

Foryngelse av rovfiskbestander i Vestre Vansjø, Østfold

Åge Brabrand



Denne rapportserien utgis av:

Naturhistorisk museum
Postboks 1172 Blindern
0318 Oslo

www.nhm.uio.no

Forfatter:

Åge Brabrand

Publiseringsform:

Elektronisk (pdf)

Sitering:

Brabrand, Å. 2011. Foryngelse av rovfiskbestander i Vestre Vansjø, Østfold. *Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo*. Rapport nr. 9: 27 s.

ISBN nr. ISBN 978 82 7970 019 7

ISSN nr. 1891-8050

Fra 2011 inngår forskningsrapportene fra LFI i ny rapportserie ved Naturhistorisk museum, men gis samtidig fortløpende rapportnr. i LFI's opprinnelige rapportserie.

LFI rapport nr. 290. (ISSN 0333-161X).

<http://www.nhm.uio.no/forskning-samlinger/forskning/oppdragsforskning/lfi/>

Forsidebilde: Vansjø. Foto: Åge Brabrand



Foryngelse av rovfiskbestander i Vestre Vansjø, Østfold

Åge Brabrand





Antall sider og bilag: 27 sider		Tittel Foryngelse av rovfiskbestander i Vestre Vansjø, Østfold.	
		Forfatter(e)/ enhet: Åge Brabrand	
Rapportnummer: 9	Gradering: Åpen	Prosjektleder: Åge Brabrand	Prosjektnummer: 280086
ISSN 1891-8050	Dato: 2011-15-03	Oppdragsgiver(e): Vannområdeutvalget Morsa	
ISBN 978-82-7970-019-7		Oppdragsgivers ref. Helga Gunnarsdottir	

Sammendrag:

Det ble i 2005 og 2006 gjennomført et tynningsfiske etter stor gjedde i Vestre Vansjø. Hensikten var å foreta en foryngelse av gjeddebestanden ved å redusere kannibalisme fra stor gjedde. Det samlede uttaket de to årene var på 10,4 kg ha⁻¹ stor gjedde (>65 cm). Det var forventet at dette skulle føre til økt tetthet av smågjedde, men dette skjedde ikke. Det ble derimot registrert økt fangst av gjørs, og gjørs er nå den dominerende predatorfisk både i strandnære og pelagiske områder i Vestre Vansjø. Alt tyder på jevnt god rekruttering hos gjørs.

Hydroakustikk og garnfiske viser at de pelagiske områdene i Vestre Vansjø er dominert av karpefiskgruppen brasme/flire. Det er ikke utpreget pelagisk masseforekomst av unge stadier av mort og laue eller av krøkle.

Totalt sett må fiskesamfunnet vurderes å være preget av gjørs som dominerende predator. Vurdert ut fra vannkvalitet må fiskesamfunnet vurderes som gunstig.





Forord

Det ble i 2005 og 2006 gjennomført et omfattende fiske etter gjedde i Vestre Vansjø. Hensikten var å gjennomføre en foryngelse av en gjeddebestand som har vært lite eller moderat benyttet. Prosjektet er organisert av Vannområdeutvalget Morsa, og har hatt en styringsgruppe bestående av:

Øivind Paulshus, Vansjø grunneierlag

Helga Gunnarsdottir, Vannområdeutvalget Morsa

Leif R. Karlsen, Fylkesmannen i Østfold

Åge Brabrand, forsker ved Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo

Undersøkelsen er finansiert av Vannområdeutvalget Morsa gjennom midler fra Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif). Vansjø grunneierlag har gitt økonomisk bistand.

Det er gjort et omfattende arbeid i regi av Morsa og nå Vannområdeutvalget Morsa i Vansjø-Hobølvassdraget for å bedre vannkvaliteten i Vansjø. Sammen med valg av vassdraget som et demonstrasjonsprosjekt for innføring av EU's vanddirektiv har dette aktualisert behovet for kunnskap om fiskebestandene i vassdraget og om bedre forvaltning av bestandene kan påvirke vannkvaliteten. Det er på grunnlag av tidligere rapporter fra Vansjø, og et forskningsprosjekt i Årungen i Ås anbefalt en foryngelse av gjeddebestanden i Vestre Vansjø. Dette vil skape en ønsket bestandsstruktur hos rovfiskbestandene som kan nyttiggjøre seg dagens høye produksjon av karpefisk og hork, og som derved vil virke bestandsregulerende på byttefisk. I tillegg vil dette sannsynligvis gi lavere innhold av kvikksølv, under forutsetning av at bestanden vil bestå av yngre individer i god vekst.

Den foreliggende rapporten er en oppsummering av de resultater som er oppnådd etter uttak av stor gjedde i Vestre Vansjø. Det er lagt vekt på en beskrivelse av fiskesamfunnet i pelagiske og strandnære områder i Vestre Vansjø, og å beskrive fiskesamfunnets status ut etter den harde beskatningen av gjedde som ble foretatt i 2005 og 2006. Det rettes en takk til seniorforsker Olav Skulberg ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA) for verdifulle opplysninger om den økologiske betydningen av algegifter.

Oslo, 5. april 2011

Åge Brabrand



Innhold

1. INNLEDNING.....	9
1.1. HVA ER ØNSKELIG FISKESAMFUNN I EUTROFISAMMENHENG?	9
1.2. KVIKKSØLV I FISK.....	10
2. DRIFT OG FORVALTNING AV ROVFISKBESTANDER	10
3. METODIKK FOR BESKATNING OG OVERVÅKING.....	12
3.1. BESKATNING	12
3.2. OMSETNING AV FANGST	12
3.3. BESTANDSOVERVÅKING	14
3.3.1. <i>Garnfiske</i>	14
3.3.2. <i>Hydroakustikk</i>	14
4. RESULTATER	15
4.1. TOTALFANGST UNDER TYNNINGSFISKE.....	15
4.2. ARTSSAMMENSETNING FØR OG ETTER TYNNINGSFISKE	16
4.3. FOREKOMST AV GJEDDE OG GJØRS FØR OG ETTER TYNNINGSFISKE	18
4.4. TETTHET OG BIOMASSE AV FISK BASERT PÅ HYDROAKUSTIKK.....	18
5. DISKUSJON	20
5.1. NATURTILSTAND.....	20
5.2. RESPONS PÅ ROVFISKBESTANDER	21
5.2.1. <i>Gjedde</i>	21
5.2.2. <i>Gjørs</i>	22
5.3. RESPONS PÅ FISKESAMFUNN.....	24
6. REFERANSER.....	26



1. Innledning

Vansjø har i dag 17 fiskearter (Brabrand og Lien 2004). Selv om ikke naturtilstanden er kjent, er dominans og fisketetthet mellom artene preget av eutrofiering. På den annen side er det mange undersøkelser som viser at fisk påvirker økologiske prosesser som gir økt produksjon av alger (Schindler et al. 1997, Vanni & Layne 1997). Fiskens påvirkning av vannkvaliteten skyldes nedbeiting av dyreplankton (Carpenter et al. 1985, Sterner et al. 1992) og resirkulering av næringssalter (Brabrand et al. 1990). Fiskens resirkulering av fosfor gjennom konsum av sedimenter er en del av de mekanismene som går under samlebegrepet "resuspensjon" fra sedimenter. Her inngår tilbakeføring av fosfor som skyldes effekt av vind, pH, oksygensvinn, bunndyr, og også fisk.

Koblingene mellom fisk, næringssalter og dyreplankton gjør at fiskesamfunnet har betydning for algeutviklingen. På tiltakssiden er det derfor et mål at fiskesamfunnet bidrar positivt til en bedre vannkvalitet, og her er det viktig å beskatte rovfiskbestandene på en forvaltningsmessig riktig måte (Benndorf et al. 1988, Raat 1988, Grimm & Backx 1990).

1.1. Hva er ønskelig fiskesamfunn i eutrofisammenheng?

I eutrofisammenheng er det derfor ønskelig å innrette fiskesamfunnet slik at både **i)** nedbeiting av algespisende dyreplankton og **ii)** resirkulering av fosforrike sedimenter holdes på et minimum.

Det første oppnås ved at pelagiske områder av innsjøen ikke domineres av unge stadier av karpefisk. Unge årsklasser av karpefisk, og spesielt mort og laue, kan nærmest ha masseforekomst i pelagiske områder over sprangsjiktet i næringsrike innsjøer, og disse har stor kapasitet til å beite ned dyreplankton (Carpenter 1985). Det bør angis som et hovedmål i forvaltningen av fisk i næringsrike sjøer at unge stadier av mort og laue ikke dominerer i pelagiske områder.

Det andre oppnås ved at bestanden av sedimentspisende brasme, flire (og suter) enten holdes på et minimum, eller at dette P-bidraget av andre årsaker ikke har stor betydning.

Undersøkelser av sedimenter i Vestre Vansjø har vist at innholdet av fosfor var lavt (Andersen m. fl. 2006), og det ble konkludert med at P-bidraget fra sedimenter gjennom resuspensjon fra vind og fisk derved måtte være lavt. Både flire og spesielt brasme har dårlig vekst i Vestre Vansjø, noe som tyder på at næringstilbudet for disse bunndyrspisende artene er dårlig.

