

Hardangervidda- prosjektet

Resultater fra undersøkelsene i
2006



Prøvefiske på Fjellsjøen 2. oktober 2006 (foto: Eirik Fjeld)

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Hardangervidda-prosjektet Resultater fra undersøkelsene i 2006	Løpenr. (for bestilling) 5428-2007	Dato 18. mai 2007
	Prosjektnr. Undernr. 21960	Sider Pris 36 + vedlegg
Forfatter(e) Sigurd Rognerud Atle Rustadbakken Tore Qvenild, FM-Hedmark	Fagområde limnologi	Distribusjon
	Geografisk område Hardangervidda	Trykket NIVA


Oppdragsgiver(e) Direktoratet for Naturforvaltning (DN) og EBL-Kompetanse	Oppdragsreferanse Steinar Sandøy (DN) Arne Erlandsen (EBL-kompetanse)
--	--

Dette er den fjerde rapporten fra forskningsprosjektet om klimaendringenes betydning for fiske og forvaltning av ørretbestandene på Hardangervidda. Temperaturen var viktigst for fiskens årsspesifikke vekst i Sandvatn, Ørteren og Halnefjorden, mens i Dargesjøen, Fjellsjøen, Kalhovdfjorden og Lægereidvatn var tetthetsvariasjoner gjennom et intensivt fiske viktigere enn temperaturen. I Mårvatn har fiskens årsspesifikke vekst avtatt gradvis de siste 5 årene på grunn av høy tetthet, lav dødelighet pga. for lite fiske og mangel på viktige næringsdyr. Klimaendringene de siste 20 årene har ført til mer hyppig ekstemvær, høyere temperaturer i vekstsesongen, mildere og mer vindfullt vær om høsten og lengre vekstsesonger. Dette er positivt for fiskens årsspesifikke vekst, men effekten har uteblitt når bestandstettheten er for stor, og når smeltevann fra store snøleier har kjølt ned innsjøene sommerstid slik tilfellet var i Kvennavassdraget innsjøer i 2005. Klimaprognoser tilsier hyppigere år med mye snø i sydvestre deler av Kvennas nedbørfelt. Dette kan være negativt for produksjon av fisk i Kvennavassdragets innsjøer.

Fire norske emneord 1. Hardangervidda 2. Klimavariasjoner 3. Innsjøer 4. Fisk	Fire engelske emneord 1. Hardangervidda 2. Klimavariasjoner 3. Lakes 4. Fish
---	--



Sigurd Rognerud
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Hardangervidda-prosjektet

Resultater for undersøkelsene i 2006

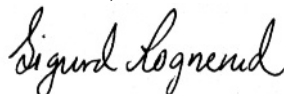
Forord

Denne rapporten er den fjerde rapporten fra forskningsprosjektet om klimaendringenes betydning for fiske og forvaltning av ørretbestandene på Hardangervidda. Resultatene skal danne bakgrunn for å kunne forutsi konsekvensene for fiskebestandene ved fremtidige klimascenarier slik som beskrevet i RegClim-prosjektet (Iversen et al. 2005). Det er utarbeidet tre tidligere rapporter som omhandler klimavariasjonenes betydning for ørreten, næringsnettets struktur og fiskens innhold av miljøgifter. I 2005 ble det satt opp en automatisk værstasjon ved Dargesjøen sentralt på Hardangervidda for å kalibrere værdata med data fra de nærmeste meteorologiske stasjonene Geilostølen og Møsstrand (met.no). Resultatene fra denne delundersøkelsen har gjort det mulig å beregne temperatur og vindforhold inne på sentrale deler av på Hardangervidda tilbake i tid. Dette sammen med årlige data over snømengder på vår og forsommer (met.no og NVE) har gjort det mulig å beskrive temperaturgang og produksjonssesongens lengde i innsjøer på ulike deler av Hardangervidda.

NIVA initierte dette forskningsprosjektet i 2000 og i den første fasen (2000-2003) var det 10 finansielle bidragsytere der Direktoratet for Naturforvaltning (DN), EBL-kompetanse, Statskog SF og NIVA var de største. I perioden 2004-2006 har prosjektet vært finansiert av DN, EBL-kompetanse og NIVA.

Data om nedbørfelt, innsjøareal og snøforhold er hentet fra NVE (nve.no). Feltarbeidet i 2006 ble gjennomført av Sigurd Rognerud, Eirik Fjeld og Atle Rustadbakken fra NIVA og Tore Qvenild fra FM-Hedmark. Sistnevnte har vært ansvarlig for fiskeundersøkelsene i Sandvatn. Ved prøvefiske i de regulerte innsjøene har følgende deltatt: Sigmund Holte (Mårvatn, Kalhovdmagasinet), Ola O. Mørk (Ørteren), Jan Birger Furuset (Lægereidvatn) og Anders Waksdal (Halnefjorden). Tilsynsutvalet i Telemark for verneområda på Hardangervidda har gitt de nødvendige landingsløyver for sjøfly. Mårfjell sameige og IS Laagefjeld har stilt hytter til disposisjon og gitt fiskeløyver. Stein Lier Hansen har vært behjelpelig med logstikk og lokalkunnskap rundt undersøkelsene på Dargesjøen. Alle takkes for et godt samarbeid og at det har vært mulig å gjennomføre undersøkelsen.

Ottestad, 18. mai 2007



Sigurd Rognerud

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Metoder	8
2.1 Værdata	8
2.2 Temperaturloggere	8
2.3 Fiskeundersøkelsene	8
3. Resultater	9
3.1 Værdata	9
3.2 Snødata	9
3.3 Temperatur i innsjøene i 2006	12
3.3.1 Temperatur i innsjøene i Kvennavassdraget	12
3.3.2 Temperatur i ulike dyp i Fjellsjøen, Dargesjøen og Sandvatn	12
3.3.3 Temperatur og islegging i Dargesjøen 2005-2006.	14
3.4 Fiskeundersøkelsene i Sandvatn	15
3.4.1 Garnselektivitet	15
3.4.2 Lengde- og aldersfordeling	16
3.4.3 Kondisjon og kjøttfarge	17
3.4.4 Tilveksten til 1997-årsklassen	18
3.4.5 Ernæringsforhold i 2006	18
3.5 Fiskeribiologiske forhold i alle innsjøene.	21
3.5.1 Fangstdata	21
3.5.2 Næringsdyr	24
3.5.3 Årsspesifikk vekst	25
4. Diskusjon	27
4.1 Fysiske forhold	27
4.2 Fiskens rekrutteringsforhold	29
4.3 Fiskens ernæring	30
4.4 Fiskens vekst og kjønnsmodning	32
5. Referanser	33
6. Vedlegg	37

Sammen drag

Forskningsprosjektet om ørretens livsvilkår på Hardangervidda, som startet i 2001, har vist at årlige variasjoner i været har stor betydning for ørretens rekruttering, årsklassestyrke, årsspesifikk vekst og avkastning. I tillegg til temperatur og produksjonsesongens lengde påvirkes fiskens årsspesifikke vekst av variasjoner i bestandstetthet (som bl.a er styrt av rekruttering og dødelighet gjennom fiske). I de innsjøene vi har undersøkt var temperaturen viktigst for årsspesifikk vekst i Sandvatn, Ørteren og Halnefjorden, mens i Dargesjøen, Fjellsjøen, Kalhovdfjorden og Lægereidvatn var tetthetsvariasjoner gjennom et intensivt fiske viktigere enn temperaturen. I Mårvatn var tettheten for stor (lav dødelighet pga for lite fiske) i forhold til næringstilgangen, slik at årsspesifikk vekst har gradvis avtatt de siste 5 årene og større fisk hadde nesten stagnert i vekst i 2006. Klimaendringene de siste 20 årene har ført til mer hyppig ekstemvær, høyere temperaturer i vekstsesongen, mildere og vindfulle høstperioder samt lengre vekstsesonger. Dette er positivt for fiskens årsspesifikke vekst, men effekten har uteblitt når bestandstettheten er for stor, og når smeltevann fra store snøleier har kjølt ned innsjøene sommerstid slik tilfellet var i Kvennavassdraget innsjøer i 2005. Klimaprognoser tilsier hyppigere år med mye snø i sydvestre deler av Kvennas nedbørfelt. Dette kan være negativt for produksjon av fisk i Kvennavassdragets innsjøer.

Lys- og temperaturforholdene i innsjøer er svært viktige for akvatiske økosystem, og kunnskapen om årssyklus og år til år variasjoner i disse klimarelaterte parametrene er avgjørende for tolkning av variasjoner i biologiske forhold. Vanntemperaturen er spesielt viktig da den påvirker termisk lagdeling, løseligheten av oksygen samt metabolske prosesser i planter og dyr. Det varmere overflatelaget (epilimnion) er den delen av innsjøen som vil gi størst og raskest endringer på lokale variasjoner i vær og klimaendringer forårsaket av ytre pådriv. Temperaturen i innsjøenes overflatelag i den isfrie perioden samvarierte godt med lufttemperaturene og generelt sett har temperaturene i perioden juli-september vært høyere enn normalt de siste 13 årene. I 2006 var avviket størst med 2 °C varmere enn normalt. Hardangerviddas treløse høyfjellsplatå har lave konturer og innsjøene er i liten grad skjermet for de fleste vindretninger. I slike "energiske" omgivelser der landskapet er relativt flatt, og innsjøene grunne til middels dype, er den effektive fordelingen av varme nedover i innsjøene svært positivt for akvatiske organismers vekst. Det at største delen av bunnarealet i innsjøen er produktive områder antagelig avgjørende for den høye produksjonen av fisk i disse fjellsjøene.

Vi har tidligere vist at det sommerstid er synkron samvariasjon mellom lufttemperatur ved ulike meteorologiske stasjoner rundt Hardangervidda (LTm) og sentralt på vidda (LTv), mellom vanntemperatur i innsjøers overflatelag på sentralvidda (VTO) og LTm. Klimatiske faktorer som lufttemperatur og vind vil derfor gjennom sommersesongen i utgangspunktet samvariere over store områder. Innsjøenes morfologi og beliggenhet i nedbørfeltet har imidlertid avgjørende betydning for hvordan klimaet påvirker de lokale produksjonsforholdene for fisk. Sentralt i dette er antagelig en stabil tilgang på vann i gytebekkene gjennom vunteren (som påvirke rekrutteringen), vannets oppholdstid i innsjøene og snøsmeltningen i nedbørfeltene. I Kvennavassdragets innsjøer samvarierte VTO gjennom sesongen. Innsjøene er grunne og vannet har kort oppholdstid. Nedbørfeltet er stort og ofte er det mye snø i de høyereliggende områdene vest. I 2005 førte snøsmelting sommerstid til en betydelig lavere temperatur enn forventet ut fra LTm og lav årsspesifikk vekst av fisk i Sandvatn. Mye snø i nedbørfeltet og høy sommertemperatur (stor avsmelting) vil i slike tilfelle gi redusert produksjon av fisk, mens det motsatte vil skje i innsjøer på andre deler av Hardangervidda der både snømengdene og nedbørfeltene er langt mindre.

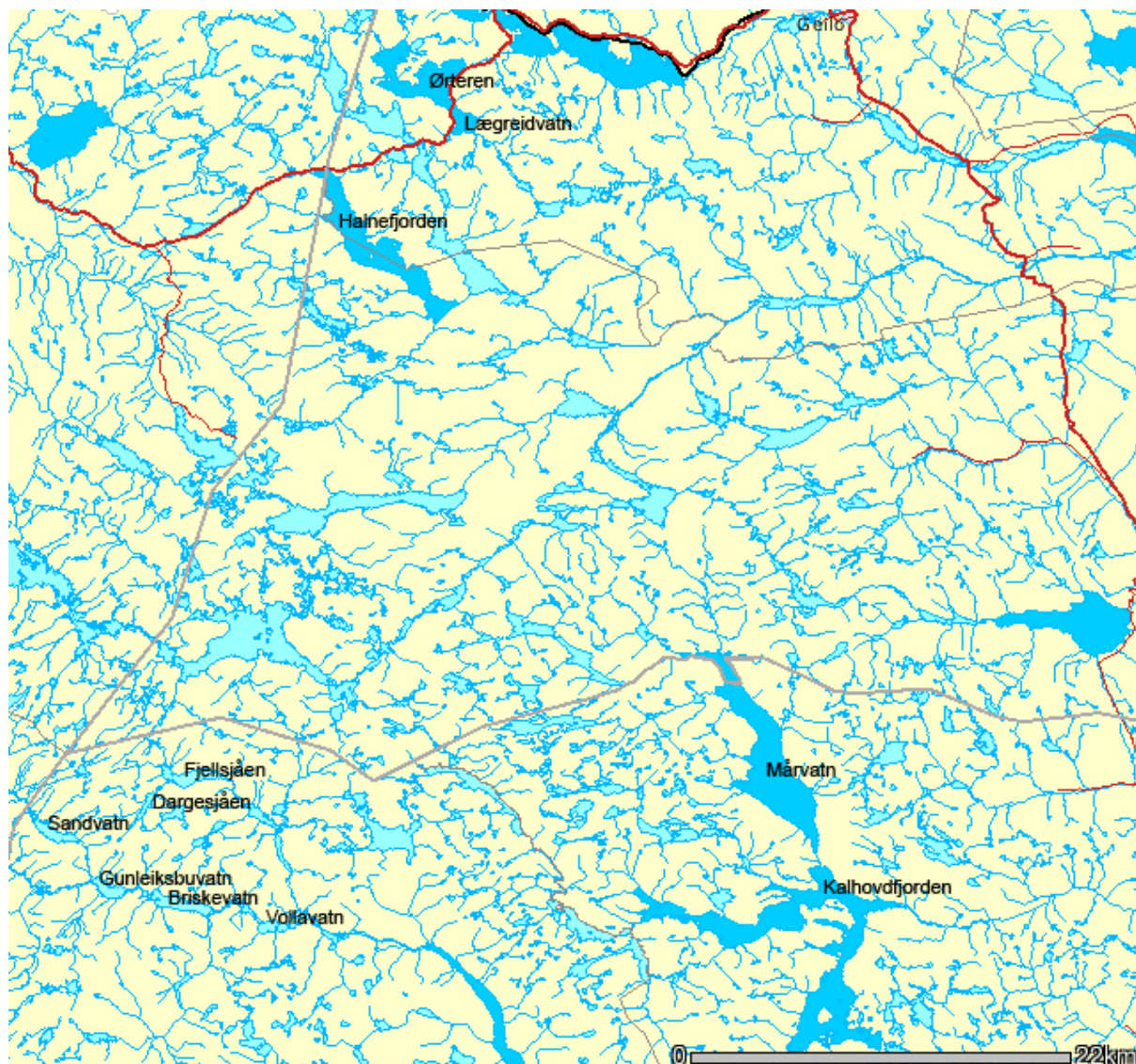
1. Innledning

Hardangervidda er Norges største nasjonalpark, Europas største høyfjellsplatå og verdens største sammenhengende fjellområde hvor ørret er eneste fiskeart. Selv om hoveddelen av Hardangervidda er nasjonalpark er det adgang til å drive kommersielt fiske i mange av innsjøene. I bygdene som grenser inn til Hardangervidda er det knyttet betydelige økonomiske interesser til høstingen av disse ørretbestandene. Det bør være et nasjonalt ansvar og skape kunnskap om riktig forvaltning av fiskeressursene i et slikt unikt fjellområde.

Gjennom undersøkelsene i perioden 2000 til 2005 av ørretens livsvilkår på Hardangervidda har vist at de årlige svingninger i værforholdene har stor betydning for ørretens rekruttering og årsklassestyrke, tilvekst og avkastning (Rognerud et al. 2003, 2005, 2006). Særlig har ekstremsituasjoner i været i viktige perioder av året avgjørende betydning for disse forholdene. Klimaprognosene viser at ekstremvær kommer til å opptre mer hyppig i årene som kommer (Iversen et al. 2005), og det er rimelig å anta at dette får spesielt stor betydning for økosystemet i høyfjellsjøer. Fiskens livsvilkår kan endres betydelig da klimatiske forhold setter klare grenser for produksjonskapasiteten i fjellsjøer. Det har også vist seg at bunnfrysing av gytebekker i snøfattige år og sein isgang i snørike år kan ha dramatiske konsekvenser for ørretyngelens overlevelse og derved årsklassestyrke. Dersom yngelen overlever plommesekk-stadiet vil tilveksten den kommende produksjons sesong være avgjørende for graden av overlevelse den første vinteren. Etter at 1996 årgangen i praksis forsvant over store deler av Hardangervidda på grunn av bunnfrysing av gytebekkene denne snøfattige vinteren kom 1997-årgangen til dekket bord. Denne årsklassen har da også blitt svært dominerende i mange bestander (Rognerud et al 2003, 2005, Borgstrøm 2005). I 2006 var 1997-årsklassen på retur og de nye årsklassene 2001 og særlig 2002 har fått økende betydning i bestandene.

Vanntemperaturen har avgjørende betydning for vitale prosesser i akvatiske organismer. Hastigheten på prosesser som vekst og utvikling øker med en faktor på ca 2 ved en økning i temperaturen på ca 10 grader. Ved hjelp av stabile isotoper har vi vist at økosystemet i mange fjellsjøer i all hovedsak har sin energi fra sollys fiksert av bunnlevende påvekstalg (Rognerud et al. 2003). Derfor er temperaturforholdene i innsjøene sommerstid, produksjons sesongens lengde og lysvekningen i vannmassene viktig variable for økosystemets produktivitet. Innsjøenes dybdeforhold er viktig for å vurdere omfanget av produktive bunnområder og termisk lagdeling i vannmassene. I denne rapporten har vi også lagt vekt på å klarlegge de fysiske egenskapene knyttet til vanntemperatur, sirkulasjonforhold og andelen produktive bunnområder i typiske innsjøer på Hardangervidda.

