



HydroFish-prosjektet: Sluttrapport for undersøkelsene 2007 - 2010



Foto S. Rognerud

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel HydroFish-prosjektet: Sluttrapport for undersøkelsene 2007 - 2010.	Løpenr. (for bestilling) 6082-2010	Dato 10.desember 2010
	Prosjektnr. Undemr. 29233	Sider Pris 74
Forfatter(e) Sigurd Rognerud (NIVA) og Åge Brabrand (LFI-Oslo)	Fagområde limnologi	Distribusjon åpen
	Geografisk område Sør-Norge	Trykket Copycat

Oppdragsgiver(e) Energi Norge, Statkraft Energi AS, Norges vassdrags- og energidirektorat og Direktoratet for naturforvaltning.	Oppdragsreferanse Arne Erlandsen
--	-------------------------------------

Sammendrag : Dette er sluttrapport for HydroFish (2007-2010), som er et samarbeidsprosjekt mellom NIVA og LFI-Oslo. Målsetningen har vært å benytte en kombinasjon av nye og vel etablerte metoder/analyser for å klarlegge virkninger av vassdragsreguleringer (reguleringshøyde og manøvrering), samt årlige variasjoner i klima og fisketetthet på ørretens viktigste næringsdyr i regulerte og uregulerte fjellsjøer i Sør-Norge. Det er identifisert kritiske faktorer for produksjon av næringsdyr og fisk slik at et best mulig fiske kan utøves i kraftverksmagasin. Resultatene fra prosjektet har vist betydningen av variasjoner i vær og klima for fiskens rekruttering, årsklassestyrke og kvalitet, samt forekomst av viktige næringsdyr. Det er utviklet tålegrenser for ørretens næringsdyr i kraftverksmagasin i fjellet med hensyn til reguleringshøyde og manøvreringen av vannstand. For marflo er tålegrensen satt til 6 m, for snegl 8 m, og vårfluer 10-12 m. For pelagiske og profundale næringsdyr er det ikke påvist tålegrense mht. reguleringshøyde. Skjoldkreps tåler store reguleringshøyder, men er følsom for manøvreringer der det skjer sen fylling. Vi gir anbefalinger til forvaltningen om frekvensen i basisovervåking av fiskebestander i fjellet i regi vannforskriften, og tiltak for å øke kvaliteten av fisk i høyfjellsmagasin.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fjellsjøer og kraftverksmagasin 2. Fisk og næringdyr 3. Tålegrenser 4. Forvaltning og overvåking 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mountain lakes and hydro-power magasins 2. Fish and nutrition animals 3. Critical limits 4. Management and monitoring
---	--



Sigurd Rognerud
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

HydroFish-prosjektet

Sluttrapport for undersøkelsene 2007-2010

Forord

Dette er sluttrapporten for HydroFish prosjektet (2007-2010), som er et samarbeid mellom NIVA og Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI-Oslo), Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo.

NIVAs undersøkelser er også basert på tidligere resultater fra Hardangervidda-prosjektet (Rognerud et al 2003, 2005, 2006, 2007) der Reidar Borgstrøm, Tore Qvenild, Åsmund Tysse, Atle Rustadbakken, Eirik Fjeld og Menno Rakhorst var bidrags-ytere. Resultater fra regulerings-prosjekter i Kvikneområdet er også inkludert (Rognerud et al. 2006, 2007). I disse har Tore Qvenild fra FM-Hedmark har vært medarbeider.

LFI sin undersøkelse er basert på tidligere innsamlet og publisert materiale av Per Aass, og på en rekke andre rapporter utgitt i LFI's rapportserie. Data fra prøvefiske i forbindelse med utsetningspålegg er stilt til disposisjon av Per Aass (NHM), Trygve Hesthagen (NINA), Reidar Borgstrøm (UMB), Annelaug Meland (UMB), Arne Magnus Hekne (UMB), Per Øyvind Gustavsen (Gustavsen Natur-analyser), Atle Rustadbakken (Naturkompetanse) og Finn Johansen (FM-Telemark).

Data for vannstand er stilt til disposisjon fra Statkraft, Numedalslaugens brukseierforening (NLB), Glommen og Laagens brukseierforening (GLB), Echo-vannkraft, og det har vært ydet stor innsats for å etterkomme behov for eldre vannstandsdata. Maarfjell sameige og Interesseselskapet Laagefjeld har stilt hytter og båter til disposisjon og vist stor velvilje. Klimadata er stilt til rådighet av met.no. Prosjektet har vært finansiert av Energi Norge, Statkraft Energi AS, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Direktoratet for naturforvaltning (DN). Det er publisert to årsrapporter fra disse undersøkelsene. Styringsgruppen i prosjektet har bestått av Nils Runar Sporan (NLB, formann 2007-2008), Arne Erlandsen (Statkraft Energi AS, formann 2009-2010), Sjur Gammelsrud (Statkraft Energi AS), Geir Taugbøl (Energi Norge), Jon Arne Eie (NVE), Steinar Sandøy (DN), Sigurd Rognerud (NIVA) og Åge Brabrand (LFI-Oslo).

Ottestad/Oslo, 10.desember 2010



Sigurd Rognerud og Åge Brabrand

Innhold

Sammendrag	6
Summary	8
1. Innledning	9
2. Undersøkellesområder	10
3. Metoder	11
3.1 NIVAs undersøkelser	11
3.1.1 Værdata	11
3.1.2 Temperaturloggere	11
3.1.3 Innsamling av fisk	12
3.1.4 Fiskemålinger	12
3.1.5 Stabile isotop analyser (SIA)	12
3.1.6 Innsjøer med analyser av stabile isotoper analyser (SIA) i fisk og næringsdyr	13
3.2 Metodikk for undersøkelsetene av tålegrenser for næringsdyr i magasin	13
3.2.1 Virkning av manøvrering og fyllingsmønster er analysert mht. skjoldkreps og linsekreps.	14
4. Innledning om tålegrenser for næringsdyr	16
4.1 Bakgrunn	16
4.2 Vannstandsvariasjon som ytre påvirkning	16
4.3 Skjoldkreps og linsekreps i reguleringsmagasiner	17
4.4 Mål og forventning	18
5. Tålegrenser for næringsdyr i kraftverksmagasin	19
5.1 Årviss manøvrering	19
5.1.1 Dominerende næringsdyr	20
5.1.2 Grupper med tilhold i strandsonen med liten egenbevegelse	23
5.1.3 Grupper mindre knyttet til bunn og med stor egenbevegelse	26
5.1.4 Planktoniske krepsdyr med tilhold i de frie vannmasser.	28
5.1.5 Næringsdyr med bredt habitatvalg	30
5.2 Manøvrering versus reguleringshøyde	33
5.2.1 Skjoldkreps	33
5.2.2 Linsekreps	38
5.2.3 Ørekyte og skjoldkreps	39
5.3 Spredning av skjoldkreps	39
6. Betydningen av klimavariasjoner for fisk og næringsdyr i uregulerte og regulerte innsjøer	42
6.1 Fysiske forhold	42
6.1.1 Tidsutvikling i lufttemperatur (LT)	42

6.1.2 Sammenhengen mellom lufttemperatur og vanntemperatur	42
6.1.3 Forhold som påvirker samvariasjon mellom LT og VTO	43
6.1.4 Andre forhold som påvirker produktiviteten i fjellsjøer	46
6.2 Undersøkelser av næringsdyr i fiskemager	47
6.2.1 Sandvatn (2001-2010)	47
6.2.2 Innsjøer undersøkt høsten (2006-2010).	48
6.2.3 Utvidet undersøkelse av næringsdyr i 2007	50
6.2.4 Mår – skjoldkrepss, marflo og magasinfylling	51
6.3 Fiskens næringsnett undersøkt ved hjelp av stabile isotoper og mageanalyser	54
6.3.1 Innledning	54
6.3.2 Stabile isotop-analyser av ørret	54
6.4 Fiskeundersøkelser	58
6.4.1 Sandvatn 2001-2010	58
6.4.2 Vekst og temperatur	61
6.4.3 Kjønnsmodning	61
6.4.4 De regulerte innsjøene	62
6.5 Årsspesifikk vekst 2001-2008	63
7. Konklusjoner	66
8. Referanser	71

Sammendrag

Dette er sluttrapporten for HydroFish prosjektet (2007-2010), som er et samarbeid mellom NIVA og Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI-Oslo). Målsetningen har vært å benytte en kombinasjon av nye og vel etablerte metoder/analyser for å klarlegge virkninger av vassdragsreguleringer (høyde og manøvrering), samt årlige variasjoner i klima og fisketetthet på ørretens viktigste næringsdyr i regulerte og uregulerte fjellsjøer i Sør-Norge. Videre å identifisere kritiske faktorer for produksjon av næringsdyr og fisk slik at et best mulig fiske kan utøves i magasin som benyttes til el-produksjon.

NIVAs arbeid omfatter undersøkelser av klimavariasjoners betydning for ørret og dens næringsdyr i to uregulerte innsjøer, Sandvatn og Fjellsjøen, sentralt på Hardangervidda og tre kraftverksmagasin (Mår, Kalhovdfjorden i Gøystmagasinet og Sønstevatn) i utkanten av Hardangervidda. Sandvatn er undersøkt over en 10 års periode de andre over en 5 års periode (2006-2010). NIVAs undersøkelser er også basert på tidligere resultater fra Hardangervidda-prosjektet (Rognerud et al. 2003, 2005, 2006, 2007). I tillegg er ørretens trofiske posisjon og dens energikilder analysert ved hjelp av stabile nitrogen og karbon isotoper (SIA) i 40 innsjøer, hvorav 32 er fjellsjøer.

Videre har LFI basert analysene av tålegrenser for ørretens næringsdyr i kraftverksmagasin på publikasjoner (Aass 1969), fagrapporter, erfaringer fra senkninger og lave sommervannstander, samt enkelte resultater fra prøvofiske. I flere av Statkrafts magasiner i Telemark og Buskerud er det tidligere gjennomført fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med evaluering av utsettingspålegg. Slike undersøkelser ble også gjennomført i flere magasiner i 2006. Det er derfor valgt ut noen magasiner der det foreligger data-grunnlag, og disse magasinene er behandlet spesielt mhp. gjennomgang av sannsynlige virkninger på næringsdyr, fiskens kvalitet og magasinenes totale fiskeproduksjon.

Tålegrenser for fiskens næringsdyr i regulerte magasiner

Tålegrenser for ørretens viktigste næringsdyr i reguleringsmagasin er angitt på bakgrunn av mageanalyser fra fisk innsamlet fra 55 reguleringsmagasin. Når et næringsdyr forekommer i mageinnholdet hos ørret vet vi med sikkerhet at de fysiske forholdene i magasinet gir levelige forhold for næringsdyret, og at det er til stede i tilstrekkelig antall slik at det kan inngå i fiskens diett. Det betyr også at selv om vi ikke har funnet næringsdyret i mageprøvene kan vi kan utelukke at det finnes. Det ligger også en usikkerhet i selve mageanalysene, der det forutsettes at et tilstrekkelig antall fisk er undersøkt og at det er foretatt riktig bestemmelse. Vi har undersøkt forekomst både i sammenheng med reguleringshøyden og med manøvreringen (vannstand gjennom året). Det er ikke påvist noen tålegrense når det gjelder reguleringshøyde for fjærmygglarver eller for de planktoniske krepsdyrene *Daphnia* sp. og *Bythotrepes longimanus*, de semiplanktoniske krepsdyrene linsekreps (*Eurycercus lamellatus*) og skjoldkreps (*Lepidurus arcticus*). For marflo, snegl og vårfluelarver, som er viktige næringsdyr for ørret i strandsonen, er tålegrensen satt til henholdsvis 6 m, 8 m og 10-12 m.

Tålegrensen sier nødvendigvis ikke noe om mengden næringsdyr i forhold til uregulert tilstand (naturtilstanden), og det er heller ikke enkle sammenhenger mellom næringsdyr i mageinnholdet og mengde næringsdyr i magasinet. Her vil både virkningen av reguleringen og fiskens preferanse i valg av næringsdyr avgjøre inntaket. Flere større næringsdyr (skjoldkreps, marflo) er utsatt for sterk nedbeiting, og fiskebestandens størrelse vil her sannsynligvis ha innvirkning på mengden.

Når det gjelder manøvreringen så er det ikke påvist effekter for linsekreps, men for skjoldkreps er forekomsten relatert til høst-og vår-vannstand. Sen oppfylling på forsommeren gjør at skjoldkreps egg som legges på gruntvann om høsten ikke dekkes med vann. Basert på empiriske data er 15. juli satt som dato for dekking av vann for å kunne gjennomføre livssyklus. I magasiner der reguleringen ikke er til hinder for forekomst, bør derfor fiskebestandene driftes på en slik måte at skjoldkreps og marflo

kan inngå i ørretens diett. Det betyr kontroll med bestandstettheten der beskatning og rekruttering er viktige virkemidler.

Trofisk posisjon og energikilder for ørret i uregulerte og regulerte fjellsjøer indikert ved stabile N og C-isotoper

Stabile isotop analyser (SIA) av ørret fra 40 innsjøer har vist at kannibalisme er svært sjelden blant ørretpopulasjoner i fjellsjøer. Bare 3 av i alt 703 undersøkte fisk (0,4 %) hadde spist ørret, mens i 3 innsjøer der ørekytebestanden var relativt god, hadde ganske mange (60 %) spist ørekyt. SIA kan også brukes til å identifisere utsatt fisk (settefisk oppdrett) for disse har en langt høyere $\delta^{15}\text{N}$ -signatur enn lokalt oppvokst fisk. Forøvrig viste resultatene at ørreten er opportunist og spiser både primærkonsumenter (snegl, muslinger, herbivore zooplankton) og sekundærkonsumenter (skjoldkreps, stor marflo, rovformer av insekter i vann etc). Energikildene i de uregulerte innsjøer er påvekstalger i grunnere deler av innsjøene, mens dette endrer seg med økende reguleringshøyde til påvekstalger i dypere deler av sjøen og dominans av terrestriske planter (gjennom insekter fra nedbørfeltet og i dypområdene) i svært regulerte innsjøer.

Betydningen av årlige variasjoner i klima og fisketetthet på ørretens viktigste næringsdyr i regulerte og uregulerte fjellsjøer i Sør-Norge

Undersøkelsene i uregulerte Sandvatn har vist at variasjoner i klima har stor betydning for fiskens rekruttering, årsklassestyrke, kvalitet, og forekomsten av dens viktigste næringsdyr. I 10 års undersøkelsen av Sandvatn har vi brukt Jensen garnserier. Lang erfaring med bruk av denne garnserien i høyfjellsvann i Norge har vist at den gir en rimelig god beskrivelse av bestandsforholdene for ørret > 20 cm (Ugedal *et al.* 2005). Fiskens bestandstruktur og kvalitet har vist store variasjoner fra år til år. Det skyldes i hovedsak variasjoner i klima som påvirker snømengder vinterstid og vanntemperaturer i produksjonsesongen. Frysing av gytebekker og kaldt smeltevann på våren gir dårlige vekst og overlevelse for yngelen, mens antall døgngrader gjennom sesongen virker inn på vekst og kjønnsmodning hos fisk og næringsdyr. Dette gir store utslag i rekruttering, årsklassestyrke, intraspesifikk konkurranse, tilvekst og forekomst av viktige næringsdyr.

Vi har vist at sterkt varierende forhold i været fra år til år gir store forskjeller i intraspesifikk konkurranse, der stor fisk får større problemer enn små fisk, i perioder med dårlige næringsforhold. Det er viktig å ha et godt materiale av stor fisk for å vise dette. Erfaring med nordiske garn viser at det kan være vanskelig å få et godt og representativt materiale av fisk >30 cm og særlig mht til forhold som gytmodning (Barlaup *et al.* 2001, Wiers og Hylland 2001, 2002). For rene ørretbestander i høyfjellet vil derfor Jensenserier fremdeles være å foretrekke (Ugedal *et al.* 2005), særlig hvis den suppleres med garn av mindre maskevidder slik vi har gjort i denne undersøkelsen. Sammenlignende data fra nordiske garn og Jensen garnserie fra Sandvatn tyder også på dette (Qvenild og Rognerud unpubl.).

Anbefaling om overvåkingsfrekvens av fisk i høyfjellsjøer

Fjellsjøer er svært utsatt for raske endringer i været og i klimatiske forhold over tid. Dette kan ha drastiske følger for fiskebestandene som kan vare over flere år. Derfor er det viktig med årlige observasjoner i innsjøer i fjellet. Når det gjelder basisovervåkning av fiskebestander i fjellet i regi av Vannforskriften, så mener vi det er bedre å ha årlige observasjoner i færre sjøer enn de foreslåtte 3 års syklusene i flere innsjøer. Endringer i økologisk status i fiskebestandene vil da kunne oppdages langt tidligere enn ved den foreslåtte frekvensen på undersøkelser hver 3 år. Grunnlaget for å forstå betydningen av klimaendringer som et langtidsfenomen blir langt bedre når en har bakgrunnskunnskap om betydningen av årlige variasjonene i klimatiske forhold.

Summary

Title: Hydrofish-project

Year: 2010

Author: Sigurd Rognerud and Åge Brabrand

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5817-2

This is the final report for the HydroFish project (2007-2010), which has been a co-operation between Norwegian Institute for Water Research and Freshwater Ecology and Inland Fisheries Laboratory, Natural History Museum, University of Oslo. We have used a combination of well known and new methods to sort out the impacts on trout populations and their nutrition animals, caused by water level fluctuations and rules of operation. Systematic observation of water temperature and a trout population in an alpine lake over a 10 years period showed that climate variation significantly affected trout recruitment, quality and growth, as well as the abundance of the most important nutrition animals. Thus, fish in reservoirs is affected by environmental factor as well as the water level fluctuations. Critical limits, concerning water level fluctuations, and rules of operation have been developed for all the most important nutrition animals. The results from the project can be used by the management to determine the frequency of basic monitoring of fish populations in alpine regions as requested by the Water Framework Directive and to improve the quality of trout in hydroelectric reservoirs.

1. Innledning

Det er tilgjengeligheten av viktige næringsdyr som skjoldkrepser, marflo og linsekrepser og insektslarver som i hovedsak bestemmer produksjon og kvalitet av ørret i fjellsjøer. I klare fjellsjøer kan imidlertid en god rekruttering og høy tetthet av fisk, selv i uregulerte innsjøer, redusere bestanden av næringsdyr ved nedbeiting. I regulerte innsjøer vil en i tillegg ha næringsutarming i reguleringsonen og mulighet for nedslamming som ytterligere vil være et press mot næringsdyrbestanden. Hensikten med HydroFish prosjektet har vært å skaffe økt kunnskap om hvordan årlige variasjoner i fisketetthet og klimarelaterte forhold (vanntemperatur, snømengder, produksjonsesongens lengde) påvirker forekomsten av sentrale krepsdyr. Målet har vært å identifisere kritiske faktorer for produksjon av fisk og dens næringsdyr slik at et best mulig fiske kan utøves i magasiner som primært skal benyttes til El-produksjon. I denne sammenheng er det viktig at forvaltningen av magasinenes fiskebestander inkluderer kunnskap om betydningen av årlige svingninger i været/klima for vekst og rekruttering av fisk og næringsdyr, samt de viktigste næringsdyrenes tålegrenser ved ulike reguleringshøyder, manøvreringer (fyllingsregimer).

HydroFish er et fire-årig FOU-prosjekt (2007 -2010) som er delt i 2 arbeidsområder. Den ene delen er utført av NIVA og den andre av LFI-Oslo.

NIVAs del består av:

- a) undersøkelser av fisk, næringsdyr og temperaturforhold i Sandvatn, Dargesjøen og Fjellsjøen som alle er uregulerte innsjøer sentralt på Hardangervidda,
- b) undersøkelser av fisk og næringsdyr i Mår, Kalhovdfjorden (i Gøystmagasinet) og Sønstevatn som alle er regulerte innsjøer på østlige deler av Hardangervidda,
- c) undersøkelse av ørretens næringsnett ved hjelp av stabile isotop analyser (SIA) i 17 uregulerte og 16 regulerte fjellsjøer fra Hardangervidda/Vinje kommune og Kvikne/Folldal-området. Denne metode viser hvilke energikilder og grupper av næringsdyr som er viktigst for fiskeproduksjon.

Hensikten har vært å få en bedre forståelse av hvordan naturlig rekruttering, tetthet av fisk, og produksjon av viktige næringsdyr påvirkes av årlige variasjoner i klimatiske forhold. Fisk i regulerte innsjøer vil i tillegg til variasjoner i disse naturgitte faktorene være utsatt for effekter av til dels betydelig vannstands-reguleringer gjennom året.

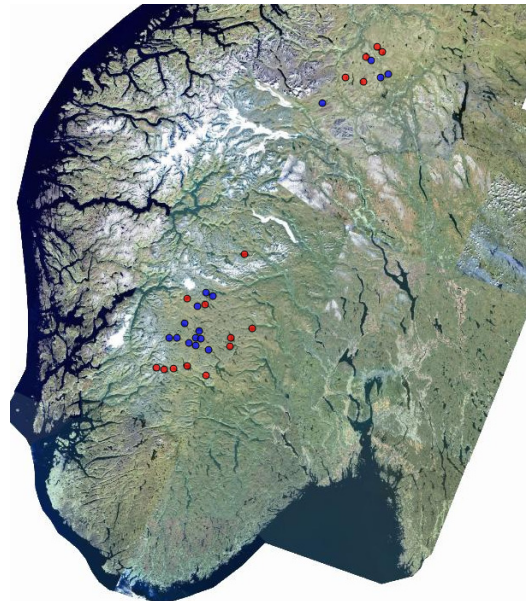
LFI sin del i prosjektet består av følgende tre deler:

- a) virkningen av reguleringshøyder på forekomst av fiskens næringsdyr, indikert ved mageanalyser, der manøvreringen er preget av regularitet. Dette er belyst ved å viderebehandle og digitalisere mageanalyser for ørret innsamlet og publisert av Aass (1969). Her ble næringsvalget for ørret innsamlet og klassifisert fra 38 gamle reguleringsmagasin med reguleringshøyder fra 2,2 m til 35,0 m. Forutsetningen den gang var at magasinene skulle ligge så høyt at det viktige næringsdyret skjoldkrepser kunne forventes å være tilstede. Innsamling ble foretatt med bunn garn i august-september i perioden 1949-1968.
- b) virkningen av selve manøvreringen på forekomst av fiskens næringsdyr uavhengig av selve reguleringshøyden, men der fyllingsmønsteret er preget av uforutsigbarhet Dette arbeidet har vært konsentrert om forekomsten av viktige næringsdyr for ørret, spesielt skjoldkrepser og linsekrepser og er basert på resultater i utgitte rapporter
- c) en feltstudie over drift av skjoldkrepserlarver fra ovenforliggende innsjøer til et reguleringsmagasin.

Hensikten har vært å identifisere kritiske faktorer (tålegrenser) for produksjon av næringsdyr og fiske slik at et best mulig fiske kan utøves i kraftverksmagasin.

2. Undersøkelsesområder

Innsjøer og magasin som er undersøkt i prosjektet finnes i fjellområdene i Sør- og Midt-Norge (Fig.1).



Figur 1. Beliggenheten av undersøkte innsjøer og magasin. De uregulerte referansesjøene Fjellsjøen, Dargesjøen og Sandvatn sentralt på Hardangervidda, og magasinene Mår, Kalhovdfjorden i Gøystmagasinet og Sønstevatn er vist i øvre panel. De 38 reguleringsmagasiner der mageinnhold i ørret innsamlet i perioden 1949-1968, som nå er digitalisert og behandlet på nye måter, er vist i nedre venstre panel. Innsjøer (blå) og magasin (røde) der stabile nitrogen-og karbonisotoper er undersøkt i ørret og næringsdyr er vist i nedre høyre panel. (kart nve.no, google map, alma.no)

3. Metoder

3.1 NIVAs undersøkelser

3.1.1 Værdata

Temperaturforholdene 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 (Fig.2). Det var en svært god sammenheng mellom variasjonene av lufttemperaturer (døgnmidler) ved de tre målestasjonene. Forskjellene var i snitt et avtak på 0,8 °C pr. 100 m økning i 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 og 2007 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 hvert år i perioden 2001 til 2010.



Figur 2. *Værstasjonen som ble satt opp på Dargesjøen for å kalibrere værdata mot de nærmeste meteorologiske stasjonene Geilostølen og Møsstrand.*

3.1.2 Temperaturloggere

I Sandvatn og referansesjøen Dargesjøen er vanntemperaturen målt ved hjelp av temperaturloggere (registrering hver time) som ble satt ut like etter isgang og tatt opp ca 1. oktober (1 til 2 uker før islegging). Det ble målt temperaturer på 1 m's dyp i perioden (2003 – 2010) og i dypdeprofiler i 2006-2007. Innsjøene er grunne, vindeksponerte og store deler av bunnområdene ligger over 2m's dyp. Derfor er temperaturen på 1 m's dyp representativ for en stor del av produksjonsjiktet i innsjøene (Rognerud et al. 2005, 2006).

3.1.3 Innsamling av fisk

Fisken er innsamlet ved hjelp av Jensens garnserier som standard. Hver serie har følgende antall garn og maskevidder: 2 x 21mm, samt 1 garn av hhv. 26 mm, 29 mm, 35 mm, 39 mm, 45 mm og 52 mm. I tillegg har vi supplert med 13,5mm, 16 mm og 19 mm, men da er dette angitt spesielt

3.1.4 Fiskemålinger

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 lineær 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.

3.1.5 Stabile isotop analyser (SIA)

Det er analysert stabile isotoper fra fisk i 16 regulerte og 16 uregulerte fjellsjøer fra Hardangervidda, Kvikne- og Folldalområdet. Analysene ble utført på muskelprøver som ble tatt ut dorsalt bak ryggfinnen. Prøvene ble tørket ved 60 °C i 2 døgn og homogenisert. For bestemmelse av $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$ er 1 mg prøvemateriale veid inn og overført til en 5 x 9 mm tinnkapsel. Kapselen lukkes og plasseres i en Carlo Erba NCS 2500 elementanalysator. Prøvene forbrennes med O_2 og Cr_2O_3 ved 1700 grader og NO_x reduseres til N_2 med Cu ved 650 °C. Forbrenningsproduktene separeres i en poraplot Q kolonne og overføres direkte til et Micromass Optima isotop massespektrometer for bestemmelse av $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$. Duplikater analyseres rutinemessig for hver tiende prøve. Forholdet mellom stabile isotoper av karbon og nitrogen ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) rapporteres i promille, og det benyttes betegnelsen δ i henhold til følgende likning: $\delta^{13}\text{C}$ eller $\delta^{15}\text{N}$ (‰) = $[(R_{\text{prøve}} / R_{\text{standard}}) - 1] \times 1000$, der R representerer forholdet mellom tung og lett isotop ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ eller $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$). Alle isotopverdiene refereres til primære standarder. For karbon er dette et marint karbonat, Pee Dee Belemitt (Craig 1953), og for nitrogen atmosfærisk luft (Mariotti 1983). Internasjonale standarder analyseres samtidig med prøvene for hver tiende prøve. $\delta^{15}\text{N}$ -resultatene kontrolleres med analyser av IAEA-N-1 og IAEA-N-2 standarder. $\delta^{13}\text{C}$ -resultatene kontrolleres med analyser av USGS-24 grafit standard. IFEs verdier kontrolleres også mot en husstandard av ørretfilet.

3.1.6 Innsjøer med analyser av stabile isotoper analyser (SIA) i fisk og næringsdyr

Det er gitt en oversikt over innsjøspesifikke data i innsjøer hvor det er gjort SIA (Tab.1)

Tabell 1. Innsjøspesifikke data for de undersøkte innsjøene. Høyde over havet (h.o.h), areal av nedbørfeltet (An), areal av innsjøen (Ao), årlig vanntilførsel (Q), innsjøens volum (V), middeldyp (Zm), største dyp (Z), teoretisk oppholdstid (Tw), reguleringshøyde (R) magasinivolum (Vr).

Lokalitet	Kommune	h.o.h	An km ²	Ao km ²	Q 10 ⁶ m ³	V 10 ⁶ m ³	Zm (m)	Z (m)	Tw (år)	Vr 10 ⁶ m ³	R (m)
Bitdalsvatn	Vinje	974		5,8							35
Bjornesfj.	Nore og Uvdal	1223	310	18,55	273,0	78,8	4,2	11	0,29		0
Blåntjønn	Vinje	1313	4,2	0,33		2,0	6,1	31	0,5		0
Bordalsvatn	Vinje	891									39
Dragøyfj.	Eidfj.	1180	35,7	3,31	29,7	33,1	10,0	42	1,11		0
Elgsjøen	Oppdal	1133	33,5	2,4	21,6	8,7	3,6	10	0,4	6,6	5,3
Falningsjøen	Tynset	890									47
Fjellsjøen	Os	974	6,0	0,54	3,4	1,35	2,5	11	0,4		0
Forelsjøen	Midtre Gauldal	993	15,7	3,8	12,9	22,4	5,9	18	1,73		0
Fundin	Folldal/Oppdal	1021	253	10	153,3	51,5	5,2	23	0,33	64	21
Gjersjøen	Tolga	975	19	0,64	11,4	3,63	5,6	16	0,32		0
Gunnleiksbuv	Vinje	1076	438	1,27	533,5	4,06	2,90	12	0,008		0
Halnefjorden	Hol/Nore & Uvdal	1130	183	13,6	140,5	56,4	4,2	18	0,40	45	4
Holken	Oppdal	1228									0
I. Innerdalsvatn	Tynset	815									0
Innerdalsvatn	Tynset	813		5,88							35
Kalhovdfj.	Tinn	1087	588	20,4	440,6	276	13,5	30	0,62	256	12
Kjelavatn	Vinje	944									26
Kollsvatn	Ullensvang	1182	32,7	0,63	57,1	4,1	6,5	13	0,07		0
Litlosvatn	Ullensvang	1172	61,6	1,51	104,6	15,3	10,2	25	0,15		0
Marsjøen	Folldal	1064	24,2	2,7	14,4	33	12,2	37	2,3	7,6	4
Mårvatn	Tinn	1121	272	20,5	195	335	16,3	31	1,72	321	21
Nordmannsl.	Eidfj.	1244	119	11,09	115,8	46,6	4,2	16	0,40		0
Sandtjørn	Folldal	1104	2,8	0,27	1,67	0,52	1,9	7	0,31		0
Sandvatn	Vinje	1112	289	1,58	379,4	3,96	2,55	13	0,01		0
Skaupsjøen	Nore og Uvdal	1158	53,5	2,88	44,83	6,59	2,10	8	0,147		0
Skjerja	Hol	1195	7,5	1,55	6,1	3,14	2,0	6	0,514		0
Songa	Vinje	919									35
Ståvatn	Vinje	966									12
Sverjesjøen	Tynset	872				7		35			4,8
Sysenvatn	Eidfj.	940	213	10,24	233,9	455	44,4	100	1,94	436	66
Vollevatn	Vinje	1031	782	1,54	890,4	4,60	2,90	18	0,005		0

3.2 Metodikk for undersøkelsene av tålegrenser for næringsdyr i magasin

Det er undersøkt reguleringsmagasin i Sør-Norge som ligger i høyereliggende områder (>800 moh.). Det er arbeidet med tidligere innsamlet materiale som er rapportert, og gjort enkelte nye innsamlinger.

Virkingen av reguleringshøyder der manøvreringen er preget av regularitet er belyst ved å viderebehandle mageanalyser for ørret innsamlet og publisert av Aass (1969). Her ble næringsvalget for ørret innsamlet og klassifisert fra 38 gamle reguleringsmagasiner med reguleringshøyder fra 2,2 til 35,0 m. Forutsetningen den gang var at magasinene skulle ligge så høyt at det viktige næringsdyret skjoldkreps (*Lepidurus arcticus* L.) kunne forventes å være tilstede.

Til sammen er mageinnholdet fra 1303 ørret (>25 cm) undersøkt av Aass (1969). Innsamling ble foretatt med bunngarn i august-september i perioden 1949-1968. Mageinnholdet ble bestemt til taksonomiske hovedgrupper, og deres betydning (basert på vekt og frekvens) ble angitt etter en relativ skala: Dominant og 3 kategorier med synkende subdominans. Krepsdyr ble behandlet som egen gruppe og artsbestemt, og den relative betydningen av de ulike grupper av krepsdyr er angitt som ”Dominant og 4 kategorier med synkende subdominans (et eksempel er gitt i Tab.2).

Aass (1969) oppgir reguleringsår, reguleringshøyde (heving/senking i forhold til naturlig vannstand), høyde over havet og magasinenes minimums- og maksimumsareal der dette finnes. Her er datasettet supplert i ettertid. Primærmaterialet fra Aass (1969) er lagt inn på regneark og gir mulighet for å belyse materialet på nye måter.

Tabell 2. Utdrag av primærdatabaser fra 3 magasiner av de til sammen 38 magasiner undersøkt av Aass (1969), der mageprøver av 1303 ørret er undersøkt og arter og taksonomiske grupper er klassifisert etter dominans.

Innsjø	1.reg.	Opp	Ned	Ampl	LRV	HRV	A-min	A-maks	Dominant	Dom-crust	crust1	crust2	crust3	sub-dom1	sub-dom2	sub-dom3
Møsvatn	1909	12,3	2,2	18,5	900	818,5	28,3	77,7	chir	eury				crust	terr	hym
Bygdin	1933	0,9	3,3	9,15	1047	1057			chir	daph	eury			crust		
Vindsjøen	1958	15	0	15	956	971	3,05	4,65	crust	Byth	Daph	Eury		chir		

3.2.1 Virkning av manøvrering og fyllingsmønster er analysert mht. skjoldkreps og linsekreps.

Det er benyttet utgitte rapporter fra Hesthagen og Johnsen (2006), Borgstrøm (1970, 1973, 1975), Meland (2008), Hekne (2008), Gustavsen (2008), Rustadbakken (2003), Saltveit og Brabrand (2008), Fylkesmannen i Telemark (1996, 1997, 2003), Gustavsen (2008) og L’Abbee-Lund (pers.medd.), der alle har undersøkt mageinnhold hos ørret og der forekomst/fravær av skjoldkreps og linsekreps er angitt.

