

**Skarven (*Phalacrocorax carbo sinensis* L.) og den  
spættede sæls (*Phoca vitulina* L.) indvirkning på  
fiskebestanden i Limfjorden: Ecopath modellering som  
redskab i økosystem beskrivelse**

”Klogest er den der ved, hvad han ikke ved”

*Citat: Sokrates 470 f.Kr.-399 f.Kr.*

**Af Rasmus Skoven**

Biologisk institut, Afd. for Marin Økologi, Aarhus Universitet  
Danmarks Fiskeriundersøgelser, Charlottenlund

Intern vejleder: Jens Tang Christensen, Afd. for Marin Økologi, Aarhus Universitet  
Eksterne vejledere: Josianne Støttrup, DFU, Afdeling for Havøkologi og Akvakultur  
Astrid Jarre, DFU, Afdeling for Havfiskeri

Danmarks Fiskeriundersøgelser  
Afd. for Havøkologi og Akvakultur og  
Afd. For Havfiskeri  
Kavalergaarden 6  
2920 Charlottenlund

ISBN: 87-7481-018-9

DFU-rapport nr. 163-06

## Forord

Denne rapport markerer afslutningen på min kandidatuddannelse i biologi ved Biologisk Institut, Århus Universitet. Rapporten er lavet på foranledning af Danmarks Fiskeriundersøgelser, som søgte en speciale studerende til Ecopath modellering af Limfjorden. Jens Tang Christensen, Afdelingen for Marin Økologi, Biologisk Institut, Århus Universitet har været intern vejleder på projektet. Som kontaktperson hos DFU og ekstern vejleder har jeg haft Josianne Støttrup, Afdeling for Havøkologi og Akvakultur. Endvidere har Astrid Jarre, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afdeling for Havfiskeri fungeret som ekstern vejleder på projektet. Der skal lyde en stor tak til mine vejledere, for gode råd, idéer og generel vejledning.

Endvidere vil jeg sige tak til følgende, nævnt i alfabetisk rækkefølge: Niels Gerner Andersen, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afdeling for Havøkologi og Akvakultur; Thomas Bregnballe, Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet; Erik Hoffman, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afdeling for Havfiskeri; Nina Holm, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afdeling for Havfiskeri; Niels Jepsen, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afdeling for Ferskvandsfiskeri; Mads Nedergaard, Ringkøbing Amt, Afdeling for Teknik og Miljø; Jonas Teilmann, Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Arktisk Miljø. Det vil blive et langt forord, hvis jeg skulle beskrive hvordan de alle har hjulpet mig, derfor vil jeg nøjes med at sige dem et stort tak for hjælpen, inden for deres respektive områder.

Der skal også lyde et stort tak til Rikke Bucholtz, Jane Godiksen og Jesper Volk for at læse korrektur på rapporten.

Til sidst skal der lyde et tak til ansatte og studerende på Marin økologi, uden jer ville jeg ikke have spist uanede mængder af kage og skyllet det ned med lige så uanede mængder af kaffe. Det gjorde hele processen noget lettere.

Århus, d.07. juni 2006

Rasmus Skoven

## Resume

Limfjorden har i historisk perspektiv altid spillet en stor rolle i dansk fiskeri. Men inden for de sidste 30 år, har fiskebestandene været kraftigt faldene, hvilket har medført, at det erhvervsmæssige fiskeri næsten er ophørt. Skarven og sælen har i den forbindelse været midtpunkt for en stor debat, omhandlende deres indvirkning på fiskebestandene. Der er dog kun få undersøgelser, der prøver at vurdere deres indflydelse på fiskebestandene. Det har været mit formål, at undersøge skarvens og sælens effekt på fiskebestandene, ved at etablere Ecopath modeller af henholdsvis Nissum Bredning og de centrale bredninger. Endvidere har det været mit formål at indsamle den viden der pt. er omkring skarven, sælen og fiskebestandene i Limfjorden.

Det viste sig, at de nuværende data for fiskebestandene, ikke er informative nok til, at lave de ønskede Ecopath modeller. Derfor har det ikke været muligt, at vurdere skarven og sælens indvirkning på fiskebestandene. Derimod er det igennem opgaven blevet belyst, hvilke områder der i fremtiden skal fokuseres på, for at få en mere fyldestgørende indsigt i Limfjordens økosystem.

# Indholdsfortegnelse

<i>Forord</i> .....	1
<i>Resume</i> .....	3
<i>Indholdsfortegnelse</i> .....	4
<i>Indledning</i> .....	7
<b>Hvorfor Limfjorden</b> .....	7
<b>Limfjordens hydrografi</b> .....	8
<b>Ecopath og Limfjorden</b> .....	9
<i>Limfjorden som økosystem og arbejdsplads</i> .....	10
<b>Fiskeriet i Limfjorden</b> .....	10
<b>Skarven ved Limfjorden</b> .....	11
<b>Sælen i Limfjorden</b> .....	13
<b>Fiskebestande i Limfjorden</b> .....	14
<i>Materialler og metoder</i> .....	17
<b>Ecopath</b> .....	17
<b>Biomasse</b> .....	18
<b>Produktion</b> .....	18
<b>Konsumtion/Fødevalg</b> .....	19
<i>Inputparametre</i> .....	20
<b>Skarven</b> .....	20
Biomasse .....	20
Produktion/Biomasse .....	21
Konsumtion/Biomasse .....	22
Fødevalg.....	22
<b>Sælen</b> .....	23
Biomasse .....	23
Produktion/Biomasse .....	23
Konsumtion/Biomasse .....	23
Fødevalg.....	24
<b>Biomasse af fisk</b> .....	24
<b>Gruppering af fiskearter</b> .....	26
Sild.....	28
Baggrund.....	28
Fødevalg.....	28
Produktion/Biomasse .....	28
Konsumtion/Biomasse .....	29
Hvilling .....	29
Baggrund.....	29
Fødevalg.....	29
Produktion/Biomasse .....	30
Konsumtion/Biomasse .....	30
Sortkutling .....	30

Baggrund.....	30
Produktion/Biomasse .....	30
Konsumtion/Biomasse .....	31
Fødevalg.....	31
Brisling .....	31
Baggrund.....	31
Produktion/Biomasse .....	31
Konsumtion/Biomasse .....	32
Fødevalg.....	32
Rødspætte.....	32
Baggrund.....	32
Produktion/Biomasse .....	32
Konsumtion/Biomasse .....	33
Fødevalg.....	33
Ålekvabbe .....	33
Baggrund.....	33
Produktion/Biomasse .....	33
Konsumtion/Biomasse .....	33
Fødevalg.....	33
Tunge .....	34
Baggrund.....	34
Produktion/Biomasse .....	34
Konsumtion/Biomasse .....	34
Fødevalg.....	34
Skrubbe .....	34
Baggrund.....	34
Produktion/Biomasse .....	35
Konsumtion/Biomasse .....	35
Fødevalg.....	35
Ulk .....	35
Baggrund.....	35
Produktion/Biomasse .....	35
Konsumtion/Biomasse .....	35
Fødevalg.....	36
Ising .....	36
Baggrund.....	36
Produktion/Biomasse .....	36
Konsumtion/Biomasse .....	36
Fødevalg.....	36
ÅL.....	37
Baggrund.....	37
Produktion/Biomasse .....	37
Konsumtion/Biomasse .....	37
Fødevalg.....	37
Andre fisk .....	37
Baggrund.....	37
Produktion/Biomasse .....	37
Konsumtion/Biomasse .....	38
Fødevalg.....	38
<b>Resultater.....</b>	<b>39</b>
<b>Den ubalancerede model .....</b>	<b>39</b>
<b>Balancering af model .....</b>	<b>41</b>
Trin 1; Biomasser.....	41
Trin 2; GE.....	42
Trin 3; fødevalg .....	43
Trin 4, forøgning af biomasse .....	45

<i>Diskussion</i> .....	45
<b>Modelresultater</b> .....	<b>45</b>
<b>Topprædatorer</b> .....	<b>46</b>
Skarven .....	46
Sælen.....	47
<b>Fiskene</b> .....	<b>47</b>
Sæsonvariation.....	48
Selektivitet .....	48
Habitattyper .....	49
<i>Konklusion og perspektivering</i> .....	<b>49</b>
<i>Referencer</i> .....	<b>51</b>
<i>Bilag</i> .....	<b>56</b>
<b>Bilag 1: Kort over Limfjorden</b> .....	<b>56</b>
<b>Bilag 2: Skarvens fourageringsområde</b> .....	<b>57</b>
<b>Bilag 3: Konsumtion/længde-graf for hvillingen</b> .....	<b>58</b>
<b>Bilag 4: Fødevalgsmatrice</b> .....	<b>59</b>

# Indledning

## ***Hvorfor Limfjorden***

I nyere tid har fiskeriet i Limfjorden oplevet kraftige fald i fangster, hvilket har skabt et dårligt rentabelt fiskeri i området (Wohlfart, 1994). Som altid når noget går galt, vil mennesket finde en forklaring på problemet. Det, der gør Limfjorden interessant i dette lys er, at der kan peges på mange forskellige problemer, både menneskeskabte og naturlige. Af de menneskeskabte kan blandt andet nævnes udslip af kemikalier til Limfjorden og en kraftig eutrofiering fra de store landbrugsområder omkring Limfjorden, som har medført en større hyppighed af iltsvind (Riisgaard & Moeslund, 2004; Wohlfart, 1994). Af de naturlige kan der nævnes, at ålegræsset har oplevet en tilbagegang på grund af blandt andet sygdom og nedsat sigtddybde, hvorved habitatområder for fiskeyngel er gået tabt (Flintegård *et al.*, 1982). En af de for tiden mest omdiskuterede problemstillinger er dog sælen og ikke mindst skarvens indflydelse på fiskebestandene. I 1977/78 blev der vedtaget en udvidet fredning af skarven i ynglesæsonen, hvilket har ført til en forøget bestand på landsplan (Bregnballe & Gregersen, 1995). Dette har også bevirket, at skarven har slået sig ned omkring Limfjorden, hvor der i 1990 blev optalt 207 reder. I perioden fra 1990-98 steg bestanden af skarver kraftigt, hvorefter redeantallet har været stabilt på ca. 4500 (Eskildsen, 2001). Der er ligeledes observeret en stor bestandsfremgang hos den spættede sæl, siden den blev fredet i 1977, hvor den var tæt på regional udryddelse (Bøgebjerg, 1986; Nørrevang & Lundø, 1979b). I Limfjorden var sælbestanden i 1989 på 1090 individer, hvilket blev forøget til 1899 individer i 2001 (data udleveret af Jonas Teilmann). I de mellemliggende år har bestanden af sæler været højere, men blev reduceret på grund af sygdom i bestanden (Härkönen *et al.*, 2006).

En af grundene til den store debat om netop skarven og sælen, kan findes i deres meget synlige tilstedeværelse i Limfjorden. Under dens jagt på føde kan sælen gå i fiskernes redskaber og derved forårsage skader på både redskaber og fangst (Kørvel, 1985). Skarven ses ofte siddende på bundgarnspælene ved fiskernes garn, og fiskerne rapporterer, at deres fangster har bidemærker fra skarven, som fouragerer i deres garn. Dette gør fiskene usælgelige (Bildsøe & Jensen, 1996; Bildsøe & Jensen, 1997). Det spændende i problematikken er, at den ofte er præget af meninger og holdninger og ikke af grundige undersøgelser af problemet. Limfjorden er efter min overbevisning et godt emne til en belysning af skarvens og sælens påvirkning af fiskeriet, da man her har et stort historisk datasæt med henhold til DFU's forsøgsfiskeri, redetællinger i skarvkolonierne og flytællinger af sælbestanden. Med dette speciale håber jeg, at kunne bidrage til diskussionen angående sælen og skarvens indvirkning på fiskebestandene i Limfjorden, underbygget af de tilgængelige data.

## ***Limfjordens hydrografi***

Limfjorden er Danmarks største fjord, og dækker et areal på ca. 1500 km<sup>2</sup>. Den strækker sig fra Hals i øst til Thyborøn og Harboøre i vest (bilag 1) og kan inddeles i to forskellige områder. Fra Hals til Løgstør er Limfjorden nærmest kanal-formet og har kun små bredninger. Derimod består Limfjorden fra Løgstør og videre vestpå af store og mindre bredninger, sidefjorde og små sunde, der forbinder de forskellige bredninger (Wohlfart, 1994).

Limfjorden har ikke altid haft en åben forbindelse til Nordsøen. Den første kendte gennembrydning ved Agger Tange skete i 1624. Det er dog først ved en gennembrydning i 1825, man snakker om det store gennembrud, hvor store dele af fiskeriet i den vestlige Limfjord kollapsede på grund af, at ferskvandsarterne ikke kunne klare den forhøjede salinitet (Flintegaard *et al.*, 1982; Wohlfart, 1994) Denne åbning sandede dog til igen, men området var blevet forvandlet til et brakvandsområde. I 1865 gennembrød Nordsøen endnu engang igennem ved Agger Tange, og den nuværende åbning opstod.

Limfjorden er udpræget lavvandet, hvor 42% af vanddybden er fra 0-4m, 12% er mellem 4m og 5,5m og de resterende 46% er over 5,5m. Dog kan dybden i sundene overskride 20m (maks. dybde 28m), hvilket skyldes en stor gennemstrømningshastighed. En konsekvens af at Limfjorden er åben i begge ender er, at den vestlige del har en højere salinitet, da der her forekommer vandindtag til Limfjorden fra Nordsøen (Flintegaard *et al.*, 1982). Dette ses ud fra fig.1.1, hvor salinitetens fluktuation over året tydeligt ses. Ud fra de data, som danner baggrund for fig.1.1, der er indsamlet i samarbejde mellem Ringkøbing Amt, Viborg Amt og Nordjyllands Amt, har jeg udregnet en gennemsnitlig salinitet for Nissum Bredning i 2001 på 30,4‰, mens der i de centrale bredninger var der en gennemsnitlig salinitet på 24,7‰<sup>1</sup>. Det er dette sammenspil mellem saliniteter, sunde, bredninger og dybdeforskelle, som er med til at gøre Limfjorden til et diversst område. Diversiteten er en medvirkende årsag til, at jeg har valgt at arbejde med to forskellige områder af Limfjorden, i stedet for at betragte Limfjorden som et samlet område. Jeg har udvalgt Nissum Bredning og de centrale bredninger (Vodstrup Bredning, Livø Bredning, og Løgstør Bredning) som udgangspunkter for min modellering i Ecopath, da de to områder huser størstedelen af sæl- og skarvbestandene i Limfjorden.

---

<sup>1</sup> Data fra amternes opmålinger af salinitet m.m. kan findes på [www.limfjord.dk](http://www.limfjord.dk)

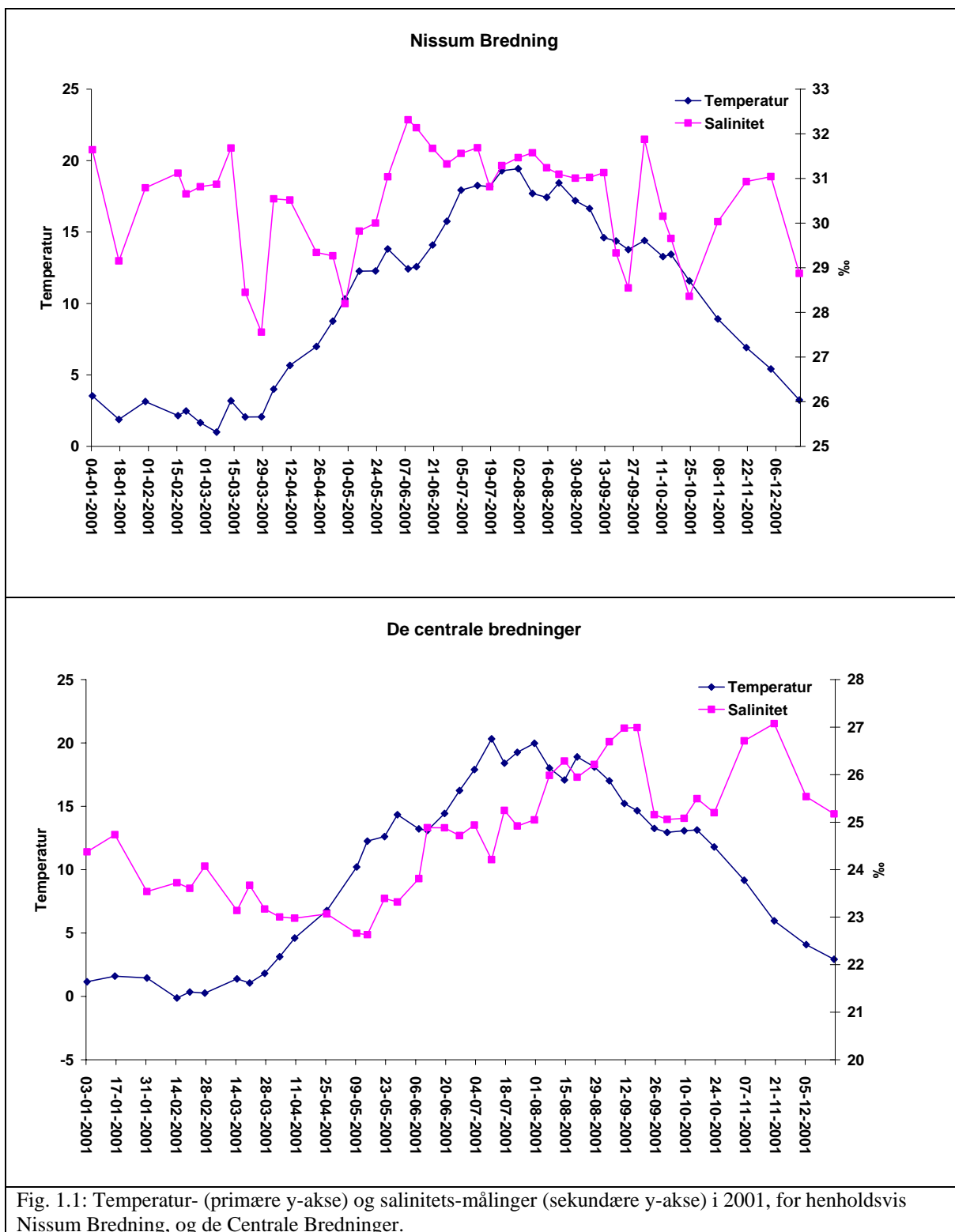


Fig. 1.1: Temperatur- (primære y-akse) og salinitets-målinger (sekundære y-akse) i 2001, for henholdsvis Nissum Bredning, og de Centrale Bredninger.

## Ecopath og Limfjorden

Ecopath er oprindeligt udviklet til at modellere et lukket system. Det kan Limfjorden ikke siges at være, men det er muligt at inkorporere både migration og immigration i modellen, hvis man har de nødvendige data til denne proces (Christensen *et al.*, 2004). Grunden til at

jeg har valgt Ecopath til dette projekt er, at det samler mange tråde og tvinger én til at tænke over interaktionerne inden for et trofisk niveau og interaktionerne mellem de trofiske niveauer. Det giver derved et godt overblik over det pågældende økosystem, og belyser endvidere de områder, hvor der er sparsomt med data eller intet data tilgængeligt. Denne viden kan bruges til at koordinere og styrke senere undersøgelser for området. Da der er lavet mange forskellige undersøgelser i Limfjorden, det værende sig alt fra skarvtællinger, sælobservations, yngeltrawl og DFU's forsøgsfiskeri, er det på tide, at der bliver samlet op på det tilgængelige materiale, og koblet det sammen til en større forståelse af Limfjorden som økosystem. I mit speciale har jeg valgt at fokusere på top-prædatorerne i Limfjorden, for derigennem at kunne udtale mig sagligt om skarvens og sælens påvirkning af fiskebestandene i Limfjorden.

## Limfjorden som økosystem og arbejdsplads

### ***Fiskeriet i Limfjorden***

Limfjorden har historisk set haft stor betydning for det danske fiskeri. Helt tilbage til Ertebølle-samfundet for 6000-7000 år siden har der været fiskeri efter østers og fisk. Denne viden har man fra udgravninger af køkkenmøddinger omkring Limfjorden, og rekonstruktioner af disse køkkenmøddinger kan opleves på Stenaldercentret Ertebølle<sup>2</sup>. En af de fiskearter, der har haft stor økonomisk betydning for Limfjordsfiskeriet siden 1100-tallet, er silden (*Clupea harengus* L). Silden blev primært fanget i Nibe Bredning og Øresund, og handlen blev styret af Hansa-købmændene, som stod for organiseringen og vidørsalg af sild til hele Europa (Hansen, 1996). I litteraturen finder man også tegn på Limfjordens vigtighed, hvilket kommer til udtryk omkring 1200-tallet, hvor Sakso i fortalen til sin *Danasaga* skriver følgende:

”I Jylland ligger den saakaldte Limfjord, der er saa rig paa fisk, at den sikkert yder indbyggerne lige saa megen føde, som hele Agerlandet tilsammen”. (Mortensen & Strubberg, 1935)

I midten af 1500-tallet får vi endnu en beskrivelse af Limfjordens vigtighed, da den i en Danmarksbeskrivelse bliver beskrevet som følgende:

”Den evig udtømmelige, rige, cimbriske fiskedam.”  
(Mortensen & Strubberg, 1935)

Fra 1500-tallet og frem til år 1825 var Limfjorden det vigtigste fiskefarvand i Danmark (Flintegård *et al.*, 1982). Inden for de sidste 100 år er værdien af Limfjordsfiskeriet faldet betydeligt i forhold til det samlede danske fiskeri (fig.1.2). Hvor fiskeriet i 1913 udgjorde 7,7% af vægten af fisk fanget på landsplan, udgjorde det i 1977 kun 0,2%. Dette svarer til henholdsvis 11,5% og 0,6% af den samlede værdi af fiskeriet. Dette fald bunder i to faktorer; for det første blev der fanget flere fisk udenfor Limfjorden, hvilket er den væsentlige grund til det store fald. For det andet blev der landet en mindre mængde fisk fra Limfjorden i 1977 end i 1913 (Flintegård *et al.*, 1982). I den første halvdel af 1900-tallet er

---

<sup>2</sup> Stenaldercenteret Ertebølle, Gl. Møllevvej 8, Ertebølle, 9640 Ertebølle.

der en kraftig stigning i landingerne fra fiskeriet, hvilket kulminerer i 1948. Fra 1948-74 udviser fiskeriet relativt stabile fangster, hvorefter af fangsterne falder drastisk. I perioden

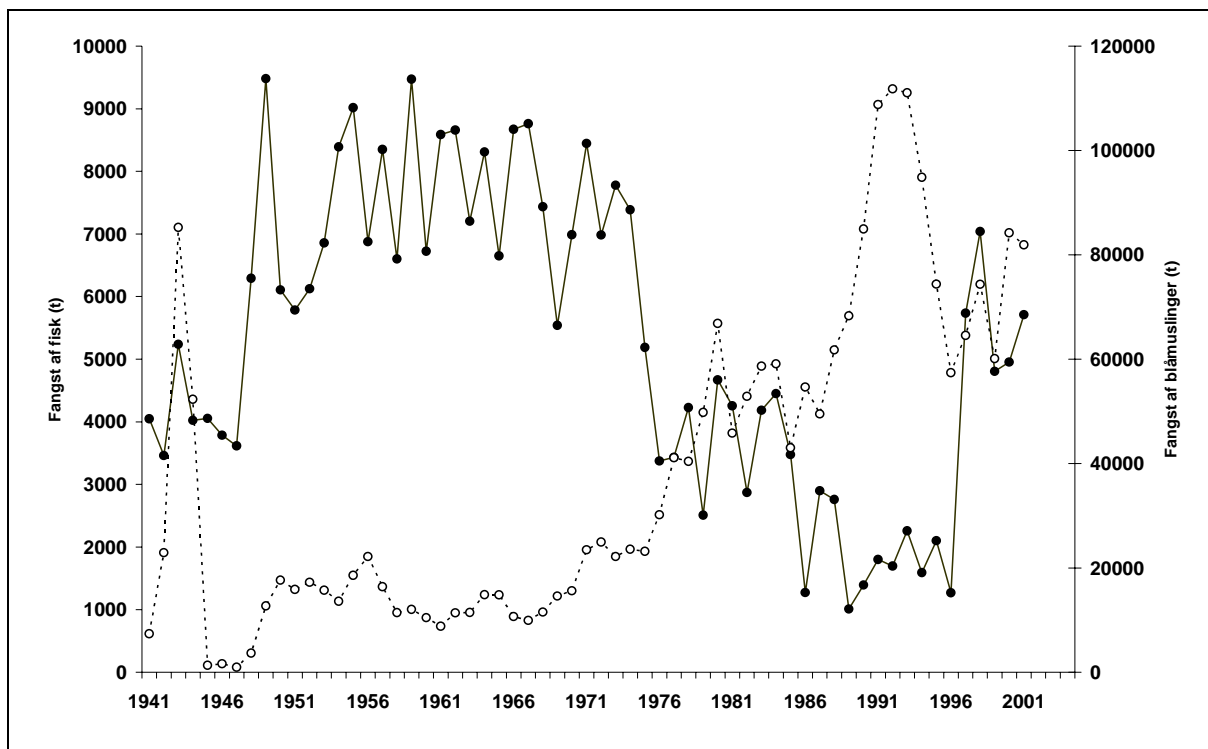


Fig. 1.2: Fiskeriet i Limfjorden, opgjort i tons, fra 1941 og frem til 2001. Den faste linje med de solide punkter er konsum + industri fisk (primære y-akse), og den stiplede linje med de tomme punkter er fangsten af blåmuslinger (sekundære y-akse), opmålt i tons.