Undersøkelse av fiskebestander i Vansjø viste at gjedde-, gjørs- og abborbestandene i 2003 besto av en stor andel relativt gamle individer, noe som tydet på lav beskatning (Brabrand og Lien 2004). Det ble konkludert med at drift og forvaltning av rovfiskbestandene i Vansjø burde ha som hovedmålsetting å forynge bestandene. Utgangspunktet var erfaringer med manipulering av gjeddebestanden i Årungen i Ås, der det ble foretatt en betydelig utfisking av stor gjedde (> 65 cm) i mai i årene 2004-2006 (Sharma & Borgstrøm 2007), se kap. 2.

1.2. Kvikksølv i fisk

Undersøkelse av kvikksølvinnhold viste at gamle individer i Vansjø, spesielt av gjedde og abbor, hadde innhold av kvikksølv over omsetningsgrensen for ferskvannsfisk (Lien og Brabrand 2004), se Fig. 1. Kvikksølvinnholdet hos alle tre artene (abbor, gjedde og gjørs) var korrelert med lengde. Det ble målt verdier på 0,36 - 1,2 mg/kg hos abbor og for gjedde 0,28 - 1,6 mg/kg . Det var stor variasjon i kvikksølvinnholdet mellom enkeltindivider. For gjørs ble det registrert mindre variasjon og et lavere *maksimalnivå* (0,64 mg/kg), og det observerte kvikksølvnivået hos gjørs var høyere i Storefjorden (0,46 - 0,64 mg/kg) enn i Vestre Vansjø (0,23 - 0,46 mg/kg). For gjeddebestanden betyr det at eldre og store individer ikke kan omsettes som mat. Dette gjelder også for stor abbor generelt og for eldre individer som har hatt lav vekst, og dette gjelder spesielt hannabbor.

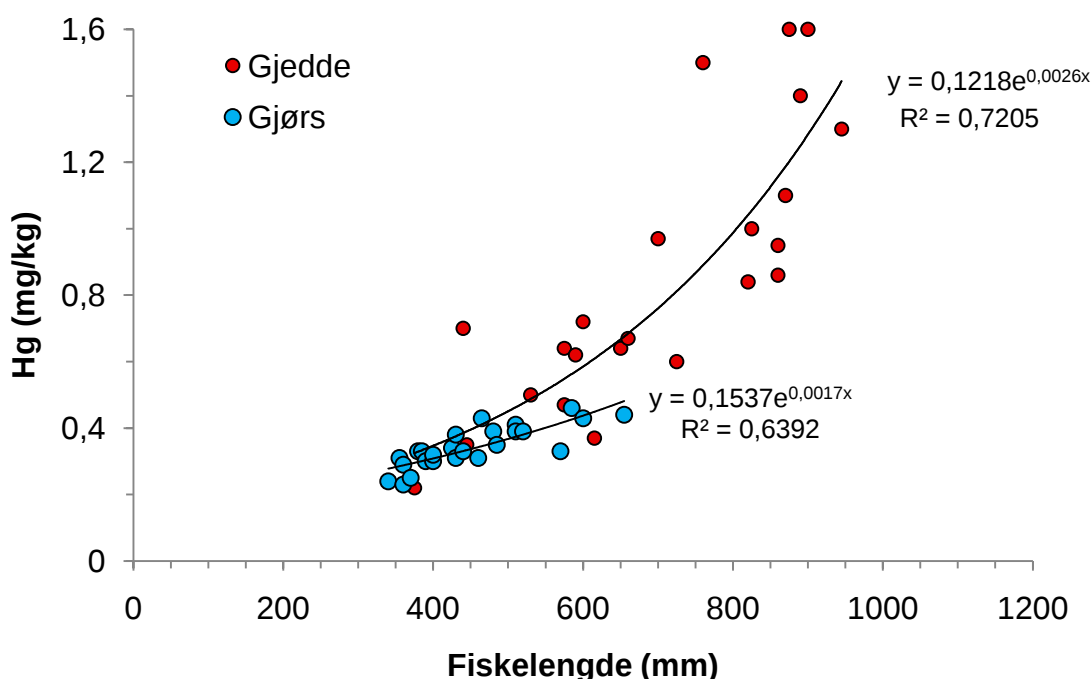


Fig. 1. Målte kvikksølvkonsentrasjoner i enkeltindivider av gjedde og gjørs fanget med garn i Vanemfjorden i 2002 (Lien og Brabrand 2004).

2. Drift og forvaltning av rovfiskbestander

Uttak av store individer av rovfisk vil gi redusert kannibalisme, noe som gir mulighet for økt overlevelse og derved sterke årsklasser av yngre fisk (Raatt 1988, Grimm & Backx 1990). Andelen ung rovfisk i rask vekst vil kunne øke. Her i landet er dette gjort i Årungen ved Ås, der stort uttak av gjedde større enn 65 cm i 2004 ga økt tetthet av yngre gjedde, og spesielt for de årsklassene som inngikk i dietten til stor gjedde (Sharma & Borgstrøm 2008). Dette vil igjen øke predasjonen på småfisk, primært årsunger / ungfisk av karpefisk, og det er erfart at økt predasjon også regulerer byttfiskens habitatvalg (Sharma & Borgstrøm 2008). Økt utnyttelse av årsunger og unge stadier av karpefisk som byttfisk for rovfisk gjør det mulig å

påvirke bestandssammen-setningen av byttfisk. Dette er også vist for gjørs (Brabrand & Faafeng 1990). Det vil være de mest attraktive byttfiskartene som vil inngå som byttfisk, og forhold som tilgjengelighet og kroppsfasong påvirker risikoen for å inngå som bytte. Brasme og flire som har høy kroppsfasong vil være mer "beskyttet" enn mort og laue som har slankere kropp.

Beskatningen er derfor et vesentlig redskap for å påvirke alders- og størrelsesfordelingen i rovfiskbestandene og derved indirekte hvilke størrelsesgrupper av byttfisk som konsumeres. For gjeddebestanden er det derfor et mål å ha tilstrekkelig antall gytere, gode gyte-/oppvekstområder og en gjeddebestand uten stor andel gamle individer som er kannibaler.

Uttak av stor gjedde vil også innvirke på andre rovfiskarter, fordi smågjørs og abbor også inngår i dietten til stor gjedde ((Brabrand og Lien 2004), og fordi det kan være konkurranse om byttfisk mellom de tre rovfiskartene gjedde, gjørs og stor abbor.

Det ble gjennomført en betydelig beskatning av stor gjedde i Vestre Vansjø, dvs. gjedde over 65 cm i 2005 og 2006, der det ble regnet som sannsynlig at følgende endringer ville inntreffe som en følge av færre stor gjedde:

Økt tetthet av smågjedde fordi kannibalsime fra stor gjedde blir redusert.
Økt bestand av smågjedde gir økt predasjon på små karpefisk, småabbor, hork og krøkle.
Mindre innhold av kvikksølv fordi bestanden består av yngre fisk.

Direktoratet for naturforvaltning (DN) ga i sin "Strategiske plan for innlandsfisk" (Direktoratet for naturforvaltning 2002), anbefalinger når det gjelder organisering av fiske og poengterer behovet for en felles plattform for rettighetshavere, brukere og offentlig forvaltning.

Dagens fiskeregler for Vansjø er gjeldende fra 19. jan. 1940 og angir forbud mot garn, not, ruser, teiner og line i perioden 15. juni – 5. juli. Ellers er det forbudt med garn med maskevidde mindre enn 37 mm. Det er i forbindelse med en ny forvaltning et stort behov for en ny gjennomgang av fiskereglene.

Selv om bestandsstrukturen i 2003 anga at beskatningen er liten, har det vært vanskelig å dokumentere hva den faktiske beskatningen har vært i den senere tid i Vansjø. Det foregår en del sportsfiske med stang, og utover dette ble det i perioden 1991-1994 gjennomført et mer omfattende fiske med garn med maskevidde 45 mm og grovere, etter avtale med Vansjø grunneierlag. Det ble i hvert av disse årene tatt opp gjørs (1-3 tonn), gjedde (1-3 tonn), abbor (noen hundre kg), lake (10-20 kg) og en del karpefisk. All fangst gikk til konsum. Dette fiske ble gjennomført i området rundt Dillingøy ved bruk av garn med maskeviddene 9,5-14 omfar.

3. Metodikk for beskatning og overvåking

Det ble lagt opp til et omfattende fiske etter stor gjedde i Vestre Vansjø i 2005 og 2006, med start begge år umiddelbart etter isløsning i april.

3.1. Beskatning

Beskatning ble gjennomført med garnlenker med maskevidder 9,5 -12 omfar. Garnlenkene var 200-550 m lange, og ble trukket hver dag i den varme perioden, for øvrig hver annen dag. Fiske ble foretatt i alle områder av vestre Vansjø. Følgende rammer for fiske:

- Ingen begrensning på uttak av gjedde over 65 cm
- Gjedde over 85 cm destrueres pga. innhold av kvikksølv
- Bifangst av gjørs skal være lav
- Fangststatistikk

Det ble lagt opp til en målsetting om et uttak på 5-10 kg ha⁻¹ stor (større enn 65 cm) og gammel gjedde. Med en målsetting om et årlig uttak av stor gjedde på 5 kg ha⁻¹ i Vestre Vansjø blir dette et totalt uttak på ca 5 tonn årlig (areal ca 10 km²), og legges 10 kg ha⁻¹ til grunn ble totalt uttak ca 10 tonn pr. år.

