.

De største fangster er set i 1993 og 1995. Begge er år med iltsvind i perioden, hvori fiskeriet foregik.

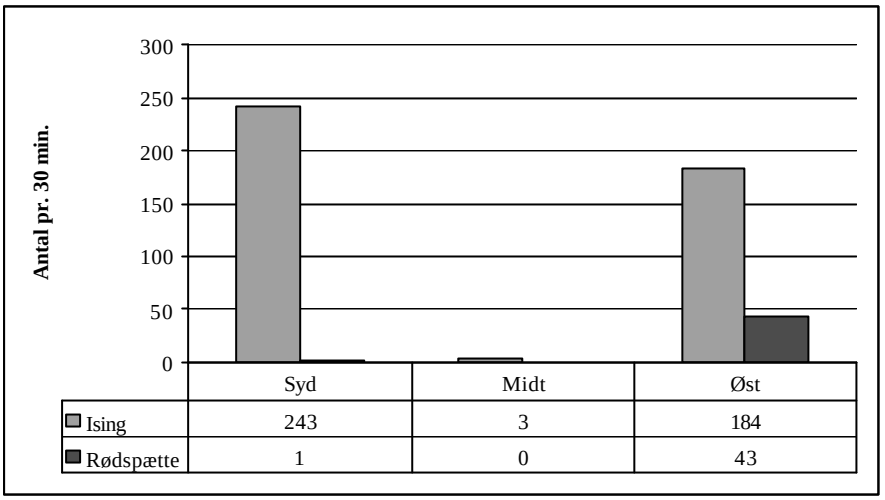
Rødspættefangsterne er faldet, men ikke signifikant.

7.2.3 Iltsvind og fangst af ising og rødspætte

Relationen mellem faldende iltkoncentrationer i bundvandet og fangster af ising og rødspætte viser en klokkeformet sammenhæng – et signal der er vanskeligt at tyde, og som antyder en mere kompleks sammenhæng. Fangsterne i 2000 var blandt de laveste sammenfaldende med, at iltindholdet i bundvandet var lavt (< 1 mg/l).

De høje fangster ved en iltkoncentration omkring 2-3 mg pr. l kan således skyldes, at fiskenes aktivitet øges, og dette kan tolkes som en flugtreaktion (Kramer, 1987). Ved en iltmætning på 15-20 % vil fiskene søge til steder med højere iltkoncentration eller til områder med lavere temperatur (Schurmann og Steffensen, 1992).

Fangsten af isinger i 1993 var stigende, og iltkoncentrationen målt på station 170006 i den centrale del af bugten var lav. Dette skyldes sandsynligvis, at når iltkoncentrationen her når et lavt niveau, så er områderne i Kalø Vig og områderne langs kysten syd for Århus og Kalø Vig allerede kraftigt ramt af iltsvind (< 2 mg ilt pr. l) (Århus Amt, 2000). Iltsvindet i disse områder tvinger fiskene mod øst og syd i bugten, og tætheden stiger derfor i den centrale del af bugten. Dette er i overensstemmelse med, at fangsten i 2000 (figur 7.2.3-1), hvor iltkoncentrationen i den centrale del af bugten også nåede ned på 0,9 mg pr. liter, forårsagede, at der ikke blev fanget isinger og rødspætter her, men at fiskene var trængt længere mod øst til bl.a. Begtrup Vig.



Figur 7.2.3-1 Fangstgennemsnit pr. 30 minutters træk af ising og rødspætte i 3 områder af Århus Bugt i 2000.

7.2.4 Ændringer i bundfauna og tætheden af ising og rødspætte på vanddybder > 10 meter
Diversiteten på vanddybder > 10 meter er stigende igennem 1990'erne, men antal af arter er nogenlunde konstant. Varmeelskende arter optræder med større hyppighed siden 1998 (muller, ansjoser og hestemakrel). Rødspætter og isinger er gået tilbage fra starten af 1990'erne til slutningen af 1990'erne.