1975-85 indfinder der sig igen en periode med stabile fiske landinger. Fra 1986-96 indfandt der sig på ny en 10 års periode med stabile landinger, som var væsentligt lavere end dem, der blev observeret i perioden 1975-85. I perioden 1996-2001 steg landingerne igen, hvilket primært skyldtes store fangster af både sild og brisling (*Spratus spratus* L) (Fiskeridirektoratet, 2002). En sammenligning af landingerne af fisk og blåmuslinger op gennem 1900-tallet viser to bemærkelsesværdige situationer. For det første var landingerne af blåmuslinger større end landingerne af fisk alle årene bortset fra 1945-48. For det andet steg fangsten af blåmuslinger, når fangsten af fisk faldt. Dette kan skyldes en kompensation fra fiskernes side, der muligvis har omlagt en større del af fiskeriet til et mere rentabelt område. En anden mulighed er, at blåmuslingebestanden er vokset på grund af eutrofieringen, som har skabt en større primærproduktion. Denne primærproduktion har muligvis været til gavn for blåmuslingerne.

### Skarven ved Limfjorden

Skarven har gennem tiderne været en forfulgt fugl i den danske natur, hvor der blandt andet har været udbetalt præmiepenge for skarvfødder. Omkring år 1870 blev den sidste skarvkoloni udryddet i Danmark, hvorefter skarven kun blev observeret som gæst i Danmark. I 1938 lykkes det skarven at etablere en ny koloni i Danmark, og skarven har ynglet i Danmark lige siden (Hansen, 1980).

Der er omkring 26-27 arter af skarv på verdensplan, hvoraf de fleste lever omkring tempererede og tropiske kystområder (Harrison, 1983). Skarven tilhører de årefodede fugle, hvilket også inkluderer pelikaner, suler, tropikfugle, fregatfugle, og slangehalsfugle (Hansen, 1980). Under jagt er de alle ”underwater-persuit swimmers”, og nogle arter kan dykke ned til 30m’s dybde (Harrison, 1983). Der findes to skarv arter i Danmark, mellemskarven (*Phalacrocorax carbon sinensis* L) og storskarven (*Phalacrocorax carbo carbo* L), der begge er underarter af *Phalacrocorax carbo* (L). I Danmark er det kun mellemskarven, som yngler. Endvidere er mellemskarven udbredt over hele det kontinentale Europa og østover til det Asiatiske kontinent. Skarven ses ofte siddende på en bundgarnspæl, stenrev eller anden bar overflade, med vingerne foldet ud (Cramp *et al.*, 1977). Det skyldes at skarven, modsat for eksempel andefugle, ikke har en vandafvisende fjerdragt, og derfor er det nødvendigt, at den får tørret sine fjer.

Hvis man kigger nærmere på Limfjorden siden 1990 (fig. 1.3), bemærkes det, at skarven i 1990 kun var repræsenteret ved en enkelt koloni på Rønland Sandø. Endvidere kan det ses,

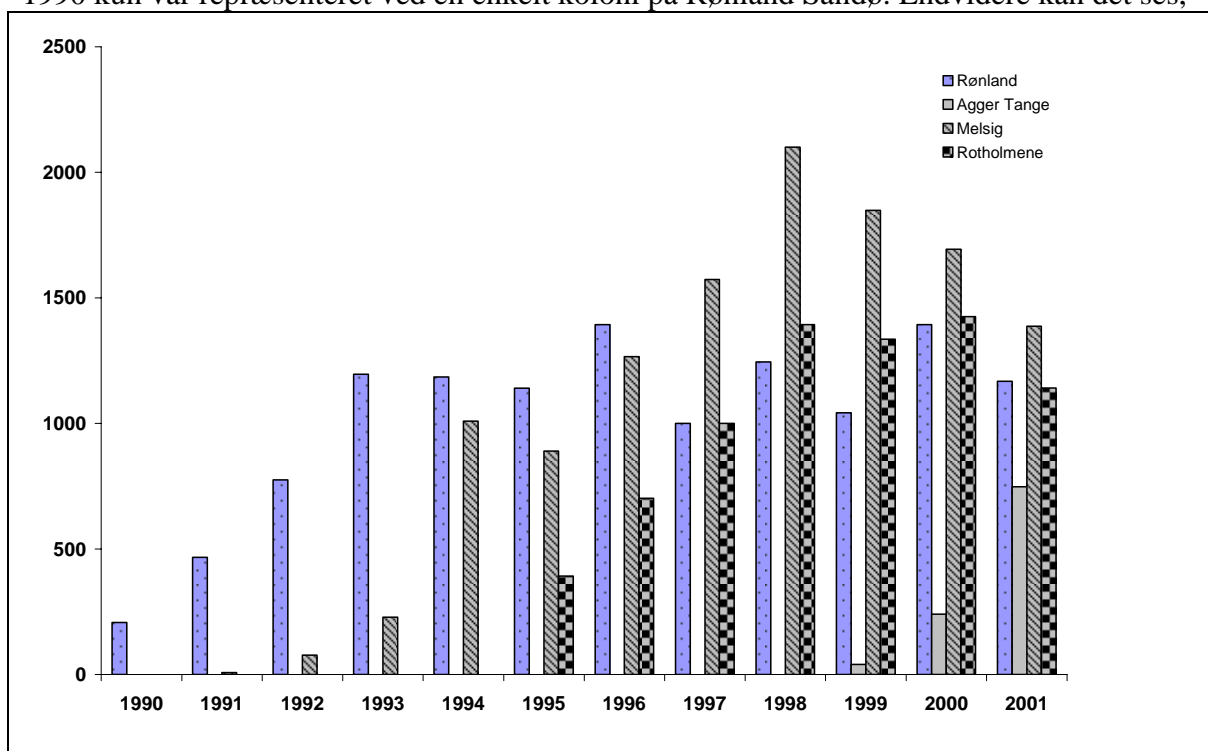


Fig. 1.3: Udviklingen i skarvredder for de kolonier, der er placeret ved Limfjorden, i perioden 1990-2001.

at kolonien var af en begrænset størrelse på 207 reder. Efter 1990 voksede Rønland Sandø-kolonien støt frem til 1993, hvor der var 1196 reder. Kolonien har siden 1993 kun udvist mindre årlig variation på antal af reder, derfor må den betegnes som værende stabil. De første reder i Melsig-kolonien blev observeret i 1991, hvor der blev optalt 8 reder. Melsig-kolonien voksede hurtigt i størrelse, og i 1995 blev skarvbestanden i Melsig-kolonien reguleret. Denne regulering havde en virkning i 1995, men allerede i 1996 var kolonien vokset til et højere niveau end i 1994. Melsig-kolonien blev ved med at vokse frem til 1998, hvor der blev registreret 2100 reder. I perioden 1998-2001 har antallet af reder været faldende, og i 2001 blev der registreret 1387 reder. Ved Rotholmene blev der i 1995 etableret en koloni bestående af 392 reder. Denne koloni voksede på tre år til 1394 reder, hvorefter kolonien havde tre stabile år. I 2001 faldt antallet af reder i Rotholmen-kolonien til 1141. Den sidste koloni, som ligger op til Limfjorden, er Agger Tange, som er placeret

ca. 5 km fra Rønland Sandø-kolonien. Kolonien opstod i 1999, og bestod da af 40 reder som frem til 2001 voksede til 748 reder. Samlet set blev der observeret en stigning fra 207 kolonier omkring Limfjorden i 1990 op til 4739 kolonier i 1998. Fra 1998 og frem til 2001 har der kun været små udsving i det samlede antal reder ved Limfjorden (Bregnballe & Eskildsen, 2002).

Skarven kan fouragere i et område, der strækker sig i en radius af 50 km fra reden (Hald-Mortensen, 1995), hvilket giver skarven et stort fourageringsområde (bilag 2). Det medfører, at kolonierne i Nissum Bredning, Rotholmene og Melsig alle har mere eller mindre adgang til både Nissum Bredning og de centrale bredninger. Ydermere har kolonierne i Nissum Bredning også adgang til Nissum Fjord inden for en radius af 50 km. Bortset fra kolonier ved Rotholmene, så har skarven også adgang til en stor kyststrækning langs Nordsøen. Disse overlap i fourageringsområde bevirker, at det er svært at bestemme præcist, hvor meget kolonierne fouragere i de enkelte områder. Da skarven er en generalist (Cramp *et al.*, 1977), må det også forventes, at den ikke flyver længere end højest nødvendigt for at finde føde. Selvom for eksempel skarvkolonierne ved Nissum Bredning har mulighed for at søge føde i Nissum Fjord, vil det forventes, at det kun sker, når føderessourcerne i og omkring Nissum Bredning er begrænset.

### **Sælen i Limfjorden**

I denne rapport vil der kun blive taget højde for den spættede sæl. Gråsælen (*Halichoerus grypus* F) og ringsælen (*Phoca hispida* S) vil ikke være repræsenteret, da det er den spættede sæl, som har langt den største ynglende population i Danmark. Gråsælen har en meget begrænset ynglende population, hvorimod ringsælen kun observeres som en sjælden gæst i de danske farvande. I resten af rapporten vil der være tale om den spættede sæl, medmindre andet er nævnt.

Der har gennem det 19. århundrede været en stor jagt på gråsælen, hvilket også betragtes som værende den direkte årsag til de lave bestande i dag. Den spættede sæl blev derimod først intensivt jagtet, da der i 1889 blev indført skydepenge på sælerne. Den deraf følgende jagt på den spættede sæl gjorde, at bestanden faldt kraftigt (Laursen, 2001). De første tiltag for at beskytte sælerne blev taget i 1967, hvor sælerne blev fredet i yngletiden. I 1976 blev der indført regionale fredninger af sælerne, der blev afløst af en total fredning i 1977 (Nørrevang & Lundø, 1979b). Fredningen har bevirket at den spættede sæl, i de danske farvande, har haft en vækstrate på 13% i perioden 1981-1987. Desværre er der ikke set en lignende fremgang for gråsælen, hvilket skyldes, at den, modsat den spættede sæl, har udviklet en meget sky adfærd over for mennesker, og den derved ikke har været i stand til finde fredelige ynglepladser (Bøgebjerg, 1986; Jensen, 1989).

I 1988 kom det første tilfælde af sældøden, som var forårsaget af viruset ”phocine distemper virus” (PDV) (Härkönen *et al.*, 2006). Mere end 25% af populationen af spættede sæler i Nordsø-populationen døde, men værst gik det ud over bestandene i de indre danske farvande samt Vadehavet, hvor der var en reduktion på 70% af bestandene (Jensen, 1989). Denne reduktion knækkede vækstkurven for den spættede sæl (fig.1.4.), som ellers havde været i konstant fremgang siden 1977. I 2002 var der endnu et udbrud af PDV, der ligeledes reducerede bestanden af den spættede sæl (Härkönen *et al.* 2006).

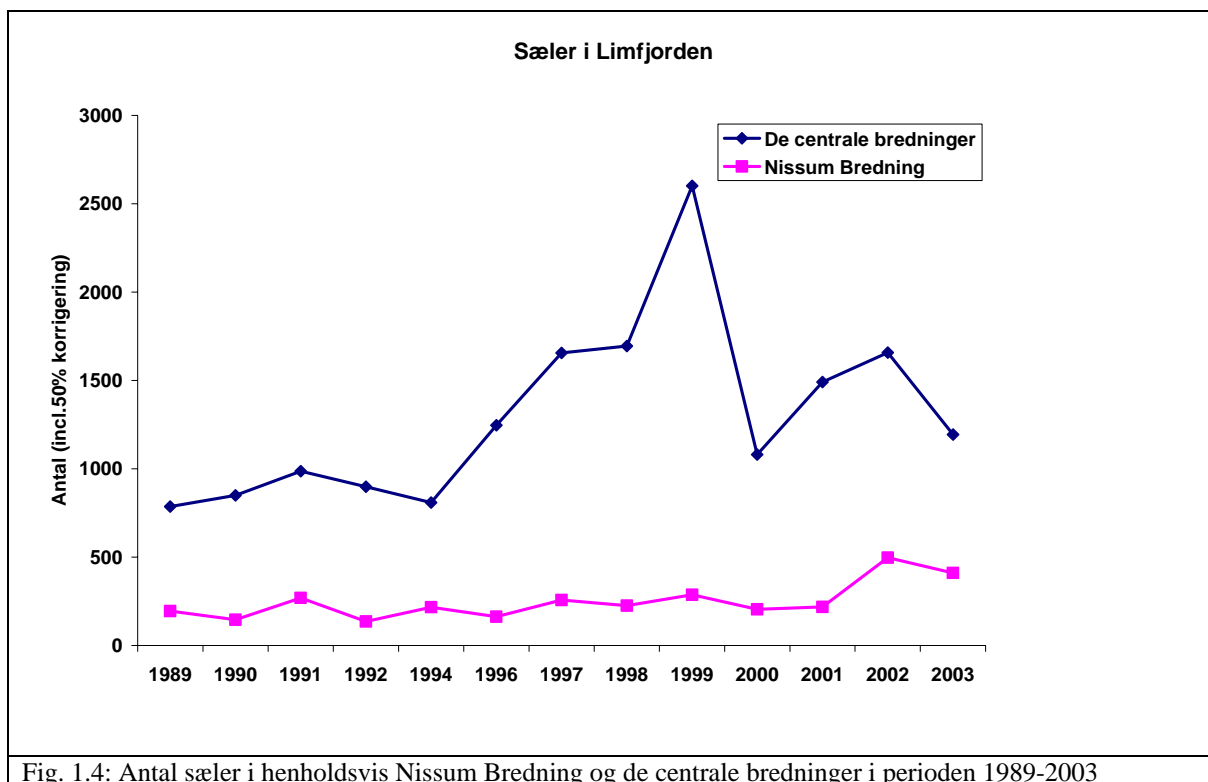


Fig. 1.4: Antal sæler i henholdsvis Nissum Bredning og de centrale bredninger i perioden 1989-2003

Der formodes ikke at have været permanente ynglende populationer af den spættede sæl i Limfjorden før 1865, hvor der blev dannet en permanent åbning ud til Nordsøen ved Thyborøn (Flintegård *et al.*, 1982). Denne åbning medførte en højere salinitet og et gunstigere miljø for sælerne. Der har siden 1976 været foretaget flytællinger af sælbestanden i Limfjorden, men det er ikke før 1988 at disse tællinger har været anset for pålidelige (pers. kommentar. Jonas Teilmann). Det skal bemærkes, at der i 1999-2000 sker en kraftig reduktion i sælbestanden i den østlige del af Limfjorden (fig.1.4). Der er mig bekendt ikke en forklaring på denne reduktion, men der var i 1999 flere sælobservationer langs Nordsø-kysten end normalt. Dette kunne indikere, at en del af bestanden var søgt ud i Nordsøen.

### **Fiskebestande i Limfjorden**

Der har været meget debat angående fiskebestandene i Limfjorden, da de er blevet kraftigt reduceret over de sidste 30 år. Hvorfor fiskene er gået kraftigt tilbage kan ikke besvares ved en enkelt faktor, men årsagen skal findes i de mange forskellige teorier, der er. Det har blandt andet været fremme, at udslip af miljøgifte har været med til at forringe vandkvaliteten i Limfjorden. Et af de kendte og dokumenterede tilfælde af et miljøgifts indvirkning på Limfjordens økosystem var i 1960'erne, da Cheminova udledte parathion til Limfjorden, hvilket var med til at udrydde de lokale hummerbestande. Dog er der i dag ikke længere tale om, at miljøgifte skulle forringe vandkvaliteten i Limfjorden (Hoffmann, 2001). En anden årsag til den forringede vandkvalitet i Limfjorden er den kraftige eutrofiering, der har fundet sted. Dette skyldes at Limfjorden er recipient for et 7500km<sup>2</sup> landområde, svarende til 1/6 af Danmark areal. Dette område består både af store landbrugsområder og byområder. Det bevirker, at der er en stor kvælstoftilførsel fra både punktkilder og diffuse kilder. Denne eutrofiering er medvirkende til algeopblomstringer og et deraf følgende iltsvind og bundvendinger (Wohlfart, 1994). De nyeste undersøgelser

påpeger et muligt regimeskifte i Limfjorden, medieret af eutrofiering og klimaændringer (Mouritsen *et al.* 2005).

Flere af fiskearterne i Limfjorden er ikke stamfisk, men derimod sæsonfisk, som kommer ind fra Nordsøen via passagen ved Agger Tange. Derved vil fiskebestanden i Limfjorden være afhængig af fiskebestandens tilstand i Nordsøen, og her er der set en nedgang af blandt andet torsk (*Gadus Morhua* L) og rødspætter (*Pleuronectes platessa* L). Endvidere er bundforholdene omkring Thyborøn, og derved også ved åbningen til Limfjorden, forringet på grund af kystfodring. Dette har medført, at der ikke er så stor en biomasse af bunddyr, hvilket gør området ugunstigt for primært fladfisk (Hoffmann, 2001).

I 1980 kontaktede Limfjordskomiteen Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser, med det formål at få lavet en fiskeribiologisk undersøgelse i Limfjorden. Den pågældende undersøgelse blev udført i 1980-81 og udkom som rapport i 1982 (Flintegård *et al.* 1982). Rapporten indeholder data fra forsøgsfiskeri i perioden 1921-80. Disse data skal dog anskues med noget forsigtighed, da der ikke har været en standardisering af fangstmetode og fangstredskab i perioden. Ikke desto mindre giver de et godt indblik i bestandsudviklingen for en del fiskearter i Limfjorden. Det har ikke været muligt at lave figurer, hvor denne række af data bliver præsenteret, da rådata til rapporten ikke eksisterer længere. Jeg henviser til Flintegaard (1982) for en udførlig gennemgang af disse data.

I 1984 blev der genoptaget et samarbejde mellem Limfjordskomiteen og Danmark Fiskeri- og Havundersøgelser, hvilket har ført til en årlig monitoring af fiskebestandene i Limfjorden lige siden. Der forligger en dybdegående rapport (Hoffmann, 2000), som opsummerer denne monitoring fra 1984 og frem til 1999. Det skal bemærkes, at der bliver skiftet fiskeredskab i 1995, hvilket gør det svært at sammenligne værdierne fra før 1995 med dem fra 1995 og frem. Derudover beskriver Hoffman (2005) forsøgsfiskeriet fra perioden 1984-2004. I perioden 1984-2001 er der store udsving af fangster i forsøgsfiskeriet (fig 1.5). Endvidere er det værd at bemærke, at for en del af arterne er fangsterne per 30min trawl på under 1kg. Det ses også, at der er stor forskel på fangsterne i de centrale bredninger og i Nissum Bredning.



# Materialler og metoder

## **Ecopath**

Jeg antager at økosystemerne, som her bliver modelleret, er i "steady state". Det betyder, at der ikke vil være biomasse akkumulering i modellerne. Ecopath kan beskrives som værende et bogholderi over biomasse flow i et system. Derved mener jeg, at hvad der går ind i en gruppe, er det samme som det der går ud af en gruppe, systemet er i massebalance. Med andre ord, så er produktionen inden for systemet lige med forbrug inden for systemet + eksport (Jarre-Teichmann *et al.*, 1998). Dette kommer til udtryk i den første af Ecopaths hovedligninger<sup>3</sup>:

$$1) \text{ Produktion} = \text{fangst} + \text{predation} + \text{total migration} + \text{anden dødelighed}$$

Den anden hovedligning i Ecopath holder styr på, at den energi der kommer ind i en boks, også stemmer overens med den energi, der forlader boksen. Denne ligning er som følger:

$$2) \text{ Konsumtion} = \text{Produktion} + \text{ikke assimileret føde} + \text{respiration}$$

Når man skal arbejde med Ecopath, skal man bruge tre ud af de følgende fire parametre:

- B = Biomasse
- P/B = Produktion over biomasse
- Q/B = Konsumtion over biomasse
- EE = Økotrofisk effektivitet

Hvis man har tre af parametrene, vil Ecopath automatisk selv udregne den fjerde parameter(Christensen & Walters, 2004). Jeg har, så vidt det er muligt, estimeret B, P/B og Q/B, og lad Ecopath udregne EE. For at kunne begrunde dette valg, vil jeg komme med en nærmere forklaring af, hvad EE betyder.

$$3) \text{ EE} = (\text{fangst} + \text{total migration} + \text{prædations mortalitet} + \text{anden dødelighed}) / \text{produktionen}$$

Det vil sige, at hvis  $EE = 1$ , er balancen i ligning 1 opnået. Hvis  $EE < 1$ , er der en overskudsproduktion af den pågældende gruppe i systemet. Da Ecopath arbejder ud fra teorien om massebalance, vil denne overskudsproduktion gå i puljen detritus. Hvis  $EE > 1$ , er der en overudnyttelse af den pågældende gruppe, hvilket vil sige, at modellen ikke er balanceret. For en gruppe vil det ud fra EE være muligt at vurdere, hvor pålidelige de estimerede parametre er. Hvis EE er større end en, kan man konkludere en af følgende forklaringer:

- Biomassen er underestimeret
- Produktionen er underestimeret

---

<sup>3</sup> For en detaljeret gennemgang af Ecopath og ligningerne der ligger til grunde for Ecopath henviser jeg til "Ecopath With Ecosim: A User's Guide" (Christensen et al, 2004), som kan findes på [www.Ecopath.org](http://www.Ecopath.org).