Fiske ble utført lokalt og organisert på en slik måte at deler av fangsten ble gikk til konsum. For å kunne styre fiske etter andre prinsipper enn ren lønnsomhet ble det gitt økonomisk bistand på bestemte premisser bestemt av styringsgruppen.

Det ble ført fangststatistikk for de ulike artene og total redskapsbruk i de ulike områdene der fiske ble utøvd. Dette for å vurdere om de ønskete deler av gjeddebestanden faktisk ble beskattet og for å vurdere bifangstene av gjørs. All gjedde, gjørs, abbor og lake ble lengdemålt. All øvrig fangst skulle sorteres etter art, talt opp og veid totalt. Fra et utvalg gjedde, gjørs og abbor ble det tatt prøver for aldersbestemmelse og vekstanalyser.

3.2. Omsetning av fangst

Det ble innhentet egen uttalelse fra Mattilsynet, nasjonalt senter for fisk og sjømat, om bruk av gjedde fra Vansjø til konsum, med utgangspunkt i Hg analyser (Lien og Brabrand 2004). Det er fastsatt omsetningsforbud for fiskeprodukt med høyt kvikksølvinnhold, angitt i Forskrift 27.9.2002 nr. 198. For gjedde er det en omsetningsgrense på 1 mg/kg, mens det for andre fiskearter er en omsetningsgrense på 0,5 mg/kg. Grenseverdi for fiskeprodukter i blanding er 0,5 mg/kg. Det er ikke tillatt å fortynne fisk med høyt innhold med ingredienser med lavt innhold. Gjedde større enn ca 85 cm bør ikke inngå i produksjon av farse, og bør leveres til destruksjon.

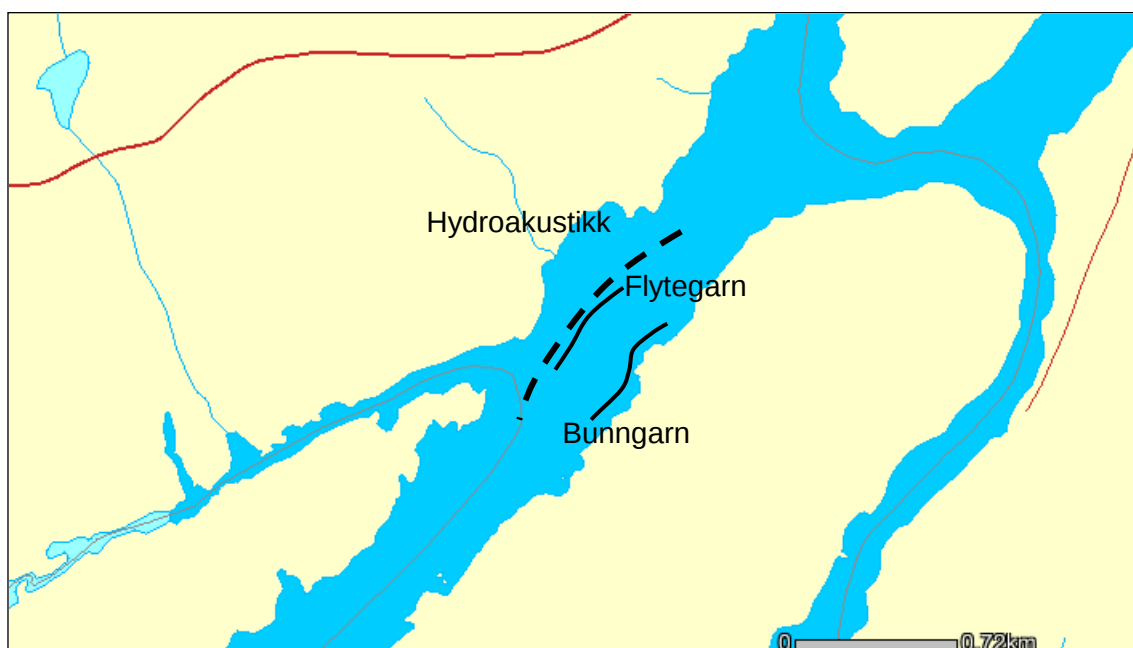
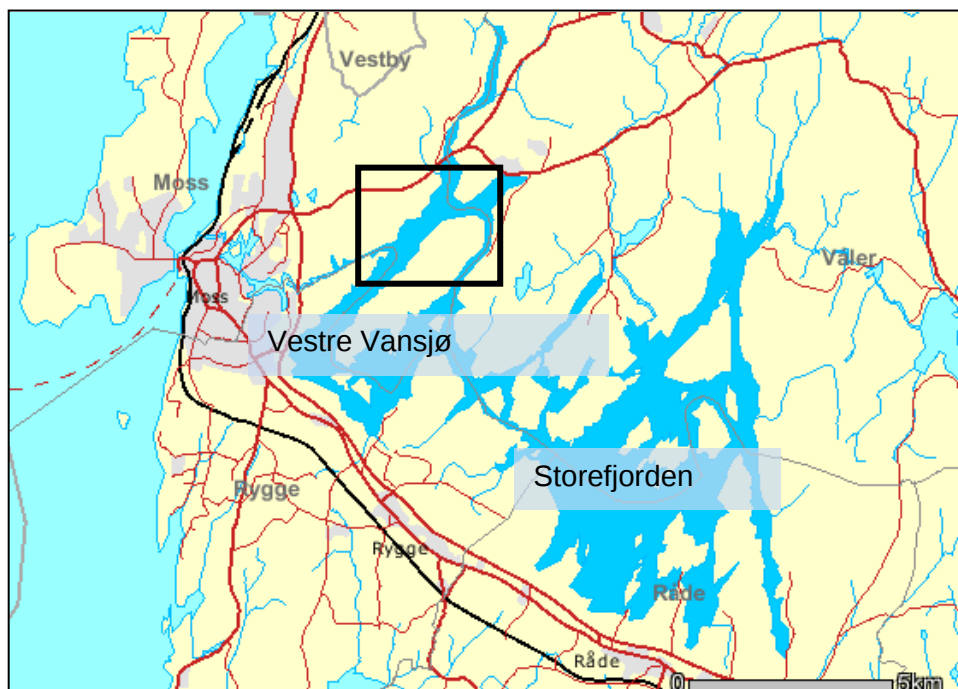


Fig. 2. **Over:** Vansjø med Vestre Vansjø og Storefjorden med innrammet område i Vestre Vansjø angir overvåkingsområdet. **Under:** Hydroakustikk er utført langs fast transekt på dagtid og etter mørkets frambrudd. Overvåking er foretatt med bunngarn i strandområder og flytegarn i pelagiske områder.

3.3. Bestandsovervåking

Det er i foretatt bestandsovervåking i Vestre Vansjø ved hjelp av hydroakustikk i perioden 2002-2011 (ikke i 2003) og gjennomført prøvefiske med garn i 2002 og perioden 2005-2010. Området er vist i Fig. 2.

3.3.1. Garnfiske

Prøvefiske med garn i strandsonen ble foretatt med bunngarnlenke langs land på ca 2-3 m's dyp (maskevidder: 10, 16, 22.5, 29, 45 mm). I pelagiske områder ble det benyttet flytegarn (maskevidder: 10, 16, 22.5, 29, 45 mm) satt i dybdesjiktet 1-7 m's dyp der totaldybden var 14-15 m. Garna ble satt en gang i perioden aug. – okt, ca kl 18 og trukket påfølgende morgen ca kl. 0900). All fisk ble artsbestemt og lengdemålt. Utover dette ble det fisket med andre maskevidder og andre dyp for å påvise forekomst av arter, spesielt i de pelagiske områdene.

Prøvefiske i innsjøer med mange fiskearter er i utgangspunktet vanskelig pga. garnseleksjon, valg av maskevidder og ikke minst at garna "mettes" med fisk. Forholdet mellom de dominerende karpefiskartene kan også vise stor variasjon, spesielt høst-senhøst for de artene som er sterkt knyttet til vegetasjonsområdene. Disse kan oppholde seg pelagisk sent på høsten etter at vegetasjonen er redusert.

3.3.2. Hydroakustikk

Fisketetthet og bestandens størrelsesfordeling i Vestre Vansjø er beregnet ved hydroakustikk langs antatt representative transekter en gang pr. år i løpet av perioden august til oktober.

Det er benyttet ekkolodd av typen Simrad EY-M. Dette gir mulighet for beregning av fisketettheten i ulike dybdesjikt og angivelse av fiskens størrelse. Dette baserer seg på at ekkosignalenes styrke angir fiskens målstyrke, target strength TS, i desibel (dB). Disse verdiene er en funksjon av fiskens størrelse og kan omregnes til fiskelengde i cm (L). Det er valgt å benytte regresjonen:

$$TS = 20 \cdot \log_{10} (L) - 68$$

gitt av Lindem og Sandlund (1984). Denne regresjonen er utarbeidet på grunnlag av ekkolodd /trålundersøkelse på fiskesamfunn bestående av sik, lagesild og krøkle i Mjøsa. Imidlertid er det ikke funnet signifikante forskjeller mellom denne regresjonen og regresjoner basert på bestander dominert av mort (Bjerkeng et al. 1991).

