

# Ørreten på Hardangervidda

## Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr i Sandvatn 2001-2014



# RAPPORT

**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: [www.niva.no](http://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  
Telefax (47) 62 57 66 53

**NIVA Region Vest**

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

Tittel Ørreten på Hardangervidda  Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr i Sandvatn 2001-2014.	Løpenr. (for bestilling) 6845-2015	Dato 15. februar 2015
	Prosjektnr. Undernr. 12275	Sider Pris 40
Forfatter(e)  Sigurd Rognerud og Tore Qvenild (FM Hedmark)	Fagområde Limnologi	Distribusjon
	Geografisk område Hardangervidda	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Miljødirektoratet	Oppdragsreferanse Øyvind Walsø, Miljødirektoratet
---------------------------------------	---

**Sammendrag**

Vi har undersøkt fiskebestanden i Sandvatn i Kvenna fra 2001 til 2015. I denne perioden har bestanden variert fra middels tett til svært tett, og fra 2007 til en stadig tynnere bestand. Dette har hatt avgjørende betydning for forekomstene av viktige næringsdyr som marflo og skjoldkreps. De store variasjonene forklares med variasjoner i klimatisk relaterte variable som snøforhold, vanntemperaturer og produksjonssesongens lengde. Sterke og svake årsklasser varierte synkront over store deler av Hardangervidda, og i forrige årsrapport viste vi at mange av fiskebestandene nå domineres av svake årsklasser og lave tettheter. Fisket de nærmeste årene vil sannsynligvis være sterkt preget av dette. I Sandvatn vil dette vare til 2009-årsklassen kommer inn i fangbar størrelse om 3-4 år. Bestandene av de viktigste næringsdyrene, marflo, skjoldkreps og linsekrepser vil bedres, og kvaliteten på fisken vil bli god. De periodevis store variasjonene i fiskebestandene kan være en utfordring for fiskeforvaltning. Beskatningen bør være beskjedne de nærmeste årene. 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 2001-2014. 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 norske emneord 1. Hardangervidda 2. Klimavariasjoner 3. Ørretbestander 4. Årsklassestyrker	Fire engelske emneord 1. Hardangervidda 2. Climate variability 3. Trout populations 4. Year-class strength
---	--



Sigurd Rognerud

Prosjektleder



Elisabeth Lie

Forskningsleder

# **Ørreten på Hardangervidda**

Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon  
av fisk og næringsdyr i Sandvatn 2001-2014.

## Forord

Denne rapporten er en sammenfatting av kunnskap ervervet gjennom et forskningsprosjekt som omhandler værforholdenes betydning for fisk og dens viktigste næringsdyr i Sandvatn på Hardangervidda i perioden 2001-2014. Sandvatn ligger i Kvennavassdraget sentralt på Hardangervidda. Den lange tidsserien har gitt ny kunnskap om den betydning værforhold og fisket har for år til år variasjoner i bestander av fisk og næringsdyr.

Resultatene skal danne bakgrunn for å kunne forutsi konsekvensene for fiskebestandene ved fremtidige klimascenarier, slik som disse er beskrevet i RegClim-prosjektet (Iversen et al. 2005). Det er utgitt 8 tidligere rapporter som omhandler klimavariasjonenes betydning for ørreten, næringsnettets struktur, fiskens vekst og innhold av miljøgifter. I 2005 ble det satt opp en automatisk værstasjon ved Dargesjøen sentralt på Hardangervidda, for å kalibrere værdata med data fra de nærmeste meteorologiske stasjonene Geilostølen og Møsstrand (met.no). Resultatene fra denne delundersøkelsen har gjort det mulig å beregne temperatur og vindforhold inne på sentrale deler av på Hardangervidda tilbake i tid. Dette, sammen med årlige data over snømengder på vår og forsommer (met.no og NVE), har gjort det mulig å beskrive vanntemperatur og produksjonssesongens lengde i innsjøer på ulike deler av Hardangervidda.

NIVA initierte dette forskningsprosjektet i 2000, og i den første fasen (2000-2003) var det 10 finansielle bidragsytere der Direktoratet for Naturforvaltning (DN), EBL-kompetanse, Statskog SF og NIVA var de største. I perioden 2004 - 2006 ble prosjektet finansiert av DN, EBL-kompetanse og NIVA. De siste årene (2007-2013) har DN/ Miljødirektoratet vært viktigste bidragsyter, men NIVA og Laagefjeld-kompaniet har også bidratt.

Alder- og vekstanalysene er utført av: Ola Ugedal (NINA), Reidar Borgstrøm (UMB), Atle Rustadbakken (NIVA), Eirik Fjeld (NIVA) og John Gunnar Dokk (NINA). Otolittene fra Sandvatn kan ofte være noe vanskelige å analysere. Det er likevel ikke foretatt sammenligninger mellom ulike avlesere, men alle har lang erfaring med slike avlesninger.

Feltarbeidet i Sandvatn er i hovedsak gjennomført av Sigurd Rognerud og Tore Qvenild, men Eirik Fjeld og Espen Lydersen har vært viktige støttespillere under prøvefisket i enkelte år. Stein Lier Hansen og Halvor Nordjordet har vært behjelpelig med flere praktiske ting og Laagefjeld AS har stilt hytte til disposisjon og sørget for transporten til Sandvatn under prøvefisket i august alle årene. Alle takkes for et godt samarbeid og at det har vært mulig å gjennomføre undersøkelsen.

Hamar 15. februar 2015

*Sigurd Rognerud og Tore Qvenild*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Dybdekart og morfometri</b>	<b>8</b>
<b>3. Metoder og definisjoner</b>	<b>11</b>
3.1 Værdata	11
3.2 Definisjoner av vær og klima	11
3.3 Temperaturloggere	11
3.4 Fiskeundersøkelser	12
3.4.1 Lengde, vekt, ernæring	12
3.4.2 Alder, vekst og kondisjon	12
3.4.3 Garnbruk	12
3.4.4 Vekstberegninger	13
<b>4. Resultater</b>	<b>14</b>
4.1 Fysiske forhold	14
4.1.1 Den nordatlantiske oscillasjonen (NAO)	14
4.1.2 Tidsutvikling i lufttemperatur (LT)	15
4.1.3 Sammenhengen mellom lufttemperatur og vanntemperatur	16
4.2 Fiskens næringsdyr i Sandvatn basert på mageanalyser	19
4.2.1 Fiskens næringsdyr i august	19
4.2.2 Fiskens næringsdyr i juni, august og september	20
4.3 Fiskeundersøkelsene i Sandvatn	21
4.3.1 Fangstene i prøvefisket	21
4.3.2 Bestandssituasjonen	22
4.3.3 Årsklassenes styrke	23
4.3.4 Årlige variasjoner i fisket i Sandvatn	24
4.3.5 Vekst og kondisjon	25
<b>5. Diskusjon</b>	<b>28</b>
5.1 Fysiske forhold	28
5.2 Klimatiske faktorerens betydning for rekruttering og tilvekst	29
5.3 Produksjonsforholdene i Sandvatn i 2001-2014	31
<b>6. Referanser</b>	<b>34</b>

---

## Sammendrag

Denne rapporten omhandler undersøkelser av fisk, næringsdyr og temperaturforhold i Sandvatn i perioden 2001-2013. Sandvatn ligger i Kvennavassdraget sentralt i Hardangervidda nasjonalpark. Vi har vist at ørretens årlige tilvekst i Sandvatn i perioden 2000-2014 har vært godt korrelert til middeltemperaturen i vannmassene for perioden juli-september (JAS). Mageanalyser av fisken indikerer at dette kan ha sammenheng med temperaturbetinget vekst (døgngrader) av viktige næringsdyr som marflo, skjoldkreps og linsekreps. Dette er nødvendig da økt vekst i fisk ved økt temperatur betinger større mattilgang fordi respirasjonen øker med temperaturen.

Vi har vist at det var en god samvariasjon mellom vanntemperaturene i overflatelagene (VTO) og variasjonene i lufttemperaturene (LT) i innsjøer på sentrale deler av Hardangervidda (Rognerud et al. 2006). Det var en god samvariasjon mellom VTO i Sandvatn og den nærliggende Dargesjøen i år med lite snø i Kvennas nedbørfelt, men i snørike år preger smeltevann fra de høyere-liggende sydvestre deler av Kvennas nedbørfelt VTO i Sandvatn i betydelig grad, og følgelig reduseres antall døgngrader i produksjonssesongen. Dette fører til en lavere årlig tilvekst for fisken i Sandvatn enn det en kunne forventet uten denne avkjølingseffekten.

Klimascenarier beskriver økte snømengder i de samme områdene i framtiden og da særlig i Kvennas sydvestlige nedbørfelt (Iversen et al. 2005). Våre prognoser viser at dette vil føre til en reduksjon i produksjonen av ørret i Kvennavassdragets øvre deler. Det vil likevel være store år til år variasjoner. I år med lite snø vil produksjonsperioden bli lengre og litt varmere. Vår tidsserie har eksempler på år uten smeltevannseffekt (2002, 2003, 2004, 2006, 2010 og 2013) og fire år med betydelig smeltevannseffekt (2005, 2007, 2011 og 2012). Innsjøene på andre deler av Hardangervidda vil i langt mindre grad være preget av denne avkjølingseffekten, da isgang og snøsmelting skjer mer synkront i et område med langt mindre snømengder og et flatere landskap (Rognerud et al. 2003).

Vi foreslår en årsklassebasert fiskeforvaltning som primært beskatter de sterke årsklassene. Som vist for Sandvatn vil det bare være spesielt sterke årsklasser som f.eks. 1997-årsklassen, hvor tettheten av fisk blir for stor. Det viste seg å være et overkommelig arbeid å redusere en slik bestand til ønsket nivå (Rognerud og Qvenild 2013). Mange av vannene lenger opp i vassdraget i Ullensvang statsallmenning er av samme størrelse som Sandvatn. Her ble tetthetene av fisk for stor og utfisking ble iverksatt, men den var ikke tilstrekkelig stor til å løse problemet (Borgstrøm 2005b, 2012). Det er fortsatt behov for økt beskatning i enkelte vann her (Borgstrøm 2012).

De store variasjonene fra år til år kan være en utfordring for lokal fiskeforvaltning og for klassifisering i henhold til Vannforskriftens krav til å definere begrepet God Økologisk Status. Basisovervåkingen i Vannforskriften forutsetter undersøkelser hvert tredje eller sjette år. Dette vil vanskelig kunne fange opp de variasjonene som er registrert i Sandvatn i perioden 2001-2013. Variasjoner i klimarelaterte variable som snømengder vinterstid, og vanntemperaturer sommerstid, kan være avgjørende for fiskens årsklasse-styrke og vekst, og derved også bestandene av viktige krepsdyr som marflo og skjoldkreps. De samme variasjoner i værforholdene preger de fleste vannene i Hardangervidda nasjonalpark. Dette gjør at årlig overvåking av få innsjøer er det beste alternativet for å følge utviklingen i økologisk status for innsjøene på Hardangervidda.

# 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.

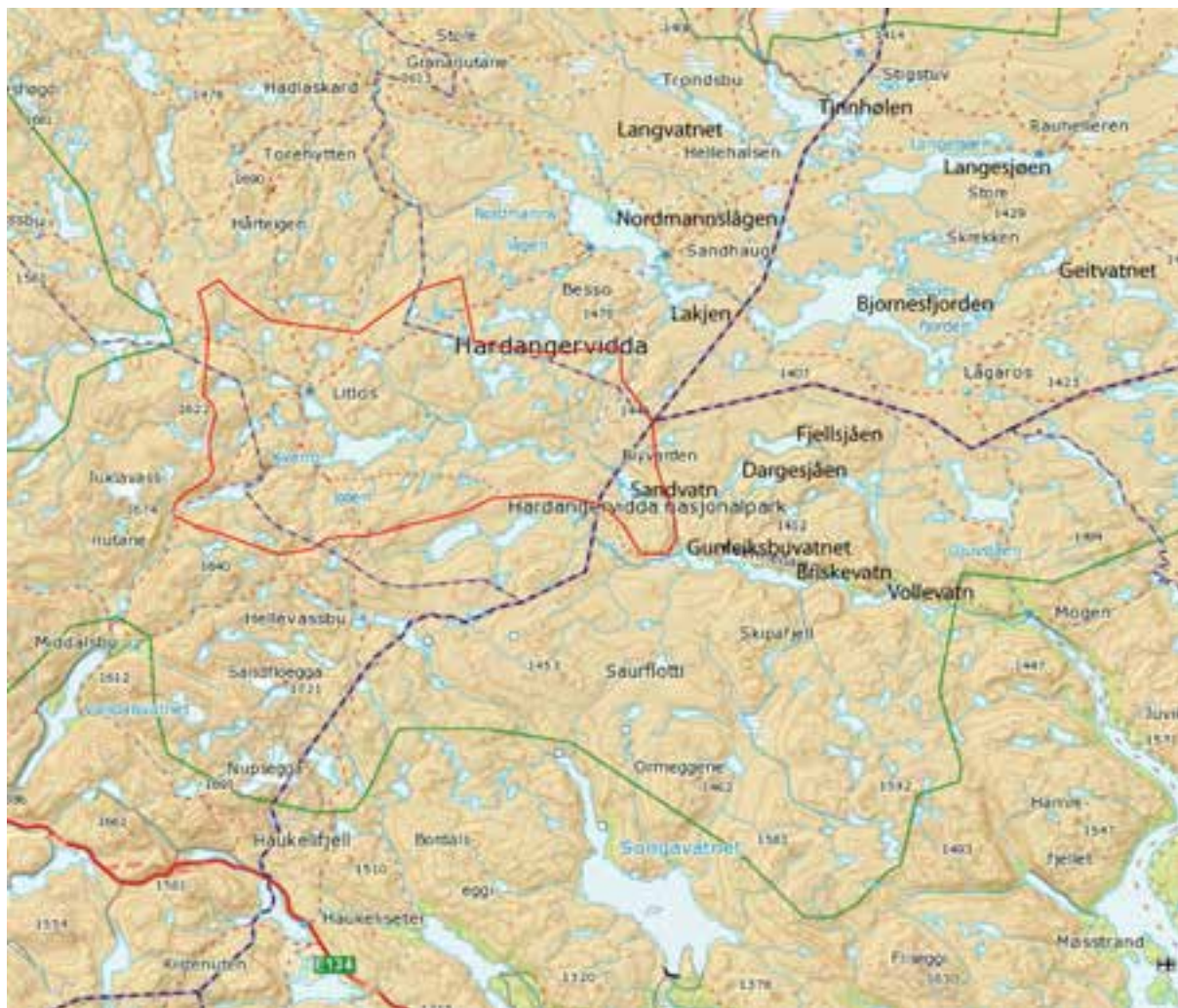
Undersøkelser i perioden 2000 til 2008 av ørretens livsvilkår på Hardangervidda viste at de årlige svingninger i værforholdene hadde stor betydning for ørretens rekruttering og årsklassestyrke, tilvekst og avkastning (Rognerud et al. 2003, 2005, 2006, 2007 og 2008). Særlig hadde ekstremer i værforholdene avgjørende betydning for fiskebestandene. Klimaprognosene viser at ekstremvær kommer til å opptre mer hyppig i årene som kommer (Iversen et al. 2005), og det er derfor rimelig å anta at dette får spesielt stor betydning for akvatiske økosystemer i høyfjellet.

Vanntemperaturen har avgjørende betydning for vitale prosesser i akvatiske organismer. Hastigheten på prosesser som vekst og utvikling, øker til det dobbelte ved en økning i temperaturen på ca. 10 °C innenfor visse grenser. Ved hjelp av stabile 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, produksjonssesongens lengde og svekkelsen av sollyset med dyppet i vannmassene viktig variable for økosystemets produktivitet. Innsjøenes dybdeforhold viser omfanget av produktive bunnområder, og de har betydning for termisk lagdeling i vannmassene.

Dersom værforholdene endrer seg de kommende årene vil livsvilkårene til fisk og krepsdyr endres betydelig da vanntemperaturer og produksjonssesongens lengde setter klare grenser for produksjonskapasiteten i fjellsjøer. Det har også vist seg at ytterligheter i værforholdene som bunnfrysing av gytebekker i snøfattige år, og sein isgang i snørike år har hatt dramatiske konsekvenser for ørretungelens 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 i praksis forsvant over store deler av Hardangervidda på grunn av bunnfrysing av gytebekkene denne 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 mange år påvirket bestanden i Sandvatn og i mange av vannene på Hardangervidda for øvrig (Rognerud og Qvenild 2013). På bakgrunn av disse undersøkelsene mener vi situasjonen i Sandvatn har stor overføringsverdi, og at Sandvatn derfor egner seg godt som et referansevatn.