- Der er et for stort prædations tryk på gruppen

Derefter kan man balancere modellen ved at undersøge de brugte værdier kritisk og korrigerer dem. Det er også en mulighed at bruge en standardværdi for EE på 0,95 (Christensen *et al.*, 2004)<sup>4</sup>, så Ecopath kan udregne en af de tre andre parametre. Denne fremgangsmåde kan man bruge, hvis man er usikker på en af værdierne, eller hvis man for eksempel vil undersøge hvor stor en biomasse, der skal være til stede af en gruppe for at understøtte systemet.

## **Biomasse**

Biomassen for skarven er beregnet ud fra redetællinger i de tidligere beskrevne kolonier omkring Limfjorden. Der er dog det problem med redetællinger, at de ikke tager højde for ungfugle og trækfugle. Ungfugle er i dette sammenhæng fugle, som holder til ved kolonien, men ikke er redebyggende. Jeg har fået udleverede data af Thomas Bregnballe (upubliceret), som angiver forholdet mellem ungfugle, ynglefugle, unger og trækfugle. Endvidere indeholder de udleverede data også den sæsonmæssige variation, der derved gør det muligt at give et fuldstændigt billede af skarvbestandene for de pågældende kolonier.

Sælernes biomasse er beregnet ud fra upublicerede data fra DMU's sæltællinger. Der er blevet taget højde for, at ikke alle sælerne er på land samtidigt. Endvidere er der også taget højde for populationsstrukturen, hvorved forholdet mellem unger og voksne sæler estimeres.

Fiskenes biomasse er udregnet ud fra de rådata, der ligger til grund for DFU's rapporter angående fiskebestandene i Limfjorden. Der er blevet brugt rådata, da der i DFU's rapport 147-05 (Hoffmann, 2005) er angivet en gruppe kaldet andre arter, som jeg har valgt at splitte op i de arter, som er omfattet af denne gruppe. Fangstdata er derefter omregnet til biomasse/km<sup>2</sup>. Da DFU's forsøgsfiskeri forgår på vanddybder > 3m, er der et stort område af Limfjorden, der ikke bliver repræsenteret. For at kunne inkorporere de lavere vanddybder, har jeg for Nissum Bredning brugt en undersøgelse foretaget med yngeltrawl (Nedergaard & Sørensen, 2002). For de centrale bredninger har jeg brugt en undersøgelse fra 2004, da der ikke er en undersøgelse fra 2001 i dette område. Data fra 2004 er venligst stillet til rådighed af Mads Nedergaard og er endnu ikke publiceret. Data fra begge områder er omregnet til biomasse/km<sup>2</sup>.

## **Produktion**

Produktion er lig tilvæksten for en funktionel gruppe, hvor der ikke tages højde for, om tilvæksten igen går til grunde (Christensen *et al.*, 2004). Under antagelse af at økosystemet er i masse-balance, er produktion (P) over biomasse (B) lig med den totale dødelighed (Z) (Allen, 1971). Dette er vigtigt, da der for nogle af arterne i opgaven ikke er udregnet et P/B-forhold. I de tilfælde, kan man estimere P/B-forholdet ud fra den totale dødelighed, som er beskrevet ved:

$$4) Z = M + F$$

---

<sup>4</sup> Tilgængelig på [www.Ecopath.org](http://www.Ecopath.org)

Hvor  $Z$  er den totale dødelighed,  $M$  er den samlede naturlige mortalitet, hvilket også dækker over prædation, og  $F$  er landingerne fra fiskeriet. Der er flere muligheder for at udregne  $P/B$ -forholdet, men de er ikke aktuelle i denne opgave, da de fornødne oplysninger er tilvejebragt.

### **Konsumtion/Fødevalg**

Der er flere indgangsvinkler, når man vil udregne konsumtionen for de funktionelle grupper. Man kan benytte laboratorieforsøg, og observere hvor meget de enkelte arter æder. En anden metode, der kan bruges, er at lave feltundersøgelser, hvorved der bruges maveundersøgelser for at se hvor meget indhold, der er i maverne. Det sammenholder man mod en formodet fordøjelsesrate for fødemnerne. Derved kan man udregne, hvor meget der bliver konsumeret. En anden metode til at estimere  $Q/B$ -forholdet for fisk er udviklet af Palomares & Pauly (1998), som ud fra empiriske sammenhæng kom frem til følgende formel:

- $$\frac{Q}{B} = 7,964 - 0,204 \log w_{\text{inf}} - 1,965T + 0,083A + 0,532h + 0,398d$$

Hvor  $W_{\text{inf}}$  er den asymptotiske vægt,  $T$  er temperatur målt i grader celsius,  $A$  er aspekt ratioen for halefinnen. Ved at bruge  $h$  og  $d$ , er det muligt at inkorporere om fisken er herbivor ( $h = 1$ ;  $d = 0$ ), detrivor ( $h = 0$ ;  $d = 0$ ) eller carnivor ( $h = 0$ ;  $d = 1$ ). Det er denne formel som bliver brugt til at udregne  $Q/B$ -forholdet i fishbase<sup>5</sup>.

For skarven og sælen er det nærmest umuligt at benytte laboratorieforsøg, da ingen af disse grupper vil kunne opretholde en tilnærmelsesvis naturlig adfærd i et laboratorium. Derfor har man for skarvens vedkommende været ude og samle deres gylp og undersøgt det for øresten. Ud fra ørestenene kan man beregne hvor mange fisk der er spist, hvilke arter der er spist, og hvilken størrelsen de har haft. Det er næsten samme metode, der bliver brugt for sæler, men her bliver ørestenene fundet i fæces (Friis *et al.*, 1994; Hald-Mortensen, 1995).

---

<sup>5</sup> [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) (06/06 2006)

# Inputparametre

## Skarven

### Biomasse

For at udregne skarvens biomasse har jeg taget udgangspunkt i DMU's skarvtællinger (Eskildsen, 2001). Disse tællinger medtager kun antallet af reder, og der skal derfor korrigeres for; hvor lang tid de ynglende par opholder sig ved kolonien, hvor mange ikke ynglende fugle der er i området, hvor mange fugle der overvintrer, og hvor mange unger der er. Jeg har venligst fået stillet tal til rådighed af Thomas Bregnballe fra DMU, hvorved jeg kan beregne det samlede antal af skarver og deres fødeforbrug ved Limfjorden (tabel 3.1). Jeg tager her udgangspunkt i, at der for hver ynglende fugl maksimum kan være 0,36 ikke ynglende fugle. Endvidere er der maksimum 1,03 unger per ynglende fugl, og der er maksimum 0,56 trækfugle per ynglende fugl ved kolonien. Da det ikke er alle grupperne, som er til stede på samme tid, bruger jeg værdierne fra tabel 3.1 til at udregne årstidsvariationen.

Tabel 3.1: Den forventede månedlige fraktion af skarver, i forhold til maks. antal skarver tilstede.

Måned	Ungfugle	Ynglefugle	Unger	Trækfugle
Jan	0,01	0,02	0,00	0,00
Feb	0,05	0,15	0,00	0,00
Mar	0,30	0,50	0,00	0,00
Apr	0,70	0,90	0,00	0,00
Maj	1,00	1,00	0,40	0,00
Jun	1,00	1,00	0,80	0,00
Jul	0,80	0,80	0,90	0,80
Aug	0,60	0,65	0,60	0,90
Sep	0,30	0,30	0,40	0,50
Okt	0,08	0,08	0,08	0,10
Nov	0,03	0,04	0,03	0,07
Dec	0,02	0,02	0,02	0,05

I fig.3.1 er der vist skarvens antal ved hver enkelte koloni over året i 2001. Ved at udregne gennemsnittet af skarver ved kolonierne, kommer jeg frem til at, der for kolonierne på Agger Tange og Rønland Sandø er et månedlig gennemsnit på 3792 skarver, hvoraf de 1060 er unger. For Melsig-kolonien er der gennemsnitlig per måned 3553 skarver, hvoraf 937 unger, og i kolonien ved Rotholmene er der gennemsnitlig per måned 2258 skarver, hvoraf de 631 er unger.

Ud fra antallet af skarver i kolonierne kan biomassen af skarver for hvert område udregnes. Det antages, at ynglefugle, ungfugle og trækfugle alle er fuldt udvoksede og derfor vejer 2,12kg (Shmueli *et al.*, 2003). Unger antages at have en gennemsnitsvægt på 1kg. Ud fra disse antagelser kommer jeg frem til følgende formel for udregning af skarvens biomasse:

$$\text{Skarvens biomasse} = 2,12\text{kg} * (\text{antal ungfugle} + \text{antal ynglefugle} + \text{antal trækfugle}) + 1\text{kg} * \text{antal unger}$$

Hvoraf følgende biomasse er udregnet; Nissum Bredning = 6952kg; Rotholmene = 4080kg; Melsig = 6483kg. Da Nissum Bredning dækker et areal på 239km<sup>2</sup>, er biomassen 0,029t/km<sup>2</sup>. De centrale bredninger dækker et område på 418km<sup>2</sup> og biomassen for Melsig og Rotholmene er tilsammen 10563kg, hvilket medfører at der er 0,025 ton/km<sup>2</sup>.

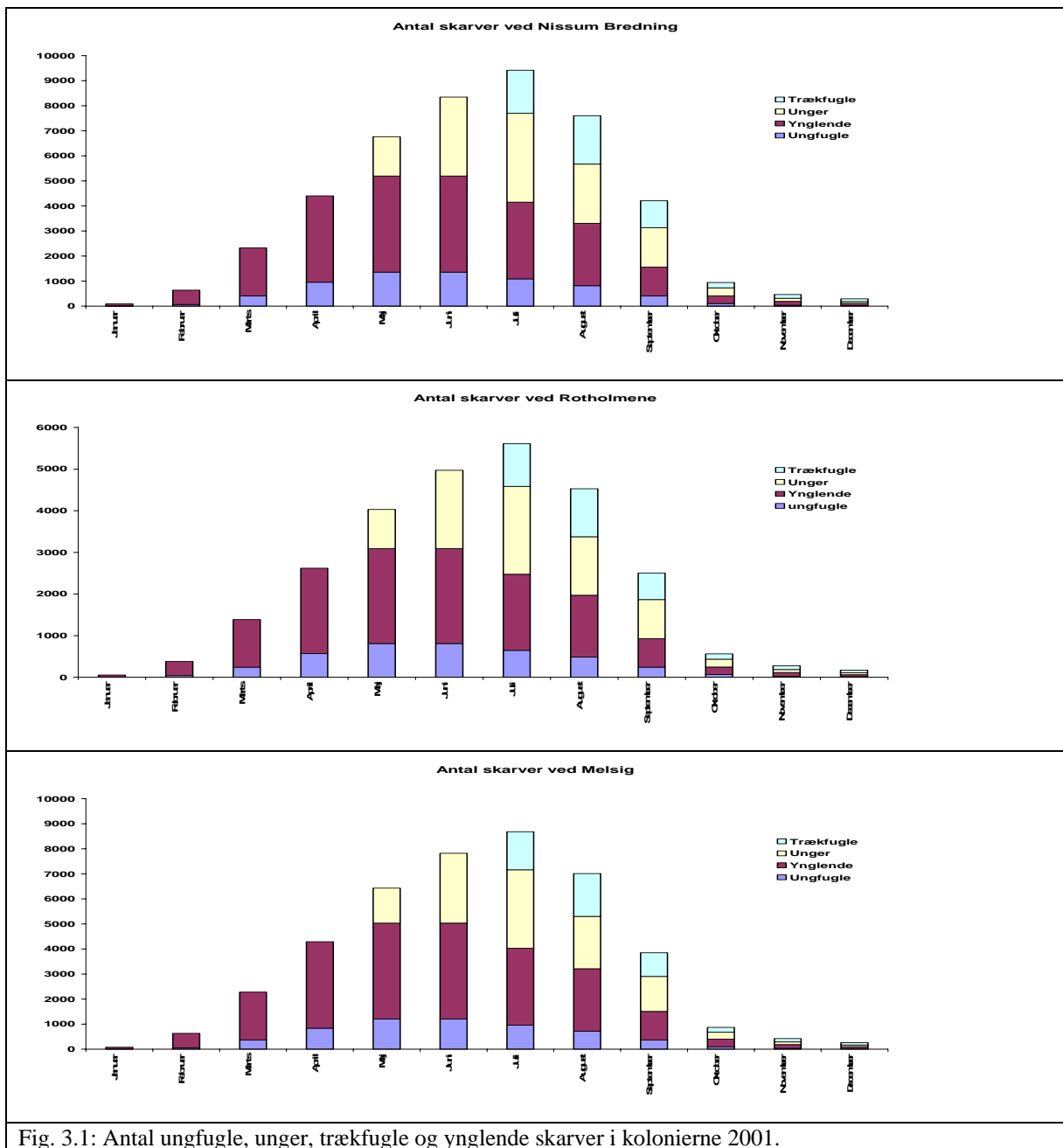


Fig. 3.1: Antal ungfugle, unger, trækfugle og ynglende skarver i kolonierne 2001.

## Produktion/Biomasse

Da jeg ikke her har kunne finde nogle P/B værdi for skarven, har jeg valgt at beregne P/B-værdien ud fra skarvens gennemsnitsalder. Jeg antager, at skarven har en P/B-værdi, som holder bestanden i ligevægt, så vil P/B-værdien være det samme som 1 over gennemsnitsalderen. Ifølge Thomas Bregnballe har skarven en gennemsnitsalder på 3½år (pers. kommentar), hvilket medfører en P/B-værdi på 0,286.

## Konsumtion/Biomasse

Under antagelse af at skarven spiser 400g om dagen (Hald-Mortensen, 1995), kan Q/B-værdien udregnes til at være:

- $Q/B = (400\text{g/dag} \cdot 365\text{dage}) / 2120\text{g} = 68,87$

## Fødevalg

Den mest detaljerede og grundige fødevalgsanalyse af skarvbestandene i Limfjorden er udført af Hald-Mortensen (1995), derfor har jeg valgt den som udgangspunkt for skarvens fødevalg. Undersøgelsen bygger på, at skarven gylper en gang om dagen, og disse gylp bliver indsamlet. De indsamlede gylp gennemses for otholiter, som antages at være repræsentative for skarvens fødevalg. For Nissum Bredning blev der indsamlet 44 gylp i april 1993 og 36 i juni 1994, ved Rotholmene blev der indsamlet 36 gylp i juni 1995, og ved Melsig blev der indsamlet 159 gylp i tidsrummet maj til august 1993 og 233 i tidsrummet marts til august 1994. Det ses i tabel 3.2, at der er en del ferskvandsarter, som må formodes at være fanget af skarven i søer og vandløb, de respektive fisk er markeret med en \*. Disse arter vil for skarvens fødevalg blive betragtet som import til økosystemet, og derved ikke påvirke modelleringen af de to områder.

Tabel 3.2: Skarvens fødevalg i de forskellige kolonier. Angivelserne er i % af den samlede vægt.

	Nissum	Melsig	Rotholmene
Aborre*	0,00	1,35	0
Brassen*	0,00	2,35	3,70
Flodlampret	0,00	0	0,70
Gedde*	0,00	0,05	0
Havkaruds	0,05	0,05	0,20
Helt*	1,65	5,15	0,00
Hork*	0,00	0,05	0,00
Hundestejle	0,70	0,95	0,60
Hvilling	0,00	0,45	0,00
Håising	0,35	0,05	0,00
Ising	8,22	13,35	0,00
Karpe*	0,00	0,00	1,60
Langtornet Ulk	1,96	1,40	1,00
Rudskalle*	0,00	1,10	0,00
Rødspætte	20,06	2,15	2,00
Sild	0,05	0,15	0,00
Skalle*	0,00	1,60	0,00
Skrubbe	12,19	2,30	11,80
Smelt	0,00	0,10	0,00
Sort Kutling	1,96	24,25	21,20
Stribet Fløjfisk	0,10	0,00	0,00
Tangspræl	0,05	0,15	0,00
Tobis	2,96	0,05	0,00
Tobiskonge	0,45	0,00	0,00
Torsk	3,16	4,55	0,00
Tunge	11,69	0,90	0,00
Ulk	15,25	10,20	5,00
Ål	3,01	7,75	23,20
Ålekvabbe	16,15	19,35	29,00

## Sælen

### Biomasse

Sælens biomasse er beregnet med udgangspunkt i DMU' flytællinger af sælbestandene. Under hver tælling bliver sælerne på de forskellige sandbanker fotograferet og talt, hvorved man får kendskab til antallet af sæler. Dette er dog ikke det samme som selve sælbestanden, da en del sælerne er i vandet, og derfor ikke bliver registreret. Det vides, at 50% af sælerne i Kattegat ligger på land under pelsfældningen (Härkönen *et al.*, 1999), hvilket jeg antager også er repræsentativt for Limfjorden, derved kan den samlede bestand udregnes. Da sæler kan veje op til 100kg som fuldt udvoksede (Nørrevang & Lundø, 1979b; Pedersen, 1964), vil jeg i denne opgave prøve at indberegne populationsstrukturen for på den måde at tage højde for henholdsvis unger (ikke kønsmodne) og voksne (kønsmodne) sæler, da det vil have en påvirkning af den samlede biomasse.

For at beregne biomassen af sælerne (tabel 3.3) i henholdsvis Nissum Bredning og i de

centrale bredninger, har jeg taget udgangspunkt i en populationsstruktur, hvor forholdet mellem unger og voksne er 3:2. Dette er ifølge Bigg (1969) et forhold, der beskriver en population i vækst, hvilket er tilfældet for bestanden i Limfjorden. Endvidere regner jeg med at vægten på unger er gennemsnitlig 30kg, mens den for voksne sæler er 70kg. Der blev i år 2001 udført to sæltællinger i Limfjorden, hvor der i gennemsnit blev observeret 746 sæler i de centrale bredninger og 109 sæler i Nissum Bredning.

Tabel 3.3: Udregning af sælernes biomasse ud fra flytællinger i henholdsvis Nissum Bredning og i de centrale bredninger. Det korrigeret antal er beregnet ud fra, at 50% opholder sig på land under flytællingerne.

	Nissum Bredning	De Centrale Bredninger
Flytælling	109	746
Korrigeret antal	218	1492
Antal voksne	87	597
Antal Unger	131	895
Biom. (kg)		
Voksne	6104	41776
Biom. (kg) Unger	3924	26856
Samlet biom. (kg)	10028	68632
Biomasse (t/km <sup>2</sup> )	0,04	0,1525

### Produktion/Biomasse

Sælens P/B-forhold er taget fra Bigg (1969), som har udregnet mortaliteten ud fra variationen i populationsstørrelsen over året og er kommet frem til en mortalitet på 20% for den samlede population. Det vil sige at P/B-forholdet er 0,2.

### Konsumtion/Biomasse

Da der ikke er udregnet en konsumptionsrate for sælbestanden i Limfjorden, har jeg valgt at bruge en hyppigt brugt konsumptionsrate fra litteraturen. Der er en bred opfattelse af, at sælen skal spise 4kg fisk per dag, for at få opfyldt dens energikrav (Bjorge *et al.*, 2002; Härkönen & Heide-Jørgensen, 1991). Da jeg går ud fra, at populationsstrukturene for Nissum Bredning og de centrale bredninger er identiske, kan jeg nøjes med at udregne Q/B-værdien for en af lokaliteterne. Jeg har her valgt at udregne Q/B-værdien for Nissum Bredning:

- $Q = 218\text{sæler} \cdot 4\text{kg/dag} \cdot 365\text{dage} = 318280\text{kg}$
- $Q/B = 318280\text{kg}/10028\text{kg} = 31,74$

## Fødevalg

Sælens fødevalg har været genstand for mange undersøgelser, hvilket skyldes debatten om

dens eventuelle konkurrence med fiskerne om de tilgængelige ressourcer (Berg *et al.*, 2002). Sælen beskrives som værende opportunist (Berg *et al.*, 2002). For at få et nøjagtigt estimat af deres fødevalg i de to områder af Limfjorden, er det derfor nødvendigt med undersøgelser i netop disse områder. De data der er brugt i denne opgave er fra DFU-rapport nr. 113-02 (Hoffmann *et al.*, 2003), og bygger på en upubliceret rapport af Hansen *et al.* (in prep). Undersøgelsen er lavet ud fra indsamling af sælfækaler, der er blevet undersøgt for øresten, som er repræsentative for sælens fødevalg. Der er blevet korrigeret for, at sildens øresten bliver hurtigere nedbrudt i sælens mave end andre øresten. Der er for Nissum Bredning indsamlet 9 prøver d.30/7-97 og 7 prøver d.27/8-97. I de centrale bredninger er der indsamlet et total på 90 prøver, fordelt på 10 prøver i hver af månederne maj til og med november 1997, og marts til april 1998. I tabel 3.4 ses sælens fødevalg angivet i procent.