Skjoldkreps har en ettårig livssyklus. Eggene legges primært på grunt vann på høsten og vannstanden ved egglegging vil avgjøre hvor i reguleringssonen eggene blir liggende. Følgelig vil fyllingsmønsteret våren etter avgjøre når eggene dekkes med vann og en ny generasjon skjoldkreps kan utvikles.

Analysene er basert på rapportert forekomst/ikke forekomst av skjoldkreps og linsekreps, og fyllingsmønster i magasinet. Det inngår til sammen 53 tilfeller fordelt på 17 magasiner. For de respektive 53 tilfellene er det innhentet vannstandsdata fra det året eggene av skjoldkreps ble lagt, dvs året før, og for det angjeldende år da skjoldkreps beviselig ble klekket og senere spist dvs. året etter egglegging (Tab.3).

Det er antatt at egglegging skjer i midten av september og vannstand pr. 15. september er benyttet som eggleggingsvannstand. Det er antatt at egg kan ligge ned til 3 vanddyb hhv. 1 m, 3 m og 5 m’s dyp. Siden klekking skjer etterfølgende vår, er det avlest hvilken dato vannstanden når opp til eggleggingsvannstanden pr. 15. september høsten forut, med fradrag av hhv. 1 m, 3 m og 5 m. På denne datoen dekkes da egg med vann som ligger på 1 m, 3 m og 5 m’s dyp med utgangspunkt i vannstanden 15. september året før.

Videre forutsettes det at skjoldkreps må være voksen og klar til egglegging innen 1. september det året den klekker. Sen fylling vil gi sen vanddekking, og kort periode fram til 1. september. Dersom vekstperioden fram til egglegging blir for kort, forventes det at skjoldkreps ikke forekommer i magasinet. Hypotesen er at det i magasin med sen fylling i forhold til vannstanden året før er en kritisk data for

forekomst av skjoldkreps. I analysene av både regulering preget av regularitet og den mer uforutsette irregulære reguleringen er det benyttet mageinnhold hos ørret som et uttrykk for forekomst av bestemte næringsdyr. Dette betyr at forekomst i mageinnholdet beviser at de enkelte næringsdyrene er til stede i magasinet, mens fravær ikke beviser at de ikke er tilstede. Fravær av næringsdyr i mageinnholdet hos fisk som i utgangspunktet er svært attraktive næringsdyr, er imidlertid sterke indikasjoner på at de har svært lav forekomst i magasinet. Det gjelder for skjoldkreps, linsekreps, snegl og mange grupper større insekter med tilhold i strandsonen.

Fravær av i utgangspunktet attraktive næringsdyr kan føre til at ørret må slå over på alternative og mindre attraktive næringsdyr, noe som i seg selv kan indikere at de attraktive ikke er tilstede eller bare finnes i lite antall. Når de ulike næringsdyrenes betydning for selve fiskeproduksjonen skal kvantifiseres, må imidlertid næringsdyrenes biologisk produktive areal tas med i vurderingen. Det er summen av det produktive arealet for de enkelte næringsdyrene som avgjør den totale biologiske produksjonen. Det som i neste omgang er tilgjengelig for fisk avgjør den totale fiskeproduksjonen. Det kan derfor være nyttig å skille mellom forekomst i mageinnhold, forekomst i magasinet og det biologisk produktive arealet.

Utover fysiske endringer knyttet til regulering er det selvsagt også andre forhold som avgjør tilstedeværelse eller ikke. For attraktive næringsdyr vil nedbeiting ved høy fisketetthet ha stor betydning, men det antas at dette primært har betydning mer for mengden (tettheten) av næringsdyret enn for forekomst eller ikke. Det betyr at høy fisketetthet og derved stor nedbeiting ikke utrydder næringsdyret fra lokaliteten, men reduserer mengden.

Tabell 3. *Det inngår 53 enkeltobservasjoner (17 magasiner) for å belyse sammenhengen mellom manøvrering og forekomst av skjoldkreps og linsekreps i mageinnholdet hos ørret.*

Magasin	Periode	Magasin	Periode
Møsvatn	2005-2006	Vinstervatn	2006-2007
Møsvatn	2007-2008	Vinstervatn	1997-1998
Møsvatn	1996-1997	Vinstervatn	1998-1999
Møsvatn	1997-1998	Vinstervatn	1999-2000
Ståvatn	2000-2001	Vinstervatn	2000-2001
Ståvatn	1990-1991	Pålsbufjorden	2001-2002
Ståvatn	1999-2000	Pålsbufjorden	2002-2003
Ståvatn	2006-2007	Pålsbufjorden	2003-2004
Ståvatn	2005-2006	Pålsbufjorden	2004-2005
Songa	1999-2000	Pålsbufjorden	2005-2006
Songa	2006-2007	Pålsbufjorden	2006-2007
Songa	2005-2006	Stolsmagasinet	1973-1974
Bitdalsvatn	2005-2006	Gyrinos/Flæ	1973-1974
Bitdalsvatn	2006-2007	Ørteren	1973-1974
Bordalsvatn	2005-2006	Strandavatn	1973-1974
Bordalsvatn	2006-2007	Steinbusj./Øyangen	1969-1970
Bordalsvatn	1995-1996	Steinbusj./Øyangen	1970-1971
Kjelavatn	2006-2007	Mår	1968-1969
Kjelavatn	1994-1995	Mår	1969-1970
Kjelavatn	2005-2006	Mår	1970-1971
Botnedalsvatn	1995-1996	Mår	1971-1972
Botnedalsvatn	2005-2006	Kaldhovd	1970-1971
Gyrinos/Flæ	2006-2007	Kaldhovd	1971-1972
Gyrinos/Flæ	2005-2006	Songa	2008-2009
Aursjø	2005-2006	Ståvatn	2008-2009
Aursjø	2006-2007	Kjelavatn	2008-2009
Aursjø	2001-2002		

4. Innledning om tålegrenser for næringsdyr

4.1 Bakgrunn

Regulering av vannstanden i innsjøer kan endre forhold for fisk på flere måter, der hovedfokus i fleste tidligere undersøkelser har vært rettet mot rekruttering og produksjon av næringsdyr (Grimås 1962). De mer langsiktige fysiske endringene i reguleringssonen som utvasking av løsmasser og deponering på dypere vann er mindre dokumentert.

I de fleste reguleringsmagasiner i Norge er det etablert en demning i utløpselva, med en variabel vannstand innenfor dammen. Bassengform og reguleringshøyde vil avgjøre hvordan reguleringen vil påvirke innsjøarealet og arealet av reguleringssonen. Demningen vil redusere/hindre rekruttering av ørret på utløpselv og neddemning vil kunne redusere rekruttering på innkløpselver og bekker, mens selve vannstandsvariasjonen vil påvirke produksjonen av næringsdyr i reguleringssonen.

I en analyse av totalvirkning på fisk av innsjøreguleringer er det derfor viktig å skille mellom *rekruttering* og *biologisk produksjon*. Dette må knyttes til hva som er den begrensende faktor for bestandene, og det må knyttes til eventuelt nytt innsjøareal og til beskatning/drift. I de langt fleste tiltakene som gjøres i forbindelse med innsjøreguleringer så settes det ut ørret, noe som tar som utgangspunkt at rekrutteringen er den begrensende faktor.

Manøvreringen av de fleste reguleringsmagasiner i Norge gir mer eller mindre jevnt synkende vannstand utover vinteren med laveste vannstand umiddelbart før vårflommen. Oppfylling av magasinene har skjedd i forbindelse med vårflommen og videre gjennom sommer og høst. Uavhengig av selve reguleringshøyden har det vært stor grad av regularitet i selve manøvreringen. Målet har vært å fylle opp magasinene under vårflommen og utover sommeren, med nedtapping utover vinteren og senvinteren.

På tross av regulering av vannstand i innsjøer, til dels med betydelig reguleringshøyde, kan produksjonen av enkelte næringsdyr fortsatt være betydelig og derved gi grunnlag for produksjon av fisk med rimelig god kvalitet. Dette er forårsaket av at den biologiske produksjonen som foregår utnyttes av næringsdyr som i et gitt magasin tåler både **i)** vannstandsamplituden og **ii)** manøvreringen.

Det er imidlertid en del magasiner som ikke er preget av regularitet, og mye tyder på at flere magasiner vil få en mer variabel manøvrering i framtiden. Det vil derfor være av stor betydning å avklare virkningen av selve manøvreringen utover reguleringshøyden på viktige næringsdyr for fisk.

4.2 Vannstandsvariasjon som ytre påvirkning

Vannstandsvariasjon i innsjøer og magasiner er endel av den fysiske variasjonen som enkeltpopulasjoner og biologiske samfunn utsettes for. For å forstå biologiske prosesser ved endringer i vannstanden er det viktig å skille mellom:

- Endret vannstand som en del av en ordinær manøvrering.
- Endret vannstand som sjelden hendelse (i tid).

Dersom oppfylling av magasiner om våren av en eller annen årsak mer eller mindre skulle utebli, så er dette en sjelden hendelse. En sesongmessig variasjon i vannstand som følger et bestemt mønster år etter år representerer det motsatte. Endret vannstand som sjelden hendelse vil forekomme uregelmessig og i tilfeldige år, mens endret vannstand som en del av et ordinært regime vil forekomme forutsigbart og årlig.

Det er i biologisk forstand fundamental forskjell på disse to måtene å manøvrere magasiner på, og biologiske samfunn responderer hver for seg på disse to manøvreringsregimene. På en sjelden hendelse i tid, her vannstandsvariasjon, vil biologiske samfunn og enkeltarter svare på dette som om dette var en (helt) tilfeldig hendelse. Dette kan ha helt uforutsigbare biologiske konsekvenser, fordi det er lite belegg for å hevde at arter har tilpasninger til tilfeldige hendelser (Jennings 1997).

Dersom en endring i vannstanden er en del av et regulært mønster, vil biologiske samfunn og enkeltarter respondere iht. de tilpasninger de måtte ha til regulære hendelser. I motsetning til de tilfeldige hendelsene finnes det stor dokumentasjon om tilpasninger til et variabelt abiotisk miljø. Av dette følger en forventning om at arter viser adaptasjon mer til årstidsregulære vannstandsvariasjoner enn til årstidsirregulære og tilfeldige vannstandsvariasjoner, noe som også er dokumentert (Decamps et al. 1988, Junk et al. 1989).

I reguleringsmagasiner kan uvanlig senking ha korttidsvirkning og mer langsiktige virkninger på både enkeltpopulasjoner og på hele biologiske samfunn. Virkning på populasjoner er økt tetthet eller andre populasjonsforhold som dødelighet og aldersfordeling, mens virkning på biologiske samfunn inkluderer både korttidsvirkninger og mer langsiktige forhold som reetablering og suksess etter komplekse mønstre. Mens økt dødelighet gir absolutt reduksjon i populasjonstetthet som varer lenger enn selve perioden med lav vannstand, vil redusert vanndekket areal gi en økning i tetthet som bare varer mens det er lav vannstand. Når vannstanden normaliseres, vil det skje rekolonisering og eventuelle suksesser. Dette vil skje uavhengig av om senkningen har endret de fysiske forholdene permanent eller ikke.

4.3 Skjoldkreps og linsekreps i reguleringsmagasiner

I høyfjellsmagasiner er skjoldkreps (*Lepidurus arcticus*) og linsekreps (*Eurycerus lamellatus*) to av de viktigste næringsdyrene for ørret, og begge tåler stor reguleringshøyde. Der de forekommer kan de opptre spesielt tallrik i mageinnhold hos aure i august-september (Aass 1969). I magasiner er forekomsten av skjoldkreps forholdsvis uavhengig av selve reguleringshøyden, men antatt å være mer avhengig av vannstandsmanøvreringen og fisketettheten.

Skjoldkreps er en typisk arktisk art, der kjerneområdet i Sør-Norge er Hardangervidda, Jotunheimen og de sørlige Trøndelagsfjellene. Her ligger de fleste lokalitetene over 900 m o.h., mens lokaliteter med skjoldkreps i Nordland, Troms og Finnmark kan ligge betydelig lavere. I forbindelse med regulering erfares det at skjoldkreps kan dukke opp i lavereliggende innsjøer der den før regulering ikke var påvist. Den er bl.a. funnet i Volbufjorden (434 m o.h.) i Øystre Slidre (Brabrand og Saltveit 1980), i Pålbufjorden (750 moh.) (Dahl 1932, Aass 1969, Brabrand m.fl. 2003) og i Savalen (706 m.o.h., Borgstrøm 1997). Det antas at denne økte utbredelsen etter regulering har sammenheng med at egg som utsettes for nedkjøling og tørke i reguleringssonen får økt klekkesuksess, selv om dette ikke er klarlagt (Borgstrøm 1997). Forutsetningen for at dette skal kunne skje er at egg som har overvintret i reguleringssonen blir vanndekket tidlig nok påfølgende sommer slik at livssyklus kan gjennomføres.

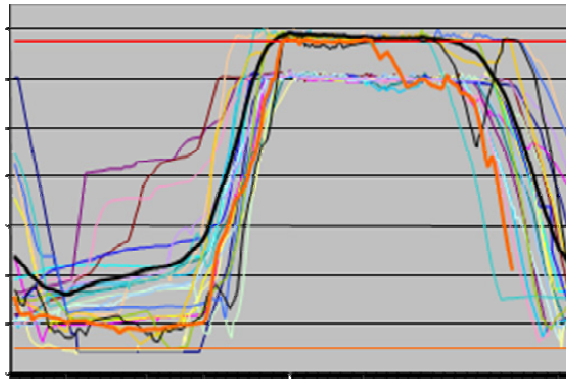
Skjoldkreps har en ettårig livssyklus og legger eggene primært på grunt vann i august-oktober. Egg vil derfor utover senhøsten og vinteren ligge på tørt land i reguleringssonen fram til ny fylling vår/forsommer året etter. Dersom magasinet ikke fylles opp til det nivået der eggene ligger innen en viss tid, kan stor andel av skjoldkrepbestanden ikke klekke eller klekke for sent til å gjennomføre livssyklus fram til egglegging. Resultatet kan da bli en dramatisk reduksjon i næringstilbudet for fisk (Borgstrøm 1973, Aass 1986). Slike forhold kan opptre både i flerårsmagasiner og i magasiner der manøvreringen varierer fra år til år. Skjoldkreps er et forholdsvis stort krepsdyr med lengde opp til 3 cm, og den er følsom for nedbeiting. Både aure og ørekyt (Borgstrøm m.fl. 1985) kan bidra til nedbeiting av skjoldkreps, og det kan forventes lav tetthet av skjoldkreps i magasiner med stor fisketetthet og der det er etablert bestander av nye fiskearter, for eksempel ørekyt.

4.4 Mål og forventning

Rapporten omhandler virkning av regulering på viktige næringsdyr for ørret. Målsettingen er todelt:

- A. Belyse virkningen av reguleringshøyder der manøvreringen er preget av regularitet (Fig.3), og omhandler de grupper av næringsdyr som omtales av Aass (1969).

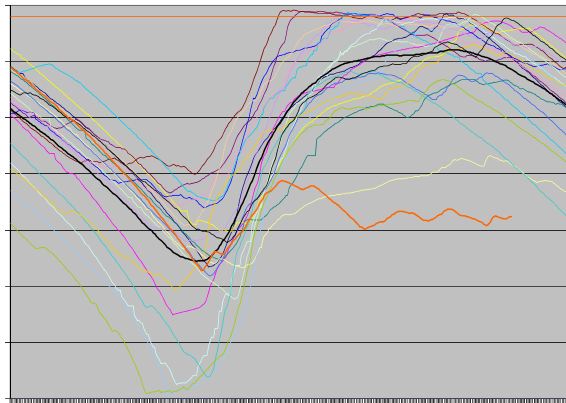
Forventning: Regularitet i manøvreringen gir et svekket, men stabilt næringstilbud av enkelte grupper bunndyr fra strandsonen. Stabiliteten er en direkte følge av regularitet. For disse gruppene forventes at avviket fra naturtilstanden er en funksjon av reguleringshøyden. For grupper med stor egenbevegelse og/eller tilhold nedenfor LRV eller i pelagiske områder forventes ikke at avviket fra naturtilstanden er en funksjon av reguleringshøyden. Det er et mål å angi gruppenes tålegrenser mht. reguleringshøyde.



Figur 3. Tenkt eksempel på årvisst regelmessig senking og fylling av magasin.

- B. Belyse virkningen av selve manøvreringen uavhengig av selve reguleringshøyden, men der fyllingsmønsteret er preget av uforutsigbarhet. Dette arbeidet har vært konsentrert om forekomsten av viktige næringsdyr for ørret, spesielt skjoldkreps og linsekreps (Fig.4).

Forventning: Det er en sammenheng mellom skjoldkreps i mageinnhold hos ørret og manøvrering av magasiner. Der fylling av magasinet dekker egg raskt vår/forsommer forventes forekomst av skjoldkreps, mens der eggene dekkes sent eller ikke dekkes forventes ikke skjoldkreps. Det er et mål å angi tålegrenser (kritisk dato) for magasinifylling. Linsekreps kan ha flere generasjoner om sommeren og det forventes mindre sammenheng, fordi eggene trolig legges, og eventuelt spres, mer i magasinet.

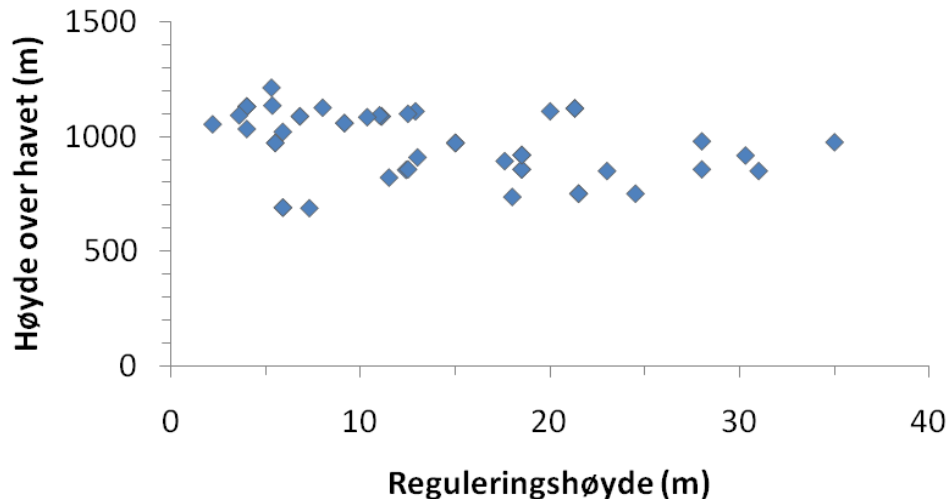


Figur 4. Tenkt eksempel på uregelmessig senking og fylling av magasin.

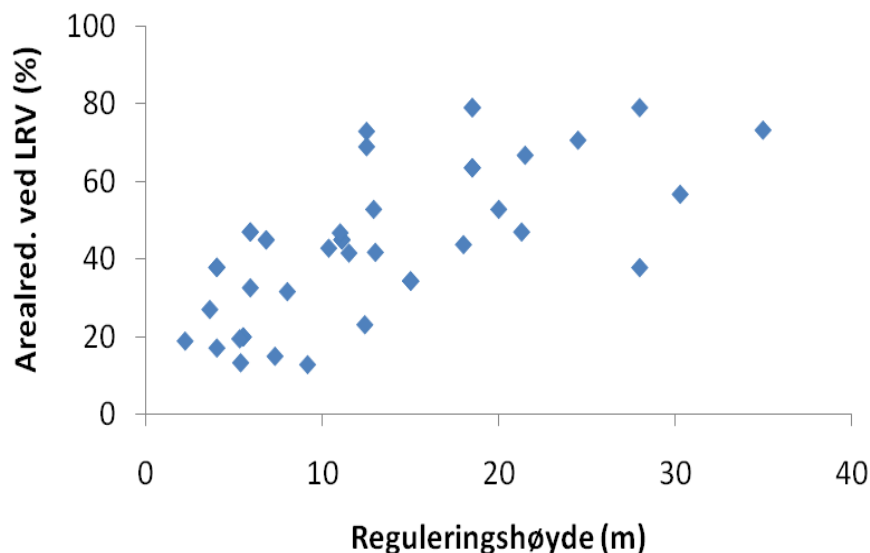
5. Tålegrenser for næringsdyr i kraftverksmagasin

5.1 Årvis manøvrering

De 38 magasinene som inngår i analysen av næringsdyr ligger alle i høyereliggende områder i Sør-Norge, og skjoldkreps forutsettes å kunne være tilstede, dvs. ikke begrenset av magasinets beliggenhet når det gjelder høyde over havet. Magasinene ligger mellom 687 og 1211 moh (Fig.5), og reguleringshøyden ligger mellom 2,2 og 35 m (Fig.6).



Figur 5. De magasinene som inngår i analysen av mageinnhold hos ørret ligger mellom 687 og 1211 m oh., og varierer i reguleringshøyde fra 2,2 m til 35 m.



Figur 6. Sammenheng mellom reguleringshøyde og vanddekket restareal ved LRV for de magasinene som inngår i analyse av næringsdyr.

For de magasinene der det har vært mulig å fremskaffe vanddekket areal for HRV og LRV, er arealreduksjonen beregnet og vist som funksjon av reguleringshøyden (Fig. 6). Ikke uventet er arealreduksjonen størst der det er høyest reguleringshøyde, men den store variasjonen i reduksjonen er

forårsaket av stor variasjon i magasinets bassengform. Der det er bratte strender vil stor reguleringshøyde gi mindre arealreduksjon enn der det er langgrunt. Dette vil ha stor betydning for det biologisk produktive arealet, forholdet mellom strandsonen og frie vannmasser og selvsagt også for hvordan reguleringen påvirker reguleringssonen fysisk.

Forekomsten av de næringsdyrene som er funnet i ørret der det har vært regelmessig fylling av magasinet om våren og forsommeren, og med vanlig nedtapping gjennom vinteren, vil bli presentert som funksjon av reguleringshøyde og som funksjon av redusert innsjøareal ved nedtapping til LRV.

Det er valgt å klassifisere næringsdyrene etter hvor i magasinet de har tilhold. Følgende kategorier er benyttet:

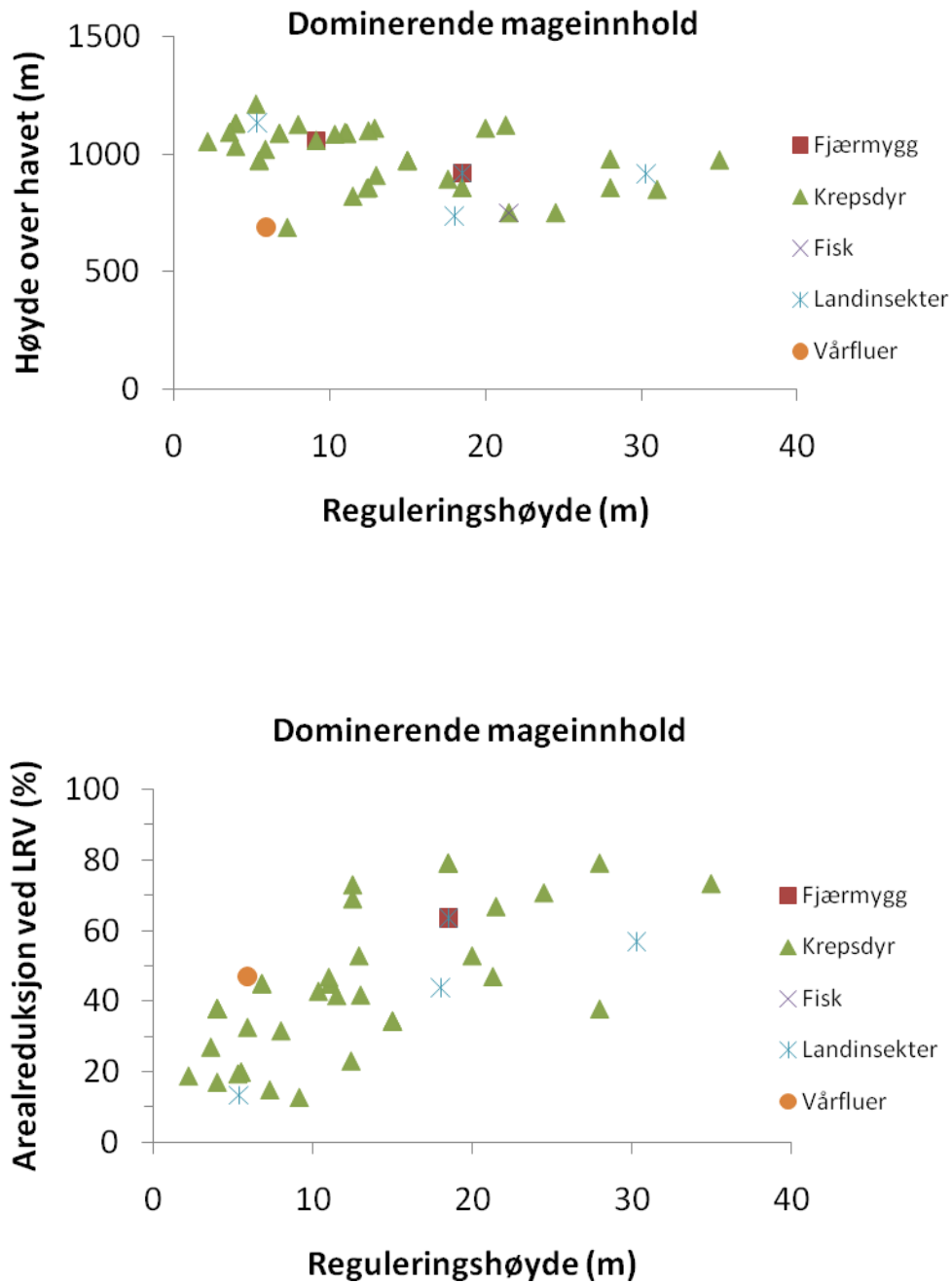
- Grupper med tilhold i strandsonen med liten egenbevegelse. Her inngår snegl, vårfluelarver, marflo. For disse gruppene forventes negativ respons på regulering.
- Grupper med tilhold både i strandsonen og dypere ned og med stor egenbevegelse. Her inngår linsekreps og skjoldkreps. Det forventes liten eller ingen negativ respons av regulering når det gjelder forekomst i mageinnhold i ørret.
- Planktoniske krepsdyr med tilhold i de frie vannmasser. Her forventes liten eller ingen respons på regulering.
- Grupper med bredt habitatvalg, inkludert dypvannsområder under LRV. Her inngår fjærmygg. Det forventes ingen negativ effekt på regulering

Forekomst (dominant eller subdominant) viser at de er til stede i magasinet, noe som beviselig er et uttrykk for at de fysiske forholdene, regulering inkludert, er slik at de observerte næringsdyrene kan finnes i lokaliteten.

5.1.1 Dominerende næringsdyr

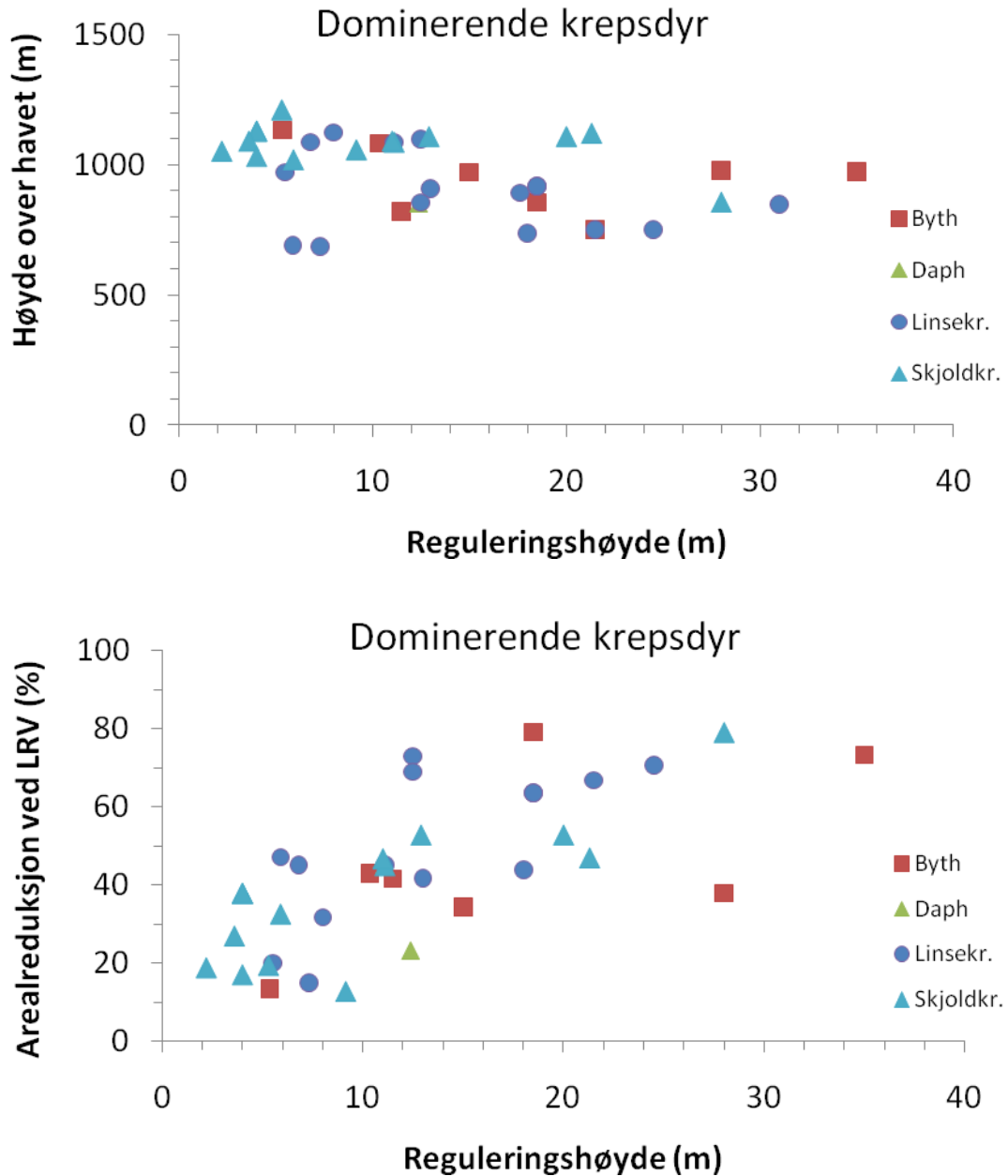
De næringsdyrene som er vurdert av Aass (1969) som dominerende er i hovedsak ulike arter krepsdyr. Her inngår både planktoniske småkreps, bunnlevende småkreps, skjoldkreps og marflo (Fig.7). I kun ett magasin dominerte vårfluer, og i 2 dominerte fjærmygg, mens fisk og landinsekter dominerte i henholdsvis ett og 4 magasiner.

Det understrekes at dette er de dominerende elementene. Med unntak av vårfluer, har alle de dominerende gruppene forventet forekomst som næring, dels fordi de har tilhold andre steder enn i reguleringssonen (fjærmygg, krepsdyr) eller har stor egenbevegelse (fisk). Det er tydelig at krepsdyr er en viktig gruppe næringsdyr også i magasiner med til dels stor reguleringshøyde.



Figur 7. Dominerende mageinnhold i ørret i 38 magasiner med ulike reguleringshøyde og med årviss manøvrering. Over: I forhold til magasinenes beliggenhet (hoh.). Under: I forhold til arealreduksjon ved LRV.

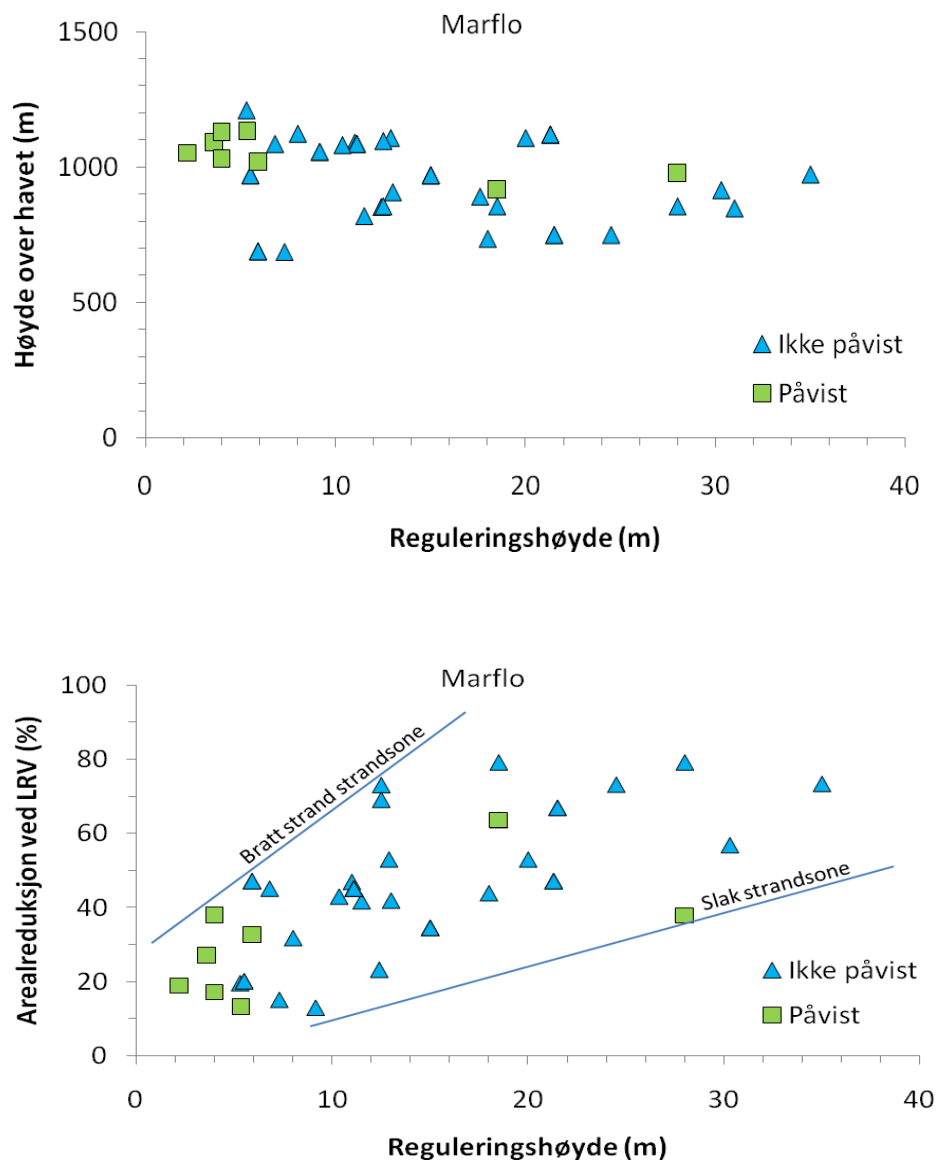
Videre analyse av gruppen ”krepssdyr” viser at *Bythotrephes longimanus*, linsekreps (*Eurycerus lamellatus*) og skjoldkreps (*Lepidurus arcticus*) alle kan dominere, også i magasiner med betydelig reguleringshøyde, mens *Daphnia* sp. bare er funnet som dominerende krepssdyr i ett magasin (Fig.8). De 3 gruppene er funnet i magasiner som har både relativt liten og relativt stor arealreduksjon ved LRV, og det er ikke noe mønster i hvilke magasiner de 3 gruppene dominerer i (Fig.8).