I 2006 fortsatte vi undersøkelsene av værforholdenes betydning for fiskens årsspesifikke vekst i de uregulerte referansesjøene Sandvatn, Dargesjøen og Fjellsjøen i Kvennas nedbørfelt på Hardangerviddas sentrale område, men i tillegg undersøkte vi også regulerte innsjøer som Mårvatn, Kalhovdmagasinet, Ørteren, Lægereidvatnet og Halnefjorden på Hardangervidda utenfor nasjonalparken (Fig. 1). Målsetningen for prosjektet i 2006 har vært å undersøke: i) fiskens årsspesifikke tilvekst i referansesjøene og i noen regulerte innsjøer. ii) følge utviklingen av den sterke 1997 årsklassen. iii) finne ut hvordan fiskens diett endres når en slik sterk årsklasse opptre i bestanden i mange år. iv) hvordan nye årsklasser 2001/2002 klarer konkurransen med 1997-årsklassen, v) værforholdenes innvirkning på fysiske forhold i innsjøene slik som temperatur, sirkulasjon og produksjons sesongens lengde, vi) i hvilken grad fiskens vekst og tilgang på næringsdyr påvirkes av fysiske forhold, som vanntemperatur, snømengde, isfri periode og biologiske forhold som bestandstettheten av fisk. vii) hvordan fiskens vekst og forekomsten av næringsdyr modifieres eller endres som følge av fysiske inngrep som reguleringer og fiskens bestandstetthet.



Figur 1. Beliggenheten av de undersøkte innsjøene på Hardangervidda. Innsjøer merket mørkeblått er regulerte innsjøer. Fiskebestander er undersøkt i "referansesjøene" Sandvatn, Dargesjøen og Fjellsjøen i Kvennavassdraget og i de regulerte innsjøene Halnefjorden, Lægreidvatn, Ørteren, Mårvatn og Kalhovdfjorden i Kalhovdmagasinet. Temperaturforhold er undersøkt i referansesjøene samt i Gunleiksbuvatn, Briskevatt og Vollevatt som alle ligger i Kvenna nedstrøms Sandvatn. Kartgrunnlag: nve. no

2. Metoder

2.1 Værdata

Temperaturforholdene inne på sentralvidda ble i 2005 kalibrert ved hjelp av en værstasjon som ble satt opp ved Dargesjøen og sammenlignet med målinger ved Geilostølen og Møsstrand meteorologiske stasjoner. Det var en svært god sammenheng mellom variasjonene av lufttemperaturer (døgnmidler) ved de tre målestasjonene. Forskjellene var i snitt 0,8 °C pr. 100 m høydeforskjell (Rognerud et al. 2006). Geilostølen (810 moh) har til nå vært benyttet som referanse for temperaturforholdene på sentralvidda over tid, men denne stasjonen ble nedlagt i 2005. Ved beregninger av middeltemperaturen i produksjonsesongen i 2006 er data fra Møsstrand (977 moh) benyttet og justert opp med 0,27 °C for å fortsette tidsrekken ved Geilostølen. Meteorologiske data er hentet fra met.no.

Ved hjelp av en modell simuleres snømengder hver dag for hver kvadratkilometer i Norge (nve.no). Modellene beregner snøens vannekvivalenter, fritt vann i snøen og avrenning fra snøen. Vi har hentet ut slike snøkart fra dette nettstedet for fire tidspunkt i perioden 2001 – 2006 for Hardangervidda.

2.2 Temperaturloggere

Temperaturloggerene registrerte vanntemperaturen hver time på 1m's dyp i alle innsjøene som ble undersøkt i Kvennavassdraget i perioden 24. juni – 2. oktober 2006. I tillegg ble loggere satt ut på dypeste punkt i Sandvatn, Dargesjøen og Fjellsjøen (som ligger i et sidevassdrag til Kvenna). I Fjellsjøene som er den største og dypeste av de undersøkte innsjøene ble temperaturloggere også satt ut på 10 m og 15m.

2.3 Fiskeundersøkelsene

Prøvefisket i ble gjennomført ved følgende tidsperiode: Dargesjøen (23.06.06 – 24.06.06), Sandvatn (12.08.06 - 17.08.06), Mårvatn (05.09.06 – 06.09.06), Kalhovdfjorden (05.09.06 – 06.09.06), Lægereidvatn (06.09.06 – 07.09.06), Ørteren (09.10.06 - 10.10.06), Halnefjorden (09.10.10 – 10.10.06) og Fjellsjøen (01.10.06 – 02.10.06).

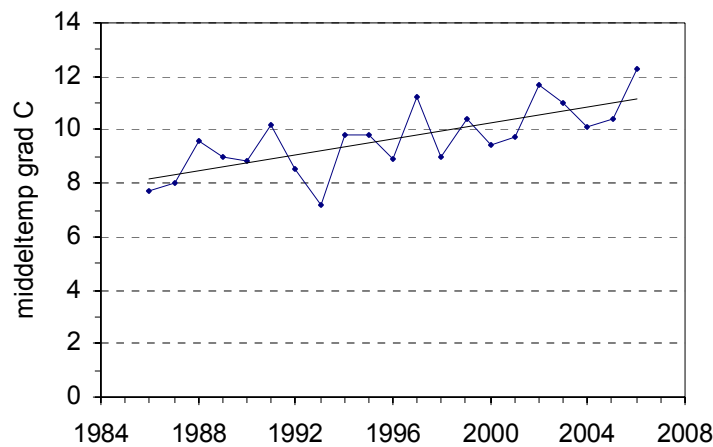
Fiskens lengde er målt fra snute til halespiss i naturlig utstrakt stilling. Vekt er angitt til nærmeste gram på elektronisk vekt. Kjønn og stadium ble bestemt etter Dahl (1917), og fiskens kjøttfarge ble registrert etter en kvalitativ skala med angivelse av hvit, lys rød eller rød kjøttfarge. Mageinnhold ble bestemt i felt. Dominerende grupper i mageinnholdet ble anslått til volumprosent av det totale. Fyllingsgraden ble angitt på en skala fra 0-5 hvor 0 er tom og 5 er utspilt mage. Fiskens kondisjonsfaktor, k-faktor, er beregnet fra formelen: $k = 100 \cdot \text{vekt(g)} / \text{lengde}^3 \text{ (cm)}$. Fisk som har k-faktor < 0,95 betegnes som slank, $0,95 < k < 1,05$ som normalt god kondisjon og k-faktor > 1,05 som feit. Alderen på fisken ble bestemt ved hjelp av otolitter. Disse ble lest hele under stereomikroskop i påfallende lys mot mørk bakgrunn. Otolitter fra større fisk ble også lest etter at de først ble knekt gjennom sentrum ved bruk av skalpellblad, og deretter brent før avlesing under stereomikroskop.

Tilveksten ble tilbakeberegnet fra skjell ved hjelp av metode beskrevet av Dahl (1910). Metoden forutsetter en direkte liniær proporsjonalitet mellom skjellradier og fiskens lengde. Den årlige tilveksten er som hovedregel beregnet ut fra to skjell fra hver fisk og middelverdien av de ulike soner benyttet ved vekstberegningen. Tilveksten for de to første leveårene er ikke tatt med da ungfisk ikke har direkte proporsjonalitet mellom skjellvekst og lengdevekst på samme måte som eldre fisk. For kjønnsmoden fisk er året ekskludert i beregningen på grunn av stagnasjon i veksten under kjønnsmodningen.

3. Resultater

3.1 Værdata

Temperaturen i månedene juli, august og september er viktige for produksjon av fisk og næringsdyr. Denne perioden er mest aktuell da isen på sentralvidda normalt går i midten av juni og legger seg i midten av oktober. Vi har tidligere vist at temperaturen sommerstid ved Geilostølen er godt korrelert til vanntemperaturene i overflatesjiktet av innsjøene inne på sentralvidda, selv om det er en liten tidsforsinkelse i oppvarmingsfasen og i avkjølingsfasen på grunn av vannets store varmekapasitet (Rognerud et al. 2003, 2005, 2006). Basert på en regresjon for gjennomsnittlig lufttemperatur i perioden juli – september (JAS) fra 1986 til 2006 har det vært en generell økning på 3 °C på disse 20 årene (Fig. 2). De siste 13 årene har temperaturen (JAS) vært over normalen (9,0 °C, 1961-1990) for denne perioden og i 2006 hele 2,1 °C høyere (Fig.2).

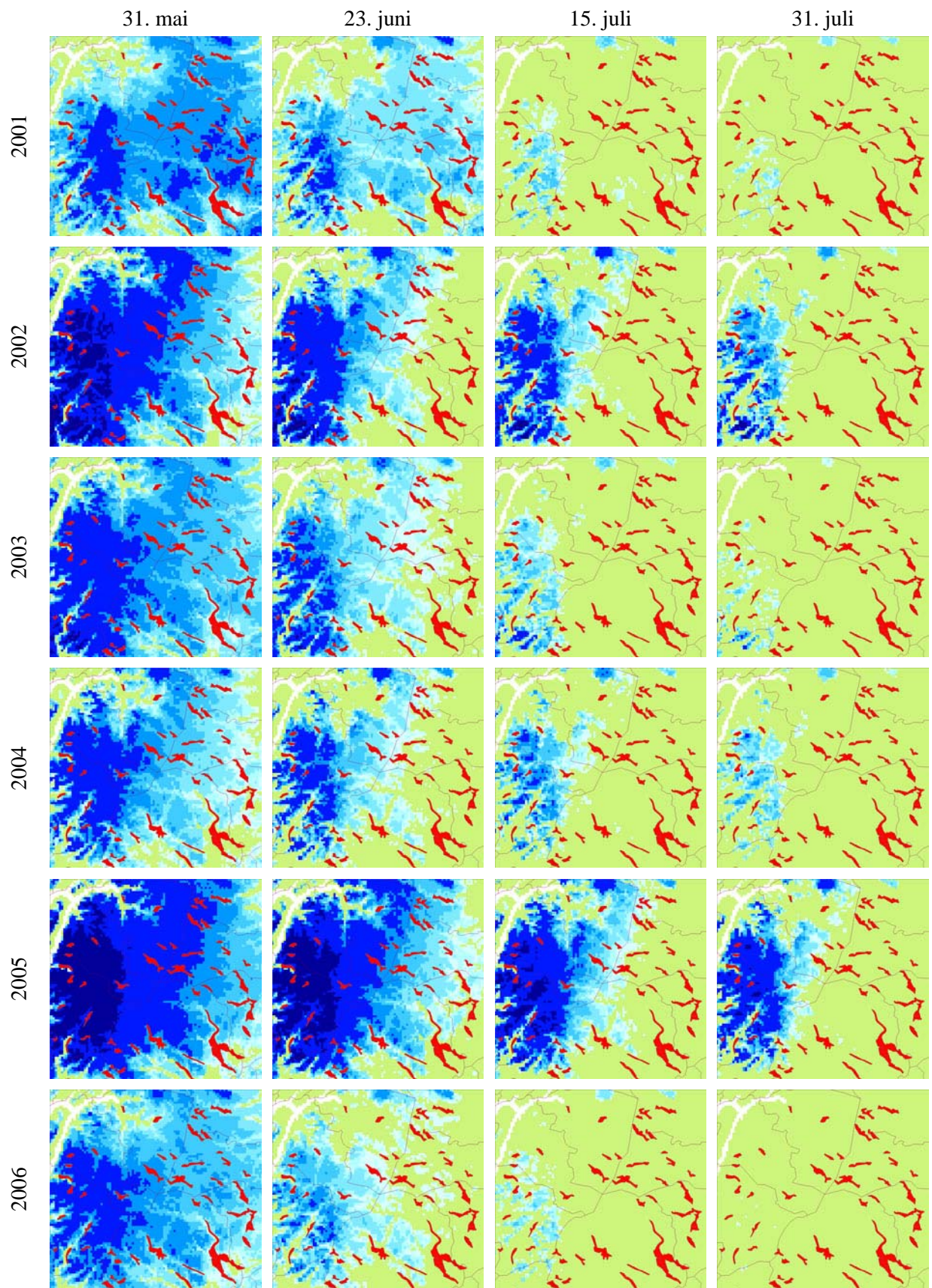


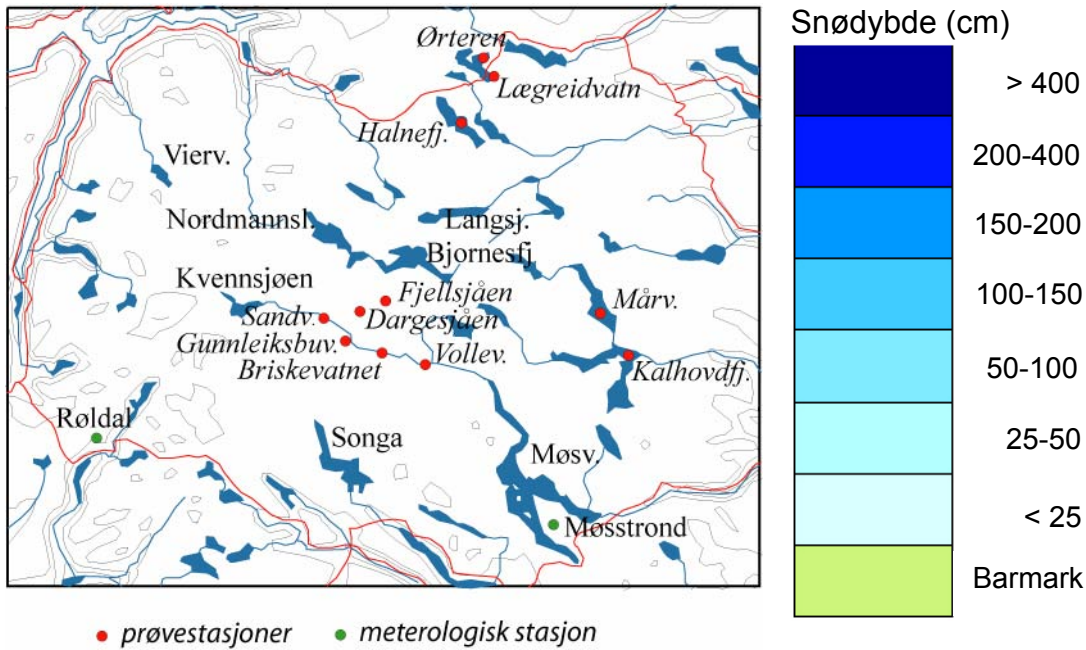
Figur 2. Middelttemperaturen ved Geilostølen meteorologiske stasjon for månedene juli, august og september i perioden 1986 til 2005. I 2006 mangler data fra Geilostølen, men da er data hentet fra Møsstrand met stasjon og justert opp med 0,27 °C (se metodekapitlet). Normalen for perioden 1961-1995 er 9,06 °C.

Undersøkelsene av fiskens vekst i Sandvatn har frembrakt data for perioden 1999 til 2006. I denne perioden har vær-situasjonen i sommerperioden vist store variasjoner. I Norge var 2005, 2004 og 2003 henholdsvis det 6-, 7ende og 8ende varmeste året siden Meteorologisk Institutt startet sine målinger i 1867 og 2006 var det tredje varmeste året som er registrert (met.no). Sommeren 2006 var den fjerde varmeste sommeren som er registrert. Været på Hardangervidda er sterkt preget av været på Vestlandet. For Vestlandet som helhet var 2006 det varmeste som er registrert og temperaturen var 1,8 °C over normalen (met.no). Det skal også nevnes at høsten 2006 (september-november) var den varmeste høsten siden målingene startet i 1867 med temperaturer på ca 3 °C over normalen (met.no). Selv om lufttemperaturer og vanntemperaturer i overflatelagene samvarierer etter isgang så vil innsjøer med nedbørfelt i høyereliggende områder med mye snø kunne preges av smeltevann utover sommeren. Derfor er en oversikt over snømengder regionalt på Hardangervidda i undersøkelsesperioden nyttig informasjon.

3.2 Snødata

Snømengden på Hardangervidda i perioden juni-august for undersøkelsesperioden er vist i figur 3.





Kilde: NVE og met.no

Figur 3. Snøkart for Hardangervidda for 4 tidspunkt i perioden 2001-2006 (motsatt side). Kartet er fremstilt ved hjelp av en modell som simulerer snømengder for hver kvadratkilometer på bakgrunn bl.a. interpoleringer mellom målestasjoner (kilde: NVE og met.no). I disse kartrutene er de største innsjøene merket rødt, mens lokaliseringen av undersøkte innsjøer i rutenettet og fargeskala for ulike snødyb er også vist..

Det har vært store regionale forskjeller i snømengder på Hardangervidda de årene undersøkelsene har pågått. Det har vært en betydelig gradient med størst snømengder i vest-sydvest og minst i øst, men dette er normalt (vist i Rognerud et al. 2003). I 2002 og særlig i 2005 var snømengdene så betydelige at snøen ikke forsvant i løpet av høsten i de vestligste fjellområdene. Disse årene var det fortsatt mye snø i midten av juli i øvre del av nedbørfeltet til Sandvatn og flekkvis ved Dargesjøen/Fjellsjøen. I 2003, 2004 og 2006 var det snøfritt allerede i månedskiftet juni/juli ved Dargesjøen og Fjellsjøen og flekkvis i Sandvatns nedbørfelt. Kvenna's nedbørfelt strekker seg langt mot sør-vest på Hardangervidda. I 2002 og spesielt i 2005 var det mye snø i dette området og kaldt smelte vann preget Kvenna og innsjøene fra Kvennsjøen til Møsvatn i store deler av sommerperioden (Rognerud et al 2006).