På grunnlag av ekkosignalstyrke og regresjon mellom signalstyrke og fiskelengde er lengdefordelingen i bestanden som oppholder seg i transektet beregnet. Fisketetthet for beregninger av biomasse fisk er gjort på grunnlag av mottatt fra dybdeintervall på 2-10 m under transduseren (lydkilden).

For å beregne fiskens biomasse er det benyttet regresjoner mellom vekt (W) og lengde (L) for mort, brasme og abbor, som her representerer henholdsvis mort/laue, brasme/flire/sørv og abbor/hork/gjørs.

For mort: $w_g = 0,00398 \cdot L_{cm}^{3,3}$ (Brabrand upubl.)

For brasme: $w_g = 0,0129 \cdot L_{cm}^{3,09}$ (Tierney et al. 1999)

For abbor: $w_g = 4,11149 \cdot 10^{-6} \cdot L_{mm}^{3,40}$ (Bjerkeng et al. 1991)

4. Resultater

4.1. Totalfangst under tynningsfiske

Uttaket av gjedde i vestre Vansjø over ca 65 cm for 2005 og 2006 ble totalt ca 12,5 kg ha⁻¹, gjørs ca 1,4 kg ha⁻¹ og av abbor ca 0,35 kg ha⁻¹, se Tabell 1. Nedgang i fangst av stor gjedde viser at uttaket har vært betydelig og at det ble skapt grunnlag for en foryngelse av bestanden. Nærmere beskrivelse av uttaket er gitt i Brabrand (2007).

Tabell 1. Totalresultat av gjeddefiske med bifangst av gjørs, abbor og brasme i Vestre Vansjø i 2005 og 2006.

	Gjedde	Gjørs	Abbor	Brasme
Totalfangst i 2006 kg	3 917	5 79	205	1138
Totalfangst i 2005 kg	8 473	811	146	2485
Totalfangst tilsammen	12 390	1 390	351	3623
Totalfangst i kg/ha	12,5	1,40	0,35	3,6

Lengdefordelingen (Fig. 3) av gjedde viser at fiskerne både i 2005 og 2006 stort sett tok gjedde som var større enn 65 cm. I 2005 lå hovedfangsten mellom ca 70-90 cm, mens hovedmengden i 2006 besto av gjedde mellom 70 og 80 cm.

Alderbestemmelsen viste at det under tynningsfiske hovedsakelig ble tatt gjedde med jevnt forekommende årsklasser fra 6-15 år, med eldste gjedde aldersbestemt til 19 år i 2005. Yngste ble aldersbestemt til 5 år. I 2006 besto fangsten av årsklassene 5-10 år.

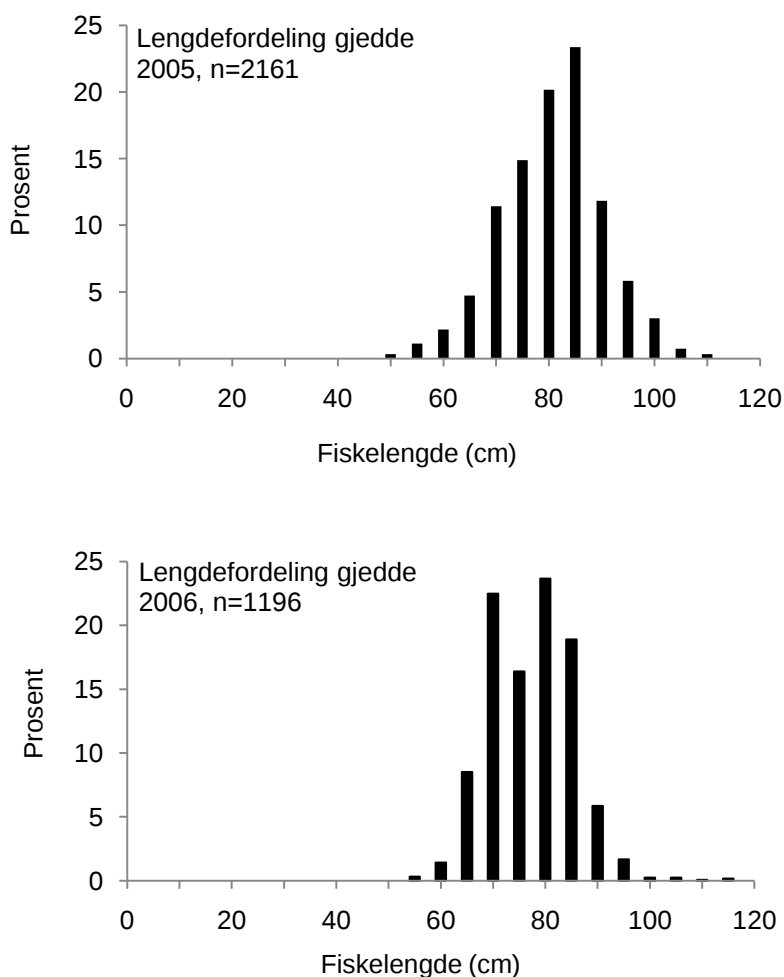


Fig. 3. Prosentvis lengdefordeling av gjesse tatt på garn i Vestre Vansjø under tynningsfiske i 2005 og 2006.

4.2. Artssammensetning før og etter tynningsfiske

Fangst (CPUE = antall fisk 100 m² garnflate og 12 timer) på sammenliknbare maskevidder på bunngarn utenfor vegetasjonsbeltet og i pelagiske områder på overvåkingslokaliteten i Vestre Vansjø er vist i Fig. 4 og Fig. 5. Fiskesamfunnet er samlet i hovedgrupper.

Før tynningsfiske ble det kun fisket med bunngarn, og artssammensetningen rett utenfor vegetasjonsbeltet viste total dominans av brasme/flire/sørv, her dominert av brasme og småvokst flire, med fangstmengde på nær 100 individer. Mort/laue gruppen var til stede med 29 og abbor/hork med 19. Det ble ikke tatt gjesse eller krøkle.

Etter tynningsfiske var den totale fangstmengden variabel. Brasmegruppen var gjennomgående den dominerende gruppen, med unntak av 2009 da mort/laue dominerte. For alle år etter tynningsfiske i 2005 og 2006 var fangstmengden av brasmegruppen lavere enn i 2003. For mortegruppen og abbor/hork var fangstbildet relativt uendret. 2010 var året med den laveste totalfangsten i hele undersøkelsesperioden.

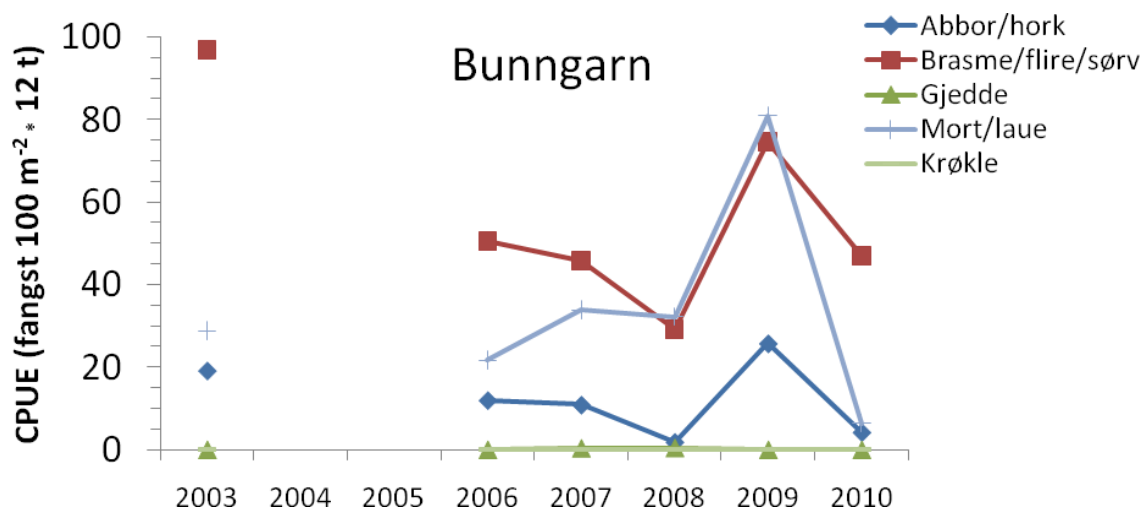


Fig. 4. Fangstmengde (antall $100 \text{ m}^{-2} \cdot 12 \text{ t}$) av abborfisk (abbor, hork), høyrigget karpfisk (brasme, flire, sørv), slank karpfisk (mørt, laue), krøkle og gjedde tatt på bunngarn i strandsonen utenfor vegetasjonsbeltet.