Figur 8. Dominerende krepssdyr i ørret i 38 magasiner med ulik reguleringshøyde og med årviss manøvrering. Over: I forhold til magasinenes beliggenhet (hoh.). Under: I forhold til arealreduksjon ved LRV.

5.1.2 Grupper med tilhold i strandsonen med liten egenbevegelse

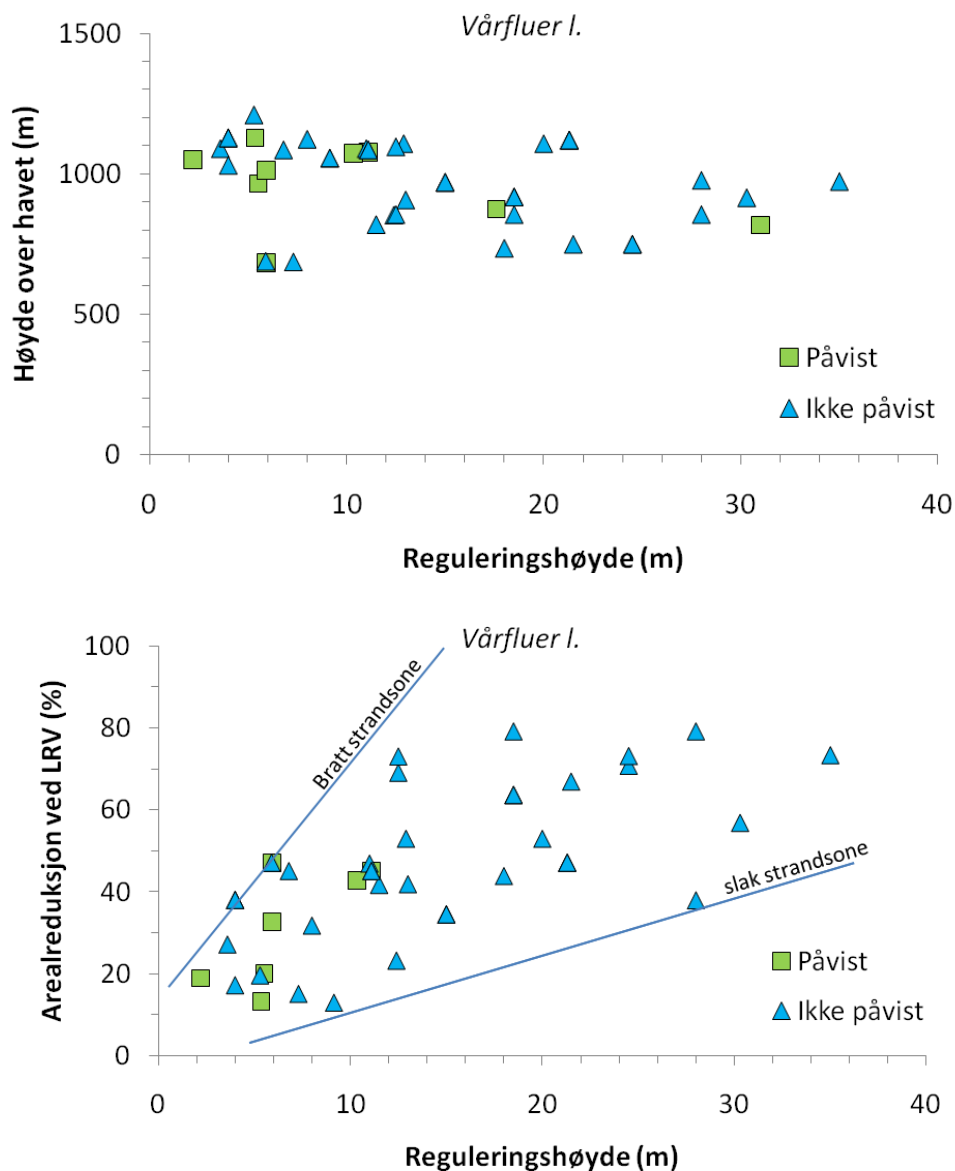
Felles for en rekke viktige næringsdyr som snegl og marflo og mange insekter (vårfluer, døgnfluer, biller), er at de har tilhold i strandsonen og derved lett blir påvirket av regulering. Avhengig av selve reguleringshøyden, strandsonens utforming og dyrenes egenbevegelse vil dette slå forskjellig ut, men i hovedsak er dette regnet som reguleringsfølsomme grupper. Materialet til Aass (1969) viser at marflo, vårfluer og snegl i hovedsak er til stede i magasiner der det er moderate reguleringshøyder (Fig.9-11). Marflo er fraværende som næring i de aller fleste magasiner der reguleringshøyden var større enn 6 m, og i bare 2 av 23 magasiner var marflo til stede i ørretens diett der reguleringshøyden var større enn 6 m (Fig. 9). I disse 2 hadde dessuten magasinene (Mår og Møsvatn) større grunne partier med dammer der marflo kan oppholde seg, slik at den funksjonelle reguleringshøyden i enkelte områder her må betraktes som mindre. Siden marflo er et attraktivt næringsdyr for fisk, er dette med stor sannsynlighet uttrykk for at forekomsten av marflo er svært lav eller ikke til stede i magasiner med reguleringshøyde større enn 6 m.



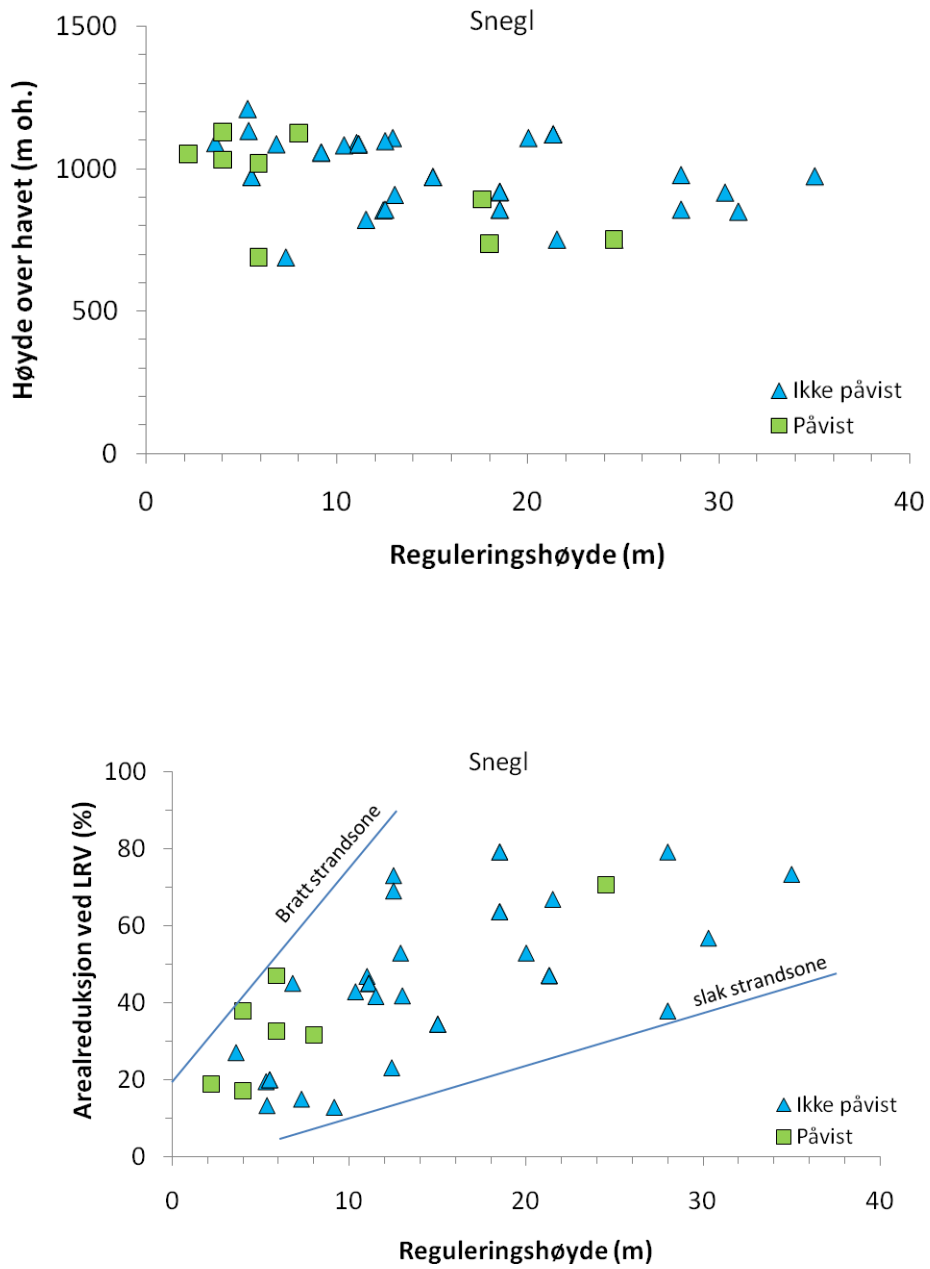
Figur 9. Forekomst av marflo (*Gammarus lacustris*) i mageinnhold hos ørret i 38 reguleringsmagasiner med ulik reguleringshøyde.

Vårfluer og snegl har også størst forekomst som næring for ørret der reguleringshøyden er moderat. Dette er grupper som består av flere arter, og der enkelte arter snegl innen enkelte grupper (*Planorbis*, *Lymnea*, *Physa*) kan overleve perioder i fuktig miljø eller dammer i reguleringssonen, til tross for at egenbevegelsen er lav. I det foreliggende materiale vurderes tålegrensen for snegl til 8 m.

Mens snegl er permanente vanndyr, er vårfluer flyvende insekter som legger egg på vann eller i strandkanten. Spredningsevnen er således helt annerledes enn for snegl, og det er et permanent spredningstrykk fra omkringliggende lokaliteter for nettopp flyvende insekter. Tålegrensen for vårfluer som gruppe når det gjelder deres betydning som næring for ørret settes til 10-12 m (Fig.10).



Figur 10. Forekomst av vårfluelarver i mageinnhold hos ørret i 38 reguleringsmagasiner med ulik reguleringshøyde.



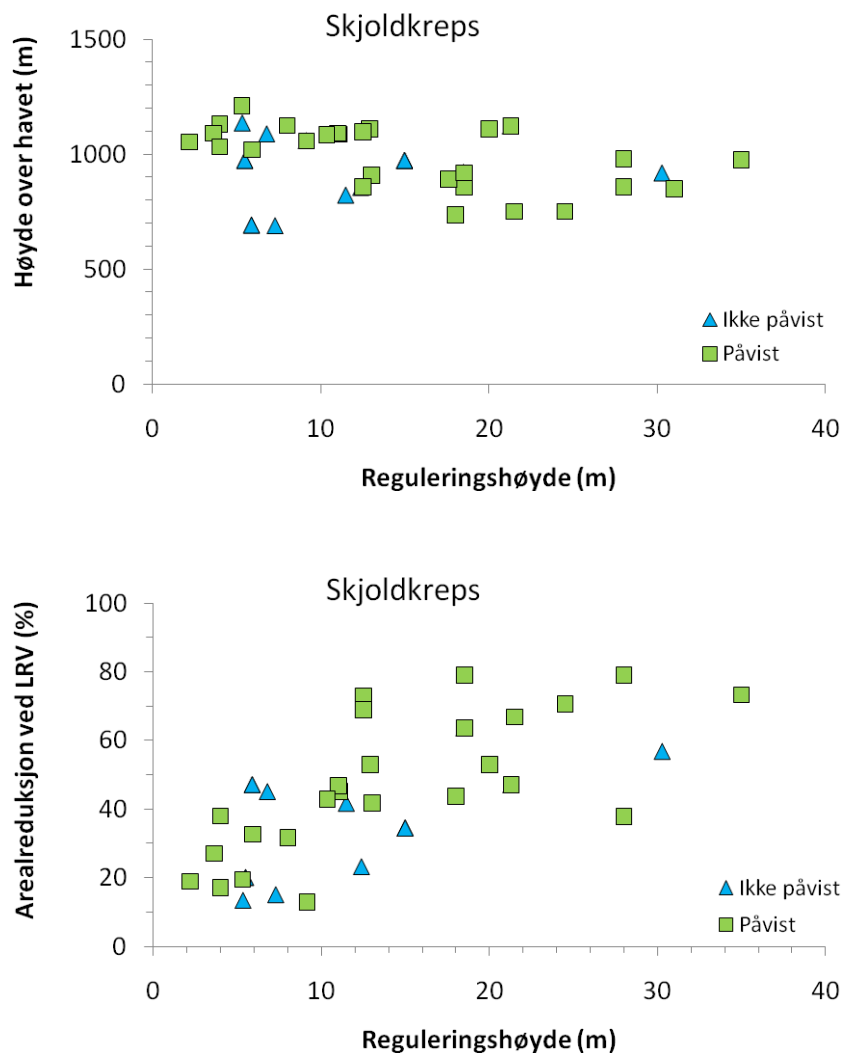
Figur 11. Forekomst av snegl i mageinnhold hos ørret i 38 reguleringsmagasiner med ulik reguleringshøyde.

5.1.3 Grupper mindre knyttet til bunn og med stor egenbevegelse

I det foreliggende materialet fra Aass (1969) er skjoldkreps og linsekreps med i denne gruppen. Begge er velkjente næringsdyr for fisk i reguleringsmagasiner, for skjoldkreps begrenset til høyfjellet, mens linsekreps har en videre utbredelse.

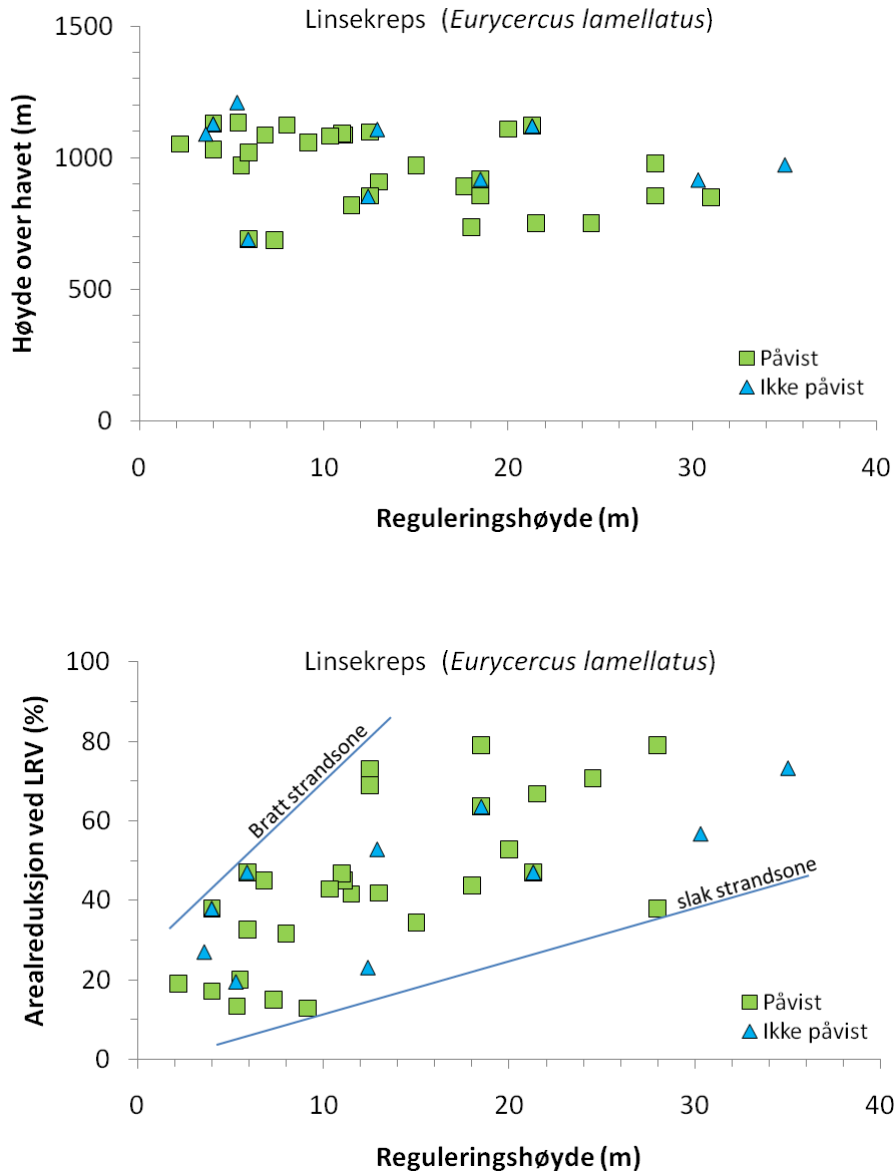
Skjoldkreps.

Skjoldkreps er observert som en del av mageinnholdet (varierende grad av subdominans) i et langt større antall lokaliteter enn der den er dominant, og det er tydelig at den finnes i magasiner uavhengig av selve reguleringshøyden (Fig.12). Forutsetningen er at lokaliteten ligger i høyreliggende områder, og det er lite som tyder på at reguleringshøyden avgjør hvor vidt skjoldkreps er til stede i magasinet eller ikke. Tålegrensen for forekomst av skjoldkreps settes til høyere enn 35,5 m som er største reguleringshøyde i det foreliggende materiale.



Figur 12. Forekomst av skjoldkreps i mageinnhold hos ørret i 38 reguleringsmagasiner med ulike reguleringshøyder.

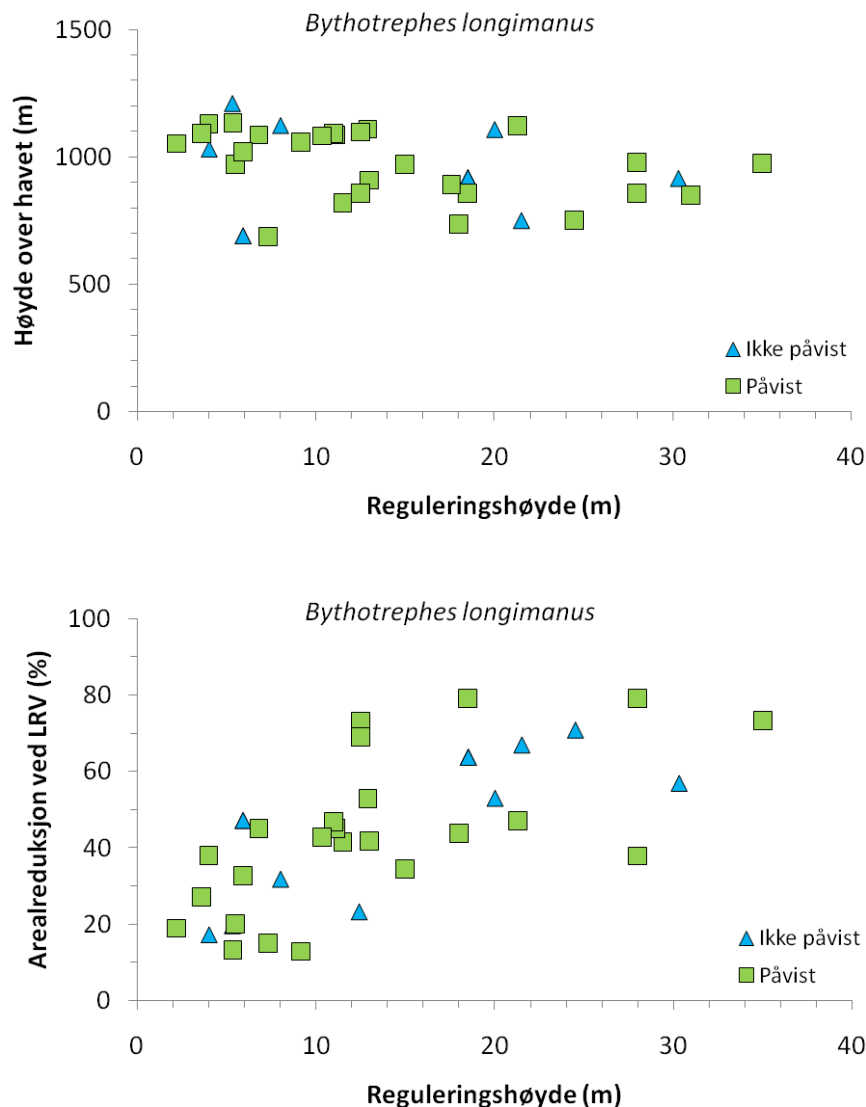
Linsekreps er også tilstede som næring uavhengig av reguleringshøyden som sådan. Linsekreps også tilstede i lavereliggende magasiner, men magasiner som inngår i materialet til Aass (1969 er innsamlet spesielt med tanke på mulig forekomst av skjoldkreps. Lavereliggende magasiner inngår derfor ikke i dette materialet. Tålegrensen for linsekreps settes som for skjoldkreps høyere enn 35,5 m (Fig.13).



Figur 13. Forekomst av linsekreps i mageinnhold hos ørret i 38 reguleringsmagasiner med ulik reguleringshøyde.

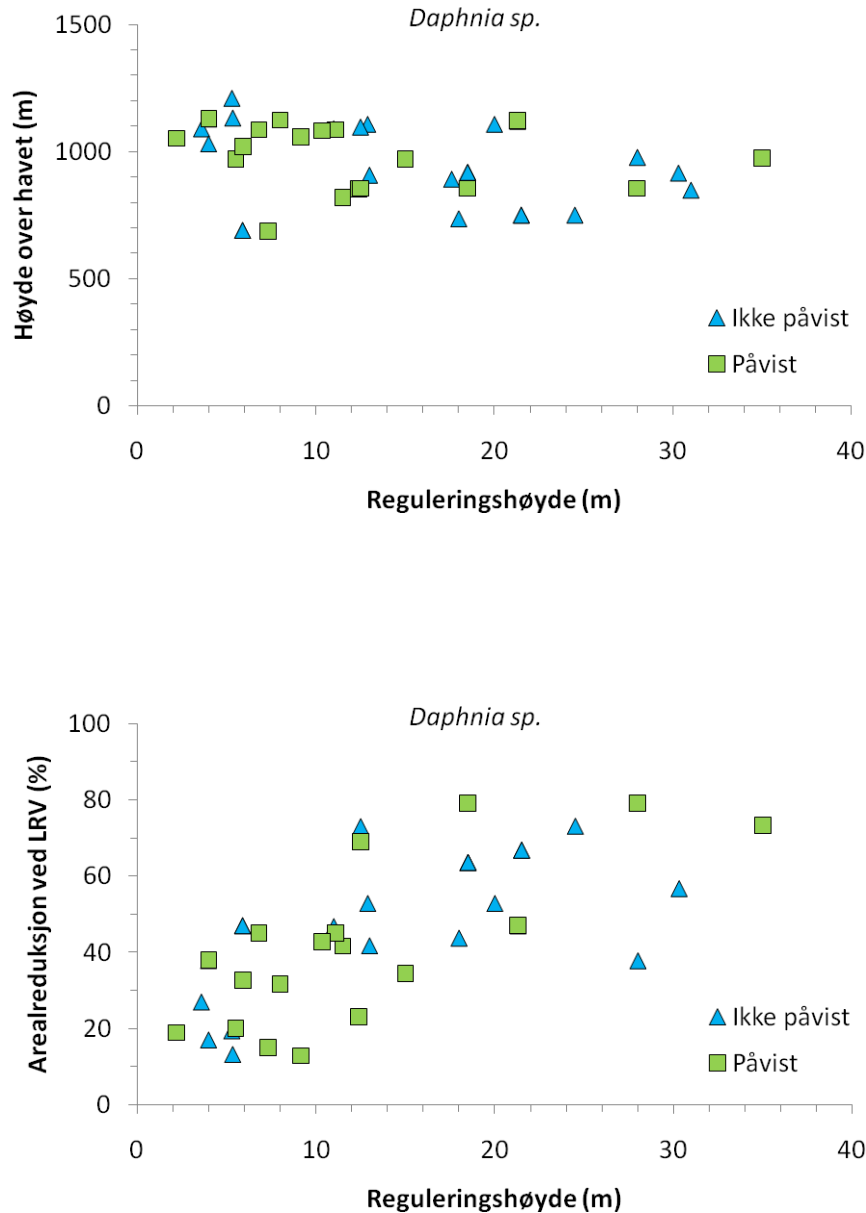
5.1.4 Planktoniske krepsdyr med tilhold i de frie vannmasser.

Dette er i utgangspunktet næringsdyr som lever fritt i vannmassene over hele innsjøarealet, og det biologiske produksjonsarealet for planktoniske krepsdyr er derfor betydelig større enn for bunndyr i reguleringssonen. På den annen side er dette relativt små organismer som er tilgjengelig som mulig næring i en relativt kort tidsperiode, gjerne ettersommer og tidlig høst. I materialet til Aass (1969) inngår *Bythotrephes longimanus*, gelekrepsen *Holopedium gibberum*, og vannloppen *Daphnia sp.* Deres forekomst som næring i de undersøkte magasinene er vist i Fig. 14-16. Ingen av disse tre artene viser systematisk forekomst relatert til reguleringshøyde. *Bythotrephes longimanus* er et attraktivt næringsdyr for planktonspisende fisk (relativt stor og synlig) og er funnet i magasiner med reguleringshøyde opp til 35,5 m. Tålegrensen som næring for fisk settes høyere enn 35,5 m (Fig.14).

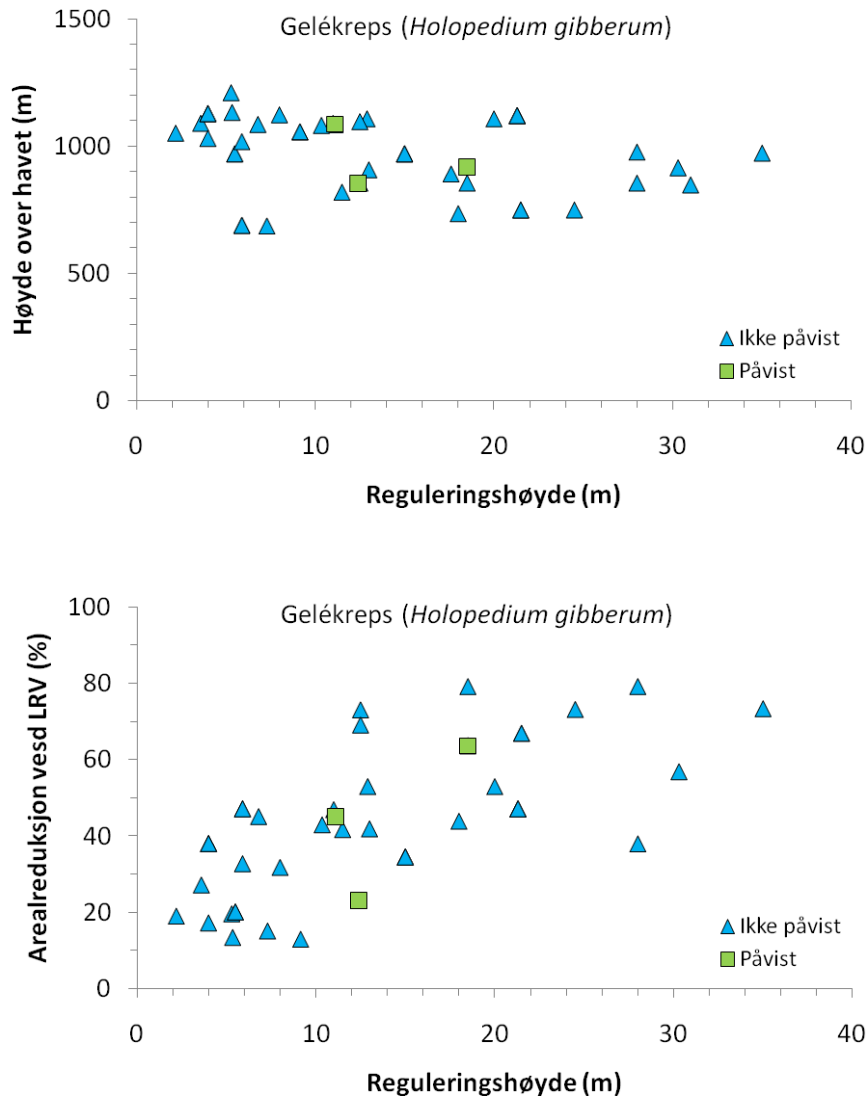


Figur 14. Forekomst av planktonkrepsen *Bythotrephes longimanus* i mageinnhold hos ørret i 38 reguleringsmagasiner med ulik reguleringshøyde.

En liknende forekomst kan sees for *Daphnia* sp., med forekomst i mageprøver hos ørret i hele spekteret av reguleringshøyder, og tålegrensen settes også her høyere enn 35,5 m (fig. 16). For gelekreps er materialet lite og den er i denne undersøkelsen påvist i få magasiner. Det kan skyldes at den faktisk spises i mindre grad når det finnes alternativ næring, men gelekreps er lett å overse fordi den lett utsettes for nedbrytning og er i utgangspunktet relativt gjennomiktig.



Figur 15. Forekomst av *Daphnia* sp. (vannlopper) i mageinnhold hos ørret i 38 reguleringsmagasiner med ulik reguleringshøyde.



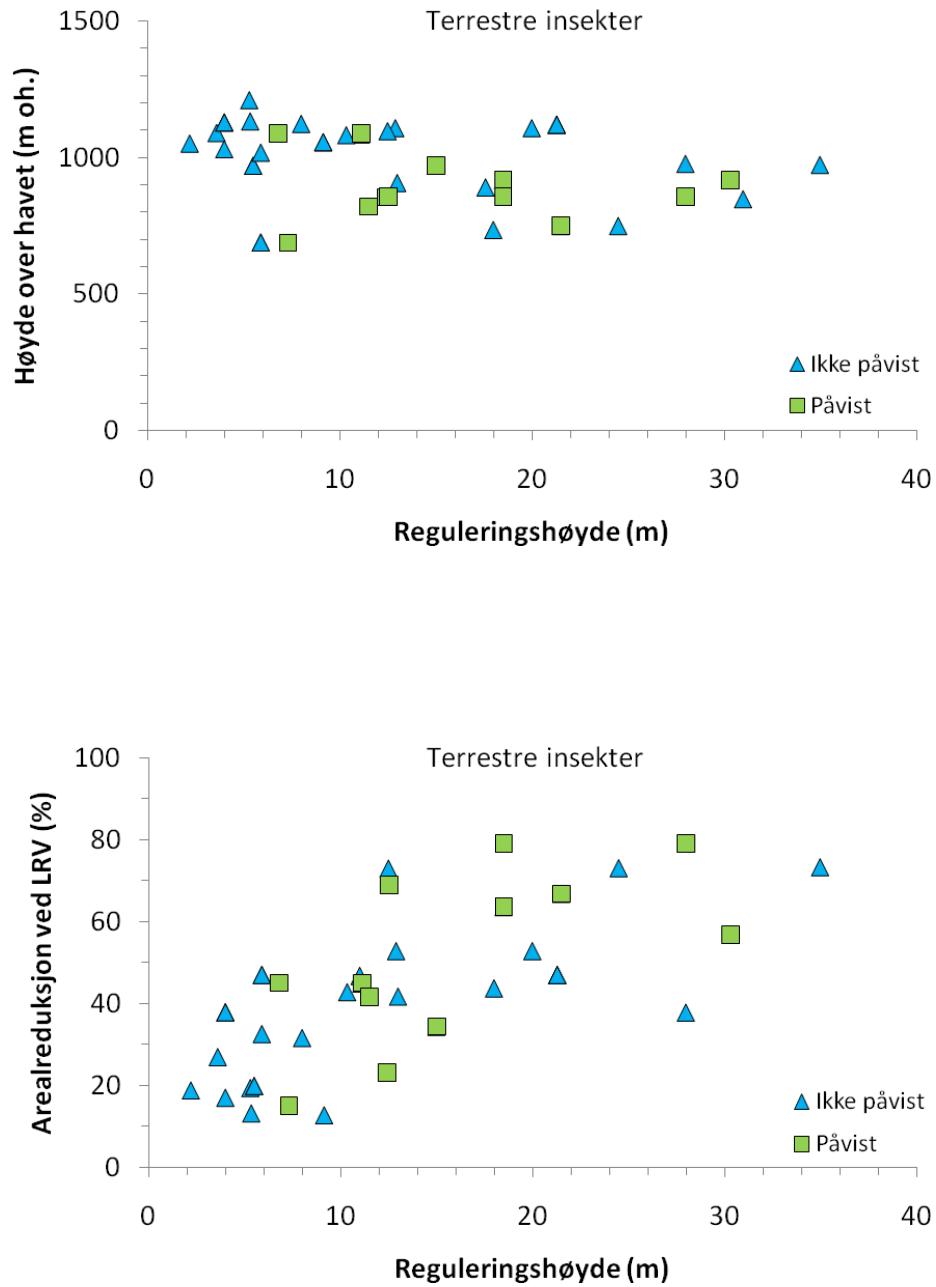
Figur 16. Forekomst av gelekreps i mageinnhold hos ørret i 38 reguleringsmagasiner med ulike reguleringshøyde.