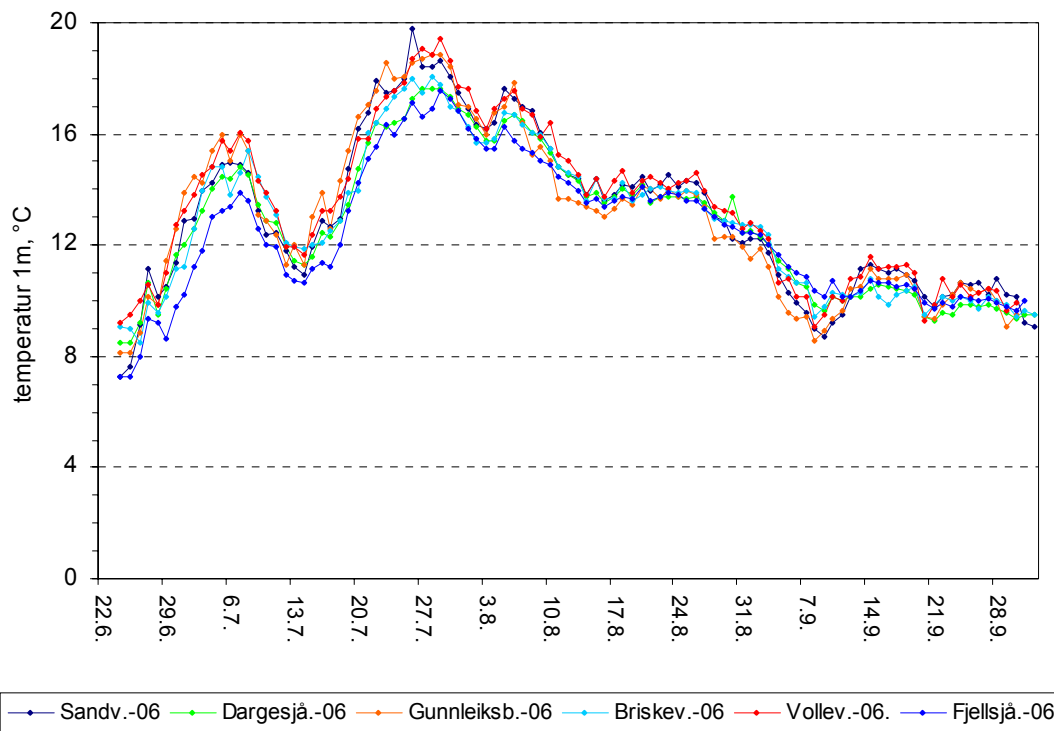
Blant de regulerte innsjøene var det tidligst snøfritt ved Mårvatn og Kalthovdfjorden. Tidligst i første halvdel av juni (2002, 2003, 2004) og seinest i slutten av juni (2001, 2005). I området rundt Halnefjorden, Ørteren og Lægreidvatn ligger snøen generelt noe lenger (2-3 uker) enn ved Mårvatn.

3.3 Temperatur i innsjøene i 2006

3.3.1 Temperatur i innsjøene i Kvennavassdraget

Vanntemperaturen i overflatelagene (1 m) viser en god samvariasjon i alle de 6 undersøkte innsjøene i Kvennavassdraget (Figur 4). Vollevatn er den lavest beliggende innsjøen (1031moh). De andre innsjøene ligger høyere hhv: Briskevatn (41 m), Gunnleiksbuvatn (45 m), Sandvatn (81 m), Fjellsjøen (166 m) og Dargesjøen (178 m). Overflatearealet og vannvolumet er minst i Dargesjøen, ca. dobbelt så stort i Sandvatn, Gunnleiksbuvatn og Vollevatn og nær 4 ganger så stort i Briskevatn og Fjellsjøen (Rognerud et al. 2003, 2006).

I oppvarmingsfasen fra slutten av juni og fram til begynnelsen av august var temperaturen lavest i de største innsjøene (Fjellsjøen og Briskevatn) og i Dargesjøen som er høyest beliggende. I avkjølingsfasen fra første av august til 10. september var forskjellene mindre, og på slutten av denne perioden var temperaturen tidvis høyest i de største innsjøene på grunn av større varmekapasitet. Fra 8. september til 19. september skjedde en oppvarming på grunn av det milde været. Dette gjorde at temperaturen i innsjøene 1. oktober var 9-10 °C. Dette er høyere enn normalt og ca. 5 grader høyere enn det har vært i de 5 foregående årene (Rognerud et al. 2006).

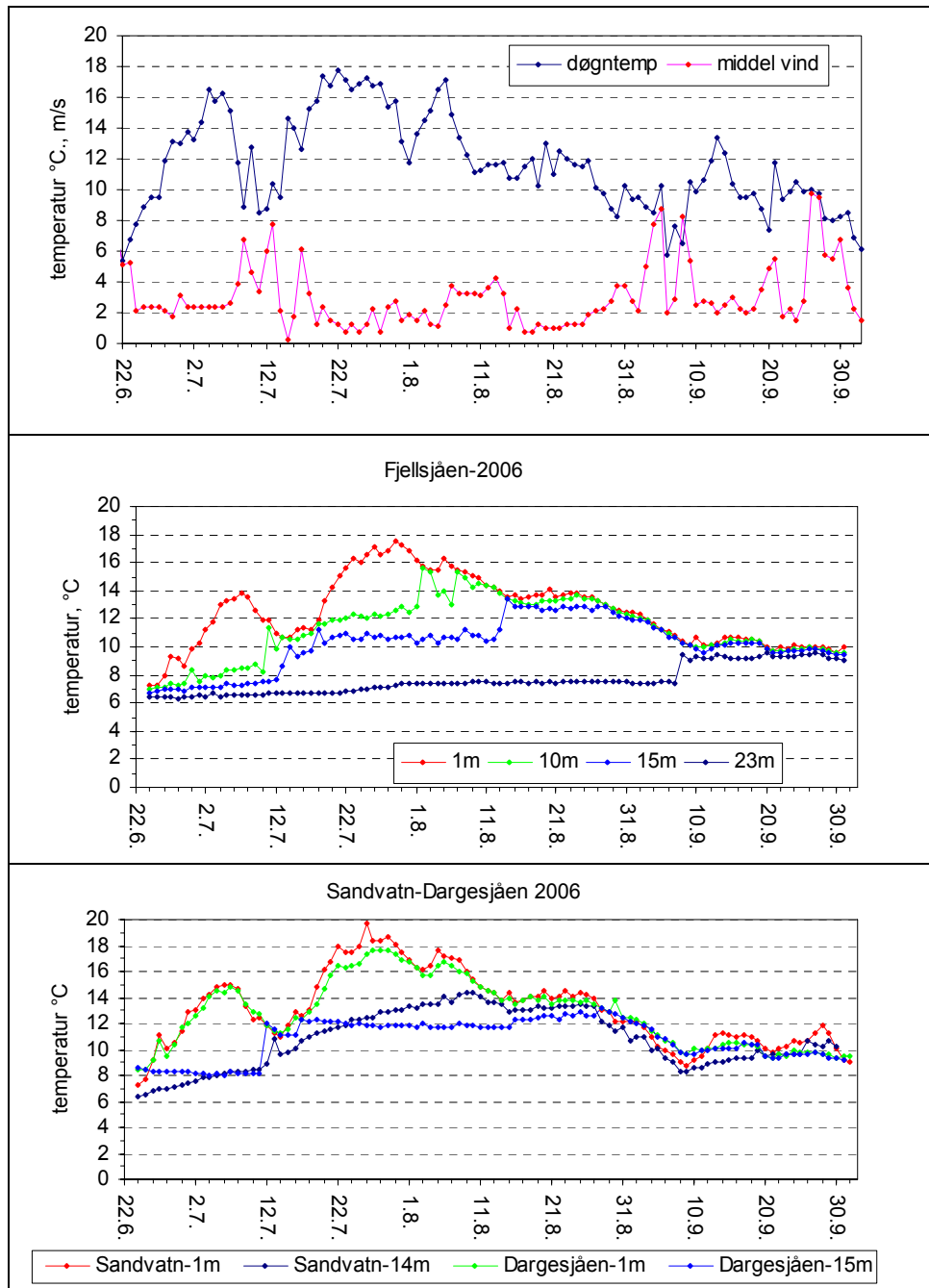


Figur 4. Vanntemperaturen (1m) i innsjøene i Kvennavassdraget i 2006. Sandvatn, Gunnleiksbuvatn, Briskevatn og Vollevatn ligger i selve Kvenna, mens Dargesjøen og Fjellsjøen ligger i Skvettavassdraget som er et sidevassdrag til Kvenna.

3.3.2 Temperatur i ulike dyp i Fjellsjøen, Dargesjøen og Sandvatn

Temperaturforholdene vertikalt i Fjellsjøen ble undersøkt i 2006 (Figur 5). Temperaturgangen på 1m følger stort sett variasjonene i lufttemperatur, men er noe mer avdempet på grunn av vannets varmekapasitet. I perioden 8. til 18. juli inntraff en kaldere og vindfull periode som førte til en sirkulasjon av vannmasser ned til 15 m i alle innsjøene. Perioden 18. juli til 6. august var det lite vind og varmt vær og en ny stagnasjonsperiode inntraff. Fra 7. august til 14. august ble det kaldere og

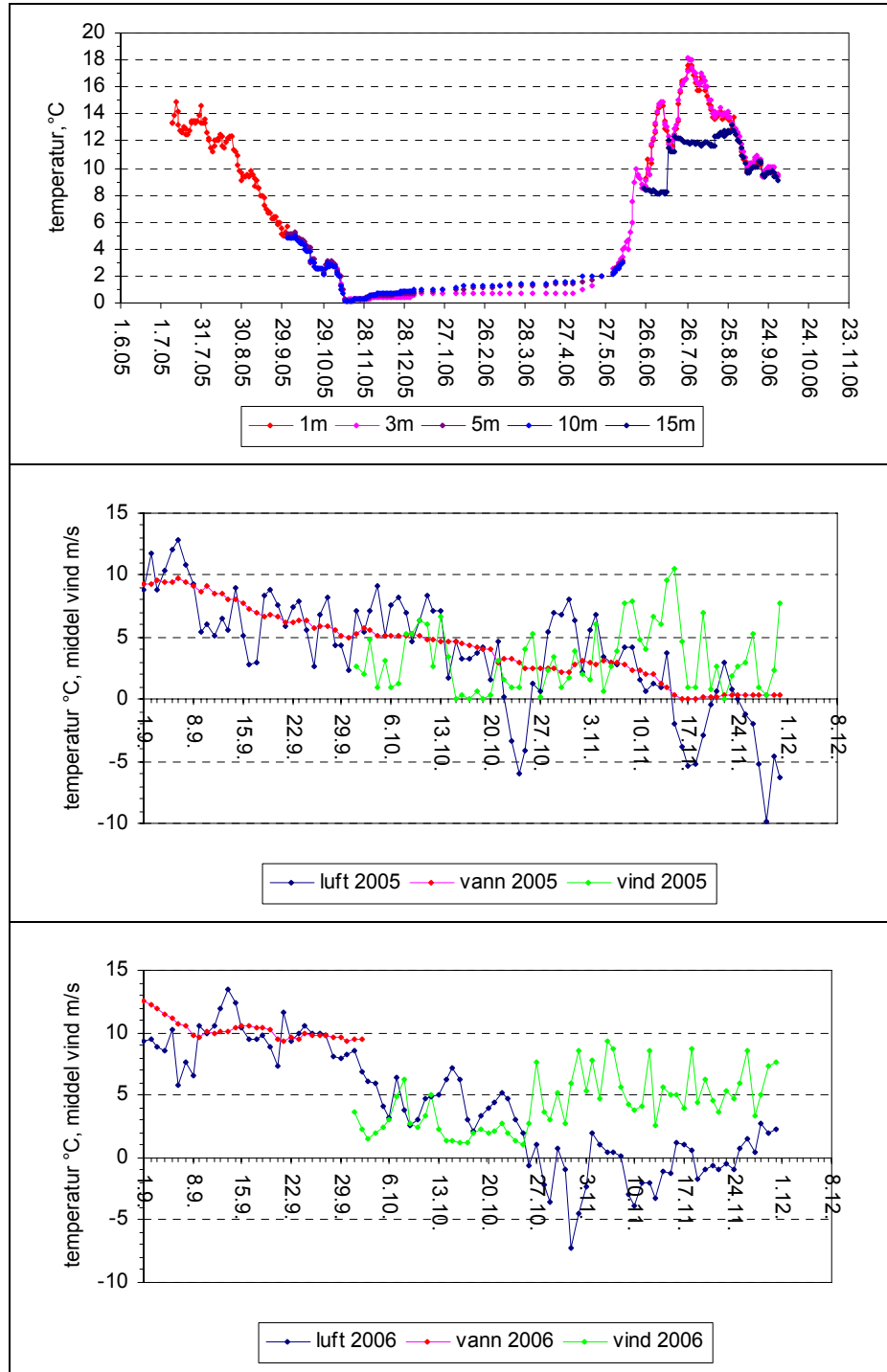
vinden sterkere og Fjellsjøen sirkulerte først ned til 10 m, så ned til 15 m, og 10. september ned til dypeste punkt. I Dargesjøen og Sandvatn var mønstret i sirkulasjonsforholdene nær det samme som i Fjellsjøens vannmasser ned til 15m (som er største dyp i Dargesjøen og Sandvatn). Det var imidlertid en forskjell som besto i at temperaturen på dypeste punkt i Sandvatn økte gradvis fra 23. juni og fram til fullsirkulasjon 14. august. I Sandvatn skjedde med andre ord en gradvis innblanding av varmere vann fra de øvre vannlag ned til de dypeste i hele perioden.



Figur 5. Døgntemperatur og middel vind ved Møsstrand meteorologiske stasjon i 2006 (øvre panel). Temperaturgang i Fjellsjøen (midtre panel), Dargesjøen og Sandvatn (nedre panel) i perioden 22. juni til 2.oktober for ulike dyp i innsjøene. Sandvatn og Dargesjøen er dypeste punkt hhv 14m og 15m.

3.3.3 Temperatur og islegging i Dargesjøen 2005-2006.

En serie med temperaturloggere ble satt ut i Dargesjøen i slutten av juli 2005 og tatt inn i første av oktober 2006. Data fra loggerene ble avlest og koblet sammen med resultatene fra de regulære loggermålingene i den isfrie perioden i 2005 og 2006 (Figur 6, øvre panel) og meteorologiske data (Figur 6, midtre og nedre panel).



Figur 6. Temperaturer i Dargesjøen i perioden 1. juli 2005 til 1. oktober 2006 (øvre panel), og døgnmiddel for lufttemperatur og vind ved Møsstrand meteorologiske stasjon, samt vanntemperatur (1 m) i Dargesjøen i avkjølingsperioden 1. oktober -1. desember i 2005 (midtre panel) og 2006 (nedre panel).

Det var en betydelig nedkjøling av vannmassene før islegging 17. november 2005. Temperaturen var så lav som 0,10, 0,12 og 0,19 °C på hhv 3, 5 og 10m. Denne sterke nedkjølingen av vannmassene skyldes kaldt vær med mye vind dagene før isleggingen (Figur 6, midtre panel). Utover vinteren steg temperaturen gradvis på grunn av varme fra bunn/grunnvann til ca. 2 °C ved isgang og sirkulasjon 2. juni 2006. Det er vært å merke seg at temperaturen var så lav som 1 °C i vannmassene vinteren 2005/2006.

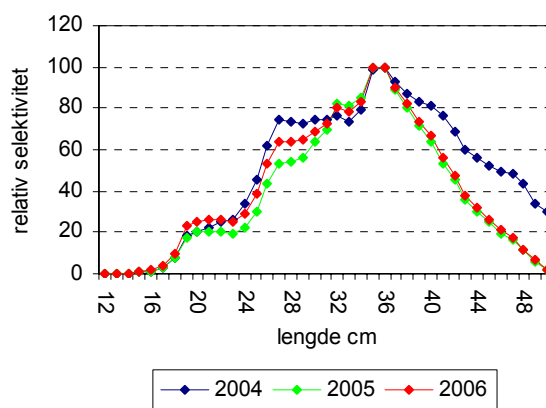
September 2006 var svært mild og temperaturen i Dargesjøen var over 10 °C hele denne måneden. Like etter at temperaturloggerne ble tatt opp sank lufttemperaturen til ca. 4 °C (Figur 6 nedre panel) og en kan forvente at vanntemperaturen i slutten av måneden var nær 4 °C. Første del av november var kald og vindfull og en betydelig nedkjøling må en også forvente dette året.

I 2005 var Dargesjøen isfri ca. 1. juni som er 2 uker tidligere enn normalt, mens isleggingen skjedde 17. november som er ca. 4 uker seinere enn normalt (midten av oktober). Den varme og vindfulle perioden i første del av november 2005 var nok hovedårsaken til den sene isleggingen. Den isfrie perioden i 2005 var derfor ca. 6 uker lengre enn normalt.

3.4 Fiskeundersøkelsene i Sandvatn

3.4.1 Garnselektivitet

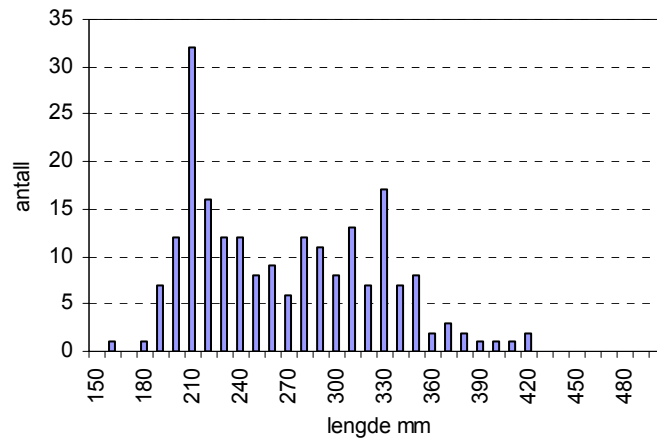
I 2006 ble det fisket nokså likt som i 2005 med et begrenset innslag av småmaskete garn (4*21, 2*26, 8*29, 8*35 og 8*39mm). Dette betyr at lengdefordelingen i fangsten underestimerer fisk som var mindre enn 25 – 30 cm. Garn som ble benyttet ga en total selektivitet som vist i figur 7 og beregnede verdier er gitt i tabell 1 i vedlegget. Beregningene baserer seg på en metode beskrevet i Jensen (1977). Gruppene av småfisk er antagelig enda sterkere underrepresentert da modallengden for de ulike maskevidder er antatt konstant, mens en på Hardangervidda må regne med at den vil øke noe med økende maskevidder (Borgstrøm 1992). I tillegg til de ordinære garn ble det brukt 13,5 og 16 mm garn samt nordisk serie, men dette er ikke tatt med her.



