

Ørreten på Hardangervidda

Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr i Sandvatn 2001-2017.



RAPPORT

Hovedkontor

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

NIVA Region Sør

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

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

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

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Tittel Ørreten på Hardangervidda Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr i Sandvatn 2001-2017.	Løpenummer 7267-2018	Dato 31.03.2018
Forfatter(e) Tore Qvenild og Sigurd Rognerud	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Hardangervidda	Sider 34

Oppdragsgiver(e) Miljødirektoratet	Oppdragsreferanse Øyvind Walsø
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17217

Sammenheng

Vi har undersøkt fiskebestanden i Sandvatn i Kvenna i perioden 2001-2017. I denne perioden har bestanden variert fra middels tett til svært tett, og fra 2007 til en stadig tynnere bestand. Det er nå en tendens til at bestanden er økende. Bestandstettheten har hatt avgjørende betydning for forekomstene av viktige næringsdyr som marflo og skjoldkreps. De store variasjonene forklares med variasjoner i klimatiske relaterte variabler som snøforhold, vanntemperaturer og produksjonssesongens lengde. Vi har vist at sterke og svake årsklasser varierer nokså synkront i Kvenna og at svake og sterke årsklasser også samvarierer over store deler av Hardangervidda. Vi har hatt noen år nå med svake årsklasser som har resultert i dårlig fiske. Rekrutteringen fra 2009 av er økende, og disse årsklassene vil prege fisket positivt de nærmeste årene. De blir neppe sterkere enn at de viktigste næringsdyrene marflo, skjoldkreps og linsekreps vil bety mye som føde. I henhold til Vannforskriftens krav til å definere begrepet *god økologisk status* legger basisovervåkingen opp til undersøkelser hvert tredje eller sjette år. Dette vil ikke kunne fange opp de variasjonene som er registrert i Sandvatn i perioden 2001-2017. Den synkronne variasjon i vanntemperaturer og fiskens årsklassestyrker gjør at årlig overvåking av få innsjøer er det beste alternativet for å følge utviklingen i økologisk status for innsjøene på Hardangervidda, sannsynligvis også i andre høyfjellsområder.

Fire emneord	Four keywords
1. Hardangervidda	1. Hardangervidda
2. Klimavariasjoner	2. Climate variability
3. Ørretbestander	3. Trout populations
4. Årsklassestyrker	4. Year-class strength

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Øyvind Garmo
Prosjektleder

Markus Lindholm
Forskningsleder

Ørreten på Hardangervidda

Klimaets betydning for årsklassestyrke og
produksjon av fisk og næringsdyr i
Sandvatn 2001-2017.

Forord

Denne rapporten er en sammenfatning av kunnskap ervervet gjennom et forskningsprosjekt som omhandler værforholdenes betydning for ørreten og dens viktigste næringsdyr i Sandvatn i perioden 2001-2017. Innsjøen ligger i Kvennavassdraget, sentralt på Hardangervidda, og er en utvidelse av selve elveløpet. Den lange tidsserien har gitt ny kunnskap om den betydning som været og fisket har for år til år variasjoner i bestander av fisk og dens næringsdyr. Det er også gjort målinger av kvikksølv-konsentrasjoner i fiskens muskulatur, ut fra hensyn til matsikkerhet. Verdiene var lave og fisk fra Kvennavassdraget omfattes ikke av kostholdsråd.

NIVA initierte dette forskningsprosjektet i 2001. I tidligere faser av prosjektet har større deler av Hardangervidda vært inkludert, og det har da vært flere finansielle bidragsytere. De siste årene har Miljødirektoratet i Trondheim vært viktigste bidragsyter. NIVA har bidratt med egeninnsats, og Laagefjeld AS har bidratt med husvære, samt transport til og fra Sandvatn.

Alder- og vekstanalysene har gjennom årene vært utført av Ola Ugedal (NINA), Reidar Borgstrøm (UMB), Atle Rustadbakken (NIVA), Eirik Fjeld (NIVA) og John Gunnar Dokk (NINA).

Feltarbeidet i Sandvatn er i hovedsak gjennomført av Sigurd Rognerud og Tore Qvenild. Eirik Fjeld og Espen Lydersen har vært viktige støttespiller under prøvefisket i enkelte år. Stein Lier Hansen, Halvor Nordjordet og Jarle Nordjordet har vært behjelpelig med utlegging og innsamling av temperaturloggere. Det hadde ikke vært mulig å gjennomføre denne undersøkelsen over så mange år uten velvilligheten fra Laagefjeld AS. Alle takkes for et godt samarbeid

Hamar 31.mars 2018

Tore Qvenild og Øyvind Garmo

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	8
2	Dybdekart og morfometri.....	10
3	Metoder og definisjoner.....	13
3.1	Værdata	13
3.2	Definisjoner av vær og klima	13
3.3	Temperaturloggere	14
3.4	Fiskeundersøkelser.....	14
3.4.1	Lengde, vekt og ernæring	14
3.4.2	Alder, vekst og kondisjon.....	14
3.4.3	Garnbruk	14
3.4.4	Vekstberegninger	15
4	Resultater.....	16
4.1	Klimatiske forhold	16
4.1.1	Tidsutvikling i lufttemperatur	16
4.1.2	Sammenhengen mellom snømengder i nedbørfeltet og vanntemperaturen i Sandvatn og Dargesjøen	17
4.2	Fiskens næringsdyr i Sandvatn basert på mageanalyser.....	18
4.2.1	Fiskens næringsdyr i august.....	18
4.3	Fiskeundersøkelsene i Sandvatn	20
4.3.1	Fangstene i prøvefisket.....	20
4.3.2	Bestandssituasjonen.....	21
4.3.3	Årsklassenes styrke.....	22
4.3.4	Årlige variasjoner i fisket i Sandvatn	23
5	Diskusjon.....	24
5.1	Klimatiske faktorer	24
5.2	Produksjonsforholdene i Sandvatn i 2001-2017	26
5.3	Rekruttering, tilvekst og avkastning.....	28
6	Referanser	30

Sammendrag

En langtids studie i perioden 2001-2017 viste den store betydningen klimatiske faktorer har som drivere for rekruttering og produksjon av ørret og dens næringsdyr i Sandvatn, et sentralt beliggende vann i Kvennassdraget på Hardangervidda.

Vi har vist at det var en god samvariasjon mellom vanntemperaturene i overflatelagene og variasjonene i lufttemperaturene i innsjøer på sentrale deler av Hardangervidda. Det var en god samvariasjon mellom vanntemperaturen i Sandvatn og den nærliggende Dargesjøen i år med lite snø i Kvennas nedbørfelt, men i snørike år blir vanntemperaturen i Sandvatn i betydelig grad preget av smeltevann fra de høyere-liggende sydvestre deler av Kvennas nedbørfelt i betydelig grad. Snødybder over ca. 160 cm på Litlos gir en smeltevannseffekt i Kvenna, noe som er registrert i 10 av de 15 siste årene. Dette resulterer i en reduksjon i antall døgngader i produksjonssesongen og en lavere årlig tilvekst i fisk, enn det vi kunne forventet uten denne avkjølingseffekten.

Vi har vist at ørretens årlige tilvekst i Sandvatn normalt er temperaturstyrt, men i perioden 2003-2007 ble den negativt påvirket av at fisketettheten økte som følge av den sterke 1997-årsklassen. Fisken ble slank, og den utgytte fisken fikk problemer med å reetablere vekten og delta i gyting på nytt. Viktige næringsdyr som marflo og skjoldkrepss ble sterkt nedbeitet. Fra 2009 var bestanden igjen tynn og veksten ble igjen bestemt av temperaturforholdene.

Tilgangen på ulike næringsdyr varierer fra år til år, men magefyllingsgraden ligger på et forholdsvis stabilt nivå. Krepssdyrene utgjør fra 40-90 %. Skjoldkrepss og linsekrepss har ett-årig livssyklus og vanntemperaturen er spesielt viktig for utviklingen av skjoldkrepss. I somrer med lave temperaturer blir den av liten betydning som næring, mens linsekrepss klarer seg bedre. Fra og med 2001 har vi hatt massesverminger hvert tredje år av hårmugg *Bibio pomonae*, populært kalt «russeflue», som har gitt et betydelig tilskudd som næring når den svermer i august.

Årsklassenes styrke er avhengig av de klimatiske forholdene hvor snømengde, tid for isgang, produksjonssesongens lengde og vanntemperaturen er spesielt viktige. Dette har variert en god del i perioden hvor 1997-årsklassen har påvirket bestandsforholdene spesielt sterk. Etter noen år med forholdsvis lav rekruttering er bestanden igjen økende. Dette gir seg også positive utslag i fisket. Avkastningen ligger normalt på 100-200 kg, men som følge av 1997-årsklassen var den enkelte år over 400 kg, i 2007 så mye som 472 kg (3,0 kg/ha).

Klimascenarier viser økte snømengder i disse områdene i framtiden, og da særlig i Kvennas sydvestlige nedbørfelt. Snømengdene på Litlos har økt noe på 2000-tallet. Mye smeltevann kan oppveies noe av vanntemperaturen i sesongen som også har vist en økning. De ulike kombinasjoner vil kunne gi seg utslag i både svært dårlige og svært gode produksjonsår. Vi har derfor prøvd ut en modell med årsklassebasert forvaltning hvor sterke årsklasser kan beskattes hardt, mens svake beskattes forsiktig. Dette gir et bedre fiske over år.

De store variasjonene fra år til år kan være en utfordring for lokal fiskeforvaltning og for klassifisering av økologisk status etter Vannforskriften. Basisovervåkningen i Vannforskriften forutsetter undersøkelser hvert tredje eller sjette år. Dette vil ikke kunne fange opp de variasjonene som er registrert i Sandvatn i perioden 2001-2017. De samme variasjoner i værforholdene preger en stor del av vannene på Hardangervidda. Dette gjør at årlig overvåking av få innsjøer er et bedre alternativ for å følge utviklingen i økologisk status for innsjøene på Hardangervidda.

Summary

Title: Ørreten på Hardangervidda

Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr i Sandvatn 2001-2017.

Year: 2018

Author(s): Tore Qvenild og Sigurd Rognerud

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7002-0

A long-term study 2001-2017 revealed massive impact of climatic conditions to recruitment and fish production in Lake Sandvatn, a central lake in the Kvenna catchment at the Hardangervidda mountain plateau in the southern mountain range in Norway.

Epilimnetic water temperature (1-2 m) is correlated with air temperature in lakes at the central part of the plateau. The water temperatures in Lake Sandvatn and the neighbouring Lake Dargesjøen were highly correlated in years low in snow deposition. In years with heavy snow fall in the headwater part, melting water affect the water temperature in the main River Kvenna, but not in the sheltered tributary of Lake Dargesjøen. Melt water effects are induced at snow depths exceeding 160 cm at Litlos in the upper part of the river. Melting effects may give significant effects in June/ July, some years in to August, and result in a reduced production of brown trout and its food items in Lake Sandvatn compared to Lake Dargesjøen.

Water temperature and population density of brown trout is the main drivers of brown trout growth and development of important crustacean species like *Gammarus lacustris*, *Lepidurus arcticus* and *Eurycercus lamellatus*. The population density of trout reached a high level in the period 2003-2007 as the strong 1997 year-class recruited into the adult population (20-40 cm). This resulted in a stunted brown trout population of low quality, and the low crustacean levels impeded growth and repeat spawning.

The *L. arcticus* became virtually extinct and *G. lacustris* reached low levels. From 2009 the brown trout population had declined to normal levels and the crustaceans recovered. The water temperature was from now on the main driver to fish growth.

The total stomach fullness is at a rather stable level but with year to year variations in composition, with the crustaceans as dominating food items (40-90 volumetric %). As species with a one-year life cycle *L. arcticus* and *E. lamellatus* is susceptible to low water temperature. Seasons low in temperature may impede development and growth of *L. arcticus* resulting in low dietary significance to brown trout feeding. *E. lamellatus* increased its relative importance as food source for brown trout in such situations. From 2001 mass aggregations of the diptera *Bibio pomonae* provided regular swarming with three years' cycles. The swarming was seen in short periods in August giving significant support to brown trout feeding.

Climatic conditions such as snow deposition and temperature may result in late ice-break up and a shortened production period low in water temperature, and hence affect the brown trout recruitment. Contradictory to a weak year-class the climatic conditions may combine to the birth of extremely strong year classes, exemplified by the 1997 year-class. Thus, the extremes may be more frequent as forecasted in the different climate change scenarios. After a period dominated by the 1997-yearclass the recruitment has been on a low level. Lately the recruitment has provided a

positive trend leading to a better fishery coming. The yield has historically been at a low level giving a yearly yield 100-200 kg, i.e. 0.6-1.3 kg/ha. At its extreme the yield reached 472 kg (3.0 kg/ha) in 2007.

The climate change scenarios forecast increased winter deposition, especially in the headwater areas in the Kvenna catchment. The snow falls have slightly increased in the 21st century in this area, as the temperature has. The different combinations may rise to new extremes with especially good or especially poor fishery yields. In this context a new management model based on the year-class strength has been evaluated allowing high fishing efforts on the positive extremes and with low efforts at low levels.

Extensive year to year fluctuations may be a challenge to fishery management and to the classification program in the EU Water Frame Directive, especially in defining *good ecological status*. The basic monitoring programs in the WFD prescribes a three-year cycle in the sampling programs. This will not match the variability seen in the ecosystem variables in Lake Sandvatn. Comparatively to Lake Sandvatn a lot of the lakes at the Hardangervidda mountain plateau will react likewise to large-scale climatic change. Hence, a monitoring program was recommended in a representative selection of lakes.

1 Innledning

Hardangervidda er Norges største nasjonalpark, Europas største høyfjellsplatå og verdens største sammenhengende fjellområde hvor ørret er eneste fiskeart i størstedelen av arealet. Selv om hoveddelen av Hardangervidda er nasjonalpark er det adgang til å drive kommersielt fiske i mange av innsjøene. I bygdene som grenser inn til Hardangervidda er det knyttet betydelige økonomiske interesser til høstingen av disse ørretbestandene.