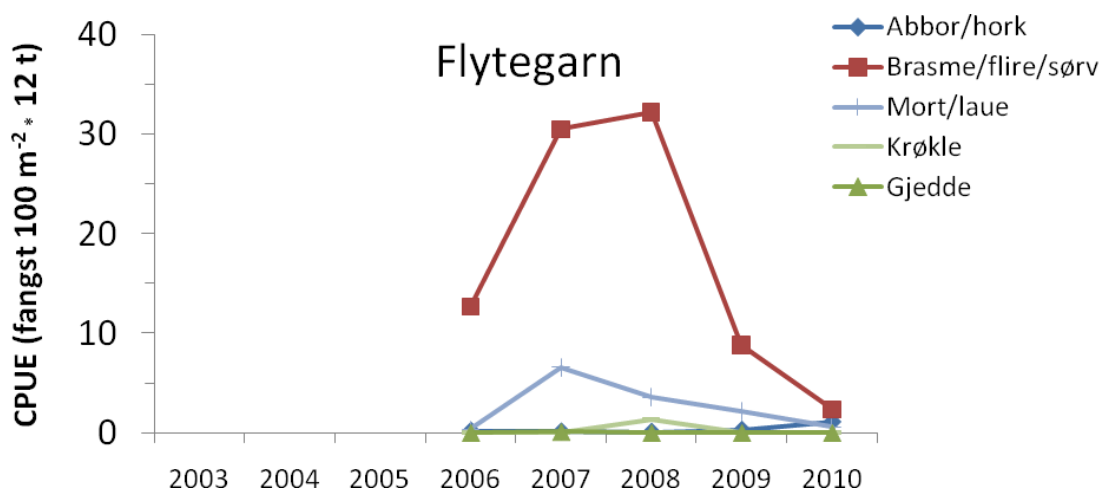


Fig. 5. Fangstmengde (antall $100 \text{ m}^{-2} \cdot 12 \text{ t}$) av abborfisk (abbor, hork), høyrigget karpfisk (brasme, flire, sørv), slank karpfisk (mørt, laue), krøkle og gjedde tatt på flytegarn i pelagiske områder i Vestre Vansjø.

I de pelagiske områdene ble det gjennomgående tatt lavere fangster enn på bunngarn nær land. I perioden 2006-2010 dominerte brasmegruppen også totalt de pelagiske fangstene, med store fangster i 2007 og 2008 på henholdsvis 30 og 32 fisk pr CPUE. I 2009 og 2010 ble fangstmengden betydelig redusert, og med laveste fangst i 2010 på 2 fisk for brasmegruppen.

Verken mort/laue eller abbor/hork ble observert med store fangster i de pelagiske områdene. I 2008 ble det påvist krøkle i de pelagiske områdene.

4.3. Forekomst av gjedde og gjørs før og etter tynningsfiske

På overvåkingsgarn ble det tatt svært lite gjedde, både i pelagiske og strandnære områder. Det er ikke påvist økt rekruttering hos gjedde som følge av tynningsfiske.

For gjørs er det observert økt fangstmengde, både i pelagiske og strandnære områder. Det gjelder spesielt etter 2008. Mens fangstmengden var relativt konstant i 2003 og 2006-2008, har den økt betydelig i 2009 og 2010, og var i disse årene de høyeste som ble registrert, se Fig. 6.

En liknende tendens observeres for fangstene i de pelagiske områdene. Bortsett fra lave fangster i 2008 er imidlertid fangstene mer stabile.

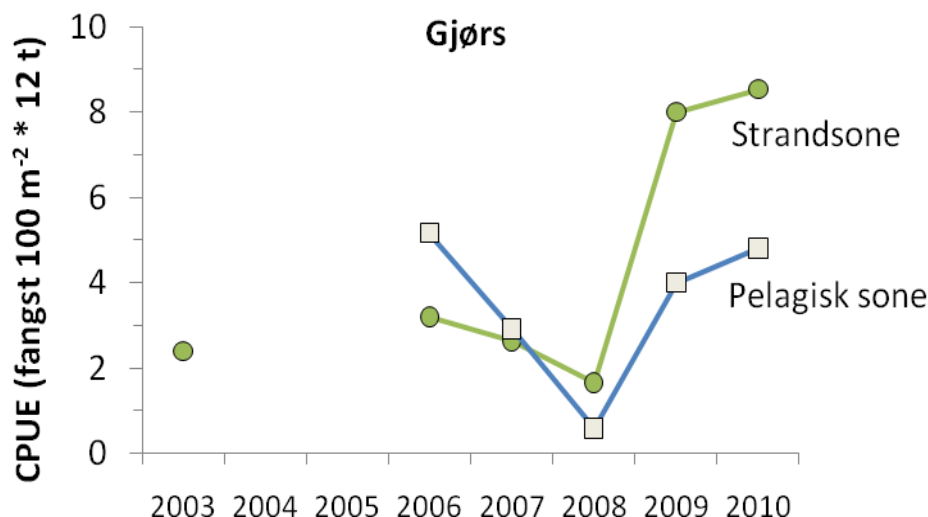


Fig. 6. Fangstmengde (antall 100 m⁻² 12 t) av gjørs tatt på bunngarn i strandsonen utenfor vegetasjonsbeltet og på flytegarn i pelagiske områder i Vestre Vansjø.

4.4. Tetthet og biomasse av fisk basert på hydroakustikk

Tetthet av fisk langs det undersøkte transektet i dypmrådene mellom Dillingøy og utløpet av Mosselva er vist i Fig. 7. For å redusere feilkilden pga. mulig forekomst av svevemygg (*Chaoborus flavicans*) (Liljendahl-Nurminen 2002) er det foretatt tetthetsberegning av fisk 2-10 m og 2-12 m under lydkilden, mens dyplagene under dette ikke er tatt med i analysen. Videre er det foretatt analyse av dataene både med og uten de minste partiklene (< 6,5 cm).

Hydroakustikk viser store tettheter av fisk i 2002 og 2003, med 7.500 - 10.000 fisk ha⁻¹ i dybdesjiktet 2-10 m etter mørkets frambrudd, og med ca 5.000 fisk ha⁻¹ for fisk > 6,5 cm. Fra 2005 er det en jevnt fallende tendens i fisketetthet fram til 2009, med en betydelig økning i 2010 til ca 20.000 fisk ha⁻¹. Dersom dybdesjiktet 2-12 m legges til grunn er fisketettheten

høyere, men den generelle utviklingen er den samme, med jevn nedgang fra 2005 til 2009 og med økt fisketetthet i 2010.

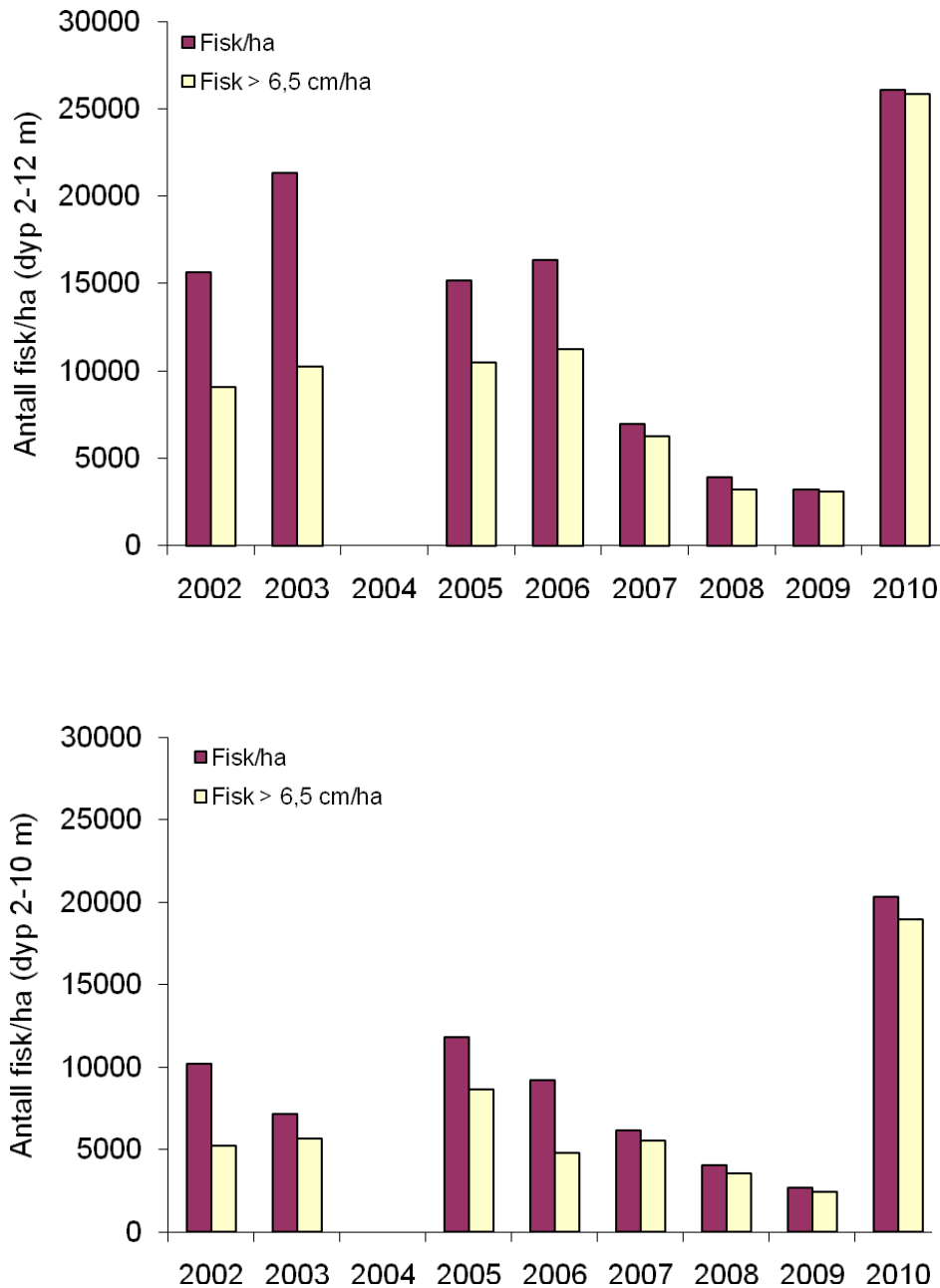


Fig. 7. Beregnet antall fisk pr. ha⁻¹ innsjøoverflate i dybdesjiktet 2-10 m og 2-12 m om høsten etter mørkets frambrudd i perioden 2002-2007 i Vestre Vansjø mellom Dillingøy og Mosselva. Dybdesjiktet 2- 10 m langt på vei vil utelate svevemygg. I tillegg er det angitt total fisketetthet (fisk/ha: alle partikkelstørrelser) og fisketetthet for fisk større enn 6,5 cm (fisk > 6,5 cm).