Denne rapporten er en videreføring av tidligere undersøkelser og omhandler hvordan årlige variasjoner i vanntemperaturer, produksjonssesongens lengde og intensiteten i fiske påvirker fisk og krepsdyr i Sandvatn. Sandvatn ligger i Kvennavassdraget sentralt på Hardangervidda og er i enkelte år betydelig påvirket av smeltevann fra høyereliggende områder i vestlige deler av nedbørfeltet (Fig. 1 og 2). For å få et begrep om betydningen av smeltevannet har vi parallelt undersøkt temperaturforholdene i nærliggende Dargesjøen som har omtrent samme størrelse, dybdeforhold, og et lite nedbørfelt som ikke er påvirket av store snøleier på vestlige deler av Hardangervidda (Fig.1). Vi vil også diskutere hvordan denne smelteeffekten får spesiell betydning for Kvennavassdraget i forhold til innsjøer som ikke er like sterkt påvirket av økte snømengder vest på Hardangervidda.

Dette har forvaltningsmessig betydning for andre vann i Kvennavassdraget, og også for overføringsverdien 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 er en utvidelse av Kvenna nær fylkesgrensa mellom Telemark og Hordaland. Dargesjøen og Fjellsjøen øst for Sandvatn, ligger også i Kvennas nedbørfelt, men ikke i selve hovedvassdraget. Dargesjøen har et lite nedbørfelt og påvirkes ikke av Kvennas vannmasser. Den benyttes som en referanse på effekten av smeltevann i Sandvatn etter som snøfonnene i vestre deler av Kvennas nedbørfeltet smelter utover sommeren. (<http://www.statkart.no/>)

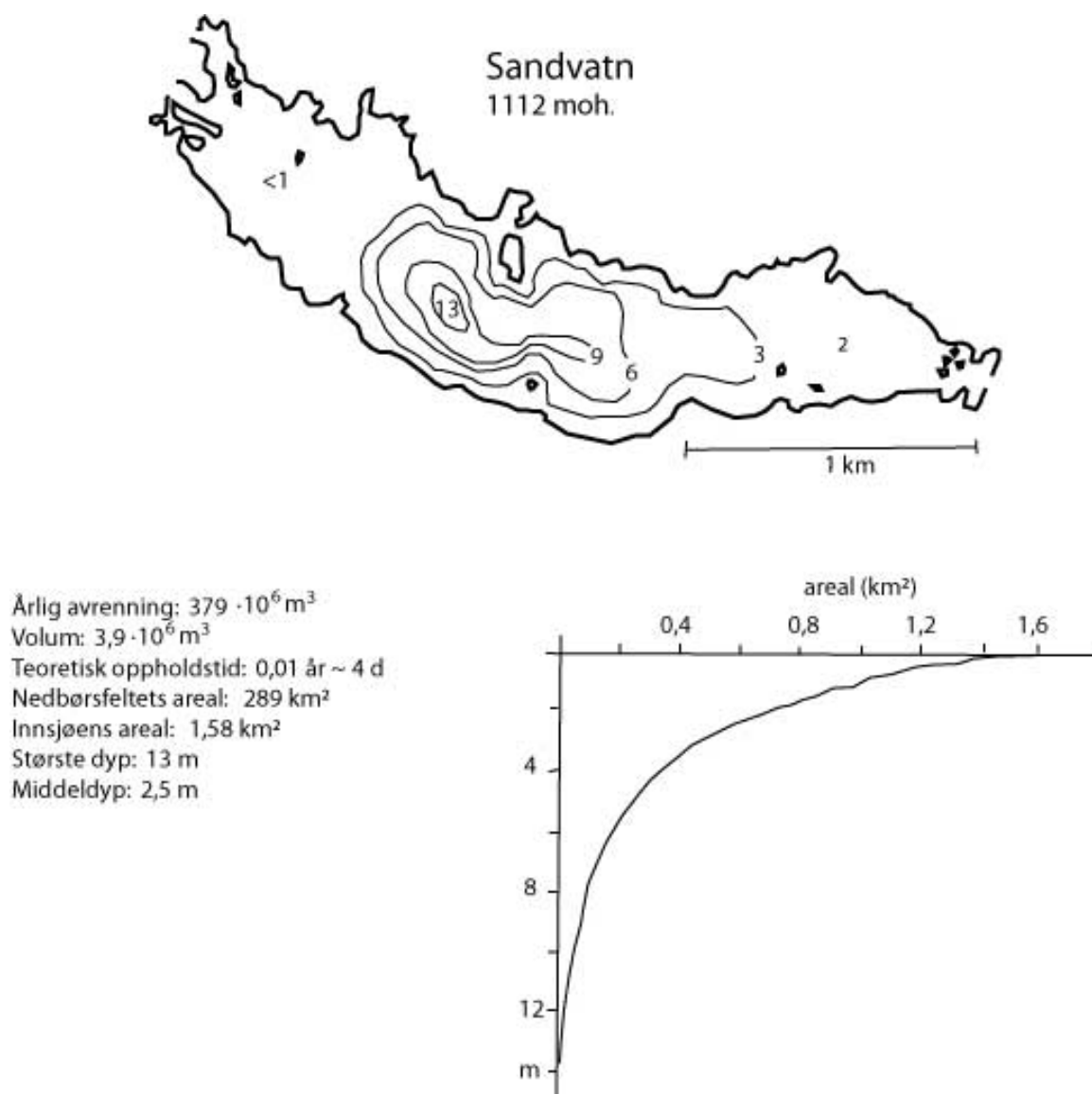




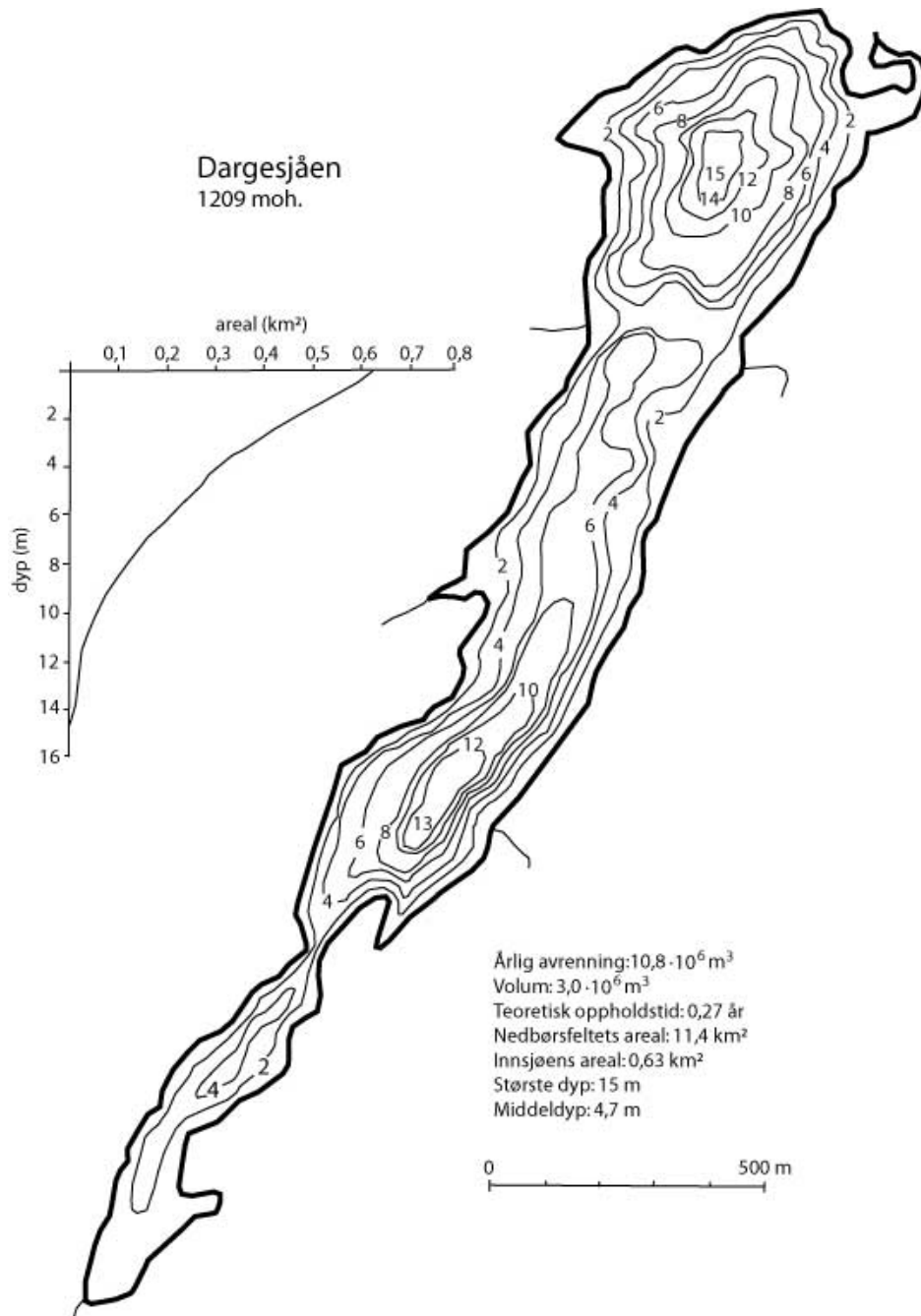
**Figur 2.** Sandvatn sett mot vest. Fylkesgrensen mellom Telemark og Hordaland går nær innløpet.

## 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 m til 4,7 m og vannets teoretiske oppholdstid 0,01 år og 0,27 år. 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 blitt fylt igjen av grus og finkorna masser fra elva. Innløpsområdet er følgelig svært grunt, ofte mindre enn 1 m. Kvenna har gode rekrutteringslokaliteter for fisk. Dargesjøen har en oppholdstid på 99 dager og det er gode rekrutteringsmuligheter både på innløp og utløp. I Sandvatn har fisken gode gytemuligheter i Kvenna både på innløpet og ved utløpet av innsjøen. Temperaturgangen i Sandvatn og Dargesjøen er svært lik i år med lite snø i de vestre fjellområdene av Kvennas nedbørfelt (Kap.4.1.3).



**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).

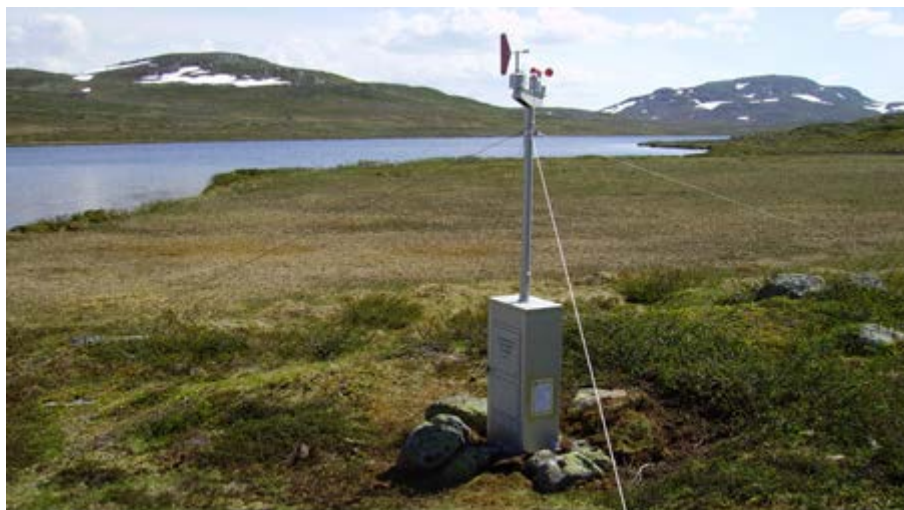
## 3. Metoder og definisjoner

### 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 var 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 2006-2014. 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, mens klima ofte 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 middelverdier, variasjoner og ekstrem-verdier av klimavariabler som temperatur, nedbør, fuktighet, vindstyrke og lufttrykk. 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 f.eks solstrålingen, eller vekselvirkninger mellom hav og atmosfære, f.eks indikert ved NAO indeksen, som er en vanlig brukt indikator på styrken av vestavindsbeltet (Klima i Norge 2100).



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

### 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 m's dyp i perioden (2003 - 2014) og i dybdeprofiler i 2006 - 2007. Siden innsjøene er grunne, vindeksponerte og store deler av bunnområdene er grunnere enn 4 meter, viste det seg at temperaturen på 1 m's dyp var representativ for en stor del av produksjonssjiktet i innsjøene (Rognerud et al. 2005, 2006).

### 3.4 Fiskeundersøkelser

#### 3.4.1 Lengde, vekt, ernæring

Fiskens lengde er målt fra snute til hale-spiss i naturlig utstrakt stilling. Vekt er angitt til nærmeste gram på elektronisk vekt. Kjønn og stadium ble bestemt etter Dahl (1917), og 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 mange fisk 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 kjønnsmodning. I våre beregninger av tilvekst har vi bare benyttet siste sesongs tilvekst av umoden fisk for å unngå for mange av disse spesifikke feilkildene.

Fiskens morfometri kan beskrives ved forholdet mellom fiskens vekt ( $w$ ) og lengde ( $l$ ):

$$(1) w = a \cdot l^b$$

Konstantene  $a$  og  $b$  bestemmes ved vanlig regresjon.

Fiskens kondisjon måles ved Fullton's kondisjonsfaktor:

$$(2) k = 100 \cdot w / l^3$$

hvor  $w$  er vekten i gram, og  $l$  er lengden i cm.

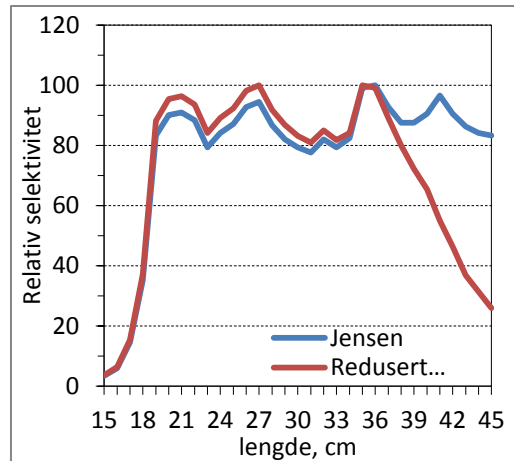
Av dette følger at  $k$  øker med økende lengde når  $b > 3$  og minker når  $b < 3$ .

K-faktor eller kondisjonsfaktoren er mye benyttet for å beskrive tilstanden i ørretvann. For en ørretbestand vil  $k$ -faktoren vanligvis være  $> 1,00$  når næringsforholdene er tilfredsstillende, dvs at veksten er begrenset av temperaturen og i liten grad av næringstilgangen. Da vil vi også vanligvis finne at  $k$ -faktoren øker med fiskelengden. Det betyr at  $b > 3$  i ligning 1.

#### 3.4.3 Garnbruk

De ulike årene ble det prøvofisket med maskevidder 13,5 mm, 16 mm, 19,5 mm, 21 mm, 26 mm, 29 mm, 35 mm, 39 mm, enkelte år også med 45 mm og 52 mm. Det er også fisket med Nordisk serie hvor maskeviddene varierer fra 5 – 60 mm i 2,5 m lange paneler. Alle garna er 25 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 (Fig. 6). For å skaffe et best mulig materiale av den fangbare del av bestanden (>30 cm) har vi brukt et større antall garnnetter av 29, 35 og 39 mm. Fangstene er harmonisert til fangst pr garnnatt fordelt på centimetergrupper for de ulike maskevidder, og deretter satt sammen som i redusert Jensen-serie. Vi får da en representativ frekvens av de ulike centimetergruppene. 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 benyttes ofte som et mål på fiskebestandens tetthet.



**Figur 6.** Relativ selektivitet av full og redusert Jensen-serie (uten 45mm og 52 mm) for fisk ved ulike lengde.

### 3.4.4 Vekstberegninger

Fisk har generelt et fleksibelt vekstmønster. De viktigste faktorene som påvirker veksten er tilgang på næring og temperaturforholdene (Wootton 1990, Elliott & Hurley 1999). Det er utført en del studier på ørretens vekst når næring finnes i overskudd og ingen andre faktorer påvirker veksten (Ratkowsky et al. 1983, Elliott et al. 1995, 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:

$$(3) M_t = [M_0^b + 0,01 \{bt d (T - T_L)(1 - e^{g(T-T_U)})\}]^{b-1}$$

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.