Fødeundersøgelser viser, at *Abra alba* er den vigtigste enkeltart som føde for både rødspætte og ising. For ising spiller *Ophiura sp*. ligeledes en vigtig rolle som føde, idet fordelingen mellem *Abra alba* og *Ophiura sp*. er ca. 50% / 50%.
Udviklingen i bunddyrssamfundet viser, at der fra 1996 til 1997 skete en kraftig reduktion med en halvering i tætheden fra ca. 3.000 individer pr. m² til 1.500 pr. m². Denne reduktion omfattede også isingens foretrukne fødeemner *Abra alba* og *Ophiura sp.* Stigningen i tætheden af bunddyr fra 1997 til 2002 medfører ikke en tilsvarende øget tæthed af isinger og rødspætte. Dette skyldes primært, at stigning sker med arter af bunddyr som *Scalibregma inflatum*, *Mysella bidentata* og *Pectinaria koreni*, arter som ikke indgår i isingens og rødspættens fødevalg.

For rødspætten ses som for isingen en sammenhæng mellem forekomsten af *Abra alba*, hvor den kraftige reduktion i 1996-1997 er sammenfaldende med tilbagegangen af rødspætten.

7.2.5 Aldersfordeling
Aldersfordelingen af rødspætter viser, at kun få aldersgrupper er repræsenteret, især i årene 1999 og 2000. Det kan hænge sammen med selektionen i redskabet eller en udvandring af ældre fisk fra området. Med de seneste års langvarige iltsvind, kan det tænkes, at fiskene er flygtet fra fiskepladserne, og det vil være de store, der forsvinder hurtigst, medens de små (unge) vil have sværere ved at flygte (Pihl et al., 1991), hvilket resulterer i en overrepræsentering af små fisk.

Men også i perioden 1957-62 er der ikke observeret mange store og ældre fisk. På det tidspunkt formodes det, at der ikke har været iltsvind i det omfang der er set i dag. Så meget tyder således på,

at der sker en udvandring fra området, at Århus Bugt er et opvækstområde for fladfisk og når fiskene begynder at blive gydemodne forsvinder de fra området,. Lignende observationer blev gjort i Ålbækbugten (Johansen, 1910).

7.2.6 Ændringer i vækst af rødspætte og ising

En kraftig reduktion af tætheden af bunddyr var set fra 1996 til 1997, se afsnit 7.2.4.
Antallet af dage med et iltindhold < henholdsvis 2 og 4 mg ilt er steget i perioden 1991-2002 i Århus Bugt. For perioden 1991-1996 var middelantal dage med iltindhold under 2 og 4 mg henholdsvis 6 og 39 dage, medens middelantal dage i perioden 1997-2002 er steget til henholdsvis 20 og 53 dage. Antallet af dage med lavt iltindhold er næsten fordoblet.
Middellængden af rødspætter og isinger i de samme perioder viser også at have ændret sig signifikant.
For rødspætter er det set, at middellængden i perioden 1997-2002 er blevet signifikant lavere end 1991-1996, medens længdedata fra 1953-1962 ikke er signifikant afvigende fra perioden 1991-1996. Dette gælder for aldersgrupperne 2-4, men for aldersgruppe 1 er middellængden ikke signifikant lavere, men derimod signifikant højere i 1997-2002. Dette kan skyldes, at data er mangelfulde for rødspætte 1-grupper i begyndelsen af 1990'erne, men det kan også skyldes, at rødspætterne først var ved at rekruttere til voksenbestanden og derfor ikke opholdt sig på det dybere vand.

Rødspættemiddellængden pr. aldersgruppe er negativt korreleret med iltdage, hvilket er i overensstemmelse med Bagge et al. (1995b), Nelson et al. (1967), Chabot og Dutil (1999) samt Buentello et al. (2000). Mekanismen er, at fødeindtagelsen mindskes, omsætningsfaktoren nedsættes - mæthedsfornemmelse indtræder. Dette skulle ske ved omkring 4 mg/l. Det højere antal dage med lavt iltindhold vil være med til at forklare, at middellængde hos rødspætter er mindsket.

Der blev ikke set nogen sammenhæng mellem temperatur og middellængde af rødspætter alene, men middel bundtemperaturen og antal dage med ilt under 2 mg/l i en multipel regression, kan forklare fra 41-46 % af variationen i middellængden..
Muslinger udgør 90% af rødspættens føde og heraf udgøres 70% af *Abra alba* (Århus Amt, pers kom). Medtages tætheden af *Abra* alba i analysen fås, at "forklaringsraten" stiger fra de ca. 40% til 53-61%. Udfra dette kan det ses, at også fødeforekomsten spiller en stor rolle for middellængden.

For isingerne er der set signifikante forskelle for alle perioder, og her er det perioden 1991-1996, der har de mindste fisk. Det er gældende for alle aldersgrupper.