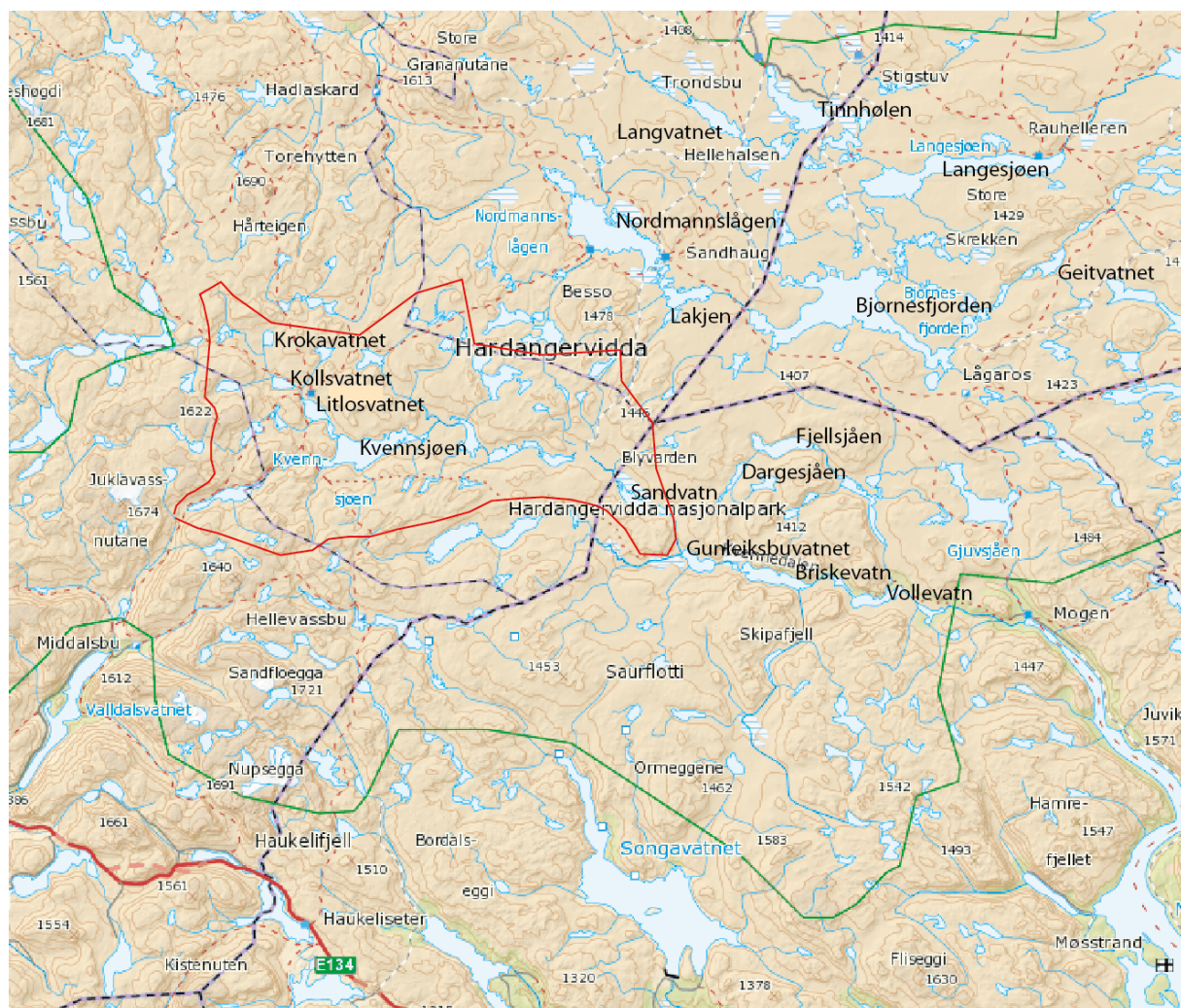
Undersøkelser av ørretens livsvilkår i Sandvatn på Hardangervidda i perioden 2001-2017 har vist at de årlige svingninger i værforholdene har betydning for rekruttering og årsklassestyrke, tilvekst og avkastning. Særlig har ekstreme værforhold hatt avgjørende betydning for fiskebestandene. Klimaprognosene viser at ekstremvær kommer til å opptre mer hyppig i årene som kommer, og det er derfor rimelig å anta at dette får spesielt stor betydning for akvatiske økosystemer i høyfjellet (Hanssen-Bauer et al. 2017).

Vanntemperaturen har avgjørende betydning for vitale prosesser i akvatiske organismer. Ved hjelp av stabile nitrogen- og karbon-isotoper har vi vist at økosystemet i mange fjellsjøer i all hovedsak har sin energi fra sollys fiksert av bunnlevende påvekst (Rognerud et al. 2003). Derfor er temperaturforholdene i innsjøene sommerstid, lengden på produksjonssesongen, og svekkelsen av sollyset med dypet svært viktig for økosystemets produktivitet.

Vanntemperaturen og produksjonssesongens lengde setter klare grenser for produksjonskapasiteten i fjellsjøer. Dersom værforholdene endrer seg de kommende årene vil livsvilkårene for fisk og krepsdyr også endres. Det har da også vist seg at ytterligheter i værforholdene som bunnfrysing av gyte-bekker i snøfattige år, og sein isgang i snørike år har hatt avgjørende konsekvenser for ørret-ungelens overlevelse og derved styrken på årsklassene (Borgstrøm 2001, Rognerud et al. 2003). Dersom yngelen overlever plommesekkstadiet vil næringstilgang og temperaturforholdene gjennom den første sommeren være avgjørende for graden av overlevelse den første vinteren (Borgstrøm og Museth 2005). Etter at 1996- årsklassen nesten forsvant over store deler av Hardangervidda på grunn av bunn-frysing av gytebekkene den snøfattige vinteren 1995/96, fikk 1997-årsklassen liten konkurranse og svært gunstige produksjonsforhold. Denne årsklassen ble derfor svært sterk over store deler av Hardangervidda. Vi har tidligere vist hvordan denne årsklassen gjennom flere år påvirket bestanden i Sandvatn, men også i mange andre vann på Hardangervidda (Rognerud og Qvenild 2013). På bakgrunn av disse undersøkelsene mener vi situasjonen i Sandvatn har stor overføringsverdi, og at Sandvatn derfor er godt egnet som referansevatn. Spesielt i vannene i Laagefjeldområdet i nedre Kvenna hvor vi har data for fisket siden 1993 er det stor samvariasjon vannene imellom.

Denne årsrapporten er en oppsummering av undersøkelsene i Sandvatn for perioden 2001-2017. Den omhandler hvordan årlige variasjoner i vanntemperaturer, produksjonssesongens lengde og intensiteten i fiske påvirker bestandene av fisk og krepsdyr i Sandvatn. Dette vannet ligger i Kvennavassdraget sentralt på Hardangervidda, og er i enkelte år betydelig påvirket av smeltevann fra høyere liggende områder i vestlige deler av nedbørfeltet. For å få et estimat på betydningen av smeltevannet undersøkte vi parallelt temperaturen i nærliggende Dargesjøen. Den har nær samme størrelse, dybde-forhold, og et lite nedbørfelt som ikke påvirkes av store snøleier i vestlige deler av Hardangervidda. I år med smeltevannseffekt får ørreten redusert tilvekst i Kvenna sammenlignet med innsjøer som ikke er like påvirket.

Dette har også forvaltningsmessig betydning for andre vann i Kvennavassdraget (Fig. 1). Dette har også stor overføringsverdi til andre innsjøer på Hardangervidda (Rognerud og Qvenild 2013).



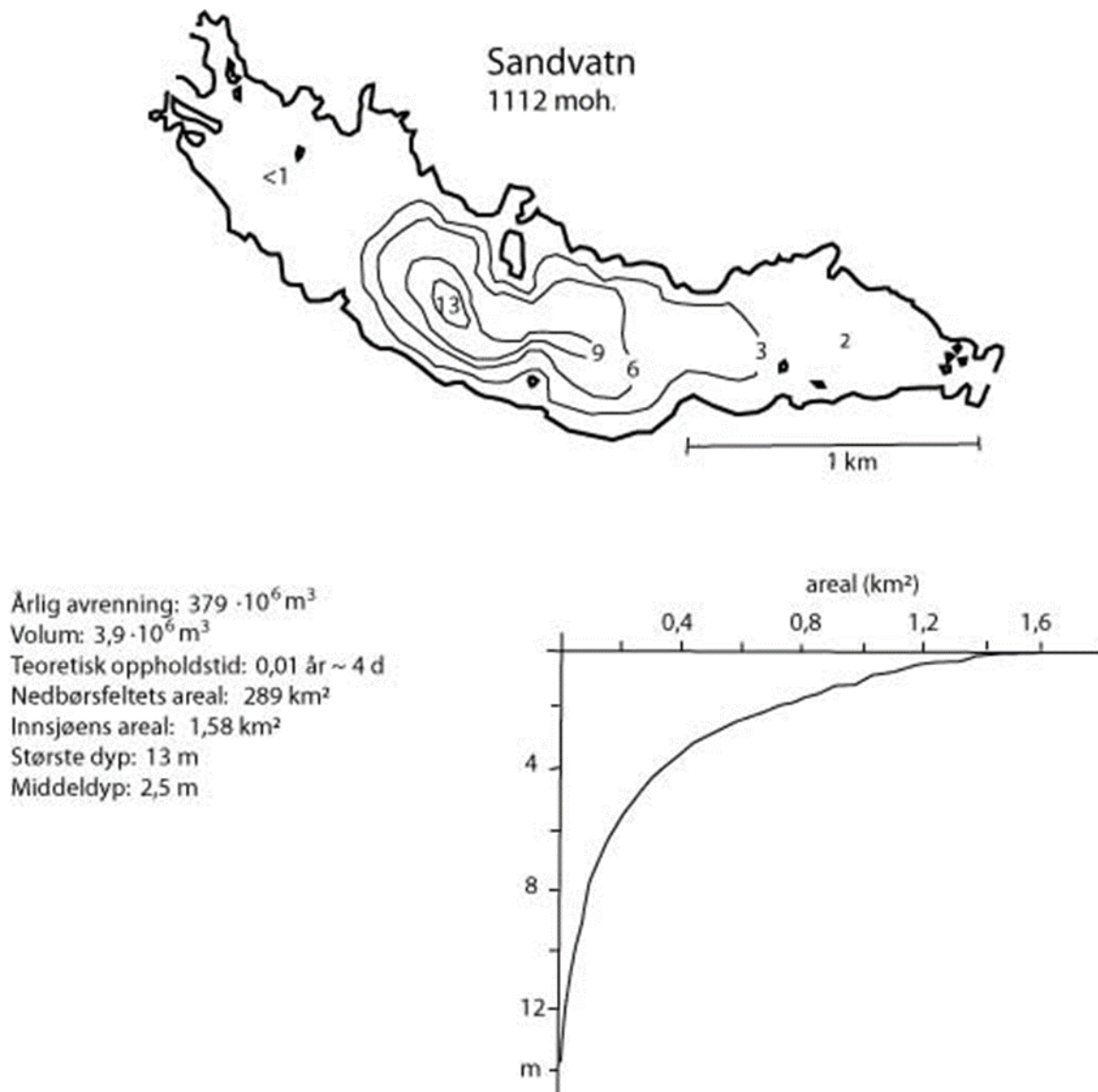
Figur 1. Nedbørfelt til Kvenna starter vest for Kvennsjøen og ender opp i Møsvatn ved Mogen, men her er kun nedbørfeltet til Sandvatn vist (rød linje). Sandvatn ligger nær fylkesgrensa mellom Telemark og Hordaland og er en utvidelse av Kvenna. Dargesjåen og Fjellsjåen øst for Sandvatn, ligger også i Kvennas nedbørfelt, men ikke i selve hovedvassdraget. Dargesjåen har et lite nedbørfelt og påvirkes ikke av Kvennas vannmasser. Den benyttes som en referanse på effekten av smeltevann i Sandvatn etter som snøfjonnene i vestre deler av Kvennas nedbørfeltet smelter utover sommeren. (<http://www.statkart.no/>).



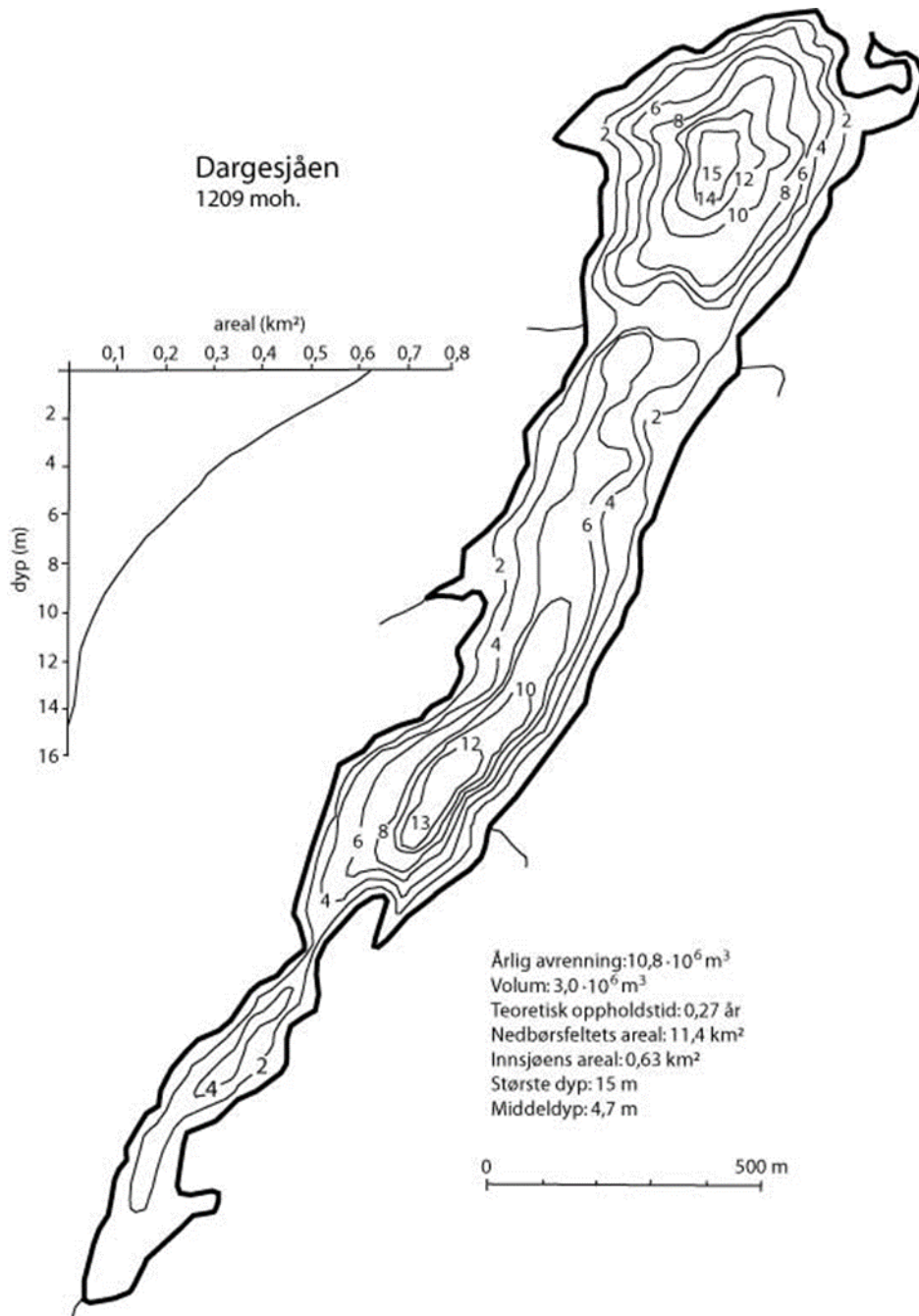
Figur 2. Sandvatn sett mot nordvest. Fylkesgrensen mellom Telemark og Hordaland går nær innløpet. (Foto: Sigurd Rognerud).