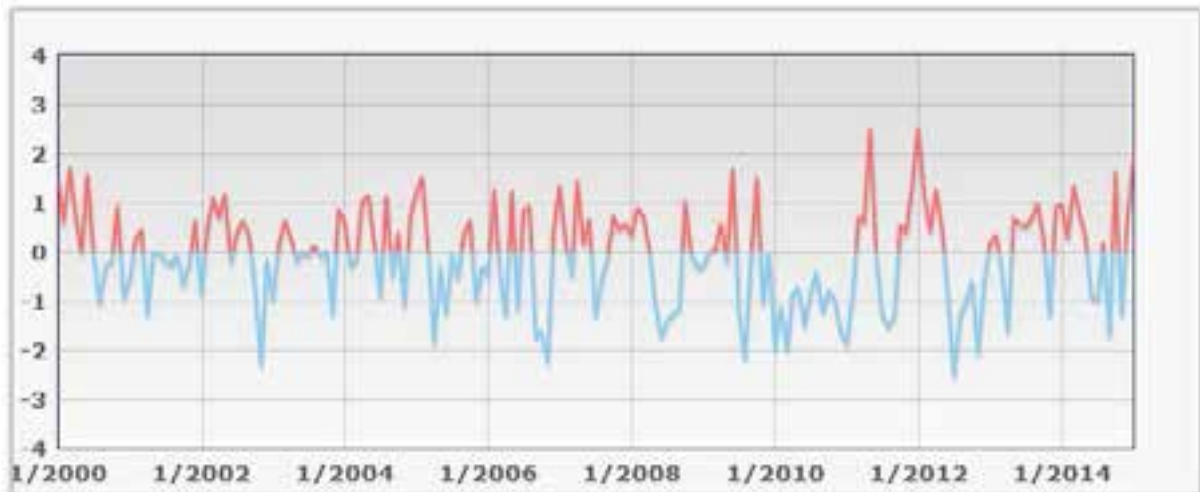
Denne metoden er brukt for å sammenligne optimal tilvekst mot observert tilvekst i en del norske elver (Jensen et al. 2000, Vøllestad et al. 2002), men ikke for innsjøer og magasiner. I elver er det enklere å måle temperaturforholdene slik fisken erfarer den, da forholdene er mer homogene over lengre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

## 4. Resultater

### 4.1 Fysiske forhold

#### 4.1.1 Den nordatlantiske oscillasjonen (NAO)

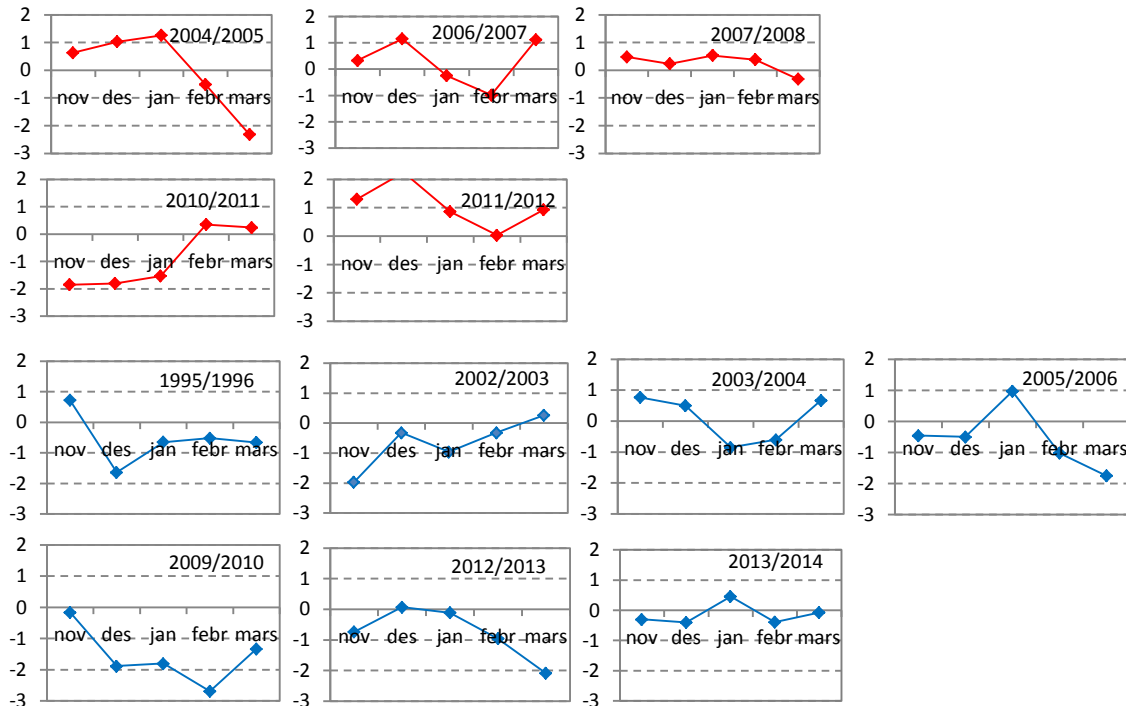
Været på Hardangervidda er i betydelig grad påvirket av lavtrykk som kommer inn fra havet i vest. Særlig vinterstid (november-mars) kan mye av variasjonen i styrken på dette vindfeltet indikeres ved NAO-indeksen. Kort fortalt beskriver denne indeksen forskjeller i lufttrykk over Island og Asorene. Lav NAO-verdier gir østavind og kalde nedbørfattige forhold over sydlige deler av Skandinavia, mens høye NAO-verdier ofte fører til vestavind og nedbør. På vinteren kommer nedbøren som snø på Hardangervidda, og i størst mengder på vestsiden der vi finner de høyereliggende delene deler av Kvennas nedbørfeltet. I snørike vintre vil derfor smelte vann fra særlig dette området kunne prege temperaturen i Kvenna på forsommeren. Siden år 2000 har NAO indeksen variert betydelige vinterstid, med svært lave verdier i 2009/2010, 2012/2013 og høye i 2011/2012 (Fig.7,8).



**Figur 7.** Den nordatlantiske oscillasjonen (NAO) perioden 1.1. 2000 - 1.1.2015, [www.wetterdienst.de](http://www.wetterdienst.de)

Sandvatn er hovedfokus i denne rapporten. For å beregne avkjølings-effekten de ulike årene, som følge av snøsmeltingen, sammenligner vi vanntemperatur her med tilsvarende i Dargesjøen som bare har et lite lokalt nedbørfelt (Fig.4). Disse vannene har nær den samme temperaturgangen sommerstid i år med lite snø (Fig.10), men Sandvatn har lavere temperaturer sommerstid i år med mye snø i vestlige deler av nedbørfeltet. Det er vanskelig å få et godt mål på snømengdene i vest før avsmeltingen tar til, men det kan være mulig at NAO-indeksen kan gi oss et forvarsel om smelte vannet vil påvirke temperaturgangen i Kvenna og Sandvatn den kommende sommer. Vi har derfor vist NAO-indeksen vinterstid i år med smelte vannseffekt i Sandvatn og i år med ingen slik effekt av betydning (Fig.8). Vinteren 1995/1996 er tatt med fordi veldig mange gytebekker bunnfrøs denne vinteren med den følge at yngelen døde og 1996 årsklassen ble særdeles svak over hele Hardangervidda (Borgstrøm 2001, Rognerud et al. 2003). I de 5 årene som det var en klar smelte vannseffekt var vinter NAO-indeksen gjennomsnittlig positiv i tre av disse og negativ i to (2004/2005 og 2010/2011) (Fig. 8). Vinteren 2004/2005 var NAO-indeksen positiv i perioden november til første februar. Det er derfor mulig at meste delen av snøen kom i denne perioden, men NAO indeksen vinteren 2010/2011 kunne ikke gi oss et varsel om den avkjølingseffekten vi målte i Sandvatn i 2011. Derimot er alle NAO- indeksene vinterstid (november-mars) gjennomsnittlig negative i år uten avkjølingseffekt i Sandvatn (Fig.8). Lave NAO-indeks vinterstid kan derfor gi en god indikasjon på lite snø og være et forvarsel om ubetydelige smelte vannseffekter med nedsatte sommertemperaturer i innsjøene i Kvenna-vassdraget,

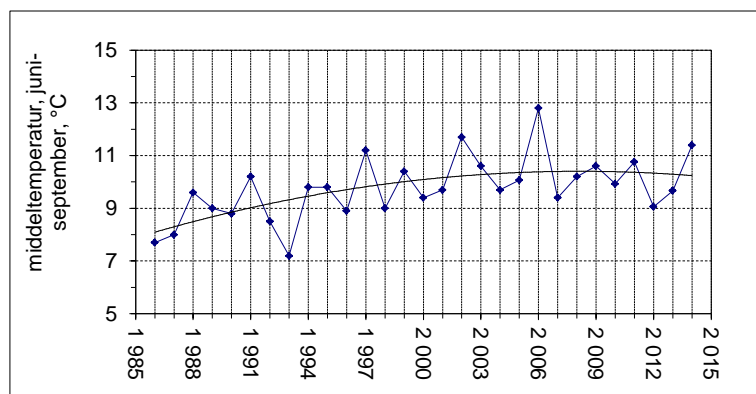
inklusive Sandvatn. Men slik behøver det ikke være i andre innsjøer som ligger lenger øst på Vidda. Bildet synes å være litt mer komplisert når det gjelder de positive NAO-indeksene vinterstid antagelig fordi vanninnholdet i snølaget kan variere og noe går tilbake til lufta på våren før avsmeltingen starter.



**Figur 8.** NAO-indeks vinterstid (november-mars) i år med klar smeltevannseffekt i Sandvatn (de øvre fem paneler merket rødt) og i år med liten smeltevannseffekt (nedre sju paneler).

#### 4.1.2 Tidsutvikling i lufttemperatur (LT)

Det har vært en generell økning i lufttemperaturen for produksjonsperioden 1. juli – 30. september (JAS) fra slutten av 1980-tallet og fram til og med 2003 (Fig.9). 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). Siden fiskeundersøkelsene startet i 2001 har temperaturen i produksjonsperioden (JAS) vært høyest i 2002 og 2006, mens de var lavest i 2007 og 2012. I 2014 var middeltemperaturen den tredje høyeste som er målt i denne perioden.



**Figur 9.** Middeltemperatur (1.6 til 30.9) ved Geilostølen met.st. Kilde: Eklima på nettstedet met.no



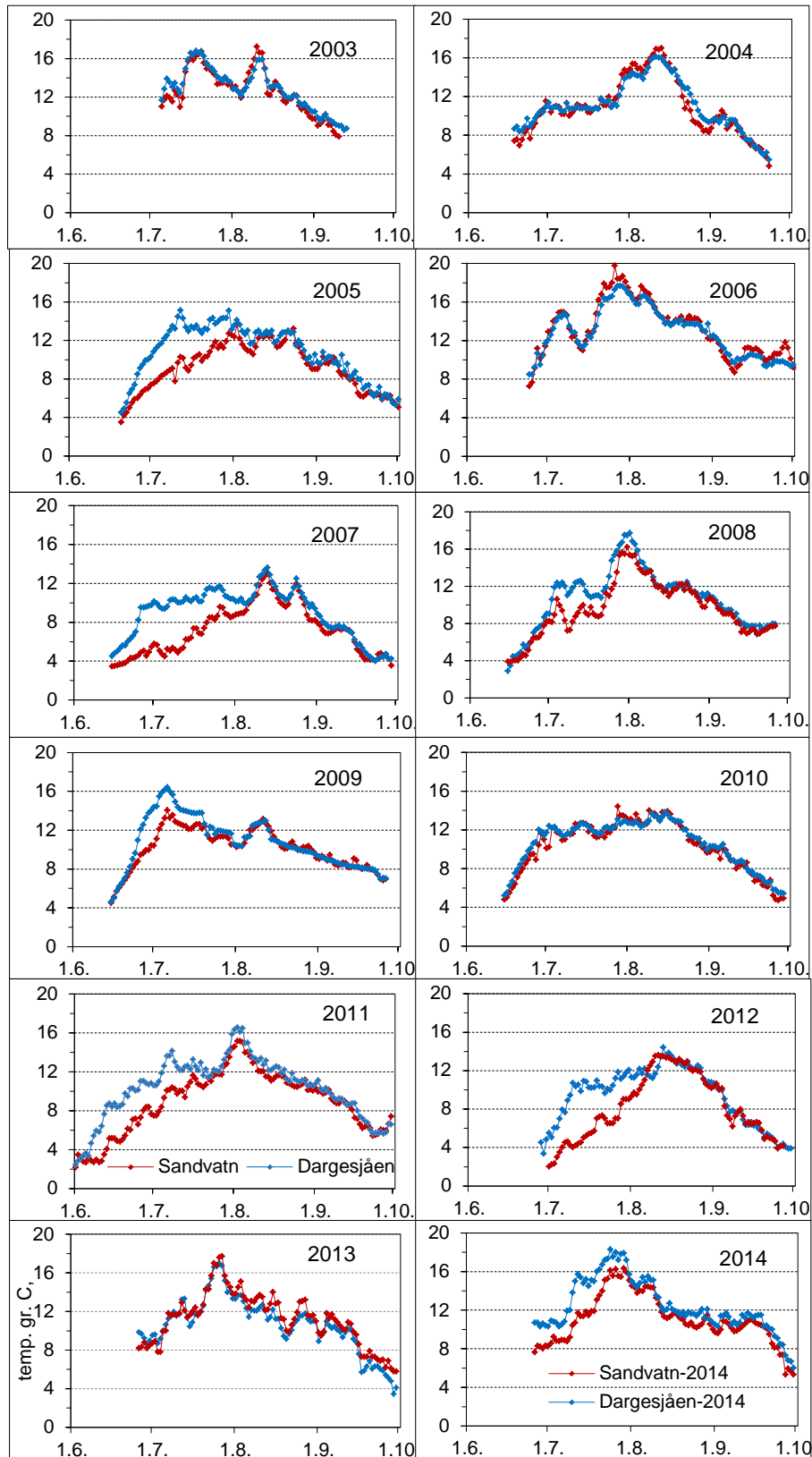
### 4.1.3 Sammenhengen mellom lufttemperatur og vanntemperatur

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, 2005). Videre har vi vist at i 2005 var LT ved vår meteorologiske stasjon på Dargesjøen nært korrelert til LT ved den meteorologiske stasjonen på Geilo (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 føre til temperaturforhold i innsjøene på Hardangervidda som i stor grad vil samvariere over store områder.

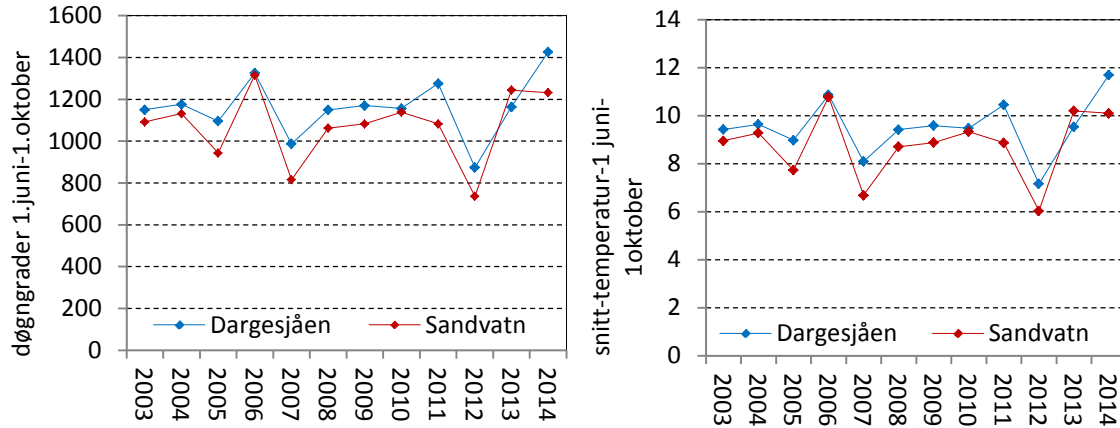
Sandvatn kan betraktes som en utvidelse av Kvenna. Nedbørfeltet er stort og inkluderer høyere-liggende fjellområder i sydvest på Hardangervidda, mens Dargesjøen har et relativt lite nedbørfelt og ligger ikke i selve Kvenna (Fig.1). I enkelte år med lite snø i fjellet slik som i 2003, 2004, 2006 og 2010 var temperaturgangen i Dargesjøen og Sandvatn svært like (Fig.10). Dette betyr at ved å sammenligne temperaturgangen i disse innsjøene kan vi beregne smeltevanns-effekten i Sandvatn i år med mye snø (basert på snøkart utviklet av NVE og met.no, vist i Rognerud et al 2008) i vestlige deler av Kvennas nedbørfelt slik det var i 2005, 2007, 2011 og 2012 (Fig. 10).