Fig. 8. Beregnet biomasse av fisk i pelagisk område av Vestre Vansjø basert på ekkosignalstyrke og lengde-vekt regresjon hos dominerende fiskearter.

Beregnet biomasse (kg fisk ha^{-1}) er vist i Fig. 8. Denne følger også i hovedsak forløpet som for tettheten, med høy biomasse i 2002 og 2003, og med en fallende tendens i perioden 2005-2009 og med en økning i 2010. Økningen her er imidlertid langt mindre utpreget enn for tettheten alene, noe som er forårsaket av at innslaget av småfisk er større.

5. Diskusjon

Fisketetthet og fiskebiomasse øker som en naturlig respons på økt tilførsel av næringsalter til vassdrag. Det gjelder spesielt de fiskeartene som finnes i lavereliggende områder i Østfold, Akershus, Hedmark og Buskerud, der innslaget av flere arter karpefisk kan oppnå svært høye tettheter. Dette er arter som kan nyttiggjøre seg et bredt tilbud av næringsdyr, til dels dødt organisk materiale, som har et stort reproduksjonspotensiale og bredt habitatvalg. I motsetning til de fleste laksefiskartene, gyter karpefisk om våren og uavhengig av innløpselver og bekker.

5.1. Naturlig tilstand

På bakgrunn av tilsvarende hydroakustiske undersøkelser i andre sjøer med karpefisk med svært lav tilførsel av næringsalter kan tilnærmet naturlig tilstand angående tetthet og biomasse angis.

For sjøer med karpefisk, krøkle og abbor er tetthet for lavereliggende sjøer i Akershus og Østfold med tot-P mindre enn $12 \mu\text{g L}^{-1}$ beregnet til 637 fisk ha^{-1} (95% K.I. ± 393) (epilimnion), og med en biomasse på $5,5 \text{ kg ha}^{-1}$ (95% K.I. $\pm 2,9$) (Brabrand unpubl.). Fangstene på garn har i disse sjøene ligget på 10-20 fisk 100 m^{-2} *12 t. Det må antas at fisketetthet, biomasse og fangstutbyttet i den "opprinnelige" naturtilstanden i Vestre Vansjø har vært i denne størrelsesorden.

5.2. Respons på rovfiskbestander

Tynningsfiske etter gjedde ga et uttak på $8,5 \text{ kg ha}^{-1}$ i 2005 og på $3,9 \text{ kg ha}^{-1}$ i 2006, til sammen $12,4 \text{ kg ha}^{-1}$. Fangsten besto nærmest utelukkende av stor gjedde (større enn 60 cm) med relativt høy alder (6-15 år). Målsetting om et uttak på ca 10 kg ha^{-1} av gjedde over 60 cm ble derfor oppnådd.

5.2.1. Gjedde

Ut fra erfaring fra andre sjøer (Grimm & Backx 1990, Årungen: Borgstrøm 2004: <http://www.asiff.org/gjedde1.pdf>, Sharma & Borgstrøm 2008) var det forventet en betydelig økt rekuttering hos gjedde pga. mindre kannibalisme fra stor gjedde. Overvåkingen med garn viste ikke økt forekomst av smågjedde etter uttak av gammel gjedde, noe som ikke uten videre lar seg forklare innenfor den overvåkingen som er foretatt med garn og hydroakustikk. Undersøkelser har dokumentert at det trengs få gytefisk og relativt små arealer for å "mette" en lokalitet med gjeddeunger (Minns et al. 1996), bare forholdene ellers er optimale. Det er derfor ikke sannsynlig at manglende respons hos gjedde er forårsaket av mangel på gytefisk.

Det optimale gytesubstratet for gjedde er oversvømmet vegetasjon. Gress og starr er foretrukket, men også annet gytesubstrat benyttes (Inskip 1982). Høy vannstand i selve gyteperioden, og stabil høy vannstand i eggutviklingsperioden og tiden etterpå gir vanligvis sterke årsklasser hos gjedde (Johnson 1957). Selve vannstandsfluktuasjonen må her settes i sammenheng med vegetasjonsutviklingen i de strandnære områdene. Svært små vannstandsvariasjoner gir liten yngelproduksjon, spesielt dersom vannstandsvariasjonen er liten ved lav vannstand (Inskip 1982, Gravel og Dube 1980).

Når det gjelder oppvekstområder er optimalt habitat for gjedde første sommer grunt vann med totaldyp mindre enn ca 2 m, og med siktedyp $> 2 \text{ m}$ og med 40-90 % vegetasjonsdekning (både undervanns- og flytebladvegetasjon inngår). I slike områder er årstilveksten større, og overlevelsen tildels betydelig større enn i områder med mindre vegetasjonsdekning (Holland og Huston 1984). Videre er optimalt habitat for *unggjedde og voksne gjedde* fortsatt områder med 30-80 % vegetasjon, men med et totaldyp ned mot 4 m (Casselman og Lewis 1996). God vegetasjonsdekning reduserer kannibalisme.

Hovedkonklusjonen er at optimalt habitat for gjedde, både for årsunger og eldre, er områder med siktedyp større enn 2 m og med godt utviklet undervannsvegetasjon. I slike områder vil overlevelsen første sommer øke. Store områder i Vestre Vansjø har ikke slike kvaliteter, men de finnes i avgrensede områder, delvis innestengte laguner, viker og i områder med liten vannutskifting og lite vindeksponering.

Vannstandsutviklingen gjennom året har variert i den perioden de fiskeribiologiske undersøkelsene er gjennomført. Utover den ordinære manøvreringen er det både i 2005 og 2006 gjennomført to forsøktappinger mtp. bedring av vannkvalitet i Vestre Vansjø. Dette har

vært relativt raske nedtappinger og gjennomført i midten av juli og begynnelsen av september i 2005 og i begynnelsen av august og begynnelsen av september i 2006, der første senking var ca 30 cm og en 7 dagers periode og siste senking ca 40 cm over ca 3 uker. Det har selv ved laveste vannstand vært tilgjengelig vannvegetasjon langs land, noe som er viktig for småfisk både av gjedde og av byttefisk. Disse forsøksnedtappingene kan ikke forklare at tynningsfiske etter gjedde i 2005 og 2006 ikke har ført til økt rekruttering hos gjedde.

Lav vannstand og spesielt vannstandsreduksjon i gytetiden, under eggutviklingen og perioden like etter klekking som en fast manøvrering må betraktes som negativt for gjedde. Gjeddedyter rett etter isløsning på grunt vann i slutten av april eller begynnelsen av mai, og vannstandsreduksjon i denne perioden må anses som negativt.

En slik reduksjon i vannstand skjedde i slutten av april og fram til midten av mai 2006. Ved en temperatur på 5-10 °C tar eggutviklingen henholdsvis ca 20 og 10 dager, og egg og nyklekka larver risikerer da å bli tørrlagt, eventuelt bli mer eksponert for predasjon. Vårutviklingen dette året må derfor anses som ugunstig for gjedde. Når konklusjonen likevel er at dette sannsynligvis ikke kan forklare fravær av gjedderekutter etter tynningsfiske, så henger det sammen med at det er få hunner med vellykket gyting som skal til for å "mette" et område med unger. Det er derfor overlevelsen første sommer som bør tillegges vekt når det gjelder årsklassestyrken.

Fravær av økt rekruttering hos gjedde etter tynningsfiske er som sagt ikke klarlagt, men her skal det pekes på to faktorer:

- Konkurransen fra gjørs.
Det fremgår av det foran at gjørs er mer tilpasset dominerende vannkvalitet i Vestre Vansjø enn gjedde. Det gjelder både kvaliteten på oppvekstområdene og i de områdene større gjedde oppholder seg.
- Giftproduserende alger.
Gjeddeunger oppholder seg etter klekking i juni og gjennom første sommer på svært grunt vann og helt i overflaten der totaldypet er 3-20 cm (Brabrand 2002). Her står de stort sett i ro helt i overflaten, gjerne nær vegetasjon og venter på bytte. Det er kjent fra flere studier at giftproduserende alger kan ha letale og subletale effekter på en rekke organismer, inkludert fisk (Skulberg, pers. medd., McCuskey & Earnest 1997, Epperson 2006). Det kan derfor spekuleres på om gjeddeunger på grunn av adferd er mer følsom enn unger av gjørs. Dette vil i så fall ytterligere dreie konkurransen i retning av mer gjørs.