Sælens fødevalg målt i vægt-%:	De centrale bredninger	Nissum Bredning:
Sild	33,00	0,10
Sort Kutling	11,50	0,01
Brisling	9,20	0,00
Rødspætte	8,90	0,00
Skrubbe	8,90	65,50
Ålekvamme	8,80	1,70
Sandkutling	5,70	0,00
Kysttobis	4,40	0,00
Ål	3,40	0,00
Alm. Ulk	2,80	0,00
Tobiskonge	2,10	4,40
Tunge	0,70	0,00
Langtornet Ulk	0,20	0,00
Torsk	0,20	0,00
Tangspræl	0,10	0,00
Hvilling	0,00	0,10
Ising	0,00	12,60
Rødspætte	0,00	15,60

## Biomasse af fisk

For at beregne biomassen af de forskellige fiskearter i henholdsvis Nissum Bredning og i de centrale bredninger, har jeg været tvunget til at lave flere antagelser. Der er i 2001 lavet en undersøgelse med yngeltrawl på 1½m's dybde (Nedergaard & Sørensen, 2002). For de centrale bredninger er der lavet en tilsvarende undersøgelse i 2004, som jeg har fået stillet data til rådighed fra. Jeg antager som det første, at undersøgelsen fra 2004 er repræsentativ for 2001. Der er ikke beregnet en fangsteffektivitet på de fiskeredskaber, der er blevet brugt til forsøgsfiskerierne. Dette medfører, at alle data er opgjort som CPUE med enhederne antal fanget per 30min og vægt fanget per 30min. Data, der er opgjort i CPUE, kan fortælle os, hvordan bestandene udvikler sig over tid, men uden en fangsteffektivitet, kan de ikke bruges til at beregne den eksakte biomasse. Jeg antager her en fangsteffektivitet i min første model på 100%, da dette vil give et minimumsestimater af fiskebestanden i Limfjorden. Derved vil fiskebestanden være mere sårbar over for prædation fra henholdsvis skarv og sæl. Endvidere er det nødvendigt at beregne det befiskede areal. Her skal man overveje om det er nettets åbning, eller om det er afstanden mellem trawldørene, der angiver det befiskede areal. Jeg har i denne opgave valgt at antage, at det befiskede areal er defineret ud fra nettets åbning.

For at omregne fangsttallene til biomasser i henholdsvis Nissum Bredning og de centrale bredninger, kigger jeg først på rapporten af Hoffman (2005). Der er i rapporten angivet et befisket areal på 36000m<sup>2</sup> per 30 minutter. Under ovenstående antagelser, kan jeg regne mig frem til biomassen af de forskellige fiskearter, der er repræsenteret i henholdsvis Nissum Bredning og de centrale bredninger. Nedenstående er et eksempel på udregning af biomasse. De samlede resultater kan ses i tabel 3.6.

Udregning af rødspættens biomasse i de centrale bredninger:

- Rødspættens biomasse = (kg/min) / (m<sup>2</sup>/min) = (0,34kg/30min) / (0,036km<sup>2</sup>/30min) = 9,44kg/km<sup>2</sup>

Ved fiskeri med yngeltrawlet er der ikke blevet fisket i et fastlagt tidsrum, men derimod over en fastlagt distance på 300m. Da trawlets netåbning er 6m, bliver det befiskede areal 1800m<sup>2</sup>. Ud fra oplysningerne om befisket areal og vægten af de fangede fisk over det givende areal, kan biomassen for de enkelte arter udregnes. Et eksempel på en sådan udregning kan ses nedenstående:

Udregning af sortkutlingens (*Gobius niger* L) biomasse i Nissum Bredning:

- Sortkutlings biomasse = ((1000000m<sup>2</sup> / km<sup>2</sup>) / 1800m<sup>2</sup>) \* kg = 555,56km<sup>2</sup> \* 0,0121kg = 0,672kg/km<sup>2</sup>

Da der er stor forskel i både artssammensætningen og mængden af de forskellige arter i de to fiskerier, er det nødvendigt at lave nogle overvejelser angående den samlede biomasse for de forskellige fisk. Jeg har antaget, at yngeltrawlfiskeriet repræsenterer vanddybden fra 0-4m i Limfjorden, og at DFU's forsøgsfiskeri repræsenterer dybden >4m. Grunden til, at jeg

har valgt en skillelinje på 4m er, at Flintegaard *et al.* (1982) har udregnet de %-mæssige dele af både Nissum Bredning og de centrale bredninger på henholdsvis 0-4m, 4-5,5m og >5,5m (tabel 3.5). Da yngeltrawlet er på 1½m's dybde, finder jeg det mest forsvarligt at antage, at yngeltrawlet er repræsentativt for 0-4m. Hvis man ser på de samlede biomasser fra DFU's forsøgsfiskeri og yngeltrawl fiskeriet (tabel 3.6), bemærkes det at der er stor variation mellem artsfordelingen på de to dybder.

Dybde	De centrale bredninger	Nissum Bredning.
0-4m	25%	41%
4-5,5m	11%	17%
>5,5m	64%	42%
km2	450	251

Tabel 3.6: Mængden af fisk i henholdsvis Nissum Bredning og de centrale bredninger. Værdierne er korrigeret for dybde/areal fordeling, hvor yngeltrawlfiskeriet er repræsenteret ved 0-4m og DFU's forsøgsfiskeri fra 4 og dybere. Artsnavne der er overstreget med gråt er de arter, som er blevet medtaget enkeltvis i modellerne.

	Nissum Bredning 0-4m (41%)	Nissum Bredning 4m+ (59%)	Nissum Bredning Total kg/km <sup>2</sup>	De centrale bredninger 0-4m (25%)	De centrale bredninger 4m+ (75%)	De centrale bredninger Total kg/km <sup>2</sup>
Almindelig Tangnål	0,34	0,00	0,34	4,45	0,00	4,45
Brisling	0,00	38,60	38,60	0,00	25,21	25,21
Grå Knurhane	0,59	0,00	0,59	0,00	0,00	0,00
Havtobis	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
Hestemakrel	0,05	0,00	0,05	0,00	3,75	3,75
Hundestejle	1,94	0,00	1,94	0,19	0,00	0,19
Hvilling	17,06	175,14	192,20	0,00	9,22	9,22
Ising	0,00	0,16	0,16	0,00	0,00	0,00
kutling sp	18,84	0,00	18,84	0,00	0,00	0,00
Lille tangnål	0,75	0,00	0,75	0,08	0,00	0,08
Rødspætter	26,06	0,98	27,04	28,96	7,08	36,04
Sild	0,00	134,50	134,50	0,00	381,93	381,93
Skrubbe	2,94	0,90	3,84	1,99	0,00	1,99
Slethvarre	0,00	0,00	0,00	5,83	0,00	5,83
Sortkutling	2,76	0,00	2,76	119,59	0,00	119,59
Stenbider	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03
Stor næbsnog	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50
Stor tangnål	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,08
Tangsnarre	3,03	0,00	3,03	3,80	0,00	3,80
Torsk	5,74	3,25	8,99	0,00	0,00	0,00
Tunge	0,07	0,00	0,07	7,42	0,00	7,42
Ulk	1,96	0,00	1,96	0,47	0,00	0,47
Ålekvab	34,55	0,00	34,55	5,70	0,00	5,70
I alt	74,39	350,29	470,25	179,09	427,19	606,28

### Gruppering af fiskearter

Jeg har fundet det nødvendig at slå nogle af fiskearterne sammen i grupper, da dette gør modellen lettere at overskue. Først har jeg udvalgt de arter, der ikke skal grupperes ud fra følgende kriterier:

1. Enkelt arter der udgør 10% eller mere af fødevalget for enten sælerne eller skarvene i enten Nissum Bredning, eller i de centrale bredninger.
2. Der skal samlet set være repræsenteret 80% af det samlede fødevalg for sælerne og skarvene i både Nissum Bredning og de centrale bredninger.
3. Enkelt arterne skal samlet set repræsentere 80% af den samlede biomasse i både Nissum Bredning og i de centrale bredninger.

Ud fra det første kriterium kan jeg fastslå, at ising (*Limanda limanda* L), rødspætte, sild, skrubbe (*Platichthys flesus* L), sortkutling, tunge (*Solea solea* L), ulk (*Myoxocephalus*

*scorpius* L), ål (*Anguilla anguilla* L) og ålekvabbe (*Zoarces viviparus* L) skal behandles som enkeltarter. Kriterium 1 opfylder også kriterium 2 for skarven i begge områder og sælen i Nissum Bredning. For at kriterium 2 skal være opfyldt for sælerne i de centrale bredninger, medtager jeg brislingen som enkeltart. Kriterium 3 er opfyldt for Nissum Bredning, men ikke for de centrale bredninger, derfor bliver hvillingen (*Merlangius merlangus* L) også behandlet som enkeltart. Derved vil følgende arter fra DFU's forsøgsfiskeri og yngeltrawlfiskeriet ikke blive repræsenteret som enkelt-arter, men indgå i gruppen andre fisk; almindelig tangnål (*Syngnathus typhle* L), grå knurhane (*Eutrigla gurnardus* L), tobis sp. (*Ammodytidae* sp.), hestemakrel (*Trachurus trachurus* L), hundestejle (*Gasterosteus aculeatus* L), kutling sp. (*Gobiidae* sp.), lille tangnål (*Syngnathus rostellatus* N), slethvarre (*Scophthalmus rhombus* L), stenbider (*Cyclopterus lumpus* L), stor næbsnog (*Nerophis ophidion* L), stor tangnål (*Syngnathus acus* L), tangsnarre (*Spinachia spinachia* L) og torsk.

Der er flere fiskearter, som ikke er repræsenteret i de to forsøgsfiskerier, men som er repræsenteret i henholdsvis skarvens og sælen fødevalg. I skarvens fødevalg er der flere ferskvandsarter, som ikke vil blive inkluderet direkte i modellen, men de er nævnt under skarvens fødevalg. Endvidere er der fundet flere saltvandsarter i skarvens og sælens fødevalg, som ikke er fanget i forsøgsfiskeriet. Det er følgende arter det drejer sig om; havkaruds, håising, kysttobis, langtornet ulk, smelt, sribet fløjfisk, tangspræl, tobiskonge og ål. Bortset fra ål, er der ingen af de overstående arter, der har større betydning for hverken skarven eller sælens fødevalg, og de vil derfor blive grupperet under andre fiskearter.

## Sild

### Baggrund

Sildens levesteder er delt op i et opvækstområde og et gydeområde (Muus *et al.*, 1998) hvorimellem den migrerer. Dette bevirker, at det er vanskeligt at vurdere en gennemsnitlig biomasse for silden over et år. Jeg har her valgt ikke at korrigere for denne migration og tager derfor udgangspunkt i fangsterne fra de to forsøgsfiskeri. Der er mange stammer af sild, og de kan bl.a. deles op i forårs-, sommer- og efterårs-gydende stammer. Silden som gyder i Limfjorden, tilhører højst sandsynligt den stamme, der hedder Thyland-silden, hvilket er en forårsgydende Nordsø-sild (Pedersen, 1996).

Sild kan forventes at opnå en længde på 10-15cm det første år (Beverton *et al.*, 2005). Størrelsesfordelingen af de sild, som er fanget i DFU's forsøgsfiskeri (fig 3.2), er mellem 60-105mm, og kan derfor formådes at være gruppe-0 sild. Det skal dog nævnes, at da disse data er fra en norsk undersøgelse, der kan derfor være variationer i forhold til silden i Limfjorden, da det er forskellige stammer af sild.

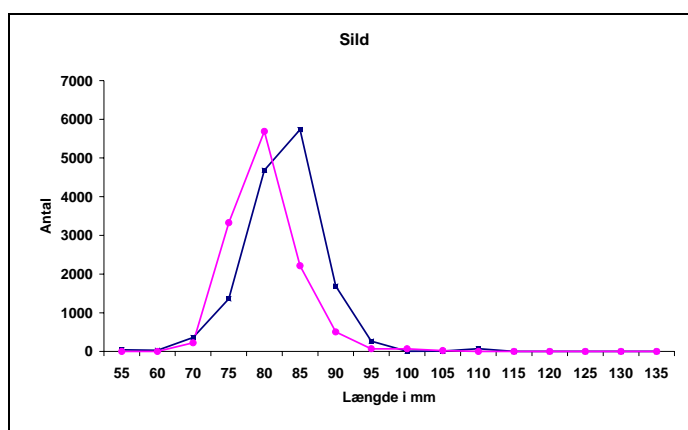


Fig. 3.2: Længdefordeling af sild, fanget i DFU's forsøgsfiskeri 2001, i Nissum Bredning (firkantet punkter) og i De Centrale Bredninger (runde punkter).

### Fødevalg

Det er ikke lykket mig at finde fødevalgsanalyser for silden i Limfjorden. Derfor har jeg valgt at tage udgangspunkt i en artikel (Casini *et al.*, 2004), der beskriver fødepræferencer hos henholdsvis sild og brisling. Det skal nævnes, at forsøgende er lavet i Bornholm Bassinet, og der kan derfor godt være forskel på silden i Østersøen, som er udgangspunkt for artiklen, og den forårsgydende Nordsø-sild, der befinder sig i Limfjorden.

Casini *et al* (2004) viser i artiklen, at sild der er mindre end 140-150 mm udelukkende lever som zooplanktivorer. Da ingen af de sild, som er fanget i DFU's forsøgsfiskeri, er længere end 135mm (fig.3.2), så antages det, at alle sild er zooplanktivorer.

### Produktion/Biomasse

Der vil for silden blive brugt et gennemsnitlig P/B-forhold på 0,784, som er udregnet på baggrund af 5 artikler (Christensen, 1995; Harvey *et al.*, 2003; Mendy & Buchary, 2001; Stanford & Pitcher, 2006; Zeller & Reinert, 2004)

## Konsumtion/Biomasse

For at kunne estimere konsumtion/biomasse (Q/B), er det nødvendigt at bruge litteraturen for at finde estimater, da der ikke er udført forsøg med sildens konsumtion i Limfjorden. Jeg har taget udgangspunkt i en review-artikel (Dommasnes *et al.*, 2004), der har udregnet Q/B-forholdet på baggrund af seks artikler (Arrhenius & Hansson, 1993; Blaxter & Holliday, 1963; Christensen, 1995; Dommasnes *et al.*, 2001; Ma *et al.*, 1997; Pavshikovs & Timokhina, 1972). Endvidere har jeg brugt Q/B-forholdet fra Harvey *et al.* (2003), hvorved et samlet gennemsnit bliver 9,13.

## Hvilling

### Baggrund

Hvillingen har ingen kommerciel interesse for fiskerne i Limfjorden, hvilket kan ses ud fra landings-tallene fra Fiskeristatistisk Årsbog (Fiskeridirektoratet, 2002). Hvillingen er fødesøgende i både de frie vandmasser og/eller på bunden (Pedersen, 1999; Pedersen, 2000; Rindorf, 2003). De hvillinger, som findes i Limfjorden, er endnu ikke kønsmodne fisk, da disse ved 2 års alderen forlader de danske farvande for at gyde ude i Nordsøen, hvilket også ses på længdefordelingen af hvillingerne fra fangsterne i Limfjorden (fig.3.3) (Nørrevang & Lundø, 1979b). Der har gennem tiderne været store fluktuationer i både de centrale bredninger og Nissum Bredning, hvilke kan ses ud fra DFU's forsøgsfiskeri. Hvis man kigger på perioden mellem 1986-2001

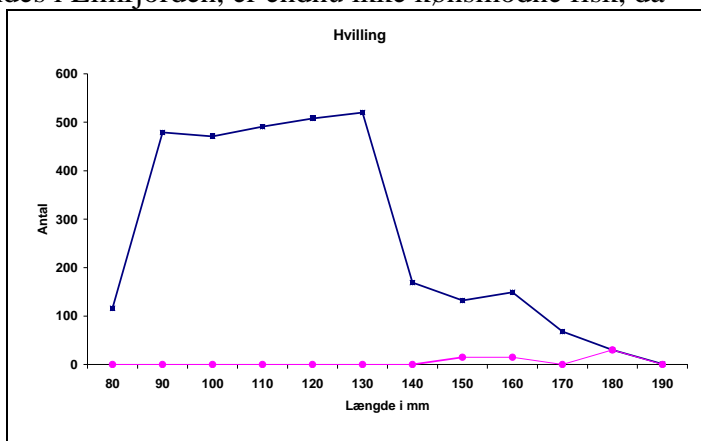


Fig. 3.3: Længdefordeling af hvillinger, fanget i DFU's forsøgsfiskeri 2001, i Nissum Bredning (firkantede punkter) og i De Centrale Bredninger (runde punkter).

ifølge den gennemsnitlige fangst pr. 30 min trawl er mellem 0 og 11,8 hvillinger i de centrale bredninger og mellem 6,6 og 7222,9 hvillinger i Nissum Bredning. Endvidere ses det, at hvillingen er en af de dominerende arter i Nissum Bredning, hvorimod den kun udgør en lille del af fiskebestanden i de centrale bredninger (Hoffmann, 2000; Hoffmann, 2005).

### Fødevalg

Da der ikke er litteratur angående hvillingens fødevalg i Limfjorden, har jeg valgt at tage udgangspunkt i en fødeanalyse fra Nordsøen (Hislop *et al.*, 1991). Undersøgelsen har undersøgt hvillingens fødevalg i forhold til hvillingens størrelse. Jeg bruger her gennemsnitsværdien for 100 og 150mm hvillinger, da det størrelsesmæssigt stemmer bedre overens med de fisk, der er fanget i Limfjorden (fig.3.3). Undersøgelsen kommer frem til, at hvilling primært præderer på krebsdyr og fisk, som udgør henholdsvis 52,51% og 34,34% af dens fødevalg. Hvis man kigger nærmere på de fisk, der indgår i hvillingens fødevalg, bemærkes det, at tobis udgør langt størsteparten af føden (21,74% af det samlede fødevalg, og 63,3% af de fisk der indgår i fødevalget). Dette kan ikke forventes at afspejle forholdet i

Limfjorden, da der ikke er registreret en betydelig biomasse af tobis i områderne. Endvidere er der flere fiskearter i hvillingens fødevalg fra Nordsøen, som ikke er repræsenteret i Limfjorden. Derfor har jeg her valgt at forøge hvillingens prædation på krebsdyr og andre invertebrater til 70%, og fordele de resterende 30% på nogle af de mest hyppigt forekommende arter.

### **Produktion/Biomasse**

Jeg har brugt fishbase til at udregne P/B-forholdet for hvilling. Jeg har ændret gennemsnitstemperaturen til 9,5 grader celsius og beholdt de andre standardværdier. Derved giver udregningen et P/B forhold på 0,18.

### **Konsumtion/Biomasse**

For at udregne et konsumtion/biomasse (Q/B)-forhold for hvillingen i Limfjorden, er jeg nødt til at bruge litteratur fra andre marine områder. Hislop *et al.* (1991) har undersøgt konsumtionsrater for hvillingen, og har endvidere sammenholdt tre artikler, hvori der er lavet undersøgelser på hvillingens konsumtion i forhold til længde og vægt (Anon, 1987; Daan, 1973; Jones, 1974). Disse undersøgelser har jeg lagt sammen og lavet en gennemsnitlig konsumtions-længde-graf. Ud fra denne graf har jeg lavet en eksponentiel trendlinje, som jeg kan bruge til at beregne konsumtionen for en hvilling af en given længde. Gennemsnitslængden på hvillingen i de centrale bredninger er 16,75cm, hvilket bevirker at Q/B-forholdet er 7,25 (bilag 3). For Nissum Bredning er gennemsnitslængden 11,69, hvilket giver et Q/B-forhold på 13,03 (bilag 3). For at gøre de to modeller mere overskuelige, har jeg valgt at lave en gennemsnitlig værdi for Limfjorden, som er 10,14.

## **Sortkutling**

### **Baggrund**

Sortkutlingen er en af de mest dominerende arter i Limfjorden og er samtidig vigtig som fødeemne for prædatorer højere oppe i fødekæden. Man finder sortkutlingen på den bløde bund i fjorden (Muus *et al.*, 1998). Den jager ved hjælp af synet, hvilket medfører at den er mest aktiv om dagen (Vaas *et al.*, 1975). Sortkutlingen bliver maksimalt 18cm lang og når en maksimalt alder på 5år. Sortkutlingen har igennem det 20. århundrede haft stærkt svingende populationsstørrelser, som har været modsatrettet torskens populationsstørrelse (Flintegård *et al.*, 1982). Dette stemmer godt overens med den store population af sortkutlingen, der blev observeret i 2001.

### **Produktion/Biomasse**

P/B-forholdet for sortkutlingen er udregnet ud fra Z (se formel 4). Jeg har i litteraturen fundet dødeligheden for sortkutling til at være 0,27 per måned, hvilket svarer til et P/B-forhold på 0,27 per måned (Doornbos & Twisk, 1987). Det giver på årsbasis et P/B-forhold på:

- $P/B = 1 - (1 - \%)^n \Rightarrow P/B = 1 - (1 - 0,27)^{12} = 0.977$

## Konsumtion/Biomasse

Sortkutlingens konsumtion er udregnet på fishbase, hvor jeg har ændret følgende parametre:

- $L_{inf}$  ændret fra 18,1cm til 14cm
- Gennemsnitlig vandtemperatur ændret fra 19 til 9,5 grader
- Halefinne typen er ændret til at være rundet, frem for gaffeldelt

Derefter er Q/B-forholdet udregnet til at være 6,7.

## Fødevalg

Sortkutlingens fødeemner er hovedsagligt børsteorme, bløddyr og krebsdyr om end større sortkutlinger (>6cm) også spiser mindre fisk, som udgør 5% af føden (Doornbos & Twisk, 1987; Vaas *et al.*, 1975). Derfor vil jeg her sætte sortkutlingens fødevalg til 98% import, og de resterende 2% vil være fra gruppen andre fisk.

## Brisling

### Baggrund

Brislingen har i perioden 1993-2001 været en af de få fiskearter i Limfjorden, der har været fisket kommercielt og udgjort en relativ stabil fangst (Fiskeridirektoratet, 2002). Brislingen er en permanent fiskeart i Limfjorden, som gyder i det meste af Limfjorden. Den har ikke, som silden, migration i forbindelse med gydning. Gydningen forgår i april til maj måned, og æggene er pelagiske (Nørrevang & Lundø, 1979a). Brislingen vil inden for dens første leveår opnå en længde på ca.10cm (Muus *et al.*, 1998). Da gennemsnitslængden for brislingen i de centrale bredninger er 75,8mm, med et minimum på 55mm og et maksimum på 120mm, må det antages, at størstedelen af brislingerne er årgang 0 (fig.3.4) gennemsnitslængden for brisling i Nissum Bredning er 103,6mm, med et minimum på 65mm og et maksimum på 145mm (fig.3.4), hvilket kunne tyde på at brislingebestanden i Nissum bredning er en blanding af flere årgange (Hoffmann, 2005)

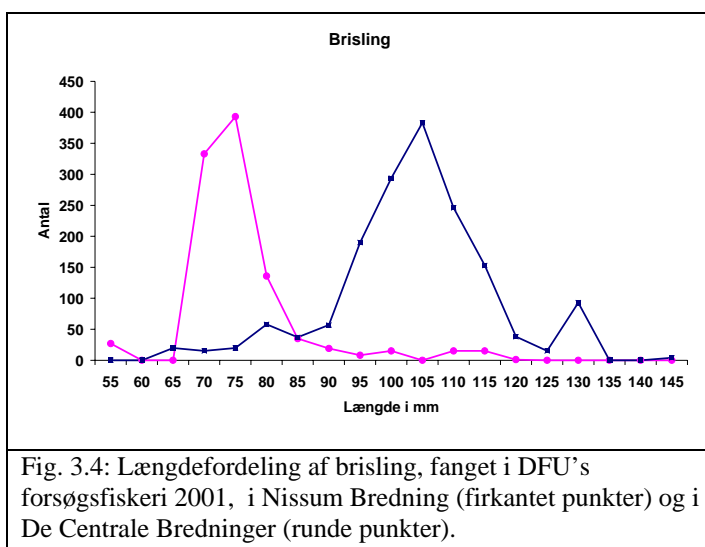


Fig. 3.4: Længdefordeling af brisling, fanget i DFU's forsøgsfiskeri 2001, i Nissum Bredning (firkantede punkter) og i De Centrale Bredninger (runde punkter).