2 Dybdekart og morfometri

Sandvatn og Dargesjøen er grunne innsjøer med maksimaldyp på 13 til 15 m (Fig. 3 og 4). Innsjøenes middeldyp er henholdsvis 2,5-4,7 m, og vannets teoretiske oppholdstid er henholdsvis 0,01 år (36 dager) og 0,27 år (98 dager). Middeldypet er ofte relatert til mange innsjøspesifikke egenskaper som temperaturforhold, vannkvalitet og produktivitet. Den korte oppholdstiden i Sandvatn gjør at innsjøen må betraktes som en utvidelse av Kvenna, spesielt på våren og forsommeren. I årenes løp har den vestre delen av innsjøen fått tilført grus og finkorna masser fra elva. Innløpsområdet er følgelig svært grunt, mange steder under 1 m. Kvenna har gode rekrutteringslokaliteter for fisk. Dargesjøen har en lengre oppholdstid, og det er gode rekrutteringsmuligheter både på innløp og utløp. I Sandvatn har fisken gode gytemuligheter i Kvenna både i innløps-området og i utløpet av innsjøen. Temperaturgangen i Sandvatn og Dargesjøen er svært lik i år med lite snø i de vestre fjellområdene av Kvennas nedbørfelt (Kap.4.1.2).



Figur 3. Dybdekart, hypsografisk kurve og innsjøspesifikke data for Sandvatn, basert på målinger med ekkolodd i 2004 (Rognerud et al. 2005).



Figur 4. Dybdekart, hypsografisk kurve og innsjøspesifikke data for Dargesjøen basert på målinger med ekkolodd i 2004 (Rognerud et al. 2005).

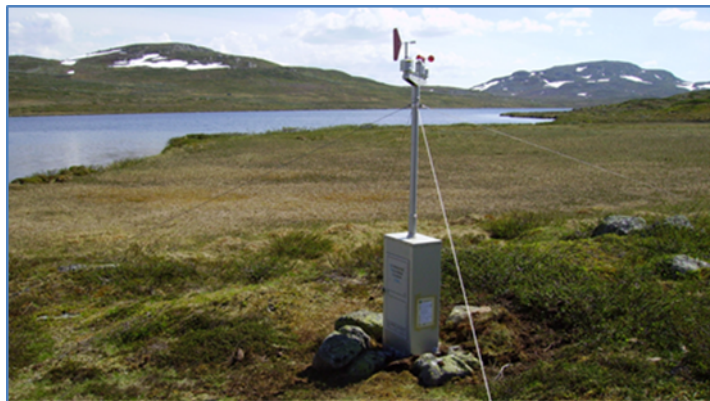
3 Metoder og definisjoner

3.1 Værdata

Temperaturforholdene på sentralvidda ble undersøkt i 2005 ved hjelp av en værstasjon som ble satt opp ved Dargesjøen (Fig.5). Resultatene ble sammenlignet med målinger ved Geilostølen og Møsstrand meteorologiske stasjoner. Det var en svært god sammenheng mellom variasjonene av lufttemperatur (døgnmidler) ved de tre målestasjonene. Forskjellene viste i snitt et avtak på 0,8 °C pr. 100 m økning i høydeforskjell (Rognerud et al. 2006). Vi har benyttet Geilostølen (810 moh.) som referanse for luft-temperaturene på sentralvidda i perioden 2000-2005. Denne stasjonen ble nedlagt i 2005 og erstattet med Geilo-Olderbråten som vi har benyttet for perioden 2006-2015. Denne stasjonen er også lagt ned, og i denne rapporten har vi derfor benyttet Møsstrand for hele perioden. Meteorologiske data er hentet fra Eklima på nettstedet met.no.

3.2 Definisjoner av vær og klima

Vær er atmosfærens tilstand (temperatur, bevegelse, vanninnhold etc.) til enhver tid, eller variasjon i tilstanden fra dag til dag. Klima blir kalt et langsiktig blikk på været (www.atmosphere.mpg.de). Det tidsintervallet en velger å bruke bestemmes ofte av formålet. Det benyttes ofte ti-års og tretti-års serier (såkalte normalverdier) som beskriver middelveier, variasjoner og ekstrem-verdier av klimavariabler som temperatur, nedbør, fuktighet, vindstyrke og lufttrykk. Vi har her benyttet normalperioden 1961-1990, mens perioden 1971-2000 er benyttet i Hanssen-Bauer et al. (2017). Klimaendringer er systematiske endringer i klimaet (i en retning) forårsaket av ytre pådriv (solstråling, vulkanisme, menneskelige utslipp til atmosfæren), mens klimavariasjoner kan skyldes varierende pådriv i for eksempel solstrålingen, eller vekselvirkninger mellom hav og atmosfære.



Figur 5. Værstasjonen som ble satt opp ved Dargesjøen for å kalibrere værdata mot de nærmeste meteorologiske stasjonene Geilostølen (fra 2006 Olderbråten) og Møsstrand. (Foto: Sigurd Rognerud).

3.3 Temperaturloggere

I Sandvatn og referansesjøen Dargesjøen ble vanntemperaturen målt ved hjelp av temperaturloggere (registrering hver time). Disse ble satt ut like etter isgang og tatt opp i første del av oktober (vanligvis 1 til 2 uker før islegging). Det ble målt temperaturer på 1-2 m's dyp i perioden 2003-2017, og i dybdeprofiler i 2006-2007. Siden innsjøene er grunne, vindeksponerte og store deler av bunnområdene er grunnere enn 4 meter, var temperaturene på 1 m's dyp representativ for en stor del av produksjons-sjiktet i innsjøene (Rognerud et al. 2005, 2006).

3.4 Fiskeundersøkelser

3.4.1 Lengde, vekt og ernæring

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), mens kjøttfargen ble registrert etter en kvalitativ skala med angivelse av hvit (1), lys rød (2) eller rød (3). Mageinnhold ble bestemt i felt. Dominerende grupper i mageinnholdet ble anslått til volumprosent av det totale. Frekvensprosenten angir hvor stor andel av fisken med mat i magen som hadde spist en bestemt gruppe av næringsdyr. Fyllingsgraden ble angitt på en skala fra 0-5, der 0 er tom og 5 er utspilt mage.

3.4.2 Alder, vekst og kondisjon

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 tilbake-beregnet fra skjell ved hjelp av en 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. Kjønnsmoden fisk får ofte en stagnasjon i veksten ved og etter kjønnsmodning (Thaulow et al., 2017). I våre beregninger av tilvekst har vi kun benyttet siste sesongs tilvekst av umoden fisk for å unngå for mange av disse spesifikke feilkildene.

3.4.3 Garnbruk

De ulike årene ble det prøvofisket med maskevidder 13,5 mm, 16 mm, 21 mm, 26 mm, 29 mm, 35 mm og 39 mm. Parallelt er det også fisket med Nordisk serie hvor maskeviddene varierer fra 5-60 mm i 2,5 m lange paneler. Alle garna i Jensen-serien er 25 m lange og 1,5 m dype, de Nordiske er 30 m lange og 1,5 m dype.

Antall og maskevidder varierer fra år til år. Den såkalte Jensen-serien består av to garn med maskevidde 21 mm og ett garn hver med maskeviddene 26, 29, 35, 39, 45 og 52 mm. I våre undersøkelser har vi benyttet en redusert Jensen-serie hvor 45 og 52 mm er fjernet. Dette gir seg utslag i en underestimert av antall fisk > 40 cm, mens serien gir et forholdsvis representativt bilde av bestanden mellom 20 og 40 cm. For å skaffe et best mulig materiale av den fangbare del av bestanden (>30 cm) har vi vanligvis brukt et større antall garnnetter av 29, 35 og 39 mm. Fangstene er harmonisert til fangst pr. garnnatt fordelt på centimeter-grupper for de ulike maskevidder, og deretter satt sammen som til en redusert Jensen-serie. Vi får da en representativ frekvens av de ulike centimeter-gruppene. Ut fra aldersanalysene har vi transformert dette antallet til aldersgrupper. CPUE (catch pr. unit effort), oppgis vanligvis som antall fisk pr. garnnatt eller kilo fisk pr. garnnatt.

Dette er benyttet som et mål på fiskebestandens tetthet. De Nordiske garna er 30 m lange, men de er ikke benyttet i disse beregningene. Det er derfor ikke korrigert for dette.

3.4.4 Vekstberegninger

Fisk har generelt et fleksibelt vekstmønster. De viktigste faktorene som påvirker veksten er tilgang på næring og temperaturforholdene (Elliott & Hurley 1999). Det er utført en del studier på ørretens vekst når næring finnes i overskudd og ingen andre faktorer påvirker veksten (Forseth et al. 2001). Vi har her brukt modellen som er beskrevet av Forseth et al. (2001).

Vekten M_t etter tiden t kan beregnes fra ligning 3:

$$(1) M_t = [M_o^b + 0,01 \{b \cdot t \cdot d (T - T_L(1 - e^{g(T-T_U)}))\}]^{b-1}$$

hvor $b = 0,308$, $d = 0,95$ and $g = 0,063$. $T_L = 4,47$ °C som er laveste kritiske temperatur for vekst, og $T_U = 25,8$ °C som er øvre kritiske grense for vekst.

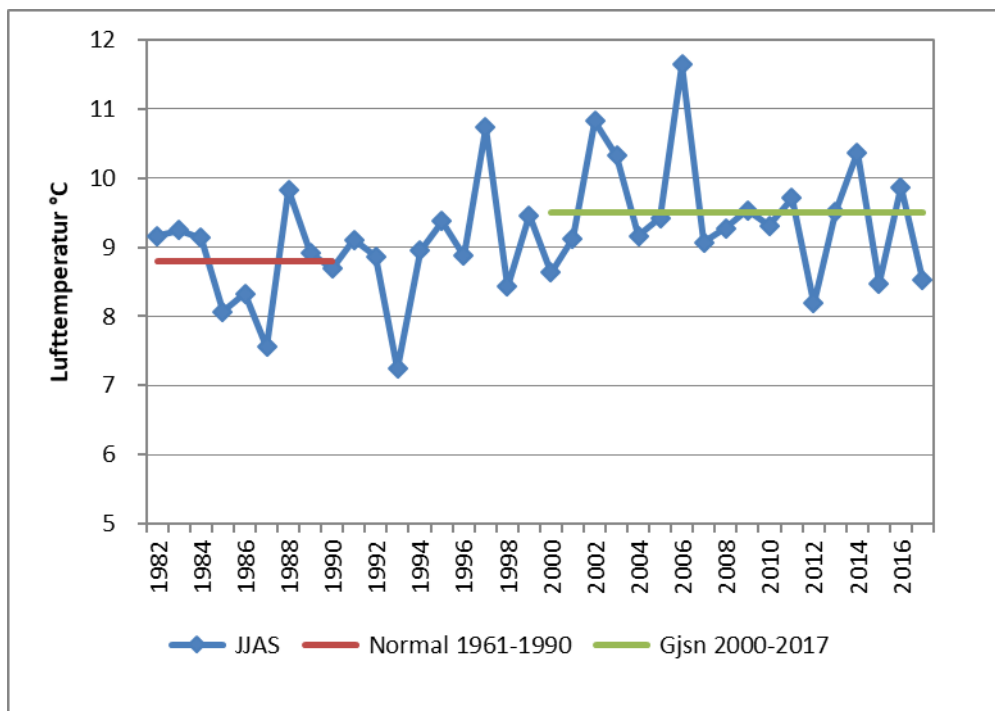
Denne metoden er brukt for å sammenligne optimal tilvekst mot observert tilvekst i en del norske elver (Jensen et al. 2000, Vøllestad et al. 2002), men ikke for innsjøer og magasiner. I elver er det enklere å måle temperaturforholdene slik fisken erfarer den, da forholdene er mer homogene over lengre elveavsnitt. Innsjøer er ofte sjiktet, og dette gjør at fisken har større fleksibilitet og kan søke til de områdene der temperaturen er mest gunstig. Temperaturvandringer er velkjente, blant annet fra høyfjellet (Sømme 1941). Vi har målt temperaturen på 1 – 2 meters dyp. Denne temperaturen er representativ for dybdeintervallet 0 – 8 m i store deler av isfri periode. Innsjøene på Hardangervidda er grunne og prøvefiske på ulike dyp har vist at det aller meste av fisken står i denne dybdesonen.

4 Resultater

4.1 Klimatiske forhold

4.1.1 Tidsutvikling i lufttemperatur

Det har vært en økning i lufttemperaturen (LT) ved Møsstrand målestasjon for sommerperioden 1. juni 3- 30. september (JJAS) etter 2000 sammenlignet med normalen 1961-1990 (Fig. 6). Siden 2000 har gjennomsnittstemperaturen vært 9,50 °C, mens normalen 1961-1990 var 8,79 °C. Høyeste temperatur ble målt i 2006 med 11,7 °C, laveste i 2012 med 8,2 °C. I den siste delen av perioden har det vært tre kalde somrer (2012, 2015 og 2017).

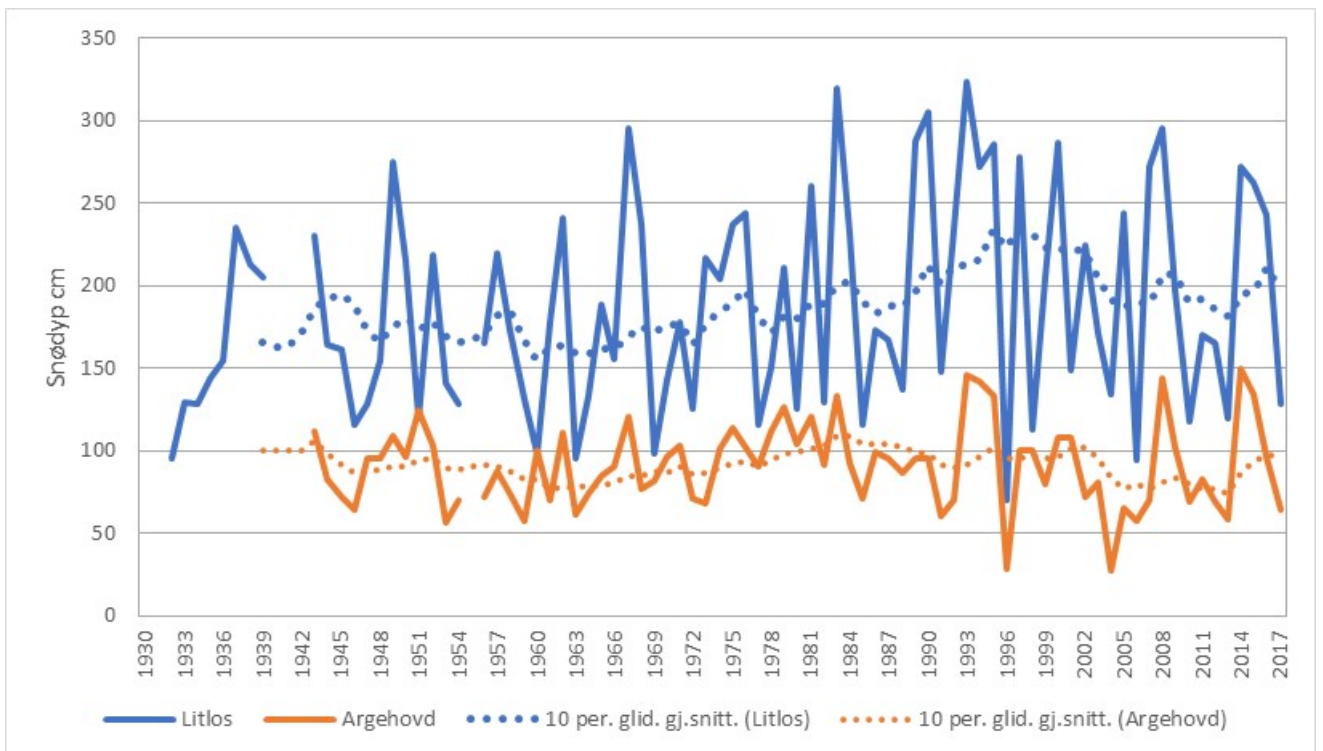


Figur 6. Middeltemperatur (1.6 til 30.9) på Møsstrand målestasjon (Eklima på nettstedet met.no).