5.2.2. Gjørs

For gjørs ble det observert økt fangst etter tynningsfiske etter gjedde, spesielt i strandområdene, men det ble tatt årssunger og ett-årringer både pelagisk og nær land. Alt tyder på at rekrutteringen hos gjørs etter tynningsfiske etter gjedde er meget god. Lengdefordelingen av gjørs viser relativt stor andel gjørs under 20 cm (2+), og andelen gytemoden gjørs, (dvs. større enn ca 38 cm) er også relativt stor (Fig. 9). Her må det imidlertid nevnes at det under tynningsfiske etter gjedde også ble tatt 1,4 kg ha⁻¹ gjørs (trolig et minimumstall). Dette kan i seg selv gi økt rekruttering hos gjørs gjennom de samme

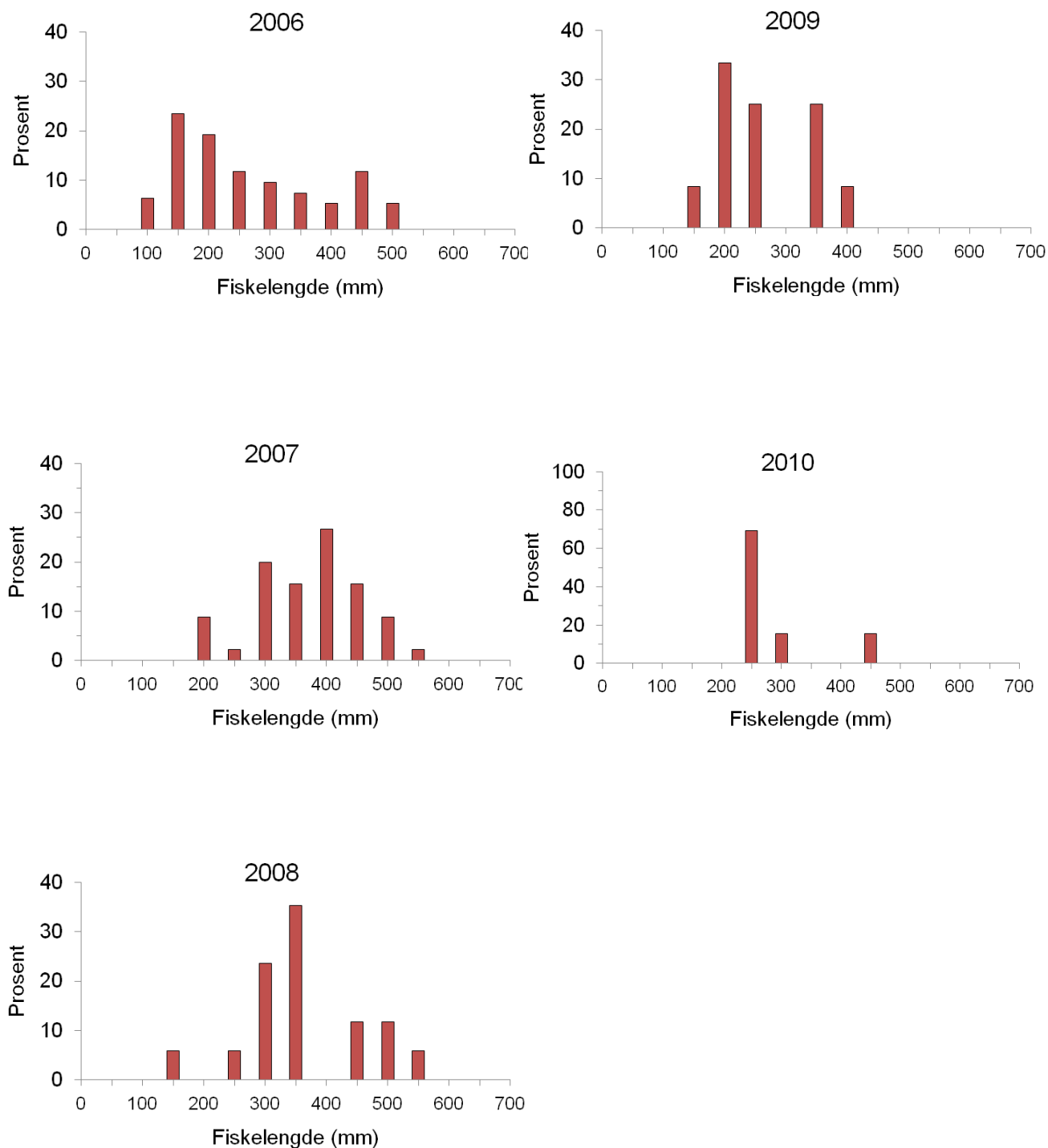


Fig. 9. Lengdefordeling av gjørs tatt under prøvegarnfiske i Vestre Vansjø i perioden 2006-2010.



Fig. 10. Det er god og stabil rekruttering hos gjørs i Vestre Vansjø. Her vist 4 årsklasser (årsunger og 1-3 vintergammel gjørs) og kjønnsmoden hann øverst.

mekanismene som for gjedde, redusert kannibalsime. Imidlertid er uttaket av stor gjørs relativt lite, og redusert predasjon fra gjedde anses som mer rimelig.

Gjørs er en jagende predatorfisk i de åpne vannmassene. Gjørs er en art som er tilpasset vann med lavt siktedyp (Ali et al. 1977, Sonesten 1992), og forventningen er derfor at bestanden av gjørs vil være uforandret eller øke ved redusert siktedyp alene. Gjedde er langt mer følsom for lavt siktedyp, der lavt siktedyp gir lavere vekst (Craig & Babaluk 1989) og større dødelighet på rogn og larver (Hassler 1970). For gjedde er det flere stadier i livssyklus der forhold i Vestre Vansjø må karakteriseres som ikke spesielt gunstige. Responsen på lavt siktedyp vil derfor være svært forskjellig hos gjørs og gjedde.

Det er viktig å merke seg at gjørs oppholder seg både strandnært og i de pelagiske områdene. Det betyr at nærmest hele innsjøarealet utnyttes av gjørs, og at gjørs utøver et predasjonstrykk både strandnært og pelagisk.

5.3. Respons på fiskesamfunn

Vestre Vansjø har et fiskesamfunn som i biomasse og antall er dominert av brasme/flire, og spesielt småvokst flire dominerer garnfangstene i de pelagiske områdene. Dominans av småvokst flire på flytegarn i de pelagiske områdene var imidlertid betydelig redusert i 2009 og 2010, og også fangstene totalt sett har aldri vært lavere etter tynningsfiske i 2005 og 2006. På bunngarn langs land har fangstene etter brasme/flire og også sørv vært mer

stabile, men fangstene her har i alle år etter 2005/2006 vært lavere enn 2003. Bortsett fra store fangster av mort og laue i 2009, har totalfangsten av karpefisk i strandområdene vært relativt stabile. Suter har ikke vært påvist under den ordinære overvåkingen, verken strandnært eller pelagisk, og kun påvist på andre maskevidde med to individer i 2007.

I eutrofe og grunne bassenger med stort innslag av bløtbunn og lavt siktedyp er det forventet dominans av brasme og flire, og spesielt småvokst flire kan oppnå betydelig dominans. Dette er en konsekvens av eutrofi, og der siktedyp er en viktig faktor for at brasme og flire kan dominere. Mens brasme og sørv primært er knyttet til strandnære områder, kan flire også oppholde seg pelagisk.

At karpefisk dominerer i Vestre Vansjø er tidligere vist i notfangster i Brabrand (1979) og i fangster med storruse (Hauger 1980). I storrusefangstene utgjorde brasme 45 %, flire 7,5 % og mort 37 %. I disse storrusefangstene ble det tatt svært lite gjedde, abbor og gjørs, og disse artene var sannsynligvis underrepresentert.

Bestandsstørrelsen av krøkle i Vestre Vansjø er vanskelig å vurdere. Garnfangster og notfangster (Brabrand 1979) viste sjelden forekomst av krøkle i Vestre Vansjø, men arten er samtidig lett å underestimere på redskap fordi den er lite fangbar. Men det ble tatt lite krøkle i trålfangster (Pethon 1980), og arten finnes sjelden i mageinnhold hos rovfisk fra Vestre Vansjø. Dette tyder på at bestanden i denne delen av Vansjø er liten, noe som kan forklares med at krøkle primært er en pelagisk art med preferanse for dype, kalde områder som det er lite av i Vestre Vansjø.

I sammenheng med vannkvalitet må det primære målet være å ikke ha pelagisk masseforekomst av mort, laue og krøkle. Dette henger sammen med hvilke internprosesser fra fisk vi skal anse som mest viktige; nedbeiting av dyreplankton eller resirkulering av P fra sedimenter. I Andersen m. fl. (2006) er P-innholdet i sedimenter i Vestre Vansjø angitt som lavt, og på grunnlag av dette er det beregnet et lavt P-bidrag fra sedimenter pga. fisk.