Ut fra beregninger av antall døgngrader og middeltemperatur kan vi rangere de ulike produksjonsårene i Sandvatn (Fig. 11, 12). De dårligste årene var 2012, 2007 og 2005. I 2012 lå isen fram til begynnelsen av juli og temperaturen kom opp mot 13 °C først i midten av august. Dette året var middeltemperaturen for perioden 1. juni - 1.oktober 6,0 °C og antall døgngrader (d.gr) 735 (Fig.11), mens forholdene var litt bedre i 2007 (6,7 °C, 815 d.gr) og 2005 (7,7 °C og 943 d.gr). Klart bedre var årene 2008 (8,7 °C, 1062 d.gr.), 2011 (8,8 °C, 1082 d.gr.) og 2009 (8,9 °C, 1082 d.gr.). De beste produksjonsforholdene var det i 2010 (9,3 °C, 1138 d.gr.), 2013 (10,2 °C, 1243 d.gr.), 2014 (10,1 °C, 1221 g.gr) og særlig i 2006 (10,8 °C, 1315 d.gr.).

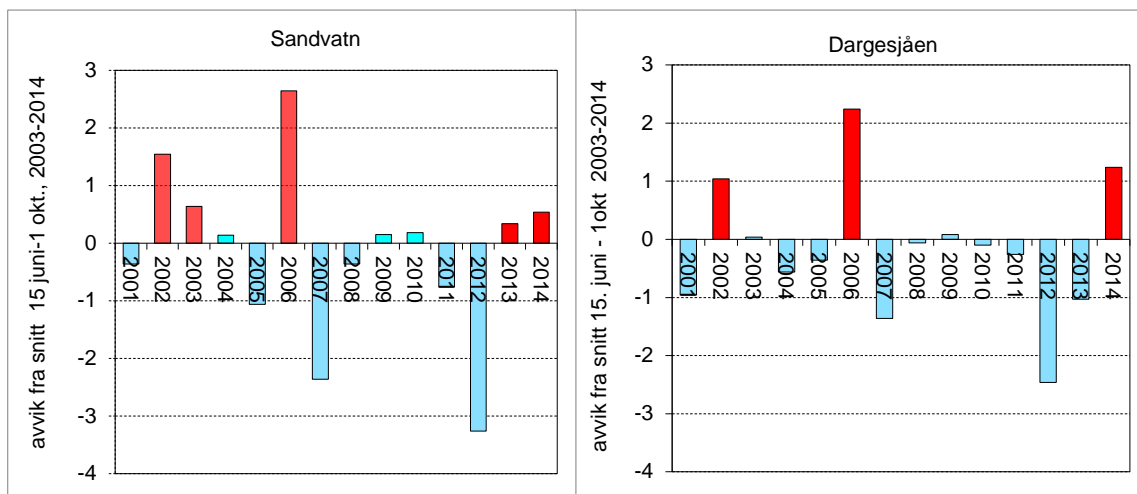
I 2006 var altså antall døgngrader nesten dobbelt så høyt som i 2012. Vi skal også nevne at isen vanligvis legger seg på disse innsjøene i første del av oktober, men i 2006 skjedde dette først i midten av november. Tilsvarende sein islegging var det også i 2013. I 2006 var det særlig høsten som var varm med vanntemperaturene mellom 10 og 12 °C i september og hele oktober var altså isfri. Dersom vi ser på avviket fra temperatursnittet i perioden 15. juni til 1. oktober (som er nær isfri periode) for Dargesjøen og Sandvatn så ser vi at det er det samme mønsteret i avvikene for begge innsjøene (Fig. 12). Vi ser også at det er de samme årene som var henholdsvis kaldere (2012 og 2007) og varmere enn snittet (2002, 2006 og 2014), men at variasjonene var størst i Sandvatn. Dette skyldes at Sandvatn er grunt, har kort oppholdstid, og responderer raskt på endringer i temperaturen i Kvenna, samt effekten av smeltevann på forsommeren i enkelte år. I perioder uten denne smeltevannseffekten, slik som i 2006, var temperaturene i Sandvatn og Dargesjøen nær de samme.



**Figur 10.** Vanntemperaturer målt med temperaturloggere på 1 meters dyp i Sandvatn (rød) og Dargesjåen (blå) i perioden 1. juni-1.oktober.



**Figur 11.** Antall døgngrader og gjennomsnittstemperatur på 1 m dyp i perioden 1. juni til 1. oktober i Sandvatn og Dargesjøen for perioden 2003-2014.

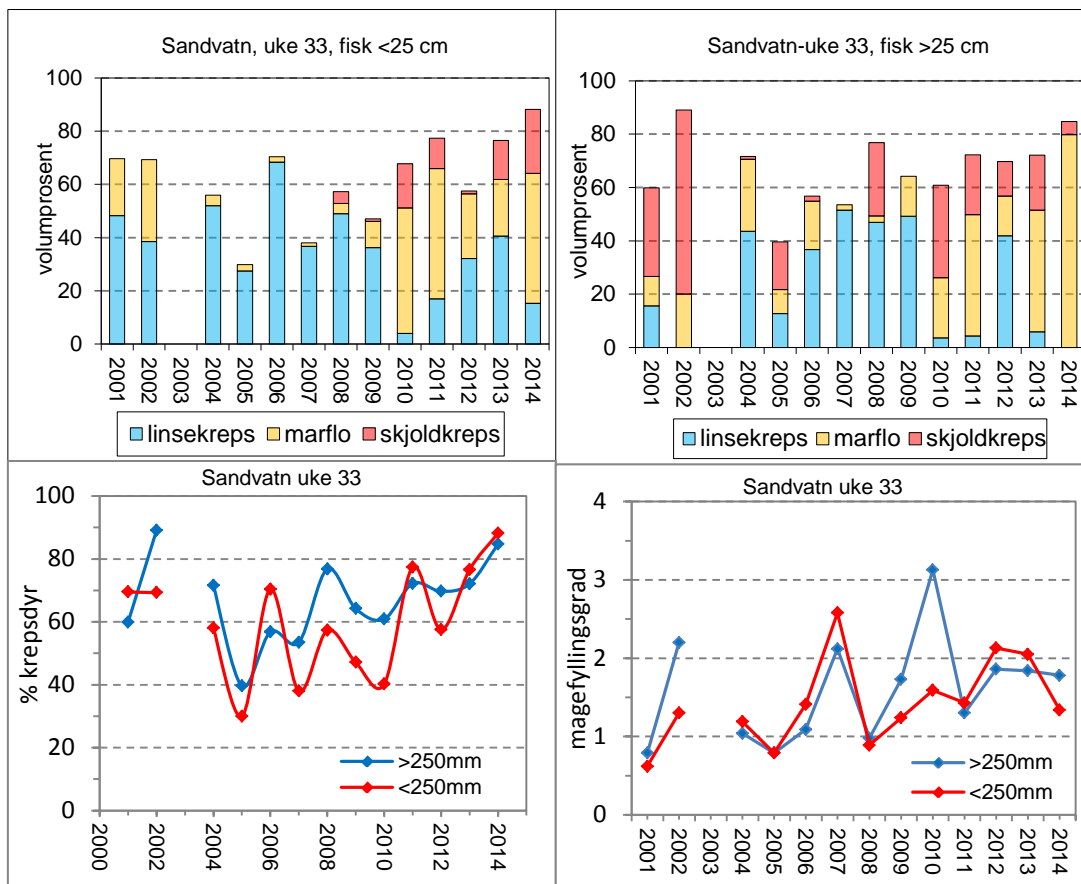


**Figur 12.** Avvik fra gjennomsnittstemperaturen, som er beregnet ut fra loggermålinger fra 1 m's dyp i vekstsesongen 15. juni-1.oktober i Sandvatn og Dargesjøen i perioden 2001 til 2014. Verdiene for 2001 og 2002 er ikke målt, men rekonstruert på bakgrunn av lufttemperaturer og vurdering av snømengdene i Kvennas nedbørfelt utover vår og sommer (data fra NVE og met.no). I 2013 ble Fjellsjøen brukt som erstatning for loggeren som forsvant i Dargesjøen, men vi har tidligere vist at epilimnisk temperatur er nær den samme i disse nærliggende innsjøene (Rognerud et al.2005).

## 4.2 Fiskens næringsdyr i Sandvatn basert på mageanalyser

### 4.2.1 Fiskens næringsdyr i august

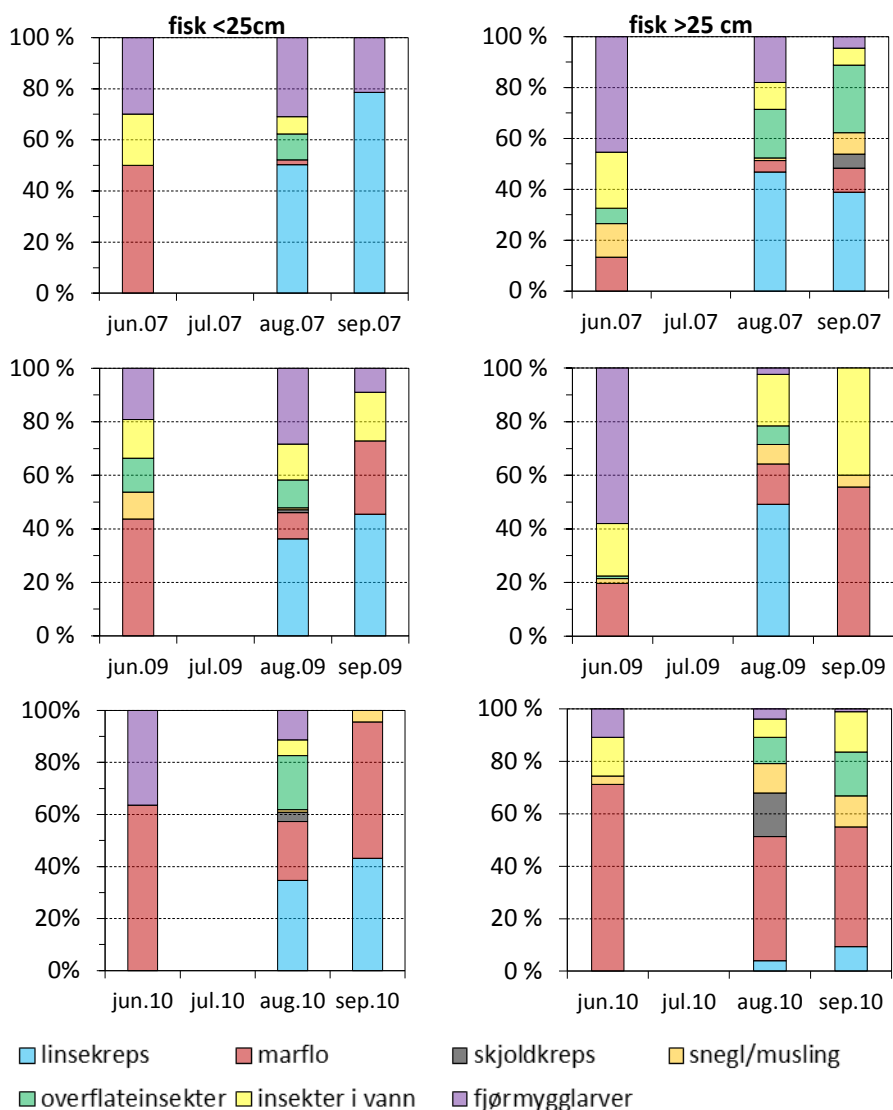
Vi har gjort fiskeundersøkelsene i august (uke 33) i perioden 2001-2014, unntatt i 2003. Da er også mageinnholdet av et representativt utvalg blitt undersøkt. Krepssdyrene er en viktig matkilde for fisk på Hardangervidda. Fisker har en sterk preferanse for disse næringsdyrene, noe vi tydelig ser på nedbeitingen i år med sterk næringskonkurranse. I Sandvatn har andelen krepssdyr i mageprøvene for stor fisk (>25 cm) vært over 50 % i alle år, med unntak av 2005, mens for liten fisk (< 25 cm) var det mindre enn 50 % også i 2007 og 2009 (Fig.13). Skjoldkrepss og marflo dominerte blant krepssdyrene i småfiskens mageinnhold i 2010, 2011 og 2014, ellers dominerte linsekrepss. I stor fisk var marflo og skjoldkrepss sterkt dominerende i 2001, 2002, 2010, 2011, 2013 og særlig i 2014, mens linsekrepss dominerte i 2004, 2006-2009 samt i 2012. Det er også verd å merke seg at i det varmeste året 2006 var det stor dominans av linsekrepss (68 %) i små fisk, mens denne andelen var langt mindre i stor fisk. Skjoldkrepss er den største arten blant krepssdyrene på Hardangervidda, og det var størst andel av denne arten i stor fisk i årene 2001, 2002 og 2010. Marflo er en permanent vannbeboer som - spesielt tidlig på sesongen - har stor betydning for fisker på Hardangervidda. Den var viktig føde særlig i 2001, 2002, 2004, og 2010 - 2014. Det er også en klar tendens til at andelen krepssdyr har økt fra den kalde produksjonssesongen i 2007 og fram til og med 2014. (Fig.13). Dette gjenspeiler også utviklingen mot tynnere bestand og mindre næringskonkurranse slik som vist i Fig. 15. Magefyllingsgraden har i hele perioden hovedsakelig ligget mellom 1 og 2, men har vært nær 2 de siste 3 årene særlig for stor fisk. (Fig.13 nedre høyre panel).



**Figur 13.** Krepssdyrenes prosentvise andel av totalt mageinnholdet fordelt på arter(øverst), og for gruppen krepssdyr hele gruppen for fisk mindre enn 25cm og større enn 25cm, samt magefyllingsgrad i perioden 2001-2014.

#### 4.2.2 Fiskens næringsdyr i juni, august og september

Vi har undersøkt forholdet mellom ulike grupper av fiskens næringsdyr over produksjonssesongen i 2007, 2009 og 2010 for liten (<25 cm) og stor fisk (>25 cm) (Fig. 14). I juni 2007 utgjorde marflo nær halvparten av mageinnholdet i småfisk, mens resten besto av insekter. I dette året var det lave vanntemperaturer (Fig.10,12), og marflo forsvant i småfiskens diett allerede i august, og ble erstattet av linsekreps ut resten av sesongen. Andelen marflo var mindre i stor fisk enn i småfisk i juni og det var ulike typer insekter og snegl som dominerte over krepsdyrene hele sesongen. I 2009 og 2010 var det nær normale temperaturer (Fig.12) og marflo var også da et viktig næringsdyr i juni for både stor og liten fisk, men til forskjell fra 2007 så var de til stede i mageinnholdet i vesentlig grad hele sesongen. I 2010 utgjorde marflo nær halvparten av mageinnholdet over sesongen i både stor og liten fisk. Fiskebestanden har blitt gradvis tynnere fra 2007 (Fig.16)



**Figur 14.** Prosentvis fordeling av ulike næringsdyr i mageinnholdet til liten (<25cm) og stor fisk (>25 cm) i Sandvatn i juni, august og september 2007, 2009 og 2010.

## 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 2001-2014. Totalt er alderen bestemt for 1297 fisk, og veksten beregnet for 1127 fisk (Tab.1). 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 2001-2014 er vist i tabell 2.