Vi har tidligere vist at det er en synkron samvariasjon mellom lufttemperaturer (LT) ved ulike meteorologiske stasjoner rundt Hardangervidda, samt for LT og vanntemperaturer i overflatelagene (VTO) i innsjøer på sentralvidda (Rognerud et al. 2003, 2006). I 2005 var LT ved vår meteorologiske stasjon på Dargesjøen nært korrelert til LT ved den meteorologiske stasjonen på Geilo (Rognerud et al. 2006) som også er nært korrelert til Møsstrand (Qvenild & Rognerud 2017). Været sommerstid vil derfor bestemme temperaturene i innsjøenes epilimnion, og disse vil i stor grad samvariere over store områder. Lufttemperaturen målt på Møsstrand samvarierer med vanntemperaturen de ulike år (Fig. 8).

4.1.2 Sammenhengen mellom snømengder i nedbørfeltet og vanntemperaturen i Sandvatn og Dargesjåen

Snøforholdene er viktige for isløsningen og for vanntemperaturen i avsmeltningsperioden. Snøforholdene i Kvenna varierer med mye snø vest i nedbørfeltet til lite snø i den østlige delen. Vi har snødata for Litlos (fra 1930) i den vestlige delen og for Argehovd i Kvennas utløp ved Mogen (fra 1943) som viser over dobbelt så mye snø på Litlos (Fig. 7). Det er en økende trend fra et nivå rundt 170 cm til et nivå rundt 200 cm ved Litlos (målt som 10-års glidende gjennomsnitt). Ved Argehovd er det ingen trend. Det kan derfor se ut som om vintrene er blitt noe mer snørike enn tidligere ved Litlos. Det ser også ut til at variasjonen har økt. Måler vi dette som standardavviket i 10-årsperioder har dette økt siden midten av 1980-tallet. Vi har hatt 15 snørike år siden 1930 ved Litlos med mer enn 250 cm snø, bare 4 av disse kom før 1989. Det har falt mer enn 300 cm snø bare tre ganger, mest kom det vinteren 1993 med 324 cm. Vinteren 2013 var den mest snørike på Argehovd med 150 cm. Selv spesielt snørike vintre gjerne vil være det i hele vassdraget er det ikke en spesielt god korrelasjon mellom snødyb på Litlos og Argehovd de enkelte år ($r^2 = 0,36$).



Figur 7. Snødybde i cm målt på Litlos og Argehovd i april 1930-2017 (data Øst-Telemarkens brukseierforening).

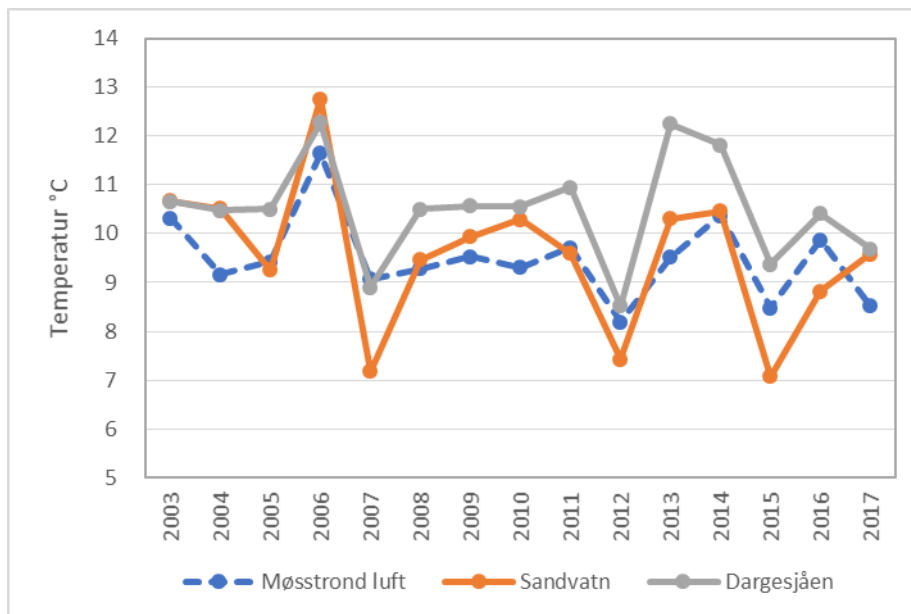
Sandvatn kan betraktes som en utvidelse av Kvenna. Nedbørfeltet er stort og inkluderer høyere-liggende fjellområder på sydvestre deler av Hardangervidda, mens Dargesjåen har et relativt lite nedbørfelt og den ligger ikke i selve Kvenna (Fig. 1). I snørike vintre vil smelte vann fra det store nedbørfeltet i vest prege temperaturen i Kvenna i juni og juli, i enkelte år til godt ut i august.

I enkelte år med lite snø i fjellet slik som i 2003, 2004, 2006, 2010 og 2017 var temperaturgangen i Dargesjåen og Sandvatn svært like (Fig. 8). Dette betyr at ved å sammenligne temperaturgangen i disse innsjøene får vi et inntrykk av den betydning som smelte vanns-effekten i Sandvatn har i år med mye snø i vestlige deler av Kvennas nedbørfelt. I vår tidsserie har vi hatt smelte vannseffekt i 10 av 15

år (2005, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 og 2016). Dette fører til en lavere årlig tilvekst for fisken i Sandvatn enn det en kunne forventet uten denne smeltevannseffekten. Snødybder ved Litlos på mer enn 160 cm gir vanligvis smeltevannseffekter i Kvenna. Snødyb >160 cm har vi hatt 53 ganger siden 1930 i de 83 årene vi har målinger. I 54% av årene før 1985 var snødybden >160 cm, mens i årene fra og med 1985 har vi hatt dette i 67% av årene.

Med bakgrunn i beregninger av antall døgngader og middeltemperatur kan vi få en indikasjon på hvilke av årene som hadde fysiske forutsetninger for å bli dårlige og gode produksjonsår i Sandvatn. De fire dårligste årene har vært hhv 2005, 2007, 2012 og 2015.

Vi har tidligere vist at det er en god sammenheng mellom lufttemperatur og vanntemperatur i innsjøer på sentralvidda som ikke er påvirket av smeltevannseffekten (Rognerud et al. 2005). I vår serie fra 2003 var det en god sammenheng mellom lufttemperaturen på Møsstrand og Dargesjøen ($r^2 = 0,76$), mens sammenhengen mellom Møsstrand og Sandvatn var noe dårligere ($r^2 = 0,58$). Det er spesielt smeltevannseffekten som vil ha betydning her.



Figur 8. Gjennomsnittstemperatur på dyp fra 1-2 m i perioden 15. juni til 30. september i Sandvatn og Dargesjøen for perioden 2003-2017. I år uten smeltevannseffekt er vanntemperaturen i de to innsjøene tilnærmet like (2003, 2004, 2006, 2010 og 2017).

4.2 Fiskens næringsdyr i Sandvatn basert på mageanalyser

4.2.1 Fiskens næringsdyr i august

Vi har gjort fiskeundersøkelsene i august (uke 33) i perioden 2001-2017, unntatt i 2003. Ved dette fisket ble også mageinnholdet av et representativt utvalg fisk undersøkt. Krepsdyrene marflo *Gammarus lacustris*, skjoldkrep *Lepidurus arcticus* og linsekrep *Eurycercus lamellatus* er viktige næringsdyr for fisk i Sandvatn. Både samlet og hver for seg kan de variere mye fra år til år (Fig. 9).

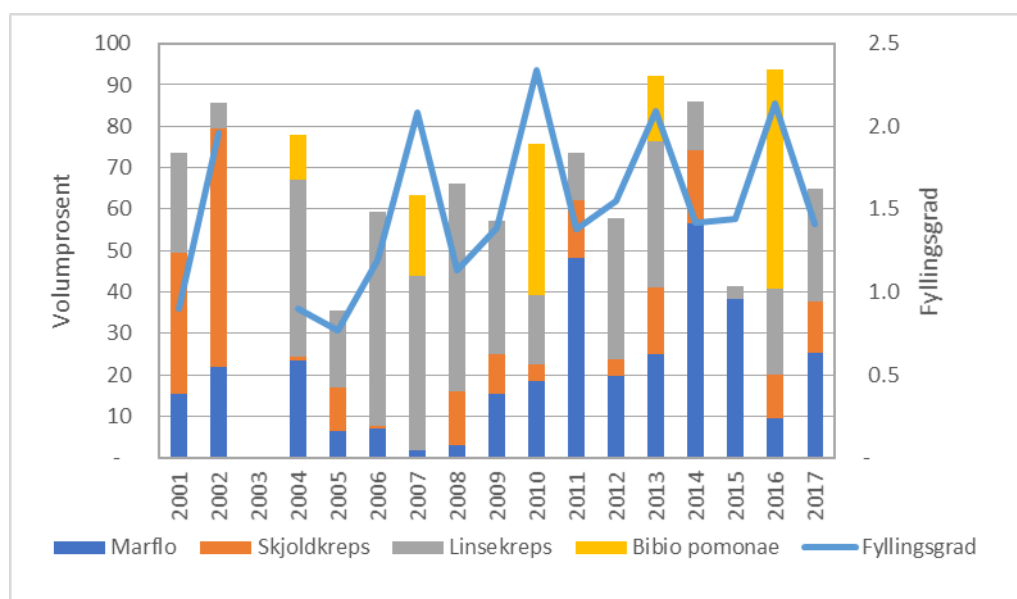
Krepsdyrene utgjør ofte over 50% av mageinnholdet målt som volumprosent, enkelte år over 80%. De to store krepsdyrene marflo og skjoldkrep prefereres av stor fisk, og når ørretbestanden blir for

tett kan disse bli beitet ned. I perioden 2004-2010 var disse på et lavt nivå, mens den mindre linsekrepsen da fikk en større betydning. I 2006-2007 ble marflo så vidt registrert og skjoldkrepsen var helt fraværende.

Både skjoldkreps og linsekreps har ettårige livs-sykluser og overvintrer som hvileegg. I år med sen isgang og/ eller lav vanntemperatur vil skjoldkrepsen utvikle seg sent, og den får mindre betydning som næring i slike år. Den kalde sommeren 2015 var et slikt år, og også i 2012 betydde den lite som mat for ørreten. Ørretbestanden var da tynn og lave temperaturer var hovedårsaken. Linsekrepsen har en raskere vekst og blir viktig som næring på et tidligere tidspunkt. Den er derfor ikke like følsom for lave temperaturer. Den er relativt sett viktigst for småfisken, men i år hvor marflo og skjoldkreps er beitet ned blir den også av betydning for større ørret. Dette var situasjonen i perioden 2006-2009 (Fig. 9).

Magefyllingsgraden har i perioden 2001-2017 vært mellom 0,8 og 2,3 (Fig. 9). Den lå på et lavere nivå de årene det var sterk næringskonkurranse som følge av tett bestand (2004-2007). Etter som ørretbestanden avtok fra 2007 av ble næringstilgangen bedre både kvantitativt og kvalitativt.

I undersøkelsesperioden har det vært massesverminger av landinsektet hårmugg *Bibio pomonae*. Dette har skjedd hvert tredje år fra 2004. Svermingene har blitt stadig sterkere og i 2016 dominerte hårmugg i mageinnholdet. I slike år betyr hårmugg mye som ekstranæring. Uten hårmugg ligger magefylling nokså konstant på ca. 1,5. Ørreten beiter følgelig nokså likt på innsjøens næringsdyr, men hvert tredje år har *B. pomonae* kommet i tillegg.



Figur 9. Krepsdyrenes andel av totalt mageinnholdet (volum%) fordelt på marflo, skjoldkreps, linsekreps og hårmugg *Bibio pomonae*. Fyllingsgraden er angitt med blå strek.

4.3 Fiskeundersøkelsene i Sandvatn

4.3.1 Fangstene i prøvafisket

Det er samlet inn et stort antall prøver av skjell og otolitter i perioden 2001-2017. Totalt er alderen bestemt for 1629 fisk. Det er et godt samsvar mellom alder avlest på skjell og otolitter for yngre fisk og begge kan benyttes, men for eldre fisk har vi kun benyttet otolitter for avlesning av alder.

Resultatet av prøvafisket i perioden 2001-2017 er vist i tabell 1.

Tabell 1. Oversikt over fangstene på ulike maskevidder av prøvegarn i perioden 2001-2017. Merk at Nordiske garn er 30 m lange, mens garna i Jensen-serien bare er 25 m. I beregning av CPUE er det ikke korrigert for dette i tabellen.