5.1.5 Næringsdyr med bredt habitatvalg

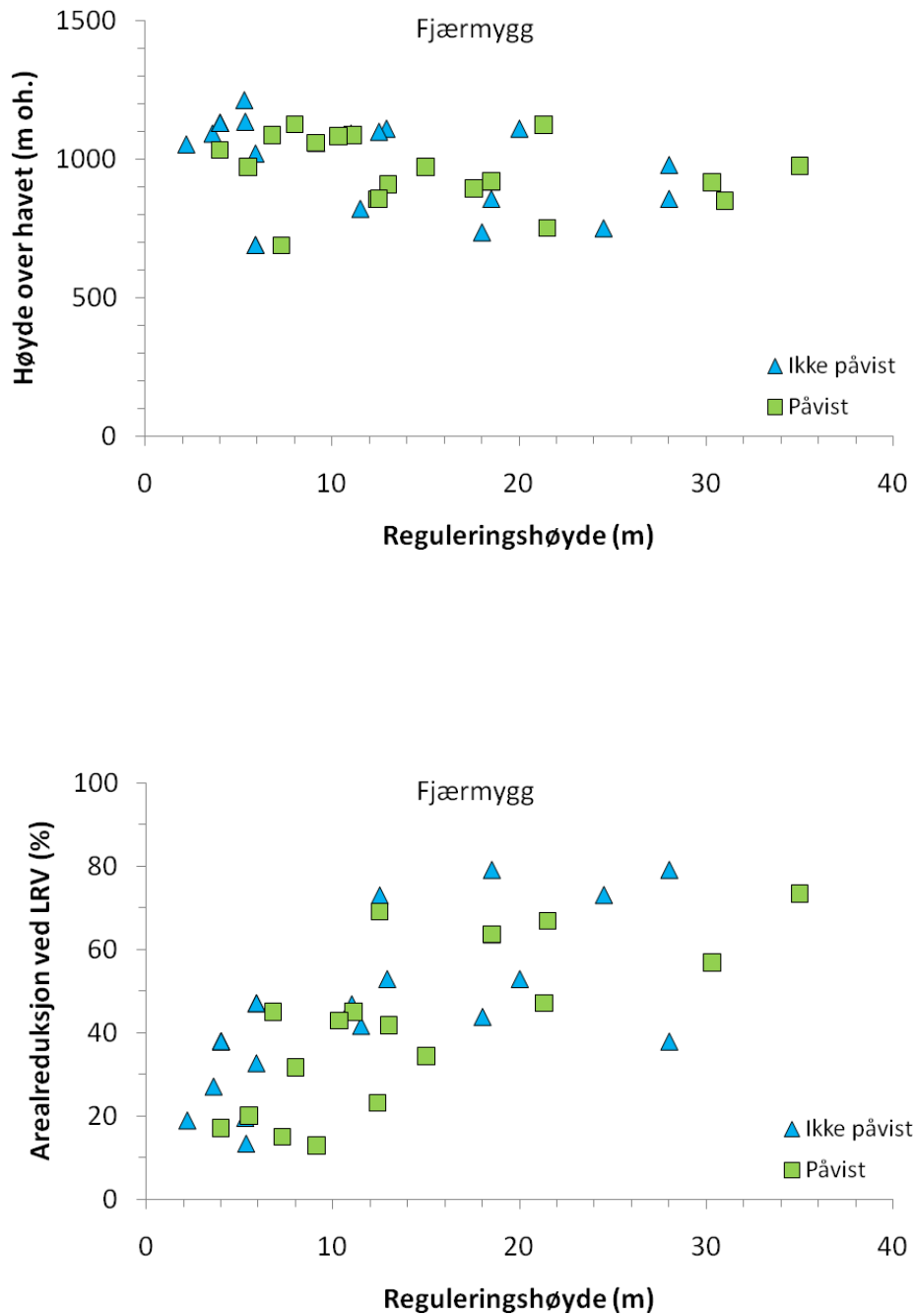
Landinsekter fra omkringliggende områder og fjærmygg er to viktige grupper av næringsdyr i reguleringsmagasiner. Landinsekter er næring som er produsert utenfor magasinet (Fig.17-18).

Fjærmygg har larve og puppestadiet i vann, og inngår som næring som larve eller oftest som puppe ifb. klekking. En del arter har relativt synkron klekking og kan ha stor tilgjengelighet i korte intense perioder. Fjærmygg lever på og nede i bunnen over hele innsjøarealet, dvs. også lavere enn reguleringssonen. I reguleringssonen kan enkelte arter leve både i vann og i fuktig bløtbunn. Fjærmygg er derfor næring som produseres både i deler av reguleringssonen og på innsjøarealet under LRV.

I materialet inngår de som næring i hele spekteret av reguleringshøyder som inngår i materialet, og for ingen av disse gruppene settes det tålegrense mht. reguleringshøyde.



Figur 17. Forekomst av landinsekter i mageinnhold hos ørret i 38 reguleringsmagasiner med ulik reguleringshøyde.

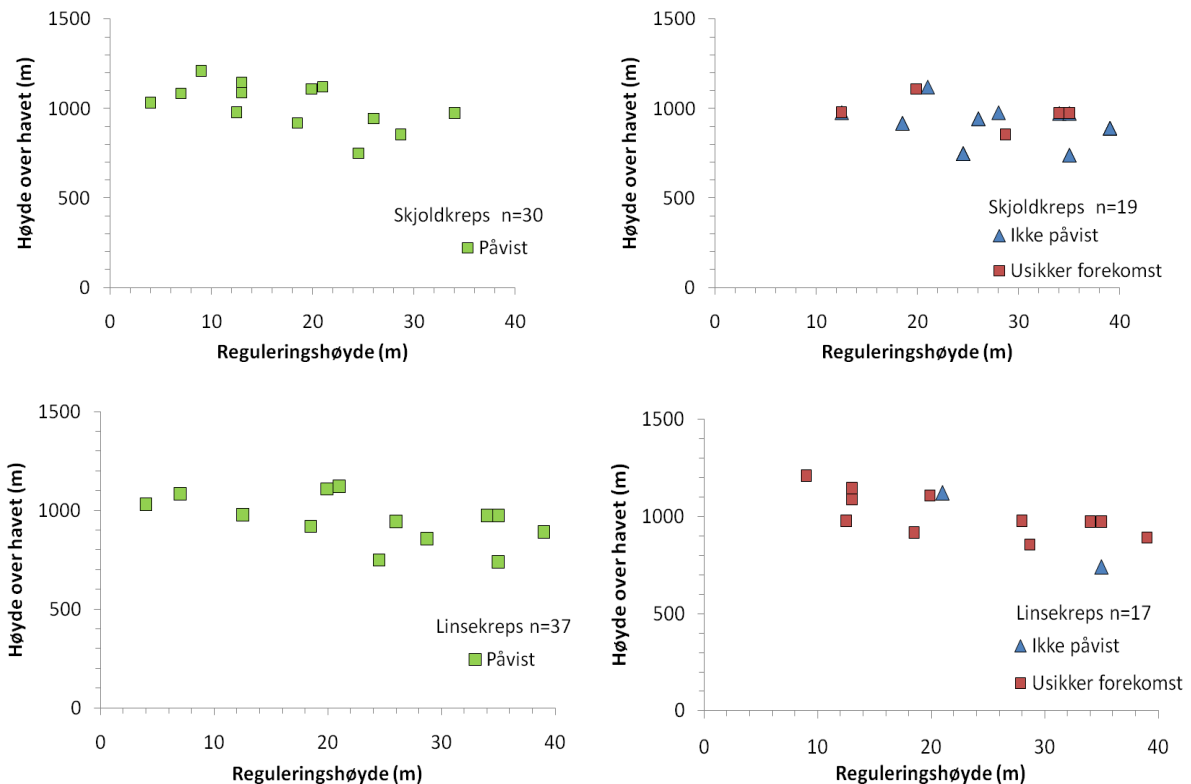


Figur 18. Forekomst av fjærmygg (larver og pupper) i mageinnhold hos ørret i 38 reeguleringsmagasiner med ulik reguleringshøyde.

5.2 Manøvrering versus reguleringshøyde

En del av de magasinene som er undersøkt har vært utsatt for en ”tilfeldig og sjelden” hendelse i form av irregulær senking. Sammen med magasiner som har en uregelmessig fylling og andre som har regelmessig fylling, kan virkningen av manøvrering utover selve reguleringshøyden på skjoldkreps og linsekreps undersøkes.

Forekomsten av skjoldkreps og linsekreps i disse magasinene er vist i Fig.19. Som forventet ut fra tidligere resultater og angitte tålegrenser er begge næringsdyrene til stede også der det er stor reguleringshøyde, her opptil 34 m for skjoldkreps og 39 m for linsekreps, og det er ikke grunnlag for å hevde at reguleringshøyden er begrensende faktor for forekomst.



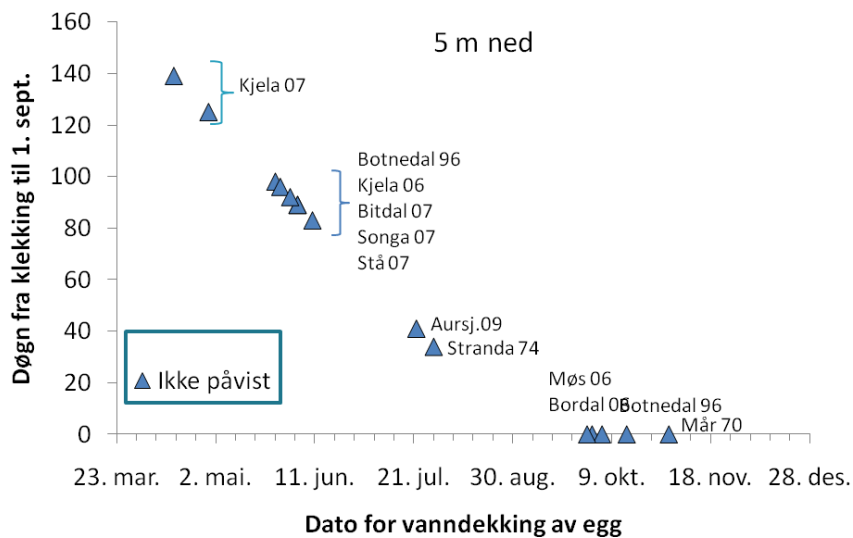
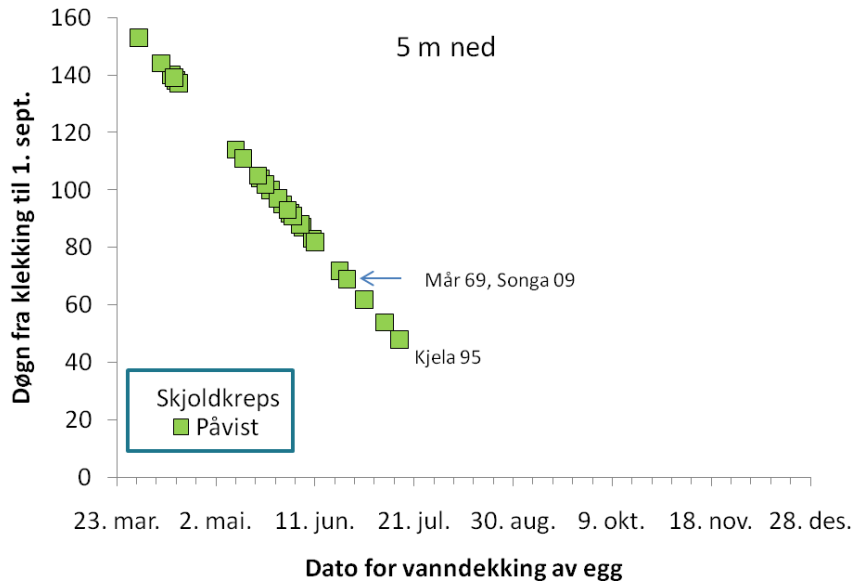
Figur 19. Forekomst av skjoldkreps (over) og linsekreps (under) i henholdsvis 49 og 54 tilfeller av manøvrering i til sammen 17 magasiner i perioden 1968-2009.

5.2.1 Skjoldkreps

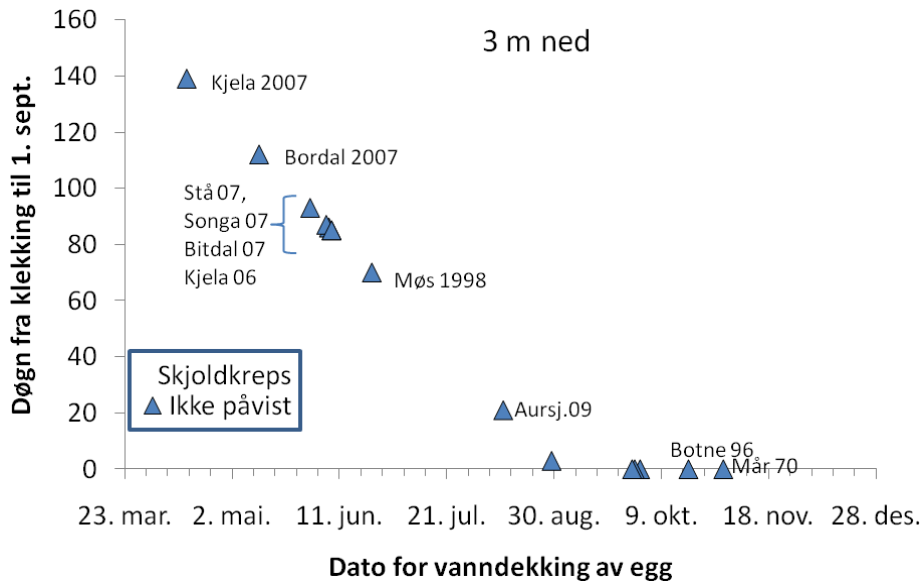
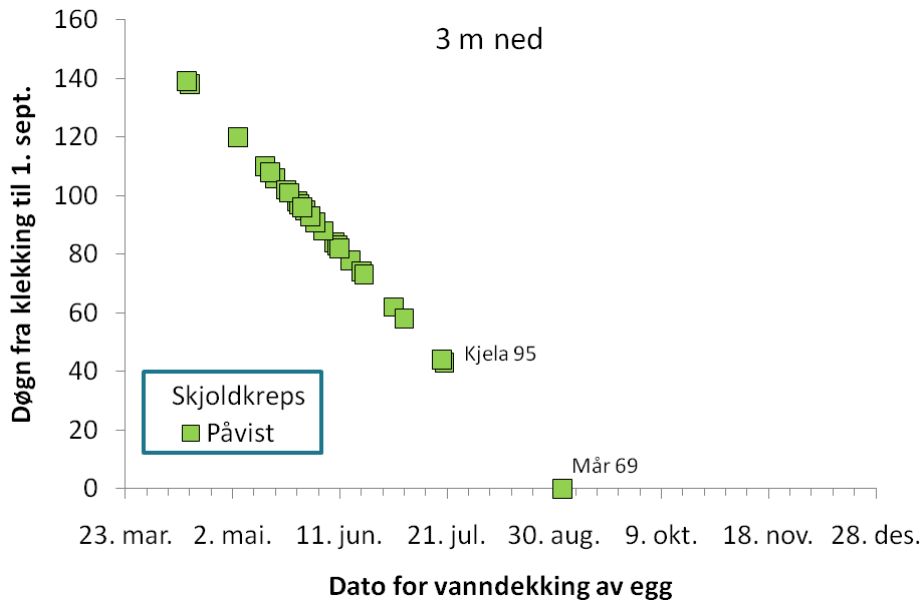
Når det gjelder manøvrering viser materialet at det er en sammenheng mellom fylling av magasinet og forekomst av skjoldkreps i mageinnhold hos ørret. Fyllingen relateres ikke til HRV, men til det nivået vannstanden var høsten under egglegging året før.

Med de forutsetninger som er gitt i ”Materiale og metode” kapitlet er forekomst/ikke forekomst av skjoldkreps vist for ulik grad av fylling vår og forsommer, med henholdsvis 5 m, 3 m og 1 m under høstvannstanden (Fig.20-23).

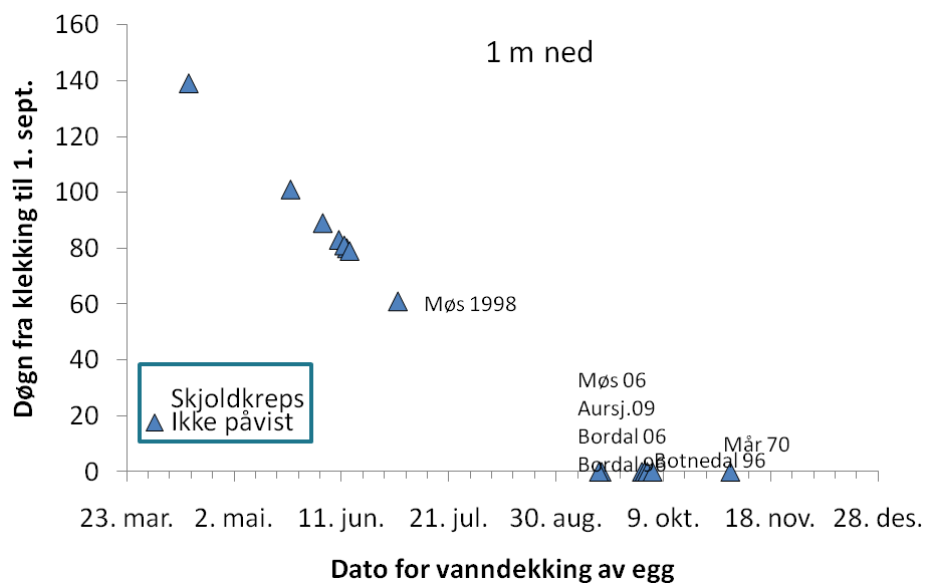
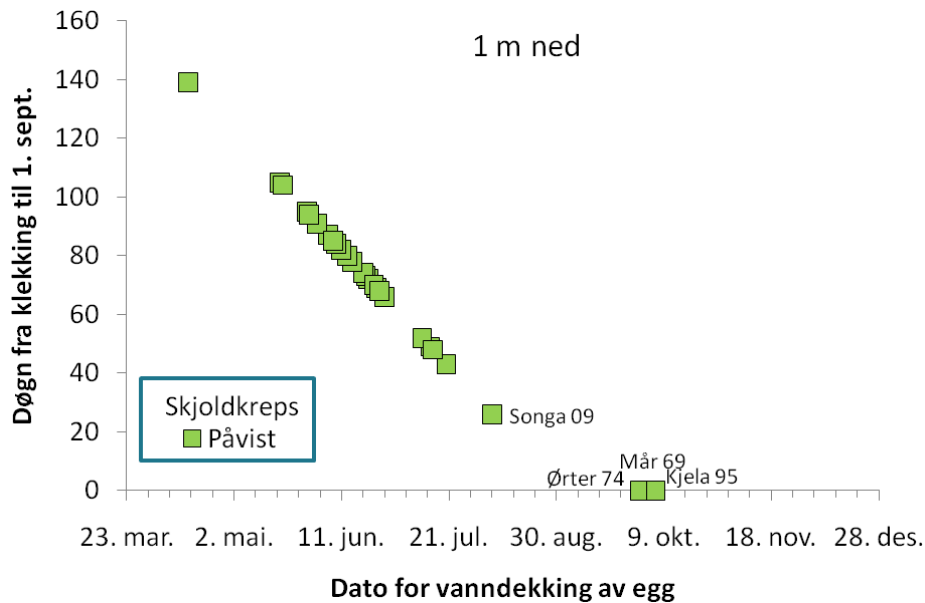
I hovedsak er skjoldkreps påvist som næring i ørret i de magasiner og under de manøvreringer der magasinet fylles relativt tidlig. Avhengig av hvilket dyp som er lagt til grunn der egg antas å ligge må magasinet fylles opp til minimum 5 m lavere enn det vannstanden var høsten året før, innen 15. juli, for at skjoldkreps skal klekke og vokse fram til den selv kan legge egg før det blir for sent. Dersom vanddyppet settes til 3 m under høstvannstanden må magasinet fylles innen 21. juli for 1 m's dypet finnes skjoldkreps i enkelte magasiner som først fylles ut i oktober.



Figur 20. Dato for vanddekking av skjoldkrepsegg som ligger 5 m lavere enn vannstanden under egglegging høsten året før, der skjoldkreps er påvist i ørret (over) og der skjoldkreps ikke er påvist (under).



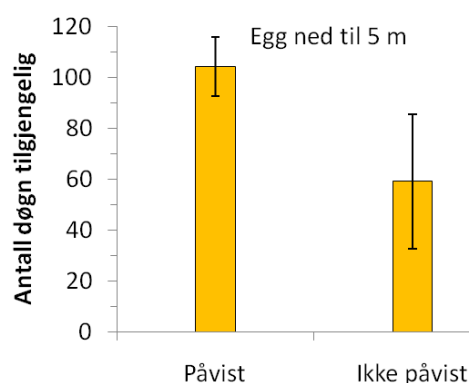
Figur 21. Dato for vanndekking av skjoldkrepsegg som ligger 3 m lavere enn vannstanden under egglegging høsten året før, der skjoldkrepss er påvist i ørret (over) og der skjoldkrepss ikke er påvist (under).



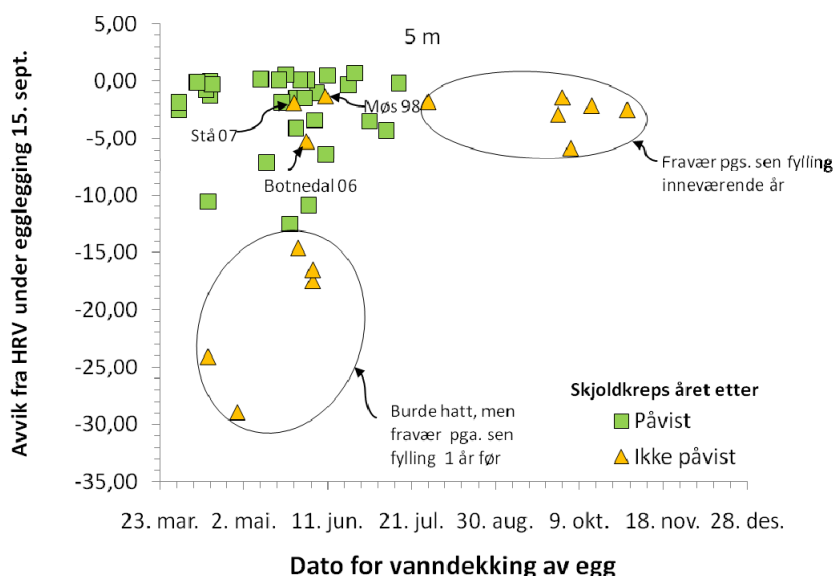
Figur 22. Dato for vanndekking av skjoldkreps egg som ligger 1 m lavere enn vannstanden under egglegging høsten året før, der skjoldkreps er påvist i ørret (over) og der skjoldkreps ikke er påvist (under).

Påvisning av skjoldkreps i magasiner med sen fylling til 1 m og 3 m lavere enn vannstanden under egglegging skyldes opplagt at egg også ligger dypere enn henholdsvis 1 og 3 m's dyp. Mange magasiner der skjoldkreps ikke ble påvist (ikke alle, se neste avsnitt) hadde sen fylling. Det ble funnet signifikante forskjeller mellom magasiner der skjoldkreps ble påvist (104 vekstdøgn $\pm 11,5$ (95 % CL)), og der skjoldkreps ikke ble påvist (59 vekstdøgn $\pm 26,5$ (95 % C.L.)) for fylling opp til 5 m under høstvannstanden.

Det mest iøynefallende i materialet er magasiner der skjoldkreps ut fra manøvrering det siste året tilsier at skjoldkreps burde være tilstede (dato for fylling til 5 m, 3 m og 1 m), men faktisk ikke er tilstede likevel (Fig. 23). I disse tilfellene kan ikke manøvreringen i perioden fra egglegging 15. september et år og fram til klekking året etter forklare fraværet. De fleste av disse magasinene har imidlertid hatt senking eller sen fylling året forut. Det gjelder en rekke magasiner i 2007, som altså hadde lav vannstand i 2006. Til tross for god fylling i 2007 i forhold til egglegging 2006 ble skjoldkreps ikke påvist i 2007, noe som indikerer at effekten et år strekker seg utover det året vannstanden/fyllingen var lav. Det er derfor sannsynligvis snakk om en flerårseffekt, og at det skal optimal fylling til over flere for å bygge opp bestanden av skjoldkreps. I Fig.24 fremkommer to grupper magasiner som ikke hadde skjoldkreps, 1)magasiner med sen fylling i undersøkelsesåret, og 2) magasiner med sen fylling året forut. Av 14 magasiner der skjoldkreps ikke ble påvist lå 11 magasiner i disse to gruppene til sammen, mens dette ikke kan forklare fraværet i tre, nemlig Ståvatn 2007, Møsvatn 1998 og Botnedal i 2006.



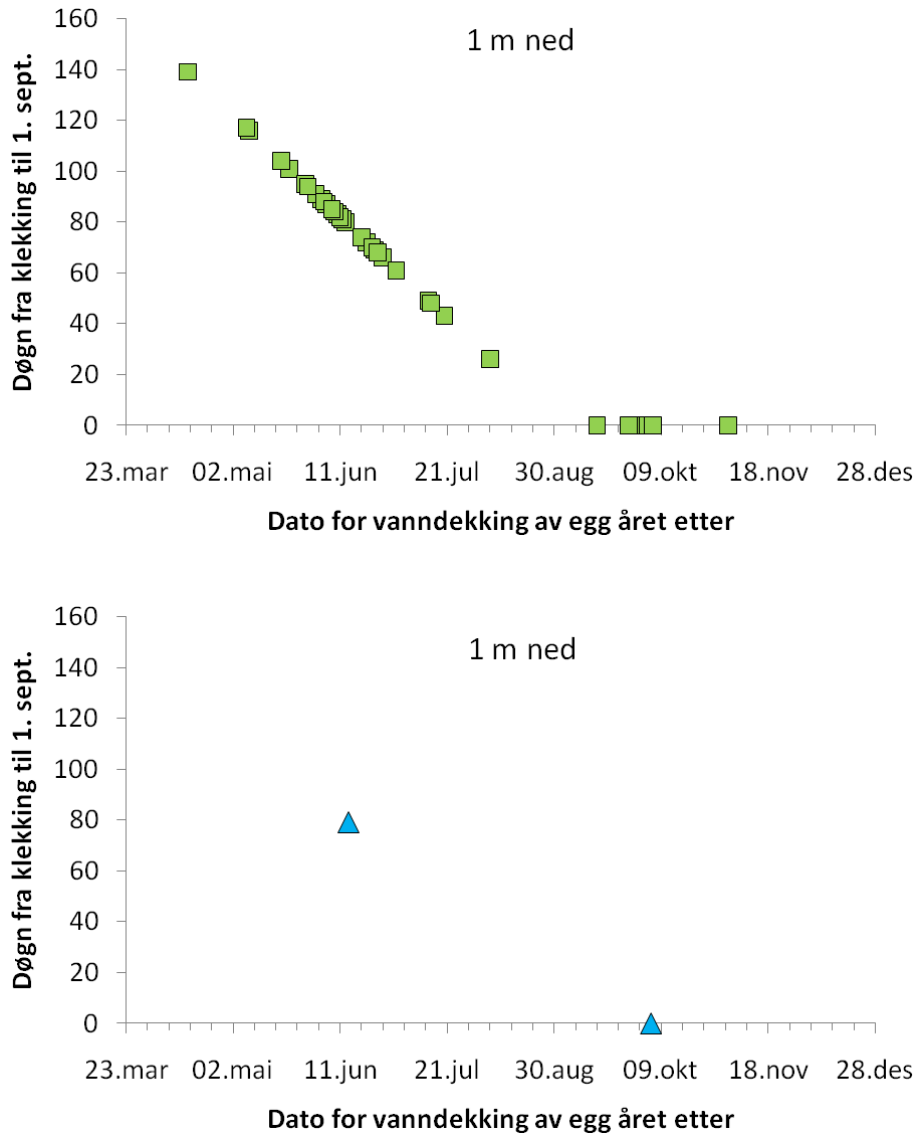
Figur 23. Gjennomsnittlig antall vekstdøgn ($\pm 95\%$ C.L.) for skjoldkreps fra vanndekking av egg og fram til 1. september der skjoldkreps er påvist og der skjoldkreps ikke er påvist. Det er signifikante forskjeller mellom antall tilgjengelig vekstdøgn der skjoldkreps er påvist og der skjoldkreps ikke er påvist ($p < 0,05$).



Figur 24. Forekomst av skjoldkreps i mageinnhold hos ørret relatert til avvik fra HRV under egglegging om høsten og dato for vanndekking påfølgende forsommer for egg som forutsettes å ligge 5 m lavere enn vannstanden under egglegging.

5.2.2 Linsekreps

Linsekreps ble påvist i mageinnholdet hos ørret i nær alle magasiner, og det ble ikke påvist noen sammenheng mellom forekomst og vannstand sent på høsten og fyllingsmønster sommeren etter, selv der man legger til grunn at eggene legges grunt og derved blir dekket med vann sent året etter (Fig.25). Linsekreps ble påvist både det året det var sen fylling og påfølgende år.

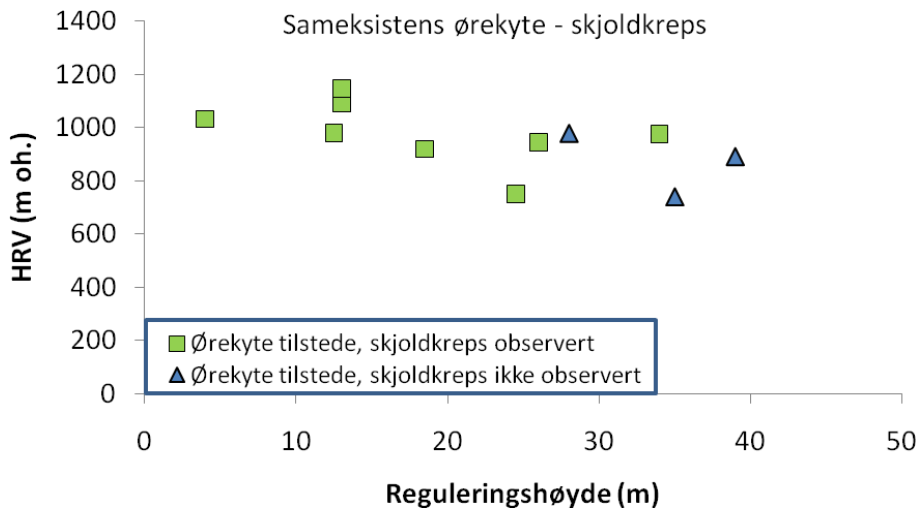


Figur 25. Dato for vanddekking av linsekreps-egg som ligger 1 m lavere enn vannstanden under egglegging høsten året før, der linsekreps er påvist i ørret (over) og der linsekreps ikke er påvist (under).

5.2.3 Ørekyte og skjoldkreps

Av de 17 magasinene som inngår i undersøkelsen er ørekyte utbredt i 11, mens de øvrige har bare bestand av ørret. Magasiner med ørekyte omfatter reguleringshøyder fra 4 til 39 m.

Ørekyte og skjoldkreps sameksiterer i 8 av de 11 magasinene, og de sameksiterer i magasiner med reguleringshøyde fra 4 til 35 m (Fig.26). Det er derfor ingenting som tyder på at ørekyte utrydder eller forårsaker totalt fravær av skjoldkreps.



Figur 26. Skjoldkreps. Det er sameksistens mellom ørekyte og skjoldkreps i 8 av 11 undersøkte magasiner der ørekyte er til stede.

5.3 Spredning av skjoldkreps

Nedvandring fra ovenforliggende vann ble angitt av Borgstrøm (1973) som en mulig forklaring på hvordan skjoldkreps kan spre seg. Slik spredning kan også bidra til at skjoldkreps blir en del av aurens diett uten at lokaliteten selv nødvendigvis har store bestander av skjoldkreps. Slik spredning kan også bidra til gjenoppbygging av skjoldkrepsbestander etter enkeltår med lav fylling.

Dette ble forsøkt å dokumentere spredning gjennom driv inn til Vinsteren i 2007 (Fig.27). Vinsteren har et betydelig antall innløpsbekker med forskjellig opphav, bl.a. fra Rjupen (1210 m o.h.) og flere større innsjøliknende dammer på Valdresflya (Fisketjern: 1330 m o.h.), til små innsjøer som Sandalstjern (1038 m o.h.) på omtrent samme kotehøyde som Vinsteren. I utgangspunktet må flere av de mindre grunne dammene og småtjerna på Valdresflya anses som fisketomme, og derved potensielt til å ha tette bestander av skjoldkreps. Det opplyses imidlertid at det settes ut fisk, og fisketettheten her er derfor sannsynligvis høyere enn naturtilstanden. Driv ble undersøkt i begynnelsen av juli, i midten av august og i midten oktober 2007 (Fig.27).