**Tabell 1. Oversikt over antall fisk som er analysert for alder og vekst i perioden 2001-2014.**

		Totalt	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Antall som er analysert for alder	otolitter	1 297	111	74	132	184	74	109	78	60	79	133	116	83	64
Antall analysert for vekst	skjell	1 127	113	74	132	23	62	108	78	60	89	127	114	83	64

**Tabell 2. Oversikt over fangstene på ulike maskevidder av prøvegarn i perioden 2001-2014..**

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Nordisk	ant garn	0	1		0	6	2	1	2	2	1	4	24	9	4
	ant fisk		20			84	22	24	51	25	12	65	143	110	98
	vekt		2075			7045	1013	2163	3179	2006	746	3604	11491	4705	4398
	gjennomsn.vekt (gram)		104			84	46	90	62	80	62	55	80	43	45
	ant/garnnatt		20,00			14,00	11,00	24,00	25,50	12,50	12,00	16,25	5,96	12,22	24,50
	ant gram/ garnnatt		2 075			1 174	507	2 163	1 590	1 003	746	901	479	523	1 100
13,5 mm	ant garn	0	0		1	0	2	2	2	2	1	2	1	2	1
	ant fisk				88		27	39	12	14	16	58	12	81	41
	vekt				2376		885	1176	280	427	419	1342	251	1779	1035
	gjennomsn.vekt (gram)				27		33	30	23	31	26	23	21	22	25
	ant/garnnatt				88,00		13,50	19,50	6,00	7,00	16,00	29,00	12,00	40,50	41,00
	ant gram/ garnnatt				2 376		443	588	140	214	419	671	251	890	1 035
16 mm	ant garn	0	0		1	0	2	2	2	2	1	2	1	2	1
	ant fisk				48		78	42	35	67	23	59	31	82	66
	vekt				1728		3920	1631	1715	3030	1156	3160	1176	3626	2619
	gjennomsn.vekt (gram)				36		50	39	49	45	50	54	38	44	40
	ant/garnnatt				48,00		39,00	21,00	17,50	33,50	23,00	29,50	31,00	41,00	66,00
	ant gram/ garnnatt				1 728		1 960	816	858	1 515	1 156	1 580	1 176	1 813	2 619
21 mm	ant garn	4	4		1	5	4	4	4	5	2	4	6	4	4
	ant fisk	28	149		17	113	91	58	77	53	68	54	53	41	103
	ant maskebitere	0	2		0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	4
	vekt	2497	13534		1858	9835	9104	6072	6415	4366	5652	4845	4745	3573	8546
	gjennomsn.vekt (gram)	89	91		109	87	100	105	83	82	83	90	90	87	83
	ant/garnnatt	7,00	37,25		17,00	22,60	22,75	14,50	19,25	10,60	34,00	13,50	8,83	10,25	25,75
ant gram/ garnnatt	624	3 384		1 858	1 967	2 276	1 518	1 604	873	2 826	1 211	791	893	2 137	
26 mm	ant garn	3	2		1	2	2	2	2	3	3	5	8	6	3
	ant fisk	28	27		16	20	18	22	22	12	20	13	18	23	12
	ant maskebitere	1	1		1	16	2	2	1	1	1	2	2	2	9
	ant maskebitere %	3 %	4 %		6 %	44 %	10 %	8 %	4 %	8 %	5 %	13 %	10 %	8 %	43 %
	vekt	4158	4301		3112	2398	3114	4686	3610	2159	2889	2406	3935	4179	1603
	gjennomsn.vekt (gram)	149	159		195	120	173	213	164	180	144	185	219	182	134
ant/garnnatt	9,33	13,50		16,00	10,00	9,00	11,00	11,00	4,00	6,67	2,60	2,25	3,83	4,00	
ant gram/ garnnatt	1 386	2 151		3 112	1 199	1 557	2 343	1 805	720	963	481	492	697	534	
29 mm	ant garn	2	2		1	7	4	14	19	14	7	18	18	11	6
	ant fisk	10	18		8	67	38	120	112	45	19	31	29	11	9
	ant maskebitere	0	1		0	13	6	10	3	7	5	3	8	3	21
	ant maskebitere %	0 %	5 %		0 %	16 %	14 %	8 %	3 %	13 %	21 %	9 %	22 %	21 %	70 %
	vekt	2415	4543		2239	16542	9256	36303	28748	14301	4596	8355	7537	3713	1782
	gjennomsn.vekt (gram)	242	252		280	247	244	303	257	318	242	270	260	338	198
ant/garnnatt	5,00	9,00		8,00	9,57	9,50	8,57	5,89	3,21	2,71	1,72	1,61	1,00	1,50	
ant gram/ garnnatt	1 208	2 272		2 239	2 363	2 314	2 593	1 513	1 022	657	464	419	338	297	
35 mm	ant garn	2	2		1	11	4	12	14	10	7	8	14	15	10
	ant fisk	2	16		0	22	11	44	24	4	5	11	5	8	4
	ant maskebitere	1	0		0	5	1	13	11	2	6	2	3	0	17
	ant maskebitere %	33 %	0 %			19 %	8 %	23 %	31 %	33 %	55 %	15 %	38 %	0 %	81 %
	vekt	1135	8675		0	7297	3641	15764	9878	1533	2469	5765	4068	5428	1194
	gjennomsn.vekt (gram)	568	542			332	331	358	412	383	494	524	814	679	299
ant/garnnatt	1,00	8,00		-	2,00	2,75	3,67	1,71	0,40	0,71	1,38	0,36	0,53	0,40	
ant gram/ garnnatt	568	4 338		-	663	910	1 314	706	153	353	721	291	362	119	
39 mm	ant garn	2	2		1	7	4	12	2	4	7	8	20	14	6
	ant fisk	1	7		2	9	5	27	1	0	8	7	11	7	2
	ant maskebitere	4	2		4	3	5	11	4	0	4	1	3	0	9
	ant maskebitere %	80 %	22 %		67 %	25 %	50 %	29 %	80 %		33 %	13 %	21 %	0 %	82 %
	vekt	525	4416		1073	3166	2071	11282	480	0	3883	4783	8247	5207	1567
	gjennomsn.vekt (gram)	525	631		537	352	414	418	480		485	683	750	744	784
ant/garnnatt	0,50	3,50		2,00	1,29	1,25	2,25	0,50	-	1,14	0,88	0,55	0,50	0,33	
ant gram/ garnnatt	263	2 208		1 073	452	518	940	240	-	555	598	412	372	261	

I 2014 var det høye fangster på de småmaskete garna (13,5, 16 mm og 21 mm), noe som indikerer en god rekruttering de siste årene. Det var en forsiktig økning på 26 og 29 mm, selv om fangsten pr. garnnatt ligger klart under gjennomsnittet for hele perioden (2001-2014). Fangstene på 35 og 39 mm lå i 2014 fortsatt på et svært lavt nivå.

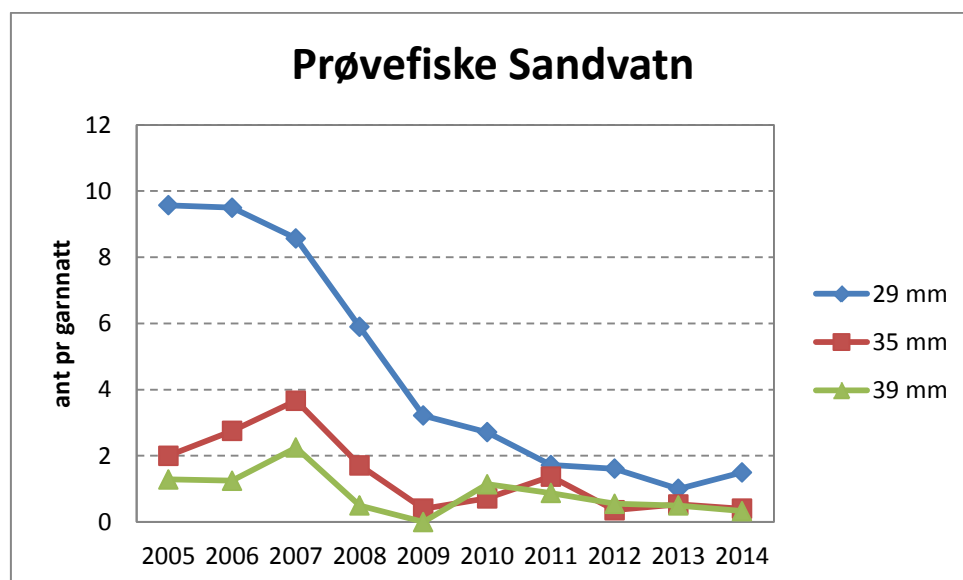
I år med mye småfisk vil det ofte stå såkalte «maskebitere» i garn som normalt ikke fanges av denne maskestørrelsen. Vi har sortert ut fisk som fanger med mindre effektivitet enn 10 % av modallengden, og disse har vi betegnet som «maskebitere» (Tab.2). Det har tidvis vært en del maskebitere på 29 mm, 35 mm og 39 mm. I 2014 var det et høyt innslag av maskebitere. Dette var det alt vesentligste 2009-, 2010- og 2011-årsklassene som i 2014 lå i lengdeintervallet 12 – 25 cm.

#### 4.3.2 Bestandssituasjonen

Vi fikk mye fisk i 13,5 mm garn i 2014 (Tab.2). Det er lengdegruppen 11-13 cm som dominerer på disse garna. Dette var hovedsakelig 2011-årsklassen. Også 2012-årsklassen ble registrert på 13,5 mm i 2014. På 16 mm sto det 66 fisk pr garnnatt som er det klart høyeste utbytte til nå. Dette var fisk på 13-19 cm. Også her dominerte 2011-årsklassen, men 2010-årsklassen var også rikelig representert. Antallet fisk pr garnnatt var også meget høyt i 21 mm med dominans av fisk i lengdeintervallet 19-22 cm. Det var omtrent like mange av årsklassene 2009 og 2010 på denne maskevidden.

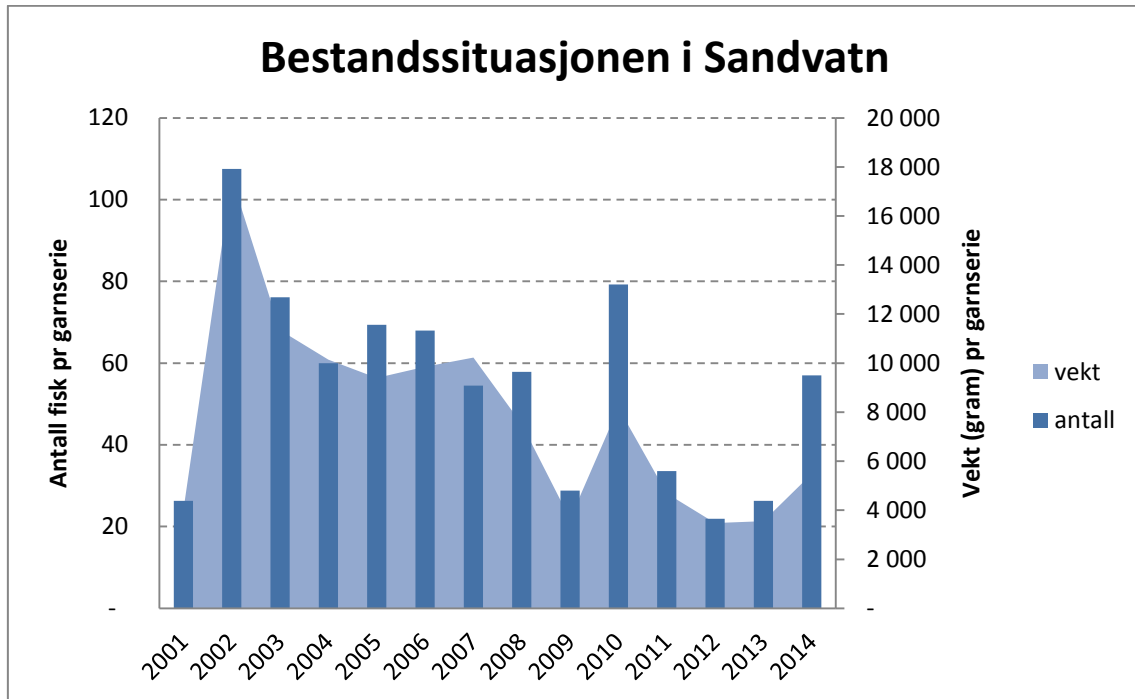
På garn med maskevidde 26 og 29 mm var det lave fangster. Dette indikerer at vi fortsatt må regne med noen magre år med hensyn til fisket i Sandvatn. Selv om fangstene på 29 mm viste en svak økning, var likevel fangstene på 29, 35 og 39 mm så lave at det var vanskelig å få et tilfredsstillende materiale for fisk over 28 cm (totalt bare 7 fisker). Det var 2007- og 2008-årsklassene som dominerte på disse maskeviddene og de er svake, men 2009- og 2010-årsklassene var også representert i 29 mm.

Det er fisk som står på 29 mm som etter hvert rekrutterer inn i det ordinære fisket med 35 og 39 mm. Utviklingen i antall fisk fanget pr garnnatt på 29 mm har siden 2005 vist en synkende tendens med en svak oppgang i 2014 (Fig 15). Vi må derfor fortsatt forvente et fiske med lave fangster et par år. Den fisken som er igjen av eldre årganger vil fortsatt øke i vekt. Statistikkene for de andre vannene i Kvennadalen (unntatt Briskevatn) viser en tilsvarende utvikling (Qvenild og Rognerud 2015).



**Figur 15.** Antall fisk pr. garnnatt i prøvefisket for maskeviddene 29, 35 og 39 mm i Sandvatn i perioden 2005-2014.

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 2001-2014. Dette er vist for både antall og vekt pr. garnserie i figur 16 og tabell 3.



**Figur 16.** Bestandsvariasjonene i Sandvatn i perioden 2001-2014 pr. Jensen serie gitt som antall (venstre ordinat), og vekt i gram (høyre ordinat). Verdiene for 2003 er estimert (se nedenfor).

Vi har gjennomført et prøvofiske hvert år i uke 33, unntatt i 2003 da det ikke ble fisket. Verdiene for 2003 er beregnet (Rognerud og Qvenild 2013). Fra tabell 3 ser vi at det nå er småfisken som dominerer på den reduserte Jensen-serien (2009- og 2010-årklassene). Prøvofisken viste at det var lite fisk på maskevidder > 26 mm, dvs. fisk født i 2008 eller tidligere. 2006-årklassen, som var noe sterkere enn de øvrige er nå også nesten ute av fangst og forekommer i lite antall.

**Tabell 3.** Antall fisk pr. garnserie (15-45 cm) de ulike år (kolonne til venstre) fordelt på årsklasser (rader). Område der en årsklasse er fullrekruttert til garnserien er vist med en gråtone.

ÅRSKLASSER	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	
2001																					
2002																					
2003																					
2004																					
2005																					
2006																					
2007																					
2008																					
2009																					
2010																					
2011																					
2012																					
2013																					
2014																					
TOTALT	3,79	24,26	43,64	15,50	25,21	55,64	29,71	33,28	33,26	80,84	71,35	24,52	45,96	34,23	161,90	40,32	19,56	8,35	10,65	3,35	

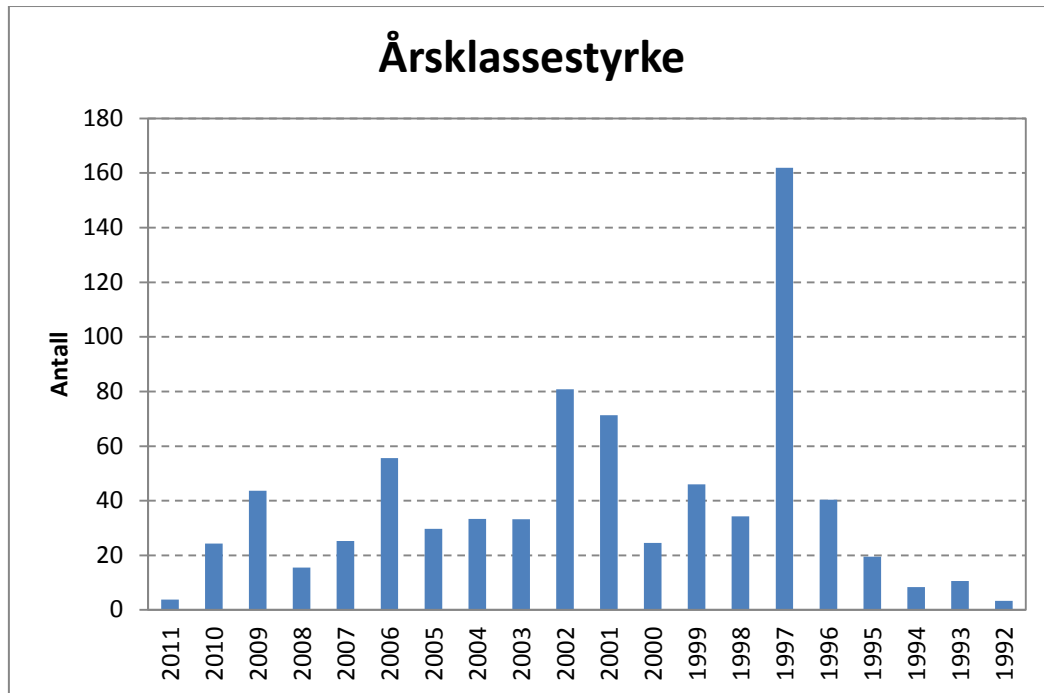
### 4.3.3 Årsklassenes styrke

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 (Fig.17). Fra 1995- til 2008-årsklassen har vi et godt bilde av de ulike årsklassenes totale styrke. Før 1995 mangler vi bidragene fra en del yngre fisk, og fra og med 2009 har vi en god del småfisk som ikke er rekruttert inn i serien enda, og som vil bidra til



årsklassene 2009 og yngre i årene fremover. Fra og med 1995 til og med 2008 vil de ulike årsklassene være representert tilnærmet representativt, mens eldre og yngre årsklasser vil være underrepresentert.