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Nordisk	ant garn	0	1		0	6	2	1	2	2	1	4	24	9	4	4	4	4
	ant fisk		20			84	22	24	32	25	12	65	161	110	98	49	33	46
	vekt		2147			7045	1013	2163	2458	2006	746	3604	11567	4705	4398	5132	4037	2590
	gjennomsn vekt (gram)		107			84	46	90	77	80	62	55	72	43	45	105	122	56
	ant/garnnatt		20,00			14,00	11,00	24,00	16,00	12,50	12,00	16,25	6,71	12,22	24,50	12,25	8,25	11,50
	ant gram/garnnatt		2147			1174	507	2163	1229	1003	746	901	482	523	1100	1283	1009	648
13,5 mm	ant garn	0	0		1	0	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2
	ant fisk				88		27	39	29	14	16	58	12	79	41	16	31	12
	vekt				1949		885	1176	785	427	419	1342	251	1698	1035	373	762	284
	gjennomsn vekt (gram)				22		33	30	27	31	26	23	21	21	25	23	25	24
	ant/garnnatt				88,00		13,50	14,50	14,50	7,00	16,00	29,00	12,00	39,50	41,00	8,00	15,50	6,00
	ant gram/garnnatt				1949		443	588	393	214	419	671	251	849	1035	187	381	142
16 mm	ant garn	0	0		1	0	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2
	ant fisk				48		76	43	35	67	23	59	31	81	66	34	76	65
	vekt				1721		3420	1673	1715	3030	1156	3160	1176	3521	2619	1461	3462	2672
	gjennomsn vekt (gram)				36		45	39	49	45	50	54	38	43	40	43	46	41
	ant/garnnatt				48,00		38,00	21,50	17,50	33,50	23,00	29,50	31,00	40,50	66,00	17,00	38,00	32,50
	ant gram/garnnatt				1721		1710	837	858	1515	1156	1580	1176	1761	2619	731	1731	1336
21 mm	ant garn	3	4		1	5	4	4	4	5	2	4	7	4	4	4	4	4
	ant fisk	101	149		17	112	91	69	77	53	68	54	53	41	103	81	44	106
	ant maskebitere	0	2		0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	4	2	0	0
	vekt	8675	14038		1858	9577	8922	6804	6415	4366	5662	4845	4692	3573	8546	5791	3733	8647
	gjennomsn vekt (gram)	86	94		109	86	98	99	83	82	83	90	89	87	83	71	85	82
	ant/garnnatt	33,67	37,25		17,00	22,40	22,75	17,25	19,25	10,60	34,00	13,50	7,57	10,25	25,75	20,25	11,00	26,50
ant gram/garnnatt	2892	3510		1858	1915	2251	1701	1604	873	2831	1211	670	893	2137	1448	933	2162	
26 mm	ant garn	2	2		1	2	2	2	2	3	3	4	8	6	3	4	4	4
	ant fisk	28	27		16	20	18	22	22	12	20	12	18	22	12	17	29	36
	ant maskebitere	1	1		1	16	2	2	1	1	1	2	2	2	9	0	2	1
	ant maskebitere %	3 %	4 %		6 %	44 %	10 %	8 %	4 %	8 %	5 %	14 %	10 %	8 %	43 %	0 %	6 %	3 %
	vekt	4158	4301		3112	2648	3114	4686	3610	2159	2889	2045	3935	3693	1603	2824	4276	5583
	gjennomsn vekt (gram)	149	159		195	132	173	213	164	180	144	170	219	168	134	166	147	155
ant/garnnatt	14,00	13,50		16,00	10,00	9,00	11,00	11,00	4,00	6,67	3,00	2,25	3,67	4,00	4,25	7,25	9,00	
ant gram/garnnatt	2079	2151		3112	1324	1557	2343	1805	720	963	511	492	616	534	706	1069	1396	
29 mm	ant garn	2	2		1	7	4	14	19	14	7	20	18	11	6	12	14	4
	ant fisk	10	18		8	67	38	120	112	45	19	43	29	11	9	60	37	13
	ant maskebitere	0	1		0	13	6	10	3	7	5	4	8	3	21	6	1	2
	ant maskebitere %	0 %	5 %		0 %	16 %	14 %	8 %	3 %	13 %	21 %	9 %	22 %	21 %	70 %	9 %	3 %	13 %
	vekt	2415	4543		2239	17550	9256	36303	28748	14301	4596	11911	7537	3713	1782	15317	8898	2980
	gjennomsn vekt (gram)	242	252		280	262	244	303	257	318	242	277	260	338	198	255	240	229
ant/garnnatt	5,00	9,00		8,00	9,57	9,50	8,57	5,89	3,21	2,71	2,15	1,61	1,00	1,50	5,00	2,64	3,25	
ant gram/garnnatt	1208	2272		2239	2507	2314	2593	1513	1022	657	596	419	338	297	1276	636	745	
35 mm	ant garn	2	4		1	11	4	12	14	12	7	10	14	15	10	20	12	4
	ant fisk	2	34		0	22	11	44	24	18	5	14	5	8	4	39	14	2
	ant maskebitere	1	2		0	5	1	13	11	3	6	3	3	0	17	12	5	1
	ant maskebitere %	33 %	6 %			19 %	8 %	23 %	31 %	14 %	55 %	18 %	38 %	0 %	81 %	24 %	26 %	33 %
	vekt	1135	17563		0	7924	3641	15764	9878	6846	2469	6937	4068	5428	1194	14555	5818	586
	gjennomsn vekt (gram)	568	517			360	331	358	412	380	494	496	814	679	299	373	416	293
ant/garnnatt	1,00	8,50			2,00	2,75	3,67	1,71	1,50	0,71	1,40	0,36	0,53	0,40	1,95	1,17	0,50	
ant gram/garnnatt	568	4391			720	910	1314	706	571	353	694	291	362	119	728	485	147	
39 mm	ant garn	2	5		1	7	4	12	2	2	7	10	20	14	6	12	8	4
	ant fisk	1	28		2	9	5	27	1	0	8	15	11	7	2	6	4	1
	ant maskebitere	4	10		4	3	5	11	4	0	4	1	3	0	9	14	3	1
	ant maskebitere %	80 %	26 %		67 %	25 %	50 %	29 %	80 %		33 %	6 %	21 %	0 %	82 %	70 %	43 %	50 %
	vekt	525	16045		1073	3414	2071	11282	480	0	3883	10324	8247	5207	1567	3336	1944	387
	gjennomsn vekt (gram)	525	573		537	379	414	418	480		485	688	750	744	784	556	486	387
ant/garnnatt	0,50	5,60		2,00	1,29	1,25	2,25	0,50		1,14	1,50	0,55	0,50	0,33	0,50	0,50	0,25	
ant gram/garnnatt	263	3209		1073	488	518	940	240		555	1032	412	372	261	278	243	97	

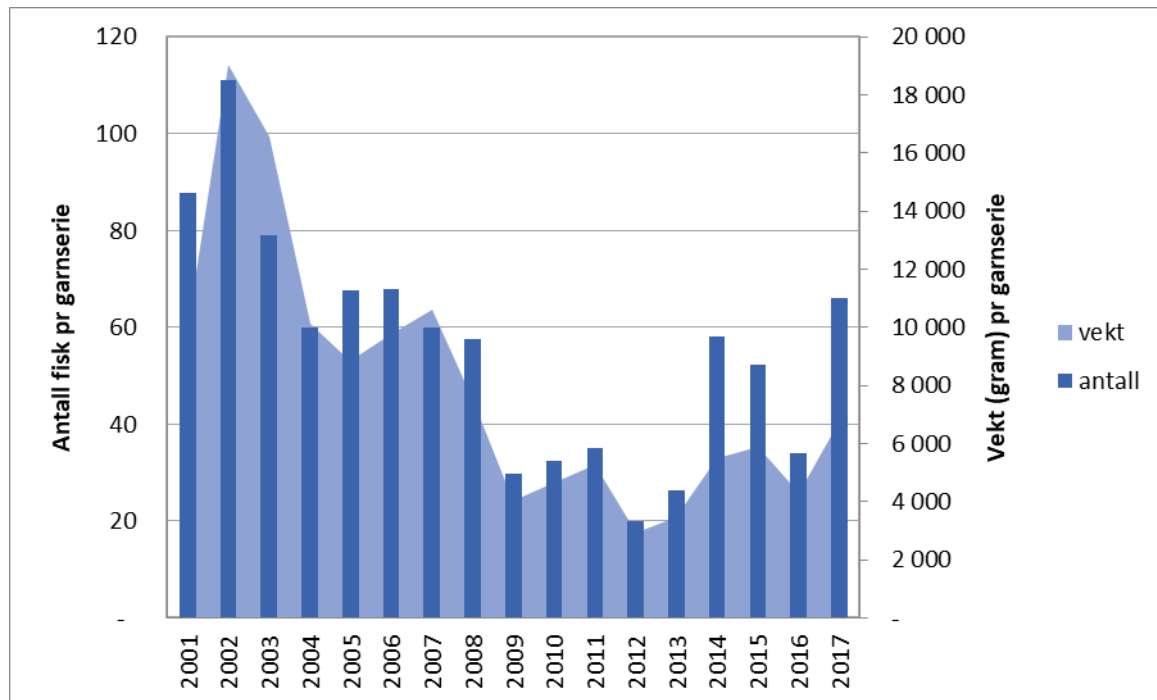
Fangsten pr. garnnatt (CPUE) brukes ofte som et uttrykk for fisketettheten i de lengdegruppene garnet fisker på, men det er som oftest et nokså usikkert tall. Selv om antallet på småmaskete garn kan antyde en økt rekruttering er det mye som kan skje med en årsklasse før den er inne i fangbare

størrelser og bidrar til fisket. De siste års fangster på 13,5 og 16 mm kan tyde på at 2014-årsklassen har klart seg godt gjennom den kalde sommeren 2015, mens 2015-årsklassen ser ut til å bli svakere som vist i fangstene på 13,5 mm i 2017. Vinteren 2014/15 ble snørik og sommeren 2015 kald. Yngelen som ble født i 2015 fikk derfor en vanskelig start, men den var likevel til stede.

Holdt opp mot årsklassestyrken som etter hvert har avtegnet seg (se Tab. 2, Fig. 11) kan vi se noen trender. Den sterke 1997-årsklassen viste seg tidlig med høye fangster på finmaskete garn og etter hvert høye fangster på de grovmaskete garna. Årsklassene 2001 og 2002 lar seg også spore. 2006-årsklassen som normalt burde ha blitt sterk ble muligens negativt påvirket av den tette bestanden av større fisk i Sandvatn i 2008. Etter en del år med forholdsvis tynn bestand er det nå tegn til en forsiktig oppgang.

4.3.2 Bestandssituasjonen

Den reduserte Jensen-serien vi har brukt, fanger forholdsvis jevnt på bestanden i størrelsesgruppen 20-40 cm, og følgelig vil fangstene gi et relativt bilde på bestandssvingningene for denne lengdegruppen i perioden 2001-2017. Dette er vist for både antall og vekt pr. garnserie i figur 10 og tabell 2.



Figur 10. Bestandssvingningene i Sandvatn i perioden 2001-2017 pr. reduserte Jensen-serie gitt som antall (venstre ordinat), og vekt i gram (høyre ordinat). Verdiene for 2003 (mangler data) og 2010 (unormale data) er estimert som gjennomsnittet av året før og året etter.

Vi har gjennomført et prøvofiske hvert år i uke 33, unntatt i 2003 da det ikke ble fisket. Verdiene for 2003 er beregnet som gjennomsnittet for 2002 og 2004 (Rognerud og Qvenild 2013). På grunn av spesielle værforhold med meget sterk vind i 2010 ble resultatene av prøvofisket svært unormale og lite sannsynlige. Vi har derfor beregnet verdiene fra gjennomsnittet for 2009 og 2011.

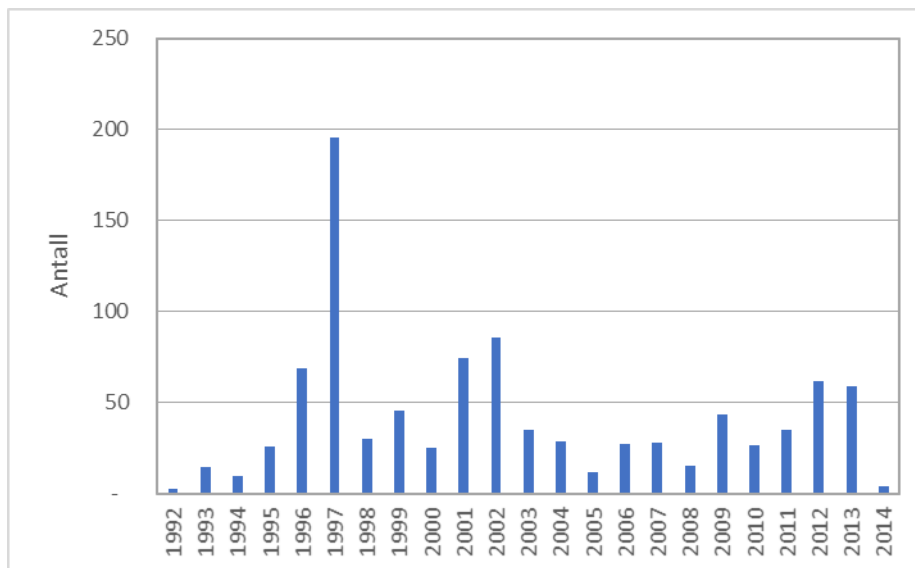
Tabell 2. Antall fisk pr. garnserie (15-45 cm) de ulike år (kolonne til venstre) fordelt på årsklasser).

	antall	vekt	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992		
2001	88	9 900																			36,95	37,08	11,16	0,85	1,30	0,50	
2002	111	19 041																			2,83	72,33	15,51	6,37	4,06	8,10	1,70
2003	79	16 577																			10,00	5,50	42,67	10,28	3,97	2,70	4,30
2004	60	10 140														6,80	1,70	20,62	8,42	13,00	5,05	1,58	1,33	0,50	-	-	
2005	68	8 870													11,64	32,09	6,69	0,31	-	14,87	0,16	0,83	0,68	-	-	0,35	
2006	68	9 760													24,00	15,95	6,50	4,59	5,39	10,23	0,67	-	-	-	-	-	
2007	60	10 592												0,63	23,59	13,39	5,59	6,36	5,75	4,61	-	0,08	-	-	-	-	
2008	58	7 471											3,00	24,33	21,03	3,12	2,64	2,13	1,12	0,24	-	-	-	-	-	-	
2009	30	4 058									2,40	3,00	14,26	4,75	2,75	1,48	0,60	0,39	0,20	0,07	-	-	-	-	-	-	
2010	32	4 657								6,62	6,95	3,29	8,15	3,10	1,67	0,96	0,50	0,34	0,18	0,09	-	0,14	-	-	-	-	
2011	35	5 255							1,31	13,23	11,51	3,57	2,04	1,44	0,59	0,43	0,39	0,28	0,15	0,10	-	0,29	-	-	-	-	
2012	20	2 954					0,24	7,61	5,52	3,94	1,03	0,67	0,07	0,06	0,31	0,18	0,04	0,10	0,06	-	0,29	-	-	-	-	-	
2013	26	3 473					0,67	15,31	4,58	2,47	1,86	0,55	0,25	0,24	0,14	-	-	0,14	-	0,06	-	0,29	-	-	-	-	
2014	58	5 485				3,79	23,63	27,78	1,73	0,33	0,13	0,17	-	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2015	52	5 884	2,04	29,26	25,69	6,54	2,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	
2016	34	4 299	-	-	10,00	18,30	3,07	1,24	0,08	0,37	-	-	-	-	-	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2017	66	6 708	2,04	29,26	25,69	6,54	2,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			4,09	58,52	61,38	35,16	26,76	43,33	15,23	28,17	26,80	11,60	23,39	34,72	85,46	74,55	24,78	45,19	29,65	195,27	68,73	25,66	9,63	14,20	2,55		

4.3.3 Årsklassenes styrke

Dersom vi summerer årsklassenes bidrag de årene de er inne i lengdeintervallet 15-45 cm får vi en samlet verdi for de ulike årsklassenes styrke (Tab. 2, Fig. 11). Figuren viser at fra og med 1995- til og med 2011-årsklassen har vi et godt bilde av de ulike årsklassenes totale styrke. Før 1995 mangler vi bidragene fra en del yngre fisk. 2011-årsklassen er nå så å si fullrekruttert inn i lengdeintervallet 15-45 cm, mens yngre årsklasser vil bli sterkere enn vist i figuren etter hvert som de vokser til.

Vi ser 1997-årsklassenes dominerende styrke i perioden. Den preget bestanden helt til 2007. 2006-årsklassen hadde potensiale til å bli sterk da det var en snøfattig vinter og en sommer med høy temperatur, men som vist var bestanden av næringsdyr fremdeles sterkt nedbeitet (se Fig. 9). Det var forholdsvis mye småfisk i Sandvatnet i 2008 når 2006-årsklassen vandret inn, og den fikk derfor en hard konkurranse. Først i 2009 fikk vi en noe sterkere årsklasse. Mange års lav rekruttering har gitt seg utslag også i fisket (Fig. 12). Hverken 2012- eller 2013-årsklassene er fullrekruttert og begge ser følgelig ut til å bli sterke. 2014-årsklassen hadde potensiale til å bli sterk. Den er bare så vidt synlig i intervallet 15-45 cm, men fangstene på 16 mm viser helt klart at den også blir sterk. 2015 ble en svært dårlig sesong med mye snø, sen isgang og en kald sommer. Ut fra fangstene på 13,5 mm ser det da også ut som den blir svak. Totalt sett ser det ut som at de tre årsklassene 2012, 2013 og 2014 vil bidra til en markert oppgang i fisket i 5-årsperioden som kommer.