For isingerne, der lever i næsten samme område ses, at antallet er blevet mindre, men middellængden i de enkelte aldersgrupper bliver større, og en positiv sammenhæng mellem iltmangel og middellængde er set. Dette kan hænge sammen med, at fødetilgængeligheden øges ved, at mange nedborede bunddyr kommer op af bunden (Pihl et al., 1992). Afhængig af iltsvindets omfang skulle fisk kunne dykke ned og spise disse bunddyr (Pihl, 1994). En anden forklaring kunne være, at de mange iltsvind resulterer i mange, men små arter af byttedyr. Det betyder, at fødetilgængeligheden for små fisk øges (Pihl, 1994). Isingernes fødepræference er afhængig af byttedyrenes størrelse (Ursin, 1973), og isingerne er gennemgående små. Dette betyder også øget fødetilgængelighed. Fødekvaliteten kan på den måde være blevet bedre (Lozan, 1989). Pihl et al. (1992) har fundet, at der er signifikant flere større dyr (f.eks. polychaeter) i et område med iltmangel, idet de dyr, der lever dybt nedgravet i sedimentet, kommer op på overfladen. Da antallet af isinger er faldet og en

relation mellem tæthed af isinger og middellængden er set kan forklaringen også ligge her. Selv om det ses sjældent i juvenile og voksenbestande, er det set tidligere hos tunger og rødspætter (Modin og Pihl, 1994; Millner og Whiting, 1996; Rijnsdorp og Leuwen, 1996).

For isingerne var der en signifikant sammenhæng mellem middellængde og temperatur: højere vækst ved højere temperatur.
Temperaturen og isingetæthed i en multipel regression forklarer ca. 50-60% af variationen af middellængden. Tilføjes ilt under 2 mg/l vil det medføre, at variationen af middellængden kan forklares ved 72-76%. Men føden, som er *Abra* og *Ophiura*, øger ikke "forklaringsraten". Her tyder det på at temperatur og en tæthedsafhængig vækst spiller ind.

Ændringer i middellængden er set andre steder, f.eks. i Nordsøen, hvor rødspættevæksten er blevet øget. Øgningen af væksten menes at hidrøre fra bomtrawlinger, (øget) fødetilgængelighed og eutrofiering. Men temperaturen er uden betydning (Rijnsdorp og Leuwen, 1996). Rijnsdorp og Leuwen (1996) fandt sammenhæng mellem vækst af de mindre rødspætter og tætheden.

Rødspætter fra Århus Bugt.

8 Sammenfatning

Et klart billede af miljøfaktorernes indflydelse på rødspætte- og isingebestandene i Århus Bugt er ikke set. De resultater, vi har fået, er ofte meget svære at forklare, idet der i mange tilfælde er set U-formede sammenhænge, og mange sammenhænge er ikke signifikante.
I andre områder er det forsøgt at relatere miljøfaktorer med opgange og nedgange i fiskebestande , men uden overbevisende resultat (Heessen og Daan, 1996; Rogers og Millner, 1996). Philippart et al. (1996) mener dog, at de er i stand til at forklare noget af den variationen i rekrutteringen ved hjælp af tæthedsafhængig vækst og miljøfaktorer, men gør opmærksom på, at ikke enkelte miljøfaktorer kan forklare variationen.

Grunden til at der ikke er noget klart svar, kan være at en information om link mellem de trofiske niveauer mangler. Og tidsserierne er for korte til at se en regulær trend.

Man kunne måske få styr på, hvad der er linket mellem de trofiske niveauer, f.eks ved brug af biologisk-fysiske oceanografiske modeller, hvor data fra denne rapport bruges.

De klareste resultater af de gennemførte dataanalyser vil fremgå for henholdsvis kystzonen og vanddybder >10 meter.