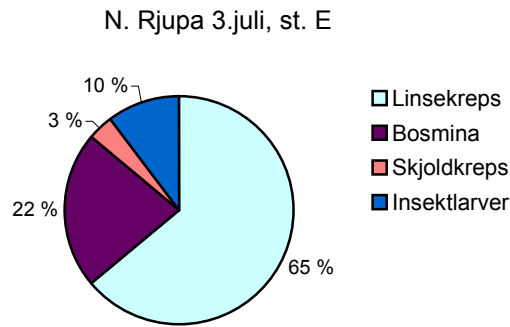
Figur 27. Vinsteren med tilløpsbekker fra Rjupen og Fisketjerni, med inntegnet lokaliteter for drivfeller (D, E, F, G, H, I) etter skjoldkrepser i juli, august og oktober 2007.

Det ble plassert drivfeller på st. D-I, der maskevidden var tilpasset størrelsen på nyklekkete skjoldkrepser og de planktoniske stadiene i begynnelsen av juli. Det ble da brukt drivfeller med diameter 9,8 cm og maskevidde 0,2 mm. Disse ble plassert i tilløpsbekker nær Vinsteren i 8 timer. I august og oktober ble det brukt feller med diameter 80 cm og maskevidde 1 mm. Alt innhold ble fiksert og analysert i lupe. Det var betydelige nedbørmengder og stor lokal flom under innsamling i juli og august.

Det ble påvist to unge individer av skjoldkrepser i drivprøven i bekken fra Nordre Rjupen 3. juli 2007, st. E (Fig.28). Lengden på disse var 2,5 mm, og de var i det planktoniske stadium 3. Begge var intakte og alt tydet på at de var en del av det ordinære drivet. Det ble ikke påvist skjoldkrepser i driv fra andre bekker, verken i juli, august eller oktober.

I driv fra bekker som kom fra innsjøer (Rjupen, Fisketjerni, Sandalstjernet) var det i tillegg et betydelig innslag av zooplankton. Det ble påvist linsekrepser (*Eurycerus lamellatus*), *Bythotrephes longimanus* og gelekrepser (*Holopedium gibberum*). Det må angis at det fra Fisketjerni i august ble funnet svært store mengder gelekrepser i drivprøven.

I driv fra bekker som ikke kom fra innsjøer, ble kun insektlarver påvist i drivet.



Figur 28.. Prosentvis sammensetning (basert på antall) av driv i innløpsbekk til Vinsteren i 3-4. juli 2007, der larver av skjoldkreps ble påvist i driv fra Rjupen.

Påvisning av skjoldkrepslarver i driv fra en høyereliggende innsjø og ned i et reguleringsmagasin gjennom en 2 km lang bekkestrekning må betegnes som en svært interessant observasjon. Flom i perioden og tetting av sileduken har medført at antallet trolig er et minimumsestimat for det antallet som har vært til stede i det avsilte vannet. I tillegg er det fortsatt ukjent om driv av skjoldkreps følger noen form for døgnvariasjon, om det er bestemte ungstadier som driver, og over hvor lang periode dette kan skje.

Selv om det bare ble påvist 2 individer vil avsilte vannmengde i forhold til totalvolumet av bekken tilføre i størrelsesorden 2×10^3 larver pr. døgn i dette tilfellet. Det må derfor foregå en betydelig spredning av unge skjoldkrepstadiet fra ovenforliggende innsjøer og nedover i vassdragene. Dette innebærer at dersom forholdene i magasinet et eller flere år er svært ugunstige, så kan det skje en rask nyetablering gjennom driv der dette er mulig.

Omfanget må uansett være slik at det lett kan skje en nyetablering av en utradert bestand. I tillegg kan fåtallig forekomst av skjoldkreps i dietten hos ørret kunne forklares ved beiting på enkelt dyr som er kommet inn i magasinet gjennom driv.

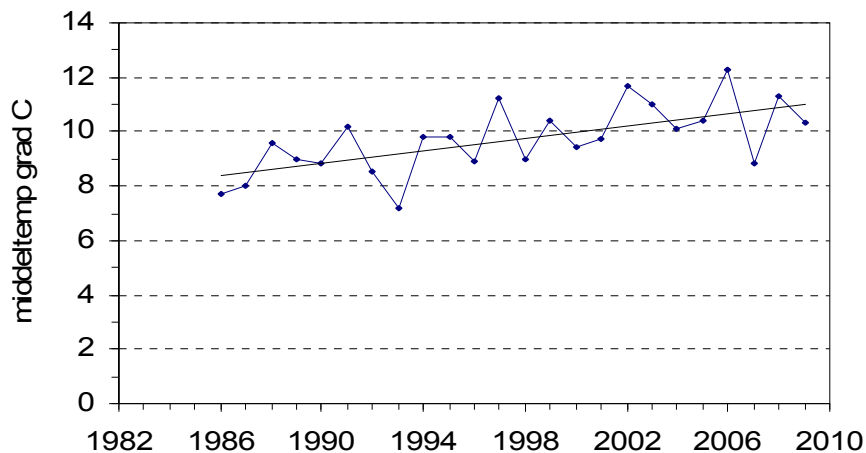
6. Betydningen av klimavariasjoner for fisk og næringsdyr i uregulerte og regulerte innsjøer

6.1 Fysiske forhold

Lysklima og temperatur er viktige faktorer for produksjon i akvatiske økosystem. Kunnskapen om årssyklus og år til år variasjoner i disse klimarelaterte variablene 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 klima forårsaket av ytre pådriv (Kettle et al. 2004). Vann-temperaturen i overflatelaget (VTO) er ofte et godt mål på temperaturen i epilimnion over sesongen (Livingstone et al. 1999), og VTO er i stor grad avhengig av lufttemperaturene (Hari et al. 2005).

6.1.1 Tidsutvikling i lufttemperatur (LT)

På Geilostølen meteorologisk stasjon har LT for perioden 1. Juli – 30. September (JAS) økt med ca. 0,2 °C pr.år fra 1987 og fram til 2009 (Fig.29). Dette skyldes et generelt værskifte i 1987/88 som førte til en økning i LT sommerstid i forhold til dekadene før i regionen som omfattes av Hardangervidda (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).



Figur 29. *Middeltemperaturen ved Geilostølen meteorologiske stasjon for månedene juli, august og september i perioden 1986 til 2008. I 2006-2009 mangler data fra Geilostølen, men da er data hentet fra Møsstrand meteorologiske stasjon og justert opp med 0,27 °C (se metodekapitlet).*

6.1.2 Sammenhengen mellom lufttemperatur og vanntemperatur

Vi har tidligere vist at det er en 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 ved Dargesjøen (vår met.stasjon) nært korrelert til LT ved de 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). Været gjennom sommersesongen vil derfor

kunne gi produksjonsforhold i innsjøene som i stor grad vil samvarierer over store områder. Eksempelvis ga den kjølige sommeren 1907 dårlige vekstforhold for ulike fiskearter over store deler av Øst-Norge (Huitfeldt-Kaas 1927). Likevel kan variasjonene bli store selv i lokalt svært avgrensa områder slik som i vårt studieområde. Innsjøenes morfometri og beliggenhet i nedbørfeltet har avgjørende betydning for hvordan været påvirker de lokale forholdene for fisk. Sentralt i dette er antagelig en stabil tilgang på vann i gyttebekkene, som påvirker rekrutteringen, samt mengden tilført vann som påvirker vannets oppholdstid i innsjøene. Dersom oppholdstiden er kort slik som i Sandvatn, 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 vil i slike tilfelle gi redusert produksjon av fisk – det motsatte av hva som vil skje i innsjøer uten slike snøleier i nedbørfeltene. De uregulerte referansesjøene ligger i Kvennas nedbørfelt (Fig.30). Sandvatn har størst nedbørfelt som strekker seg opp mot de høyereliggende fjellområdene i sydvest på Hardangervidda, mens Fjellsjøen og Dargesjøen, som ligger nær Sandvatn, har små lokale nedbørfelt (Fig.30)

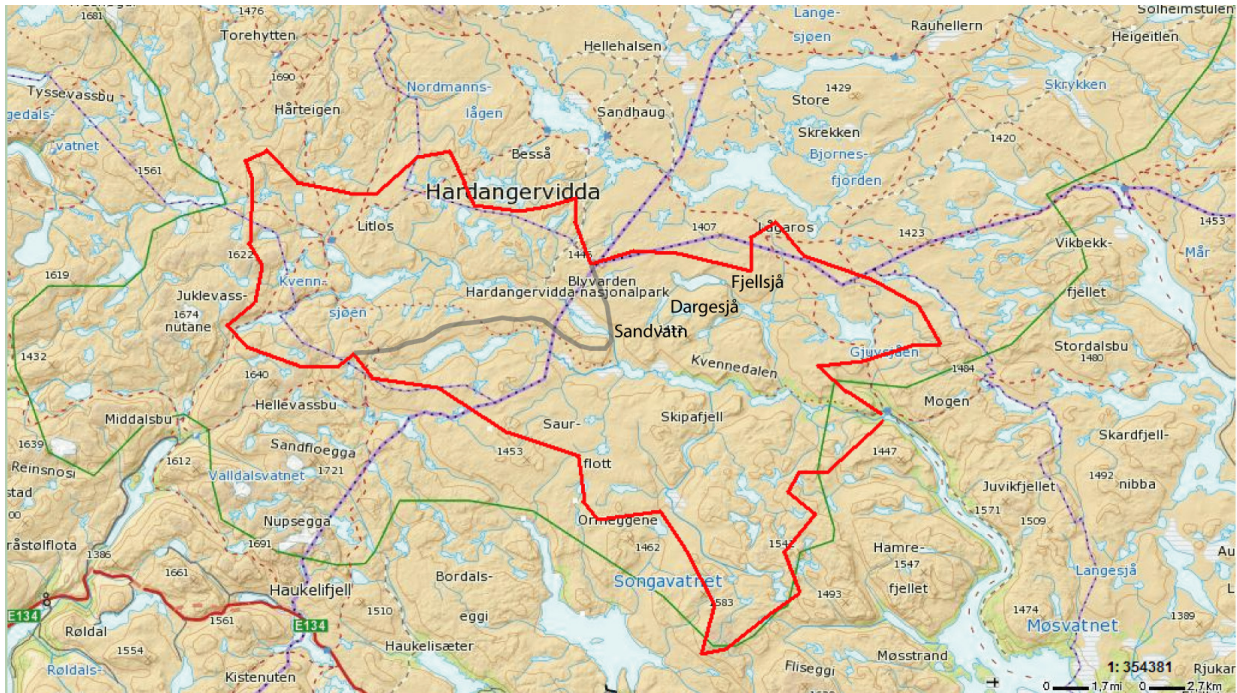
6.1.3 Forhold som påvirker samvariasjon mellom LT og VTO

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:

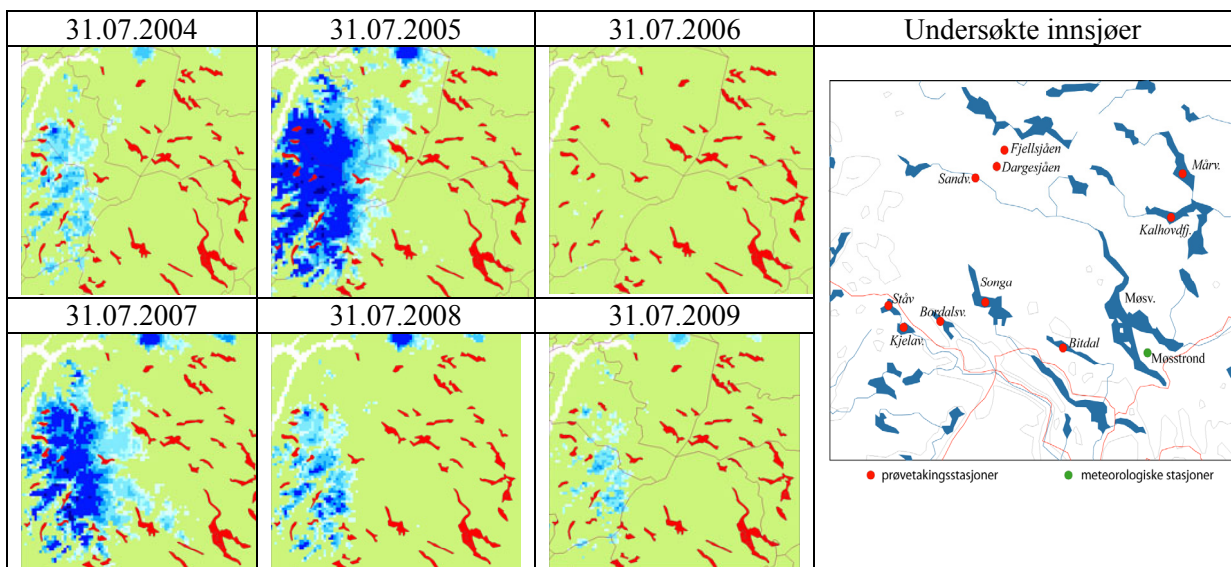
i) I like store innsjøer sank VTO med 0,6-0,8 °C pr. 100 m økning i høyde over havet (Rognerud et al. 2005, 2006, 2007, 2008, 2009). Dette er nær tilsvarende reduksjon i LT pr. 100 m (0,5-0,9 °C pr. 100 m avhengig av temperaturen) som vi har målt mellom Geilostølen meteorologiske og den automatiske værstasjonen på Dargesjøen. Tilsvarende verdier er også observert i alpene (Livingstone et al. 2005), og de er nær den generelle globale verdien 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.

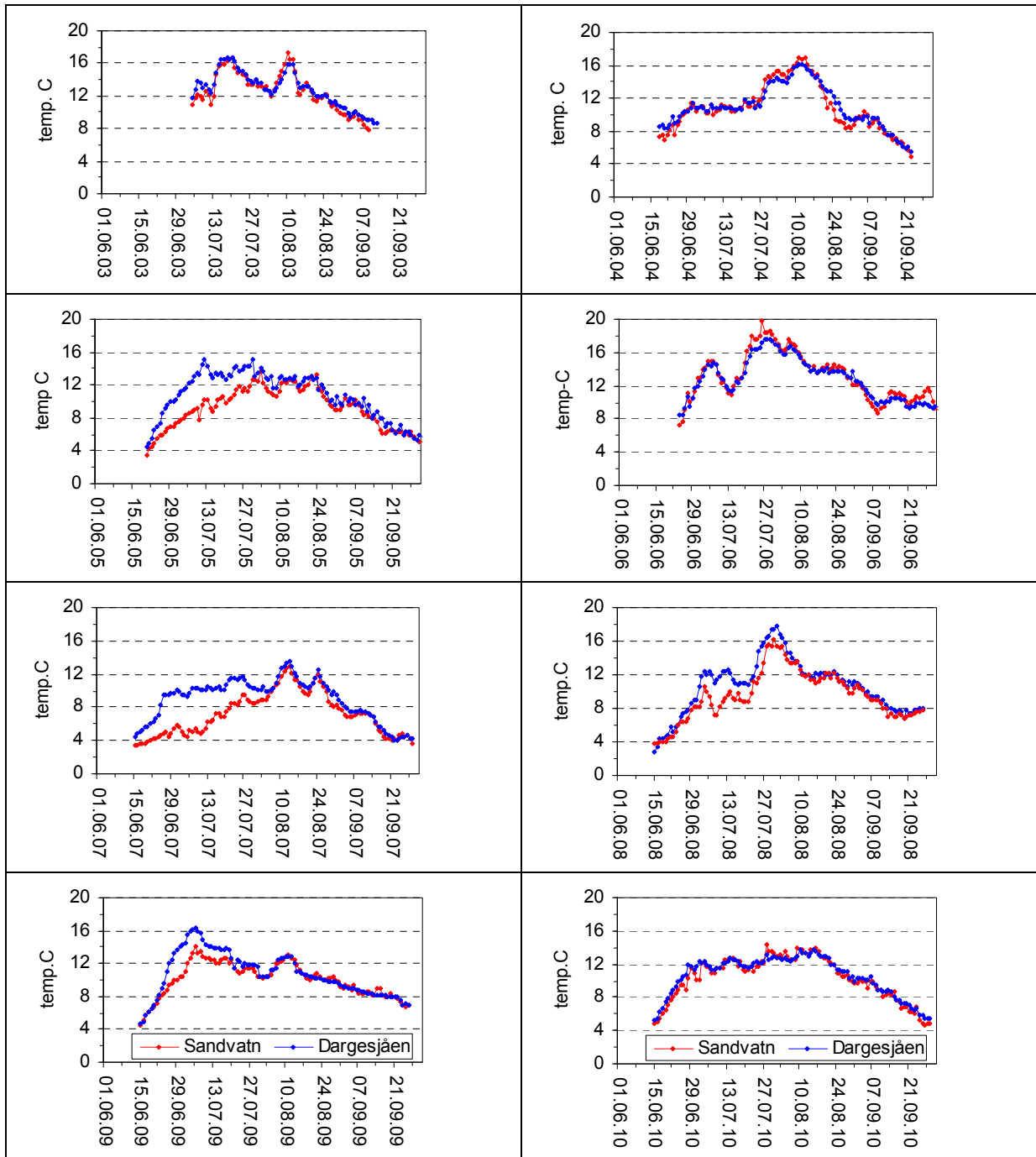
iii) VTO påvirkes av smeltevann fra høyereliggende snørike områder. Dette gjelder spesielt Sandvatn som ligger som en utvidelse av Kvenna, men ikke Fjellsjøen og Dargesjøen som har små lokale nedbørfelt (Fig. 30). I 2005 og 2007 var det mye snø fjellet utover vår/forsommer (Fig.31) og dette førte til en betydelig kjølningseffekt i Sandvatn helt fram til første av august (Fig.32). Fjellsjøen og Dargesjøen 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 at det var betydelig mindre snø her enn lenger vest (nedbøren kommer med vestlige vinder). Effekten for biota i Sandvatn i 2005 var den samme som at lufttemperaturen i snitt for perioden 1.juli-30 september hadde vært 1,4 °C lavere. Avvikene fra middeltemperaturen for hele perioden viste at 2005 og 2007 var de kaldeste årene, mens 2002 og 2006 var varmest, og at utslagene var større i Sandvatn enn i Dargesjøen (Fig.33).



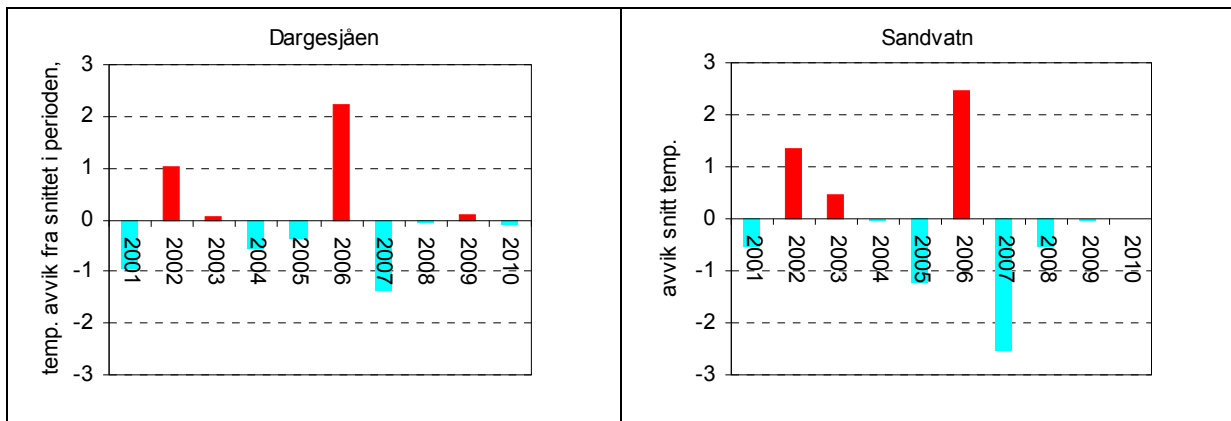
Figur 30. Kvennas nedbørfelt og delnedbørfeltet til Sandvatn som er en utvidelse av Kvenna. Fjellsjøen og Dargesjøen har små lokale nedbørfelt som avvannes til Kvenna nærmere utløpet i Møsvatn



Figur 31. Snøkart for Hardangervidda 31. juli hvert år i perioden 2004-2009. Kartet er fremstilt ved hjelp av en modell som simulerer snømengder for hver kvadratkilometer på bakgrunn av 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 er vist til høyre. Fargeskala for ulike snødybde er hhv: grønn: barmark, lys blå: <100 cm, mellom blå: 100 - 200 cm og mørk blå: > 200 cm. Kvennas nedbørfelt strekker seg ut i øvre venstre billedkan (se Fig.30).



Figur 32. Vanntemperaturene på 1m's dyp i Sandvatn og Dargesjåen i perioden 2003-2010. Det var en god samvariasjon i år med lite snø (eks.2004 og 2006), men også en klar smeltevannseffekt i Sandvatn i årene 2005 og 2006 som følge av smelting av snø utover sommeren i høyereliggende områder av Kvennas nedbørfelt.



Figur 33. Avvik fra gjennomsnittlig vanntemperaturen for vekstsesongen 15. juni-1.oktober i perioden 2001-2010 i Sandvatn og Dargesjøen. Snøleiene på vestvidda bidro til betydelig lavere temperatur i Sandvatn sommeren 2005 og 2007 enn i nærliggende Dargesjøen som ikke påvirkes av disse.

6.1.4 Andre forhold som påvirker produktiviteten i fjellsjøer

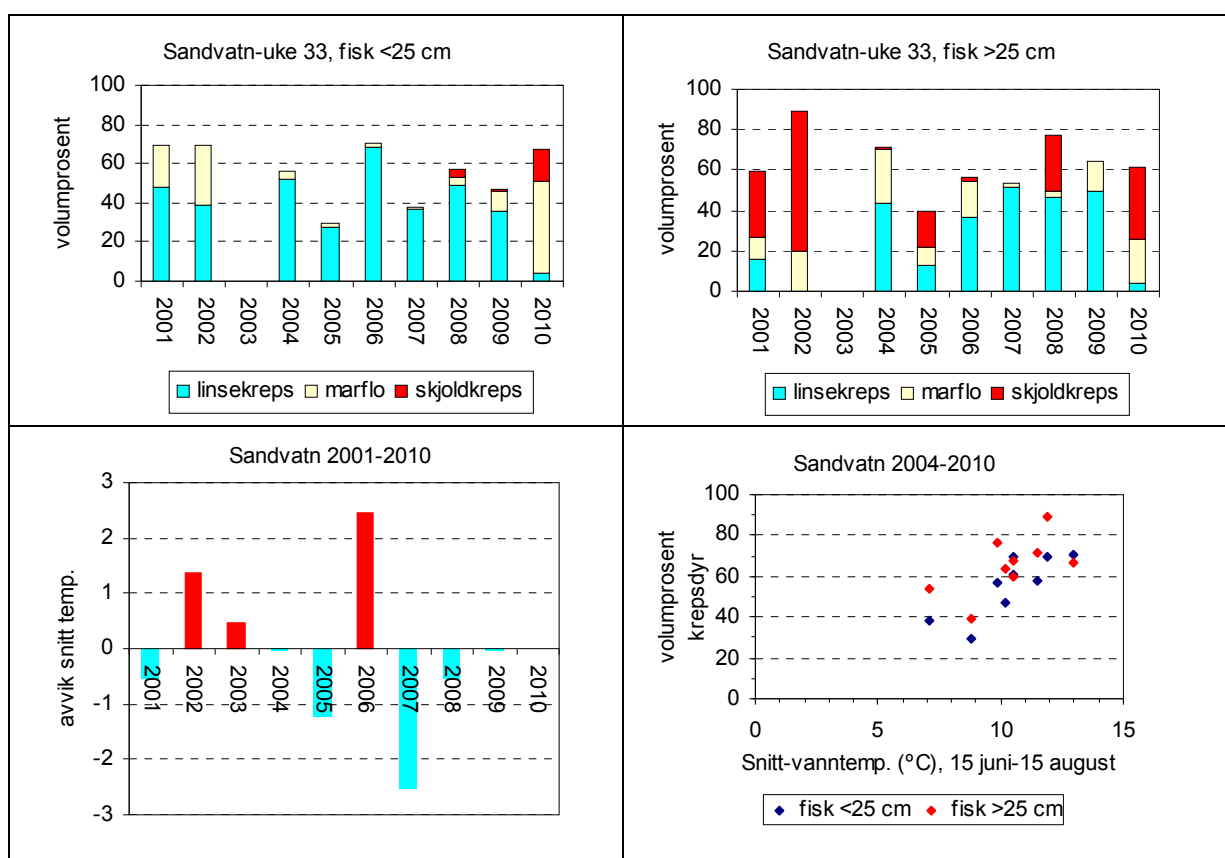
Hardangerviddas treløse høyfjellsplatå har lave konturer og innsjøene er i liten grad skjermet for de fleste vindretninger. I slike situasjoner er tykkelsen på det varmere sirkulerende overflatelaget (epilimnion) i all hovedsak bestemt av innsjøens overflateareal, vindeksponering og lyssvekningen i vannmassene (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 produksjonskapasitet 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 positivt 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 inklusive Sandvatn, Dargesjøen og Fjellsjøen. Mellom 68 og 98 % av bunnarealet i disse var grunnere enn 10 m (Rognerud et al. 2006). Da epilimnion når ned til 10 m på ettersommeren 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.

6.2 Undersøkelser av næringsdyr i fiskemager

6.2.1 Sandvatn (2001-2010)

Krepsdyrandelen (volumprosent) i fiskens mage i uke 33 for perioden 2001-2010 fordelt på 2 størrelsesgrupper av fisk er vist i figur 34. Det var en klar positiv sammenheng mellom volumprosent krepsdyr i magen på både stor og små fisk, og midlere vanntemperatur i tiden etter isgang og fram til fisketidspunktet. Dette er høyst sannsynlig forårsaket av sein vekst og lav fekunditet hos krepsdyrene i år med kaldt vann. Den laveste andelen krepsdyr både små fisk (<25cm) og stor fisk (≥ 25 cm) ble observert i 2005 og 2007, ellers var den nær 60 % med unntak av 2002 da hele 90 % av mageinnholdet besto av krepsdyr i stor fisk. Skjoldkreps var et viktig næringsdyr for stor fisk i 2001, 2002, 2005 og 2008 og 2010, mens den var fraværende eller var uten betydning i småfiskens diett i hele perioden unntatt i 2010.



Figur 34. Krepsdyrenes andel i fiskens mageinnhold (volumprosent) i uke 33 i Sandvatn for perioden 2001-2009 (ingen observasjon i 2003) fordelt på to størrelsesgrupper (øvre figurer). Avvik fra gjennomsnittlig vanntemperatur (basert på loggere) i tiden 15. juni-15. august (fra isgang til fisketidspunktet) for perioden 2001-2009 er vist i nedre venstre figur. I nedre høyre figur har vi vist sammenhengen mellom gjennomsnittlig vanntemperatur og volumprosent krepsdyr for små fisk (<25cm) og stor fisk (≥ 25 cm) i perioden 2001-2009 (ingen observasjon i 2003).

Generelt er det linsekreps som har vært småfiskens dominerende føde blant krepsdyrene i hele perioden, unntatt i 2010, mens marflo utgjorde en viktig del i første årene (2001, 2002) og dominerte i 2010. Linsekrepsens betydning var liten for stor fisk før 2003, men fra 2004 til 2009 har den vært av

stor betydning. I 2010 var situasjon den samme som 2001 og 2002 med dominans av skjoldkreps i stor fisk og betydelig innslag av marflo i småfisk.

Den laveste andelen krepsdyr var i 2005 og 2007 da Sandvatn var preget av kaldt smeltevann fra isløsning og helt fram til fisketidspunktet i midten av august. Det er tydelig at vanntemperaturen har en viktig betydning for utviklingen av krepsdyrbestandene i sommerperioden. En annen viktig faktor er tettheten av fisk. Den har vært høy i Sandvatn særlig på grunn av den sterke 1997-årsklassens dominans blant større fisk i perioden 2004-2008.

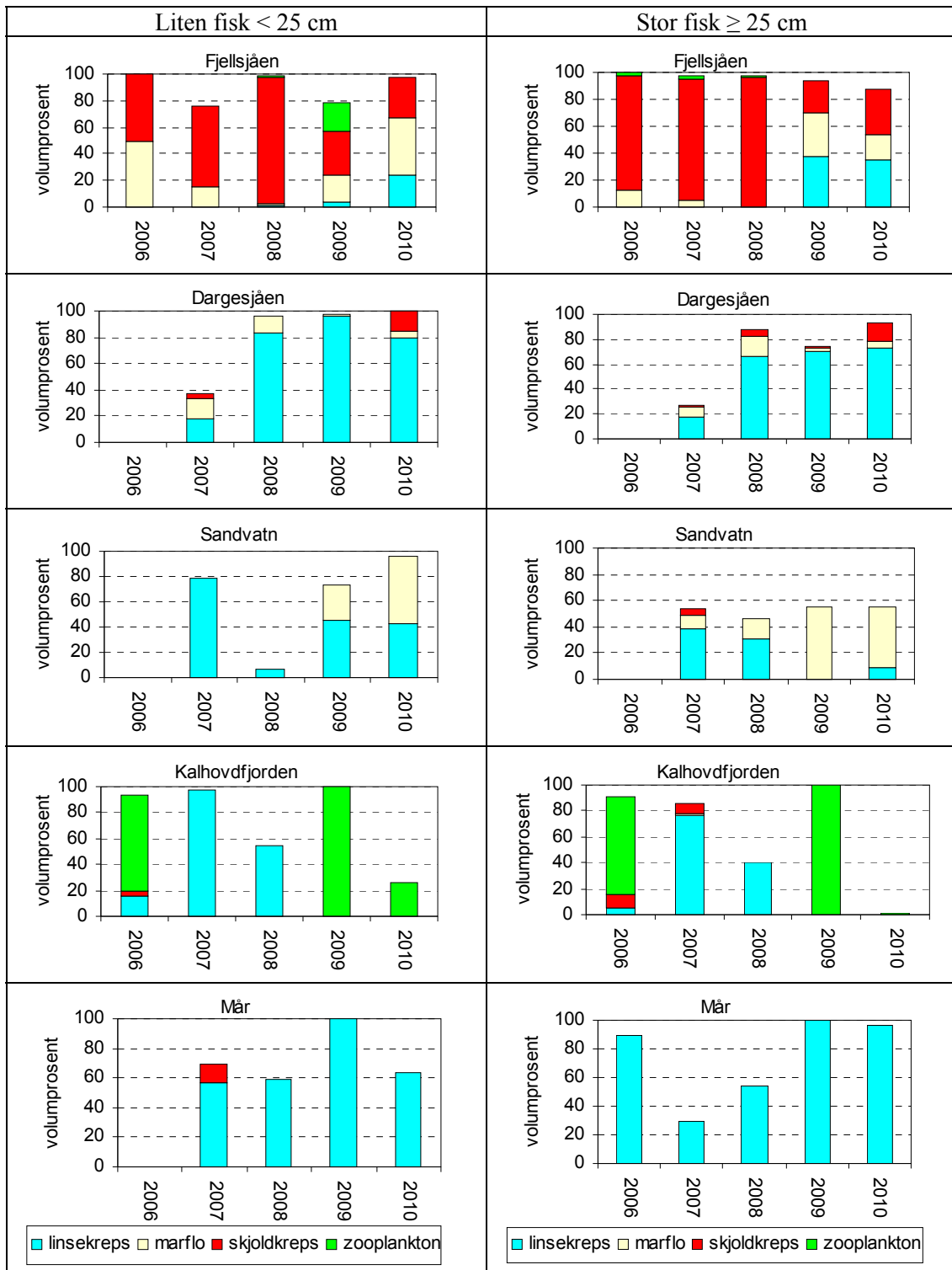
6.2.2 Innsjøer undersøkt høsten (2006-2010).

I månedskiftet september/oktober har vi undersøkt referansesjøene (Fjellsjøen, Dargesjøen, Sandvatn) samt de regulerte innsjøene Mår, Kalhovdfjorden i Gøystvatnet og Sønstevatn med hensyn på andelen krepsdyr i magene. Resultatene er presentert for liten og stor fisk (Fig.35) og for all fisk samlet (Fig.36). I Fjellsjøen var skjoldkreps og marflo dominerende føde både for små og stor fisk i de tre første årene, mens linsekrepser har betydd mer de siste 2 årene, særlig i stor fisk.