## Produktion/Biomasse

Der er ikke lavet forsøg med produktion/biomasse (P/B) for brisling i Limfjorden. Derfor har jeg valgt at støtte mig til tre tidligere Ecopath-modeller fra Østersøen og Limfjorden (Christensen, 1995; Harvey *et al.*, 2003; Støttrup *et al.*, 2002), og lave et gennemsnit ud fra de tre værdier. Endvidere har Harvey *et al.* (2003) lavet estimater for både juvenile

brislinger ( $0,61 \text{ år}^{-1}$ ) og adulte brislinger ( $0,64 \text{ år}^{-1}$ ). Begge disse værdier bliver medregnet i det endelige gennemsnit. Christensen (1995) er kommet frem til en P/B-værdi på  $1,21 \text{ år}^{-1}$ . Støttrup *et al.* (2002) er kommet frem til en værdi på  $1,4 \text{ år}^{-1}$ . Gennemsnittet af de tre undersøgelser (fire værdier) er  $0,97 \text{ år}^{-1}$ .

### **Konsumtion/Biomasse**

Der er ingen forsøg fra Limfjorden, der beskriver konsumtion/biomasse (Q/B) forholdet for brisling. Jeg har derfor valgt at støtte mig til de to af de tre Ecopath modeller, som jeg også har brugt til at estimere P/B-forholdet med. Harvey *et al.* (2003) har brugt P/B-værdier på henholdsvis  $21,29 \text{ år}^{-1}$  for juvenile brislinger og  $10,13 \text{ år}^{-1}$  for adulte brislinger. Christensen (1995) har brugt en værdi på  $8,6 \text{ år}^{-1}$ , hvilket er relativt tæt på den værdi som Harvey *et al.* (2003) bruger for de adulte brislinger. Gennemsnittet af de tre Q/B-værdier er  $13,54 \text{ år}^{-1}$ .

### **Fødevalg**

Casini *et al.* (2004) lavede en undersøgelse af henholdsvis brisling og silde fødepræferencer i den sydlige del af Østersøen. Undersøgelsen viser at brislingen uanset størrelse, udelukkende forragerer på zooplankton. En konklusion, som understøttes af flere andre undersøgelser (Arrhenius & Hansson, 1993; Möllmann & Köster, 1999).

### **Rødspætte**

#### **Baggrund**

Limfjorden er opvækstområde for rødspætten, som typisk tilbringer sit første leveår på lavt vand, hvorefter den trækker ud i Nordsøen for at søge større dybder (Flintegård *et al.*, 1982). Rødspætten er en af de få arter, der bliver fisket kommercielt i Limfjorden, om end i små mængder. Der blev i 2001 landet 1,7t (Fiskeridirektoratet, 2002). Hvis man ser på de ældre fangstdata, så er det værd at bemærke, at der blev fanget omkring 1700t rødspætter i 1895, hvorefter landingerne generelt har været faldende (Flintegård *et al.*, 1982). Det meste af fangsten koncentrerer sig i perioden april til juli måned, hvilket også passer med, at det er på dette tidspunkt rødspættene trækker ind til opvækstområderne i Limfjorden (Nedergaard & Sørensen, 2002). De vigtigste gydeområder for rødspætten i Nordsøen er øst for Doggerbanke og i den Engelske Kanal (Krog, 1993). Endvidere gyder rødspætten to steder i Kattegat, hvilket forgår mellem Skagen og Læsø og sydøst for Anholt (Nielsen *et al.*, 2004).

#### **Produktion/Biomasse**

Jeg har her valgt at tage udgangspunkt i en undersøgelse (Basimi & Grove, 1985), som har undersøgt produktionen af rekrutterede rødspætter ved East Anglesey, North Wales. De kommer frem til, at der bliver produceret  $0,17 \text{ g}$  biomasse per  $\text{m}^2$ , hvor der er en stående biomasse på  $0,3 \text{ g}$  biomasse per  $\text{m}^2$ . Det medfører, at produktionen bliver  $0,57$ . Hvis man sammenholder denne værdi, med værdien brugt i andre Ecopath modeller (Christensen, 1995; Nielsen *et al.*, 2004; Stanford & Pitcher, 2006), ses det, at den er henholdsvis 12,3% og 10,9% lavere. Da forskellen ikke er større, vil jeg antage, at Basimi & Grove's (1985) estimat er lige så godt som Stanford & Pitcher's (2002) og Christensen's (1995) estimater, og vil derfor arbejde videre med  $0,57$ .

### **Konsumtion/Biomasse**

I dette tilfælde tager jeg en gennemsnitværdi fra Stanford og Pitcher (2002) og Christensen (1995), da jeg ikke har fundet Q/B-forholdet vurderet andre steder. De to værdier er henholdsvis 4,1 og 2,8, hvor jeg bruger gennemsnittet på 3,5.

### **Fødevalg**

Der er lavet flere studier af rødspættens fødevalg (Amara *et al.*, 2001; Beyst *et al.*, 1999; Doornbos & Twisk, 1984; Poxton *et al.*, 1983), og alle kommer frem til, at fisk er af lille eller ingen betydning i fødevalget. Derimod er nogle af de vigtigste fødeemner for rødspættens børsteorme, muslinger og krebsdyr. Derfor vil rødspættens fødevalg i denne opgave blive betragtet som 100% import.

## **Ålekvabbe**

### **Baggrund**

Da litteraturen angående ålekvabbens biologi og økologi er meget begrænset, vil jeg her primært forholde mig til Muus (1998), Nørrevang & Lundø (1979a) og Flintegaard *et al.* (1982). Ålekvabben er udbredt langs kysterne i den nordlige Europa, hvor man finder den i dybder på 2-20m vand (Muus *et al.*, 1998). Den lever gerne i ålegræsbelter eller anden vegetation/sten områder (Flintegaard *et al.*, 1982; Nørrevang & Lundø, 1979a).

I 1952 begyndte et konsumfiskeri efter ålekvabber i Limfjorden. Fiskeriet toppede i 1966, hvor der blev landet omkring 70t ålekvabber. Mange af dem var bifangst fra ålefiskeriet (Flintegaard *et al.*, 1982). Til trods for at ålekvabben ikke er en udbredt spisefisk, skulle den efter sigende have en god smag, og kødet skulle være af fast konsistens (Muus *et al.*, 1998).

### **Produktion/Biomasse**

Som før skrevet, er der ikke meget information om ålekvabben i litteraturen. Derfor har jeg valgt at tage værdierne fra Støttrup (2002), som er 1,2.

### **Konsumtion/Biomasse**

Som beskrevet under afsnittet Produktion/Biomasse, er litteraturen angående ålekvabbens biologi og økologi mangelfuld, og jeg har derfor ikke været i stand til at finde et Q/B-forhold i litteraturen. Derfor bruger jeg Q/B-forholdet fra fishbase, hvor jeg har ændret følgende parametre:

- Maksimal længden sat ned med 20% til 40cm
- Afrundet haleform
- Gennemsnitstemperaturen er sat til 9.5 grader celsius

Hvilket giver en Q/B-værdi på 4,1.

### **Fødevalg**

Ålekvabbens fødevalg er, ifølge Nørrevang & Lundø (1979a) og Flintegaard *et al.* (1982); tanglopper, tanglus, muslinger, snegle, små krebsdyr og børsteorme. Da der ikke er fisk i dens fødevalg, så vil den fødevalg blive sat til 100% import.

## Tunge

### Baggrund

Tungens udbredelse i Limfjorden er meget begrænset, hvilket også afspejler sig i biomassen (tabel 3.6). Der har dog i den sidste 10 års periode været et mindre fiskeri efter tunger i Limfjorden, som toppede i 1994 med en samlet landing på 4,1t, til sammenligning var den samlede landing i 2001 0,1t (Fiskeridirektoratet, 2002). Hvis man ser på tungens normale habitat, er den i Nørrevang & Lundø (1979a) betegnet som tilknyttet den blandede men noget blødere bund. Tungen gyder primært i den sydlige del af Nordsøen, sydengelske farvande og ned til Middelhavet (Muus *et al.*, 1998). De tunger, der er i Kattegat, er en anden population, end dem der er i Nordsøen. Dette kan blandt andet ses ud fra, at Kattegat populationen er mere kuldetolerante end Nordsø-populationen (Muus *et al.*, 1998). Det er derfor nærliggende at tro, at de tunger, der findes i de centrale bredninger, tilhører Kattegat populationen eller er gæster fra Nordsøen.

### Produktion/Biomasse

Jeg har valgt at bruge den naturlige mortalitet fra Türkmen (2003), som har udregnet  $M$  til at være 0,5, hvilket jeg bruger som P/B-forhold. Denne værdi er dog lavere end Stanford & Pitcher (2004) og Christensen (1995), som henholdsvis bruger værdierne 0,65 og 0,66, men tæt på den værdi der er udregnet i fishbase, som er på 0,53.

### Konsumtion/Biomasse

Jeg har valgt at bruge gennemsnittet af værdier fra Stanford & Pitcher (2004) og Christensen (1995), som har brugt værdierne 5,1 og 4,4, hvilket giver et gennemsnit på 4,8.

### Fødevalg

Tungens fødevalg er blevet undersøgt i flere artikler (Amara *et al.*, 2001; Beyst *et al.*, 1999; Cabral, 2000; Molinero & Flos, 1991), og bortset fra Beyst (1999), så er der bred enighed om, at fisk er af ingen eller ringe betydning for tungens fødevalg. Derimod er ledorme, børsteorme, bløddyr og krebsdyr langt de dominerende fødevalg for tungen. Derfor vil tungens fødevalg blive sat til 100% import i modellen.

## Skrubbe

### Baggrund

Skrubben er kendetegnet ved at være mere tolerant over for lave saliniteter end de fleste andre fladfisk, og væksten hos juvenile skrubber er højere ved 5 og 15‰ end ved 35‰ salinitet. Dog er væksten ved 0‰ salinitet også lavere end væksten ved 5 og 15‰ salinitet (Gutt, 1985). At skrubben fortrækker de mere lavsaline områder, medfører at den søger hen imod flodmundinger og fjorde. I perioder kan den sågar trække op i ferske vandløb (Muus *et al.*, 1998). De juvenile skrubber holder til på helt lavt vand, hvor de er at finde på den bløde bund. Efter det første eller de to første leveår begynder skrubben at trække ud på dybere vand (Nørrevang & Lundø, 1979a).

I perioden fra slutningen af 1930'erne og frem til midten af 1950'erne har der været et større fiskeri efter skrubber i Limfjorden. I perioden kom de årlige landinger op på 550t. Fra slutningen af 1950'erne og frem til starten af 1970'erne faldt landingerne støt, og siden 1970'erne har det ikke været skrubbefiskeri af større betydning i Limfjorden (Flintegård *et al.*, 1982).

### **Produktion/Biomasse**

Det har ikke været muligt for mig at finde nogle gode estimater af skrubbens P/B-forhold. Det er ej heller muligt at bruge fishbase til at udregne P/B-forholdet. Derfor har jeg her brugt gennemsnittet fra de to andre fladfisk i modellerne, rødspætte og ising, hvilket er lig med 0,66.

### **Konsumtion/Biomasse**

Værdien for Q/B er fremkommet på samme måde som værdien for P/B, og den er 4,954.

### **Fødevalg**

Skrubbens fødevalg er godt beskrevet i litteraturen (Andersen *et al.*, 2005; De Vlas, 1979; Moore & Moore, 1976). Der er dog rapporteret, at skrubbens spiser andre fisk, men det er i så ringe grad, at det ikke her vil være inkluderet i skrubbens fødevalg. Derimod består skrubbens fødevalg hovedsagligt af en blanding af små krebsdyr, børsteorme og bløddyr.

## **Ulke**

### **Baggrund**

Ulken har en meget bred udbredelse, som går fra den Botniske bugt og over Grønlands kyster og videre til de Nordamerikanske kyster. Den findes på dybder fra 0-200m dybde, hvor den lever mellem sten og tang. Ulken er en territorial art, og er en stamfisk i Limfjorden. Den bliver maks. 60cm, om end individer af denne størrelse ikke er at finde i Limfjorden (Flintegård *et al.*, 1982)

### **Produktion/Biomasse**

Ud fra litteraturen har jeg valgt at bruge Z fra Luksenburg & Pedersen (2002), som har udregnet værdien for begge køn af almindelig ulk. For hannerne og hunnerne har de henholdsvis udregnet Z til at være 1,2 og 0,94. Jeg bruger her gennemsnittet på 1,07 for almindelig ulk.

### **Konsumtion/Biomasse**

Jeg har ikke fundet en Q/B-værdi i litteraturen, og bruger derfor en Q/B-værdi udregnet fra fishbase. Værdien er udregnet på baggrund af følgende antagelser:

- Maksimal længden er sat ned med 33%, til 40cm.
- Afrundet haleform.
- Gennemsnitstemperaturen er sat til 9,5 grader celsius.

Under disse antagelser bliver Q/B-forholdet ifølge fishbase 3,1.

## **Fødevalg**

Ulken bliver flere steder betegnet som værende altædende (Flintegård *et al.*, 1982; Muus *et al.*, 1998; Nørrevang & Lundø, 1979a). Jeg vil her betragte dens fødevalg som 50% børsteorme/krebsdyr og 50% fisk af forskellige arter. For fiskenes vedkommende, har jeg valgt at dele dem op i 70% fra gruppen andre fisk, 20% sortkutlinger, 5% skrubber og 5% rødspætter. Gruppen andre fisk indeholder en del arter, som er tilknyttet samme habitat som ulken og er derfor stærkt repræsenteret.

## **Ising**

### **Baggrund**

Isingen har, i modsætning til de andre fladfisk i Limfjorden, deres opvækst på lidt dybere vand (8-12m) (Nørrevang & Lundø, 1979a). Endvidere er isingen en sæsonfisk, hvilket betyder, at det kun er yngel, som er repræsenteret i Limfjorden (Nedergaard & Sørensen, 2002). I Limfjorden er der kun en begrænset bestand (tabel 3.6). Dette kan hænge sammen med, at Limfjorden er relativ lavvandet og derfor ikke så egnet som opvækstområde. Isingen kan være en konkurrent til rødspætten, da de har et niche-overlap med hensyn til fødeemner (Nørrevang & Lundø, 1979a). Der er dog undersøgelser, der påpeger at ising, rødspætte og tunge kun i ringe omfang konkurrerer om fødeemnerne (Amara *et al.*, 2001). Endvidere bliver isingen kønsmoden i en tidligere alder end rødspætten, hvorved den når at gyde før den bliver attraktiv for fiskerne. Dette har medført, at mens rødspættebestandene i de indre farvand er faldet, er bestanden af isinger steget (Muus *et al.*, 1998).

### **Produktion/Biomasse**

P/B-forholdet for isingen har jeg sat til 0,753, hvilket er den værdi Stanford & Pitcher (2004) bruger i deres model for Den Engelske Kanal. Den værdi er relativ tæt på værdien 0,8 udregnet i fishbase, under forudsætning af en vandtemperatur på 9,5 grader celsius.

### **Konsumtion/Biomasse**

Da jeg ikke har kunne estimere Q/B-forholdet for isingen i Limfjorden, har jeg valgt at bruge værdien 6,408 taget fra Stanford & Pitcher (2004). Hvis man kigger på fishbase, finder man to værdier på henholdsvis 3,69 og 7,06. Derfor antager jeg Stanford & Pitcher's (2004) værdi for at være et udmærket estimat.

## **Fødevalg**

Isingen æder ikke andre fisk ifølge Amara *et al.* (2001), som blandt andet har undersøgt isingens fouragering i den sydlige Nordsø. Derimod bestod deres føde primært af børsteorme og muslinger. Det samme resultat kommer Wyche & Shackley (1986) frem til, om end med den forskel at isinger på over 20cm også æder fisk. Isingerne i Limfjorden er ikke over 20cm, og jeg vil derfor betragte deres fødevalg som ikke omfattende fisk, hvorved deres fødevalg vil blive betragtet som 100% import.

## ÅL

### Baggrund

Ålene har i Limfjorden været en af de mest betydningsfulde fisk for fiskeriet. Der blev landet op til 1300t i starten af det 20. århundrede, hvorefter der indfandt sig en stabil periode fra 1920-1940 med landinger omkring 750-1000t. Derefter har der været en støt tilbagegang i fangsterne, og i 2001 blev der kun landet 0,8t (Fiskeridirektoratet, 2002; Flintegård *et al.*, 1982). Ålen er nok mest kendt for sin vandring på over flere 1000km til Sargassohavet, hvor den formodes at gyde. Larverne begynder deres vandring tværs over Atlanterhavet, hvor de ved ankomst til fastlandssoklen forvandler sig til glasål. Glasålene søger ind til de europæiske kyster, her trækker de ind i fjorde og vandløb, hvor de befinder sig under deres opvækst. I opvækstperioden kaldes de gulål. Gulålen udvikler sig i en alder af 6-20år til blankål, hvorefter de begynder deres lange rejse tilbage til Sargassohavet for at gyde (Muus *et al.*, 1998).

Siden 1980'erne har der været en kraftig tilbagegang af ålelarver ved de europæiske kyster, og der er en generel bekymring for ålens fremtid (Stone, 2003).

### Produktion/Biomasse

Ålens P/B-forhold er taget fra Vollestad & Jonsson (1988), som har kigget på ål i en norsk flod. De er kommet frem til, at ålens produktion er  $3,51\text{kg ha}^{-1}$ , og den stående biomasse er  $10,2\text{kg ha}^{-1}$ , hvilket svarer til et P/B-forhold på 0,34.

### Konsumtion/Biomasse

For at finde en værdi til vurdering af ålens Q/B-forhold, har det været nødvendigt at bruge en artikel fra ferskvand. Schulze *et al.* (2004) har udregnet det daglige indtag i forhold til biomasse som værende  $0,025\text{ g g}^{-1}\text{day}^{-1}$ , hvilket på årsbasis bliver til 9,125.

### Fødevalg

Ålen er en generalist angående fødevalg, og dens føde inkluderer alt fra muslinger, snegle, orme, krebsdyr til mindre fisk som hundestejler, kutlinger og mindre ålekvabber (Muus *et al.*, 1998; Nørrevang & Lundø 1979a). Jeg har i dette tilfælde sat ålen til at spise 50% invertebrater og 50% fisk. Fiskene har jeg delt op på 50% andre fisk og 25% sortkutlinger og 25% ålekvabber. Derved kommer dens fødevalg til at være som følgende; 50% import, 25% andre fisk, 12,5% ålekvabber og 12,5% sortkutling.

## Andre fisk

### Baggrund

Gruppen andre fisk indbefatter følgende arter almindelig tangnål, grå knurhane, tobis sp, hestemakrel, hundestejle, kutling sp, lille tangnål, slethvarre, stenbider, stor næbsnog, stor tangnål, tangsnarre og torsk. Da de ikke bliver behandlet som arter i denne rapport, er der ingen grund til at gå nærmere ind på deres biologi.

### Produktion/Biomasse

Jeg har her brugt en værdi, som er et gennemsnit af værdierne for sortkutlingen, rødspætten og hvillingen. Grunden til, at jeg bruger dette gennemsnit er, at de tre mest dominerende

arter i gruppen andre fisk, er henholdsvis kutling sp, hestemakrel og slethvarre. I dette tilfælde bruger jeg sortkutlingens værdi til at repræsentere kutling sp, rødspættens værdi til at repræsentere slethvarren og ligeledes for hvilling og heste makrel. Det gennemsnitlige P/B-forhold for de tre arter er 0,639.

### **Konsumtion/Biomasse**

Her følger jeg samme fremgangsmåde som for P/B-forholdet i ovenstående afsnit og kommer frem til et gennemsnit på 6,78.

### **Fødevalg**

Hvis man ser bort fra grå knurhane, torsk og hestemakrel, er fiskene i denne gruppe bentiske, og jeg formoder ikke, at fisk indgår i deres diæt. Derimod forventer jeg, at torsken, grå knurhane og hestemakrellen har andre fisk som en del af deres fødevalg. Derfor sætter jeg denne gruppes fødevalg til at være 75% import, 10% andre fisk, 10% sild og 5% brisling.

## Resultater

### Den ubalancerede model

I tabel 4.1 ses værdierne fra den første ubalancerede model. For at en model er balanceret, skal EE-værdierne være  $< 1$ , hvorved det er tydeligt at denne model er ubalanceret. GE (gross food conversion efficiency) forklarer hvor meget af føden, som bliver omdannet til

Tabel 4.1: Første afvikling af Ecopath ud fra de ubalanceret data. Tal skrevet med kursiv indikerer problemer med modellen. "Flow to detritus" må ikke være under 0, og ligeledes skal EE-værdien være mellem 0-1. GE skal være mellem 0,1 og 0,3. Hvis nogle af værdierne afviger fra det acceptable, så er der et problemer med data for den pågældende art.