Figur 7. Beregnet relativ selektivitet (%) til garn som er benyttet ved prøvefisket i 2004, 2005 og 2006 fra 21 mm til 52 mm's maskevidder. Metode for beregningen er gitt i Jensen (1977).

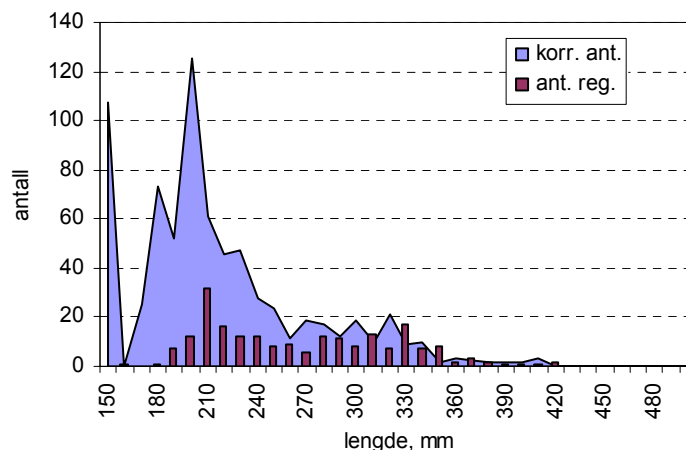
3.4.2 Lengde- og aldersfordeling

I 2006 materialet vil fisk som er større eller mindre enn 35 – 36 cm være underrepresentert (Fig. 7). Dette vil slå særlig sterkt ut i småfiskgruppene med fisk mindre enn 27 cm. Det ble fanget lite fisk større enn 36 cm. Frekvensdiagram for lengdefordelingen i 2006 viste en topp for småfisk ved 210 mm og en for større fisk ved 330 mm (Figur 8). Minst fisk ble fanget av lengder på 27 cm. Lengdefordelingen i 2006 er nær slik den var i 2005 (Rognerud et al. 2006), men den er flyttet svakt mot høyre i 2006. Dette inikerer en svak tilvekst i bestanden fra 2005 til 2006.



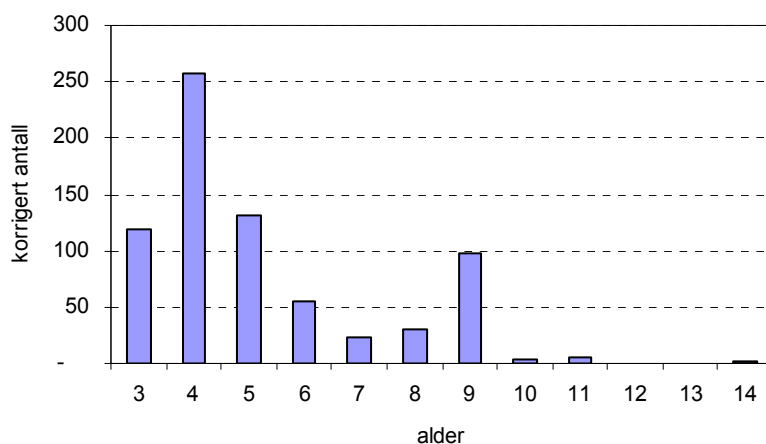
Figur 8. Lengdefordeling av all fisk på garnserien (21 – 39 mm) som er brukt i 2006 ($n = 211$).

Fra selektivitetsverdiene kan vi beregne en korrigert lengdefordeling (Tabell 1 i vedlegget). Den lengdegruppen (36 cm) som garnserien fanger mest effektivt på settes til 100 %. Korreksjonsfaktoren (Kf) for de andre lengdeintervallene blir derfor $Kf = 100/\text{relativ selektivitet}$. Resultatet av denne beregningen er gitt i tabell 1 i vedlegget. Ved å multiplisere antallet registrert med denne faktoren får man en korrigert lengdefordeling som beregnet og gitt i tabell 2 i vedlegget og vist i figur 9.



Figur 9. Korrigert lengdefordeling (blått areal) basert på garnselektivitet og antall fisk i ulike lengdegrupper (stolpediagram)

Det ble i 2006 aldersbestemt 72 fisk i ulike lengdegrupper. Fordelingen av disse i ulike lengdegrupper er vist i tabell 2 i vedlegget. Aldersfordelingen viser at 1997-årsklassen fortsatt er sterk (9-åringer) i de største lengdeklassene og 4 åringer (2002 årgangen) i de minste lengdeklasser (Fig. 10).



Figur 10. Fordeling av aldersbestemt fisk korrigert for garnselektivitet (3 -14 år) i ulike lengdeintervaller i 2006 (n =71 fisk)..

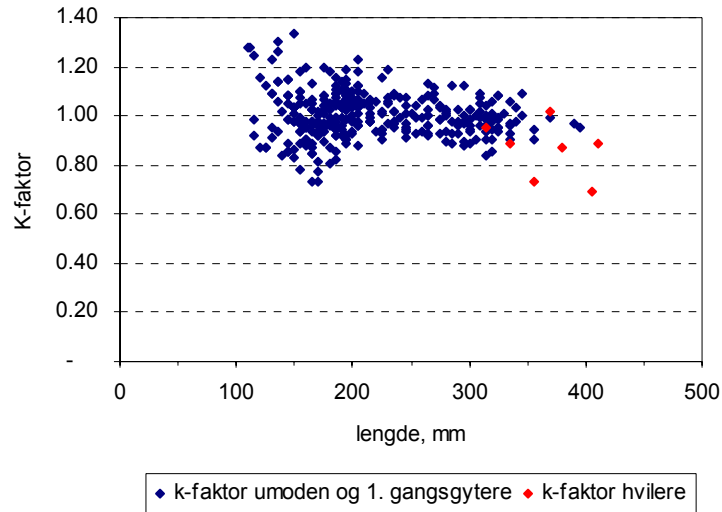
Småfiskgruppene (<25 cm) besto vesentlig av 2001-, 2002- og 2003-årgangene, mens fisk større eller lik 30 cm var dominert av 1997-årgangen. De øvrige årgangene var sparsomt representert eller ikke til stede.

Aldersfordeling, korrigert for selektivitet for fisk > 20 cm, viser at 1997-årgangen var sterk i dette lengdeintervallet i 2006 (9-åringer). Denne aldersgruppen var også sterk i 2004 og 2005, da som hhv 7-åringer og 8-åringer (Rognerud et al. 2006). Videre ser vi at 2002-årgangen (4-åringer) som også virker sterk, er i ferd med å vokse seg inn i denne lengdegruppen (Fig. 10). 2001 årgangen (5-åringer) som så sterk ut i materialet fra 2005 (Rognerud et al. 2006), viser en mer normal forekomst i 2006. Vi ser også at 1998- og 1999-årgangene var svake i 2006. Det var en del av disse årgangene i fangstene i 2004, men de var nesten borte i fangstene i 2005 (Rognerud et al. 2006). Det synes derfor som at vi i 2006 har to sterke årsklasser; 1997 (9-åringer) og 2002 (4-åringer).

3.4.3 Kondisjon og kjøttfarge

Det er målt lengde og vekt på 350 fisk i 2006. K-faktoren viser også i 2006 en avtagende tendens med størrelsen på fisken (Figur 11). Den tendensen som ble registrert i 2004 og 2005 ved at større fisk var svært mager (Rognerud et al. 2004), fortsatte også i 2006 (Fig. 11). I alt 7 fisk som hadde gytt høsten før ble registrert. Disse lå i lengdeintervallet 315 – 410 mm og hadde k-faktorer fra 0,70 – 1,02. I 2005 var det bare hunnfisk i denne gruppen som alle var magre, men i 2006 var 3 fisk hannfisk og 4 hunnfisk hvorav 1 skulle gyte på nytt. Bildet er altså mer nyansert i 2006 ved at noen av disse har spist seg opp igjen til en brukbar k-faktor, og også lagret nok energi til å gyte pånytt. Gjennomsnittlig k-faktor på all fisk var 1,00 (SD = 0,094). 53 fisk som var større enn 300 mm hadde en gjennomsnittlig k-faktor på 0,98 (SD = 0,059). De 7 tidligere gytefiskene er ikke inkludert. Laveste k-faktor var 0,70. Oppsummert kan dette indikere at næringstilgangen har vært noe bedre i 2006 enn i 2004 og 2005.

All fisk over 300 mm hadde lys rød (7 %) eller rød kjøttfarge (93 %). Det samme var tilfellet i 2004 og 2005.



Figur 11. Beregnet K-faktor for ulike lengdegrupper i prøvefisket 2006 ($n = 354$)

3.4.4 Tilveksten til 1997-årsklassen

Vi har valgt å bruke denne årsklassen i tilvekstanalysene fordi den er en meget sterk årsklasse som er dominerende i bestanden. Resultatene er vist sammen med tilsvarende analyser for de andre innsjøene i figur 13 (empirisk vekst) og figur 14 (års spesifikk vekst).

3.4.5 Ernæringsforhold i 2006

Det ble fisket med prøvegarnerier i strandsonen (0-7 m) i august 2001, 2002, 2004, 2005 og 2006. Gjennomsnittlig magefyllingsgrad var 1,24 (Tabell 1), og 40 % av magene var tomme (Tabell 2).

Tabell 1. Magefyllingsgraden i fisk tatt under prøvefisket i august 2001 – 2006 (untatt 2003)

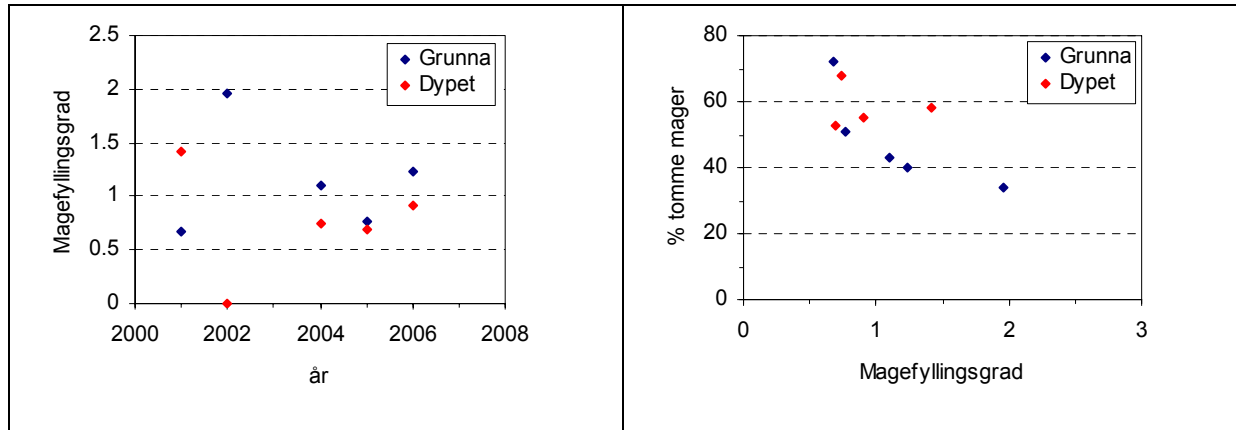
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Grunna, 0 - 7 m						
All fisk	0,68	1,96		1,1	0,77	1,24
Små fisk < 25 cm	0,62	1,3		1,19	0,79	1,41
Stor fisk \geq 25 cm	0,79	2,2		1,04	0,74	1,09
Dypet, 7 - 13 m						
All fisk	1,42			0,74	0,69	0,91

Tabell 2. Prosent tomme mager i fisk tatt under prøvefisket i august 2001 – 2006 (untatt 2003).

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Grunna, 0 - 7 m						
All fisk	72	34		43	54	40
Små fisk < 25 cm	77	50		33	52	33
Stor fisk > 25 cm	66	29		50	57	46
Dypet, 7-13 m						
All fisk	58			68	53	55

Tidsutviklingen i næringstilbudet i perioden 2001 – 2006 viser stor variasjon fra år til år i ulike dyp av innsjøen og mellom størrelsesgruppene (Figur 12).

Fiskens næringstilbud indikertes ved magefyllingsgraden (Figur 12, venstre panel) og innslaget av tomme mager. Disse viser ofte en nær sammenheng ved at andel fisk med tomme mager avtar når fyllingsgraden øker (Figur 12, høyre panel). Slik sett var næringstilbudet best i 2002 av de årene vi har undersøkt. I 2004 og 2005 var det helt klart lite mat tilgjengelig med lave fyllingsgrader og mange tomme mager, mens forholdene i 2006 var noe bedre.



Figur 12. Næringstilbudet uttrykt ved magefyllingsgraden og innslaget av tomme mager. (se 2002)

Krepsdyrene betydde mye som mat for fisken i 2006 (Tabell 3). Linsekrepsen var det klart viktigste krepsdyret i dybdesonen 0 – 7 m (Tabell 4). Marflo utgjorde bare 3,6 vol % i 2006 og har vist en synkende trend siden 2001. Skjoldkrepsen ble ikke påvist i 2006 i strandsonen, slik det også var de foregående årene. Muslinger, snegl og ulike vannlevende insekter utgjorde det meste av det som for øvrig ble registrert i strandsonen i 2006.

I gruppen småfisk (<25 cm) utgjorde krepsdyr 70 vol % (Tabell 3). Det var linsekrepsen som var klart dominerende, mens marflo var av langt mindre betydning med (Tabell 4). Skjoldkrepsen ble heller ikke registrert i sonen 0-7 m i 2006, noe den ikke har vært siden 2002. Det var altså linsekrepsen som dominerte næringsbildet til småfisken i sonen 0-7 m i 2006, mens muslinger og insekter i vann også betydde en del.

Tabell 3. Volumprosent krepsdyr (linsekreps, marflo, skjoldkreps) i mageprøver fra prøvefisket på Sandvatn i perioden 2001 – 2006 (ingen observasjoner i 2003).

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Grunna, 0 - 7 m						
All fisk	49	86		71	25	56
Små fisk < 25 cm	70	69		68	30	70
Stor fisk > 25 cm	23	89		74	17	39
Dypet, 7 - 13 m						
All fisk	97			69	63	76

Tabell 4. Prosentvis fordeling (volum) av krepsdyrene i mageprøver fra prøvefisket på Sandvatn i perioden 2001 – 2005 (ingen observasjoner i 2003).

	2001	2002	2004	2005	2006
All fisk, grunna, 0 - 7 m					
Linsekreps	34,3	6,7	56,7	20,2	52,6
Marflo	14,2	21,9	9,3	4,8	3,6
Skjoldkreps	0,6	57,0	-	-	-
Småfisk < 25 cm, grunna, 0 - 7 m					
Linsekreps	48,3	38,5	52,0	27,5	68,3
Marflo	21,4	30,8	4,0	2,4	2,1
Skjoldkreps	-	-	-	-	-
Storfisk > 25 cm, grunna, 0 - 7 m					
Linsekreps	16,7	-	60,7	7,9	33,4
Marflo	5,0	20,0	13,8	8,9	5,3
Skjoldkreps	1,3	69,1	-	-	-
All fisk, dypet, 7 - 13 m					
Linsekreps	15,1		26,5	17,6	40,0
Marflo	16,9		40,2	9,4	31,0
Skjoldkreps	65,3		2,0	35,8	5,0

I gruppen storfisk (>25 cm) utgjorde krepsdyr 39 % (tabell 3). Linsekrepsen var av størst også betydning også for denne gruppen (33,4 %), mens marflo utgjorde bare 5,3 % og skjoldkrepsen ikke ble registrert i i sonen 0-7 m i 2006 (Tabell 4) Det var derfor linsekrepsen som var det viktigste næringsobjektet også for storfisk i sonen 0-7 m i 2006, men snegl, muslinger og insekter i vann betydde også mye.

Det ble det satt garn av ulike maskevidder i dypområdet (7 – 13 m) i 2001, 2004, 2005 og 2006. Fyllingsgraden var 0,91 (Tabell 1) som er noe høyere enn i foregående år, mens antall tomme mager som var 55 % har ligget på omtrent det samme nivået (Tabell 2). I strandsonen var fyllingsgraden 1,24, mens 40 % av magene var tomme (Tabell 1 og 2). Mattilgangen var følgelig bedre i strandsonen enn på dypet i 2006.

Som en oppsummering kan vi si at i 2006 var ernæringsbildet nokså forskjellig på grunt vann (0-7 m) i forhold til på dypet (7-13 m). Krepsdyr utgjorde 56 % i de grunneste områdene, mens andelen økte til 76 % på dypt vann. Krepsdyr er derfor viktigere på dypet enn i strandsonen. Linsekrepsen dominerer blant krepsdyrene i strandsonen mens på dypet kommer marflo mer inn. Skjoldkrepsen ble bare observert i fisk fra de dypeste områdene.