8.1 Kystzonen

- Der er i kystzonen på den bare sandbund sket en stigning i diversiteten, når perioden i 1960'erne sammenlignes med 1990'erne. Arter som fjæsing og tunge forekommer i dag hyppigt.
- Lave overfladetemperaturer (< 3 C) i marts er sammenfaldende med større tæthed af 0-gr. rødspætter i august. Dette forhold kan skyldes, at rødspættens æg ved lave temperaturer har en større overlevelse.
- Nauplie biomassen i marts er positivt relateret til tætheden af 0-gr. rødspætter i august. En stor fødemængde i perioden, hvor rødspætten er larve, kan betyde en større overlevelse.
- Der er vist en sammenhæng mellem tætheden af 0-gr. rødspætter og den efterfølgende årgangsstyrke af 1-gr. rødspætter.
- Det er vist, at vinden også har en indflydelse på tætheden af 0-gr. rødspætter. Sammenhængen er U-formet, hvilket betyder at for stærke vinde har en negativ virkning.
- Det er vist, at tunger føres ind i Århus Bugt ved hjælp af vinden, og at tungerne er i det salte vand, der føres ind i juni.

8.2 Vanddybder > 10 meter

- Der er sket et skifte i artssammensætningen fra 1991 til 2002. Forekomst af varmetilpassede arter som ansjos, mulle og hestemakrel ses sidst i perioden, hvilket underbygges af, at diversiteten er koblet til middelbundtemperaturen (årsmiddel).
- Bestanden af ising er gået tilbage fra 1990 til 2002, og bestanden af rødspætter var stigende fra 1991 til 1996, hvorefter den har været faldende.
- Der kan iagttages en sammenhæng i faldet af antallet af bunddyrene *Abra alba* og *Ophiura* og faldet i antallet af ising. (*Abra alba* og *Ophiura* udgør mere end 90% af isingens føde).

- Iltsvind påvirker fangsten af ising og rødspætte både med hensyn til varigheden af iltsvindet og den aktuelle iltkoncentration. Iltsvind får fiskene til at flygte fra den centrale del af Århus Bugt til områder mod øst og syd.
- Isingevæksten er bestemt af temperatur og iltforhold.
- Rødspættevæksten er bestemt af temperatur, iltforhold og forekomst af relevant føde.

Samlet kan det iagttages, at ændringer i næringssaltbelastningen og ændringer i temperaturen spiller en rolle for fiskefaunaen i Århus Bugt, og at disse faktorer til dels kan have modsatrettede effekter på fiskefaunaen i kystzone og på vanddybder > 10 meter. Fladfiskearter, som er afhængig af livsbetingelserne i både kystzone og på større vanddybder, kan påvirkes på forskellig vis af samme miljøfaktor. En øget kvælstofbelastning kan relateres til en øget produktion af føde (nauplier) for rødspættelarver, men en øget primærproduktion vil samtidig medføre øget iltforbrug i bundvandet på vanddybder > 10 med negativ effekt på voksne fisk.

9 Referencer

Bagge, O., Nielsen, E., Steffensen, J.F., 1995a. Consumption and evacuation in dab (*Limanda limanda*) related to saturation and temperature. Preliminary results. ICES CM 1995/J:6.

Bagge, O., Steffensen, E., Nielsen, E., Jensen, C., 1995b. The mean length at age of dab in Århus Bay in relation to oxygen conditions 1953-1994. ICES CM 1995/ J:5.

Beverton, R.J.H., Holt, S.J., 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fishery Investigations Ser. II vol. XIX, 1-533.

Bisbal, G.A., Bengtson, D.A., 1995. Effect delayed on survival and growth of summer flounder *Paralicthys detatus* larvae. Mar.Ecol.Prog.Ser. 12 (1-3), 301-306.

Bohl, H., 1957. Die Biologie der Kliesche (*Limanda limanda*) in der Nordsee. Ber. Dtsh. Wiss. Komm. Meeresforsch XV 1, 1-57.

Brett, J.R., Backburne, J.M., 1981. Oxygen requirements for growth of young Coho (*Oncorhynchus kisutch*) and Sokeye (*O. nerka*) Salmon at 15ºC. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38, 399-404.

Buentello, J.A., Gatlin III, D.M., Neill, W.H., 2000. Effect of water temperature and dissolved oxygen on daily feed consumption, feed utilization and growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture 182, 339-352.

Campos, W.L., 1996. A comparative study of the distribution of Dab (*Limanda limanda*) and Flounder (*Platichthys flesus*) larvae in the Southeastern North Sea with notes on their sensory development. Hamburg, 1-125.

Chabot, D., Dutil, J.D., 1999. Reduced growth of Atlantic cod in non-lethal hypoxic conditions. J.Fish.Biol. 55, 472-491.

Christensen, C., Lund-Hansen, L.C., Skyum, 1994. Hydrografi og stoftransport i Århus Bugt. Havforskning fra Miljøstyrelsen, nr. 39, 1994.