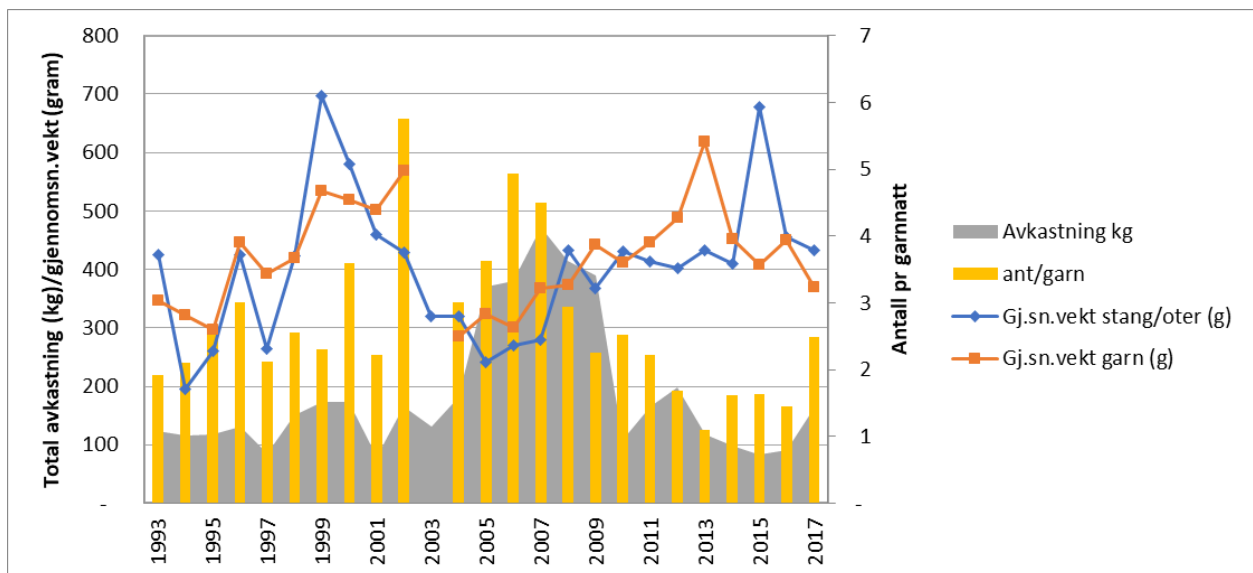


Figur 11. Årsklassenes totale bidrag til fangstene på en redusert Jensen garnserie. Det mangler bidrag fra yngre fisk før 1995, og for årsklassene etter 2011 vil det bli et økt bidrag i kommende år.

4.3.4 Årlige variasjoner i fisket i Sandvatn

Det er samlet inn fangstrapporter fra fiskerne i Sandvatn fra 1993 til 2017. Utviklingen i avkastning og antall fisk pr. garnnatt er vist i Figur 12. Dette er i hovedsak et fiske med garn (29, 35 og 39 mm), men også med stang og oter (Qvenild 2018).

Avkastningen frem til og med 2004 varierte mellom 79-181 kg (snitt 136 kg eller 0,87 kg/ha). Fisket var da et bi-fiske til fisket i Gunleiksbuvatn, som ligger nedstrøms Sandvatn. Det er verdt å merke seg at til tross for et lavt uttak var det den gang et kvalitativt meget godt fiske med et gjennomsnittlig utbytte på 2,5 fisk pr. garnnatt (perioden 1993-2001) og fisk på over 400 gram i snitt. Etter at den sterke 1997-årsklassen vokste inn i fangbar størrelse fra 2004 av preget den fangsten frem til 2008 med høyt utbytte og høy avkastning. Gjennomsnittsvekten gikk drastisk ned både i garnfangstene og i fisket med stang og oter. Etter som 1997-årsklassen ble fisket ut ble bestanden igjen tynnere og gjennomsnittsvektene økte. Bestanden har vært tynn noen år med dertil lavt utbytte, men med kvalitetsmessig fin fisk med gjennomsnittsvekter mellom 4-500 gram. Det er nå tegn til en økende bestand.



Figur 12. Statistikk over total avkastning, antall pr. garnnatt, og gjennomsnittsvikt for fisk tatt på stang/oter og garn i Sandvatn i perioden 1993-2017. Ingen garnfangster i 2003.

Garnfisket ble tidligere vesentlig drevet med 39 mm og noe 35 mm. Fra 2005 ble det også benyttet 29 mm, men fra og med 2006 ble fisket med 35 mm det dominerende. Etter at bestanden ble tynnere igjen ble det anbefalt å endre maskeviddesammensetningen igjen mot 39 mm som dominerende.

5 Diskusjon

5.1 Klimatiske faktorer

Vi har definert sommerperioden til 1. juni – 30. september (JJAS). Lufttemperaturen (LT) ved Møsstrand målestasjon er benyttet fordi den har målt kontinuerlig gjennom hele undersøkelsesperioden. Den er nært korrelert til de andre målestasjonene som er benyttet ved ulike anledninger i prosjektet.

Nordli et al. (2003) beregnet såkalte «spring-summers», dvs gjennomsnittet for perioden 1. april-31. august (AMJJA) for Bergen meteorologiske stasjon. Denne såkalte «Vestlandsserien» er beregnet helt tilbake til 1734. Denne er godt korrelert med den såkalte «Østlandsserien» og den såkalte «Uppsalaserien» som alle viser at lufttemperaturen samvarierer over store områder. Møsstrand målestasjon (977 moh.) er godt korrelert til Bergens meteorologiske stasjon, men den ligger 5,3 °C lavere enn Bergen (Qvenild og Rognerud 2017). «Vestlandsserien» viste storskala endringer i lufttemperaturen med brå temperaturøkninger i 1920-årene og på 1990-tallet. Etter 2000 har temperaturen i Bergen ligget signifikant høyere enn normalen 1961-1990.

Selv om det har vært noen kalde somrer etter 2000 ligger gjennomsnittet for Møsstrand målestasjon for 1. juni – 30. september på 9,5 °C som er 0,7 °C høyere enn normalen 1961-1990. Både måleperioden (AMJJA) for «Vestlandsserien» og måleperioden (JJAS) for våre undersøkelser viser at vi har hatt en markert temperaturøkning etter 2000. Denne temperaturøkningen startet på midten av 1980-tallet og har på landsbasis vært opp imot 1,5 °C (Hanssen-Bauer et al. 2017). Det er prognosert en ytterligere økning på 2-3 °C frem mot 2100 i de klimaregionene som Hardangervidda sokner til (1 og 2).

Lys- og temperaturforholdene i innsjøer er svært viktige for akvatiske økosystemer, og kunnskapen om års-syklus og år- til år-variasjoner i disse klimarelaterte variablene er avgjørende for tolkning av variasjoner i biologiske forhold. Vanntemperaturen er spesielt viktig da den påvirker termisk lagdeling, løseligheten av oksygen, samt metabolske prosesser i planter og dyr (Stefan et al. 1998). Vanntemperaturen i overflatelaget VTO (målt på 1-2 m's dyp) er et godt mål på temperaturen i epilimnion over sesongen (Livingstone et al. 1999), og følgelig er VTO svært sentral når variasjoner i biologiske forhold skal tolkes. I Sandvatn er 87% av bunnarealet grunnere enn 6 m, og følgelig vil VTO være representativ for temperaturregimet som biota utsettes for gjennom produksjonssesongen.

I en tidligere undersøkelse har vi vist at det var en synkron samvariasjon mellom lufttemperatur (LT) sommerstid ved ulike meteorologiske stasjoner rundt Hardangervidda, og VTO i innsjøer på sentralvidda (Rognerud et al. 2005). 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). I vår serie fra 2003 var det en god sammenheng mellom lufttemperaturen på Møsstrand og Dargesjøen ($r^2 = 0,76$). Korrelasjonen mellom Møsstrand og Sandvatn var noe dårligere ($r^2 = 0,58$), og det er spesielt smeltevannseffekten som har stor betydning her. At vi får en dårligere sammenheng når snømengder og brepåvirkning i nedbørfeltet blir viktige faktorer i tillegg til lufttemperaturen, er også vist av Kvambekk og Melvold (2010).

På bakgrunn av den gode korrelasjonen mellom LT og VTO er det rimelig å anta at tilsvarende utvikling har skjedd i innsjøenes VTO også ellers på Hardangervidda, med best korrelasjon i innsjøer

som ikke påvirkes særlig av smeltevann på vår/forsommer. Vekstsesongen er definert som antall dager med LT >5 °C. I fjellet ligger denne på rundt 60 dager og prognosene viser en betydelig økning av vekstsesongens lengde (Hanssen-Bauer et al. 2017). Dette vil følgelig også merkes i VTO i innsjøene på Hardangervidda.

I omtrent like store innsjøer i regionen (Sandvatn, Kringlesjøen, Dargesjøen og Blånuttjønn) sank VTO med 0,6-0,8 °C pr. 100 m økning i høyde over havet (Rognerud et al 2005). Dette er nær tilsvarende reduksjon i LT pr. 100 m (0,5-0,9 °C) som vi har målt mellom Geilostølen og den meteorologiske stasjonen på Dargesjøen (400 m høydeforskjell). Tilsvarende verdier er også observert i Alpene (Livingstone et al. 2005), og verdiene er nær den generelle globale verdien (altitudinal løpse rate) som er beregnet til 0,65 °C pr. 100 m (Kettle et al. 2004).

Snøforholdene er viktige for isløsing (Borgstrøm 2016), og for vanntemperaturen i avsmeltningsperioden. Snøforholdene i Kvenna viser betydelig mer snø vest i nedbørfeltet enn i den østlige delen. Vi har snø-data for Litlos i vest og Argehovd i øst som viser at det faller mer enn dobbelt så mye snø ved Litlos. Det er en tendens til at vintrene har blitt noe mer snørike på Litlos siden midten av 1980-tallet og at variasjonene i snødybde enkelte vintre også har økt. En slik økning er også registrert på landsbasis (Hanssen-Bauer et al. 2017). Det er også prognosert en videre økning i nedbøren frem mot 2100 i de nedbørregionene som Hardangervidda sokner til (region 2 og 6). Det er imidlertid viktigere å se på ekstremverdiene; mye snø/lite snø i de enkelte årene. Spesielt snørike år med snø over 250 cm var sjeldne før midten av 1980-tallet, men har blitt langt mer vanlige etter (11 av 15 år med snø >250 cm).

Vi har en tydelig sonering i vassdraget med seinere isløsing og kortere vekstsesong i vassdragets øvre deler sammenlignet med vannene lenger ned. Eksempelvis gikk isen ca.1. juli i 6 av 10 år i Kollsvatn i perioden 2004-2013 (Borgstrøm 2013). For Sandvatn er det bare i 2012 og 2015 at isen har gått så sent. Vanligvis går den rundt St. Hans.

Det er de snørike vintrene som gir senere isløsing og smeltevannseffekter nedover i Kvenna. Mye snø kan gi smeltevannseffekter til ut i august. Smeltevannseffekten måler vi ved å sammenligne med Dargesjøen som ligger like øst for Sandvatn, og som har et lite nedbørfelt. Når det er lite snø er vanntemperaturen i de to innsjøene svært like.

Snødybde ved Litlos på mer enn 160 cm gir vanligvis smeltevannseffekter i Kvenna. Snødybde >160 cm har vi hatt 53 ganger siden 1930 i de 33 årene vi har målinger. I 54% av årene før 1985 var snødybden >160 cm, mens i årene fra og med 1985 har vi hatt dette i 67% av årene. Smeltevannseffekten ser derfor også ut til å øke. Vi har hatt smeltevannseffekter i hele 10 av de 15 sesongene mellom 2003 og 2017. Vintrene 2007, 2008, 2014 og 2015 var spesielt snørike med snødybde mellom 2,5 og 3 m på Litlos. I disse årene var varmesummen (antall døgngrader) i Sandvatn bare 76-90% av Dargesjøen. Dette gir seg utslag i lavere vekst hos ørreten og utvikling av viktige næringsdyr i Sandvatn sammenlignet med Dargesjøen.

Lite snø kan også gi problemer. Vinteren 1995/ 96 var spesiell på Hardangervidda med lite snø og sterk kulde. Mindre gytebekker bunnfrøs med fatale følger for yngelen (Borgstrøm og Museth 2005). I et stort vassdrag som Kvenna viste våre undersøkelser at 1996-årsklassen ikke fikk tilsvarende store problemer. 1997-årsklassen fikk mindre konkurranse på oppvekstplassene og med en svært god sommer i 1997 førte dette til en historisk sterk årsklasse i 1997, noe som førte til tette og overbefolkete fiskevann vidda over (Rognerud et al. 2003). Vi har hatt flere vintre med lite snø på 2000-tallet, men vi har likevel ikke fått lignende forhold som i 1996. I store vassdrag skal det derfor mye til for at dette får fatale følger for yngelen, men i mindre elver og bekker vil den være langt mer

utsatt. I Krokavassbekken i utløpet av Krokavatn, ble 2012-årgangen ikke påvist ved elektro-fiske i august 2013 (Borgstrøm 2013), mens denne årsklassen ser ut til å ha klart seg bra i Sandvatn.

5.2 Produksjonsforholdene i Sandvatn i 2001-2017

Ørretens diett på Hardangervidda varierer betydelig (Sømme 1941). Ulike insektlarver av fjærmygg, vårfluer, døgnfluer og til tider overflateinsekter vil nesten alltid være å finne i ørretens mageinnhold. Også permanente vannboere som ulike arter av snegler og muslinger er vanlig forekommende, men de ulike krepsdyrartene regnes som de viktigste. Masseklekking av insekter vil vanligvis gi tydelige utslag i næringsopptaket til fisken. I august 2004, 2007, 2010, 2013 og 2016 var det store sverminger av hårmygg *B. pomonae*, populært kalt «russeflue». Også i 2001 observerte vi massesverminger av «russefluer», men dette ble ikke oppfanget av prøvefisket som var av begrenset omfang.

Det er totalt registrert 22 krepsdyrarter i Kvenna (Walseng et al. 1996), men det er bare skjoldkreps *L. arcticus*, marflo *G. lacustris* og linsekreps *E. lamellatus* som er viktige for ørret. Selv om fødeinntaket av ulike grupper næringsdyr kan være ulike i våt- eller tørrvekt, viser det seg likevel at fødeopptaket målt på energibasis er nokså likt uavhengig hva fisken spiser (Elliott & Hurley 2000). Imidlertid er størrelsen på bytteobjektene viktige da fødeopptaket blir mer effektivt. Store næringsdyr som marflo og skjoldkreps prefereres derfor av den store fisken. Når ørreten begynner å spise fisk øker energiopptaket drastisk. Det er imidlertid et veldig lite innslag av kannibaler i Sandvatn.

Dyr og planter inneholder ulike karotenoider. Krepsdyrene er spesielt rike på ett av disse som kalles astaxantin. Dette gir ørreten den karakteristiske røde kjøttfargen (Christiansen et al. 1994). Et høyt innhold av karotenoider har mange positive sider. Det er bl.a. vist at et høyt astaxanthin-innhold i fôret fremmer veksten og øker overlevelsen (Christiansen et al. 1994). Spesielt viktig er det at kjøttfargen gir ørreten på Hardangervidda en kvalitet som overstiger de fleste andre områder. Den røde kjøttfargen tyder på at krepsdyr er dominerende næringsobjekt. I gjennomsnitt for perioden 2001-2017 har marflo, skjoldkreps og linsekreps i Sandvatn i snitt utgjort 61 volum % av mageinnholdet for fisk tatt i strandsonen i august. Forekomsten av disse tre nøkkelartene har imidlertid variert mye mellom de ulike årene, men disse tre artene har i 12 av 16 år vært dominerende næring (> 50 vol %).