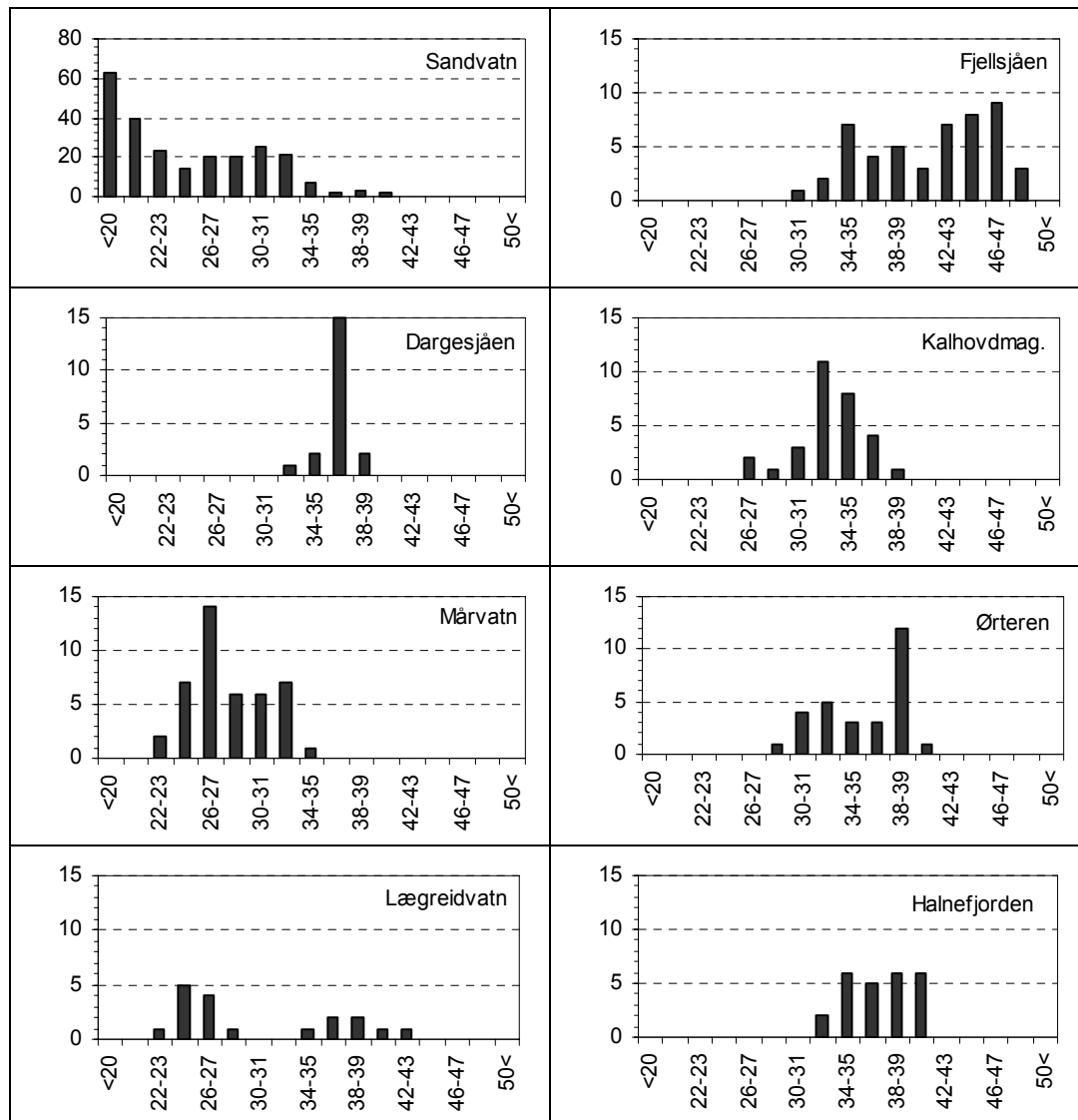
3.5 Fiskeribiologiske forhold i alle innsjøene.

3.5.1 Fangstdata

I 2006 ble det fanget og lengdemålt 352 fisk i Sandvatn og 272 fisk til sammen i de andre innsjøene (Tab 5). Standard garnserie er ikke brukt og derfor er lengdefordelingen (Fig.13) ikke representativ for bestanden særlig er mindre fisk underrepresentert. Det synes imidlertid klart at Mårvatn skiller seg ut med mye fisk av liten størrelse.

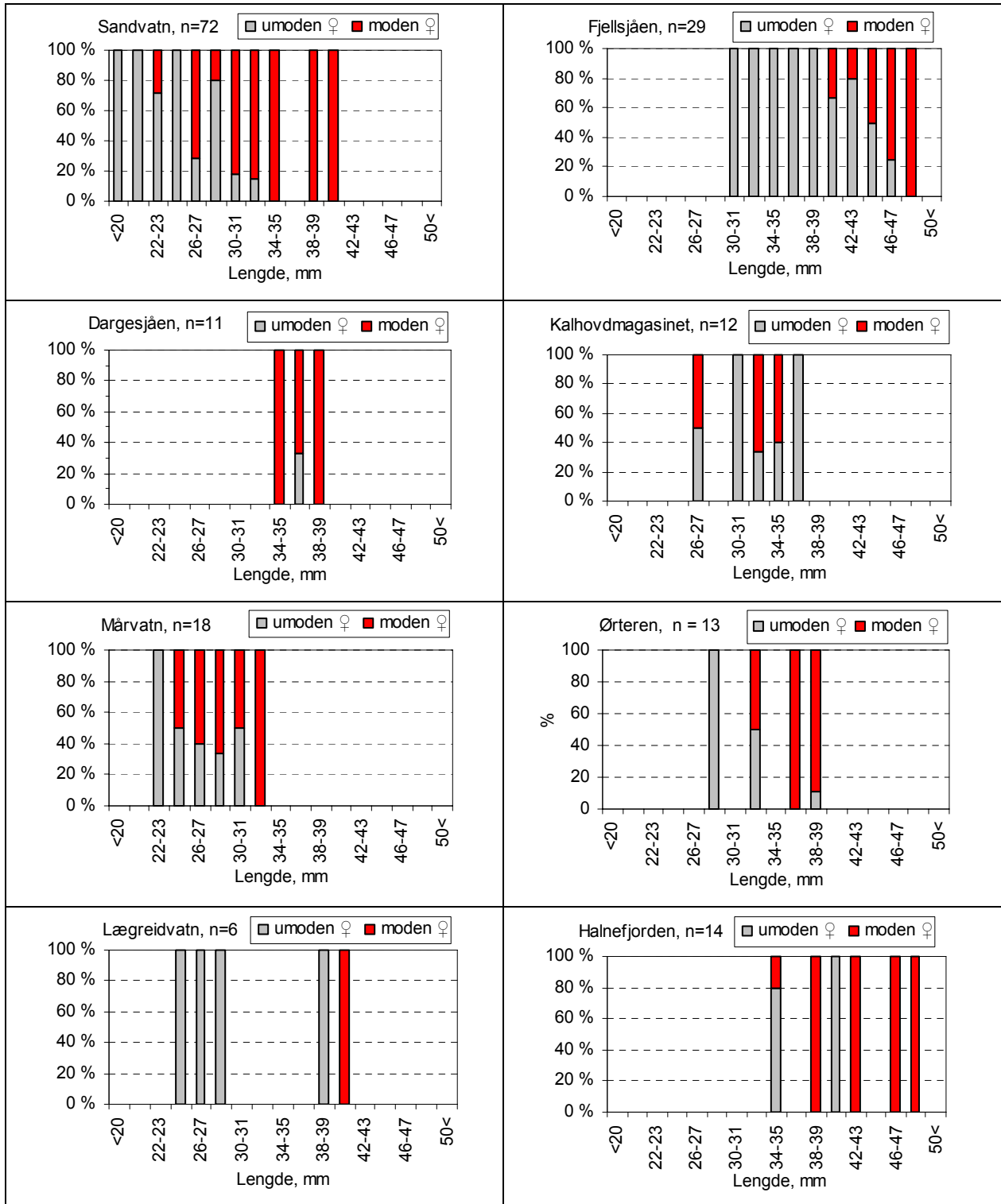
Tabell 5. Fiskedata fra de ulike de undersøkte innsjøene i 2006.

	Ørteren	Læg Reidv.	Kalhovdmag.	Mårvatn	Halnefj.	Fjellsjåen	Dargesjåen	Sandvatn
Min.lengde, mm	290	225	220	215	325	308	334	110
Maks.lengde, mm	400	420	380	340	490	490	396	410
Snittlengde, mm	358	304	304	269	392	414	368	219
Snittvekt, g	500	318	315	196	711	823	492	132
Ant.	29	18	54	79	22	50	20	352



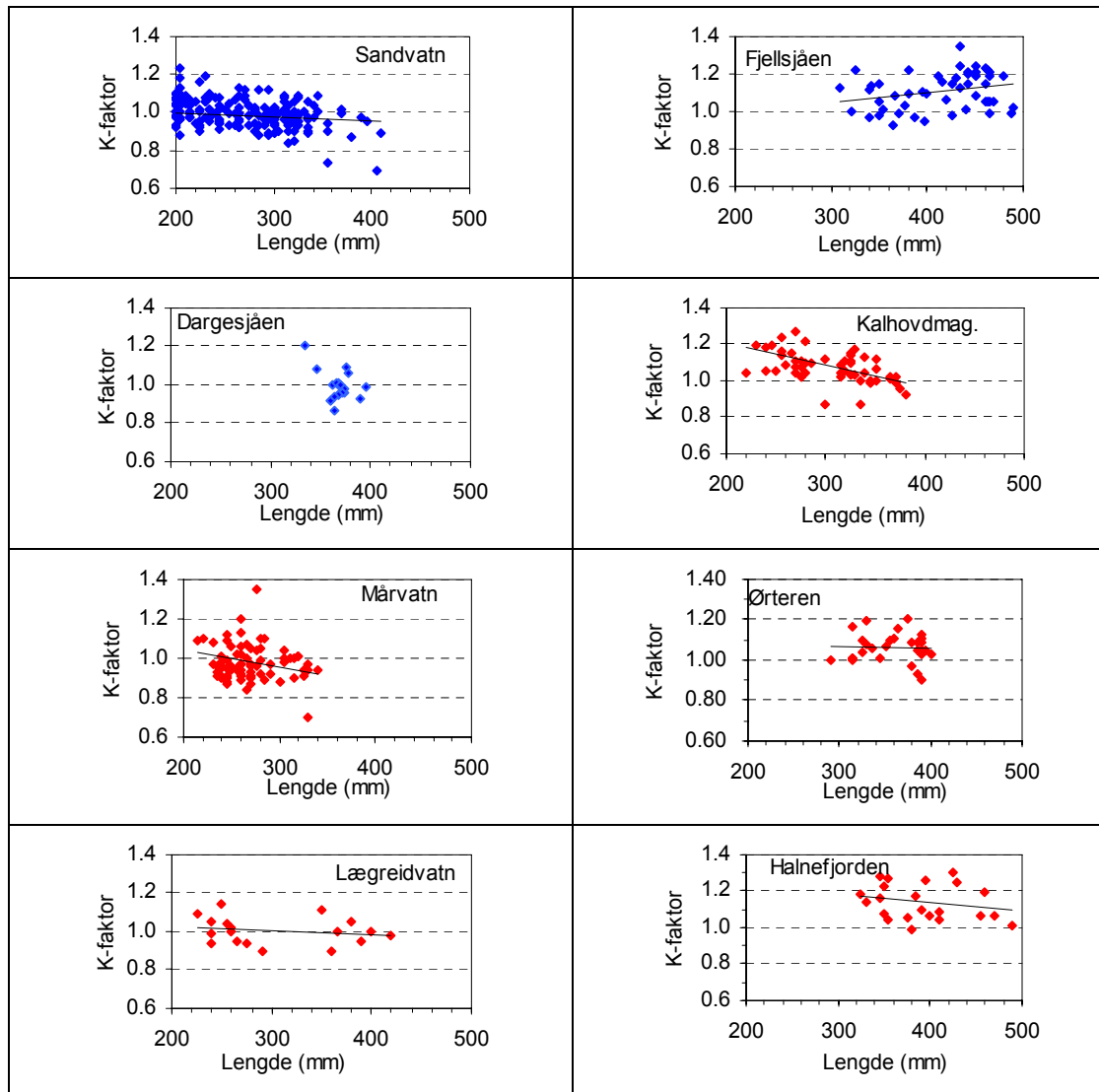
Figur 13. Lengdefordeling av fisk fanget i ulike vann på i 2006. Det ble ikke benyttet standard garnserier. Lengdefordelingen er derfor ikke representative for bestandene.

Foruten lengde- og aldersfordelingen i bestanden, sier størrelse ved kjønnsmodning noe om overlevelse og vekstforhold i innsjøen. I Sandvatn og Mårvatn blir hunnene forholdsvis tidlig kjønnsmodne, sammenlignet med Fjellsjøen (Fig 14.). I de øvrige innsjøene ser det ut som om hunnene blir kjønnsmodne fra lengder på rundt 30 cm, muligens med et unntak av Lægreidvatn, men her er materialet lite.



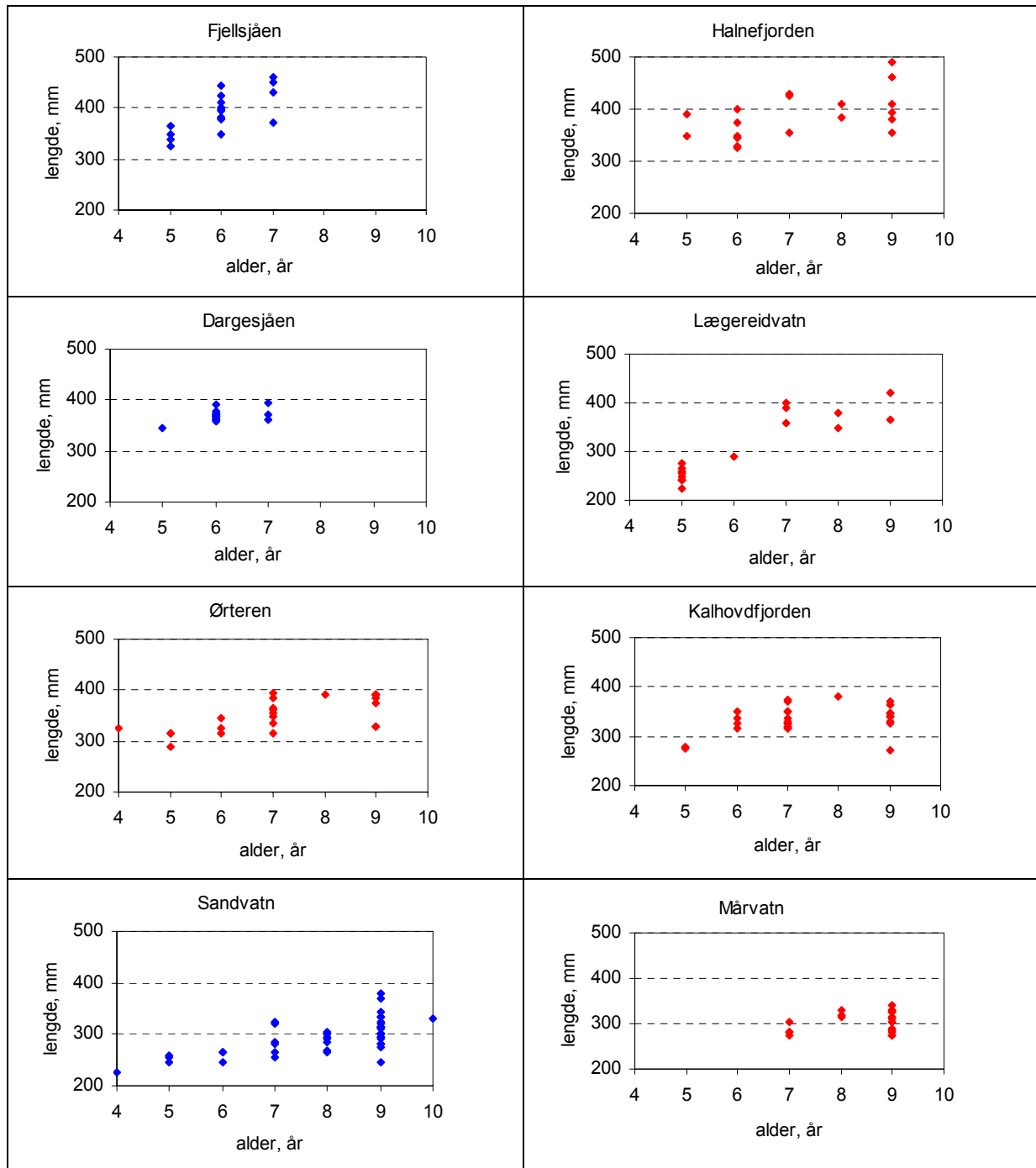
Figur 14. Prosentvis fordeling av kjønnsmodne og umodne hunner i ulike størrelsesgrupper i de undersøkte innsjøene i 2006.

Kondisjonsfaktoren lå i gjennomsnitt mellom 1 og 1,2 i materialet, men bare i Fjellsjøen var den store fisken i bedre kondisjon enn småfisken. Fisken i Mårvatn syntes generelt å ha lavere k-faktor enn fisken i de resterende sjøene. Fisken i Kalhovd og Ørteren synes videre å ha en fallende tendens for k-faktor mot økende fiskelengde. En fallende tendens i k faktor mot fiskelengde registrerte vi i de fleste av de regulerte sjøene i 2006, selv om trenden ikke var tydelig.



Figur 15. Kondisjonsfaktor for fisk fra de ulike innsjøene i 2006. De røde plottene er regulerte innsjøer de blå er uregulerte.

Det er bare Sandvatn som ble undersøkt med prøvegarnserier med innslag av 21 og 26 mm maskevidder, mens vi i de andre innsjøene bare brukte 29, 35, 39 mm maskevidder. For Halnefjorden ble det også supplert med fisk fanget under stamfisket. Hensikten var å få et materiale for beregning av gjennomsnittlig årsspesifikk lengdetilvekst. En oversikt over empirisk vekst er gitt i figur 16. Den empirisk veksten var best i de uregulerte innsjøene Fjellsjøen og Dargesjøen og i de moderat regulerte innsjøene Halnefjorden og Lægereidvatn. Dårligst empirisk vekst var det i uregulerte Sandvatn og den betydelig regulerte Mårvatn.