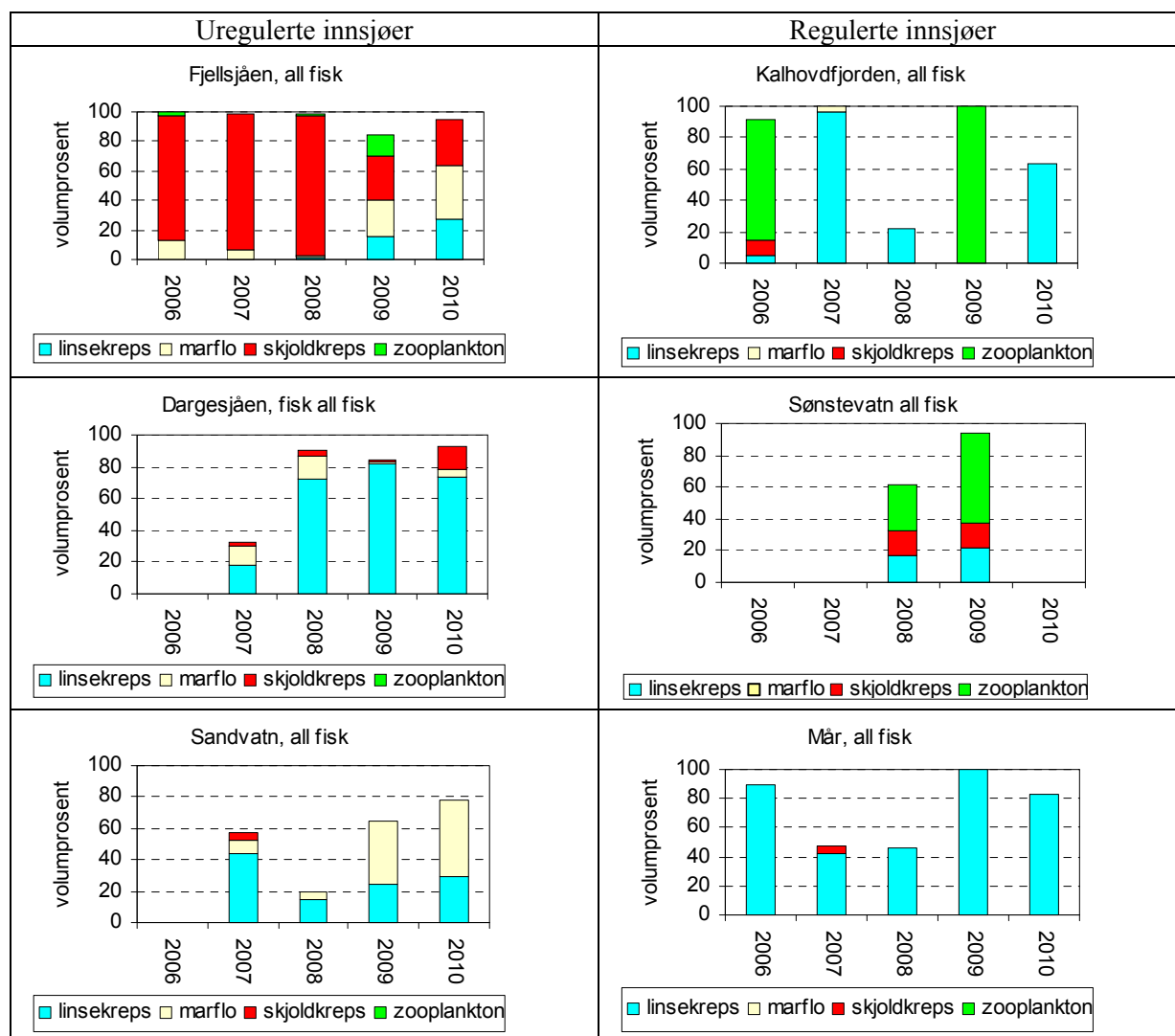
I Dargesjøen var også krepsdyrene dominerende, men her var det linsekrepser som var av størst betydning. I Sandvatn var krepsdyrandelen noe lavere særlig for stor fisk. I Kalhovdfjorden var mageinnholdet av krepsdyr høyt og besto i all hovedsak av linsekrepser og zooplankton (*Daphnia longispina*), mens i Mår var fiskens mageinnhold dominert av linsekrepser. I Sønstevatn utgjorde krepsdyrene nær halvparten, men dette magasinet skilte seg ut fra de andre ved at zooplankton (*Daphnia longispina* og *Bythotrephes longimanus*) var dominerende i stor fisk, mens i små fisk var det også et innslag av linsekrepser og skjoldkreps.

Som en oppsummering kan vi si følgende: Fjellsjøen har hatt en relativt tynn fiskebestand der dietten har vært dominert av krepsdyr. Skjoldkreps har dominert de første tre årene, men de 2 siste årene har skjoldkrepser andel vært lavere, og linsekrepser og marflo har kommet sterkere inn. Skjoldkreps er svært utsatt for predasjon, så dette kan være en indikasjon på at tettheten har økt i fiskebestanden.

I 2009 og 2010 forsvant skjoldkrepser i fiskemagene i Sandvatn fra august (Fig.34) og frem til månedsskiftet september/oktober (Fig.35), men også andelen krepsdyr generelt var også redusert. Dette skyldes antagelig en tett fiskebestand som drastisk reduserer bestanden. I Kalhovdfjorden var krepsdyrandelen betydelig lavere i 2010 enn i de andre årene. Dette er unormalt og kan ha sammenheng med svært lav vannstand på høsten dette året. Det var zooplankton og linsekrepser som har dominerte seinhøstes disse årene. I Mår besto krepsdyrdietten av linsekrepser slik den også har vært tidligere år (Rognerud *et al.* 2008). Derfor er linsekrepser sentral for fiskeproduksjonen i dette magasinet. I Sønstevatn som er betydelig regulert var marflo uten betydning i 2008. Da besto dietten av linsekrepser, skjoldkreps og zooplankton slik den også gjorde i august 1991 (Tysse og Garnås 1992). Etter reguleringen (vannstandshevningen) består magasinet Sønstevatn av 3 naturlige innsjøer (Sjugurdstjørn, Mevatn og Sønstevatn), som har en reguleringshøyde på hhv. 8, 20 og 31m (Tysse og Garnås 1992). Det er ikke urimelig å tro at overlevelsen av skjoldkreps i magasinet skyldes at deler av magasinet består av innsjøer som har en langt mer beskjeden vannstandsfluktasjon enn i det gamle Sønstevatnet. Likevel er zooplankton en viktig andel i dietten også i større fisk slik vi også observerte høsten 2002 i Sysenvatn (Rognerud *et al.* 2003).



Figur 35. Volumprosent av krepsdyr i mageinnholdet for liten og stor fisk i innsjøene på høsten (uke 39) i perioden 2006-2010. Ingen data fra Dargesjøen og Sandvatn høsten 2006.



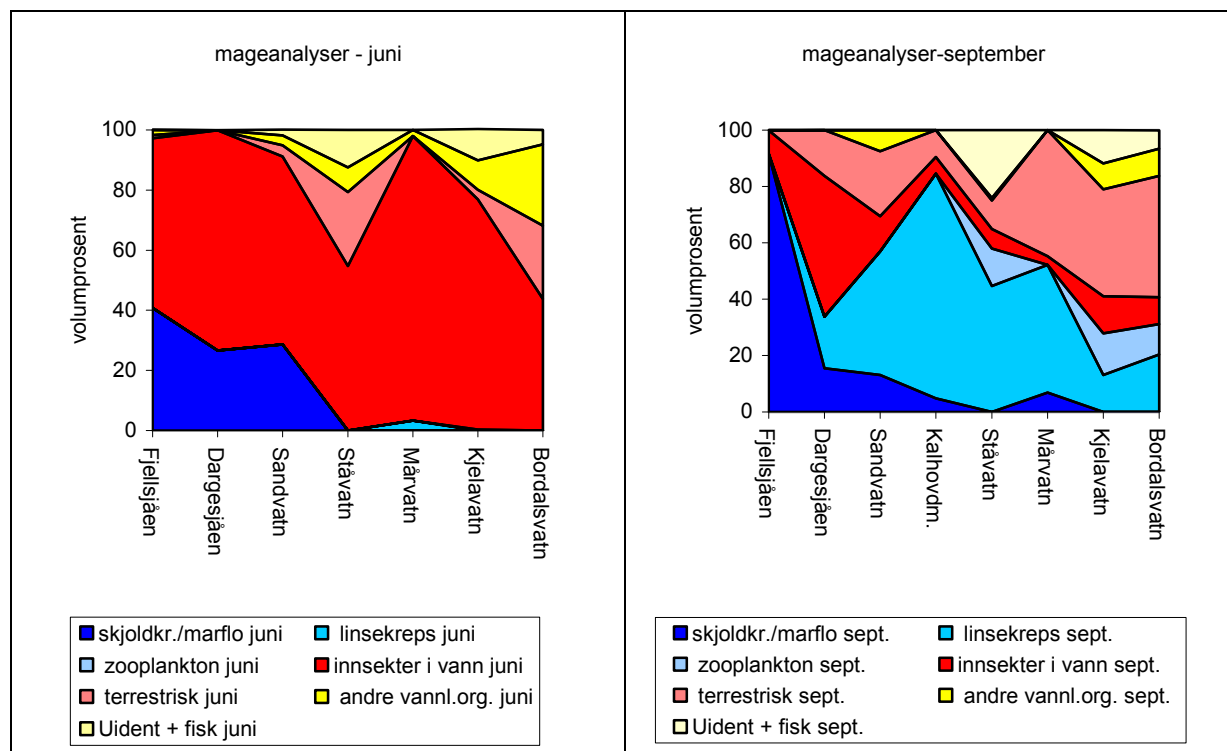
Figur 36. Krepssdyrenes andel i fiskens mageinnhold (volumprosent) for all fisk i prøvematerialet for alle innsjøene som er undersøkt i slutten av september.

6.2.3 Utvidet undersøkelse av næringsdyr i 2007

I 2006 var vannstanden svært lav i flere av magasinene i øvre Telemark, og fiskens kvalitet var dårlig og preget av mangelfull mattilgang (Brabrand 2007). En viktig del av denne delundersøkelsen var å klarlegge i hvilken grad en "normalisering" fant sted i 2007. Mastergradstudentene Arne Magnus Hekne (Hekne 2008), og Anlaug Meland (Meland 2008) ved UMB undersøkte Ståvatn, Kjelavatn og Bordalsvatn. Hydrofish prosjektet støttet arbeidet økonomisk mot å få benytte resultatene av næringsdyrundersøkelsen i prosjektet. Resultatene er vist sammen med tilsvarende undersøkelser av Mår, Kalhovdmagasinet og referansesjøene (Fig.37).

Det var en vesentlig forskjell på sammensetningen av næringsdyr både i tid for hver innsjø (juni til september) og mellom innsjøene (Fig.37). I juni dominerte insekter i vann, mens krepssdyr og terrestriske insekter var vanligst i september. I juni var det bare marflo som utgjorde krepssdyrdelen av dietten, og da kun i de uregulerte innsjøene. I september var det nesten bare skjoldkreps i Fjellsjøen, mens andelen av linsekreps var betydelig i Sandvatn (stor tetthet av fisk) og de regulerte innsjøene med reguleringshøyde opp til 21 m (Mårvatn). I magasinene som var mest regulert, Kjelavatn og

Bordalsvatn, var fiskens diett på høsten dominert av terrestriske/overflate-insekter, mens betydningen av linsekreps var liten.

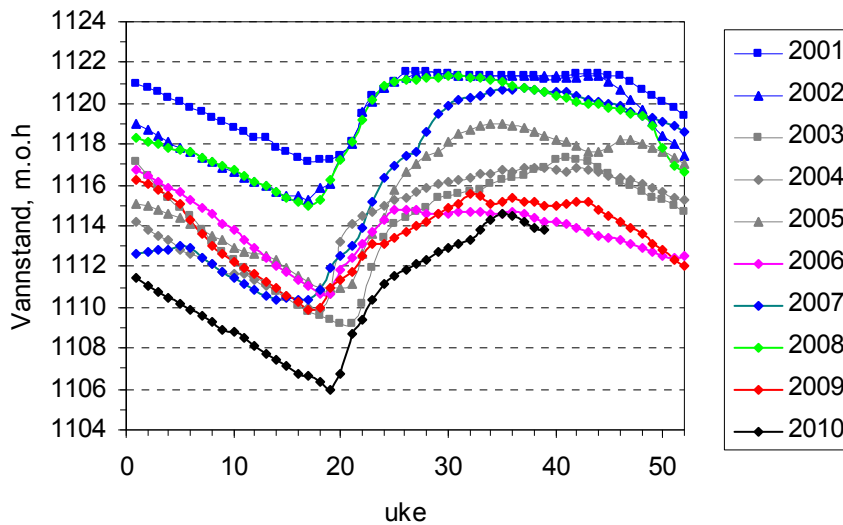


Figur 37. Fordeling av næringsdyr i magen i snitt av all fisk innsamlet ved prøvafisket i 2007. Næringsdyrene er delt i samlegrupper slik at viktige skillelinjer i tilgang på næring skal bli tydeligere. Innsjøene er rangert fra venstre mot høyre etter økende reguleringshøyde. Fjellsjøen, Dargesjøen og Sandvatn er uregulert, Ståvatn og Kalhovd er regulert 12m, Kjelavatn 26m og Bordalsvatn 39m

6.2.4 Mår – skjoldkreps, marflo og magasinifylling

Skjoldkrepsen er et ettertraktet byttedyr for fisk. Den er lett å fange og er ofte av stor betydning for ørretens vekst på sensommeren og høsten i fjellsjøer. Tette bestander av skjoldkreps finnes da også oftest kun i fisketomme innsjøer eller innsjøer med tynne fiskebestander. Skjoldkrepsen klekkes fra hvileegg og utvikles til voksne individer på høsten. Dersom de er til stede i innsjøen, vil analyser av fiskemager på høsten gi en god indikasjon på effektiviteten av klekkingen. Spredte observasjoner siden 2002 i regulerte Mår viser at skjoldkreps er til stede på høsten enkelte år. På bakgrunn av undersøkelser gjort på 1970-tallet i Mår (Borgstrøm 1973) og i denne rapporten, er det rimelig å anta at dette kan skyldes varierende fyllingsgrad og derved ulike klekkeeffektivitet. Selv om det er få år med data, så ble skjoldkreps observert på høsten i 2002, 2007 og 2008 som alle var år med god fyllingsgrad i magasinet (Fig. 38, Tab.4). I 2006 var fyllingsgraden svært dårlig og ingen skjoldkreps ble observert i fiskemager. I 2002 fanget vi skjoldkreps ved hjelp av håvtrekk for å gjøre stabile isotop-analyser av næringsdyrene i Mår (Rognerud *et al.* 2003). Da var også fisketettheten (basert på fangst pr. innsats) høy. Det var den sterke 1997-årsklassen som totalt dominerte fangstene (Rognerud *et al.* 2003). Det er bemerkelsesverdig at bestanden av skjoldkreps var så vidt tett at den ble fanget i hovtrekk dette året som magasinifyllingen var rask, og at vannstanden ble holdt oppe på maksimalt nivå hele produksjonssesongen. Enkelte individer av skjoldkreps ble også observert i fiskemager i 2008, men den må sies å være sjelden forekommende (Dag Svalastog, NINA pers.medd.). Mår er regulert 21 m, og disse spredte observasjonene indikerer at skjoldkrepsbestanden er rekruttert fra hvileegg som klekkes i magasinets gruntområder. En rask oppfylling til maksimal vannstand er antagelig en forutsetning for effektiv klekking og for bestandstørrelsen på høsten slik LFI undersøkelsene har vist.

Ved prøvefisket i juni 2010 ble det funnet marflo i magen på 3 av i alt 30 fanget fisk på en Jensen serie. På grunn av moloarbeider ved Synken ble vannstanden holdt nede, nær LRV, høsten 2009 og vår/forsommer i 2010 (Fig.39). Dette gjorde at finkorna sedimenter nær LRV ble vasket ut på grunn av bølgeaktivitet i juni 2010 med påfølgende kraftig grønnfarging av sjøen og redusert sikt i vannet (Fig.39). Ved disse situasjonene ble altså marflo funnet i fiskemager ved Synken, men det er også rapporter om funn av marflo i fiskemager fra andre deler av Mår denne sommeren (Sigmund Holte pers.medd.). Det kan derfor tyde på at marflo har vært til stede hele tiden etter reguleringen startet, men at tettheten har vært svært lav inntil i år da redusert sikt ga mindre predasjon. Det var stor variasjon i fiskens kondisjonsfaktor antagelig fordi all fisk ikke klarte å finne mat like effektivt når vannet er grumsete (Fig.40).



Figur 38. Vannstandsvariasjoner i Mår 2001 – 2010. Blå kurver representerer år hvor skjoldkrepser ble observert i fiskemager under prøvefisket på høsten. I 2007 og 2008 ble skjoldkrepser sporadisk observert i fiskemager under garnfiske (Dag Svalastog, NINA pers.medd.). I 2002 ble skjoldkrepser også fanget i håvtrekk 1. september. Grå kurver er år hvor vi ikke har gjort undersøkelser. I 2010 og, 2009 ble ikke skjoldkrepser observert verken i fiskemager eller i håvtrekk på høsten. I juni 2010 ble marflo funnet i magen på 3 av 30 undersøkte fisk.

Tabell 4. Vannstander (moh.) i Mår ved de tider som er vanlig for skjoldkrepsernes egglegging og klekking (kap.5.2.1). Differansen mellom disse og observert skjoldkrepser i perioden 2001-2010. Ingen data i 2003-2005.

vannstand høst/vår	uke 35-39 egglegging	uke 27-29 klekking	differanse m	forekomst skjoldkrepser
2001/2002	1121	1121	0	ganske vanlig
2002/2003	1121	1115	6	ikke data
2003/2004	1116	1115	1	ikke data
2004/2005	1117	1115	2	ikke data
2005/2006	1118	1114	4	ingen observasjon
2006/2007	1115	1115	0	til stede
2007/2008	1121	1121	0	tilstede
2008/2009	1121	1114	7	ingen observasjon
2009/2010	1115	1112	3	ingen observasjon



Figur 39. Anleggsarbeider på moloen ved Synken i juni 2009 gjorde at vannstanden ble holdt ved LRV langt utover sommeren. Dette førte til en utvaskning av mye finkorna sedimenter som ga Mår et grønnaktig skjær og førte til svært lavt siktedyp (foto, Sigurd Rognerud)



Figur 40. Fisk fra prøvefisket i Mår i juni 2010. Den er fortsatt småfallen og kvaliteten (k-faktor) var svært variabel. Det var marflo i 10 % av fisken som ble fanget (3 av 30).

6.3 Fiskens næringsnett undersøkt ved hjelp av stabile isotoper og mageanalyser

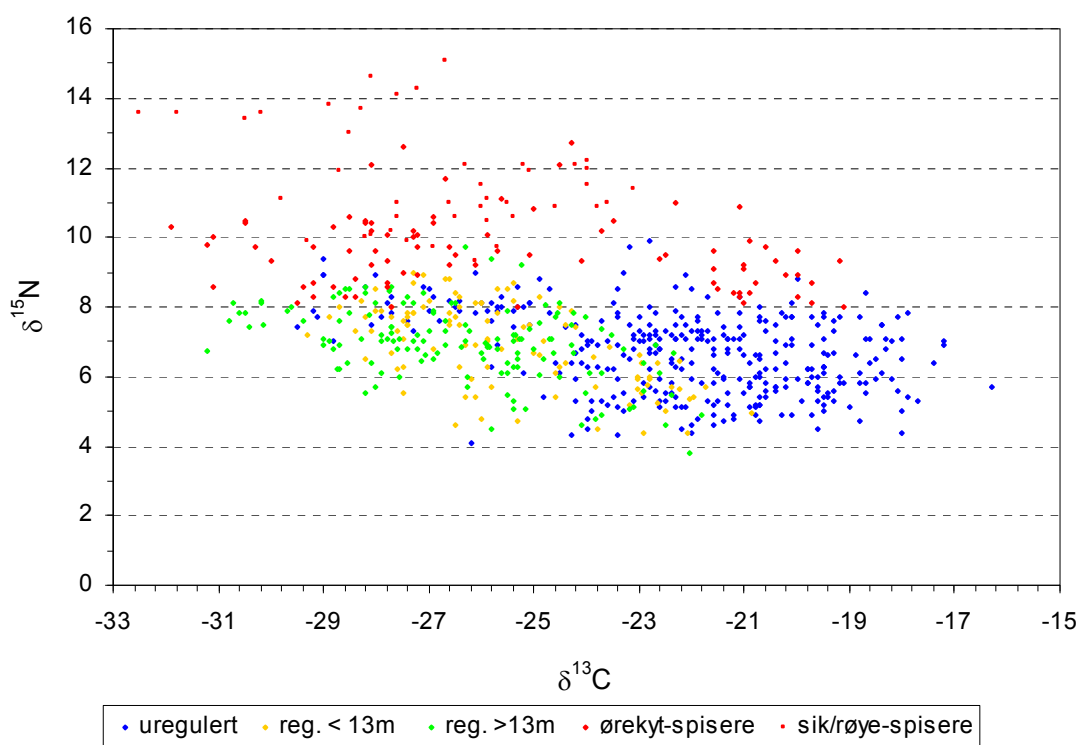
6.3.1 Innledning

Bruk av stabile C- og N-isotopanalyser (SIA) av fisk og næringsdyr gir en god individuell indikasjon på hvilke næringsdyrgrupper som har vært viktigst for henholdsvis fiskens vekst og trofiske posisjon i næringskjeden. Mageanalyser gir bare øyeblikksbilder, men de er viktige for en mer detaljert framstilling av fiskens næringsnett og energistrøm. For eksempel har landinsekter $\delta^{13}\text{C}$ -signaturer som er nær de en ofte observerer hos insektslarver i innsjøens dypområder. Mageanalyser bør derfor helst gjennomføres 2-3 ganger (juni/juli, august og slutten av september) for en optimal tolkning av næringsnettet i de enkelte undersøkte innsjøer og magasin slik det ble gjort i denne undersøkelsen.

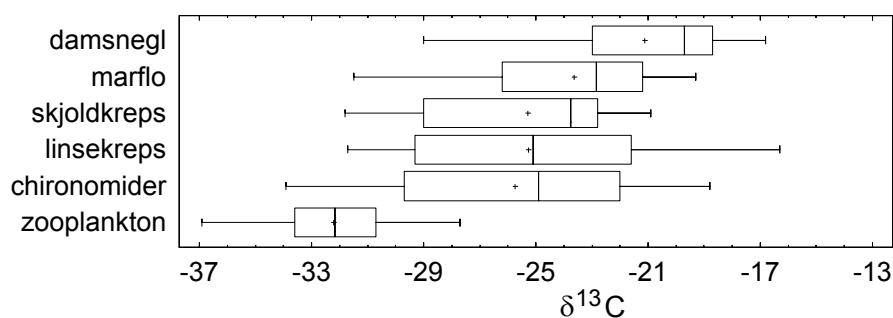
Resultatene av SIA fremstilles i biplott med $\delta^{13}\text{C}$ -signaturen på x-aksen og $\delta^{15}\text{N}$ signaturen langs y-aksen. Når det gjelder $\delta^{13}\text{C}$, er konsumenter i ferskvann (f.eks fisk) bare marginalt anrikt ($0,2\text{‰}$ pr.trofisk nivå) i forhold til dietten, mens forskjellen i $\delta^{15}\text{N}$ er $3,4\text{‰}$ pr. trofisk nivå. Derfor benyttes $\delta^{13}\text{C}$ som en indikasjon på energikilden (type planter) som er viktigst for fiskeproduksjonen, mens $\delta^{15}\text{N}$ indikerer fiskens trofiske posisjon (kontinuerlig skala), og følgelig er godt egnet til å evaluere graden av fiskespisere i bestandene. Dersom undersøkelser fra flere innsjøer plottes i samme biplott, må alle $\delta^{15}\text{N}$ data justeres til en felles baselinje. Til dette benyttes primærkonsumenter som damsnegl (*Lymnea peregra*) for littorale karbonkilder og zooplankton (*Daphnia longispina*) for pelagiske karbonkilder. Årsaken er at plantenes $\delta^{15}\text{N}$ kan variere over sesongen og mellom sjøer på grunn av at ulike nitrogenkilder og artsammensetning, men dyrene integrerer denne informasjonen over sesongen som ellers ville ha krevd mange prøvetakninger.

6.3.2 Stabile isotop-analyser av ørret

NIVA har i løpet av de siste 8 årene undersøkt stabile isotoper i ørretpopulasjoner fra 40 innsjøer (Rognerud og Fjeld 2002, Rognerud et al. 2003, 2005, Rognerud og Qvenild 2006.). Innsjøutvalget består av 32 fjellsjøer og 8 skogsjøer hovedsakelig fra Telemark og Hedmark, men noen få ligger i Buskerud og Oppland. Av disse er 16 regulerte, mens 24 er uregulerte. Det er ikke mulig å direkte sammenligne $\delta^{15}\text{N}$ verdiene for fisk i alle innsjøene på grunn av manglende data fra SIA i primærkonsumenter og derved mulighet for en felles $\delta^{15}\text{N}$ -bunlinjejustering. Likevel viser det ujusterte biplottet et generelt mønster der uregulerte og regulerte innsjøer skiller på $\delta^{13}\text{C}$ signatur, mens fiskespiserne skiller seg ut ved en høyere $\delta^{15}\text{N}$ signatur (Fig.41). Det er godt kjent at påvekstlger har en langt tyngre $\delta^{13}\text{C}$ signatur enn planktonalger/bakterioplankton, og at henholdsvis damsnegl og zooplankton gir gode indikasjoner på disse primærproducentenes signaturer. I vårt materiale var $\delta^{13}\text{C}$ signaturene i damsnegl (-24 til -17‰) og zooplankton (-34 til -28‰) slik som vist i Fig. 42. I de uregulerte innsjøene er følgelig fiskens muskelmasse dominert av karbon som var fiksert av påvekstlger i gruntområdene og kanalisert til fisk gjennom littorale næringsdyr. Det var bare én innsjø (Fjellsjøen i Syd-Hedmark) der ørreten hadde et betydelig innslag av plankton i dietten. Dette er de blå punktene med lettere $\delta^{13}\text{C}$ signaturer enn -26‰ (Fig.41). I de regulerte innsjøene var $\delta^{13}\text{C}$ signaturen generelt lettere enn i de uregulerte. Dette er et uttrykk for at betydningen av gruntområdenes påvekstlger forsvinner i reguleringsonen, og energikildene erstattes av terrestrisk planter ($\delta^{13}\text{C}$, -26 til -29‰), planktonalger/bakterieplankton eventuelt påvekstlger fra bunnområder under laveste regulerte vannstand. I dypere vannlag er det mer respirert CO_2 som gir påvekstalgene en lettere signatur enn i gruntområdene, men mindre lys gir mindre produksjon enn i en uregulert strandsoner. Fiskespiserens signaturer spenner fra de som er typisk for ørekyte som byttefisk i strandsonen til planktonspisene förfisk som sik og røye. Generelt blir $\delta^{15}\text{N}$ signaturen tyngre etter som $\delta^{13}\text{C}$ signaturen blir lettere. Dette er et forhold som skyldes endring i N-kilder for produsentene ettersom betydningen av andre karbonkilder f.eks terrestriske øker, dvs. at bunlinjejusteringen blir større.

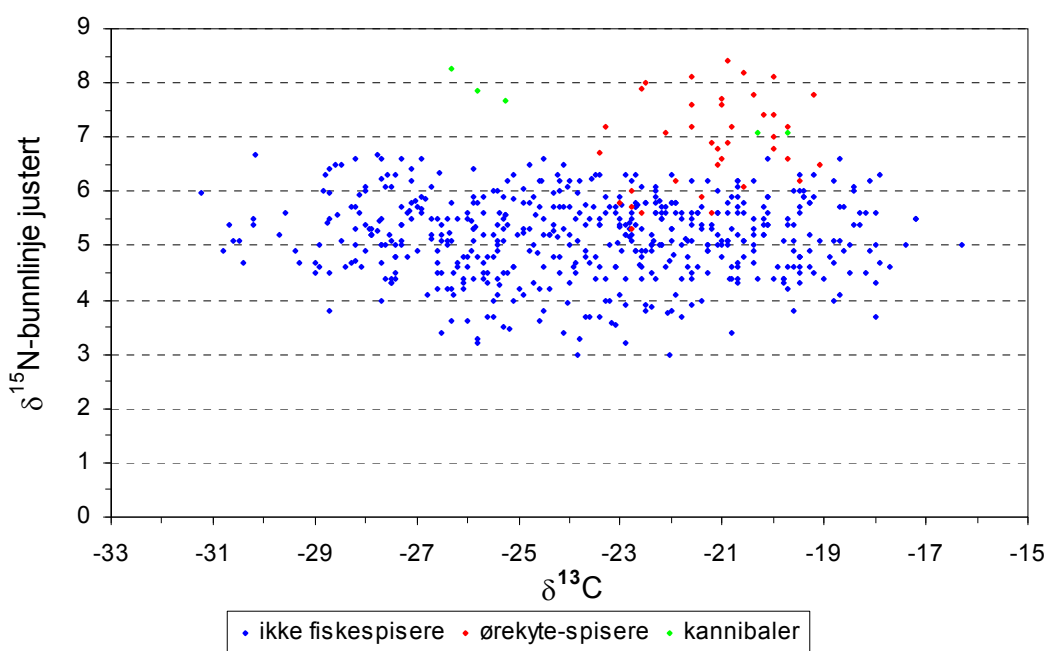


Figur 41. Biplott av stabile C- og N-isotoper for ørretpopulasjoner i 40 innsjøer hovedsakelig fra Hedmark og Telemark. 24 av innsjøene er ikke regulert, 5 er regulert mindre enn 13 m, 11 er regulert mer enn 13 m. De som er merket som fiskespisere, er de som hadde fisk i magen ved prøvetakingene.

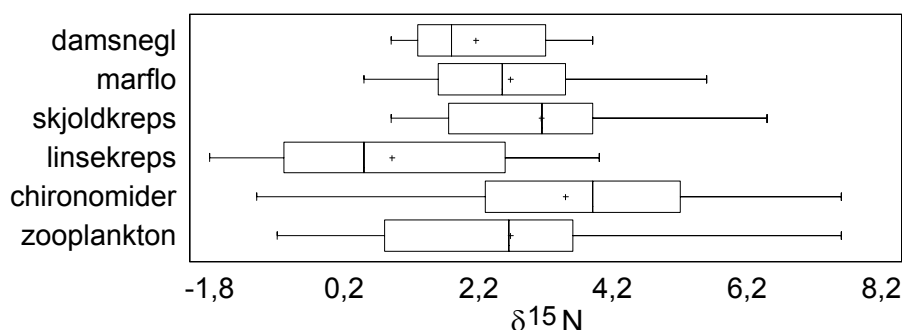


Figur 42. Boksplokk for $\delta^{13}\text{C}$ signaturer i ørretens næringsdyr fra 32 av de 40 innsjøene som er undersøkt. Bokserne inkluderer 50 % av observasjonene, medianen er markert med strek, middelveien med +. Linjene fra boksene er trukket til laveste og høyeste kvartil.

Dersom vi begrenser innsjøutvalget til fjellsjøer, der det er analysert næringsdyr og som vi derved har muligheter for $\delta^{15}\text{N}$ bunnlinjustering, står vi igjen med ørretbestander fra 32 innsjøer (Fig. 43 og 44). Bunnlinjusteringen betyr at i disse biplottene er primærkonsumentenens $\delta^{15}\text{N}$ verdi lik 0. Med unntak av 5 kannibaler og 3 bestander med ørekytespisere hadde alle undersøkte fisk en $\delta^{15}\text{N}$ signatur som ligger mellom ett (3,4 ‰) og to trofiske nivå (7,8 ‰) over primærkonsumenter som snegl og herbivore zooplankton ($\delta^{15}\text{N} = 0$ ‰). Ørreten er opportunist dvs. den spiser både primærkonsumenter som snegl, muslinger, herbivore zooplankton og sekundærkonsumenter som rovformer av zooplankton, chironomider, marflo og skjoldkreps som har høyere $\delta^{15}\text{N}$ (Fig.43).

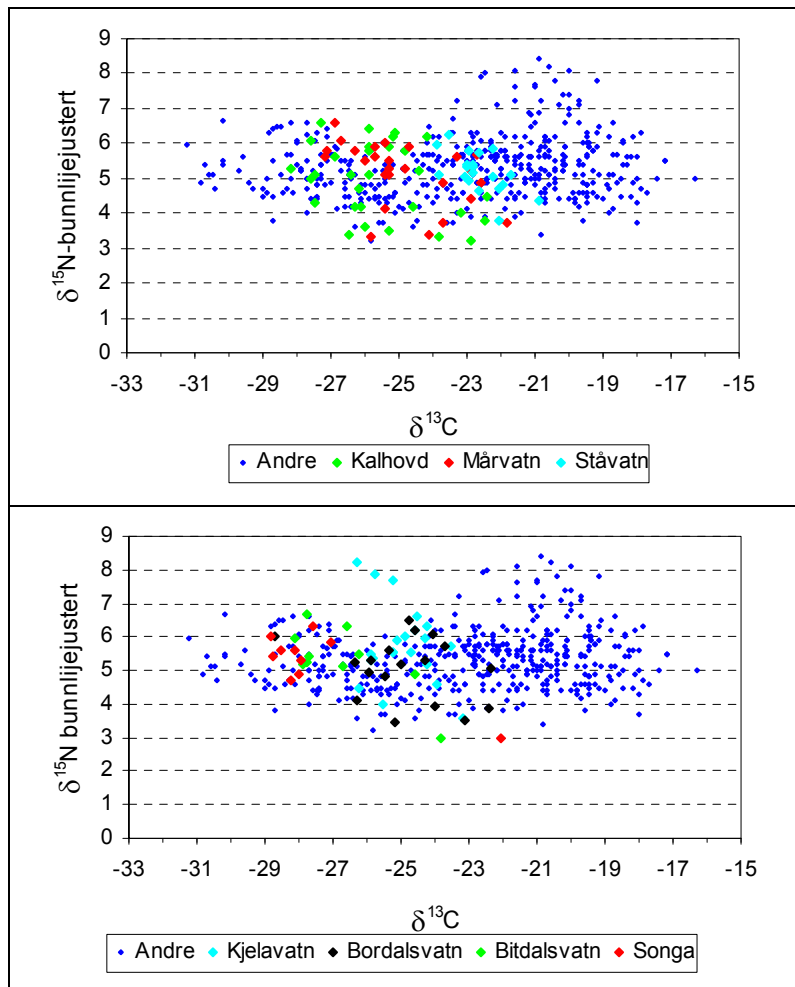


Figur 43. Bunnlinjejustert ($\delta^{15}N$) biplott av stabile C- og N-isotoper for ørretpopulasjoner i 32 fjellsjøer, hvorav 15 er regulert. Alle er lokalisert i Hedmark og Telemark. Primærkonsumentene damsnegl og *Daphnia longispina* benyttes ved justeringene i hhv. litoralt og planktonisk miljø. $\delta^{15}N_{fisk\ justert} = \delta^{15}N_{analysert} - \delta^{15}N_{primærkonsument}$. De som er merket fiskespisere, hadde fisk i magen ved prøvetakningene.