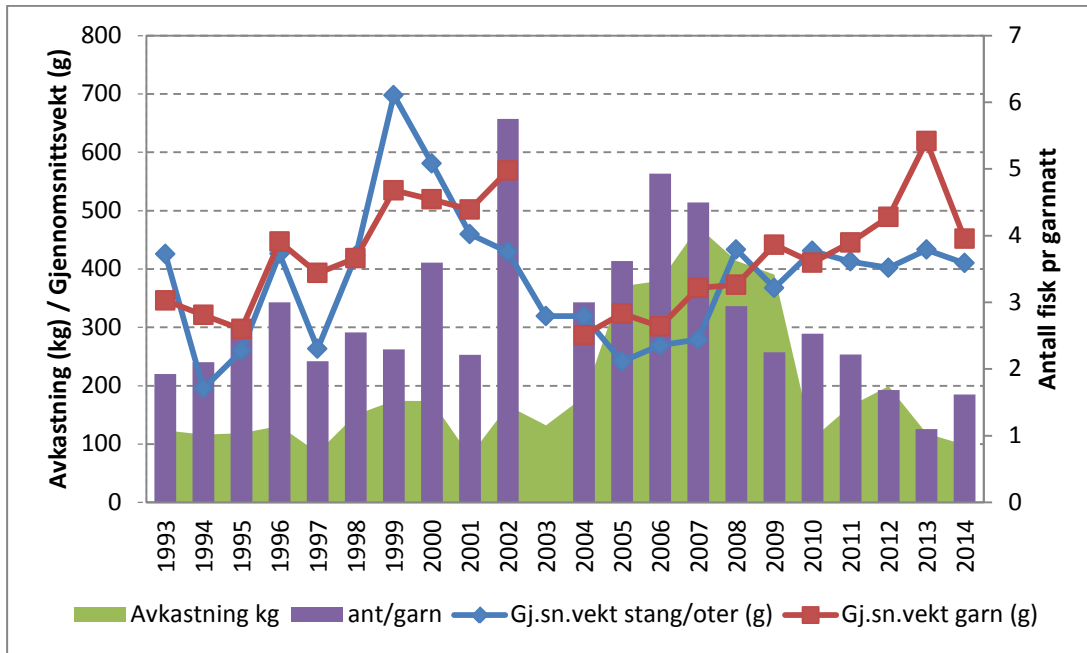
Vi ser 1997-årsklassenes dominerende styrke i denne perioden. Også årsklassene 2001, 2002 og 2006 har vært sterkere enn normalt. 2009-årsklassen er nå fullrekruttert til serien, mens 2010- og 2011-årsklassene som ble fanget i stort antall på 13,5 og 16 mm ikke er fullrekruttert enda.



**Figur 17.** De ulike årsklassenes totale bidrag til fangstene på en redusert Jensen garnserie. Før 1995, mangler det bidrag fra yngre fisk, og for årsklassene etter 2009 der det vil bli et økt bidrag i årene som kommer.

#### 4.3.4 Årlige variasjoner i fisket i Sandvatn

Det er samlet inn fangstrapporter fra fiskerne i Sandvatn de siste 22 årene (i 2003 ble det ikke fisket). Utviklingen i avkastning og antall fisk pr. garnnatt er vist i Fig.18. Dette er hovedsakelig fiske med 35 og 39 mm garn samt fiske med stang og oter (Qvenild og Rognerud 2015). Avkastningen frem til og med 2004 lå på 79-181 kg (snitt 136 kg). 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) med fisk på over 400 gram i snitt (Fig.18).



**Figur 18.** Statistikk over fiskets utvikling i Sandvatn i perioden 1993-2014.

Garnfisket ble tidligere vesentlig drevet med 39 mm samt noe 35 mm. Fra 2005 ble det også benyttet 29 mm, men fra og med 2006 har fisket med 35 mm vært det dominerende.

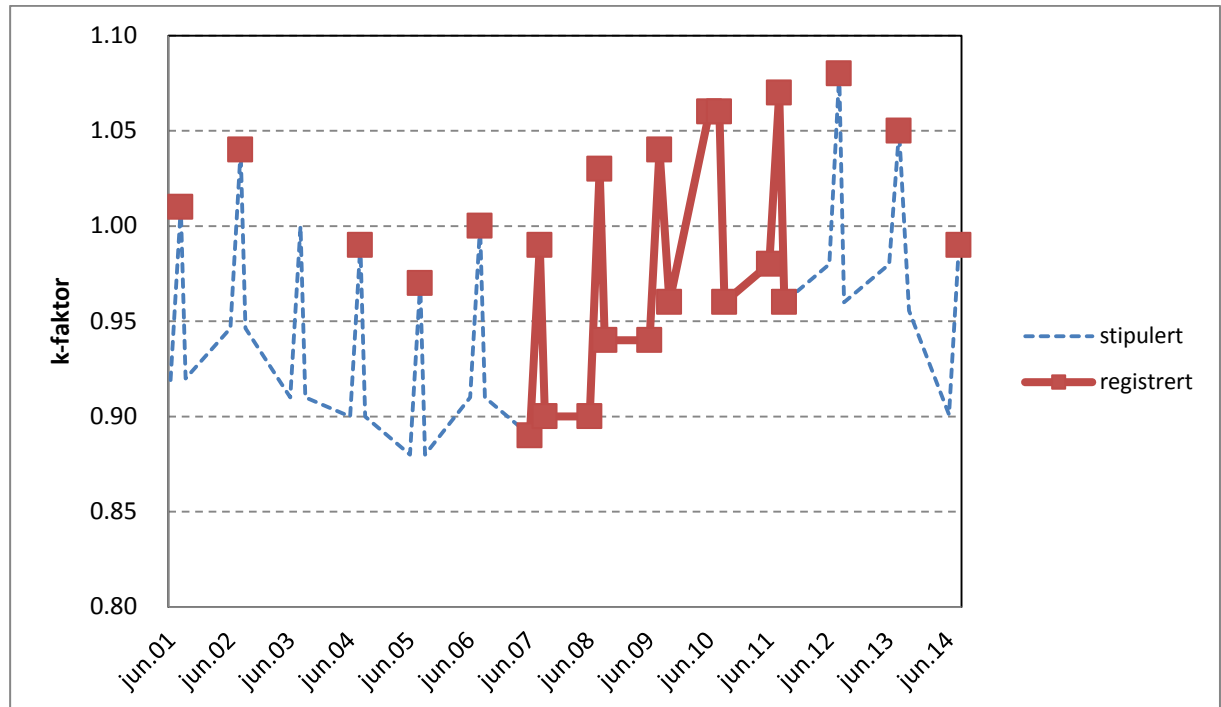
Fangsten pr garnnatt på maskevidder  $\geq 35$  mm har variert fra 1,1-5,8 fisk pr garnnatt i perioden 1993-2014 (gjennomsnitt 2,8 fisk pr. garnnatt) med laveste utbytte på 1,1 fisk pr garnnatt i 2013. I 2014 økte det noe til 1,62 fisk pr garnnatt som også er svært lavt. Selv om fisket var lite aktivt i 2014 og statistikken noe usikker, underbygger statistikken en tynn bestand av fangbar fisk, noe som også prøvofisket viser.

I perioden 1999-2002 var gjennomsnittsvakta på garn 531 gram, etterfulgt av et markert fall da den tallrike 1997-årsklassen kom inn i fangst. Fra 2004 har gjennomsnittsvakta økt jevnt fra 286 gram i 2004 til 619 gram i 2013 som er det høyeste som er registrert. I 2014 sank gjennomsnittsvakta til 452 gram, hovedsakelig fordi det nå er en økt rekruttering av fisk inn i fangbare størrelser.

#### 4.3.5 Vekst og kondisjon

I figur 19 er det vist hvordan k-faktoren varierer for hele materialet i perioden 2001-2014. Vi mangler registreringer av k-faktoren vår og høst for årene 2001, 2002, 2004, 2005, 2006, 2012, 2013 og 2014. Disse er derfor stipulert med bakgrunn i resultatene for perioden 2007-2011. I perioden 2007-2011 ble Sandvatn undersøkt både i juni, august og i månedsskiftet september/oktober. Bortsett fra i 2010 ser vi at k-faktoren øker fra juni til august, for deretter å avta igjen. K-faktoren i juni og i månedsskiftet september/oktober ligger i gjennomsnitt på 91 % av verdien i august. K-faktoren vår og høst er stipulert med bakgrunn i dette for de øvrige årene.

Kondisjonsfaktoren er sterkt avhengig av næringstilgangen. Etter at bestanden er blitt tynnere i Sandvatn har de viktige næringsdyrene marflo og skjoldkreps kommet tilbake, og kondisjonsfaktoren har stabilisert seg på et nivå mellom 1,05 og 1,07. I 2014 var imidlertid k-faktoren bare 0,99. Dette kan muligens skyldes et høyt innslag av småfisk og lite fisk over 30 cm. Tar vi de fem fiskene som var  $> 30$  cm var k-faktoren 1,04.

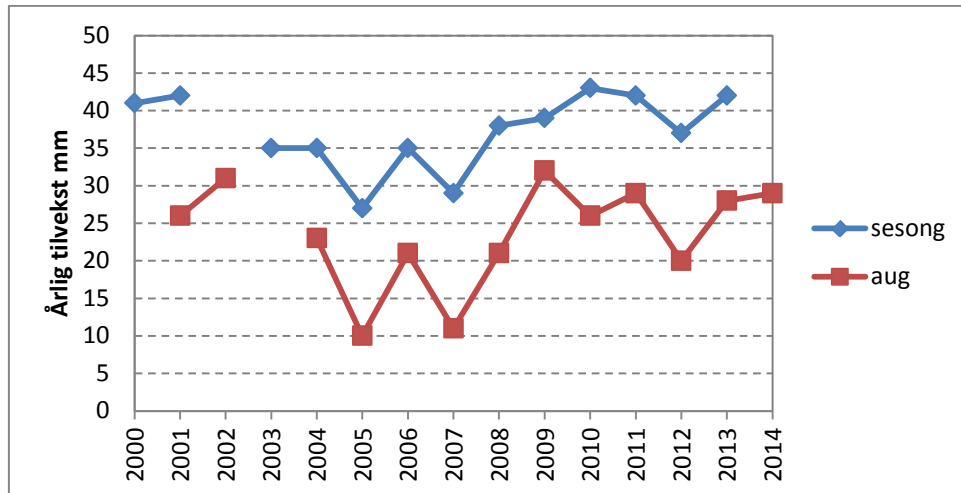


**Figur 19.** Beregnet kondisjonsfaktor (*k*-faktor) i august (uke 33) for 2001-2002 og 2004-2014, (øverste røde firkanter). Fra og med 2007 til og med 2011 er *k*-faktor også målt i slutten av juni og slutten av september (nedre 2 røde firkanter hvert år, 2007-2011). De resterende årene er variasjonen i *k*-faktor stipulert med bakgrunn i de målingene som er gjort (stiplet blå linje).

Fiskens vekst varierer fra år til år avhengig av temperatur, konkurranse og mattilgang. Vi har målt fiskens lengde under prøv fisket. Fra analyser av skjellene har vi beregnet fiskens tilvekst de ulike årene. Vi kan derfor beregne hvor mye fisken har vokst inneværende år frem til august, og ved en tilbake-beregning også for hele fjorårets sesong. Som eksempel kan vi da med bakgrunn i skjell-analysene av fisken tatt i august 2013 finne tilveksten i sesongen 2012. I 2012 kunne vi beregne tilveksten i 2012 frem til august. Dette har vi også gjort for de ulike årene i perioden 2000-2014 (Fig 20).

Tilveksten i den varme sommeren 2006 var ikke spesielt god, noe som har sin forklaring i tett bestand og sterk næringskonkurranse (se figur 21). Den var likevel langt bedre enn tilveksten i 2005 hvor det både var sterk næringskonkurranse og kaldt. Fra 2007 av er veksten i sterkere grad bestemt av vanntemperaturen fordi næringskonkurransen etter 2007 har vært av mindre betydning. Vi ser at tilveksten var lav i den kalde sommeren 2012, men langt bedre i 2013 som var klart varmere. Vanntemperaturen i Sandvatn sommeren 2014 ble pga smeltevannseffekten lavere enn i 2013. Tilveksten var likevel svakt bedre.

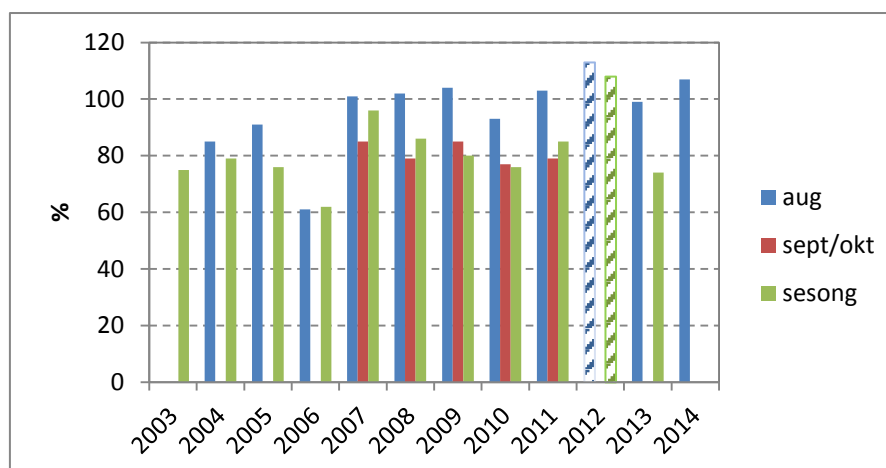
De ulike år var i gjennomsnitt 59 % av tilveksten ferdig i uke 33 (forskjellen mellom kurvene i Fig. 20). Det var en god sammenheng mellom veksten målt frem til august og beregnede tilvekst for hele sesongen ( $r^2 = 0,80$ , ikke vist her). Mye av denne variasjonen kan forklares ut fra smeltevannseffekten. I år med mye smeltevann som 2005 og 2007 var bare 37 % (2005) til 38 % (2007) av årets tilvekst realisert i uke 33. I 2009 var 82 % av tilveksten fullført i uke 33. selv om det var en viss smeltevannseffekt dette året kom temperaturen raskt opp i 12 °C. I 2013 hvor det ikke var smeltevannseffekt var 67 % av tilveksten fullført i uke 33. 2014 kan ikke beregnes før nytt materiale er samlet inn i 2015-sesongen.



**Figur 20.** Års-spesifikk tilvekst i vekstsesongen frem til prøvefisket i august (rød linje) og for hele vekstsesongen (blå linje).

Tilveksten det enkelte år er i hovedsak begrenset av næringstilgang og temperatur. Dersom det er næring i overskudd vil tilveksten være temperaturavhengig gitt av ligning 3 (kap.3.4.2) tilsvarende 100 % på ordinat-aksen i fig.21. Vi ser at veksten fra og med 2003 til og med 2006 ikke når 100 % av vekstpotensialet og derfor var sterkt begrenset av næringstilgang. Siden 2007 har igjen bestandstettheten kommet ned på et nivå hvor veksten i hovedsak er begrenset av temperaturen.

Når vi sammenligner vektene for de enkelte fiskene i uke 33 i august fra 2007 – 2014, ligger disse nær opp til de verdier vi kan beregne ut fra vanntemperaturen (blå søyler). Vektene ved prøvefisket i slutten av september/ begynnelsen av oktober ligger lavere enn de som kan beregnes for veksten ut fra vanntemperaturen (røde søyler). Nivået for september/oktober ligger nært opp til det vi finner når vi tilbake-beregner veksten fra sesongen året før (jevnfør grønne og røde søyler). Vi tolker dette som at de viktigste næringsdyra i stor grad er beitet ned i midten av august. Vektøkningen avtar deretter som følge av fallende temperatur, mens lengdeveksten fortsetter. Dette betyr at også k-faktoren avtar utover høsten (Fig. 19). Dette viser at fisken hadde nådd sitt vekstpotensial i midten august.



**Figur 21.** Temperaturjustert realisert tilvekst i % av det optimale (100%) i midten av august, månedskifte september/oktober og for hele sesongen i Sandvatn. Verdiene er beregnet ut fra observerte temperaturer forutsatt at det er mat i overskudd (ligning 3). Søylene for 2012 er skravert da vi har et mangelfullt beregningsgrunnlag dette året pga manglende temperaturregistrering før uke 33.