Figur 16. Empirisk vekst for 5 til 9 år gammel fisk ordnet fra best vekst (øvre paneler) til dårligst vekst (nedre paneler). Innsjøer merket rødt er regulert, mens uregulerte er merket blått.

3.5.2 Næringsdyr

En samlet oversikt over antall fisk som er undersøkt i alle innsjøer, reguleringshøyde, magefyllingsgrad og næringsdyr basert på mageanalyser er gitt i tabell 6. Halnefjorden er lite representativ når det gjelder mageanalyser da en stor andel var gytefisk som hadde tomme mager. Dersom denne utelates ser vi at zooplankton dominerte i de regulerte innsjøene, unntatt i Mårvatn der linsekrepsen dominerte og zooplankton ble ikke observert. I Sandvatn var også linsekreps dominerende, mens i Fjellsjøen dominerte skjoldkreps og med et innslag av marflo. Magefyllingsgraden var størst i Fjellsjøen og Mårvatn, mens den var lavest i Ørteren og Sandvatn.

Tabell 6. Gjennomsnittlig magefyllingsgrad og næringsdyr inndelt i kategorier. 1. dominant, 2. vanlig, 3. sjelden 4. svært sjelden. N = antall fisk

Lokalitet	regulering		Fyllingsgrad	Næringsdyr			
	n	m		1	2	3	4
Fjellsjøen	50	0	2,56	skjoldkr		marflo	polyphemus
Halnefjorden	22	4	0,05	marflo			
Lægereidvatn	18	4.1	1,77	zooplankton	linsekreps	marflo	insektlarv.
Ørteren	29	13	0,72	zooplankton	snegl	musling	vanninsekt
Kalhovdfjorden	30	12	1,33	zooplankton	linskreps	marflo	innsektlarv.
Sandvatn	80	0	1.27	linskreps	snegl	overfl.insekt	marflo
Mårvatn	22	21	2.09	linsekreps	vanninsekt.	overfl.insekt	

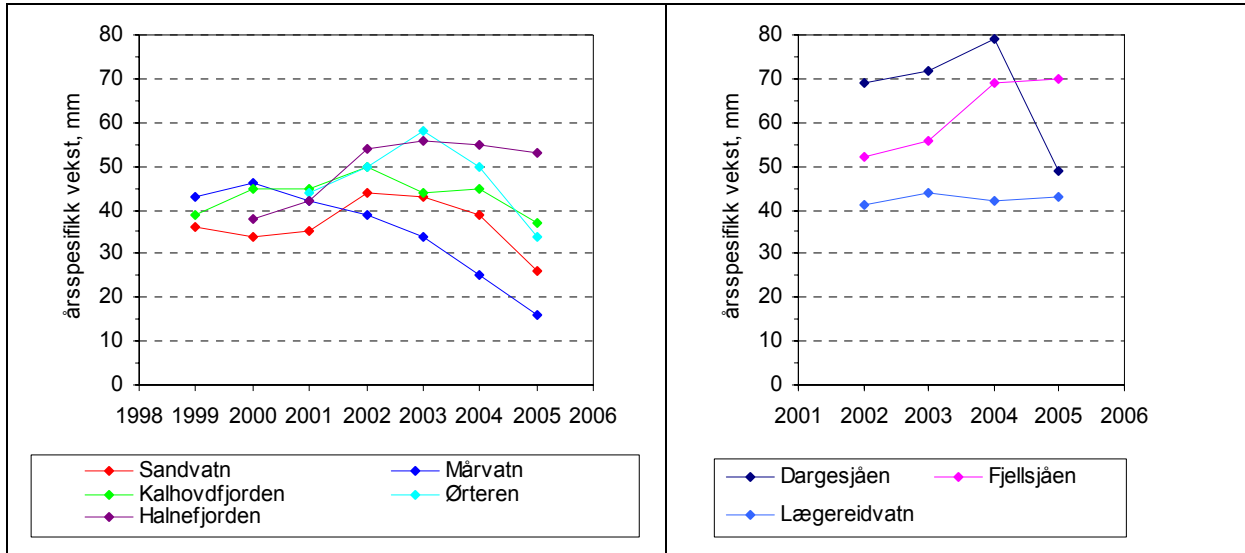
3.5.3 Årsspesifikk vekst

Antall fisk som inngår i beregningen av årsspesifikk vekst i ulike år er gitt i Tabell 7, mens midlere årsspesifikk vekst i ulike år er vist i figur 17. Det var en positiv sammenheng mellom midlere årsspesifikk vekst og midlere temperatur i perioden juli-september for Halnefjorden, Ørteren og Sandvatn (Figur 18). For de andre innsjøene var det ingen slik sammenheng.

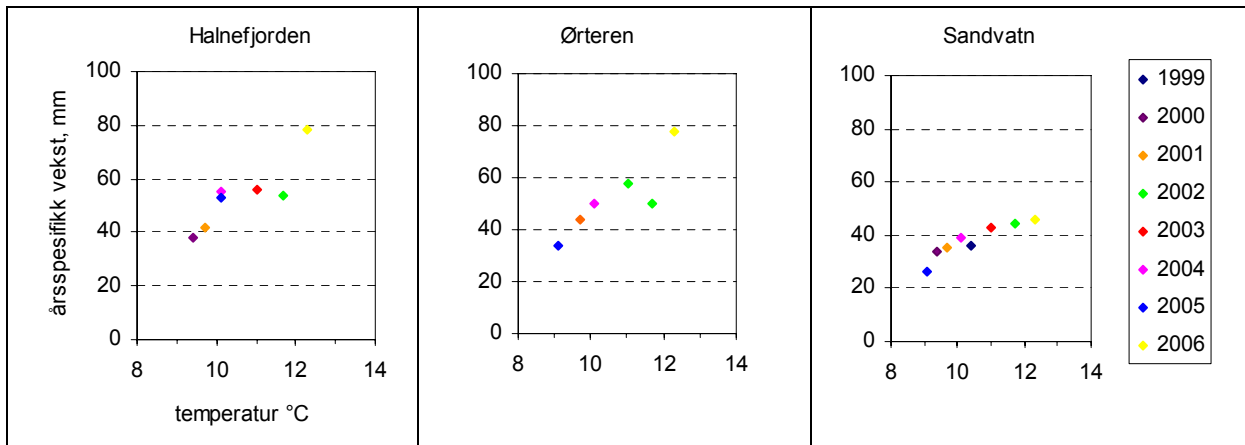
Ved fremstilling av resultatene fra årsspesifikk vekst har vi ikke tatt med resultatene når de er basert på få individer. Derfor er årsspesifikk vekst vist for perioden 2002 - 2005 for Fjellsjøen, Dargesjøen og Lægereidvatn, perioden 2000 – 2005 for Halnefjorden og perioden 1999 – 2005 for Sandvatn, Mårvatn og Kalhovdfjorden. Generelt var veksten best i Dargesjøen, Fjellsjøen og Halnefjorden og dårligst i Sandvatn og Mårvatn. I Mårvatn har veksten gradvis avtatt fra 2000 til 2005. Dette mønsteret er vesentlig forskjellig fra de andre innsjøene og skyldes stagnasjon i veksten av 1997-årsklassen. Med unntak av Fjellsjøen og Lægereidvatn var årsspesifikk vekst i innsjøene lavere i 2005 enn i 2004. Generelt har veksten vært god i 2002, 2003 og 2004 i de fleste av innsjøene. Dette er en periode hvor vekstsesongen har vært lang og temperaturene i luft og vann har vært blant de høyeste siste 20 år.

Tabell 7. Antall fisk som inngår i beregningen av årsspesifikk vekst.

Lokalitet	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Antall fisk med årsspesifikk vekst beregninger							
Sandvatn	75	81	87	90	93	69	52
Dargesjøen			4	18	19	19	10
Fjellsjøen			4	14	18	18	18
Mårvatn	14	17	20	20	20	20	14
Kalhovdfjorden	10	11	24	26	26	26	24
Ørteren	8	9	17	20	22	22	21
Lægereidvatn	2	4	7	8	17	17	15
Halnefjorden	8	10	13	20	22	22	22



Figur 17. Ørretens årsspesifikk lengdevekst (middelverdier) i innsjøene.



Figur 18. Sammenhengen mellom årsspesifikk lengdevekst og middeltemperatur for august – september i Halnefjorden, Ørteren og Sandvatn. De andre innsjøene var det ingen klar sammenheng. Årsveksten for 2006 er estimert på bakgrunn av prøvefiskedato og andel gjennværende vekst dette året (se metodekapitlet).

4. Diskusjon

Vi har vist at ørretens årlige tilvekst i Sandvatn de siste 6 årene var svært godt korrelert til middeltemperaturen i vannmassene (VTO) i perioden juli-september (JAS). Sterke indikasjoner på tilsvarende temperaturbetinget vekst ble også funnet i de regulerte innsjøene Ørteren og Halnefjorden. I de andre innsjøene var det ikke slik, og det er rimelig at veksten var mer styrt av bestandstettheten. I Mårvatn er tettheten av fisk for stor og beskatningen for liten slik at den dominerende 1997-årsklassen har vist en avtagende årsspesifikk vekst de siste 5 årene. I Dargesjøen, Lægereidvatn og Fjellsjøen er tettheten sterkt modifisert av et intensivt fiske som overstyrer årsspesifikk vekst i forhold til temperatur og vekstsesongens lengde.

Vi har også vist i denne rapporten, og i de tidligere årsrapportene, at vanntemperaturen i overflatelagene (VTO) i innsjøer på sentralvidda samvarierte og var nært korrelerte til variasjonene i lufttemperaturene (LT). Unntak fra dette skjer i Kvennavassdraget i snørike år slik som i 2005. Da reduserte smeltevann fra de høyreereliggende sydvestre deler av Kvenna's nedbørfelt VTO (JAS) i Sandvatn med 1,4 °C fra estimert VTO (fra LT). Dette førte til den laveste årsspesifikke tilveksten av ørret i Sandvatn som vi har målt, og den var under halvparten av den vi skulle forvente uten innvirkning av smeltevannet. Klimascenarier beskriver økte snømengder i de samme områdene i framtiden og da særlig i Kvennas sydvestlige nedbørfelt (Iversen et al. 2005). Våre prognoser er at dette generelt vil føre til mer hyppig smeltevann i Kvenna utover sommeren, lavere VTO i forhold til LT og en reduksjon i produksjonen av fisk i Kvennavassdraget's innsjøer i forhold til andre innsjøer som ikke preges av smeltevannseffekten fra fjellene i sydvest. Det vil likevel være store år til år variasjoner, og i år med lite snø vil produksjonsperioden bli lengre og litt varmere. Slik sett har vår korte tidserie eksempler på tre gode år (2002, 2003, 2006) og et svært dårlig (2005). Innsjøene på Hardangervidda nord for Kvenna vil i langt mindre grad være preget av denne avkjølingseffekten da isgang og snøsmelting vil skje mer synkront i et område med langt mindre snømengder og et flattere landskap (Rognerud et al. 2003).

4.1 Fysiske forhold

Lys- og temperaturforholdene i innsjøer er svært viktige for akvatiske økosystem, og kunnskapen om årssyklus og år til år variasjoner i disse klimarelaterte parametrene er avgjørende for tolkning av variasjoner i biologiske forhold (Schindler 1971). Vanntemperaturen er spesielt viktig da den påvirker termisk lagdeling, løseligheten av oksygen samt metabolske prosesser i planter og dyr (Stefan et al. 1998). Det varmere overflatelaget (epilimnion) er den delen av innsjøen som vil gi størst og raskest endringer på lokale variasjoner i vær og klimaendringer forårsaket av ytre pådriv (Kettle et al. 2004). VTO er et godt mål på temperaturen i epilimnion over sesongen (Livingstone et al. 1999), og følgelig er VTO svært sentral når variasjoner i biologiske forhold skal tolkes.

Hardangerviddas treløse høyfjellsplatå har lave konturer og innsjøene er i liten grad skjermet for de fleste vindretninger. I slike situasjoner er tykkelsen på det varmere sirkulerende overflatelaget (epilimnion) i all hovedsak bestemt av innsjøens overflateareal, vindeksponering og lyssvekningen i vannmassene (Fee et al. 1996). I fjellsjøer med lave planktomengder er lyssvekningen positivt korrelert til konsentrasjonen av fargede humusstoffer som tilføres fra nedbørfeltet (Schindler 1971). De lave konsentrasjoner av humustoffer i undersøkte innsjøer på Hardangervidda (Rognerud et al. 2003, Skjelkvåle og Henriksen 1998), gjør at sollyset trenger langt ned i innsjøene (Rognerud et al. 2003). Dette er en viktig årsak til høy produksjons-kapasitet i disse fjellsjøene fordi påvekstalger, som er den viktigste primærprodusenten, får gode vekstvilkår også i dypere deler av innsjøen (Rognerud et al. 2003). I tillegg til dette vil epilimnions tykkelse bli stor fordi klart vann gir effektiv omdanning av strålingsenergi til varme også i dypere vannlag (Fee et al. 1996), og at denne varmen fordeles effektivt av vinden nedover i vannmassen. I slike situasjoner vil tykkelsen på epilimnion i all hovedsak være

postivt korrelert til innsjøenes overflateareal, men år til år variasjonene vil i hovedsak være styrt av vindstyrken og retningen (Fee et al. 1996). I slike "energiske" omgivelser der landskapet er relativt flatt, og innsjøene grunne til middels dype, er den effektive fordelingen av varme nedover i innsjøene svært positivt for akvatiske organismers vekst. I dette prosjektet har vi undersøkt dybdeforhold i 5 innsjøer og 68 til 98 % av bunnarealet i disse var grunnere enn 10 m (Rognerud et al. 2006). Da epilimnion når ned til 10 m på sommeren er det det klart at bunndyrene (inkl. de viktige krepsdyrene) og påvekstalgene har stor fordel av at varmere vann fordeles så vidt langt ned i innsjøen tidlig i sesongen. Det at største delen av bunnarealet i innsjøen er produktive områder er antagelig avgjørende for den høye produksjonen av fisk i disse fjellsjøene.

Vi har tidligere vist at det sommerstid var synkron samvariasjon mellom LT ved ulike meteorologiske stasjoner rundt Hardangervidda samt for LT og VTO i innsjøer på sentralvidda. (Rognerud et al. 2003, 2005). Videre har vi vist at i 2005 var LT sentralt i studieområdet (Dargesjøen) nært korrelert til LT ved meteorologiske stasjonene (Rognerud et al. 2006). Dette er i god overensstemmelse med andre undersøkelser som har vist at lufttemperaturene (LT) varierer synkront over store områder, og at dette fører til en tilsvarende samvariasjon i VTO i innsjøer i områdene (Magnuson et al. 1990b, Baines et al. 2000, Benson et al. 2000, Livingstone et al. 1999, 2005). Klimaet gjennom sommersesongen vil derfor over store områder gi produksjonsforhold i innsjøene mht temperatur som i stor grad samvarierer. Eksempelvis ga den kjølige sommeren 1907 dårlige vekstforhold for ulike fiskeslag over store deler av Øst-Norge (Huitfeldt-Kaas 1927). Likevel blir variasjonene store selv i lokalt svært avgrensa områder som vårt studieområde. Innsjøenes morfologi og beliggenhet i nedbørfeltet har avgjørende betydning for hvordan klimaet påvirker de lokale forholdene for fisk. Sentralt i dette er antagelig en stabil tilgang på vann i gytebekkene, som påvirke rekrutteringen, samt mengden tilført vann som påvirker vannets oppholdstid i innsjøene. Dersom oppholdstiden er kort vil smeltevann fra store snøleier i nedbørfeltet gjennom sommeren redusere VTO og redusere veksten av fisk i innsjøen og av yngel på bekkene. Mye snø i nedbørfeltet og høy sommertemperatur (stor avsmelting) vil i slike tilfelle gi redusert produksjon av fisk – det motsatte av hva som vil skje i innsjøer uten slike snøleier i nedbørfeltene.

I 1987/88 skjedde en endring i LT sommerstid til varmere vær enn i dekadene før (met.no). Det samme er vist også i Sveits hvor elver og innsjøer generelt ble 1-2 °C varmere i perioden etter 1987/88 som følge av en tilsvarende økning i LT (Hari et al. 2005). På Geilostølen meteorologisk stasjon har LT for perioden 1. Juli – 30. September (JAS) økt med 0,22 °C pr. år i snitt fra 1987 og fram til 2006, og de fire siste årene har vært henholdsvis de sjette, sjuende, åttende, og tredje varmeste årene i Norge siden målingene startet i 1867 (met.no). På bakgrunn av den gode korrelasjonen mellom LT og VTO er det rimelig å anta at tilsvarende utvikling har skjedd i innsjøenes VTO på Hardangervidda. En slik utvikling vil også få betydning for fiskeproduksjonen i dette området.