Figur 44. Boksplott for $\delta^{15}N$ signaturer i ørretens næringsdyr fra 32 fjellsjøer som er undersøkt. I gruppen zooplankton og chironomider er også rovformer inkludert. Boksene inkluderer 50 % av observasjonene, medianen er markert med strek, middelverdien med +. Linjene fra boksene er trukket til laveste og høyeste kvartil.

Undersøkelsene av ørret fra de 7 regulerte innsjøer i 2008 viste at 3 fisk fra Kjelavatn var klare fiskespisere, mens alle de andre var mellom ett og to trofiske nivå over primærproducentene (Fig.45). I Ståvatn som er minst regulert (12m) hadde fisken en $\delta^{13}C$ signatur som var preget av energi fiksert av påvekststalger i dypere deler av strandsonen. I Songa (35 m regulert) hadde fisken den letteste $\delta^{13}C$ signaturen (-27 til -29 ‰). Denne signaturen er typisk for landinsekter, fjærmygglarver fra innsjøens dypområder og zooplankton. Med andre ord den strandnære næringskjeden er forsvunnet i fiskens diett etter regulering, med unntak av en liten fisk som sannsynlig har stått på bekk og nylig vandret ut. $\delta^{13}C$ signaturene i fisk fra de andre innsjøene som ble undersøkt i 2007, var tyngre enn i Songa, men lettere enn i Ståvatn. Dette kan skyldes at påvekststalger fra dypere deler av innsjøen har større relativ betydning og terrestriske karbonkilder mindre betydning i disse innsjøene enn i Songa.



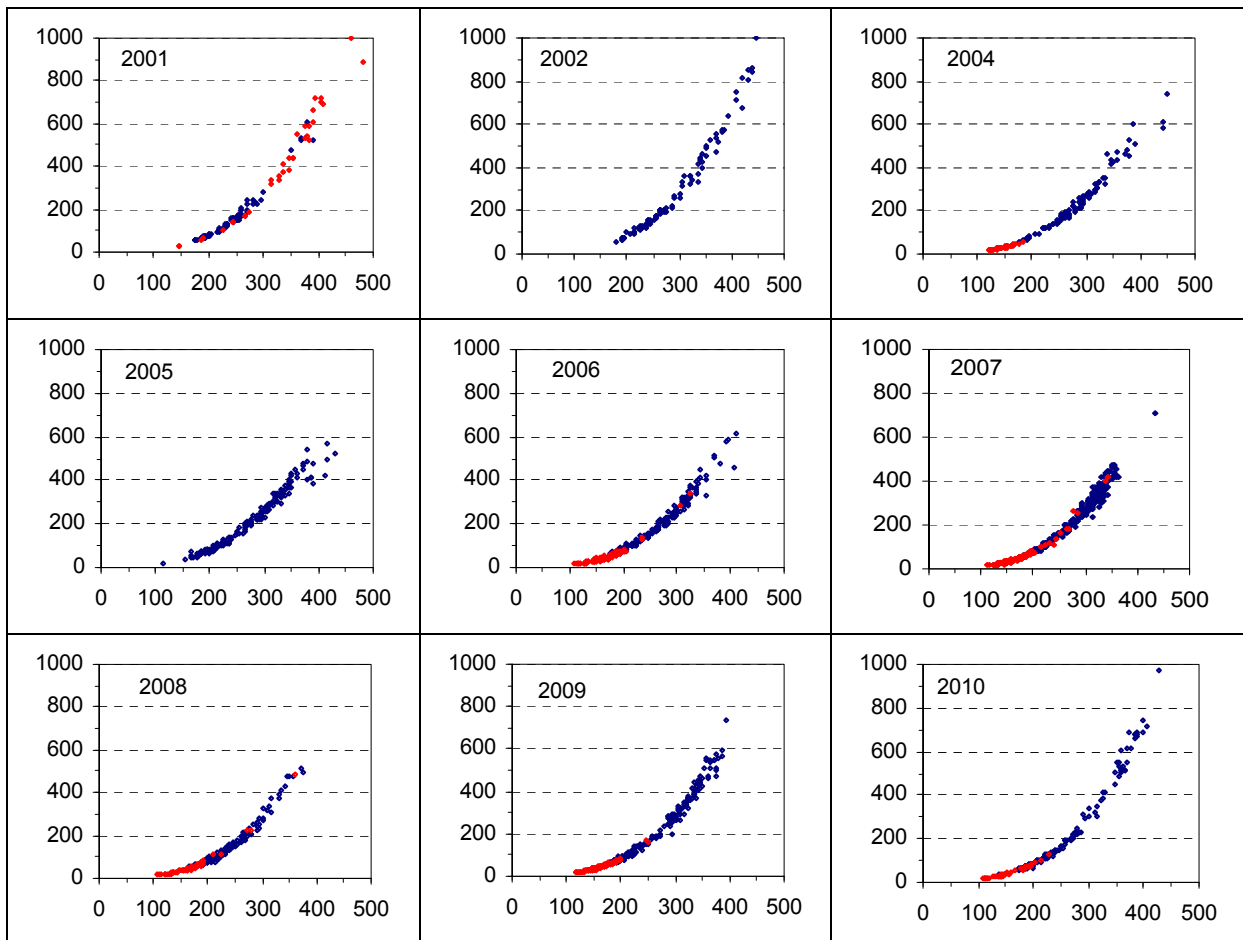
Figur 45. Bunnlinjejustert ($\delta^{15}\text{N}$) biplott av stabile C- og N-isotoper for de undersøkte magasinene sett i sammenheng med tidligere publiserte data fra ørret i 32 fjellsjøer (der 15 er kraftverksmagasin) som et bakteppe. Primærkonsumentene damsnegl og *Daphnia longispina* benyttes ved bunnlinjejusteringene i hhv. littoralt og planktonisk miljø. $\delta^{15}\text{N}_{\text{fisk justert}} = \delta^{15}\text{N}_{\text{analysert}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{primærkonsument}}$. De regulerte innsjøene som er undersøkt i 2008, er merket spesielt. I det øverste panelet er de minst regulerte vist (12 - 21 m), i det nederste de mest regulerte (26m-39m)

6.4 Fiskeundersøkelser

6.4.1 Sandvatn 2001-2010

Forholdet lengde-vekt og kondisjonsfaktor

I Sandvatn har vi over en 10 års periode hatt en stor variasjon i fiskens størrelse og kondisjon. Sammenhengen mellom lengde (mm) og vekt (g) viser at fisken i prøvafisket ble opp til 750-800 g i 2001 og 2002 (Fig.46). Etter at disse hadde gytt i 2003 klarte de aldri og gjenvinne normal vekt og dødligheten var stor, vesentlig på grunn av en sterk 1997-årsklasse som var i ferd med å vokse opp. På det laveste (2007) var de største fiskene kun 500 g. Siden har maksimalvekta gradvis godt opp igjen og i 2010 var den tilbake til samme nivå som i 2002.



Figur 46. Forholdet mellom fiskens lengde i mm (x-aksen), og vekt i gram (y-aksen) i Sandvatn 2001-2010 fisket på 2-3 Jensen serier. Røde punkter fisket på dypet i 2001, ellers fisket med 19, 16 og 13,5 mm garn i strandsonen.

Fiskebestandenes tilstand blir oftest beskrevet gjennom prøvefiske med standard garnserier (se metodekap.). Forholdet mellom lengde og vekt beskrives vanligvis ved formelen:

(1). $w = a \times l^b$, der w er vekten i gram, og l er lengden i millimeter.

Kondisjonsfaktoren k er mye brukt i analyser av ørretbestander. Den er gitt ved:

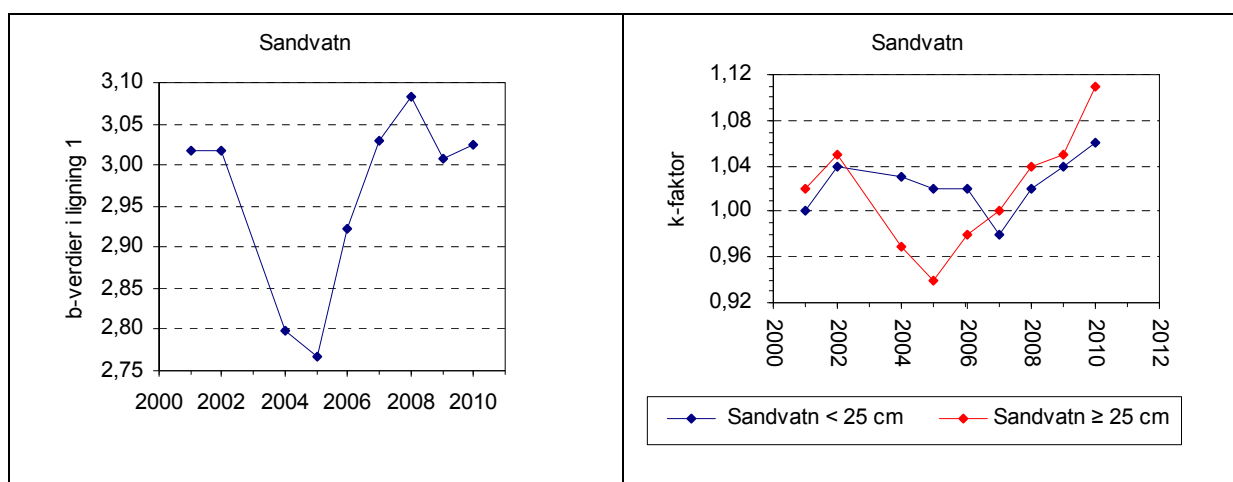
(2). $k = 100 \times w / l^3$, der w er vekten i gram, og l vekten i cm.

Når $b > 3$ øker k -faktoren med lengden. Det betyr at de store fiskene er i bedre kondisjon enn de små. Dette er vanligvis et tegn på gode ernæringsforhold med rikelig med næringsdyr av optimal størrelse. Når $b < 3$ minker k -faktoren med økende lengde. Dette skjer når vi har ugunstige næringsforhold. Når $0,95 < k < 1,05$ har vi ørret i normalt god kondisjon. Med $k < 0,90$ er ørreten slank, mens den kan betegnes som feit eller i "godt hold" når den er større enn $k > 1,05$.

Dette vises bl.a gjennom variasjonene i variablene som beskriver forholdet mellom kondisjon hos liten og stor fisk (b i ligning 1) og kondisjonsfaktor (Tab.5). I 2001 og 2002 var $b > 3$ (Tab.5). Dette indikerer gode ernæringsforhold som støttes av mageanalysene under prøvofisket (kap.6.2.1). I 2003 har vi ingen observasjoner, men vi antar at det da var en sterk intraspesifikk konkurranse som følge av at den meget sterke 1997-årsklassen vokste til. Dette førte til at de store næringsdyra (marflo og skjoldkrepss) ble beitet ned (Kap.6.2.1). I perioden 2004-2006 var $b < 3$ som indikerer dårligere ernæringsforhold (lavere k -faktor) for den større fisken (≥ 25 cm) enn den mindre (Fig.47). Dette gjenspeiles også i mageanalysene (Kap.6.2). Dette ga seg utslag i dårligere kondisjon på den store fisken. Både i 2004, 2005 og 2006 ser vi at $b < 3$. Siden 2007 har forholdene igjen bedret seg for den større fisken indikert ved $b > 3$. Dette støttes også av mageanalysene særlig ved en økende grad av krepsdyr.

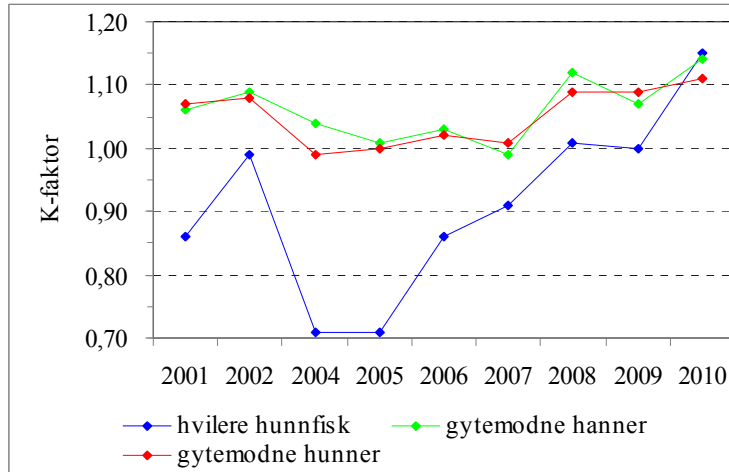
Tabell 5. Beregninger av verdier for a og b i ligning 1, ($w = a \times l^b$) og kondisjonsfaktor for stor (≥ 25 cm) og liten fisk (< 25 cm) i Sandvatn for perioden 2001-2010. N = antall fisk

	a	b	N	r^2	fisk < 25 cm		fisk ≥ 25 cm	
					N	k-faktor	N	k-faktor
2001	0,000009	3,0171	114	0,9920	56	1,00	58	1,02
2002	0,000009	3,0167	88	0,9915	28	1,04	60	1,05
2004	0,000030	2,7990	91	0,9836	22	1,03	69	0,97
2005	0,000040	2,7670	183	0,9844	78	1,02	105	0,94
2006	0,000020	2,9227	137	0,9911	67	1,02	70	0,98
2007	0,000008	3,0296	311	0,9936	142	0,98	169	1,00
2008	0,000007	3,0826	344	0,9885	238	1,02	106	1,04
2009	0,000010	3,0065	306	0,9947	205	1,04	99	1,05
2010	0,000009	3,0253	178	0,9949	112	1,06	51	1,11



Figur 47. Tidsutvikling i b -verdiene (ligning 1) for Sandvatn (venstre felt). Når $b > 3$ er stor fisk i bedre kondisjon (høyere k -faktor) enn små fisk (se venstre panel). Det er bare brukt fisk hvor lengde, vekt, kjønn og stadium er undersøkt.

Småfisken (< 25 cm) har hatt en mindre variasjon i k-faktor enn større fisk ≥ 25 cm (Fig 47). Rikelig tilgang på fjærmygg og linsekreps kan forklare mye av denne variasjonen. Når de store krepsdyra forsvinner gir dette seg sterkere utslag i kondisjonen til stor fisk. Spesielt tydelig kommer dette til uttrykk hos den kjønnsmodne fisken (Fig.48). Kjønnsmodne hannfisk og hunnfisk følger hverandre i utvikling. Normalt ligger disse litt høyere enn umoden fisk, opptil 9 % høyere for hannfisk, og opptil 6 % høyere for hunnfisk, men de følger samme mønsteret gjennom perioden.



Figur 48. k-faktor for gytefisken i Sandvatn i perioden 2001-2010. Ingen data i 2003

I perioden 2004-2007 hvor næringsforholdene har vært spesielt dårlige, er det først og fremst gytefisken som får problemer med å spise seg opp igjen året etterpå (hvilere hunnfisk, Fig.48). Det vanlige er at gytefisken reetablerer normal kondisjon i løpet av sesongen året etter gyting slik at den kan gyte igjen påfølgende høst. Dette er omtalt på Hardangervidda i 1930-årene (Sømme 1941). Bestandene var da for det meste tynne og næringsforholdene gode, og det ble registrerte svært få fisk som kunne karakteriseres som hvilere, dvs sto over gyting påfølgende år. I 2001 og 2002 ble det observert få hvilere, og de som ble registrert var i normal kondisjon selv om den lå noe under årets gytefisk. I 2004 derimot ble det registrert svært avmagrete hvilere (k-faktor på 0,69 og 0,72, Fig.49).

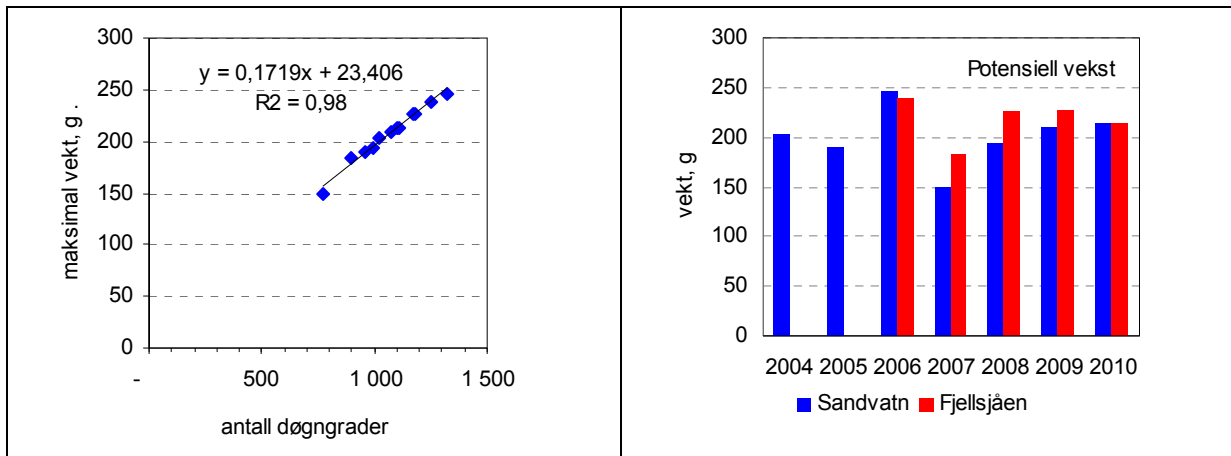


Figur 49. Hvilere fra Sandvatn august 2004. De er fra den sterke 1992 årsklassen. En hviler er en fisk som har gytt om høsten året før, 2003 i dette tilfelle, men som ikke er sterk nok til å gyte i 2004.

I 2005 økte innslaget av slike avmagrete hvilere (lokalnavn: skiftenyklar), og de utgjorde da 15 % av alle hunnene som var 25 cm eller større. Kondisjonsfaktoren var i gjennomsnitt bare 0,71, og laveste k-faktor var 0,62, en verdi som ligger nær opp til det laveste som er registrert for ørret. Med så avmagret fisk vil ventelig dødeligheten være stor.

6.4.2 Vekst og temperatur

Fiskens tilvekst er i hovedsak styrt av næringstilgang og temperatur. Dersom det er næring i overskudd kan optimal tilvekst beregnes ut fra antall døgngrader i produksjonsesongen for innsjøen. Denne situasjonen har vi langt på veg i Fjellsjøen som har en relativt tynn bestand som følge av dårlig tilgang på gyteområder. Sandvatn ligger i Kvenna og påvirkes av smeltevann fra høyereliggende områder i vest enkelte år, mens den nærliggende Fjellsjøen har et lite nedbørfelt med rask avsmeltning og langt mindre snømengder. I år uten særlig smeltevann utover sommeren har antall døgngrader i produksjonsesongen vært svært lik for Sandvatn og Fjellsjøen, men i år med stor smeltevannseffekt er antall døgngrader betydelig lavere. Den maksimale årstilveksten for en fisk som er 100 gram på våren og har næring i overskudd kan da beregnes ut fra antall døgngrader ved hjelp av en formel gitt i Vøllestad et al. 2006. Dette kalles potensiell vekst og er vist i Fig. 50, venstre felt, mens dette er splittet for Sandvatn og Fjellsjøen i Fig. 50, høyre felt. I år med lite smeltevann slik som i 2006 og 2010 har Sandvatn og Fjellsjøen en potensiell vekst som er svært lik, mens i perioden 2007-2009 har smeltevannet senket verdien for potensiell vekst i Sandvatn betydelig i forhold til Fjellsjøen. Som vi har sett av næringsanalysene og utviklingen i kondisjonsfaktor, var det sterk næringskonkurranse i Sandvatn i årene hvor 1997-årgangen dominerte (2004-2007). Vekstpotensialet i denne perioden ble derfor på ingen måte realisert selv om forholdene har vist en bedring fra 2007-2010. I Fjellsjøen derimot så har vekstpotensialet i stor grad blitt realisert. En viktig faktor til dette er mat i overskudd..



Figur 50. Maksimal vekt på høsten (potensiell vekst) for en fisk som er 100 g på våren som følge av antall døgngrader fra isgang til islegging i perioden 2004-2010 (venstre felt). I høyre felt er potensiell vekst vist for Sandvatn og Fjellsjøen hver for seg.

6.4.3 Kjønnsmodning

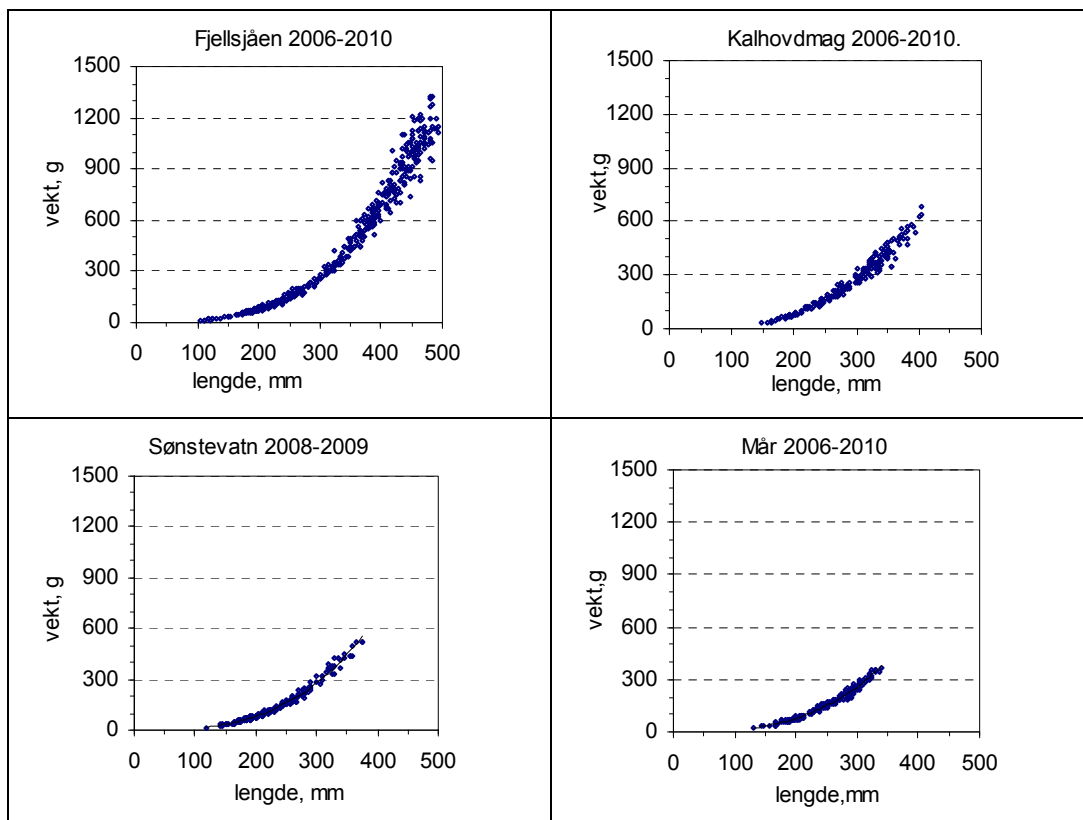
Vi har tidligere vært inne på at det antagelig skjedde et skifte i den intraspesifikke konkurransen i 2003. I 2004 og 3 år fremover hadde fisk > 25 cm større problemer med å skaffe tilstrekkelig næring enn fisken som var < 25 cm. Dette ga seg også markert utslag i den kjønnsmodne del av bestanden, spesielt for hunnene (Tab.6). I 2001 og 2002 var gjennomsnittet av de gytemodne hunnene ca 37 cm. I perioden 2005-2009 sank dette snittet ned under 32 cm. Først i 2010 var dette tilbake på utgangsnivået. Både lavere gytemodningsstørrelse og færre gytefisk i bestanden (se 2004 og 2005) kan forklares med dårligere tilvekst som følge av dårlig mattilgang. I 2004-2006 ble det også tatt en del hunnfisk som hadde gytt høsten før som hadde en svært lav kondisjon, noe som tydet på utilstrekkelig med næring for å hente inn energitapet som følge av gyting.

Tabell 6. Hunnenes gytemodning i Sandvatn de ulike år

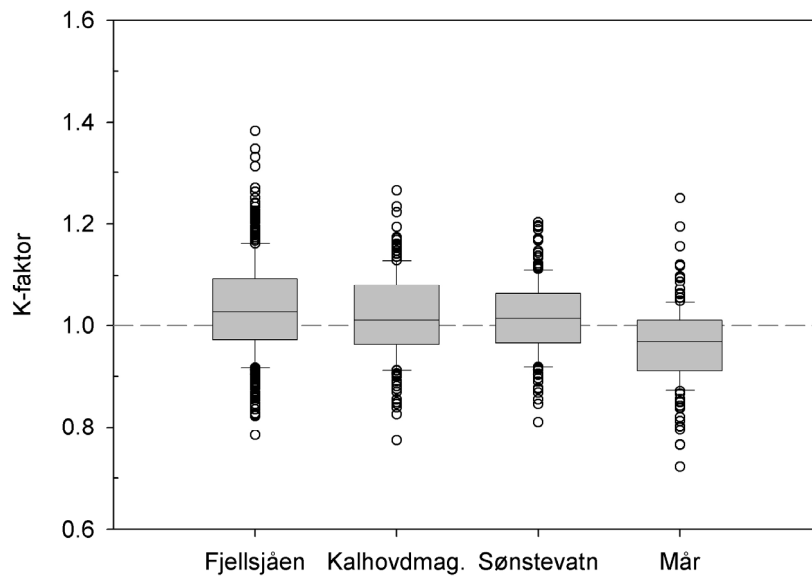
	antall gytemodne hunner ≥ 25 cm	k-faktor	minste gytefisk, mm	Gjennomsnittlig lengde, mm
2001	11	1,07	255	368
2002	7	1,08	345	371
2004	4	0,99	340	370
2005	4	1,00	270	311
2006	14	1,02	230	318
2007	14	1,01	305	346
2008	12	1,09	278	335
2009	16	1,09	310	344
2010	9	1,11	316	372

6.4.4 De regulerte innsjøene

Vi har undersøkt fisken i de regulerte innsjøene Mår og Kalhovdfjorden i Gøystmagasinet i perioden 2006-2010, mens Sønstevatn er undersøkt i 2008 og 2009. Sammenhengen mellom fiskens lengde og vekt i magasinene er sammenlignet med uregulerte Fjellsjøen der fisken har mat i overskudd (marflo, skjoldkreps) og nær en optimal situasjon med hensyn til vekst og kvalitet i dette området (Fig.51).



Figur 51. Forholdet mellom lengde og vekt av all fisk på Jensen garnserier i uregulerte Fjellsjøen, som har optimale næringsforhold og tynn bestand, og de regulerte innsjøene Kalhovdmagasinet (12m), Sønstevatn (31 m) og Mår (22m).



Figur 52. BoksploTT av K-faktor for all fisk undersøkt på Jensen garnserier i uregulerte Fjellsjøen, og magasinene Kalhovdmagasinet, Sønstevatn og Mår. Boksen viser 25 til 75 prosentilen av målingene, streken i boksen er medianen, strek utenom boksen 10 og 90 prosentilen og sirkler for resten.

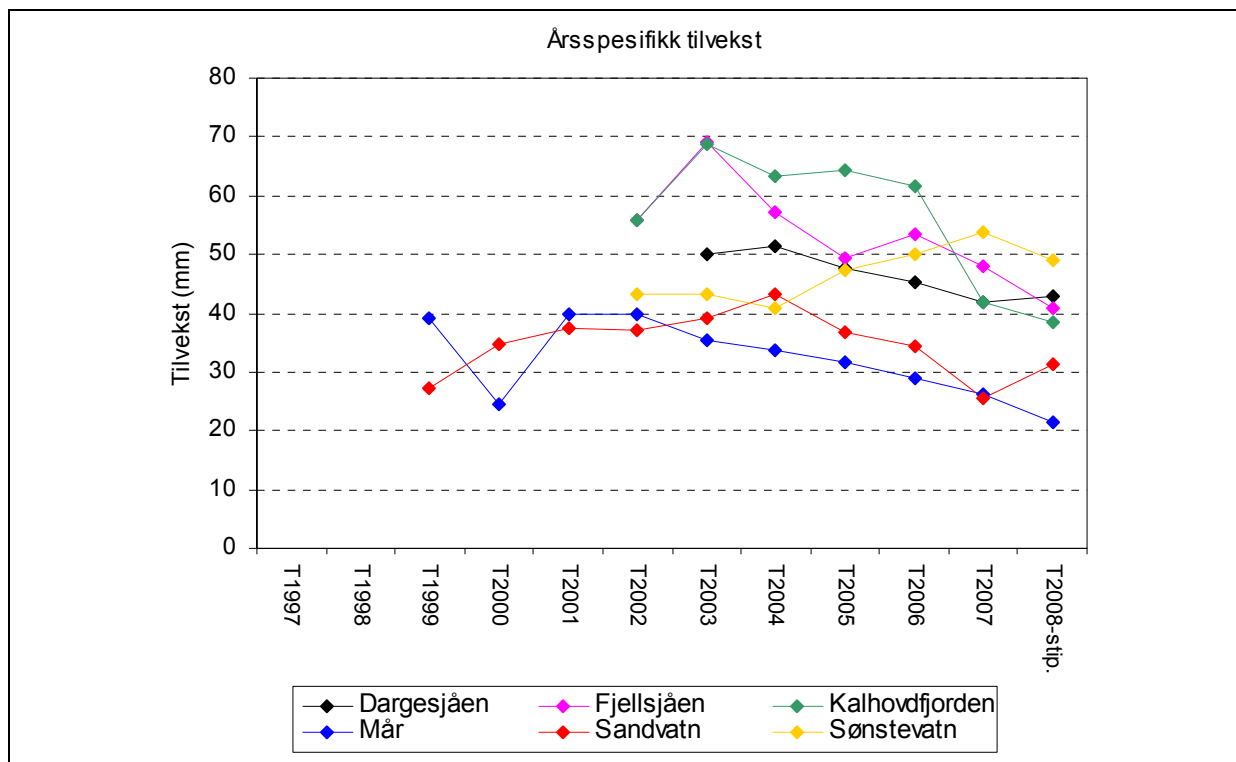
I Fjellsjøen har fisken maksimalt blitt nær 50 cm og veid nær 1,2 -1,3 kg (Fig.51). I Kalhovdfjorden og Sønstevatn var fisken maksimalt 0,5-0,6 kg i fangstene, mens i Mår var den ca. 0,35 kg. Fiskens kondisjon (K-faktor) viste samme gradient (Fig.52). Skjoldkreps og marflo finnes i tynne bestander både i Kalhovdfjorden og Sønstevatn, mens i Mår er disse store krepsdyrene svært sjeldne og i praksis uten betydning som næring for fisken. En viktig grunn til at de store krepsdyrene ikke har forsvunnet i Sønstevatn er at dette magasinet består av 3 tidligere innsjøer (Sønstevatn, Mevatn og Sigurdstjønn) som er regulert hhv 31m, 20m og 8 m (Tysse og Garnås 1992). Det er rimelig å anta at de har sine refugier i de minst regulerte delene av magasinet. Den samme trenden finner vi for gjennomsnittveksten i fangstene hos fiskerne i Fjellsjøen, Kalhovdmagasinet og Mår med hhv 0,77, 0,45 og 0,35 kg (data tilsendt fra Mår sameige). Det er rimelig å anta at hovedgrunnen til disse forskjellene i bestandstruktur skyldes mangel av en god bestand av de store krepsdyrene i magasinene.

Bestandstettheten er også en faktor som påvirker forekomsten av de store krepsdyrene slik vi har sett i Sandvatn. Denne undersøkelsen indikerer at fisk som ikke har tilgang på de store krepsdyrene (marflo og skjoldkreps) sjelden blir større enn 0,5 kg på Hardangervidda og dens kantområdene. Årsaken er at det kreves mer energi å jakte mindre næringsdyr (f.eks linsekreps) og særlig gjelder dette når fisken blir større. Dersom fisketettheten i tillegg blir høy på grunn av gode rekrutteringsforhold vil kondisjonen i magasiner uten de store krepsdyrene bli svært dårlig.

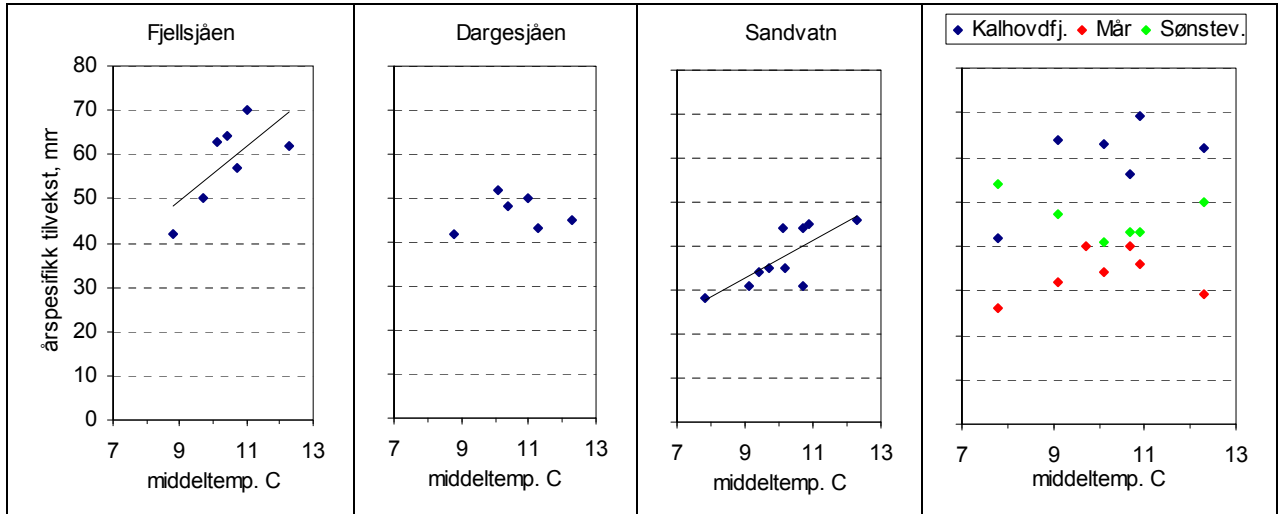
6.5 Årsspesifikk vekst 2001-2008

Den årsspesifikke veksten var dårligere i Mår og Sandvatn i perioden 2002-2008 enn i de andre innsjøer og magasin (Fig.53). Årsspesifikk vekst har vært best i den regulerte Kalhovdfjorden og i Fjellsjøen i perioden 2003-2006, mens det regulerte Sønstevatn synes også å ha hatt en positiv utvikling i veksten de senere årene, noe som kan skyldes bedre næringsvilkår etter at de pålagte fiskeutsettingene opphørte i 2007. Det er imidlertid påfallende at veksten har avtatt gradvis i Mår siden 2002, hvor den sterke 1997 årsklassen var sterkt dominerende. En tilsvarende utvikling fant sted i Sandvatn, men nedgangen startet først i 2005, et år som var preget av lav vanntemperatur på grunn av mye smeltevann i store deler av sommeren.