	Biomasse (t/km <sup>2</sup> )	P/B	Q/B	EE	GE	Flow to detritus (t/km <sup>2</sup> )	Trophic level
<b>Nissum Bredning</b>							
Skarv	0,029	0,29	68,87	0	0,004	0,407	2,47
Sæl	0,04	0,2	31,74	0	0,006	0,262	2,04
Sild	0,134	0,7848	9,13	<i>1,721</i>	<i>0,087</i>	0,17	1,07
Hvilling	0,192	0,18	10,14	<i>2,29</i>	<i>0,018</i>	0,345	2,42
Sort Kutling	0,0028	0,977	6,7	<i>50,287</i>	0,146	<i>-0,131</i>	2,78
Brisling	0,0386	0,97	13,54	<i>2,916</i>	<i>0,072</i>	0,033	1
Rødspætte	0,027	0,57	3,5	<i>41,445</i>	0,163	<i>-0,604</i>	1
Ålekvabbe	0,0345	1,2	4,1	<i>8,318</i>	0,293	<i>-0,275</i>	1
Tunge	0,0001	0,53	4,8	<i>4405,211</i>	0,11	<i>-0,233</i>	1
Skrubbe	0,0038	0,66	4,954	<i>428,71</i>	0,133	<i>-1,069</i>	1
Ulk	0,002	1,07	3,1	<i>142,326</i>	<i>0,345</i>	<i>-0,301</i>	2,9
Ising	0,0002	0,753	6,408	<i>2152,337</i>	0,118	<i>-0,324</i>	1
Ål	0,0002	0,34	9,125	<i>884,068</i>	<i>0,037</i>	<i>-0,06</i>	2,83
Andre fisk	0,0346	0,639	6,78	<i>19,337</i>	<i>0,063</i>	<i>-0,359</i>	1,78
<b>De Centrale Bredninger</b>							
Skarv	0,025	0,29	68,87	0	0,004	0,351	2,56
Sæl	0,153	0,2	31,74	0	0,006	0,999	2,19
Sild	0,382	0,7848	9,13	<i>5,358</i>	<i>0,086</i>	<i>-0,609</i>	1
Hvilling	0,0092	0,18	10,14	<i>4,853</i>	<i>0,018</i>	0,012	2,12
Sort Kutling	0,12	0,977	6,7	<i>8,181</i>	0,146	<i>-0,679</i>	2
Brisling	0,0252	0,97	13,54	<i>18,408</i>	<i>0,072</i>	<i>-0,357</i>	1
Rødspætte	0,036	0,57	3,5	<i>22,832</i>	0,163	<i>-0,423</i>	1
Ålekvabbe	0,0057	1,2	4,1	<i>122,039</i>	0,293	<i>-0,823</i>	1
Tunge	0,0005	0,53	4,8	<i>159,694</i>	0,11	<i>-0,042</i>	1
Skrubbe	0,002	0,66	4,954	<i>412,474</i>	0,133	<i>-0,541</i>	1
Ulk	0,0005	1,07	3,1	<i>506,279</i>	<i>0,345</i>	<i>-0,27</i>	2,2
Ising	0,0002	0,753	6,408	<i>838,01</i>	0,118	<i>-0,126</i>	1
Ål	0,0002	0,34	9,125	<i>6152,322</i>	<i>0,037</i>	<i>-0,418</i>	2,25
Andre fisk	0,0187	0,639	6,78	<i>61,106</i>	<i>0,094</i>	<i>-0,693</i>	1

produktion. For marine fisk skal denne værdi være mellem 0,1 og 0,3 (Christensen *et al.*, 2004). Det ses at GE-værdierne for flere af arterne er for lav, og for ulken er den for høj. Et negativt "Flow to detritus" indikerer også at der er problemer med balanceringen. Man skal

forstå EE-værdierne som den fraktion af produktionen, der bliver brugt. Det vil sige, at en EE-værdi på 1 betyder, at hele produktionen for den givende art bliver brugt. Hvis EE-værdien er 2, så bliver der brugt dobbelt så meget som der produceres. Med det i mente, er det åbenlyst at denne model er alvorligt ubalanceret, når EE-værdierne for fisk er mellem 1,7 og 6152,3. Der er flere mulige forklaringer på at EE-værdier  $> 1$ . Dette kan forklares ud fra enten den pågældende arts biomasse og/eller P/B-forhold. Hvis en af de to værdier er for lav, vil det komme til udtryk ved en høj EE-værdi. En anden årsag til en EE-værdi  $> 1$  kan findes i fødevalgsmatricen (bilag 4), hvor et forkert fødevalg for en prædator kan medføre en for høj EE-værdi for et byttedyr. Ydermere er der problemer med GE-værdierne i modellen (tabel 4.1). For marine fisk skal GE-værdierne være 0,1-0,3, hvilket ikke er tilfældet for flere af fiskene. For topprædatorer er det acceptabelt med en GE-værdi under 0,1, og for mikroorganismer, nogle invertebrater og fiskelarver er GE-værdier over 0,3 acceptable (Christensen *et al.*, 2004).

Ud fra tabel 4.2 er det relativt nemt at udpege de prædatorer med størst indvirkning på de forskellige grupper, da tabellen viser, hvor stor en fraktion af dødelighed en prædator påvirker et byttedyr med. Værdierne er udregnet ud fra følgende formel:

- Prædationsmortalitet<sub>samlet</sub> =  $EE \frac{P}{B}$

Hvorefter den samlet prædationsmortalitet bliver vægtet i forhold til prædatorenes fødepræferencer. I Nissum Bredning bidrager hvillingen med den største dødelighed til sild, hvilling, sortkutling og brisling. Sælen er ansvarlig for den største dødelighed for skrubberne, hvor skarven står for den største dødelighed for rødspætter, ålekvabber, tunger, ulk, isinger, ål og andre fisk. Samlet set er det skarven, der har den største indvirkning på flest grupper. I de centrale bredninger er det derimod sælen, der har størst indvirkning på de fleste gruppers mortalitet, da den står for størstedelen af mortaliteten på sild, sortkutlinger, brislunger, rødspætter, ålekvabber, tunger, skrubber, ulke og andre fisk. Hvorimod skarven står for den største dødelighed for hvillinger, isinger og ål.

Tabel 4.2: Prædationmortalitetsmatrice for henholdsvis Nissum Bredning og de centrale bredninger. De værdier, der indikerer den største prædationsmortalitet på byttedyrene, er skrevet i kursiv.

<b>Nissum Bredning</b>														
Prædator/byttedyr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:Skarv	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2:Sæl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3:Sild	0,01	0,01	-	1,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17
4:Hvilling	-	0,01	-	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5:Sort kutling	13,98	0,05	-	34,80	-	-	-	-	-	0,22	-	0,08	-	-
6:Brisling	-	-	-	2,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30
7:Rødspætte	14,84	7,34	-	1,44	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-
8:Ålekvabbe	9,35	0,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-
9:Tunge	2334,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10:Skрубbe	64,07	218,84	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-
11:Ulk	152,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12:Ising	820,86	799,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13:Ål	300,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14:Andre fisk	6,60	1,62	-	3,38	0,01	-	-	-	-	0,06	-	0,01	0,68	-

<b>De Centrale Bredninger</b>														
Prædator/byttedyr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:Skarv	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2:Sæl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3:Sild	0,00	4,18	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4:Hvilling	0,47	-	-	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5:Sort kutling	3,30	4,65	-	0,04	-	-	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-
6:Brisling	-	17,67	-	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7:Rødspætte	1,00	11,97	-	0,05	-	-	-	-	-	0,00	-	-	-	-
8:Ålekvabbe	71,68	74,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-
9:Tunge	16,87	67,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10:Skрубbe	56,82	215,40	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-
11:Ulk	270,66	271,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12:Ising	631,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13:Ål	1268,93	822,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14:Andre fisk	4,71	33,13	-	0,30	0,86	-	-	-	-	0,03	-	0,02	-	-

### **Balancering af model**

Der er ikke en specifik opskrift på hvordan man balancerer en Ecopathmodel, derfor er det vigtigt, at få hvert trin af balanceringen dokumenteret. Jeg vil her beskrive min balancering af modellen trin for trin. For hvert trin vil jeg knytte en kort kommentar til balanceringen, og hvorfor jeg justerede de aktuelle parametre.

#### **Trin 1; Biomasser**

Det første, jeg vil kigge nærmere på, er biomasserne for de forskellige arter/grupper. I denne opgave vil der ikke blive ændret på biomassen for hverken skarv eller sæl, da jeg antager de data som værende de mest pålidelige i modellen. Derimod vil jeg starte med at justere biomassedata for de forskellige fiskearter/grupper. Der er indtil dette punkt regnet

med 100% fangsteffektivitet for de forskellige arter, hvilket ikke afspejler virkeligheden. Da der ikke er udregnet generelle fangsteffektiviteter for de to redskaber, der brugt i forsøgsfiskeriet, vil jeg her antage at alle arter, på nær fladfisk og ål, har en fangsteffektivitet på 50%. For fladfisk bruger jeg en fangseffektivitet på 28%, hvilket er blevet dokumenteret for yngeltrawlets fangseffektivitet for pighvar (Sparrevohn *et al.*, 2002). Ålen er kun natteaktiv, og der er derfor også kun blevet fanget en ål i hele forsøgsfiskeriet, og den er ikke blevet noteret. Derfor har jeg valgt at lade Ecopath udregne biomassen for ål, ved at bruge en EE-værdi på 0,95 som anbefalet i Christensen (2004). Det ses i tabel 4.3 at EE-værdierne for nogle arter stiger, og for nogle arter falder. Dette skyldes en biomasseforøgelse hos nogle prædatorer, der derved øger deres prædationstryk.

Tabel 4.3: Før og efter værdier for biomasse og EE-værdier, efter inkorporering af fangsteffektiviteter i modellen.

	Nissum Bredning				De Centrale Bredninger			
	Biomasse før	Biomasse efter	EE før	EE efter	Biomasse før	Biomasse efter	EE før	EE efter
1:Skarv	0,0290	0,0290	0,0000	0,0000	0,025	0,025	0	0
2:Sæl	0,0400	0,0400	0,0000	0,0000	0,153	0,153	0	0
3:Sild	0,1340	0,2680	1,7210	1,7150	0,382	0,764	5,358	2,691
4:Hvilling	0,1920	0,3840	2,2900	2,2720	0,0092	0,0184	4,853	3,553
5:Sort kutling	0,0028	0,0056	50,2870	81,7910	0,12	0,24	8,181	10,396
6:Brisling	0,0386	0,0772	2,9160	2,9130	0,0252	0,0504	18,408	9,3
7:Rødspætte	0,0270	0,0964	41,4450	12,3150	0,036	0,1286	22,832	6,417
8:Ålekvalbe	0,0345	0,0690	8,3180	6,7200	0,0057	0,0114	122,039	168,979
9:Tunge	0,0001	0,0004	4405,2110	1233,4590	0,0005	0,0018	159,694	44,36
10:Skrubbe	0,0038	0,0136	428,7100	120,0560	0,002	0,0071	412,474	116,198
11:Ulk	0,0020	0,0040	142,3260	71,1630	0,0005	0,001	506,279	253,14
12:Ising	0,0002	0,0007	2152,3370	602,6540	0,0002	0,0007	838,01	239,431
13:Ål	0,0002	0,1860	884,0680	0,9500	0,0002	1,295	6152,322	0,95
14:Andre fisk	0,0346	0,0692	19,3370	22,4870	0,0187	0,0374	61,106	155,08

## Trin 2; GE

Som tidligere nævnt, skal GE-værdierne være mellem 0,1-0,3 for de marine fisk. Ud fra tabel 4.2 ses det at de fleste GE-værdier er underestimeret. For at nedjusteres GE-værdierne kan man enten forhøje Q/B-forholdet eller sænke P/B-forholdet for den pågældende art. Ligeledes kan man opjustere GE ved enten af sænke Q/B-forholdet eller hæve P/B-forholdet. For sild har jeg valgt at opjustere P/B-forholdet og nedjustere Q/B forholdet. Grunden til at jeg har opjusteret P/B-forholdet er, at de fleste sild i Limfjorden er juvenile, og at de værdier jeg bruger for silden ikke alle tager højde for forskellen i produktion mellem juvenile og adulte sild. Jeg antager et større P/B-forhold for juvenile sild, og forhøjer den samlede P/B-værdi med 21%. Samtidigt har jeg nedjusteret Q/B-værdien med 1,4%. Hvillingen har en meget lav GE-værdi på 0,018, derfor er det nødvendigt med en større korrigerende. Derfor har jeg opjusteret P/B-forhold 0,75, hvilket er en stigning på 317%. Endvidere ændrer jeg Q/B forholdet 10,14 til 6,5, hvilket er en nedjustering på 36%. Ligeledes er brislingens GE-værdi underestimeret, og bliver derfor korrigeret med en P/B-forøgelse på 13% og en nedskrivning af Q/B-forholdet på 26%. Ulkens GE-værdi er den eneste, som er overestimeret, derfor er dens P/B-forhold sænket med 25% og Q/B-forholdet er forøget med 32%. Ålen er kraftigt underestimeret, samtidig med at den har et lav P/B-forhold. Derfor er P/B-forholdet sat op med 76%, og for at få GE-forholdet endnu længere

op, er Q/B-forholdet nedjusteret med 45%. Gruppen andre fisk er også underestimeret, og derfor er P/B-forholdet opjusteret 25%. Resultaterne af disse indgreb ses i tabel 4.4, hvor alle GE-værdierne nu er inden for de acceptable grænser. Endvidere er EE-værdierne faldet for de fleste af arterne.

Tabel 4.4: GE-værdierne skal være mellem 0,1 og 0,3, hvilket er blevet justeret ved subjektive ændringer af P/B og Q/B-værdierne. Endvidere er ændringerne for EE-værdierne også vist.								
Nissum Bredning					De Centrale Bredninger			
	P/B før	P/B efter	Q/B før	Q/B efter	P/B før	P/B efter	Q/B før	Q/B efter
1:Skarv	0,290	0,290	68,870	68,870	0,290	0,290	68,87	68,87
2:Sæl	0,200	0,200	31,740	31,740	0,2	0,2	31,74	31,74
3:Sild	0,785	0,950	9,130	9,000	0,785	0,95	9,13	9
4:Hvilling	0,180	0,750	10,140	6,500	0,18	0,75	10,14	6,5
5:Sort kutling	0,977	0,977	6,700	6,700	0,977	0,977	6,7	6,7
6:Brisling	0,970	1,100	13,540	10,000	0,97	1,1	13,54	10
7:Rødspætte	0,570	0,570	3,500	3,500	0,57	0,57	3,5	3,5
8:Ålekvabbe	1,200	1,200	4,100	4,100	1,2	1,2	4,1	4,1
9:Tunge	0,530	0,530	4,800	4,800	0,53	0,53	4,8	4,8
10:Skrubbe	0,660	0,660	4,954	4,954	0,66	0,66	4,954	4,954
11:Ulke	1,070	0,800	3,100	4,100	1,07	0,8	3,1	4,1
12:Ising	0,753	0,753	6,408	6,408	0,753	0,753	6,408	6,408
13:Ål	0,340	0,600	9,125	5,000	0,34	0,6	9,125	5
14:Andre fisk	0,639	0,800	6,780	6,780	0,639	0,8	6,78	6,78
	EE før	EE efter	GE før	GE efter	EE før	EE efter	GE før	GE efter
1:Skarv	0,000	0,000	0,004	0,004	0	0	0,004	0,004
2:Sæl	0,000	0,000	0,006	0,006	0	0	0,006	0,006
3:Sild	1,715	0,977	0,086	0,106	2,691	2,216	0,086	0,106
4:Hvilling	2,272	0,351	0,018	0,115	3,553	0,659	0,018	0,115
5:Sort kutling	81,791	42,336	0,146	0,146	10,4	6,039	0,146	0,146
6:Brisling	2,913	1,746	0,072	0,110	9,3	8,14	0,072	0,11
7:Rødspætte	12,315	11,808	0,163	0,163	6,417	6,4	0,163	0,163
8:Ålekvabbe	6,720	4,952	0,293	0,293	169	94,536	0,293	0,293
9:Tunge	1233,459	1233,459	0,110	0,110	44,36	44,36	0,11	0,11
10:Skrubbe	120,056	120,067	0,133	0,133	116,2	116,203	0,133	0,133
11:Ulke	71,163	95,180	0,345	0,195	253,1	338,574	0,345	0,195
12:Ising	602,654	602,654	0,118	0,118	239,4	239,431	0,118	0,118
13:Ål	0,950	0,950	0,037	0,120	0,95	0,95	0,037	0,12
14:Andre fisk	22,487	11,184	0,094	0,118	155,1	55,674	0,094	0,118

### Trin 3; fødevalg

Ved at kigge på prædationsdødelighed, kan man vurdere om eventuelle høje EE-værdier skyldes et højt prædationstryk fra enkelte grupper. Tabel 4.5 viser, hvor stor en dødelighed de enkelte arter/grupper står for. Det skal bemærkes, at tabellen ikke er identisk med den tidligere viste tabel 4.2, da trin 1 og 2 i balanceringen har påvirket tabel 4.5.

For at formindske skarvens og sælens prædations tryk på fiskebestandene, har jeg valgt at skarven finder 50% og 60% af sin føde i henholdsvis Nissum Bredning og de centrale

bredninger, og de resterende 50% og 40% kommer fra andre områder. Grunden til denne antagelse er, at skarven som tidligere nævnt har en fourageringsradius på 50km, hvorved den har gode muligheder for at finde føde i for eksempel Nordsøen. Denne ændring vil nedsætte prædationstrykket på fiskebestandene med 50% og 40%. Nogle arter/grupper vil endvidere få nedsat prædationstrykket fra ål, da ålens biomasse bliver udregnet ud fra en EE-værdi på 0,95, og skarven har et stort prædationstryk på ålen. Ved at halvere

Nissum Bredning						
	Prædations mortalitet, før		Prædations mortalitet, efter		EE	EE
	1:Skarv	2:Sæl	1:Skarv	2:Sæl	Før	Efter
1:Skarv	-	-	-	-	0	0
2:Sæl	-	-	-	-	0	0
3:Sild	0,004	0,005	0,002	0,002	0,977	0,973
4:Hvilling	-	0,003	-	0,002	0,351	0,349
5:Sort kutling	6,99	0,023	3,566	0,023	42,336	32,788
6:Brisling	-	-	-	-	1,746	1,746
7:Rødspætte	4,155	2,054	2,082	1,027	11,808	6,369
8:Ålekvabbe	4,675	0,313	2,345	0,156	4,952	2,481
9:Tunge	653,733	-	327,146	-	1233,459	617,257
10:Skrubbe	17,939	61,275	8,977	30,637	120,067	60,068
11:Ulk	76,144	-	37,947	-	95,18	47,434
12:Ising	229,841	223,957	114,641	111,979	602,654	300,956
13:Ål	0,57	-	0,57	-	0,95	0,95
14:Andre fisk	3,299	0,807	1,645	0,404	11,184	7,418
De Centrale Bredninger						
1:Skarv	-	-	-	-	0	0
2:Sæl	-	-	-	-	0	0
3:Sild	0,002	0,001	0,187	1,573	2,223	1,67
4:Hvilling	0,234	0,112	-	-	0,659	0,496
5:Sort kutling	1,643	0,986	0,052	1,746	6,049	4,113
6:Brisling	-	-	2,952	6,648	8,167	6,152
7:Rødspætte	0,278	0,169	-	2,523	6,419	4,755
8:Ålekvabbe	35,84	21,477	3,806	28,115	94,681	63,424
9:Tunge	4,687	2,87	27,548	14,299	44,476	32,393
10:Skrubbe	16,005	9,603	6,111	45,69	116,505	83,798
11:Ulk	135,33	81,611	92,974	101,981	339,13	229,489
12:Ising	180,292	107,732	44,274	-	239,431	143,071
13:Ål	0,345	0,314	-	0,256	0,95	0,95
14:Andre fisk	2,352	1,409	12,54	12,465	55,782	38,912

prædationstrykket fra skarven, vil der også ske en reduktion i biomassen for ålen, da det ikke er nødvendigt med en så stor biomasse for at opretholde en EE = 0,95. For sælens vedkommende vurderer jeg, at de præderer 50% og 75% inden for henholdsvis Nissum Bredning og de centrale bredninger. For sælerne i Nissum Bredning antager jeg, at de finder 50% af føden i Nordsøen. Ligeledes antager jeg, at sælerne i de centrale bredninger finder 25% af føden i blandt andet de Sydlige Bredninger og Langerak.

## Trin 4, forøgning af biomasse

Til trods for ovenstående forsøg på at balancere modellen, er det for Nissum Bredning kun silden og hvillingen der har opnået en EE-værdi  $< 1$ , og for de Centrale Bredning er det kun hvillingen. I det sidste trin af balanceringen vil jeg udnytte, at Ecopath kun skal bruge tre ud af de fire parametre (P/B, Q/B, B og EE). For alle arterne har jeg valgt at fjerne biomassen, og bruge en EE-værdi på 0,95. Derved vil Ecopath udregne hvor stor en biomasse, der skal til for at understøtte de to områder. For at vise hvor store ændringer i biomasse denne proces medfører, vil jeg udregne forholdet mellem biomasse før og efter denne ændring (tabel 4.6).

Tabel 4.6: Estimering af de fornødne biomasser for at balancere systemet, ud fra en fastsat EE-værdi på 0,95. Forholdet mellem biomasse før og efter er vist.						
Nissum Bredning				De Centrale Bredninger		
	Biomasse før	Biomasse efter	Biomasse Efter/før	Biomasse Før	Biomasse efter	Biomasse Efter/før
Sild	0,2680	4,7130	17,5858	0,7640	1,3350	1,7474
Hvilling	0,3840	0,0014	0,0036	0,0184	0,0046	0,2484
Sort kutling	0,0056	0,1460	26,0714	0,2400	1,1400	4,7500
Brisling	0,0772	2,0340	26,3472	0,0504	0,3220	6,3889
Rødspætte	0,0964	0,5920	6,1411	0,1290	0,6860	5,3178
Ålekvabbe	0,0690	0,1800	2,6087	0,0114	0,7610	66,7544
Tunge	0,0004	0,2320	649,8599	0,0018	0,0614	34,1111
Skrubbe	0,0136	0,8900	65,4412	0,0071	0,6660	93,8028
Ulk	0,0040	0,2000	50,0000	0,0010	0,2420	242,0000
Ising	0,0007	0,2260	316,5266	0,0007	0,1050	150,0000
Ål	0,0526	0,0526	1,0000	0,1920	0,4840	2,5208
Andre fisk	0,0692	6,2700	90,6069	0,0374	2,1380	57,1658

Som det tydeligt ses i kolonnen "Biomasse efter/før", er der tale om væsentlige ændringer i biomassen, der skal foretages, for at kunne balancere modellen.

## Diskussion

### Modelresultater

Hvis man ser nærmere på de resultater der er i trin 3 af modelleringen, er det bemærkelsesværdigt at EE-værdierne, til trods for de tiltag der er blevet foretaget er ekstremt høje, sammenlignet med andre modeller i litteraturen (Christensen, 1995; Dommasnes *et al.*, 2001; Harvey *et al.*, 2003; Jarre-Teichmann *et al.*, 1998; Mendy & Buchary, 2001; Standford & Pitcher, 2006; Zeller & Reinert, 2004). Den højeste EE-værdi før balancering i denne opgave var 6152 for ålekvabber i de centrale bredninger. For at sætte denne værdi i perspektiv, kan det nævnes at Jarre-Teichmann *et al.* (1998) har den højeste EE-værdi til at være 5,1. Dette bliver beskrevet som værende en alvorlig ubalance i systemet.