Clarke, K.R., Warwick, R.M., 1994. Change in marine communities. An Approach to statistical Analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory, 144 pp.

Coombs, S.H., Nichols, J.H., Fosh, C.A., 1990. Plaice eggs (*Pleuronectes platessa*) in the southern North Sea: abundance, spawning area, vertical distribution, and buoyancy. J. Cons int. Explore Mer, 47, 133-139.

Fonds, M., Cronie, R., Vethak, A.D., van der Poyl, P., 1992. Metabolism, food consumption and growth of plaice (*Pleuronectes platessa*) and flounder (*Platichthys flesus*) in relation to fish size and temperature. Neth. J. Sea Res. 29 (1-3), 127-143.

Fox, C.J., Planque, B.P., Darby, C.D., 2000. Synchrony in the recruitment time series of plaice (*Pleuronectes platessa*) around the United Kingdom and the influence of sea temperature. J. Sea Res. 44, 159-168.

Frank, K.T., 1991. Predicting recruitment variation from yearclass specific vertebral counts. An analysis of the potential and plan for verification. Can. J. Fish. Aqat. Sci. 48, 1350-1357.

Gibson, R.N., 1994. Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. Neth. J. Sea Res. 32 (2), 191-206.

Gibson, R.N., Pihl, L., Burrows, M.T., Modin, J., Wennhage, H., Nickell, L.A., 1998. Diel movements of juvenile plaice *Pleuronectes platessa* in relation to predators, competitors, food availability and abiotic factors on a microtidal nursery ground. Mar. Ecol. Prog. Ser, 165, 145-159.

Heegaard , P., 1947. Investigation on the breeding season and the quantities of eggs of the food fishes of the Kattegat and Northern Beltsea. 1929-1941. Medd. fra Kom. for Danmarks Fiskeri og Havundersøgelser. Fiskeri bd. 11, 20pp.

Henderson, P.A.,1998. On the variation in dab (*Limanda limanda*) recruitment: a zoogeographic study. J. Sea Res. 40, 131-142.

Heessen H., Daan, N., 1996. Long term trends in ten non-target North Sea fish species. ICES. J. Mar. Sci. 53, 1063-1078.

Jacobsen, J.P., Johansen, A.C., 1908. Remarks on the changes in specific gravity of pelagic fish eggs and the transport of same in Danish Waters. Medd. fra Kom. for Havundersøgelser. ser. Fiskeri. Bd. III nr. 2, 24 pp.

Jager, Z., Kleef, H.L., Tydeman, P.,1995. Mortality and growth of 0-group flatfish in the brackish Dollard (EMS estuary, Wadden Sea). Neth. J. Sea. Res. 34 (1-3) 119-129.

Jonasson T.M., Imsland, A.K., Steffansson, S.O., 1999. The interaction of temperature and fish size on growth of juvenile halibut. J. Fish Biology 54, 556-572.

Johansen, A.C., 1910. Berichte über die Dänischen Untersuchung über die Schollenfisherei. Medd. Komm. Danm. Fisk- og Havundersøgelser Ser. Fiskeri 8.

Kramer D.L., 1987. Dissolved oxygen and fish behavior. Environmental Biology of Fishes 18 (2), 81-92.

Lange, U., Greve, W., 1997. Does temperature influence the spawning time, recruitment and distribution of flatfish via its influence on the rate of gonadal maturation? Ger. J. Hydrogr. 49, 251-263.

Last, J.M., 1978. The food of four species of Pleuronectiform Larvae in the Eastern English Channel and Southern North Sea. Marine Biology 45, 359-368.

Lebour, M.V., 1918. The food of post larval fish. J.Mar. Biol. Ass. Vol XI (N.S.), 433-469.

Lindsey, C.C., 1988. Factors controlling meristic variation. Fish Physiol. 11B, 197-274.

Lozan, J.L., 1989. Investigation on the growth dab (*Limanda limanda* L) in eight areas of North Sea and comparisons with earlier findings. Arch. Fish Wiss.39 (2), 111-146.

MacKenzie, B.R., Miller, T.J., Cyr, S., Leggett, W.C., 1994. Evidence for a dome-shaped relationship between turbulence and larval fish ingestion rates. Limnol. Oceanogr. 39 (8), 1790-1799.