VTO varierer i takt i innsjøene, men de absolutte verdiene som har direkte innvirkning på veksten til fisk og næringsdyr var forskjellig hovedsakelig på grunn av følgende forhold:

i) I like store innsjøer sank VTO med 0,6-0,8 °C pr. 100 m økning i høyde over havet (Rognerud et al. 2003, 2005, 2006 og data fra innsjøene i Kvennavassdraget i denne rapporten). Dette er nær tilsvarende reduksjon i LT pr. 100 m (0,5-0,9 °C pr. 100 m avhengig av temperaturen) som vi har målt mellom Geilostølen og Dargesjøen (400 m høydeforskjell). Tilsvarende verdier er også observert i alpene (Livingstone et al. 2005), og verdiene er nær den generelle globale verdien (altitudinal lapse rate) som er beregnet til 0,65 °C pr. 100 m (Kettle et al. 2004).

ii) VTO var gjennomgående noe lavere (ca 1 °C) i Fjellsjøen enn den mindre Dargesjøen sommerstid, selv om de ligger nær like høyt over havet. Begge innsjøene er eksponert for vind fra dominerende vindretning, men innblanding fra dypere vannlag er mer omfattende i Fjellsjøen slik at epilimnion blir litt kaldere sommerstid. På senhøsten er VTO ofte lavere i små sjøer pga mindre varmekapasitet og raskere avkjøling, og de islegges derfor også tidligere.

iii) VTO påvirkes av smeltevann fra høyereliggende snørike områder. Dette gjelder spesielt innsjøene i Kvennas nedbørfelt. I 2005 førte smeltevannet i Kvennas øvre nedbørfelt til en betydelig kjølnings-effekt i Sandvatn helt fram til førsten av august (Rognerud et al. 2006). De andre innsjøene i forsøks-området var ikke påvirket av sen snøsmelting slik som Sandvatn. Dette skyldes i hovedsak at nedbørfeltet ikke er mer en 100 – 200 m høyere enn innsjøene og snøen i nedbørfeltet forsvinner kort tid etter isgang. Effekten for biota i Sandvatn i 2005 var den samme som at LT (JAS) ble redusert med 1,4 °C.

Blandt klimaparametrene var LT ved Dargesjøen nært korrelert til LT på Geilostølen, men korrelasjonen var dårlig når det gjaldt vindstyrken. Vi antar at dette i vesentlig grad skyldtes ulike målemetoder (manuell kontra automatisk ved Dargesjøen). Dette gjalt særlig ved lave vindhastigheter, mens samvariasjonen ved sterke vindstyrker var langt bedre (Rognerud et al. 2006). Sommeren 2006 var det en periode med relativt kaldt og vindfullt vær i midten av juli som førte til effektiv innblanding av epilimnisk vann til dypere deler av innsjøene. Dernest ble innsjøene termisk sjiktet fram til midten av august pga lite vind. Deretter ble det mer vind og fullsirkulasjon i Dargesjøen og Sandvatn i midten av august, men først i begynnelsen av september i Fjellsjøen. Dette viser hvor stor betydning vinden har for fordelingen av varme nedover i innsjøene og at innsjøer som er grunnere enn 15 m har korte stagnasjonsperioder og effektiv fordeling av varmt vann helt til bunns i produksjonssesongen slik vi har også vist tidligere (Rognerud et al. 2005, 2006). På den flate delen av Hardangervidda fører derfor vinden til at produksjonsforholdene er nær optimale over mesteparten av innsjøenes bunnareal.

De unormalt milde høstene i 2005 og 2006 førte til sen islegging (november). I november sank luttemperaturen betydelig samtidig med sterk vindaktivitet dette førte til en svært effektiv avkjøling av vannmassene. I 2005 var temperaturen så lav som 0,1 °C i hele vannmassen i Dargesjøen ved islegging i en kort stille periode 17. november. Dette førte til temperaturer under 2 °C i hele vannmassen helt fram til isen gikk 2. juni 2006. Værsituasjon de siste årene har ikke bare ført til en lengre isfri periode, men også til en rask og effektiv avkjøling av vannmassene i november. Den lange varme høsten i 2005 ga en vesentlig økning i tilveksten (i sjøer utenfor Kvennavassdraget) noe vi trolig vil se i enda sterkere grad for høsten 2006. Dette kan vil vi eventuelt få bekrefet ved avlesning av skjell og otolitter som samles inn i 2007. En unormalt varm høst vil også kunne påvirke gytingen, men effekten av dette er ikke kartlagt. Den unormalt varme høsten i 2005 førte også til at vi fikk en brå nedkjøling hvor sterk kulde kombinert med sterk vind ga svært lave temperaturer som vist i Dargesjøen. Hva dette har å bety for vinteroverlevelsen av fisk og næringsdyr er ukjent

4.2 Fiskens rekrutteringsforhold

Vi har tidligere vist hvordan klimaforholdene påvirker rekrutteringsforholdene (Rognerud et al. 2003). På Hardangervidda vil forhold som bedrer yngelens overlevelse være av avgjørende betydning for den årsspesifikke rekrutteringen, mens gytebestandens størrelse vil være av mindre betydning. Spesielt vil dette være viktig i innsjøer med små gyte- og oppvekstarealer (Fjellsjøen, Kringlesjøen, Blånuttjønn), og sterke årsklasser vil her kunne utnytte næringsoverskuddet og gi økte avkastninger av stor fisk (Rognerud et al. 2006). I innsjøer med gode gyte- og oppvekstlokaliteter vil man kunne få for høy rekruttering med svært tette bestander som resultat (Sandvatn, Mårvatn). Klimaendringer vil følgelig kunne slå svært ulikt ut. Fisket vil i gunstige tilfeller (Dargesjøen) kunne motvirke dette, og likevel gi høy avkastning av fisk med god kvalitet.

Den sterke 1997-årsklassen ser nå ut til å være fisket ut i innsjøer hvor bestanden ikke ble for tett. I vann som i Sandvatn hvor den ga overbefolkning stagnerte veksten og betanden var i 2006 fremdeles sterk. Dette er antagelig tilfellet i mange andre vann på Hardangervidda, bl.a. i Mårvatn. På Vestvidda ble det forsøkt med utfisking for å redusere tettheten, men det antydes at uttaket ble for lite i forhold totalantallet i bestandene (Borgstrøm 2005).

De klimatiske effektene på vekst og rekrutteringsforhold vil derfor kunne gi seg utslag i svært store variasjoner vannene i mellom med eventyrlige fiskeforhold som i den tynt befolkete Fjellsjøen og overbefolkning (dårligere kvalitet) i Sandvatn. Reguleringer vil kunne forsterke dette med tidligere stagnasjon i vekst slik som vist i Mårvatn.

4.3 Fiskens ernæring

Endrede klimatiske forhold kan føre til bedre produksjonsforhold for fiskens næringsdyr ved at temperaturen øker og produksjonssesongen blir lengre. Men ved at rekrutteringsforholdene også påvirkes vil bestandstettheten av fisk være en betydelig faktor som vil avgjøre hvilken effekt klimaendringene får i de ulike vann. Dette vil igjen forsterkes i regulerte innsjøer og i innsjøer som i tillegg har ørekyte.

Ernæringsbildet til ørreten på Hardangervidda varierer sterkt (Sømme 1954). Ulike insektsgrupper som fjærmygg, knott, vårfluer, døgnfluer og til tider overflateinsekter vil nesten alltid være å finne i ørretens mageinnhold. Også permanente vannboere som ulike snegle- og muslingarter er vanlig forekommende, men de ulike krepsdyrarter regnes som de viktigst av alle dyregrupper (diskutert i Rognerud et al. 2003 med litteraturgjennomgang). Det er totalt registrert 22 ulike krepsdyrarter på Hardangervidda (Walseng et al. 1996), men bare noen få av dem er viktige som føde for ørret. Skjoldkreps, marflo og linsekreps er alle meget viktige næringsobjekter i de fleste innsjøene (Rognerud et al. 2003, Qvenild 2004). Selv om fødeinntaket av de ulike næringsdyrgruppene kan være nokså ulike i våt- eller tørrvekt, viser det seg likevel at fødeopptaket målt på energibasis er nokså likt uavhengig hva den spiser (Elliott & Hurley 2000). Det er først når ørreten begynner å spise fisk at energiopptaket øker drastisk (Elliott & Hurley 2000). En god vekst av større fisk er avhengig av en god bestand av de større næringsdyrene som skjoldkreps og marflo. Dersom disse næringsdyrene er sterkt redusert som følge av en tett fiskebestand, eller at de ikke er til stede på grunn av regulering, vil produksjonspotensialet for større fisk bli drastisk redusert. I slike situasjoner synes linsekrepsen å bli relativt sett viktigere og utgjør da en større del av mageinnholdet, men da linsekrepsen er liten vil dette forrykke den intraspesifikke konkurransen til fordel for småfisken. At energigevinsten avtar med økende størrelse på predatorfisken når det er tilgang på bare små byttedyr er kjent også fra andre undersøkelser (Finstad et al. 2006). Dette gir seg klart uttrykk i en fallende k-faktor med økende fiskestørrelse slik vi observerte særlig i Sandvatn i 2004 og 2005 (Rognerud et al 2005), men i 2006 synes en bedring å være på gang. I Mårvatn hvor marflo og skjoldkreps ikke er tilstede har veksten av 1997-årsklassen sunket gradvis siden 2000. Det er derfor rimelig å anta at for denne årsklassen har energigevinsten blitt for lav med linsekreps og insektslarver som diett når fisken har økt i størrelse.

Predasjon fra fisk vil ha stor betydning for tettheten og dermed tilgjengeligheten av krepsdyr. Ørreten er selektiv i valg av byttedyr og større næringsrike dyr foretrekkes (Fjellheim et al. 2007, med sitert litteratur). Dette betyr at ved tynne bestander av attraktive næringsdyr som skjoldkreps og marflo vil de kunne observeres i fiskemager, mens det er sjelden mulig å påvise disse ved konvensjonelle bunndyrsundersøkelser (Fjellheim et al. 2007). Viktige krepsdyr som skjoldkreps, linsekreps og daphnier vil klekke fra hvileegg om vår/forsommer og først utvikle bestander på ettersommer og høsten. Marflo vil antagelig også normalt få en økt bestand utover høsten selv om de er tilstede hele året. Denne sesongmessige svingningen i tilgangen på disse prefererte næringsdyrene tilsier at høsten er en viktig veksttid for fisken. Dette fant vi da også i Sandvatn i 2005 hvor 50 % av årspesifikk lengdevekst skjedde etter 20. august dette året.

Bestandene av skjoldkreps og marflo er følsomme for fiskepredasjon og varierende vannstander i regulerte innsjøer (Dahl 1915, Aass 1969, Brabrand 2007). Den store semiplanktoniske skjoldkrepsen er et svært ettertraktet næringsdyr. Blant de uregulerte innsjøene dominerte den da også bare i mageprøvene fra Fjellsjøen (oktober 2006) som har en relativt tynn fiskebestand, mens den var sjelden forekommende i fiskemager fra de andre uregulerte innsjøene og svært sjelden eller fraværende i de regulerte innsjøene. Betydningen av fisketetthet for bestanden av skjoldkreps er godt dokumentert i

undersøkelsene fra Sandvatn (2001–2006). Spesielt i det gode produksjonsåret 2002 var det rikelig tilgang på både skjoldkreps, marflo og linsekreps i strandsonen. Næringstilbudet var godt denne sommeren med høy fyllingsgrad og et lavt antall tomme mager. Etter at predasjons-trykket økte som følge av at den sterke 1997-årgangen vokste til, ble skjoldkreps langt mer sjeldne å finne i ørretmagene fra fisk fanget i strandsonen. De 3 siste årene (2004–2006) ble det bare registrert enkeltindivider i mager fra fisk fanget i de dypeste delene av innsjøen. I de regulerte innsjøene ble skjoldkreps ikke registrert i fiskemager i Mårvatn, men var til stede i de andre regulerte innsjøene med mindre reguleringshøyde. Det er derfor sannsynlig at det ikke er tette fiskebestander som er årsak til fravær av skjoldkreps i Mårvatn, men i stedet fysiske forhold som økt tilslamming og hvilegg som klekkes i strandsonen før områdene er dekket med vann slik som beskrevet av Borgstrøm (1973).

Skjoldkrepsen er en nordlig kaldtvannsart, men mye tyder på at den først og fremst er avhengig av kulde i hvileeggstadiet (Aass 1969). Når den er klekket ser det ut som om den begunstiges av økt temperatur (Aass 1969). Den var sterkt dominerende i mageinnholdet i strandsonen i Sandvatn den varmere sommeren i 2002 sammenlignet med 2001. Borgstrøm (1997) nevner flere eksempler på at temperaturen har mye å si for utviklingen av skjoldkrepsen. At skjoldkrepslarvene trenger varme for å utvikle seg ble tydelig demonstrert i Kollsvatn ved Litlos der skjoldkrepsen var vanlig forekommende i 1988 i slutten av juli, mens den ikke ble påvist på samme tid i 1989 da isen lå til midten av juli (Pedersen og Scobie 1990). I ugunstige år med sen isløsning er det i Litlosvatn funnet skjoldkreps på planktonstadiet så sent som i slutten av juli, mens den i andre vann hvor isen går tidlig og temperaturforholdene er bedre kan skjoldkrepsen være utvokst og kjønnsmoden på denne tiden (Simonsen og Valderhaug 1994, Borgstrøm 1997). Forholdene i Sandvatn er vanligvis gunstigere enn i Litlosvatn og Kollsvatn lenger opp i vassdraget. I 2005 hvor forholdene var særdeles ugunstige ble det ikke påvist skjoldkreps i strandsonen i Sandvatn. På dypet ble det funnet voksne skjoldkreps, men magefyllingsgraden til ørreten var liten og selv om skjoldkrepsen var dominerende i mageinnholdet betydde den lite som mat. I den gunstige sommeren 2002 var tilgangen på skjoldkreps stor og den var viktig som mat. At skjoldkrepsen er vanligere å finne på dypet kan ha sin forklaring i et sterkere beitepress i strandsonen.

Marflo ble observert i alle innsjøene unntatt i de mest regulerte innsjøene Mårvatn og Ørteren. Marflo synes å tåle reguleringer opptil 10–13 m, men forsvinner eller er svært sjelden ved større reguleringshøyder. I de uregulerte innsjøene var innslaget av marflo i fiskemager størst i Fjellsjøen som har lav tetthet av fisk på grunn av dårlige rekrutteringsforhold, og lavest i Sandvatn som hadde tette fiskebestander og gode rekrutteringsforhold. Marflo er en nordlig kaldtvannsart som har en vid utbredelse i Norge. Den har signifikant høyeste frekvens i innsjøer med temperaturer om sommeren i intervallet 10 – 14 °C (Økland og Økland 1999). Den har en annen livshistoriecyklus i høyfjellet sammenlignet med lavlandet (Bjerknes 1974, Mehli 1973/74). I høyfjellet har den en overveiende toårig livshistoriecyklus (Bjerknes, 1973, 1974), mens den i lavlandet kan være ett-årig (Mehli 1973/74). Marflo tåler ganske høye temperaturer, og den trekker gjerne inn i lune, varme viker (Dahl 1915, Økland 1980). Noen studier som viser temperaturens direkte påvirkning på vekst og produksjon hos marflo er ikke kjent for oss, men vekststudier på *asellus*, som er en nærstående art, viste en nær positiv korrelasjon mellom vekst og temperatur (Andersson 1969). Hvis vi sammenligner 2001 og 2002 i Sandvatn, to år hvor det ikke var store forskjeller i bestandsstrukturen til ørreten, fant vi et større innslag av marflo og skjoldkreps i mageinnholdet til ørreten i strandsonen sommeren 2002 som var en varmere og lengre produksjonsesong. Veksten til marflo er i stor grad avhengig av produksjonen av påvekstalter (Rognerud et al. 2003) som også er positivt korrelert til temperatur (Schindler et al. 1990), selv om responsen er forskjellig for ulike arter (Baulch et al. 2005). Det synes derfor rimelig å anta at tilveksten av marflo er avhengig av temperaturen og at lav temperatur og kort vekstsesong kan være kritisk for populasjonen av marflo i innsjøer med høy fisketetthet slik som i Sandvatn. Til tross for en lang produksjonsesong i 2006 var marflobestanden tynn og dette skyldes høyst sannsynlig et sterkt predasjonspress fra en tett fiskebestand.

I de regulerte innsjøene Mårvatn, Kalhovdfjorden, Ørteren og Lægreidvatn har reguleringene bidratt til at linsekreps, og planktoniske krepsdyr (hovedsakelig *Daphnia umbra*) dominerte i mageprøvene. Disse

næringsdyrene synes å være begunstiget av at hvileggene fryser i reguleringsonen og Dahl (1933b) sier at disse gruppene av næringsdyr langt på vei kan kompensere for tapet av grunntvanns-faunaen. *Daphnia umbra* er definert som egen art (Taylor et al. 1996) og den finnes i høyfjellstrøk i Sør- og Nord-Norge, samt i arktiske områder som bl.a Bjørnøya og Svalbard (Anders Hobæk, NIVA pers. medd.). Arten er pigmentert og derved utsatt for et hardere predasjonstrykk enn transparente arter (Sægrov et al. 1996). De samme forfatterene mener at forekomst av arten i innsjøer med ørret viser at bestanden av fisk er lav til middels stor. *Daphnia umbra* finnes også i Litlosvatn, Bjornesfjorden og Nordmannslågen (A. Hobæk pers. medd.). Vi har også observert arten i mageprøver fra disse sjøene. Selv om arten har vært til stede i fiskemager fra Bjornesfjorden så var det marflo og skjoldkreps som var totalt dominerende på tørrvektbasis (Tysse og Garnås 1990, Sægrov et al 1996, Barlaup et al. 2001).

Selv om alle dyr og planter inneholder ulike karotenoider er krepsdyrene spesielt rike på ett av dem, astaxhantin, som gir ørreten den karakteristiske røde kjøttfargen (Christiansen et al 1994). Et høyt innhold av karotenoider har mange positive sider. Det er bl.a. vist at et høyt astaxanthininnhold i føret fremmer veksten og øker overlevelsen (Christiansen et al. 1994). Spesielt viktig er det at kjøttfargen gir ørreten på Hardangervidda en kvalitet som overstiger de fleste andre områder. Den røde kjøttfargen tyder på at krepsdyr er dominerende næringsobjekter. Forekomsten varierer imidlertid mye mellom de ulike lokaliteter, over sesongen og mellom år. I Sandvatn har innslaget av disse tre nøkkelartene utgjort 49 til 86 vol % av mageinnholdet for fisk i strandsonen i årene 2001, 2002, 2004 og 2006. I 2005 var forholdene annerledes (kjølningseffekt fra smeltevann) og insekter dominerende, mens krepsdyrene utgjorde bare 25 % i august. Også i 2004 var det et stort innslag av overflateinsekter. Under perioder hvor det er rikelig tilgang på overflateinsekter gir ikke mageinnholdet noe godt bilde av tilgjengeligheten av krepsdyr i fødetilbudet, noe som også er velkjent fra andre høyfjellslokaliteter (Aass 1969).