Sammenhengen mellom årsspesifikk vekst og vanntemperaturer i undersøkelsesperioden viste en god sammenheng for Fjellsjøen og Sandvatn, men ingen signifikant sammenheng for Dargesjøen og de regulerte magasinene (Fig.54). Dargesjøen skiller seg fra Sandvatn og Fjellsjøen ved at det har vært et svært aktivt kommersielt fiske der de siste årene og bestanden av særlig større fisk er betydelig redusert. Det er derfor mulig at endringer i bestandstettheten har vært viktigere for veksten enn betydningen av temperaturen. Sandvatn er i enkelte år betydelig påvirket av kaldt smeltevann i sommerperioden og dette har negativ innvirkning på vekst av næringsdyr og fisk. Dette bidrar til at sammenhengen med temperaturen i vekstsesongen blir viktig. Tettheten av fisk har vært høy i hele perioden så variasjoner i denne har sannsynligvis vært underordnet temperatureffektene. I de regulerte innsjøene er det tydelig at andre faktorer som årlige variasjoner i manøvrering av magasinene, næringsdyrtilgang og bestandstetthet har større betydning enn temperaturvariasjonene i produksjonsesongen.



Figur 53. Årsspesifikk tilvekst for et utvalg av fisk som ble samlet inn under prøvefiske på Hardangervidda 2008. Årstilveksten for 2008 er estimert på bakgrunn av prøvefiskedata og forventet andel gjenværende vekst dette året (se metodekapitlet).



Figur 54. Sammenhengen mellom årsspesifikk lengdevekst av 3-5 årig ørret (samme akse i alle figurene) og middeltemperatur for perioden juli – september i uregulerte Fjellsjøen (2002-2008), Dargesjøen(2003-2008) og Sandvatn (1999-2008) og i de regulerte innsjøen Mår (2002-2008), Sønstevatn (2003-2008) og Kalhovdfjorden i Gøystmagasinet(2003-2008).

7. Konklusjoner

Målet i dette prosjektet har vært å identifisere kritiske faktorer for produksjon av fisk og dens næringsdyr slik at et best mulig fiske kan utøves i magasiner som primært skal benyttes til EI-produksjon. Hensikten har vært å identifisere kritiske faktorer (tålegrenser) for produksjon av næringsdyr og fiske slik at et best mulig fiske kan utøves i magasin som primært benyttes til EI-produksjon.

Vi har følgende konklusjoner:

Reguleringshøyde

Det er ikke påvist øvre tålegrense for pelagiske krepsdyr når det gjelder reguleringshøyde, noe som er etter forventningen så lenge nedtapping ikke medfører utrasninger og redusert siktedyp. Dersom det inntreffer redusert siktedyp pga. partikler, er det dokumentert stor negativ effekt på den pelagiske næringskjeden (Borgstrøm et al. 1992, Aass 1978, 1986). For andre grupper næringsdyr enn de som inngår i den pelagiske næringskjeden er det forskjellige tålegrenser for når det gjelder reguleringshøyde (Tab.7)

For næringsdyr som har en bred utbredelse i magasinet og som finnes i dypområder under LRV, her representert med fjærmygg, ble det ikke påvist noen øvre tålegrense. Dette er en stor gruppe med mange arter, og flere arter lever i bløtbunn i innsjøenes dypområder, der de lever av organisk materiale. Noen arter lever pelagisk nær bunnen. De fleste artene er tilgjengelig for fisk under klekking, der både puppene som stiger opp fra bunnen og det klekkende insektet på vannoverflaten er tilgjengelig for fisk.

For bunndyr i strandsonen, som har liten eller moderat egenbevegelse, vil en regulering som forventet ha en negativ effekt. Det gjelder marflo, snegl og vårfluelarver som alle er svært viktige næringsdyr for ørret. For disse er en tålegrensen satt til henholdsvis 6 m, 8 m og 10-12 m. Det betyr at de bare ytterst sjelden, eller ikke påvises, som næring for ørret ved større reguleringer. Dette er i god overenstemmelse med tidligere observasjoner som er basert på bunndyrundersøkelser og ikke på mageprøver. To viktige næringsdyr som svært ofte dominerer i reguleringsmagasiner er skjoldkreps og linsekreps. Begge er relativt store næringsdyr som foretrekkes av fisk. Fravær i mageprøvene er derfor en sterk indikasjon på at de ikke er tilstede i magasinet eller at bestanden er svært liten. Mens skjoldkreps har en utbredelse over ca 800 m i Sør-Norge, er linsekreps også utbredt i lavlandssjøer. For ingen av disse ble det påvist noen øvre tålegrense med hensyn til reguleringshøyde.

Tabell 7. Tålegrenser mht. reguleringshøyde og manøvrering av reguleringsmagasin for viktige næringsdyr, basert på næringsdyrenes forekomst i mageprøver hos ørret i magasiner med reguleringshøyder fra 2 til 35,5 m.

<i>Gruppe</i>	<i>Tålegrense reguleringshøyde</i> <i>N = 38</i>	<i>Tålegrense manøvrering</i> <i>N = 55</i>
<i>Marflo</i>	6 m	
<i>Snegl</i>	8 m	
<i>Vårflue larver</i>	10-12 m	
<i>Fjærmygg</i>	> 35,5 m	
<i>Skjoldkreps</i>	> 35,5 m	Fylling må relateres til høstvannstand
<i>Linsekreps</i>	> 35,5 m	Ikke påvist
<i>Bytrotrephes</i>	> 35,5 m	
<i>Daphnia sp.</i>	> 35,5 m	

Manøvrering

Vi fant en sammenheng mellom forekomst av skjoldkrepser og tidspunkt for fylling av magasinet. Fylling av magasinet er i denne sammenheng ikke relatert til HRV, men til vannstanden som magasinet hadde under egglegging foregående høst. Dette er tidligere angitt av Borgstrøm (1970, 1973 og 1975). Den beste sammenhengen fant vi dersom magasinet var fylt opp til minst 5 m lavere enn høstvannstanden året før innen 15. juli. Dette betyr at dersom fylling til dette nivået skjer senere enn 15. juli, så er det stor sannsynlighet for at skjoldkrepsbestanden blir utsatt for betydelig reduksjon eller uteblir som næring for ørret.

Undersøkelsen tyder på at skjoldkreps, etter en sommer med svært lav vannstand, trenger 2-3 år for å bygge opp bestanden til et nivå hvor den påny kan inngå som næring for ørret. Det betyr at dersom det skjer ugunstig fylling ”for” ofte, dvs. hvert 3-5 år, så vil skjoldkreps ikke rekke å bygge opp bestanden mellom ugunstige år. I slike magasiner vil skjoldkreps ikke kunne regnes som næringsdyr for ørret. Dette er forventet siden skjoldkreps har en generasjon i året, legger forholdsvis få egg og i tillegg er utsatt for nedbeiting fra fisk før egglegging.

I materialet fra 17 reguleringsmagasiner er det ikke grunnlag for å hevde at ørekyt beiter ned skjoldkreps til et så lavt nivå at skjoldkreps uteblir som næring for ørret, selv om det tidligere er vist at ørekyt eter larver av skjoldkreps (Borgstrøm et al. 1985). Det kan også spekuleres på om enkelte reguleringer kan påvirke ørekyt negativt, spesielt i høyfjellet med lav vanntemperatur, og på denne måten redusere beitetrykket fra ørekyt.

For linsekrepser fant vi ingen sammenheng mellom forekomst i ørret og manøvrering. Det antas at dette henger sammen med større spredning av egg og at linsekrepser har flere generasjoner gjennom sommersesongen, noe som gjør at bestanden lettere å bygge opp enn tilfellet er for skjoldkreps.

Naturlig spredning av skjoldkreps til magasin

Det er påvist skjoldkrepslarver i driv fra en høyereliggende innsjø og ned i magasinet Vinstern via en 2 km lang elvestrekning. Selv om det bare ble påvist 2 individer vil avsilt vannmengde i forhold til totalvolumet av bekken i dette tilfellet tilføre i størrelsesorden 2×10^3 larver pr.døgn trolig et minimumsestimat. Det er fortsatt ukjent om driv av skjoldkreps følger noen form for døgnvariasjon, om det er bestemte ungstadier som driver, og over hvor lang periode dette kan skje. Funnene tyder på at det kan foregå en betydelig spredning av unge skjoldkrepsstadier fra ovenforliggende innsjøer og nedover i vassdragene. Dette innebærer at dersom forholdene i magasinet et eller flere år er svært ugunstige, så kan det skje en rask nyetablering gjennom driv der dette er mulig.

Biologisk totalproduksjon i magasin

For planktoniske fjærmygg og krepsdyr foregår den biologiske produksjonen over henholdvis hele innsjøarealet og innsjøvolumet. Gitt at den biologiske produksjonen pr. areal og volumenhet er konstant fra år til år, så vil totalproduksjonen variere med totalarealet og totalvolumet, dvs. fyllingsgraden av magasinet i den biologiske produksjonssesongen. Dersom vi antar at det er en lineær sammenheng mellom totalproduksjon og vanddekket areal/volum, så halveres den biologiske totalproduksjonen dersom magasinarealet/volumet er halvert om sommeren. Det vil gjelde for de pelagiske krepsdyrene, for fjærmygg og for landinsekter (drift fra landområder rundt magasinet). For disse gruppene vil fullt magasin i sommersesongen kunne gi god biologisk totalproduksjon. Dersom magasinet ikke fylles vil areal dette føre til at totalproduksjonen blir redusert selv om tettheten (antall pr. arealenheter) av dyrene er uforandret. For de magasinene som inngår i undersøkelsen er arealreduksjonen ved LRV opp til 80 % i forhold til HRV, og det vil være bassengformen sammen med reguleringshøyden som avgjør arealreduksjonen. For næringsdyrene i strandsonen vil det være en betraktning knyttet til reguleringshøyde, og for skjoldkreps knyttet til fyllingsdato. For snegl, marflo

og vårfluelarver ”opphører” næringsdyrenes betydning ved en angitt årlig reguleringshøyde. Over denne tålegrensen blir disse gruppenes forekomst i ørretens mageinnhold sterkt redusert, mens de med stor sannsynlighet er til stede ved lavere reguleringshøyde.

Årsvingninger i næringsdyr og fisk i uregulerte Sandvatn (2001-2010)

Sandvatn er en innsjø i Kvinnassdraget der vannet har kort oppholdstid og hvor vanntemperaturen er preget av smeltevann fra snøleiene på syd-vestre del av Hardangervidda. I 2001 og 2002 hadde Sandvatn en god bestand av stor fisk (0,5 - 1 kg) som var 8-10 år gamle og i god kondisjon. Næringsssituasjonen var god og skjoldkrepser var et viktig næringsdyr. Slik sett var situasjonen typisk for et godt fiskevatn på Hardangervidda (Rognerud *et al.* 2003). Men så skjer dramatiske forandringer i de neste to årene. Etter at den store fisken hadde gytt høsten 2003 klarte den ikke å spise seg opp i kondisjon i 2004. K-faktor ned mot 0,6 er så lav at økt dødelighet er sannsynlig (Borgstrøm *et al.* 1992). I 2005 var de færre avmagret gytefisk antagelig på grunn av overdødelighet som følge av næringsmangel etter gyting høsten 2004. Sentrale krepsdyr som skjoldkrepser og marflo var i praksis fraværende, vesentlig på grunn av predasjon fra en meget sterk årsklasse (1997). Denne årsklassen dominerte og bestandstettheten var høy helt fram til 2007. I denne perioden var fisken slank og småfallen og blant krepsdyrene var det i all hovedsak linsekrepser som var tilgjengelig som næring. I denne perioden var ikke situasjonen i Sandvatn vesentlig forskjelling fra magasinet Mår som er regulert 21 m. I Mår var også 1997-årsklassen dominerende og linsekrepser var eneste krepsdyr som betydde noe i dietten utover sommeren og høsten. Dette viser at både i magasiner og naturlige innsjøer kan god rekruttering gi sterke årsklasser og føre til tette fiskebestander, redusert vekst og dårlig kvalitet. Videre viser det at dette kan skje synkront over et større område (for eksempel Hardangervidda) da klimatiske forhold ofte er en utløsende faktor når sterke årsklasser oppstår (Rognerud *et al.* 2003). Undersøkelsene i Sandvatn har vist at tilstedeværelsen av større krepsdyr som marflo og skjoldkrepser er avgjørende for konkurransen mellom stor og liten fisk. Den store fisken taper i konkurransen mot de små hvis tettheten av disse næringsdyrene er lav. Marflo og skjoldkrepser er ettertraktede næringsdyr og svært utsatt for predasjon. Skjoldkrepserens utbredelse er begrenset til høyere liggende sjøer og til arktiske områder (Vekhoff 1997, Hessen *et al.* 2004, Økland og Økland 2003). I denne regionen er de oftest til stede grunne i fisketomme sjøer og dammer, men er fraværende eller i opptrer i tynne bestander hvis fisk er til stede (Jeppesen *et al.* 2001). Sjansen for at skjoldkrepser skal utvikle levedyktige bestander i innsjøer som har fisk er størst i større, litt dypere sjøer der det er refugiene i dypere områder med lavere lysintensitet, enn i den grunne strandsonen.

Likevel er det klart at tettheten av fisk er en viktig faktor for skjoldkrepserbestandens størrelse. Dette vises tydelig i tidsserien fra Sandvatn. I 2001/2002 viste prøvefisket i dypområdene at den store fisken dominerte totalt i denne delen av sjøen. Det var også et stort innslag av skjoldkrepser i fiskens mager. I de grunne områdene og i strandsonen var småfisk dominerende og skjoldkrepseren utgjorde kun en liten andel av næringen. Det burde imidlertid også vært skjoldkrepser her fordi den foretrekker disse områdene i fisketomme sjøer. En tett bestand av småfisk (1997-årsklassen) hadde sannsynligvis beitet ned skjoldkrepserbestanden. Et nytt prøvefiske i 2004 viste at småfisk nå fantes over hele innsjøen, også i dypområdene. Dette var katastrofalt for skjoldkrepserbestanden som i praksis har vært borte i fiskemagene fra dette tidspunkt og til og med 2007. I 2008 var tettheten av fisk mindre som følge av at 1997 årsklassen var betydelig redusert. Det at skjoldkrepseren igjen dukker opp som næring dette året kan forklares med at tettheten av fisk har blitt lavere.

I den perioden som de store krepsdyrene var nærmest fraværende var krepsdyrandelen i fiskens næring totalt dominert av linsekrepser. Andelen krepsdyr var lavest i 2005 og 2007. I disse årene var Sandvatn betydelig påvirket av kaldt smeltevann fra store snøleier i Kvinnas nedbørfelt. Innsjøens korte oppholdstid gjør at temperaturen i hele innsjøen skifter raskt med temperaturen i Kvenna ved innløpet. Tidligere har vi vist at smeltevannet setter sitt preg på temperaturforholdene i alle innsjøene mellom Sandvatn og Møsvatn (Rognerud *et al.* 2007). Denne betydelige nedkjølingen disse årene varte frem til midten av august og gjorde at temperaturen ble langt lavere enn den som er kjent for optimal vekst

med mat i overskudd (se Vøllestad *et al.* 2002). Lengdeveksten for ikke kjønnsmoden fisk var i denne perioden negativt korrelert til temperaturen. Det er imidlertid ikke bare for fisk at lavere temperaturer fører til lavere vekst, men også for krepsdyrene. Linsekrepsen klekkes fra hvilegg like etter isgang og utvikles til voksne kjønnsmodne individer utover sesongen. Generasjonstiden (fra utviklingen av egget til kjønnsmodent individ) er temperaturavhengig (Gillooly 2000). Som eksempel er generasjonstiden 3 måneder ved 5 grader, men mindre enn 30 dager ved 15 grader (Gillooly 2000). Temperaturen på forsommeren er derfor kritisk for utviklingen av bestanden. En lengre utviklingstid fram til kjønnsmodning innebærer en risiko for større tap på grunn av fiskepredasjon, og seinere kjønnsmodning vil også bety færre generasjoner før høsten setter inn. Resultatet kan bli at det legges færre hvilegg og grunnlaget blir dårlige for neste års bestand. I overensstemmelse med dette var andelen linsekreps i fiskens mageinnhold i Sandvatn lavest i 2005 og 2007 da kalt smeltevann satte sitt preg på temperaturen i Sandvatn på forsommeren. Temperaturen var betydelig lavere enn i nærliggende Dargesjøen som ikke var preget av smeltevann i samme perioder (Kap.3.3.1 og 3.4.1). Det er derfor klart at ved lavere temperatur er det ikke bare fiskens vekst som er lavere enn optimalt, men dårlig vekst av sentrale krepsdyr som linsekreps kan også medvirke til en dårligere vekst.

Mår, Kalhovdfjorden i Gøystmagasinet og Sønstevatn (2006-2010)

Tilbakeregnet vekst for fisken i magasinene viste ingen sammenheng med temperaturen i produksjonsperioden. Magasinene Mår og Kalhovdfjorden er ikke preget av mye kaldt smeltevann over lengre tid på forsommeren, fordi snømengdene på østlige deler av Hardangervidda er langt mindre på våren enn i øvre deler av Kvennas nedbørfelt. Fiskebestandene er relativt tette i både Kalhovdfjorden og Mår i forhold til næringsgrunnlaget. Bestandene i disse magasinene har også vært preget av 1997 årsklassen i samme tidsperioden som i Sandvatn og mange andre innsjøer på Hardangervidda. Tilgangen på næringsdyr i begge magasinene har vært avhengig av variasjoner i fyllingsgrad og vannstand ved krepsdyrenes egglegging og klekking. Dette er i overensstemmelse ovennevnte tålegrenser for næringsdyr gitt i denne rapporten. I Mår har vi indikasjoner på at i år med høy vintervannstand og rask oppfylling til HRV i mai har skjoldkreps vært hyppigere registrert i fiskemager, enn i andre år med større nedtapping vinterstid og senere fylling etter isgang slik som konkludert i kapitlet om tålegrenser. Skjoldkrepsbestanden er imidlertid svært tynn og skjoldkrepsen er mye sjeldnere nå enn i 2002, da den ble hyppigere observert i fiskemager og var mulig å fange i hovtrekk og med bunnskrape (Rognerud *et al.* 2003). I magasinet Sønstevatn har skjoldkreps fortsatt betydning som fiskeføde til tross for at det opprinnelige Sønstevatnet er regulert 31m. I andre magasin i Vinje som ble undersøkt i 2007 med tilsvarende reguleringshøyde var skjoldkreps fraværende (Rognerud *et al.* 2008). En mulig grunn til disse forskjellene er at Sønstevatn-magasinet omfattes også av Mevatn og Sjugurdstjørn ved HRV, men disse sistnevnte har langt mindre regulering hhv. 20 og 8 m (Tysse og Garnås 1992). Det er mulig at disse områdene fungerer som refugier for skjoldkrepsen. Tysse og Garnås rapporterer da også at fisken i Mevatn var større enn i de andre delene av magasinet.

Betydning for forvaltning

Tålegrensen sier nødvendigvis ikke noe om mengden næringsdyr for fisk i forhold til uregulert tilstand (naturtilstanden). I tillegg er det ikke enkle sammenhenger mellom mengde næringsdyr og reguleringshøyde med tanke på å bruke næringsdyr i mageinnhold som uttrykk for mengde næringsdyr i magasinet. Her vil både virkning av reguleringen og fiskens preferanse i valg av næringsdyr avgjøre inntaket. Flere større næringsdyr (skjoldkreps, marflo) er utsatt for sterk nedbeiting, og fiskebestandens størrelse vil her sannsynligvis ha stor innvirkning på mengden. I magasiner der reguleringen ikke er til hinder for forekomst, bør derfor fiskebestandene driftes på en slik måte at skjoldkreps og marflo kan inngå i ørretens diett. Det betyr kontroll med bestandstettheten og her er beskatning og rekruttering er viktige virkemidler.

I denne 10 års undersøkelsen i Sandvatn har vi brukt Jensen garnserier. Lang erfaring med bruk av denne garnserien i høyfjellsvann i Norge har vist at den gir en rimelig god beskrivelse av bestandsforholdene for ørret over 20 cm (Ugedal *et al.* 2005, Qvenild 2004). Resultatene fra Sandvatn

viste stor variasjon fra år til år, men også inne samme sesong. Det skyldes i hovedsak variasjoner i klimatiske forhold som vanntemperatur og snømengder vinterstid. Dette ga store utslag i rekruttering, årsklassestyrke, intraspesifikk konkurranse, tilvekst og forekomst av viktige næringsdyr. I fjellsjøer skjer det raske endringer i været, men også endringer i klima over tid som kan ha drastiske følger for fiskebestandene. Derfor er det viktig med årlige observasjoner i innsjøer i fjellet. Når det gjelder basisovervåking av fiskebestander i fjellet i regi Vanndirektivet (Veileder 01:2009, Veileder 02:2009), så mener vi det er bedre å ha årlige observasjoner i færre sjøer enn de foreslåtte 3 års syklusene i flere. Signifikante endringer i økologisk status i fiskebestandene vil da kunne oppdages langt tidligere enn ved den foreslåtte frekvensen på undersøkelser hver 3 år.

Vi har vist at sterkt varierende forhold i været fra år til år gir store forskjeller i intraspesifikk konkurranse der stor fisk får større problemer enn små fisk i perioder med dårlige næringsforhold. Det er viktig å ha et godt materiale av stor fisk for å vise dette. Erfaring med nordiske garn viser at det kan være vanskelig å få et godt og representativt materiale av fisk >30 cm og særlig mht til forhold som gytemodning (Barlaup et al. 2002, Wiers og Hylland 2002, 2003 og Hylland,). I høyfjellsbestander vil derfor Jensenserier fremdeles være å foretrekke (Ugedal et al. 2006) særlig hvis den suppleres med garn av mindre maskevidder. Sammenlignende data fra nordiske garn og Jensen garnserie fra Sandvatn tyder på dette (Qvenild og Rognerud unpubl.).

Kontinuerlig registrering av vanntemperaturen gjennom sesongen kan i grunne fjellssjøer brukes for å beregne optimal vekst der det er næring i overskudd (Vøllestad et al. 2002). Dette kombinerte med registrering av lengde-vekt-forholdene og næringsdyranalyser kan vise hvor godt potensialet er utnyttet (for eksempel godt i Fjellsjøen, mindre godt i Sandvatn). Slike data er forholdsvis enkle og billige å hente inn og kan bidra betydelig til tolkningen av endringer i fiskebestandene over tid..

8. Referanser

- 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., og Johannessen, A. 2001. Fiskeribiologiske undersøkelser i Langesjøen, august 2001. Lab. Ferskv. Økol. Innl. Fiske (LFI) UiB rapport nr. 111.
- 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.
- Borgstrøm, R. 1970. *Lepidurus arcticus* i Stolsvatn i Hallingdal. *Fauna* 23, 12-20.
- Borgstrøm, R. 1975. Skjoldkreps, *Lepidurus arcticus* Pallas, i regulerte vann. I. Forekomst av egg i reguleringssonenn og klekking av egg. Rapp. Lab. FerskvØkol. Innlandsfiske, Universitetets naturhistoriske museer, Oslo, 22, 11 s
- Borgstrøm, R., Garnås, E. and Saltveit, S.J. 1985. Interactions between brown trout, *Salmo trutta* L., and minnow, *Phoxinus phoxinus* (L.) for their common prey, *Lepidurus arcticus* (Pallas). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22, 2548-2552
- Borgstrøm R, Brabrand, Å., and Solheim, J.T. 1992. Effects of siltation on resource utilization and dynamics of allopatric brown trout, *Salmo trutta*, in a reservoir. *Environ. Biol. Fishes* 34: 247 – 255.
- Borgstrøm, R. 1997. Skjoldkreps – et arktisk dyr i norske innsjøer. Institutt for biologi og naturforvaltning, Norges Landbrukshøgskole, *Fagnytt* 4 (9):1-4.
- Brabrand, Å. og Saltveit, S.J. 1980. Skjoldkreps, *Lepidurus arcticus*, i Volbufjorden 434 m o.h. i Øystre Slidre, Oppland. *Fauna* 33, 105-108
- Brabrand, Å. Bremnes, T., Saltveit, S.J., og Aass, P. 2003. Pålsbufjorden. Årsrapport 2002. Rapp. Lab. FerskvØkol. Innlandsfiske, Universitetets naturhistoriske museer, Oslo, 222, 16s
- Brabrand, Å. 2007. Virkningen av lav sommervannstand på fisk i reguleringsmagasiner. LFI-rapport nr. 249-2007. 54 s.
- Craig, H. 1953. The geochemistry of stable isotopes. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 3.: 53-93.
- Dahl, K. 1917. Studier og forsøk over ørret og ørret-vand. Centraltrykkeriet, Kristiania.
- Dahl, K. 1932. Influence of water storage on food conditions of trout in lake Paalsbufjord. *Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. Mat. – Naturv. Klasse.* 1931. No 4, 1- 53
- Dahl, K. 1910. Alder og vekst hos laks og ørret belyst ved studier av deres skjæl. Centraltrykkeriet, Kristiania.
- Decamps, H., Fortune, H., Gazelle, F. and Pautou, G. 1988. Historical influence of man on the riparian dynamics of a fluvial landscape. *Landscape Ecol.* 1: 163-173
- 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.
- Fee, E. J., Hecky, R. E., Kasian, S. E. M., and D. Cruikshank, D. R. 1996. Effects of lake size, water clarity, and climatic variability on mixing depths in Canadian Shield lakes. *Limnol. Oceanogr.* 41: 912-920.
- Fylkesmannen i Telemark, 1996. Fiskeressurser i regulerte vassdrag i Telemark. Fagrapport 1995. Miljøvernavdelinga 02/1996, 173 s.
- Fylkesmannen i Telemark, 1997. Fiskeressurser i regulerte vassdrag i Telemark. Fagrapport 1996. Miljøvernavdelingen 02/1997, 174 s.
- Fylkesmannen i Telemark, 2003. Fiskeressurser i regulerte vassdrag i Telemark. Samlerapport 2000-2003. Miljøvernavdelingen, ikke paginert.

- Gillooly, J. F. 2000. Effects of body size and temperature on generation time in zooplankton. *J. Plankton Res.* 22, 241-251.
- Grimås, U. 1962. The effect of increased water level fluctuations upon the bottom fauna in Lake Blåsjön, northern Sweden. *Rep.Inst.Freshw.Res. Drottningholm* 44, 14-41
- Gustavsen, P.Ø. 2008. Fiskeressurser i regulerte vassdrag i Telemark. Oppsummering av resultater fra fiskeundersøkelser i perioden 2003-2008. Gustavsennaturanalyser, rapport 4-2008, 107 s.
- 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.
- Hekne, A.M. 2008. Effekter av lav sommervannstand på ørret (*Salmo trutta*) i reguleringsmagasinet Kjelavatn. Masteroppgave, Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap, 35 s
- Hessen, D. O., Rueness, E. K., and Stabell, M., 2004. Circumpolar analysis of morphological and genetic diversity in the Nostostracan *Lepidurus arcticus*. *Hydrobiologia* 519: 73-84.
- Hesthagen, T. & Johnsen, S. 2006. Avkastnings- og bestandsforhold hos aure i Vinsteren. Fylkesmannen i Oppland, Miljøvernnavdelingen, rapport nr 1/06.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1927. Studier over aldersforholde og veksttyper hos norske ferskvannsfisker. Nationaltrykkeriet, Oslo. 357 s.
- Jennings, S. 1997. Aquatic life cycle strategies: survival in a variable environment. *Tree* 12, 10: 384-385
- Jeppesen, E., Christoffersen, K., Landkildehus, F., Lauridsen, T., Amsinck, S.L., Riget, F. and Søndergaard, M. 2001. Fish and crustaceans in northeast Greenland lakes with special emphasis on interactions between Arctic charr (*Salvelinus alpinus*), *Lepidurus arcticus* and bethic chydorids. *Hydrobiologia* 442: 329-337.
- Junk, W. J., Bayley, P.B., Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 106: 110-127
- 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, 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 laps 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, 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.
- Mariotti, A.1983. Atmospheric nitrogen is a reliable standard for natural abundance ¹⁵N measurements. *Nature* 303: 685-687.
- Meland, A.2008. Låg vasstand i Bordalsvatn sommaren 2006; innverknad på vekst og kvalitet hjå aure (*Salmo trutta*). Masteroppgave, Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap, 38 s
- NVE : <http://www.nve.no>
- Qvenild, T. 2004. Hardangervidda. Fiske og friluftsliv. Naturforlaget. 407 s.
- Rognerud, S. og Qvenild, T. 2002. Kvikksølv i fisk og næringskjedens struktur i fjellsjøer i Nord-Østerdalen. NIVA-rapport LNR 4540-2002.25 s.
- Rognerud, S. og Fjeld, E. 2002. Kvikksølv i fisk fra innsjøer i Hedmark, med hovedvekt på grenseområdene mot Sverige. NIVA-rapport 4487-2002. 46s.

- Rognerud, S., Borgstrøm, R., Qvenild, T. og Tysse, Å. 2003. Ørreten på Hardangervidda. Næringsnett, kvikksølvinnhold, 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. NIVA-rapport LNR 5181-2006. 35 s.
- Rognerud, S. og Qvenild, T. 2006. Fiskeribiologiske undersøkelser av ørretbestander i Øvre Orkla. NIVA-rapport 5271-2006.38s.
- Rognerud, S., Rustadbakken, A., og Qvenild, T. 2007. Hardangervidda-prosjektet. Resultater for undersøkelsene i 2006. NIVA-rapport LNR 5428-2007. 38s.
- Rognerud, S., Fjeld, E., Rustadbakken, A., Qvenild, T., Hekne, A.M., og Meland, A. 2008. HydroFish-prosjektet. Resultater fra undersøkelsene i 2007. NIVA-rapport LNR 5622-2008. 32s.
- Rognerud, S. Fjeld E., Rustadbakken, A og Qvenild, T. 2009. HydroFish-prosjektet. Resultater fra undersøkelsene i 2008.
- Rustadbakken, A. 2003. Fiskebiologiske undersøkelser i Aursjømagasinet, Lesja og Nesset kommuner 2002. Naturkompetanse as, Rapport nr. 4-2003, 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.
- Saltveit, S.J. og Brabrand, Å. 2008. Fiskeribiologiske undersøkelser i Aursjøen i 2007. Rapp. Lab. Ferskvøkol. Innlandsfiske, Universitetets naturhistoriske museer, Oslo, 262, 24s
- Skjelkvåle, B.L. og Henriksen, A. Vannkljemi, forurningstatus og tålegrenser i nasjonalparker: 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. 1941. Ørretboka. Dybwad forlag. 617s.
- Tysse, Å, og Garnås, E. 1992. Fiskeribiologiske undersøkjinger i Sønstevatn, Damtjørn og Vikvatn i Nore Undal kommune 1991. Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernavdelingen. Rapport Nr. 23 - 1992. 43s.
- Ugedal, O., Forseth T. og Hesthagen, T. 2005. Garnfangst og størrelse på gytefisk som hjelpemiddel i karakterisering av aurebestander. NINA-rapport 73. 52 s.
- Veileder 01:2009. 2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Direktoratgruppen for gjennomføring av vanddirektivet.
- Veileder 02:2009. 2010. Overvåkning av miljøtilstand i vann. Veileder for overvåkning i hht kravene i Vannforskriften. Direktoratgruppen for gjennomføring av vanddirektivet
- Vekhoff, N.V. 1997. Large brachiopod Crustacea (Anostraca, Notostraca, Spinicaudata) of the Barents Region of Russia. Hydrobiologia 359: 69-74.
- Vøllestad, L.A., Olsen E.M. and Forseth, T. 2002. Growth-rate variation in brown trout in small neighbouring streams: evidence for density dependence? J. Fish Biol. 61, 1513-1527.
- Wiers, T. og Hylland, S. 2001. Prøvefiske i Ullensvang, Hardangervidda 2000. Veivatn, Bersavikvatnet, Holmavatnet, Austmannavatnet, Hanasteinvatnet, Trenutsvatnet, og Skinnhovdavatnet. Naturoppdrag. Rapport 35.
- Wiers, T., og Hylland, S. 2002. Prøvefiske i Ullensvang, Hardangervidda 2001. Langavatnet, Vassli-vatnet, Reinavatnet, Busetvatnet, Vetlavatnet, og Vatnasetvatnet. Naturoppdrag. Rapport 35.
- Økland, K.A. og Økland, J. 2003. Skjoldkrepsen i Norge *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. Fresh. Res. Rep. Drottningholm, 49, 183-201
- Aass, P. 1978. Tilslammingen av Hallingdalselva 1966-67: fisket i Ustedalsfjorden og Strandafjorden (I, Gunnerød, T.B. og Mellqvist, P. red.). Vassdragsregulerings biologiske virkninger i magasin og lakseelver. Foredrag og diskusjoner ved symposiet mai 1978, NVE og DVF, 1979.
- Aass, P. 1986. Utvidet senking i regulerte innsjøer – effekt på fisket. Fauna 39, 85-91

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no