## 5. Diskusjon

### 5.1 Fysiske forhold

Lys- og temperaturforholdene i innsjøer er svært viktige for akvatiske økosystem, og kunnskapen om års-syklus 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, ~ 0-6 m) er den delen av innsjøen som vil gi de raskeste endringene på lokale variasjoner i været, men også som følge av klimaendringer over tid forårsaket av endringer i ytre pådriv (Kettle et al. 2004). Vanntemperaturen i overflatelaget VTO (målt på ca. 1 meters 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 1987/88 skjedde en endring i LT sommerstid til varmere vær enn i dekadene før (met.no). Det samme skjedde også i Sveits hvor elver og innsjøer generelt ble 1-2 °C varmere i perioden etter 1987/88 som følge av en tilsvarende økning i LT (Hari et al. 2005). På Geilostølen har LT for perioden juli, august og september (JAS) økt med 0,22 °C årlig i snitt fra 1987 og fram til 2006. Denne trenden snudde i 2007, og de fem siste årene har gjennomsnittlig middeltemperatur vært nær 10 °C som er det samme som for perioden (1987-2006), men 0,6 °C lavere enn periode 2000-2006. På bakgrunn av den gode korrelasjonen mellom LT og VTO er det rimelig å anta at tilsvarende utvikling har skjedd i innsjøenes VTO på Hardangervidda, som ikke påvirkes særlig av smeltevann på vår/forsommer.

I år uten smeltevannseffekt varierte VTO i takt i Sandvatn, Dargesjøen og Fjellsjøen, men de absolutte verdiene var forskjellige hovedsakelig på grunn av følgende forhold:

i) I omtrent like store innsjøer i regionen (Sandvatn, Kringlesjøen, Dargesjøen og Blånutjønn) 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 lapse rate) som er beregnet til 0,65 °C pr. 100 m (Kettle et al. 2004).

ii) VTO var gjennomgående noe lavere (ca 1 °C) i Fjellsjøen enn den mindre Dargesjøen sommerstid, selv om de ligger nær like høyt over havet. Dette skyldes at den største innsjøen er utsatt for langt større vindeksponering, som induserer mer energirike overflatebølger, turbulens og interne bølger (Fee et al. 1996). Dette fører til at epilimnion ble tykkere i store enn i mindre innsjøer. Generelt kan vi si at en større grad av innblanding fra dypere kaldere vannlag gjør epilimnion noe kaldere sommerstid i større sjøer, mens forskjellene blir mindre utover høsten. På senhøsten er VTO ofte lavere i små sjøer pga mindre varmekapasitet og raskere avkjøling, og de islegges derfor også tidligere.

I 2013 var det ikke mulig å finne igjen temperaturloggeren i Dargesjøen, og inntil videre har vi derfor brukt vanntemperaturen i Fjellsjøen som sammenligningsgrunnlag for Sandvatn.

iiii) VTO i Sandvatn påvirkes av smeltevann fra høyereliggende snørike områder. I 6 av de 11 sesongene i perioden 2003-2013 var vanntemperaturen på for-sesongene lavere i Sandvatn enn i Dargesjøen. I 2005, 2007, 2011 og 2012 var smeltevannseffekten betydelig. I 2013 var det ingen smeltevannseffekt, noe som ga en god samvariasjon i temperaturene i Dargesjøen/Fjellsjøen og Sandvatn.

## 5.2 Klimatiske faktorerens betydning for rekruttering og tilvekst

Snøforholdene i kildeområdet til Kvenna preger ofte vanntemperaturen i oppvarmingsfasen i Kvenna. I de årene som vi har registrert vanntemperaturen i Sandvatn (2003-2014), har vi hatt en smeltevannseffekt i 7 av totalt 12 år. Vi ser dette ved at vanntemperaturen i Sandvatn i slike år ligger lavere enn i Dargesjøen som ikke er påvirket av smeltevann. Sen isgang, kald vår og sommer forsterker dette slik som i 2007 og 2012.

Vi har en tydelig sonering i vassdraget med seinere isløsning og kortere vekstsesong i vassdragets øvre deler sammenlignet med vannene lenger ned. Eksempelvis gikk isen rundt 1. juli i 6 av 10 år i Kollsvatn i perioden 2004-2013 (Borgstrøm 2013). For vannene i Kvennadalen var det kun i 2012 at isen har gått så seint. Vanligvis går den rundt St. Hans (Halvor Nordjordet pers.medd.). Vanntemperaturen ligger også generelt lavere øverst i vassdraget. I Borgstrøm (2013) er gjennomsnittstemperaturen for juli og august angitt for Krokavatn i Sledalen for perioden 2003-2013. De ulike årene har en høy grad av samvariasjon ( $r^2 = 0,81$ ) med tilsvarende temperaturmålinger fra Sandvatn. Det er spesielt 2005 som avviker. Antagelig lå isen lenger dette året i Krokavatn? I det snørike året 1993 lå isen på Litlosvatnet helt til i slutten av juli (Borgstrøm 2001b).

I gjennomsnitt var temperaturen i juli/august 2,22 °C lavere i Krokavatn enn i Sandvatn. Forskjellene gjennom hele produksjonssesongen blir større enn dette da Sandvatn blir tidligere isfritt og har seinere islegging enn Krokavatn. I nedkjølingsfasen utover høsten er forskjellene mindre enn i oppvarmingsfasen i Kvennavassdraget (Rognerud et al 2007).

Lave temperaturer og lavere beskatning i vannene øverst i vassdraget fører følgelig til at bestandene totalt sett vil ha et lengre livsløp ved at årsklassene vokser senere inn i fisket. En lav beskatning gir også lavere total dødelighet.

Lite snø kan imidlertid også være et betydelig problem. 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). Selv i et stort vassdrag som Kvenna viste våre undersøkelser at 1996-årsklassen ble svak, i alle fall så langt ned som i Sandvatn, sannsynligvis også lenger nedover. 1996-årsklassen ble også svak i mange andre innsjøer over store deler av Hardangervidda (Rognerud og Qvenild 2012). 1997-årsklassen fikk liten 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).

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 (Rognerud og Qvenild 2013). 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 sterkt utslag i dårlig tilvekst, kvalitet, og et stort innslag av

utmagret gytefisk som resultat (Rognerud og Qvenild 2013). 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. Det var spesielt den utgytte fisken som hadde uvanlig dårlig kondisjon. I Sandvatn var det et stort uttak av fisk i 2006, og dette førte til at bestanden kom ned på et nivå hvor krepsdyrene marflo og skjoldkreps igjen ble av betydning som mat for fisken. Det sterke fisket ble fortsatt i 2007 og 2008, og 1997-årsklassen var i hovedsak oppfisket i 2009. Også i de andre vannene i Kvennadalen er 1997-årsklassen for lengst ute, kanskje da med unntak av Briskevatn hvor beskatningen har vært lavere enn i de andre vannene (Qvenild og Rognerud 2015). I Kvennas øvre deler gir 1997-årsklassen fortsatt et bidrag til fisket. I Krokavatn dominerte fremdeles 1997-årsklassen fangstbildet i 2013 (Borgstrøm 2013). I Kollsvatn utgjorde 1997-årsklassen over 15 % av garnfangstene i 2014, enda de nå var 17 år gamle (Borgstrøm 2014). I Litlosvatn ble det også tatt en del av 1997-årsklassen i prøvefisket i 2014. den ble også påvist i Kvennsjøen i 2013 (Borgstrøm 2013).

2002-årsklassen var også sterkere enn normalt i Sandvatn. Denne årsklassen for lengst ute av fangst i Sandvatn, og i de andre innsjøene i Kvennas nedre deler. Den utgjør imidlertid fremdeles en stor del av fangstene både i Litlosvatn og Kollsvatn i 2014 (Borgstrøm 2014). I 2013 var 2002-årsklassen dominerende i det ordinære garnfisket i Kvennsjøen (Borgstrøm 2013).

2006-årsklassen var også sterkere enn normalt i Sandvatn. Denne årsklassen var i 2014 i hovedsak ute av fangst i Sandvatn selv om det enda tas noen enkelteksemplarer. 2006-årsklassen har også vært sterkere enn normalt både i Kollsvatn og Litlosvatn hvor den nå bidrar i fisket (Borgstrøm 2014). I Kvennsjøen var 2006-årsklassen godt representert i fangstene allerede i 2013-sesongen (Borgstrøm 2013). Også andre steder på Hardangervidda har 2006-årsklassen sannsynligvis vært sterkere enn normalt. En oppgang i avkastningen i Langesjøen i 2013 og 2014 (Borgstrøm 2014) kan tyde på dette. Oppgangen som følge av den sterke 1997-årsklassen viste seg etter 6 til 7 år i Langesjøen (Qvenild og Rognerud 2013), men 2006-årsklassen har hatt kaldere somrer enn 1997-årsklassen hadde, og har trolig brukt noe lengre tid på å nå fangbare størrelser (Myrvang og Slettebø 2013).

Som vi ser er det 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. For Kvennsjøen ble det for årene 1978 og 1979 beregnet avkastninger på henholdsvis 644 og 423 kg (Kildal 1982). For 2013 ble avkastningen anslått til 500 kg noe som gir ca. 1 kg/ha (Borgstrøm 2013). Dette indikerer en forholdsvis lav beskatning. Også for de øvrige vann foreligger det opplysninger som tyder på lav beskatning (Borgstrøm 2013, 2014). At 1997-årsklassen fremdeles er rikelig til stede både i Krokavatn (2013), Kollsvatn (2014) og i Litlosvatn (2014) illustrerer dette på en god måte.

Registreringene fra Kvennsjøen i 2013 og i Kollsvatn og Litlosvatn i 2014, viser at 2007- og 2008-årsklassene er svake (Borgstrøm 2013, 2014). 2007-årsklassen ser ut til å mangle helt i Krokavatn (Borgstrøm 2013). Tilsvarende svake har disse årsklassene vært i vannene i Kvennadalen, noe som allerede har ført til et fiske godt under normalt i denne delen av vassdraget. Det er disse årsklassene som skulle rekruttert inn i fisket i årene som kommer etter hvert som årsklassene 2002 og 2006 fiskes ut i innsjøene i Kvennas øvre del. På sikt vil dette ventelig merkes som en nedgang i fisket i de årene hvor disse årsklassene er fullrekruttert.

Av nye årsklasser som er på vei inn i fisket i Sandvatn er 2009-årsklassen den første som vil merkes. Disse er nå 20-26 cm store og vil merkes på 29 og 35 mm i 2015, men først i 2016 og 2017 vil denne

årsklassen være fullrekruttert til fisket. Både 2010- og 2011-årsklassene var rikelig representert i de småmaskete garna i 2014. Fra 2017 og fremover noen år kan vi derfor forvente et godt fiske i Kvennadalen. Selv om de skulle bli klart sterkere enn normalt blir neppe noen av dem så sterke som 1997-årsklassen. Vi forventer derfor ikke samme tette bestander som denne årsklassen førte til. Prøvefisket i Litlosvatn og maskebiterne fra de ordinære garna i Kollsvatn tyder på at 2009 og 2010 også blir sterke årsklasser i Kvennas øvre deler (Borgstrøm 2014).

Det er enda for tidlig å si noe om styrken på 2012- og 2013-årsklassene. De har begge hatt vanskelige forhold, og vil ventelig bli svake. I Krokavassbekken i utløpet av Krokavatn, ble 2012-årgangen ikke påvist ved elektro-fiske i august 2013 (Borgstrøm 2013). Etter den svært kalde sommeren 2012 ble det en snøfattig og kald vinter, og forholdene minnet mye om vinteren 1995/96 som ga høy vinterdødelighet (Rognerud et al. 2003, 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). Selv om sommeren 2013 ble varm var antagelig yngeldødeligheten stor i denne årsklassen. 2014-årsklassen derimot har potensiale i seg til å bli sterk. Den har flere av de optimale forutsetningene som den sterke 1997-årsklassen hadde (gode overvintringsforhold, lav konkurranse på oppvekstplassen, gunstig sommertemperatur første leveåret).

Fiskestatistikken for vannene i Kvenna nedstrøms Sandvatn, med unntak av Briskevatt, viser samme trend som den vi har vist for Sandvatn (Qvenild og Rognerud 2015). Vi forventer derfor fortsatt noen år med lave fangster før 2009-årsklassen kommer inn i fangst. Dette kompenseres noe ved fisk av fin kvalitet og størrelse. Som vi har sett vil mye av det samme skje lenger opp i vassdraget, men være forskjøvet i tid. Lav beskatning vil også føre til at flere årsklasser er tilstede samtidig noe som vil oppleves som et mer stabilt fiske. At endringer skjer saktere på vestvidda er ikke noe nytt fenomen og er velkjent også fra tidligere tider (Sømme 1934c).

### **5.3 Produksjonsforholdene i Sandvatn i 2001-2014**

Ørretens diett på Hardangervidda varierer betydelig (Sømme 1944). Ulike insektlarver av fjærmygg, knott, 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 krepsdyrarter regnes som de viktigst av alle dyregrupper (diskutert i Rognerud et al. 2003 med litteraturgjennomgang). Masseklekking av insekter vil vanligvis gi tydelige utslag i næringsopptaket til fisken. I august 2004, 2007, 2010 og 2013 var det store sverminger av hårmugg (Slekten *Bibio*) som da ga de et betydelig innslag i fiskens diett (16 - 33 vol % og høyere magefyllingsgrad enn normalt).

Det er totalt registrert 22 ulike krepsdyrarter på Hardangervidda (Walseng et al. 1996), men det er bare skjoldkreps, marflo og linsekreps som er av betydning som føde for ørret (Rognerud et al. 2003, Qvenild 2004). 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 den spiser (Elliott & Hurley 2000). Det er først når ørreten begynner å spise fisk at energiopptaket øker drastisk (Elliott & Hurley 2000).

Dyr og planter inneholder ulike karotenoider. Krepsdyrene er spesielt rike på ett av disse som kalles astaxantinn. 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 føret fremmer veksten og øker overlevelsen (Christiansen et al. 1994). Spesielt viktig er det at kjøttfargen gir ørreten på Hardangervidda en kvalitet som overstiger de fleste andre områder. Den røde kjøttfargen tyder på at krepsdyr er dominerende næringsobjekter. I gjennomsnitt for perioden 2001-2014 har marflo, skjoldkreps og linsekreps i Sandvatn til sammen utgjort nær 60 volum % av mageinnholdet for fisk tatt i strandsonen i august. Forekomsten av disse tre nøkkelartene har imidlertid variert mye



mellom de ulike årene, men innslaget har i alle år, med unntak av tre, vært dominerende næring (> 50 vol %). I de tre avvikende årene (2005, 2007 og 2010) var det en kort tidsperiode i august med massesverminger av hårmygg som da ble foretrukket. I perioder hvor det er massesverminger gir ikke mageinnholdet noe godt bilde av tilgjengeligheten av krepsdyr i fødetilbudet, noe som også er velkjent fra andre høyfjellslokaliteter (Aass 1969).

Predasjon fra fisk har stor betydning for tettheten av krepsdyr, spesielt de store (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. Denne endringen var meget tydelig i 2004. Da var marflo langt mer sjeldne å finne i ørretmagene i strandsonen, og det var bare det yngste stadiet av marflo som ble påvist. Skjoldkreps ble kun funnet på dypet, og i små forekomster. Magefyllingsgraden var liten, og det var et stort innslag av fisk med tomme mager. Konkurransforholdet mellom stor og liten fisk var snudd fra 2002, og det var nå småfisken som hadde best kondisjon, mest mat i magen, og færrest fisk med tomme mager. Det var den lille linsekrepseren som nå var helt dominerende krepsdyr. Undersøkelser i Kringlesjøen, Dargesjøen og Blånutjønn som ligger øst for Sandvatn (Fig. 1), viste normal utvikling av krepsdyrene denne sommeren, men fiskebestandene var langt tynnere enn i Sandvatn (Rognerud et al. 2005). At skjoldkreps og marflo er følsomme for predasjon er velkjent, men det finnes likevel lite dokumentasjon (Dahl 1915, Aass 1969). Linsekrepseren blir relativt sett viktigere i slike situasjoner, og den utgjør da en større del av mageinnholdet. Likevel er linsekrepseren liten og den vil forrykke den intraspesifikke konkurransen til fordel for småfisken slik som vist for 2004-sesongen. Dette mønsteret holdt seg frem til og med 2008-sesongen. I 2006 og 2007 ble marflo så vidt registrert, og skjoldkrepsen var svært sjelden.

Den harde konkurransen om næring i 2004 ga seg spesielt sterke utslag for fisk som hadde gytt høsten før. 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 2005). Dette ble ikke observert verken i 2001 eller 2002 hvor forholdene var bedre. 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, 1934b). Dette kan derfor indikere at det generelt var tynne bestander i dette området på 1930-tallet, og at fisken hadde god tilgang på mat. Før og etter dette var innslaget av «hvilere» knapt registrerbart.