Fiskesamfunnet i de pelagiske områdene må derfor ut fra en målsetting om lite nedbeiting av dyreplankton karakteriseres som gunstig. Dette fordi de mest effektive dyreplanktonspisende artene mort og laue opptre i langt mindre antall både i pelagiske og strandnære områder enn man kunne forvente. Dette er sannsynligvis forårsaket av høy predasjonsrisiko fra gjørs og konkurranse fra brasme/flire. Som tidligere nevnt er krøkle ikke påvist i Vestre Vansjø.

Mens fisketetthet og biomasse basert på hydroakustikk i perioden 2006-2009 hadde en nedadgående tendens, og i alle år var lavere enn i 2003, var det en markert økning i 2010. Pelagisk fisketetthet og biomasse synes å være tilbake til situasjonen i 2003. Imidlertid var fangstene i de pelagiske områdene fortsatt lave i 2010, og her er det et misforhold mellom hydroakustikk og fangstmengde (CPUE) som ikke uten videre lar seg forklare.

Stor dominans av brasme, flire og sørv, dvs. de høyryggete arter er bl.a. et resultat av gjørs som dominerende rovfisk. Siden gjørs foretrekker små byttfiskearter, og spesielt de som er mindre høyryggete, så vil småmort, laue og krøkle være arter som er mest predatorutsatt der gjørs dominerer, mens høyryggete arter vil være mindre predatorutsatt.

6. Referanser

- Ali, M.A., Ryde, R.A. and Ancil, M. 1977. Photoreceptors and visual pigments as related to behavioural responses and preferred habitats of perches (*Perca* spp.) and pikeperches (*Stizostedion* spp.). J. Fish. Res. Bd can., 34: 1475-80
- Andersen, T., Brabrand, Å., Færøvig, P. J., Kaasa, B., Molversmyr, Å., Skjelbred, B., Aasberg, T., 2006. Vurdering av mulig interngjødsling i Vestre Vansjø. Oslo: Norsk institutt for vannforskning, fagrapport Lnr. 5144, 30 s.
- Benndorf, J., Schultz, H., Benndorf, A., Unger, R., Penz, E., Kneschke, H., Kossatz, K., Dumke, R., Hornig, U., Kruspe, R. and Reichel, S. 1988. Food-web manipulation bulv enhancement of piscivorous fish stocks: long-term effects in the hypertrophic Bautzen reservoir. Limnologia 19: 97-110.
- Bjerkeng, B., Borgstrøm, R., Brabrand, Å. and Faafeng, B. A. 1991. Fish size distribution and total fish biomass estimated by hydroacoustical methods: a statistical approach. *Fisheries Research*; 11: 41-73
- Brabrand, Å. 1979. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med eutrofiering av Vansjø, østfold. Rapp.Lab.Ferskv. økol. Innlandsfiske. Oslo 40, 42 s.
- Brabrand, Å., Faafeng, B. A. Nilssen, J. P. 1990. Relative importance of phosphorus supply to phytoplankton production: fish excretion versus external loading. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47(2):364-372
- Brabrand, Åge. 2002. Miljøfaglige undersøkelser i Øyeren 1994-2000: Langtidsutvikling og forvaltning av fiskesamfunn. : Universitetets naturhistoriske museer og botaniske hage, Oslo. Rapp.Lab.Ferskvøkol.Innlandsfiske, 88 s.
- Brabrand, Å. og Lien, I. 2004. Fiskeribiologisk undersøkelse i Vansjø, Østfold. Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske, 227, 52 s.
- Brabrand, Å. Forvaltningsstrategier for rovfiskbestander i lavlandsvassdrag. Restaurering av Vanemfjorden, Vansjø i Østfold; 24.06.2004 - 25.06.2004. Publisert i: *NIVA-rapport*, 33 s
- Carpenter, S. R., Kitchell, J. F., Hodgson, J. R. 1985. Cascading trophic interactions and lake productivity. *Bioscience* 35: 634-639
- Casselman, J.M. and Lewis, C.A. 1996. Habitat requirements of northern pike (*Esox lucius*). Can. J. Fish. Aquatic. Sci. 53 (suppl. 1) 161-174
- Coble, D.W. 1972. Ecological significance of vegetation to northern pike, *Esox lucius*, spawning. Trans. Am. Fish. Soc. 117: 495-502
- Craig, R.A. and Babaluk, J.A. 1989. Relation of condition of walley (*Stizostedion vitreum*) and northern pike (*Esox lucius*) to water clarity, with special reference to Dauphin lake, Manitoba. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 1581-1586.
- Craig, R.E. og Forbes, S.T. 1969. Design og a sonar for fish counting. Fiskeridiv. Skr. Ser. Havunders. 15, 210-219.
- Epperson, B. 2002. Blue-Greenn Algal Poisoning. Extension Veterinarian.
- Grimm, M.P. and Backx, J.J.G.M. 1990. The restoration of shallow eutrophic lakes, and the role of northern pike, aquatic vegetation and nutrient concentration.. *Hydrobiologia* 200/2001: 557-566.
- Gravel, Y. and Dube, J. 1980. Les conditions hydriques et le role de le vegetation dans une frayere a grand brochets, *Esox lucius* linne. Eau Que. 13: 229-230
- Hauger, T. 1980. Fiskeprosjekt Vansjø. Årsrapport for året 1980. Samarbeidsutvalget for Vansjø- Hobølvassdraget, 14 s.
- Hassler, T.J. 1970. Environmental influence on early developement and year-class strength of northern pike in Lakes Oahe and Sharpe, South Dacota. Trans. Am. Fish. Soc. 99: 369-375

- Holland, L.E. and Huston, M.L. 1984. Relationship of young-of-the-year northern pike to aquatic vegetation types in backwaters of the upper Mississippi River. *North Am. J. Fish. Manage.* 4:514-522
- Inskip, P.D. 1982. Habitat suitability index models: northern pike. FWS/OBS-82/10.17.U.S. Fish and Wildlife service.
- Johnsen, F.H. 1957. Northern pike year-class strength and spring water levels. *Trans. Am. Fish. Soc.* 86:285-293
- Lien, I. og Brabrand, Å. 2004. Kvikksølv i gjedde, gjørs og abbor i Vansjø, Østfold. Oslo: Lab. Ferskvannssøk. Innlandsfiske, 226, 20 s.
- Lindem, T. og Sandlund, O.T. 1984. Ekkoloddregistrering av pelagiske fiskebestander i innsjøer. *Fauna* 37: 105-111.
- Pethon, P. 1980. Beskrivelse av noen erfaringar med bunntål for ferskvannsbuk. *Fauna* 33:29-33.
- Liljendahl-Nurminen, A., Horppila, J., Eloranta, P., Malinen, T. and Uusitalo, L. 2002. The seasonal dynamics and distribution of *Chaoborus flavicans* larvae in adjacent lake basins of different morphometry and degree of eutrophication. *Freshwater Biology* 47, 1283–1295.
- McCuskey, R.S. & Earnest, D.1997. Comprehensive toxicology Hepatic and gastrointestinal toxicology. (Volume 9). Elsevier Sciences Ltd., 1997. ISBN 0.08.042974.2.
- Linfield, R.S.J. and Rickards, R.B.1979. The zander in perspective. *Fish management*,10:1-26
- Lindem, T. og Sandlund, O.T. 1984. Ekkoloddregistrering av pelagiske fiskebestander i innsjøer. *Fauna* 37, 105-111.
- Minns, C.K., Randall, R.G., Moore, J.E. and Cairns, V.W. 1996. A model simulating the impact of habitat supply limits on northern pike, *Esox lucius*, in Hamilton Harbour, Lake Ontario. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.* 53 (suppl. 1) 20-34
- Pethon, P. 1980. Beskrivelse av noen erfaringar med bunntål for ferskvannsbuk. *Fauna* 33:29-33.
- Raat, A.J.P. 1988. Synopsis of biological data on the northern pike *Esox lucius* Linnaeus, 1758. Rome: FAO, FAO Fish Synopsis, no. 30 (Revision 2), 178 pp.
- Sharma, C.M. & Borgstrøm, R. 2008. Shift in density, habitat use, and diet of perch and roach: an effect of changed predation pressure after manipulation of pike. *Fisheries Research*: 91: 98–106.
- Sharma, C.M. and Borgstrøm, R. 2008. Increased population density and reduced prey size of pike *Esox lucius* – a result of selective exploitation of large individuals. *Ecology of Freshwater Fish*. doi: 10.1111/j.1600-0633.2008.00310.x
- Sonesten, L. Gøsens biologi - en litteratursammanställning. Information frå Søtvattens laboratoriet - Drottningholm, 1, 89 s.
- Schindler, D. E., Kitchell, J. F., He, X., Carpenter, S. R., Hodgson, J. R., Cottingham, K. L. 1993. Food-web structure and phosphorus cycling in lakes. *Trans. Am. Fish. Soc.* 122: 756-772
- Sterner, R. W., Elser, J. J., Hessen, D. O. 1992. Stoichiometric relationships among producers, consumers and nutrient cycling in pelagic ecosystems. *Biogeochemistry* 17: 49-67
- Tierney, D., Donnelly, R.E. and Caffrey, J.M. 1999. Growth of bream, *Abramis brama* (L.), in Irish canals and implications for management. *Fisheries Management and Ecology*, 6: 487-498.
- Vanni, M. J., Layne, C. D. 1997. Nutrient recycling and herbivory as mechanisms in the "top-down" effect of fish on algae in lakes. *Ecology* 78 (1): 21-40