Det skal bemærkes at en manuel balancering af Ecopath er en subjektiv proces, som muligvis vil blive udført forskelligt, alt efter hvilken anskuelse modellen bliver balanceret efter. Til trods for at modellen kan balanceres på forskellige måder, er det min overbevisning, at de to modeller for henholdsvis Nissum Bredning og de centrale bredninger lider under datamangel på flere områder. Det værende sig fouragerings områder

for henholdsvis skarv og sæl, et forsøgsfiskeri, der ikke afspejler de faktiske forhold i Limfjorden, og manglende fødevalgsanalyser for de forskellige fiskearter i Limfjorden. De to områder som jeg ser som værende mest kritiske for disse modeller er fourageringsområder for topprædatorerne, og de upræcise biomasseestimer for fiskebestanden. De to nedenstående afsnit omhandler topprædatorerne og fiskebestandene. Fødevalgsanalyser for de forskellige fiskearter spiller en begrænset rolle i de to modeller jeg her har lavet, da de fleste af fiskene præderer på et lavere trofisk niveau, end de her modellerede arter/grupper. Men hvis en fremtidig model af hele Limfjordens økosystem skal laves, vil det være ønskværdigt med fødevalgsanalyser for alle arterne, eller som minimum for de mest dominerende arter.

## **Topprædatorer**

Skarven og sælen har været midtpunkt i en massiv offentlig debat, hvori det påstås, at deres prædation på fiskebestandene er medvirkende til de kraftigt formindskede fiskebestande (Hoffmann, 2001). Denne rapport har haft til formål at beskrive skarvens og sælens indvirkning på fiskebestandene, men som før skrevet, har de tilgængelige oplysninger fra Limfjorden ikke været fyldestgørende i en sådan grad, at den fremkomne model har kunne danne baggrund for en vurdering af de to topprædatorers indvirkning på fiskebestandene. Derimod har modellen belyst de mangler i data der er omkring Limfjorden.

## **Skarven**

Hvor det for fiskenes vedkommende har være svært at lave gode biomasseestimer, har der for skarvens vedkommende ikke været problemer angående biomasse estimer. Dette skyldes at man fortager redeoptællinger i skarvkolonierne, og derudfra kan udregne hvor stor en biomasse, der er til stede over året. Dog er de omregningsfaktorer, hvorved den samlede skarvbiomasse er udregnet, afhængige af koloniens alder og lokalitet (pers. kom. Thomas Bregnballe), men ikke desto mindre vil jeg betragte udregningerne som værende nogle af de mest sikre biomasseestimer for Limfjorden. Skarvens fødevalg er godt beskrevet i Hald-Mortensen (1995), og om end der kunne ønskes en fødevalgsanalyse fra det år som modelleringen forgår i. Derfor vil jeg betegne fødevalgsanalysen som værende bygget på et solidt datasæt, hvorved den også kan antages at være repræsentativ. Der hvor problemet med skarvens fødevalg opstår, er den manglende viden om skarvens fourageringsområder. Hvis vi ser nærmere på kolonierne ved Nissum Bredning, kan de beskrives som værende lige så tæt på Nordsøen som på Nissum Bredning. Derved har skarven to habitater, som er inden for ca. samme flyveafstand. Da der ikke er lavet undersøgelser angående skarvens valg af fødesøgningssområde, er det vanskelige at vurdere hvor meget skarven præderer i de respektive områder. Jeg har i denne opgave vurderet at skarven præderer lige meget i begge områder. Det samme gør sig i en mindre udstrækning gældende for kolonierne omkring de centrale bredninger, hvor skarven også har blandt andet Nordsøen inden for deres fouragerings radius. De høje prædationsmortaliteter som skarven har på primært fladfisk, kan indikere, at de præderer på fladfisk i andre områder end de her modellerede områder, eller at biomassen af blandt andet fladfiskene er voldsomt underestimeret. Endvidere kan skarvens Q/B-værdi være overestimeret, da der i andre områder er rapporteret lavere værdier, for eksempel på Hirsholmene, hvor skarvens daglige fødeindtag er udregnet til 245,7g/døgn, med et maksimum i juli med 443g/døgn og et minimum på 86g/døgn under et iltsvind i august (Hald-Mortensen, 2005)

Det er ud fra denne model ikke muligt at vurdere om skarven har en indflydelse på fiskebestanden, da jeg ikke antager at modellen giver et sandfærdigt billede af Limfjorden, men derimod et billede af vores viden om Limfjorden pt. Skarvens historie i Limfjorden går ikke langt tilbage, og den første koloni blev etableret ved Rønland Sandø i 1990, hvorefter at kolonien ved Melsig blev etableret i 1991 og kolonien ved Rotholmen blev etableret i 1995 (Hald-Mortensen, 1995a). Hvis vi sammenholder det med fiskebestandene, så var fiskebestandene i 1990 stærkt reduceret i forhold til før 1980. Derfor mener jeg ikke, at skarven er skyld i, at fiskene er forsvundet. Men der er heller ikke grundlag for at sige, at skarven ikke har en regulerende effekt på fiskebestanden i Limfjorden.

## **Sælen**

Sælens biomasseestimer kan ligeledes betegnes som værende relativt pålidelige, om end at der er en del faktorer som kan vanskeliggøre estimerne af sæler i Limfjorden. Dette skyldes at sælen, som før nævnt, bliver registreret ved flytællinger. Denne tælling repræsenterer kun de sæler der er på land, og man forventer at det er omkring 50%. Det er denne vurdering, som giver mulighed for usikkerhed i estimatet af sæler i Limfjorden, da denne fraktion er afhængig af det aktuelle vejr, vejret gennem længere tid og evt. forstyrrelser. Hvis det for eksempel er første dag med godt vejr gennem længere tid, antages det, at flere sæler end 50% er på land. Ligeledes kan lang tid med godt vejr medføre, at der er mindre end 50% sæler på land. Endvidere vil forstyrrelser medføre at sælerne søger beskyttelse i vandet, og der vil derfor også være under 50% på land (Hoffmann *et al.*, 2003; Schneider & Payne, 1983). Det næste usikkerhedsmoment angående sælens biomasse er populationsstrukturen, altså forholdet mellem unger og voksne. Til trods for usikkerhederne omkring biomassen af sæler, vil jeg vurdere at sælens biomasse i Limfjorden er et relativt sikkert estimeret i forhold til resten af modellen. Sælens fødevalg for Nissum Bredning vil jeg tillade mig at være skeptisk overfor. Undersøgelsen er fra 1997, hvorved den er af noget nyere dato end skarvens fødevalgsanalyse, men den består af 16 indsamlede fækalier, fordelt på 2 prøvetagninger (Hoffmann *et al.*, 2003). Dette medfører at en eventuel årstidsvariationen i sælens fødevalg, ikke vil blive synliggjort. At sælernes føde består af 66% skrubber, kan være et udslag af manglende årstidsvariation i undersøgelsen. Hvis det er tilfældet, kan det være en forklarende faktor for den meget høje prædationsdødelighed som sælen påfører skrubberne. Sælernes fødevalg i de centrale bredninger er derimod udført med en langt større indsamling, hvor der er taget 90 prøver fordelt over 10 måneder (Hoffmann *et al.*, 2003), og det er værd at bemærke at fødesammensætningen er langt mere varieret i de centrale bredninger.

Jeg vil ikke her kunne konkludere om sælen har en indvirkning på fiskebestanden i Limfjorden, da datagrundlaget som beskrevet for skarven, ikke danner baggrund for en model, som kan afspejle Limfjorden som økosystem.

## **Fiskene**

I de to modeller der her er præsenteret, et det af yderste vigtighed med gode estimer af fiskearternes biomasser. Hvis disse estimer ikke er gode, vil det ikke være muligt at vurdere top prædatorens indvirkning på fiskebestandene.

De data der er fremkommet fra DFU' forsøgsfiskeri kan ikke betegnes som værende repræsentative for den årlige fiskebestand i Limfjorden. Et af de store problemer med indsamlingen af data fra DFU' forsøgsfiskeri er, at der ikke tages højde for hverken fangsteffektivitet eller sæsonmæssig variation. Jeg vil i de næste afsnit komme nærmere ind på de emner. For yngeltrawlfiskeriet i Limfjorden er det de samme problemer, som er tilstede, om end der her er udviklet fangsteffektivitet for yngeltrawlet på pighvar (Sparrevohn *et al.*, 2002).

## Sæsonvariation

Mange af de fiskearter som forekommer i større mængder i Limfjorden er sæsonfisk, hvilket vil sige at de ikke er til stede over hele året. Hvis man ser nærmere på, hvilke arter der er sæsonfisk, så er det arter som Nordsø-silden, rødspætten, ising, hvilling, hornfisk (*Belone belone* L) og ålen. De stationære fisk er arter som brisling, 3-pigget hundestejle, skrubbe, ålekvalbe og kutlinger (Hoffmann, 2005). Dog er det for en fisk som silden vigtigt at skelne mellem sildestammer, der er hjemmehørende i Limfjorden, og de sild der trækker ind i Limfjorden for at gyde. Den første gruppe har været udnyttet kraftigt af erhvervsfiskeriet i Limfjorden, hvorved den i dag er nede på et lavt bestandsniveau (Wohlfart, 1994). De stammer af sild der kommer ind for at gyde i Limfjorden er repræsenteret ved en stor biomasse over et begrænset tidsrum. Den største migration for at gyde i Limfjorden forgår i løbet af foråret, og derfor vil dette input af biomasse ikke blive registreret af DFU' forsøgsfiskeri som forgår i august/september. Et andet godt eksempel på den usikkerhed, der er forbundet med kun at fortage et forsøgsfiskeri per år, er hornfisken. I Fiskeristatistisk Årsbog (2002) ses det, at der blev fanget 200kg hornfisk i 2001 i Limfjorden. Men til trods for denne fangst i erhvervsmæssigt øjemed, er hornfisken ikke registreret i forsøgsfiskeriet. Det samme gør sig gældende for ørreder (*Salmo trutta* L), som lystfiskerne fanger i Limfjorden. At nogle arter ikke er medtaget i modellen, vil bevirke at modellen bliver sværere at balancere, da de pågældende arter ikke bidrager til en samlet biomasse i Limfjorden.

## Selektivitet

Der er flere typer af TV3-trawl som bliver brugt i DFU regi, hvor forsøgsfiskeriet i Limfjorden forgår med et TV3-520#-trawl, som har en maskestørrelse på 80mm. Endvidere har trawlet en munding på ca. 2 meters højde, hvilket er relativt højt for et demersalt trawl, og giver en god fangsteffektivitet for pelagiske arter (Eigaard *et al.*, 2003). Til trods for denne bedre fangsteffektivitet af de pelagiske arter, vil arter, der bevæger sig over to meter oppe i vandsøjlen, ikke blive fanget af trawlet. Yderligere, vil der med 80mm masker blive en selektion på de arter som er over 80mm i længde. Dette ses ud fra resultaterne i Eigaard *et al.* (2003), hvor 99% fraktionen omkring middelværdien af længde kun har repræsenteret brislinger under 80mm. Hvis man tænker på Limfjorden som et rekrutteringsområde for sæsonfiskene, vil mange af arterne være rigt repræsenteret som 0- og 1-grupper, og en del vil derfor ikke have nået en længde på 80mm, hvilket medfører en underestimering af de pågældende arter.

Der er i fiskebestandsanalyserne på lavt vand blevet brugt et yngeltrawl, som i modsætning til TV3-trawlet gaber 1m over bunden. Maskestørrelse i trawlet er på 10mm halvmasker i den forreste del og 5mm halvmasker i den bagerste del (Nedergaard & Sørensen, 2002).

Dette trawl giver en langt bedre fangst på de mindre fisk og er derfor et vigtigt supplement til DFU' forsøgsfiskeri med TV3 trawlet.

## Habitattyper

En sidste overvejelse, der skal gøres angående forsøgsfiskeriet i Limfjorden, er valget af stationer. Som tidligere nævnt, er ålegræsområderne i Limfjorden et vigtigt opvækstområde for fiskeyngel, og et generelt habitat for flere arter. Der kan for DFU' forsøgsfiskeri ikke forventes at være ålegræs områder på de dybder hvor der trawles, og da jeg har indregnet DFU' forsøgsfiskeri som kun værende gældende for 4m+, er der ingen problemer der. Men der er der til gengæld for yngeltrawlet. Dette skyldes at det for yngeltrawlet ikke er muligt at komme ind i ålegræsbelterne, da nettet vil blive lukket med ålegræs i løbet af kort tid. Det ses blandt andet i (Nedergaard & Sørensen, 2002), hvor nogle af trawlene blev opgivet på grund af forekomst af ålegræs. Men da mange af fiskearterne holder til i ålegræsområderne, vil de ikke blive fanget i yngeltrawlet. Dette gælder for eksempel hundestejlerne, som er at finde i stort antal i Limfjorden (pers. kommentar Jens Tang Christensen), men ikke desto mindre er svagt repræsenteret i yngeltrawlet.

## Konklusion og perspektivering

Denne opgave er lavet for at besvare følgende to spørgsmål:

- Hvilken indflydelse har skarven og sælen på fiskebestandene i de modellerede områder?
- Hvilke data er tilgængelige for Limfjorden, og hvilke data mangler?

Det første spørgsmål viste sig ikke at være muligt at besvare, ud fra de data der i dag er tilgængelige for Limfjorden. Dette leder os direkte videre til det andet spørgsmål, om hvilke data der er tilgængelige, og hvilke der mangler. Der er ifølge min vurdering to områder, hvor behovet for bedre informationer er kritisk. Dette gør sig gældende for biomassen af de forskellige fiskearter over et år. Hvor det nuværende forsøgsfiskeri giver et historisk perspektiv på fiskebestandenes udvikling, så giver det ikke et billede af den reelle fiskebestand i Limfjorden i et givent år. Som tidligere skrevet, er det på grund af en antaget kraftig fluktuation i fiskebestandene over året, sammenholdt med at TV3 trawlet ikke fanger de mindre fisk i Limfjorden og nogle habitattyper ikke bliver trawlet. Et andet problem, som også forøger usikkerheden i modellen, er manglende kendskab til toppredatorenes fourageringsområder. Det vides på nuværende tidspunkt ikke hvor meget føde skarven og sælen henter uden for Limfjorden.

For at kunne lave en fremtidig Ecopathmodel over Limfjorden, med de samme arter som i denne model, vil jeg anbefale en bedre monitoring på fiskebestandene. Det kunne for eksempel være kvartalsundersøgelser med yngeltrawl og DFU' forsøgsfiskeri. Derved ville en del af årstidsvariationen blive registreret. Endvidere vil det være nødvendigt at kende fangsteffektiviteten for de involverede redskaber. Da TV3 trawlet er et standard trawl i forsøgsfiskeri udført af DFU (Eigaard *et al.*, 2003), ville man også kunne drage nytte af denne viden i andre undersøgelser. Derudover burde der laves undersøgelser i ålegræsbelterne, da hverken TV3 eller yngeltrawlet kommer ind i de områder, som flere

fiskearter er tilknyttet. For sælen kunne det være en hjælp at monitere deres bevægelsesområde. Dette kunne gøres som i Lesage *et al.* (2004), hvor sæler blev udstyret med henholdsvis radio- eller satellitsendere, hvorved bevægelsesmønstrene kan monitoreres. Det vil give mulighed for at vurdere, hvor lang tid sælen bruger i de forskellige områder, og bruge det som indikator for fødesøgningsområde. For skarven kunne en ind- og udflyvnings monitorering, som i Hald-Mortensen (1995), bruges som indikator for deres fourageringsområder. En sådan monitorering skal forgå over en sæson, for at kunne vurdere hvor meget føde toppredatorene finder i og uden for Limfjorden.

For en fremtidig model af Limfjorden, der beskriver Limfjordens økosystem fra primærproduktion til toppredator, kunne det være en idé at lave fødevalgsanalyser på de forskellige fiskearter i Limfjorden. Dette kunne kombineres med et udvidet forsøgsfiskeri, hvor der kunne tages fisk fra til maveanalyser.

## Referencer

- Allen, K.R., 1971. Relation Between Production and Biomass. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 28 (10): 1573-1581.
- Amara, R., Laffargue, P., Dewarumez, J.M., Maryniak, C., Lagardere, F., and Luczac, C., 2001. Feeding ecology and growth of O-group flatfish (sole, dab and plaice) on a nursery ground (Southern Bight of the North Sea). *Journal of Fish Biology*, 58 (3): 788-803.
- Andersen, B.S., Carli, J.D., Gronkjaer, P., and Stottrup, J.G., 2005. Feeding ecology and growth of age 0 year *Platichthys flesus* (L.) in a vegetated and a bare sand habitat in a nutrient rich fjord. *Journal of Fish Biology*, 66 (2): 531-552.
- Anon, 1987, Report of the Ad-Hoc Multispecies Assessment Working Group ICES CM 1987/Assess: 9.
- Arrhenius, F. and Hansson, S., 1993. Food-Consumption of Larval, Young and Adult Herring and Sprat in the Baltic Sea. *Marine Ecology-Progress Series*, 96 (2): 125-137.
- Basimi, R.A. and Grove, D.J., 1985. Estimates of Daily Food-Intake by An Inshore Population of *Pleuronectes platessa* l Off Eastern Anglesey, North Wales. *Journal of Fish Biology*, 27 (4): 505-520.
- Berg, I., Haug, T., and Nilssen, K.T., 2002. Harbour seal (*Phoca vitulina*) diet in Vesterålen, north Norway. *Sarsia*, 87 451-461.
- Beverton, R.J.H., Hysten, A., Østvedt, O., Alvsvaag, J., and Iles, T.C., 2005. Growth, maturation, and longevity of maturation cohorts of Norwegian spring-spawning herring. *Ices Journal of Marine Science*, 61 165-175.
- Beyst, B., Cattrijsse, A., and Mees, J., 1999. Feeding ecology of juvenile flatfishes of the surf zone of a sandy beach. *Journal of Fish Biology*, 55 (6): 1171-1186.
- Bigg, M.A. The harbour seal in British Columbia. *Fisheries Research Board of Canada* 172, 1-33. 1969.
- Bildsøe, M. and Jensen, I. B., 1996, Skarverse fouragering i bundgarn 1: en eksperimental undersøgelse af spærrenets effekt på predationsadfærd. Skov- og Naturstyrelsen.
- Bildsøe, M. and Jensen, I. B., 1997, Skarverse fouragering i bundgarn 2: prædationens omfang og effekten af spærrenet. Skov- og Naturstyrelsen.
- Bjorge, A., Bekkby, T., Bakkestuen, V., and Framstad, E., 2002. Interactions between harbour seals, *Phoca vitulina*, and fisheries in complex coastal waters explored by combined Geographic Information System (GIS) and energetics modelling. *Ices Journal of Marine Science*, 59 (1): 29-42.
- Blaxter, J.H.S. and Holliday, F.G.T., 1963. The behaviour and physiology of herring and other clupeoids. *Advances in Marine Biology*, 1 261-393.
- Bøgebjerg, E., 1986. Spættet sæl (*Phoca vitulina*) i Danmark 1976-1984. 42. Dansk Vildtundersøgelser.
- Bregnballe, T. and Eskildsen, J., 2002, Menneskelige indgreb i danske skarvkolonier 1994-2001. Naturovervågning. Danmarks Miljøundersøgelser, Miljøministeriet 162.
- Bregnballe, T. and Gregersen, J., 1995. Udviklingen af ynglebestanden af Skarv *Phalacrocorax carbo sinensis* i Danmark 1938-1994. *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift*, 3 119-134.
- Cabral, H.N., 2000. Comparative feeding ecology of sympatric *Solea solea* and *S. senegalensis*, within the nursery areas of the Tagus estuary, Portugal. *Journal of Fish Biology*, 57 (6): 1550-1562.

Casini, M., Cardinale, M., and Arrhenius, F., 2004. Feeding preferences of herring (*Clupea harengus*) and sprat (*Sprattus sprattus*) in the southern Baltic Sea. *Ices Journal of Marine Science*, 61 1267-1277.

Christensen, V., 1995. A model of trophic interactions in the North Sea in 1981, the year of the stomach. *DANA*, 11 (1): 1-19.

Christensen, V. and Walters, C.J., 2004. Ecopath with Ecosim: methods, capabilities and limitations. *Ecological Modelling*, 172 (2-4): 109-139.

Christensen, V., Walters, C.J., and Pauly, D. *Ecopath with Ecosim: a User's Guide*. Fisheries Centre Research Reports . 2004.  
Ref Type: In Press

Cramp, S., Simmons, K.E.L., Ferguson-Lees, I.J., Gillmor, R., Hollom, P.A.D., Hudson, R., Nicholson, E.M., Ogilvie, M.A., Olney, P.J.S., Voous, K.H., and Wattle, J., 1977. *Handbook of the Birds of Europa the Middle East and North Africa. Volume 1 - Ostrich to Ducks*. Oxford University Press.

Daan, N., 1973, A quantitative analysis of the food intake of North Sea cod, *Gadus morhua*. *Netherlands Journal of Sea Research* 6, 479-517.

De Vlas, J., 1979. Annual food intake by plaice and flounder in a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea, with special reference to consumption of regenerating parts of macrobenthic prey. *Netherlands Journal of Sea Research*, 13 (1): 117-153.

Dommasnes, A., Christensen, V., Ellertsen, B., Kvamme, C., Melle, W., Nøttestad, L., Pedersen, T., Tjelmeland, S., and Zeller, D., 2001, An ecopath model for the Norwegian Sea and Barents Sea Fisheries Centre 9 (4).

Dommasnes, A., Melle, W., Dalpadado, P., and Ellertsen, B., 2004. Herring as a major consumer in the Norwegian Sea. *Ices Journal of Marine Science*, 61 739-751.

Doornbos, G. and Twisk, F., 1984. Density, Growth and Annual Food-Consumption of Plaice (*Pleuronectes platessa* L) and Flounder (*Platichthys flesus* (L)) in Lake Grevelingen, the Netherlands. *Netherlands Journal of Sea Research*, 18 (3-4): 434-456.

Doornbos, G. and Twisk, F., 1987. Density, Growth and Annual Food-Consumption of Gobiid Fish in the Saline Lake Grevelingen, the Netherlands. *Netherlands Journal of Sea Research*, 21 (1): 45-74.

Eigaard, O. R., Hoffmann, E., Hovgaard, H., Poulsen, S., and Støttrup, J., 2003, DFU's standardtrawl: Konstruktion og sammenlignende fiskeri. *Danmarks Fiskeriundersøgelser* 126-03.

Eskildsen, J., 2001, Skarven 2001. *Danmarks Miljøundersøgelser, Miljø- og Energiministeriet* 154.

Fiskeridirektoratet, 2002. *Fiskeristatistisk Årsbog 2001*. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Flintegård, H., Frier, J., and Hoffmann, E., 1982, *Fiskeribiologiske undersøgelser i Limfjorden 1980-81*. *Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser* 169.

Friis, L.W., Jensen, A.H., Molzen, J., and Rebsdorf, M., 1994. Spættet sæls fødevalg i Limfjordens centrale bredninger. *Flora og Fauna*, 100 (2): 57-62.