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). Noen studier som viser temperaturens direkte påvirkning på vekst og produksjon hos marflo er ikke kjent for oss, men vekststudier på *Asellus*, som er en nærstående art, viste en 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 til ørreten i strandsonen

sommeren 2002 som var en varmere og lengre produksjonssesong enn i 2001. Veksten til både skjoldkreps, marflo og linsekreps er i stor grad avhengig av produksjonen av påvekstalter (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 populasjonen av marflo. Den er sterkt påvirket av beitepress, og i perioden 2004 - 2007 hvor bestandstettheten var høy i Sandvatn, var den sjelden i ørretmagene, men i motsetning til skjoldkrepsen forsvinner den ikke helt. Fra 2008 av viste marflo på ny en økning og den var helt dominerende krepsdyr i dietten til både liten og stor fisk i 2014.

Skjoldkrepsen er også en nordlig kaldtvannsart, men mye tyder på at den først og fremst er avhengig av kulde i hvileeggstadiet (Aass 1969). Når den er klekket ser det ut som om den begunstiges av økt temperatur (Aass 1969). Den var sterkt dominerende i mageinnholdet i strandsonen i Sandvatn den varmere sommeren i 2002 sammenlignet med 2001. Borgstrøm (1997) nevner flere eksempler på at temperaturen har mye å si for utviklingen av skjoldkrepsen. At skjoldkrepslarvene trenger varme for å utvikle seg ble tydelig demonstrert i Kollsvatn ved Litlos der skjoldkrepsen var vanlig forekommende i 1988 i slutten av juli, mens den ikke ble påvist på samme tid i 1989 da isen lå til midten av juli (Pedersen og Scobie 1990). I ugunstige år med sen isgang ble det i Litlosvatn funnet skjoldkreps på planktonstadiet så sent som i slutten av juli, mens den i andre vann hvor isen går tidlig og temperaturforholdene er bedre, kan skjoldkrepsen være utvokst og kjønnsmoden på denne tiden (Simonsen og Valderhaug 1994, Borgstrøm 1997). Laboratoriestudier viser også betydningen av temperaturen for skjoldkrepsens utvikling (Klausen 2014).

Forholdene i Sandvatn er vanligvis mer gunstig enn i Litlosvatn og Kollsvatn lenger opp i vassdraget. Skjoldkrepsen er enda sterkere utsatt for predasjon enn marflo, og fra 2004 til og med 2007 forsvant den helt fra strandsonen (i små fisk < 25 cm), og den ble kun påvist på dypet i små forekomster (større fisk > 25 cm). I 2008 var den igjen et fast innslag, men ikke i slike forekomster som ble påvist i 2002. I perioden 2005 - 2007 førte høye tettheter av fisk til sterk nedbeiting av de store krepsdyra. De siste årene (2010-2014) har bestanden av fisk vært svært tynn og skjoldkreps er igjen av stor betydning i dietten til fisk.

Store forskjeller i vekst som følge av varierende sommertemperaturer og/eller bestandstetthet, slik som vi har hatt i Sandvatn, er vist også i andre undersøkelser (Huitfeldt-Kaas 1927, Jensen 1977, Borgstrøm og Museth 2005, Jensen et al. 2000, Borgstrøm 2005a, Borgstrøm 2007a, Borgstrøm 2007b, Borgstrøm 2012). Som vist i figurene 20 og 21, har også konkurransen om næring stor betydning, spesielt i perioden fra og med 2004 til og med 2006. Det samme var antagelig tilfellet i 2003 som vi delvis kan beregne ved hjelp av skjellanalyser. Det 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 næringskonkurranse. Tilveksten dette året burde vært mye bedre da det var et temperaturmessig svært gunstig år. Fra og med 2007 er tilveksten hovedsakelig begrenset av temperaturen da næring nå finnes i overskudd (se figur 21). Til tross for en svak oppgang lå bestanden av fisk i 2014 fortsatt på et lavt nivå og tilveksten var hovedsakelig begrenset av temperaturen.

Produksjonen i fiskebestanden i Sandvatn er derfor sterkt påvirket av klimatologiske forhold som gir seg utslag i varierende tilvekst av fisk og næringsdyr som følge av temperaturforholdene og intraspesifikk konkurranse.

## 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 behavior of temperature, calcium, and chlorophyll in lakes of northern Wisconsin. Ecology, 81: 815-825.
- Barlaup, B.T., Kleiven, E. og Skoglund, H. 2002. Fiskebiologiske undersøkelser i Langesjøen, august 2001. Lab. ferskv.økol.innl.fiske (LFI), Univ. Bergen, rapport nr. 120, 39 s.
- Barlaup, B.T., Sandven, O.R., Skoglund, H., Gabrielsen, S-E., Wiers, T., Kleiven, E., Lehmann, G., Fjellheim, A., Halvorsen, G.A., Hobæk, A. og Tysse, Å. 2008. Restaurering av gyteområder og prøvefiske i Bjornesfjorden 1999-2007. Lab. ferskv.økol.innl.fiske (LFI), Univ. Bergen, rapport nr. 150, 70 s.
- 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 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. 2001b. 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. Fellesstyre for Ullensvang statsallmenning. 18 s.
- Borgstrøm, R. 2012. Driftsplan for fisket i Ullensvang statsallmenning 2012-2015. Fellesstyre for Ullensvang statsallmenning. 24 s. [http://www.ullensvang-statsallmenning.org/index.php?option=com\\_remository&Itemid=67&func=startdown&id=85](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. og Erlandsen, A. 1996. Naturlig rekruttering til aurebestander i reguleringsmagasin. Reguleringssymposiet 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, Ambjørghvatn 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.
- Brett, J. R., and Groves, T. D. D. 1979. Physiological energetics, p. 599-667. *In* Hoar, W.S. (ed), *Fish physiology*, V.8. Academic Press.
- 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 Manag.* 25: 903-914.
- Dahl, J. 1944. Hardangervidda. Oslo. Forlagt av Johan Grundt Tanum. 184 s.
- Dahl, K. 1910. Alder og vekst hos laks og ørret belyst ved studiet av deres skjæl- Centraltrykkeriet, Kristiania

Dahl, K. 1913. Laks og ørret, Gyldendal forlag.

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.

Dahl, K. 1933. Forsøk over lønnsomheten av å utslippe ørrettyngel i fiskevann. Norges Jæger- og Fiskerforenings Tidskrift.

Dahl, K. 1943. Ørret og ørretvann. Studier og forsøk (ny utgave). J.W. Cappelens forlag. 182s

Direktoratet for Naturforvaltning. 2003. Forvaltningsplan for Hardangervidda nasjonalpark med landskapsvernområder. DN-rapport 1-2003. 85 s.

Elliot, J. M., Hurley, M. A., and Fryer, R. J. 1995. A new improved growth model for brown trout, *Salmo trutta*. Functional. Ecol. 9: 290 – 298.

Elliott, J.M. and Hurley, M.A. 1999. A new energetics model for brown trout, *Salmo trutta*. Freshwater Biology, 44, 237-246.

Elliott, J.M. & Hurley, M.A. 2000. Daily energy intake and growth of piscivorous brown trout, *Salmo trutta*. Freshwater Biology (2000) 44, 237-245.

Elliott, J.M. & Hurley, M.A. 2001. Modelling growth of brown trout, *Salmo trutta*, in terms of weight and energy units. Freshwater Biology (2001) 46, 679-692.

Fee, E. J., Hecky, R. E., Kasian, S. E. M., and D. Cruikshank, D. R. 1996. Effects of lake size, water clarity and climatic variability on mixing depths in Canadian Shield lakes. Limnol. Oceanogr. 41: 912-920.

Finstad, A.G., Ugedal, O. & Berg, O.K. 2006. Growing large in a low grade environment: size dependent foraging gain and niche shifts to cannibalism in Arctic char. Oikos 112: 73-82.

Fjeld, E. 1985. Livshistorie og ernæring til røye (*Salvelinus alpinus*) i Finsefetene og Sauabotn, Finse. Hovedoppgave i spesiell zoologi. Mat. Nat. UiO. 103s.

Fjeldbeitekomiteen. 1911. Indstilling fra fjeldbeitekomiteen om Hardangerviddas utnyttelse. Landbruksdep. Kristiania. 104 s.

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.

Fylkesmennene i Telemark, Buskerud og Hordaland. 1999. Forvaltningsplan for Hardangervidda nasjonalpark, Skaupsjøen/ Hardangerjøkulen landskapsvernområde og Møsvatn Austfjell landskapsvernområde. Planskisse av 4. mars 1999. 72 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.

- Huitfeldt-Kaas, H. 1911. Indberetning om Fiskeriforholdene paa Hardangerviddene. I: Indstilling fra Fjeldbeitekomiteen om Harangviddens Utnyttelse. Landbruksdepartementet. (Centraltrykkeriet, Kristiania). 106 s.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1927. Studier over aldersforhold og veksttyper hos norske ferskvannsfisker. Nationaltrykkeriet, Oslo. 357 s.
- Iversen, T. et al. 2005. RegClim. Norges klima om 100 år. Usikkerheter og risiko. <http://regclim.met.no>
- Jensen, A.J., Forseth, T. & Johnsen, B.O. 2000. Latitudinal variation in growth of young brown trout *Salmo trutta*. Journal of Animal Ecology 69: 1010-1020.
- 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.
- L'Abbe-Lund, J.H. og Sægrov, H. 1991. Resource use, growth and effects of stocking in alpine brown trout, *Salmo trutta* L. Aquaculture and Fisheries Management, 22: 519-526.
- Lehmann, G.B., Gabrielsen, S-E., Wiers, T. og Sandven, O.R. 2008. Fiskeribiologiske undersøkelser i Halnefjorden, Store og Vesle Krækkja, Krækjungen, Heinungen og Øvre og Nedre Hein august 2007. LFI-Unifob, rapport nr. 152.
- Lehmann, G.B. og Wiers, T. 2004. Fiskeprosjektet i Hordaland: Fiskeundersøkelser i regulerte innsjøer og vassdrag i Hordaland, juli 2002-april 2003. Fylkesmannen i Hordaland, miljøvernnavdelingen. Rapport nr.1-2004. 79s.
- Livingstone 1997. Break-up dates of alpine lakes as proxy data for local and regional mean surface temperatures. Climate Change 37: 407-439.
- Livingstone, D.M., Lotter, A.F., and Walker, I. R. 1999. The decrease in summer surface water temperature with altitude in Swiss Alpin lakes: a comparison with air temperature 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., Meisner, J. D., and Hill, D. K. 1990a. Potential changes in the thermal habitat of Great Lakes fish following global climate warming. Trans. Am. Fish. Soc. 119: 254-264.
- Magnuson, J.J, Benson, B.J, and Kratz, T.K. 1990b. Temporal coherence in limnology of a suite of lakes in Wisconsin, USA. Freshwater Biology. 23: 145-159.
- Mehli, S.Å. 1973/74. Litt om marfloas biologi, og dens betydning som næring for fisk. Trondheim og omland fiskeadministrasjon, Årbok 1973/74. 52-60.

- Muniz, I.P. 1968. Rapport fra de fiskeribiologiske undersøkelser i Odda og Ullensvang statsalmenninger sommeren 1967. Konsulenten for ferskvannsfisket i Vest-Norge. Rapport 77s.
- Muniz, I.P. 1969. Rapport fra de fiskeribiologiske undersøkelser i Eidfjord statsalmenning sommeren 1968. Konsulenten for ferskvannsfisket i Vest-Norge. Rapport 72s.
- 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.
- NOU, Norges offentlige utredninger. 1974. Hardangervidda. Natur – Kulturhistorie – Samfunnsliv. Miljøverndepartementet. NOU 1974:30 B. 352 s.
- Pedersen, K. og Scobie, L. 1990. Dynamikk, habitatbruk og redskapsseleksjon for ørretbestanden i Kollsvatn, en innsjø på Hardangervidda. Hovedoppgave ved Inst. for biologi og naturforvaltning,NLH
- Qvenild, T. 2004. Hardangervidda. Fiske og fjelliv. Naturforlaget. 407 s.
- Qvenild, T. og Rognerud, S. 2002. Fiskeundersøkelser i Kvennadalen 2000 - 2001. Rapport utarbeidet for I/S Laagefjeld, 38 s.
- Qvenild, T. og Rognerud, S. 2013. Lågenvassdraget på Hardangervidda – et klimalaboratorium) Langs Lågen, årbok 2013. 99-107.
- Qvenild, T. og Rognerud, S. 2014. Fiskeundersøkelser i Kvennadalen 2013. Rapport utarbeidet for Laagefjeld AS, 19 s.
- Qvenild, T. og Rognerud, S. 2015. Fiskeundersøkelser i Kvennadalen 2014. Rapport nr. 12 utarbeidet for Laagefjeld AS, 18 s + vedlegg.
- Ratkowsky, D.A., Lowry, R.K., McMeekin, T.A., Stokes, A.N., and Chandler, R.E. 1983. Model for bacterial culture growth rate throughout the entire biokinetic temperature range. Journal of Bacteriology 154: 1222 – 1226.
- 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 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, 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, Qvenild T. 2014. Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr i Sandvatn 2001-2013. NIVA. Rapport LNR 6628-2014. 39 s.

Schindler, D. W. 1971. Light, temperature and oxygen regimes of selected lakes in the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 28: 157 – 169.

Schindler D. E., Rogers, D. E., Scheuerell, M. D., and Abrey, C. A. 2005. Effects of changing climate on zooplankton and juvenile sockeye salmon growth in southwestern Alaska. *Ecology*, 86: 198 – 209.

Simonsen, T.A. og Valderhaug, N.A. 1994. Bestandsdynamikk, habitatbruk og ernæring for aure i Litlosvatn – en innsjø på Hardangervidda. NLH, inst. for biol. og naturforv. Hovedoppgave.

Skjelkvåle; B.L. og Henriksen, A. 1998. Vannkjemi, forurensningsstatus og tålegrenser i nasjonalparker; Hardangervidda. Norsk institutt for vannforskning. Rapport LNO 3895-98. 48 s.

Slåtsum, M. og Takvam, L. 2006. Ørretbestanden (*Salmo trutta*) i Krokavatn, Ullensvang statsallmenning – én vellykket årsklasse kan gi overbefolkning. Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø og biovitenskap. Masteroppgave. 48 s.

Sømme, I.D. 1931. Nærings- og gytevandring hos ørreten på Hardangervidda. Norges Jæger- og Fiskerforenings Tidsskrift, 381-402.

Sømme, I.D. 1933. Ørretfiskets utvikling på Hardangervidda og de viktigste driftsmåter. Norges Jæger- og Fiskerforenings Tidsskrift: 169-186

Sømme, I.D. 1934b. Aldersfordeling, vekst og kjønnsmodning hos ørret på Hardangervidda. Norges Jæger- og Fiskerforenings Tidsskrift, 269-289 (hefte 6).

Sømme, I.D. 1934c. Fiskets beskatning av ørretbestanden på Hardangervidda. Norges Jæger- og Fiskerforenings Tidsskrift, 405-421 (8), 478-489 (9), 512-522 (10), 580-594 (11).

Sømme, I.D. 1936a. Noen iakttagelser over ørretens gytning og rognens skjebne. Norges Jæger- og Fiskerforenings Tidsskrift, 114-121, 169-181 og 204-209.

Sømme, I.D. 1944. Ørretboka. J. Dybwad, 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.

Sunde, S.E. 1937. Hardangervidda i vest. Stangfiskeren (Oslo sportsfiskeres årbok 1937): 31-35.

Tysse, Å. 2002. Prøvefiske i Dragøyfjorden 2001. Notat. 6 s. FM-Buskerud

Tysse, Å. og Garnås, E. 1990. Fiskeribiologisk undersøkning i Langesjøen og Bjornesfjorden, Nore og Uvdal kommune 1989. Fylkesmannen i Buskerud, miljøvernavdelingen, rapport nr. 11/90, 48 s.

Tysse, Å., Skaala, Ø. og Jenssen, R.Y. 2004. Har langvarig fiskeutsetting påverka auren i Halne og Bjornesfjorden. *Fisken og Havet*, nr. 7-2004.

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 1996. Ferskvannsbiologiske undersøkinger i Kvenna 1995, med fokus på indikatorarter som redskap i forsuringsovervåking. NINA Oppdragsmelding 433: 1-36.

Wiers, T. og Hylland, S. 2001. Prøvefiske i Ullensvang, Hardangervidda 2000. Veivatn, Bersarvikvatnet, Holmavatnet, Austmannavatnet, Hanasteinsvatnet, Tresnutevatnet og Skinnhovdavatnet. Naturoppdrag. Rapport 32.

Wootton, R.J. 1990. Ecology of teleost fishes. Fish and Fisheries. Chapman & Hall, 404 p.

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 forsyningsproblemer. Sur nedbørs virkning på skog og fisk. Intern rapport IR 67/80.

Økland, K.A. og Økland, J. 2003. Skjoldkrepsen *Lepidurus arcticus* i Norge – historikk og utbredelse. Fauna, nr. 1-2003, 2-12.

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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)