Millner, R.S. and C.L. Whiting, 1996. Long-term changes in growth and population abundance of sole in the North Sea from 1940 to the present. ICES J.Mar.Sci. 53, 1185-1195.

Modin, J., Pihl, L., 1994. Differences in growth and mortality of juvenile plaice, *Pleuronectes platessa* L., following normal and extremely high settlement. Neth. J. Sea Res. 32 (3-4), 331-341.

Molander, A.R., Molander-Swedmark, M., 1975. Experimental investigations on variation in plaice (*Pleuronectes platessa*). Report No.7. Biology Series Ins. Mar. Res. Lysekil, Fishery Board Sweden, 45pp.

Nelson, E.S., Shumway, D.L., Doudoroff, P., 1967. Influence of Oxygen Concentration on the Growth of Juvenile Largemouth Bass. J. Fish. Res. Bd. Canada, 24 (3), 475-494.

Nielsen, E., Richardson, K., 1996. Changes in the fisheries yield in the Kattegat 1950-1992. ICES J.Mar.Sci. 53, 988-994.

Nielsen, E., Bagge, O., MacKenzie, B.R., 1998. Wind-induced transport of plaice (*Pleuronectes platessa*) early life-history stages in Skagerrak-Kattegat. J. Sea Res. 39 (1-2), 11-28.

Nielsen, E., Støttrup, J.G., Heilmann, J., MacKenzie, B.R., 2004. The spawning of plaice *Pleuronectes platessa* in the Kattegat. J. Sea Res. 51 pp219-229..

Philippart, C.J.M., Lindeboom, H.J., van der Meer, J., van der Veer, H.W., Witte, J.I.J., 1996. Long-term fluctuations in fish recruit abundance in the western Wadden Sea in relation to variation in the marine environment. ICES J. Mar. Sci. 53 (6), 1120-1129.

Pihl, L., 1994. Changes in the diet of demersal fish due to eutrophication-induced hypoxia in the Kattegat, Sweden. Can. J .Fish. Aquat. Sci. 51, 321-336.

Pihl, L., Baden, S.P., Diaz, R.J., 1991. Effects of periodic hypoxia on distribution of demersal fish and crustaceans. Marine Biology 108, 349-360.

Pihl, L., van der Veer, H.W., 1992. Importance of exposure and habitat structure for the population density of 0-group plaice, *Pleuronectes platessa* L. in coastal nursery areas. Neth. J. Sea Res. 29 (1-3), 145-152.

Pihl, L., Baden, S.P., Diaz, R.J., Schaffner, L.C., 1992. Hypoxia-induced structural changes in the diet of bottom-feeding fish and crustacia. Marine Biology 112, 349-361.

Poulsen, E., 1939. On the migrations and the racial character of plaice. Report of the Danish Biological Station XLIII 80pp.

Rijnsdorp, A., Leuwen, P., 1996. Changes in abundance of demersal fish species in the North Sea between 1906-1909 and 1990-1995. ICES. J. Mar. Sci. 53, 1054-1062.

Rogers, S.I., Millner, R.S., 1996. Factors affecting the annual abundance and regional distribution of English inshore demersal fish population: 1973-1995. ICES J. Mar. Sci. 53, 1094-1112.

Ryland, J.S., 1964. The feeding of plaice and sand-eel larvae in the Southern North Sea. Jour. Mar. Biol. Ass. U.K. 44, 343-364.

Schurmann, H., Steffensen, J.F., 1992. Lethal oxygen levels at different temperatures and the preferred temperature during hypoxia of Atlantic cod (*Gadus morhua*). J.Fish.Biol 41, 927-934.

Shelbourne, J.E., 1953. The feeding habitats of plaice postlarvae in the Southern Bight. J. Mar. Biol. Ass. Vol. XXXII, 149-159.

Shelbourne, J.E., 1962. A predator-prey size relationship for Plaice Larvae Feeding on *Oikopleura*. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 42, 243-252.

Simpson, A.C., 1959. The Spawning of the Plaice (*Pleuronectes platessa*) in the North Sea. Fishery Investigation ser. II vol. XXII no. 7, 111 pp.

Steffensen, J.F., Lomholt, J.P., Johansen, K., 1982. Gill ventilation and O2 extraction during graded hypoxia in two ecologically distinct species of flatfish, the flounder (*Platichthys flesus*) and the plaice (*Pleuronectes platessa*). Env. Biol. Fish. 7 (2) 157-163.