4.4 Fiskens vekst og kjønnsmodning

Endringer i temperaturforholdene vil ha stor betydning for fiskens vekstforhold (Elliott et al. 1995). I tynne bestander som i Fjellsjøen hvor en ofte vil ha næring i overskudd, vil dette kunne gi en optimal utnyttelse av næringsproduksjonen, og veksten vil da i stor grad være temperaturstyrt. I innsjøer med tette bestander vil veksten begrenses gjennom intraspesifikk konkurranse og sterk og selektiv nedbeiting av de viktigste næringsdyrene. I slike tilfeller vil fisken ikke få utnyttet sitt vekstpotensiale, og fisken vil også kjønnsmodnes ved en mindre størrelse (Ugedal et al. 2005).

I 2004 og 2005 ga næringsbrist spesielt sterke utslag for fisken i Sandvatn som hadde gytt høsten før. Gytefisken hadde k-faktorer i intervallet 0,6 til 0,8 og de var alle svært slanke. Dette er velkjent også fra andre lokaliteter på Hardangervidda (Borgstrøm og Dokk 2004a, Borgstrøm og Dokk 2004b, Borgstrøm 2005). I 2006 var forholdene bedre med høyere k-faktor enn i de foregående årene også i de største lengdeklassene. Fisk som hadde gytt året før viste også en større regenerasjonsevne og klarte i større grad enn tidligere å spise seg opp igjen i normal kondisjon. Den gode og lange produksjonssesongen 2006 er trolig en viktig grunn til dette samtidig som 1997-årsklassen er blitt tynnere. I 2001 og 2002 hvor forholdene var bedre var tidligere gytere i normalt god kondisjon. Sommeren 2005 ble det tatt flere store ørreter som var i god kondisjon og flere hadde fisk i magen. Et eksempel på dette var en fisk på 47 cm og 1,16 kg som hadde 2 mindre fisk i magen. Den var i meget god kondisjon (k-faktor 1,12). Det er høye tettheter av småørret og det kan synes underlig at den utmagrete gytefisken ikke går over på fiskediett. Vi har tidligere vist at ørretbestandene i Kvennavassdraget kan ha et lite innslag av kannibaler (Rognerud et al. 2003). Vekstmønsteret tydet på at denne fisken hadde vært fiskespiser lenge og altså ikke en gytefisk som hadde slått over på fiskediett. Fiskediett gir en langt høyere energigevinst enn om fisken spiser evertebrater selv om det også krever mer energi å være fiskespiser (Elliott & Hurley 2000). Når det nødvendige energioverskuddet som trengs for å gå over til å bli fiskespiser ikke er tilstede, vil antagelig ikke fisken

klare dette spranget, noe som er vist for bl.a. røye (Finstad et al. 2006). Dette kan være forklaringen på at den utmagrete gytefisken ikke klarer å spise seg opp igjen i normal kondisjon selv om det er rikelig med småfisk tilstede. I 2006 ble det ikke fanget fisk med fisk i magen, og under normale forhold synes kannibalisme å være sjeldent forekommende på Hardangervidda (Sømme 1954). Ørreten spiser da fortrinnsvis krepsdyr som er lette å fange (Fjellheim et al. 2007).

Kjønnsmodning er avhengig av vekstforholdene, og i Sandvatn ble fisken kjønnsmoden ved en lavere størrelse enn i årene 2001 og 2002 hvor næringsforholdene var bedre enn i de senere årene. Lignende forhold ser vi også vannene i mellom i denne undersøkelsen hvor størrelsen på gytefisken var langt høyere i Fjellsjøen med en tynn bestand enn i de andre innsjøene med tettere bestander og dårligere ernæringsforhold. Dette er også vist i et større utvalg av innsjøer (Ugedal et al. 2005).

5. Referanser

Andersson, E. 1969. Life-cycle and growth of *Asellus aquaticus* (L.). With special reference to the effects of temperature. Inst. freshw. res., Drottningholm. Report No 49, 1969: 5-26.

Baines, S.B. Webster, K.E. and Kratz, T.K. 2000. Synchronous behavior of temperature, calcium, and chlorophyll in lakes of northern Wisconsin. Ecology, 81: 815-825.

Barlaup, B.T, Kleiven, E., Raddum, G.G., Gabrielsen, S-E., Johannessen, A. 2001. Fiskeribiologiske undersøkelser I Bjornesfjorden, august 1999. Lab. Ferskv. Økol. Innl. Fiske (LFI). UiB. Rapport 111.

Baulch, H. M., Schindler, D. W., Turner, M. A., Findlay, D. L., Paterson, M. J., og Vinebrooke, R. D. 2005. Effects of warming on bentic communities in boreal lake: Implications of climatic change. Limnol. Oceanogr. 50: 1377 – 1392.

Benson, B.J., Lenters, J.D., and Mangnuson, J.J. 2000. Regional coherence of climatic and thermal variables of four lake districts in the upper Great Lakes region of North America. Freshwater Biology, 43: 517-527.

Bjerknes, V. 1973. Gammarus lacustris G. O. Sars, livssyklus, reproduksjon og vekst i Tinnhølen, Hardangervidda, Hordaland fylke. Hovedoppgave i spesiell zoologi, Universitetet i Bergen.

Bjerknes, V. 1974. Life cycle and reproduction of Gammarus lacustris G.O.Sars (Amphipoda) in a lake at Hardangervidda, western Norway. Norw. J. Zool.:22, 39 – 43.

Borgstrøm, R. 1992. Effect of population and gillnet catchability in four allopatric populations of brown trout (*Salmo trutta*). Can. J. Fish. Aq. Sci. Vol. 49, 1539-1545.

Borgstrøm, R. 1973. The effect of increased water level fluctuation upon the brown trout population of Mårvatn, a Norwegian reservoir. Norw. Journal of Zoology 21: 101 – 112.

- Borgstrøm, R. 1997. Skjoldkreps – et arktisk dyr i norske innsjøer. NLH, Fagnytt nr. 9-1997, 1-4.
- Borgstrøm, R. 2001. Relationship, between spring snow depth and growth of brown trout, *Salmo trutta*, in an alpin lake: predicting consequences of climate change. Arctic, Antarctic, and Alpin Research. 33: 476-480.
- Borgstrøm, R. og Dokk, J.G. 2004a. Aurebestandene i kvennsjøen, Litlosvatn og Kollsvatn. Faktaark nr. 2-2004. Inst. For naturforvaltning. NLH. 6s
- Borgstrøm, R. og Dokk, J.G. 2004b. Auren i Krokavatn, Skavatn, Ambjørgsvatn og Grøndalsvatna. Faktaark nr. 3-2004. Inst. For naturforvaltning. NLH. 6s
- Borgstrøm, R. 2005. Tette aurebestandar i Nedre-, Midtra- og Øvre Krokavatn i Kvennavassdraget. Faktaark nr.1-2005. Inst. For naturforvaltning. UMB. 6s
- Borgstrøm, R. 2005. Aurebestandar i Ullensvang statsallmenning. Faktaark nr.3-2005. Inst. For naturforvaltning. UMB. 6s
- Borgstrøm, R. and Museth, J. 2005. Accumulated snow and summer temperature – critical factors for recruitment to high mountain populations of brown trout (*Salmo trutta* L.). Ecol. Freshw. Fish 14: 375 – 384.
- Brabrand, Å. 2007. Virkninger av lav sommervannstand på fisk i reguleringsmagasiner. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI). Rapport nr. 249 – 2007. 54 s.
- Christiansen, T., Lie, Ø, and Tørrissen, O.J. 1994. Effect of astaxanthin and vitamin A on growth and survival during first feeding of Atlantic salamon, *Salmo salar* L. Aquaculture and Fisheries Manag. 25: 903-914.
- Dahl, K. 1910. Alder og vekst hos laks og ørret belyst ved studiet av deres skjæl- Centraltrykkeriet, Kristiania.
- Dahl, K. 1915. En studie over grundaatens eller matfloens (*Gammarus pulex*) biologi og utbredelse i Norge. Særtrykk av NJFF's tidskrift 1915, 32 s.
- Dahl, K. 1933. Vassdragsregulerings virkninger på fisket I innsjøer. J. W. Cappelens forlag. Oslo
- Elliot, J. M., Hurley, M. A., and Fryer, R. J. 1995. A new, improved growth model for brown trout, *Salmo trutta*. Functional. Ecol. 9: 290 – 298.
- Elliott, J.M. & Hurley, M.A. 2001. Modelling growth of brown trout, *Salmo trutta*, in terms of weight and energy units. Freshwater Biology (2001) 46, 679-692.
- Fee, E. J., Hecky, R. E., Kasian, S. E. M., and D. Cruikshank, D. R. 1996. Effekts of lake size, water slarity, and climatic variability on mixing depths in Canadian Shield lakes. Limnol. Oceanogr. 41: 912-920.
- Finstad, A.G., Ugedal, O. & Berg, O.K. 2006. Growing large in a low grade environment: size dependent foraging gain and niche shifts to cannibalism in Arctic char. Oikos 112: 73-82.
- Fjellheim, A., Tysse, Å. and Bjerknes, V. 2007. Fish stomachs as a biomonitoring tool in studies of invertebrate recovery. Water Air Soil Pollut. Focus 7: 293-300.

- Hari, R., Livingstone, D. M., Siber, R., Burkhardt-Holm, P. and Güttinger, H. 2005. Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biol.* 16: 10 – 26.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1927. Studier over aldersforholde og veksttyper hos norske ferskvannsfisker. Nationaltrykkeriet, Oslo. 357 s.
- Iversen, T. et al. 2005. RegClim. Norges klima om 100 år. Usikkerheter og risiko. <http://regclim.met.no>
- Jensen, A.J., Forseth, T. & Johnsen, B.O. 2000. Latitudinal variation in growth of young brown trout *Salmo trutta*. *Journal of Animal Ecology* 69: 1010-1020.
- Kettle, H., Thompson, R., Anderson, N. J., and Livingstone, D.M. 2004. Empirical modeling of summer lake surface temperatures in southwest Greenland. *Limnol. Oceanogr.* 49: 271-282.
- Livingstone 1997. Break-up dates of alpine lakes as proxy data for local and regional mean surface temperatures. *Climate Change* 37: 407-439.
- Livingstone, D.M., Lotter, A.F., and Walker I. R. 1999. The decrease in summer surface water temperature with altitude in Swiss Alpin lakes: a comparison with air temperature lapse rates. *Arctic, Antarctic and Alpin Research*, 31: 341 – 352.
- Livingstone, D.M., Lotter, A.F., Kettle, H. 2005. Altitude-dependent differences in the primary physical response of mountain lakes to climatic forcing. *Limnol. Oceanogr.* 50: 1313 -1325.
- Magnuson, J. J., Meisner, J. D., and Hill, D. K. 1990a. Potential changes in the thermal habitat of Great Lakes fish following global climate warming. *Trans. Am. Fish. Soc.* 119: 254-264.
- Magnuson, J.J, Benson, B.J, and Kratz, T.K. 1990b. Temporal coherence in limnology of a suite of lakes in Wisconsin, USA. *Freshwater Biology.* 23: 145-159.
- Mehli, S.Å. 1973/74. Litt om marfloas biologi, og dens betydning som næring for fisk. Trondheim og omland fiskeadministrasjon, Årbok 1973/74. 52-60.
- Pedersen, K. og Scobie, L. 1990. Dynamikk, habitatbruk og redskapsseleksjon for ørretbestanden i Kollsvatn, en innsjø på Hardangervidda. Hovedoppgave ved Inst. for biologi og naturforvaltning, NLH.
- Qvenild, T. 2004. Hardangervidda, fiske og fjelliv. Naturforlaget.
- Rognerud, S., Borgstrøm, R., Qvenild, T. og Tysse, Å. 2003. Ørreten på Hardangervidda. Næringsnett, kvikksølvinhold, ørekytespredning og klimavariasjoner – følger for fiske og forvaltning. NIVA (Norsk institutt for vannforskning), Rapport LNR 4712-2003. 68 s.
- Rognerud, S., Qvenild, T. og Fjeld, E. 2005. Hardangervidda-prosjektet. Resultater fra undersøkelsene i 2004. NIVA (Norsk institutt for vannforskning), Rapport LNR 5025-2005. 34 s.
- Rognerud, S., Qvenild, T., Rakhorst, M. og Rustadbakken, A. 2006. Hardangervidda-prosjektet. Resultater fra undersøkelsene i 2005. 35 s.
- Schindler, D. W. 1971. Light, temperature and oxygen regimes of selected lakes in the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 28: 157 – 169.

- Schindler D. E., Rogers, D. E., Scheuerell, M. D., and Abrey, C. A. 2005. Effects of changing climate on zooplankton and juvenile sockeye salmon growth in southwestern Alaska. *Ecology*, 86: 198 – 209.
- Simonsen, T.A. og Valderhaug, N.A. 1994. Bestandsdynamikk, habitatbruk og ernæring for aure i Litlosvatn – en innsjø på Hardangervidda. NLH, inst. for biol. og naturforv. Hovedoppgave.
- Skjelkvåle, B.L. and Henriksen, A. Vannkjemi, forsuringsstatus og tålegrenser i nasjonalperker; Hardangervidda. NIVA-rapport 3895-98. 49s.
- Stefan, H. G. Fang, X. and Hondo, M. 1998. Simulated climate change effects on year-round water temperatures in temperate zone lakes. *Clim. Change* 40: 547-576.
- Sømme, I. D. 1954. Ørretboka. Jacob Dybwads forlag, Oslo.
- Taylor, D.J. Herbert, P. D. N. and Colbourn, J. K. 1996. Phylogenetics and evolution of the *Daphnia longispina* group (Crustacea) based on 12S rDNA sequence and allozyme variation. *Molecular phylogenetics and evolution*. 5: 495 – 510.
- Tysse, Å. og Garnås, E. 1990. Fiskeribiologisk undersøkning i langesjøen og Bjornesfjorden. Nore og Uvdal kommune. 1989. Rap. 11/1990. Fylkesmannen i Buskerud.
- Ugedal, O., Forseth T. og Hesthagen, T. 2005. Garnfangst og størrelse på gytefisk som hjelpemiddel i karakterisering av aurebestander. NINA-rapport 73. 52 s.
- Walseng 1996. Ferskvannsbiologiske undersøkinger i Kvenna 1995, med fokus på indikatorarter som redskap i forsuringsovervåkning. NINA Oppdragsmelding 433: 1-36.
- Økland, K. K., 1980. Økologi og utbredelse til *gammarus lacustris* G. O. Sars i Norge, med vekt på forsuringsproblemer. Sur nedbørs virkning på skog og fisk. Intern rapport IR 67/80.
- Økland, J. og Økland, K.A. 1999. Dyr og planter: Innvandring og geografisk fordeling. Vann og vassdrag 4. Vett & Viten. 200 s.
- Økland, K.A. og Økland, J. 2003. Skjoldkrepsen *Lepidurus arcticus* i Norge – historikk og utbredelse. Fauna, nr. 1-2003, 2-12.
- Aass, P. 1969. Crustacea, especially *Lepidurus arcticus* Pallas, as brown trout food in Norwegian mountain reservoirs. Inst. freshw. Res., Drottningholm. Report No 49, 1969. 183-201.

6. Vedlegg

Tabell 1. Beregnet garnselektivitet for ulike lengdegrupper i Sandvatn 2004-2006.

cm	2004	2005	2006	cm	2004	2005	2006
12	0	0	0	31	74.1	70.0	72.3
13	0.2	0.2	0.2	32	76.6	81.8	80.0
14	0.4	0.4	0.5	33	73.9	81.4	78.5
15	0.7	0.7	0.9	34	79.0	85.3	82.9
16	1.2	1.3	1.6	35	98.9	99.5	99.5
17	3.2	3.1	4.0	36	100.0	100.0	100.0
18	7.6	7.4	9.5	37	93.1	89.3	90.5
19	18.1	17.8	22.9	38	87.0	79.9	81.9
20	20.6	19.9	25.5	39	83.3	71.2	74.0
21	22.0	20.2	26.0	40	81.2	63.6	67.0
22	24.9	20.2	26.4	41	76.4	53.7	56.3
23	26.5	19.2	25.3	42	68.4	45.1	47.4
24	33.4	21.9	29.1	43	60.2	35.8	37.7
25	45.3	30.5	38.6	44	56.0	30.3	32.1
26	62.3	43.3	53.0	45	52.0	24.9	26.5
27	74.2	53.1	63.6	46	49.7	19.6	20.9
28	73.5	54.6	64.0	47	48.7	16.3	17.7
29	72.6	56.5	64.4	48	43.5	11.3	12.1
30	74.2	63.8	69.1	49	34.3	6.2	6.5
				50	30.4	2.0	2.3

Tabell 2. Antall registrerte fisk og antall fisk basert på beregninger etter korrigerings av garnselektivitet.

mm	korr. ant.	ant. reg.
150	108	0
160	-	1
170	25	0
180	73	1
190	52	7
200	126	12
210	61	32
220	45	16
230	47	12
240	28	12
250	23	8
260	11	9
270	19	6
280	17	12
290	12	11
300	19	8
310	10	13
320	21	7
330	9	17
340	10	7
350	2	8
360	3	2

370	2	3
380	1	2
390	1	1
400	1	1
410	4	1
420	-	2
430	-	0
440	-	0
450	-	0
460	-	0
470	-	0
480	-	0
490	-	0
500	-	0