Predasjon fra fisk har stor betydning for tettheten av krepsdyr, og spesielt for de store artene som marflo og skjoldkreps. I vårt materiale fra Sandvatn kommer dette tydelig fram de ulike årene. Spesielt i det gode produksjonsåret 2002 var det rikelig tilgang på skjoldkreps og marflo, samt noe linsekreps i strandsonen. Næringstilbudet var godt denne sommeren med høy fyllingsgrad og et lavt antall tomme mager. Vi så også at den store fisken (> 25 cm) var dominerende ved at den hadde bedre k-faktor, større fyllingsgrad, mindre antall tomme mager, og større innslag av marflo og skjoldkreps enn hos små fisk (< 25 cm). Dessverre mangler vi data fra Sandvatn i 2003. Antagelig skjedde det en stor forandring denne sommeren etter som predasjons-trykket på krepsdyrene økte som følge av at 1997-årsklassen begynte å dominere bestandsbildet. Dette ble tydelig i 2004. Da var marflo mer sjeldne å finne i ørretmagene, og det var mest små og unge stadier som ble påvist. Skjoldkreps ble kun funnet på dypet, og i lave forekomster. Magefyllingsgraden var lav, og det var et stort innslag av fisk med tomme mager. Konkurransforholdet mellom stor og liten fisk snudde fra og med 2002. Nå var det småfisk som hadde best kondisjon, mest mat i magen, og få fisk hadde tomme mager. Det var linsekreps som nå var helt dominerende. Undersøkelser i Kringlesjøen, Dargesjøen og Blånuttjønn som ligger øst for Sandvatn (Fig.1), viste normal utvikling av krepsdyrene denne sommeren, men fiske-bestandene var langt tynnere enn i Sandvatn (Rognerud et al. 2005). Det er en vanlig antagelse at skjoldkreps og marflo er følsomme for predasjon, men det finnes likevel

lite dokumentasjon på dette (Dahl 1915, Aass 1969). Linsekrepser blir i slike situasjoner et viktigere næringsdyr relativt sett, og vil da oftest utgjøre en stor andel av mageinnholdet. Selv om linsekrepser er liten har den en stor betydning ved at den utvikler seg raskt og den forekommer i store tettheter. Vanligvis er den av størst betydning for småfisken, men når de store krepsdyrene er beitet ned blir den også viktig for den store fisken. Den intra-spesifikke konkurransen blir til fordel for småfisken i slike situasjoner. I 2006 og 2007 ble marflo så vidt registrert, mens skjoldkrepser igjen ble observert først i 2008.

Den harde konkurransen om næring i 2004 ga seg spesielt sterke utslag for fisk som hadde gytt høsten før (Rognerud et al. 2005). Gytefisken hadde k-faktorer helt ned i 0,6 som er så lavt at det antagelig medfører økt dødelighet (Borgstrøm og Erlandsen 1996). Dette ble registrert også i andre lokaliteter på Hardangervidda (Borgstrøm og Dokk 2004a, Borgstrøm og Dokk 2004b, Borgstrøm 2005a). Avmagret gytefisk ble ikke observert verken i 2001 eller 2002 hvor forholdene var gode. Situasjonen holdt seg frem til 2008 hvor forholdene igjen ble bedre med normal k-faktor.

Hunn-fisken som har gytt krever mye energi for igjen å kunne produsere rogn. Dersom den ikke får nok mat i sesongen etter gyting må den ta en sesong uten gyting, og vi betegner slik fisk som «hvilere». I perioden 2004-2009 var det totalt sett opp til 15 % av gytefisken som var «hvilere», men dette fenomenet har i tidligere tider blitt betegnet som meget sjeldent på Hardangervidda (Sømme, 1934). Dette kan derfor indikere at det generelt var tynne bestander i dette området på 1930-tallet, og at fisken hadde god tilgang på mat. I 2015 registrerte vi igjen mange «hvilere». Den kalde sommeren har tydeligvis produsert for lite mat til at den utgytte fisken har evnet å spise seg opp igjen.

Marflo er en nordlig kaldtvannsart som har en vid utbredelse i Norge. Den har klart høyeste frekvens i innsjøer med temperaturer om sommeren i intervallet 10-14 °C (Økland og Økland 1999). Den har en annen livshistoriesyklus i høyfjellet sammenlignet med lavlandet (Bjerknes 1974, Mehli 1973/74). I høyfjellet har den en overveiende toårig livshistoriesyklus (Bjerknes, 1974), mens den i lavlandet kan være ett-årig (Mehli 1973/74). Marflo tåler ganske høye temperaturer, og den trekker gjerne inn i lune, varme viker (Dahl 1915, Økland 1980). Vi kjenner ingen studier som viser temperaturens direkte virkning på vekst og produksjon hos marflo, men for en nærstående art (*Asellus*) er det registrert en positiv korrelasjon mellom vekst og temperatur (Andersson 1969). Hvis vi sammenligner 2001 og 2002 i Sandvatn, to år hvor det ikke var store forskjeller i bestandstettheten til ørreten, fant vi et større innslag av marflo og skjoldkreps i mageinnholdet i strandsonen sommeren 2002. Denne sommeren var varmere og hadde en lengre produksjonssesong enn 2001. Veksten til både skjoldkreps, marflo og linsekreps er i stor grad avhengig av produksjonen av påvekstalger (Rognerud et al. 2003) som også er positivt korrelert til temperatur (Schindler et al. 2005), selv om responsen er forskjellig for ulike algearter (Baulch et al. 2005). Det synes derfor rimelig å anta at tilveksten av marflo er avhengig av temperaturen, og at lav temperatur, og kort vekstsesong kan være begrensende for produksjonen av marflo. Den er sterkt påvirket av predasjon, og i perioden 2004-2007 hvor bestandstettheten av ørret var høy i Sandvatn, var den sjelden å finne i ørretmagene, men i motsetning til skjoldkrepser forsvant den ikke helt. Fra 2008 av økte marflobestanden på ny, og den har siden vært et viktig innslag i dietten til ørret.

Skjoldkrepser er en nordlig kaldtvannsart med en ettårig syklus. Den overvintrer som hvileegg og den tåler frost og tørke godt (Aass 1969). Når den er klekket ser det ut som om den begunstiges av økt temperatur (Aass 1969, Borgstrøm 1997). Dette ble tydelig demonstrert i Kollsvatn ved Litlos der skjoldkrepser var vanlig forekommende i slutten av juli i 1988, mens den ikke ble påvist på samme tid i 1989 da isen lå til midten av juli (Pedersen og Scobie 1990). I ugunstige år med sein isgang ble det i Litlosvatn funnet skjoldkreps på planktonstadiet så sent som i slutten av juli i 1993, mens den i

andre vann, der isen går tidlig og temperaturen er bedre, kan være utvokst og kjønnsmoden på denne tiden (Simonsen og Valderhaug 1994, Borgstrøm 1997). I Sandvatn ble skjoldkrepsen ikke observert under undersøkelsene i midten av august den kalde sommeren 2015, og heller ikke i Kollsvatn så sent som i september (Borgstrøm 2016). Laboratorie-studier viser også betydningen av temperaturen for skjoldkrepsens utvikling (Klausen 2014).

Store forskjeller i vekst som følge av varierende sommertemperaturer og/eller bestandstetthet, slik som vi har hatt i Sandvatn, er også vist i andre undersøkelser (Huitfeldt-Kaas 1927, Jensen 1977, Borgstrøm og Museth 2005, Jensen et al. 2000, Borgstrøm 2005a, Borgstrøm 2007a, Borgstrøm 2007b, Borgstrøm 2012).

Økende konkurranse om næring ved økende bestandstettheter av ørret påvirker tilveksten negativt (Jensen 1977, Bærum et al. 2013). Dette ble tydelig demonstrert etter som den sterke 1997-årsklassen vokste seg større, spesielt i perioden fra og med 2003 til og med 2007. Dette er beregnet ved hjelp av ligning 1 i tidligere rapporter. De senere årene har bestanden vært tynn og disse beregningene er derfor ikke videreført etter 2015. At bestandstettheten påvirker tilveksten er også vist for innsjøene lenger opp i Kvenna (Borgstrøm og Dokk 2004a, Borgstrøm og Dokk 2004b, Borgstrøm 2007b, Borgstrøm et al. 2010b, Borgstrøm 2012). I 2006 var veksten sterkt tetthetsbegrenset og derav sterk nærings-konkurranse. Tilveksten dette året burde vært bedre enn observert, da temperaturen denne sommeren var gunstig. Fra og med 2007 var tilveksten igjen hovedsakelig begrenset av temperaturen da næring nå fantes i overskudd.

Produksjonen av fisk og næringsdyr i Sandvatn er derfor sterkt påvirket av klimatologiske forhold. Dette gir seg utslag i varierende tilvekst av fisk og næringsdyr som følge av temperaturforholdene og intraspesifikk konkurranse (konkurranse mellom stor og liten ørret om næring). Vi ser dette også på avkastningen som kan følges tilbake til 1993. Avkastningen utenom årene 2005-2009 har vært nokså lik fra år til år med 133 kg (0,85 kg/ha). Som følge av 1997-årsklassen økte dette til 405 kg (2,6 kg/ha). Ingen andre årsklasser har hatt lignende virkning. Noen gode rekrutterings-år i den senere tid ser ut til å kunne gi en positiv oppgang i bestanden i årene fremover.

5.3 Rekruttering, tilvekst og avkastning

Avkastningen er den høstbare del av produksjonen, og den varierer sterkt med variasjonene i produksjonen av næringsdyr, rekruttering, VTO og ikke minst beskatningsmønsteret. Fra de enkelte innsjøene i Kvennadalen, hvor vi har lengre dataserier, økte avkastningen når rekrutteringen økte. Dette ble særlig tydelig i statistikkene når den sterke 1997-årsklassen rekrutterte til fisket. Fra 2003 av og framover steg avkastningen sterkt i innsjøene, og den varte i flere år. Den sterke 1997-årsklassen ga seg utslag i dårlig tilvekst, kvalitet, og et stort innslag av utmagret gytefisk som resultat. Enda sterkere ble effekten i de øvre delene av Kvenna hvor VTO er lavere og den isfrie sesongen er kortere (Borgstrøm og Dokk 2004b, Borgstrøm 2007b, Borgstrøm et al. 2010b, Borgstrøm 2012). Forholdene i den store Kvennsjøen var noe bedre enn vannene lenger opp (Borgstrøm og Dokk 2004a, Borgstrøm 2012). I innsjøene i Kvennadalen var situasjonen mye den samme som i Kvennsjøen. Det var også her tette bestander, men ikke verre enn at de fleste fiskerne var fornøyd, spesielt fordi fangstene var så store. I Sandvatn var det et stort uttak av fisk i 2006, og dette førte til at bestanden ble tynnere. Marflo og skjoldkreps ble etter hvert igjen av betydning som mat for fisken. Det sterke fisket ble fortsatt i 2007 og 2008, og 1997-årsklassen var i hovedsak oppfisket i 2009. I Kvennas øvre deler varte 1997-årsklassen lengre, og var fremdeles merkbar i fisket i 2013-2014 i mange vann (Borgstrøm 2013, 2014).

Årsklassene 2001 og 2002 var også sterkere enn normalt i Sandvatn. Disse årsklassene er for lengst ute av fangst i Sandvatn, og i de andre innsjøene i Kvennas nedre deler. 2002-årsklassen utgjorde imidlertid en stor del av fangstene både i Litlosvatn og Kollsvatn så sent som i 2014 (Borgstrøm 2014). I 2013 var 2002-årsklassen dominerende i det ordinære garnfisket i Kvennsjøen (Borgstrøm 2013).

2006-årsklassen ble ikke spesielt sterk i Sandvatn, noe vi tidligere har forklart med tett fiskebestand og stor intraspesifikk konkurranse. Denne årsklassen er for lengst ute av fangst i Sandvatn, mens den så sent som i 2013 var godt representert i fangstene både i Kollsvatn, Litlosvatn og Kvennsjøen (Borgstrøm 2013, 2014). En oppgang i avkastningen i Langesjøen i 2013 og 2014 (Borgstrøm 2014) kan tyde på at 2006-årsklassen også her har vært forholdsvis sterk. Oppgangen som følge av den sterke 1997-årsklassen viste seg etter 6 til 7 år i Langesjøen (Qvenild og Rognerud 2013). Da 2006-årsklassen har hatt kaldere somrer enn 1997-årsklassen hadde, så har den trolig brukt lengre tid på å nå fangbare størrelser (Myrvang og Slettebø 2013).

Det er mye de samme årsklassene som er sterke og svake i Kvennavassdraget, men skjebnen til de ulike årsklassene varierer sterkt. Vi har sett at fisken vokser seg senere inn i fangst i Kvennas øvre deler. Mindre beskatning i de øvre deler av vassdraget bidrar også sterkt til at årsklassene får et lengre livsløp. Det mangler dessverre fangststatistikk for denne delen av vassdraget, men en del indikasjoner tyder på at dette er tilfellet (Borgstrøm 2013, 2014). At 1997-årsklassen fremdeles var rikelig til stede i 2013 og 2014 i Krokavatn (2013), Kollsvatn (2014) og i Litlosvatn (2014) indikerer en forsiktig beskatning.

Registreringene fra Kvennsjøen i 2013 og i Kollsvatn og Litlosvatn i 2014, viste at 2007- og 2008-årsklassene var svake (Borgstrøm 2013, 2014). 2007-årsklassen så ut til å mangle helt i Krokavatn (Borgstrøm 2013). Denne årsklassen er nokså normal i Sandvatn, men derimot er både 2005- og 2008-årsklassene svake, noe som har ført til et fiske godt under normalt i denne delen av vassdraget de senere årene. Fra 2009 har det vært en økende trend i rekrutteringen noe som vi forventer skal gi et noe bedre fiske i årene som kommer. Selv om bestanden øker får vi neppe en så sterk nedbeiting av skjoldkreps og marflo som vi fikk som følge av 1997-årsklassen. Vi antar at vi må opp i bestandstettheter som tilsvarer 8-10 kg fisk pr. Jensen-serie (reduisert serie) for å få slike effekter (se Fig. 10).

Etter den svært kalde sommeren 2012 ble det en snøfattig og kald vinter, og forholdene minnet mye om vinteren 1995/96 som ga høy vinter-dødelighet (Borgstrøm og Museth 2005). I Lågen ga dette seg utslag i at en temperaturlogger på 1 m's dyp viste minusgrader fem ganger i løpet av denne vinteren, noe som tyder på at store arealer bunnfrøs (Qvenild og Rognerud 2013). I Krokavassbekken i utløpet av Krokavatn, ble 2012-årgangen ikke påvist ved elektro-fiske i august 2013 (Borgstrøm 2013). Lave fangster i de småmaskete garna (13,5 og 16 mm) i 2015 tydet på at denne årsklassen også ville bli svak i Sandvatn, men status nå tyder på at den har klart seg bedre enn forventet i Kvennadalen. Også 2013-årsklassen ser ut til å ha klart seg bra. Fangstene på 13,5 mm i 2016 og på 16 mm i 2017 tyder på at 2014-årsklassen har klart seg bra, mens 2015-årsklassen derimot ser ut til å bli noe svakere.