Ursin, E., 1973. On the prey size preferences of cod and dab. Medd. Danm. Fisk. og Havundersøgelser N.S. vol. 7, 85-98.

Van der Veer, H.W., Pihl, L., Bergman, M.J.N., 1990. Recruitment mechanisms in North Sea plaice *Pleuronectes platessa*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 64, 1-12.

Van der Veer, H.W., Witte, J.I.J., 1999. Yearclass strength of plaice *Pleuronectes platessa* in the Southern Bight of the North Sea: a validation and analysis of the inverse relationship with winter seawater temperature. Mar. Ecol. Prog. Ser 184, 245-257.

Van der Veer, H.W., Berghahn, R., Miller, J.M., Rijnsdorp, A.D., 2000a. Recruitment in flatfish with special emphasis on North Atlantic species: Progress made by the Flatfish Symposia. ICES J. Mar. Sci. 57 (2), 202-215.

Van der Veer, H.W., Bies, B., Witte, J.I.J., 2000b. Selective growth and mortality of juvnile plaice *Pleuronectes platessa* in the Dutch Wadden Sea: a consequence of irreversible non-genetic adaptation during early pelagic life. Mar. Ecol. Prog. Ser. 197, 273-283.

Weltzien, F.A., Planas, M., Fyhn, H.J., 1999. Temperature dependency of early growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) and its implications for developmental progress. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 242, 201-210.

Wennhage, H., 1999. Recruitment processes in the flatfish (*Pleuronectes platessa*): Larval supply, habitat selection and predator-prey interaction at settlement. Gøteborg University Faculty of Natural Sciences 1999, 159 pp.

Wennhage, H., Pihl, L., 1994. Substratum selection by juvenile plaice (*Pleuronectes platessa* L): impact of benthic microalgae and filamentous macroalgae. Neth. J. Sea. Res. 32 (3-4), 343-351.

Wyatt, T., 1972. Some effects of food density on the growth and behavior of plaice larvae. Marine Biology 14, 210-216.

Århus Amt, 1999a. Århus Bugt tilstand og udvikling 1999. Afrapportering ifølge NOVA 2003.

Århus Amt, 1999b. Fiskeriundersøgelser i Århus Bugt 1953-1999. Status og udvikling.

Århus Amt, 2002. Århus Bugt tilstand og udvikling 2001. Afrapportering ifølge NOVA 2003.

Århus Amt, 2003. Århus Bugt tilstand og udvikling 2002. Afrapportering ifølge NOVA 2003.

Århus Kommune og Århus Amtskommune, 1980. Århus Bugt-Kalø Vig 1978-79. Rapport nr. 2. Recipienthydraulik.

Århus Amt og Århus Universitet, 2001-2002. Opvækst af ichthyoplankton i Århus Bugt.

Århus Universitet, 2003. AAA og AU Ichthyoplankton prøvetagning og fiskeri 2002.

DFU-rapporter – index

Denne liste dækker rapporter udgivet i indeværende år samt de foregående to kalenderår. Hele listen kan ses på DFU's hjemmeside www.dfu.min.dk, hvor de fleste nyere rapporter også findes som PDF-filer.