Gutt, J., 1985. The growth of juvenile flounders (*Platichthys flesus* L.) at salinities 0, 5, 15, and 35‰. *J. Appl. Ichthyol*, 1 17-26.

Hald-Mortensen, P., 1995, *Danske skarvers fødevalg 1992-1994*. Miljø- og Energiministeriet, Skov- og Naturstyrelsen.

- Hald-Mortensen, P., 2005, Skarvernes fødevalg ved Hirsholmene i årene 2001-2003. Skov- og Naturstyrelsen.
- Hansen,K., 1980. Skarven. SKARV Nature Publications, Holte, Denmark.
- Hansen,K.M., 1996. Kampen om Limfjorden. Limfjordsmuseet.
- Härkönen,T., Dietz,R., Reijnders,P., Teilmann,J., Harding,K., Hall,A., Brasseur,S., Siebert,U., Goodman,S.J., Jepson,P.D., Rasmussen,T.D., and Thompson,P., 2006. The 1988 and 2002 phocine distemper virus epidemics in European harbour seals. *Diseases of Aquatic Organisms*, 68 (2): 115-130.
- Härkönen,T., Harding,K.C., and Lunneryd,S.G., 1999. Age- and sex-specific behaviour in harbour seals *Phoca vitulina* leads to biased estimates of vital population parameters. *Journal of Applied Ecology*, 36 (5): 825-841.
- Härkönen, T. and Heide-Jørgensen, M.P., 1991. The harbour seal *Phoca vitulina* as a predator in the Skagerak. *Ophelia* 34(3), 191-207.  
Ref Type: Journal (Full)
- Harrison,P., 1983. Seabirds. A.H. & A.W. REED LTD.
- Harvey,C.J., Cox,S.P., Essington,T.E., Hansson,S., and Kitchell,J.F., 2003. An ecosystem model of food web and fisheries interactions in the Baltic Sea. *Ices Journal of Marine Science*, 60 939-950.
- Hislop,J.R.G., Robb,A.P., Bell,M.A., and Armstrong,D.W., 1991. The Diet and Food-Consumption of Whiting (*Merlangius-Merlangus*) in the North-Sea. *Ices Journal of Marine Science*, 48 (2): 139-156.
- Hoffmann, E., 2000, Fisk og fiskebestanden i Limfjorden 1984-1999. Danmarks Fiskeriundersøgelser 75-00.
- Hoffmann,E., 2001. Limfjorden - Fiskene der forsvandt. *Fisk og Hav*, (53): 40-51.
- Hoffmann, E., 2005, Fisk, fiskeri og epifauna: Limfjorden 1984-2004. Danmarks Fiskeriundersøgelser 147-05.
- Hoffmann, E., Lockyer, C., Larsen, F., Jepsen, P. U., Bregnballe, T., Teilmann, J., Scheel-Bech, L. J., Kongsted, E. S., and Thøgersen, H., 2003, Udvalget om miljøpåvirkninger og fiskeriressourcer - Delrapport vedr. toppædatorer. Danmarks Fiskeriundersøgelser 113-02.
- Jarre-Teichmann,A., Shannon,L.J., Moloney,C.L., and Wickens,P.A., 1998. Comparing trophic flows in the southern Benguela to those in other upwelling ecosystems. *South African Journal of Marine Science-Suid-Afrikaanse Tydskrif Vir Seewetenskap*, 19 391-414.
- Jensen,T., 1989. Den spættede sæl. *Kaskalot - Biologforbundet*.
- Jones,R., 1974. Rate of Elimination of Food from Stomachs of Haddock *Melanogrammus-Aeglefinus*, Cod *Gadus-Morhua* and Whiting *Merlangius-Merlangus*. *Journal du Conseil*, 35 (3): 225-243.
- Kørvel,H., 1985. Sælfred, og hvad så? *Dansk Jagt*, (5): 12-14.
- Krog,C., 1993. Fiskeri og havmiljø. G.E.C. Gads Forlag.
- Laursen, K., 2001, Overvågning af fugle, sæler og planter 1999-2000, med resultater fra feltstationerne Danmarks Miljøundersøgelser, Miljø- og Energiministeriet 350.
- Lesage,W., Harnmill,M.O., and Kovacs,K.M., 2004. Long-distance movements of harbour seals (*Phoca vitulina*) from a seasonally ice-covered area, the St. Lawrence River estuary, Canada 1. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne de Zoologie*, 82 (7): 1070-1081.
- Luksenburg,J.A. and Pedersen,T., 2002. Sexual and geographical variation in life history parameters of the shorthorn sculpin. *Journal of Fish Biology*, 61 (6): 1453-1464.

- Ma, Y., Kjesbu, O.S., and Jørgensen, T., 1997. Effects of ration on the maturation and fecundity in captive Atlantic herring (*Clupea harengus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55 900-908.
- Mendy, A. N. and Buchary, E. A., 2001, Constructing an icelandic marine ecosystem model for 1997 using a mass-balance modelling approach. *Fisheries Centre*(4).
- Molinero, A. and Flos, R., 1991. Influence of Sex and Age on the Feeding-Habits of the Common Sole *Solea Solea*. *Marine Biology*, 111 (3): 493-501.
- Möllmann, C. and Köster, F.W., 1999. Food consumption by clupeids in the Central Baltic: evidence for top-down control? *Ices Journal of Marine Science*, 56 110-113.
- Moore, J.W. and Moore, I.A., 1976. Basis of Food Selection in Flounders, *Platichthys Flesus*-(L), in Severn Estuary. *Journal of Fish Biology*, 9 (2): 139-156.
- Mortensen, F.V. and Strubberg, A.C., 1935. *Dansk Saltvandsfiskeri*. Ministeriet for Søfart og Fiskeri.
- Mouritsen, L. T., Bråten, S., Hoffmann, E., and Richardson, K., 2005, *Fisk i Limfjorden - en saga blot?* Danmarks Miljøundersøgelser 551.
- Muus, B.J., Nielsen, J.G., Dahlstrøm, P., and Nyström, B.O., 1998. *Havfisk og Fiskeri*. Gads Forlag.
- Nedergaard, M. and Sørensen, N., 2002. *Fiskeriundersøgelser med yngeltrawl på lavt vand i den vestlige Limfjord, 2001*. Limfjordsovervågningen for Nordjylland, Viborg og Ringkøbing Amt.
- Nielsen, E., Stottrup, J.G., Hellmann, J., and MacKenzie, B.R., 2004. The spawning of plaice *Pleuronectes platessa* in the Kattegat. *Journal of Sea Research*, 51 (3-4): 219-228.
- Nørrevang, A. and Lundø, J., 1979a. *Danmarks Natur - Havet*. 3. Politikens Forlag A/S og Gads natur forum.
- Nørrevang, A. and Lundø, J., 1979b. *Danmarks Natur - Kyst, klit og marsk*. 4. Politikens Forlag A/S og Gads natur forum.
- Palomares, M.L.D. and Pauly, D., 1998. Predicting food consumption of fish populations as functions of mortality, food type, morphometrics, temperature and salinity. *Marine and Freshwater Research*, 49 (5): 447-453.
- Pavshits, E.A. and Timokhina, A.F., 1972. History of investigations on plankton in the Norwegian Sea and the main results of Soviet investigations. *Proceedings of the Royal Society of Edingburgh*, 73 267-278.
- Pedersen, A., 1964. *Den spættede sæl*. *Vor viden*, 1964 244-251.
- Pedersen, J., 1996, *Sild og Brisling i Limfjorden*. Danmarks Fiskeriundersøgelser 16-96.
- Pedersen, J., 1999. Diet comparison between pelagic and demersal whiting in the North Sea 1. *Journal of Fish Biology*, 55 (5): 1096-1113.
- Pedersen, J., 2000. Food consumption and daily feeding periodicity: comparison between pelagic and demersal whiting in the North Sea. *Journal of Fish Biology*, 57 (2): 402-416.
- Poxton, M.G., Eleftheriou, A., and McIntyre, A.D., 1983. The Food and Growth of 0-Group Flatfish on Nursery Grounds in the Clyde Sea Area. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 17 (3): 319-337.
- Riisgaard, H.U. and Moeslund, O., 2004. *Gopler i Limfjorden*. *Vand & jord*, 2 48-51.
- Rindorf, A., 2003. Diel feeding pattern of whiting in the North Sea. *Marine Ecology-Progress Series*, 249 265-276.

- Schneider,D.C. and Payne,P.M., 1983. Factors Affecting Haul-Out of Harbor Seals at A Site in Southeastern Massachusetts. *Journal of Mammalogy*, 64 (3): 518-520.
- Schulze,T., Kahl,U., Radke,R.J., and Benndorf,J., 2004. Consumption, abundance and habitat use of *Anguilla anguilla* in a mesotrophic reservoir. *Journal of Fish Biology*, 65 (6): 1543-1562.
- Shmueli,M., Arad,Z., Katzir,G., and Izhaki,I., 2003. Developmental rates and morphometrics of the sympatric pygmy cormorant (*Phalacrocorax pygmeus*) and great cormorant (*P-carbo sinensis*). *Israel Journal of Zoology*, 49 (2-3): 159-173.
- Sparrevojn,C.R., Nielsen,A., and Stottrup,J.G., 2002. Diffusion of fish from a single release point 1. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59 (5): 844-853.
- Standford, R. and Pitcher, T. J., 2006, *Ecosystem Simulations of the English Channel: Climate and Trade-Offs* Fisheries Centre 12(3).
- Stone,R., 2003. Ecology - Freshwater eels are slip-sliding away. *Science*, 302 (5643): 221-222.
- Støttrup, J. G., Dolmer, P., and Hoffmann, E., 2002, Rapport før Mini Symposiet: Variationer i tid og rum af hydrografi, flora og fauna i Limfjorden. Danmarks Fiskeriundersøgelser.
- Turkmen,M., 2003. Investigation of some population parameters of common sole, *Solea solea* (L., 1758) from Iskenderun Bay. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 27 (2): 317-323.
- Vaas,K.F., Vlasblom,A.G., and De Koeijer,P., 1975. Studies on the black goby (*Gobius niger*, *gobiidae*, *pisces*) in the Veerse Meer, SW Netherlands. *Netherlands Journal of Sea Research*, 9 (1): 56-68.
- Vollestad,L.A. and Jonsson,B., 1988. A 13-Year Study of the Population-Dynamics and Growth of the European Eel *Anguilla-Anguilla* in A Norwegian River - Evidence for Density-Dependent Mortality, and Development of A Model for Predicting Yield. *Journal of Animal Ecology*, 57 (3): 983-997.
- Wohlfart,P., 1994. Limfjorden. In: Holm,P. (Editor), *Fiskere og Farvande - tværsnit af moderne dansk fiskeri*. Fiskeri- og søfartsmuseets studiereserie, nr. 4. Fiskeri- og søfartsmuseets, Esbjerg pp. 341-384.
- Wyche,C.J. and Shackley,S.E., 1986. The Feeding Ecology of *Pleuronectes-Platessa* L, *Limanda-Limanda* (L) and *Scophthalmus-Rhombus* (L) in Carmarthen Bay, South-Wales, Uk. *Journal of Fish Biology*, 29 (3): 303-311.
- Zeller,D. and Reinert,J., 2004. Modelling spatial closures and fishing effort restrictions in the Faroe Islands marine ecosystem. *Ecological Modelling*, 172 403-420.

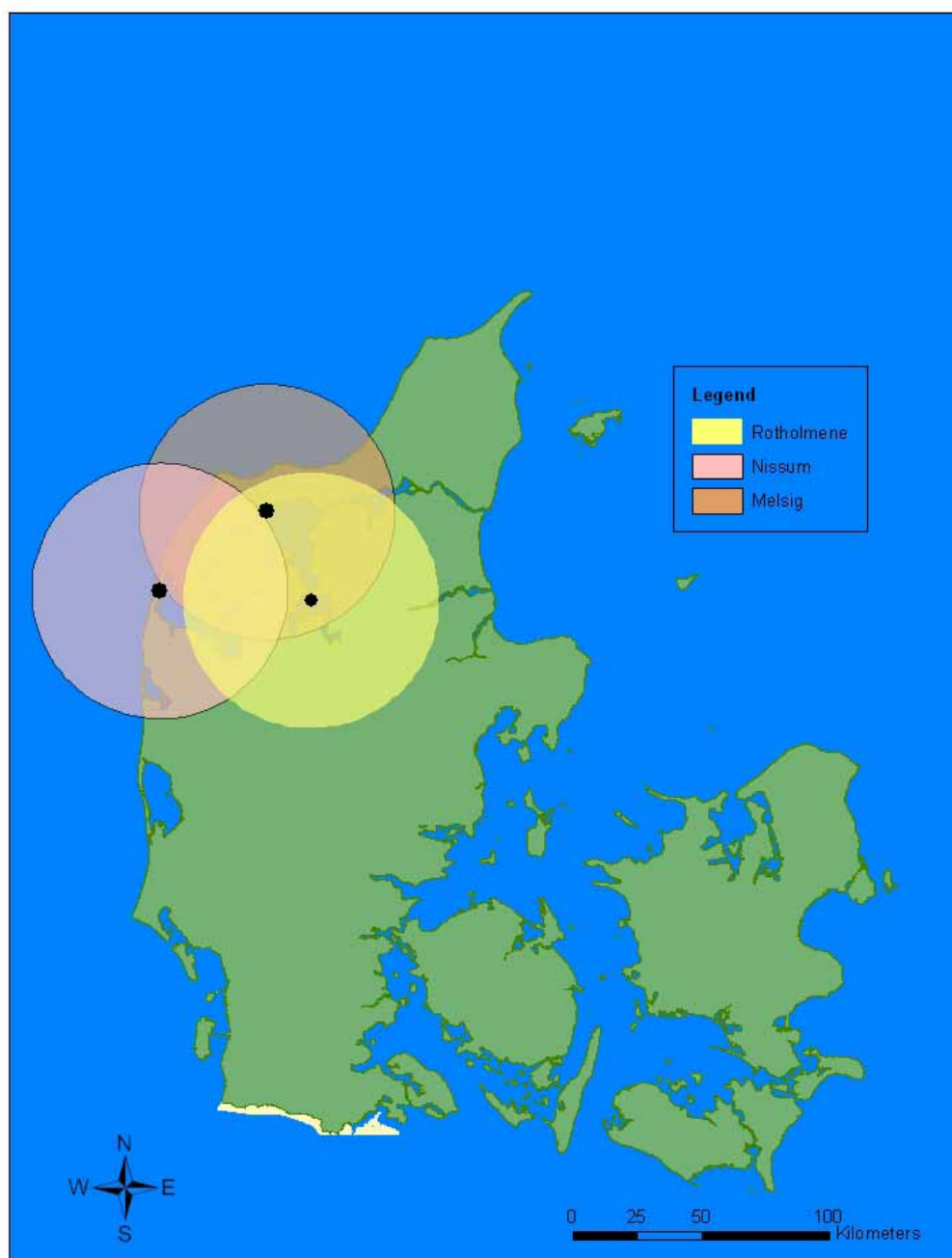
## Bilag

### *Bilag 1: Kort over Limfjorden*



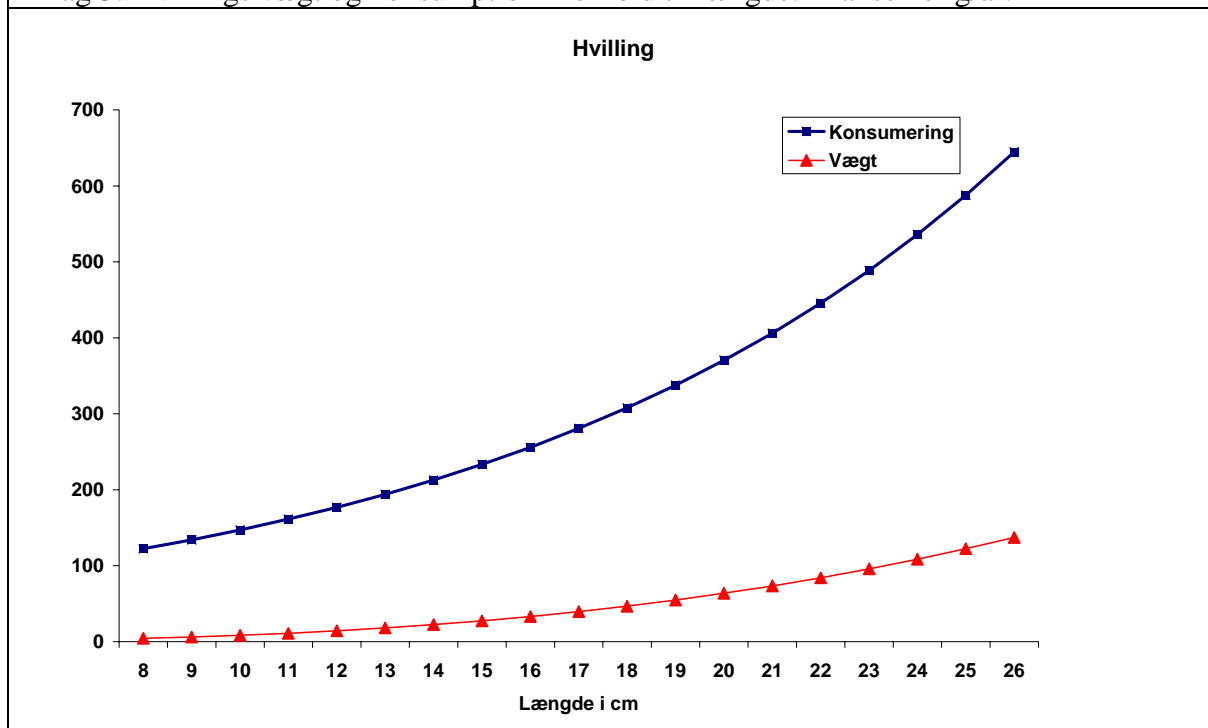
## ***Bilag 2: Skarvens fourageringsområde***

Skarvens fourageringsområde afbildet med en radius omkring hver koloni på 50km.



### Bilag 3: Konsumtion/længde-graf for hvillingen

Bilag 3: Hvillings vægt og konsumtion i forhold til længde. Y-aksen er g/år.



## Bilag 4: Fødevalgsmatrice

Bilag 4: Fødevalgs matricer for henholdsvis Nissum Bredning og de centrale bredninger														
Fødevalgs matrice for Nissum Bredning														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:Skarv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2:Sæl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3:Sild	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
4:Hvilling	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5:Sort kutling	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,13	0,00
6:Brisling	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
7:Rødspætte	0,20	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
8:Ålekvaabbe	0,16	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
9:Tunge	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10:Skрубbe	0,12	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
11:Ulk	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12:Ising	0,08	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13:Ål	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14:Andre fisk	0,11	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,25	0,10
15:Import	0,00	0,00	1,00	0,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,50	0,75

Fødevalgs matrice for de centrale bredninger														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:Skarv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2:Sæl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3:Sild	0,00	0,33	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
4:Hvilling	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5:Sort kutling	0,23	0,12	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,13	0,00
6:Brisling	0,00	0,09	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
7:Rødspætte	0,02	0,09	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
8:Ålekvaabbe	0,24	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
9:Tunge	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10:Skрубbe	0,07	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
11:Ulk	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12:Ising	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13:Ål	0,15	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14:Andre fisk	0,05	0,13	0,00	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,25	0,10
15:Import	0,09	0,00	1,00	0,70	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,50	0,75

## 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](http://www.dfu.min.dk), hvor de fleste nyere rapporter også findes som PDF-filer.

- 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 Eng sø, 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 torskkeyngel 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 og Anne Margrethe Wegeberg
- Nr. 149-05 Udvikling af opdræt af aborre (*Perca fluviatilis*), en mulig alternativ art i ferskvandsopdræt. Helge Paulsen, Julia L. Overton og Lars Brünner
- Nr. 150-05 First feeding of Perch (*Perca fluviatilis*) larvae. Julia L. Overton og Helge Paulsen. (Kun udgivet elektronisk)
- Nr. 151-05 Ongrowing of Perch (*Perca fluviatilis*) juveniles. Julia L. Overton og Helge Paulsen. (Kun udgivet elektronisk)
- Nr. 152-05 Vurdering af ernæringstilstand for aborre. Helge Paulsen, Julia L. Overton, Dorthe Frandsen, Mia G.G. Larsen og Kathrine B. Hansen. (Kun udgivet elektronisk)
- Nr. 153-05 Myndighedssamarbejdet om fiskeriet i Ringkøbing og Nissum fjerne. Redaktion: Henrik Baktoft og Anders Koed
- Nr. 154-05 Undersøgelse af umodne havørreders (grønlændere) optræk i ferskvand om vinteren. Anders Koed og Dennis Søndergård Thomsen
- Nr. 155-05 Registreringer af fangster i indre danske farvande 2002, 2003 og 2004. Slutrapport. Søren Anker Pedersen, Josianne Støttrup, Claus R. Sparrevohn og Hanne Nicolajsen
- Nr. 156-05 Kystfodring og godt fiskeri. Josianne Støttrup, Per Dolmer, Maria Røjbek, Else Nielsen, Signe Ingvarsdén, Christian Lastrup og Sune Riis Sørensen
- Nr. 157-05 Nordatlantiske havøkosystemer under forandring – effekter af klima, havstrømme og fiskeri. Søren Anker Pedersen
- Nr. 158-06 Østers (*Ostrea edulis*) i Limfjorden. Per Sand Kristensen og Erik Hoffmann
- Nr. 159-06 Optimering af fangstværdien for jomfruhummere (*Nephrops norvegicus*) – forsøg med fangst og opbevaring af levende jomfruhummere. Lars-Flemming Pedersen
- Nr. 160-06 Undersøgelse af smoltudtrækket fra Skjern Å samt smoltdødelighed ved passage af Ringkøbing Fjord 2005. Anders Koed

- Nr. 161-06 Udsætning af geddeyngel i danske søer: Effektivurdering og perspektivering. Christian Skov, Lene Jacobsen, Søren Berg, Jimmi Olsen og Dorte Bekkevold
- Nr. 162-06 Avlsprogram for regnbueørred i Danmark. Alfred Jokumsen, Ivar Lund, Mark Henryon, Peer Berg, Torben Nielsen, Simon B. Madsen, Torben Filt Jensen og Peter Faber
- Nr. 162a-06 Avlsprogram for regnbueørred i Danmark. Bilagsrapport. Alfred Jokumsen, Ivar Lund, Mark Henryon, Peer Berg, Torben Nielsen, Simon B. Madsen, Torben Filt Jensen og Peter Faber
- Nr. 163-06 Skarven (*Phalacrocorax carbo sinensis* L.) og den spættede sæls (*Phoca vitulina* L.) indvirkning på fiskebestanden i Limfjorden: Ecopath modellering som redskab i økosystem beskrivelse. Rasmus Skoven