Fiskestatistikken for vannene i Kvenna nedstrøms Sandvatn, viser i grove trekk den samme trenden som den vi har vist for Sandvatn, selv om varierende beskatning vil ha betydning her. Selv om det er noe avvikende styrke på noen årsklasser ser resultatene fra Sandvatn ut til å ha en god overføringsverdi. Når det gjelder spesielt sterke eller spesielt svake årsklasser ser det ut som vi finner dette igjen i vannene også andre steder på Hardangervidda (Rognerud et al. 2003).

6 Referanser

- Aass, P. 1969. Crustacea, especially *Lepidurus arcticus* Pallas, as brown trout food in Norwegian mountain reservoirs. Inst. Freshw. Res., Drottningholm. Report No 49, 1969: 183-201.
- Andersson, E. 1969. Life-cycle and growth of *Asellus aquaticus* (L.) with special reference to the effects of temperature. Inst. Freshw. Res., Drottningholm. Report No 49, 1969: 5-26.
- Baines, S.B., Webster, K.E. and Kratz, T.K. 2000. Synchronous behaviour of temperature, calcium, and chlorophyll in lakes of northern Wisconsin. *Ecology*, 81: 815-825.
- Baulch, H. M., Schindler, D. W., Turner, M. A., Findlay, D. L., Paterson, M. J. and Vinebrooke, R. D. 2005. Effects of warming on benthic communities in a boreal lake: Implications of climatic change. *Limnol. Oceanogr.* 50: 1377-1392.
- Benson, B.J., Lenters, J.D. and Magnuson, J.J. 2000. Regional coherence of climatic and thermal variables of four lake districts in the upper Great Lakes region of North America. *Freshwater Biology*, 43: 517-527.
- Bjerknes, V. 1974. Life cycle and reproduction of *Gammarus lacustris* G.O.Sars (Amphipoda) in a lake at Hardangervidda, western Norway. *Norw. J. Zool.* 22: 39-43.
- Borgstrøm, R. 1997. Skjoldkreps – et arktisk dyr i norske innsjøer. NLH, Fagnytt nr. 9-1997: 1-4.
- Borgstrøm, R. 2001. Relationship between spring, snow depth and growth of Brown Trout; *Salmo trutta*, in an Alpine Lake: Predicting Consequences of Climate Change. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, Vol. 33, No. 4: 476-480
- Borgstrøm, R. 2003a. Øvre Bjørnavatn 2003. Faktaark nr 3, Inst. for naturforvaltning. NLH
- Borgstrøm, R. 2003b. Nedre Bjørnavatn 2003. Faktaark nr 2, Inst. for naturforvaltning. NLH
- Borgstrøm, R. 2003c. Midtre Grøndalsvatn 2003. Faktaark nr 1, Inst. for naturforvaltning, NLH
- Borgstrøm, R. 2005a. Tette aurebestandar i Nedra-, Midtra og Øvra Krokavatn i Kvennavassdraget. Faktaark. Aurebestandar i Ullensvang statsallmenning. Årgang 3. Nr. 1. 6 s.
- Borgstrøm, R. 2005b. Tynningsfiske i vatn i Ullensvang statsallmenning 2005. Faktaark. Aurebestandar i Ullensvang statsallmenning. Årgang 3. Nr. 3. 6 s.
- Borgstrøm, R. 2007a. Alder og vekst for aure frå Ullensvang statsallmenning i 2006. Faktaark. Fiskebestandar i Ullensvang statsallmenning. Årgang 5. Nr. 1. 6 s.
- Borgstrøm, R. 2007b. Aurebestandane i Litlosvatn, Kollsvatn, Nedra Vassdalsvatn og Krokavatn 2007. Faktaark. Fiskebestandar i Ullensvang statsallmenning. Årgang 5. Nr. 2. 7 s.
- Borgstrøm, R. 2007c. Driftsplan for fisket i Ullensvang statsallmenning 2007-2010. Fellesstyret for Ullensvang statsallmenning. 18 s.

- Borgstrøm, R. 2012. Driftsplan for fisket i Ullensvang statsallmenning 2012-2015. Fellesstyret for Ullensvang statsallmenning. 24 s. http://www.ullensvang-statsallmenning.org/index.php?option=com_remository&Itemid=67&func=startdown&id=85
- Borgstrøm, R. 2013. Sommartemperaturar, rekruttering og vekst for aure i Ullensvang statsallmenning. Fagrapport Fiskeforvaltning i høgfjellet, årgang 4, nr. 1. 17 s.
- Borgstrøm, R. 2014. Aurebestandane i Litlosvatn og Kollsvatn i Kvennavassdraget på Hardangervidda. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Inst. for Naturforvaltning. INA fagrapport 28. 24 s.
- Borgstrøm, R. 2016. Auren på Hardangervidda er sterkt påverka av klimatilhøve. Naturen nr. 4-2016: 147-155.
- Borgstrøm, R. og Erlandsen, A. 1996. Naturlig rekruttering til aurebestander i reguleringsmagasin. Regulerings-symposiet 1996. EnFO-publikasjon, Nr. 128-1996, 30-34.
- Borgstrøm, R. og Dokk, J.G. 2003. Fisket i Kvennsjøen. Faktaark nr 4. (1. årg.): 1-2.
- Borgstrøm, R. og Dokk, J.G. 2004a. Aurebestandane i Kvennsjøen, Litlosvatn og Kollsvatn. Faktaark nr. 2-2004. Inst. for naturforvaltning. NLH. 6s
- Borgstrøm, R. og Dokk, J.G. 2004b. Auren i Krokavatn, Skavatn, Ambjørgsvatn og Grøndalsvatna. Faktaark nr. 3-2004. Inst. for naturforvaltning. NLH. 6s
- Borgstrøm, R., Dokk, J.G., Connor, A. og Østreng, G. 2004c. Litlosvatn. Faktaark nr. 1 (2. årg.): 1-4.
- Borgstrøm, R. and Museth, J. 2005. Accumulated snow and summer temperature – critical factors for recruitment to high mountain populations of brown trout (*Salmo trutta* L.). Ecol. Freshw. Fish 14: 375-384.
- Borgstrøm, R., Dokk, J.G., Heun, M. og Thaulow, J. 2010a. Aurebestandar i Vierslaområdet. Fagrapport Fiskeforvaltning i høgfjellet, årgang 2, nr. 3. 10 s.
- Borgstrøm, R., Dokk, J.G. og Thaulow, J. 2010b. Aurebestandane rundt Litlos – status etter utfisking i 2005-2008. Fagrapport Fiskeforvaltning i høgfjellet, årgang 2, nr. 2. 15 s.
- Bærum, K.M., Haugen, T.O., Kiffney, P., Moland Olsen, E. and Vøllestad, L.A. 2013. Interacting effects of temperature and density on individual growth performance in a wild population of brown trout. Freshwater Biology 58: 1329-1339.
- Christiansen, T., Lie, Ø, and Tørrissen, O.J. 1994. Effect of astaxanthin and vitamin A on growth and survival during first feeding of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Aquaculture and Fisheries Managm. 25: 903-914.
- Dahl, K. 1910. Alder og vekst hos laks og ørret belyst ved studiet av deres skjæl. Centraltrykkeriet, Kristiania
- Dahl, K. 1915. En studie over grundaatens eller matfloens (*Gammarus pulex*) biologi og utbredelse i Norge. Særtrykk av NJFF's tidskrift 1915, 32 s.

- Dahl, K. 1917. Studier og forsøk over ørret og ørretvand. Centraltrykkeriet, Kristiania.
- Elliott, J.M. and Hurley, M.A. 1999. A new energetics model for brown trout, *Salmo trutta*. *Freshwater Biology*, 44: 237-246.
- Elliott, J.M. and Hurley, M.A. 2000. Daily energy intake and growth of piscivorous brown trout, *Salmo trutta*. *Freshwater Biology* (2000) 44: 237-245.
- Forseth, T., Hurley, M.A., Jensen, A.J. and Elliott, J.M. 2001. Functional models for growth and food consumptions of Atlantic salmon parr, *Salmo salar*, from a Norwegian river. *Freshwater Biology* (2001) 46: 173-186.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Lawrence, D., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. and Ådlandsvik, B. 2017. Climate in Norway 2100 – a knowledge base for climate adaption. The Norwegian Center for Climate Services (NCCS), Report no. 1/2017. 45 pp.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1927. Studier over aldersforhold og veksttyper hos norske ferskvannsfisker. Nationaltrykkeriet, Oslo. 357 s.
- Jensen, A.J., Forseth, T. and Johnsen, B.O. 2000. Latitudinal variation in growth of young brown trout *Salmo trutta*. *Journal of Animal Ecology* 69: 1010-1020.
- Jensen, K.W. 1977. On the dynamics and exploitation of the population of brown trout, *Salmo trutta* L., in Lake Øvre Heimdalsvatn, southern Norway. Inst. Freshw. Res., Drottningholm. Report No 56, 1977: 18-69.
- Kettle, H., Thompson, R., Anderson, N. J. and Livingstone, D.M. 2004. Empirical modelling of summer lake surface temperatures in southwest Greenland. *Limnol. Oceanogr.* 49: 271-282.
- Klausen, T.R. 2014. Population regulation in the tadpole shrimp *Lepidurus arcticus*. NTNU – Trondheim. MS-thesis. 25 pp.
- Kvambekk, A.S. and Melvold, K. 2010. Long-term trends in water temperature and ice cover in the subalpine lake, Øvre Heimdalsvatn, and nearby lakes and rivers. *Hydrobiologia* (2010) 642: 47-60.
- Livingstone, D.M. 1997. Break-up dates of alpine lakes as proxy data for local and regional mean surface temperatures. *Climate Change* 37: 407-439.
- Livingstone, D.M., Lotter, A.F. and Walker, I. R. 1999. The decrease in summer surface water temperature with altitude in Swiss Alpin lakes: a comparison with air temperature lapse rates. *Arctic, Antarctic and Alpin Research*, 31: 341 – 352.
- Livingstone, D.M., Lotter, A.F. and 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. 1990. Temporal coherence in limnology of a suite of lakes in Wisconsin, USA. *Freshwater Biology*. 23: 145-159.

- Mehli, S.Å. 1973/74. Litt om marfloas biologi, og dens betydning som næring for fisk. Trondheim og omland fiskeadministrasjon, Årbok 1973/74: 52-60.
- Myrvang, R. og Slettebø, D. 2013. Historiske aurebestander (*Salmo trutta*) på Sentralvidda – Endringer i bestandsstruktur og livshistorietrekk som følge av endring i beskatning og variasjon i klimaforhold. Universitetet for miljø og biovitenskap, Inst. for Naturforvaltning. MS-thesis. 66.
- Nordli, P.Ø., Lie, Ø., Nesje, A. and Dahl, S.O. 2003. Spring-summer temperature reconstruction in western Norway 1734-2003: A data-synthesis approach. *Int. J. Climatol.* 23: 1821-1841.
- Pedersen, K. og Scobie, L. 1990. Dynamikk, habitatbruk og redskapsseleksjon for ørretbestanden i Kollsvatn, en innsjø på Hardangervidda. Hovedoppgave ved Inst. for biologi og naturforvaltning, NLH.
- Qvenild, T. 2018. Fiskeundersøkelser i Kvennadalen 2017. Rapport utarbeidet for Laagefjeld AS, 19 s.
- Qvenild, T. og Rognerud, S. 2013. Lågenvassdraget på Hardangervidda – et klimalaboratorium? *Langs Lågen, årbok 2013*: 99-107.
- Qvenild, T. og Rognerud, S. 2017. Mass aggregations of *Bibio pomonae* (Insecta: Diptera: Bibionidae), an indication of climate change? *Fauna norvegica* 37: 1-12. Doi: 10.5324/fn.v37i0.2194. https://www.ntnu.no/ojs/index.php/fauna_norvegica/article/view/2194
- Rognerud, S., Borgstrøm, R., Qvenild, T. og Tysse, Å. 2003. Ørreten på Hardangervidda. *Næringsnett, kvikksølvinnhold, ørekytespredning og klimavariasjoner – følger for fiske og forvaltning*. NIVA Rapport LNR 4712-2003, 68 s.
- Rognerud, S., Qvenild, T. og Fjeld, E. 2005. Hardangervidda-prosjektet. Resultater fra undersøkelsene i 2004. NIVA Rapport LNR 5025-2005, 34 s.
- Rognerud, S., Qvenild, T., Rakhorst, M. og Rustadbakken, A. 2006. Hardangervidda-prosjektet. Resultater fra undersøkelsen i 2005. NIVA Rapport LNR 5181-2006, 35 s.
- Rognerud, S., Rustadbakken, A., og Qvenild, T. 2007. Hardangervidda-prosjektet. Resultater fra undersøkelsene i 2006. NIVA Rapport LNR 5428-2007, 38s.
- Rognerud, S., Rustadbakken, A., Qvenild, T., Hekne, A.M. og Meland, A.T. 2008. HydroFish-prosjektet. Resultater fra undersøkelsene i 2007. NIVA Rapport LNR 5622-2008, 32s
- Rognerud, S. og Qvenild, T. 2013. Ørreten på Hardangervidda. Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr. NIVA Rapport LNR 6553-2013, 56 s.
- Rognerud, S. og Qvenild, T. 2014. Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr i Sandvatn 2001-2013. NIVA Rapport LNR 6628-2014, 39 s.
- Rognerud, S. og Qvenild, T. 2015. Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr i Sandvatn 2001-2014. NIVA Rapport LNR 6845-2015, 40 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.

- Simonsen, T.A. og Valderhaug, N.A. 1994. Bestandsdynamikk, habitatbruk og ernæring for aure i Litlosvatn – en innsjø på Hardangervidda. NLH, Inst. for biol. og naturforv. Hovedoppgave.
- Sømme, I.D. 1934. Aldersfordeling, vekst og kjønnsmodning hos ørret på Hardangervidda. Norges Jæger- og Fiskerforenings Tidsskrift, 269-289 (hefte 6).
- Sømme, I.D. 1941. Ørretboka. J. Dybwad forlag, Oslo. 591 s.
- 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.
- Thaulow, J.; Haugen, T.O.; Borgstrøm, R. Parallelism in thermal growth response in otoliths and scales of brown trout (*Salmo trutta* L.) from alpine lakes independent of genetic background. *Ecology of Freshwater Fish*. 26:53-65; 2017
- 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.
- Walseng, B., Raddum, G., Saksgård, R. og Schartau, A.K.L. 1996. Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Kvenna 1995, med fokus på indikatorarter som redskap i forsuringsovervåkingen. NINA Oppdragsmelding 433: 1-36.
- Økland, J. og Økland, K.A. 1999. Dyr og planter: Innvandring og geografisk fordeling. Vann og vassdrag 4. Vett & Viten. 200 s.
- Økland, K. K., 1980. Økologi og utbredelse til *Gammarus lacustris* G. O. Sars i Norge, med vekt på forsuringsproblemer. Sur nedbørs virkning på skog og fisk. Intern rapport IR 67/80.

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 samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

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