Nr. 120-03	Danmarks Fiskeriundersøgelser. Ramme- og aktivitetsplan 2003-2006
Nr. 121-03	Genudlagte blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) på vækstbanker i Limfjorden 2002. Per Sand Kristensen og Nina Holm
Nr. 122-03	Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav efteråret 2002. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl
Nr. 123-03	Blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) i Århus Bugt 2002. Forekomster og fiskeri. (fiskerizonerne 24, 25, 26, 30, 31 og 34). Per Sand Kristensen
Nr. 124-03	Forebyggelse af YDS (yngeldødelighedssyndrom) og begrænsning af medicinforbrug i æg- og yngelopdræt i danske dambrug. Per Aarup Jensen, Niels Henrik Henriksen, Kaare Michelsen, Dansk Dambrugerforening og Lone Madsen, Inger Dalsgaard, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Fiskepatologisk Laboratorium
Nr. 125-03	Laksens gydevandring i Varde Å-systemet. Radiotelemetri-undersøgelse. Niels Jepsen, Michael Deacon og Mads Ejby Ernst
Nr. 126-03	DFU's standardtrawl: Konstruktion og sammenlignende fiskeri. Ole Ritzau Eigaard, Josianne Støttrup, Erik Hoffmann, Holger Hovgård og Søren Poulsen
Nr. 127-03	Status and Plans. DIFRES November 2003. Tine Kjær Hassager (Ed.)
Nr. 128-03	Udsætninger af pighvar ved Nordsjællands kyst fra 1991-1997. Claus R. Sparrevohn og Josianne Støttrup
Nr. 129-03	Fiskebestande og fiskeri i 2004. Sten Munch-Petersen
Nr. 130-04	Bestanden af blåmuslinger i Limfjorden 1993 til 2003. Per Sand Kristensen og Erik Hoffmann.
Nr. 131-04	Udsætningsforsøg med ørred (*Salmo trutta*) i Gudenåen og Randers Fjord, gennemført i 1982-83, 1987-89 og 1994-96. Stig Pedersen og Gorm Rasmussen
Nr. 132-04	En undersøgelse af muligheder for etablering af måleprogram på såkaldte modeldambrug. Lars M. Svendsen og Per Bovbjerg Pedersen
Nr. 133-04	Udnyttelse af strandkrabber. Knud Fischer, Ole S. Rasmussen, Ulrik Cold og Erling P. Larsen
Nr. 134-04	Skjern Å's lampretter. Nicolaj Ørskov Olsen og Anders Koed

Nr. 135-04 Undersøgelse af biologiske halveringstider, sedimentation og omdannelse af hjælpestoffer og medicin i dam- og havbrug, samt parameterfastsættelse og verifikation af udviklet dambrugsmodel. Lars-Flemming Pedersen, Ole Sortkjær, Morten Sichlau Bruun, Inger Dalsgaard & Per Bovbjerg Pedersen

Nr. 135a-04 Supplerende teknisk rapport (Anneks 1 – 8) til DFU-rapport nr. 135-04. Undersøgelse af biologiske halveringstider, sedimentation og omdannelse af hjælpestoffer og medicin i dam- og havbrug, samt parameterfastsættelse og verifikation af udviklet dambrugsmodel. Lars-Flemming Pedersen, Ole Sortkjær, Morten Sichlau Bruun, Inger Dalsgaard og Per Bovbjerg Pedersen

Nr. 136-04 Østersfiskeri i Limfjorden – sammenligning af redskaber. Per Dolmer og Erik Hoffmann

Nr. 137-04 Hjertemuslinger (*Cerastoderma edule*) på fiskebankerne omkring Grådyb i Vadehavet, 2004. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl

Nr. 138-04 Blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) og molboøsters (*Arctica islandica* L.) i det nordlige Lillebælt i 2004 (fiskerizone 37 og 39). Forekomster og fiskeri. Per Sand Kristensen

Nr. 139-05 Smoltdødeligheder i Årslev Engsø, en nydannet Vandmiljøplan II-sø, og Brabrand Sø i foråret 2004. Kasper Rasmussen og Anders Koed

Nr. 140-05 Omplantede blåmuslinger fra Horns Rev på bankerne i Jørgens Lo og Ribe Strøm 2002-2004. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl

Nr. 141-05 Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav efteråret 2004. Per Sand Kristensen, Niels Jørgen Pihl og Rasmus Borgstrøm

Nr. 142-05 Fiskebestande og fiskeri i 2005. Sten Munch-Petersen

Nr. 143-05 Opdræt af torskeyngel til udsætning i Østersøen (forprojekt). Josianne G. Støttrup, Julia L. Overton, Christian Möllmann, Helge Paulsen, Per Bovbjerg Pedersen og Peter Lauesen

Nr. 144-05 Skrubbeundersøgelser i Limfjorden 1993-2004. Hanne Nicolajsen

Nr. 145-05 Overlevelsen af laksesmolt i Karlsgårde Sø i foråret 2004. Anders Koed, Michael Deacon, Kim Aarestrup og Gorm Rasmussen

Nr. 146-05 Introduktion af økologi og kvalitetsmærkning på danske pionerdambrug. Lars-Flemming Pedersen, Villy J. Larsen og Niels Henrik Henriksen

Nr. 147-05 Fisk, Fiskeri og Epifauna. Limfjorden 1984 – 2004. Erik Hoffmann

Nr. 148-05 Rødspætter og Isinger i Århus Bugt. Christian A. Jensen, Else Nielsen, Anne Margrethe Wegeberg