



RAPPORT LNR 5025-2005

Hardangervidda- prosjektet

Resultater fra undersøkelsen
i 2004.



I Sandvatn var det mange av gytevandrerne fra 2003 som ikke hadde klart å spise seg opp til normal kondisjon høsten 2004. Årsaken var antagelig næringskonkurransen fra de yngre sterke årsklassene 1997, 2001 og 2002. Foto: Tore Qvenild

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Postboks 1264 Pirsenteret
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 87 10 34 / 44
Telefax (47) 73 87 10 10

Tittel Hardangervidda-prosjektet Resultater fra undersøkelsene i 2004	Løpenr. (for bestilling) 5025-2005	Dato 25 mai 2005
	Prosjektnr. Undernr. 21960	Sider Pris 35
Forfatter(e) Sigurd Rognerud, NIVA Tore Qvenild, FM-Hedmark Eirik Fjeld, NIVA	Fagområde limnologi	Distribusjon åpen
	Geografisk område Vinje-kommune	Trykket NIVA

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

<p>Sammendrag</p> <p>Dette er en årsrapport for forskningsprosjektet om klimavariasjoners betydning for svingninger i årsklassestyrke av ørret på Hardangervidda. Prosjektet startet i 2000, og vi følger utviklingen i 4 grunne innsjøer på sentralvidda i en høydegradient fra 1112 moh. til 1313 moh. Variasjonene i vanntemperaturene i de øvre vannlag var i stor grad påvirket av variasjonene i lufttemperaturene i den isfrie perioden, og den termiske stabiliteten i vannmassene var lav på grunn av høy vindeksponering og liten temperaturforskjell i overflatelaget og dypvannet. I Sandvatn som har gode rekrutteringsmuligheter, var årsklassen 1997, 2001 og 2002 sterke, mens i Kringlesjøen og Blånutjønn med dårlige rekrutteringsmuligheter var det ingen spesielt sterke årsklasser. I Dargesjøen, som fiskes hardt, var det heller ingen typisk sterke årsklasser fordi 1997-årsklassen allerede var sterkt beskattet. I Sandvatn var eldre fisk preget av sult og hadde lav kondisjonsfaktor, høyst sannsynlig som følge av næringskonkurransen fra de sterke årsklassene 1997, 2001, 2002. I vann med gode rekrutteringsmuligheter er en hard beskattning av sterke årsklasser nødvendig for å holde en god balanse mellom næringsdyr og fisk og derved kvaliteten særlig på eldre fisk. Konsentrasjonene av kvikksølv, polybromerte difenyletere, heksabromsyclododekan og perfluoralkylstoffer i fisk fra Blånutjønn var lave og godt under grenser satt for omsetning av fisk.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dybdekart 2. Temperaturvariasjoner i innsjøer 3. Miljøgifter 4. Fiskestatistikk 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bathymetric maps 2. Temperature variations in lakes. 3. Environmental pollutants. 4. Fish statistics
--	---



Sigurd Rognerud
Prosjektleder



Brit Lisa Skjellvåle
Forskningsleder



Øyvind Sørensen
Ansvarlig

Hardangervidda-prosjektet

Resultater for undersøkelsene i 2004

Forord

Denne rapporten er en årsrapport for undersøkelsene av ørreten på Hardangervidda i 2004. Prosjektet startet i 2000, og den første fasen omhandlet konsekvenser for fiske og forvaltning ved fremtidige klimascenarier og spredning av ørekyte til nye områder. Denne undersøkelsen ble rapportert i 2003. I 2004 har vi videreført prosjektet med vekt på innsjøenes morfometri, temperaturgang, studier av årsklassestyrke og miljøgifter i 4 innsjøer på Hardangerviddas sentrale område.

NIVA initierte dette forskningsprosjektet i 2000, og i den første fasen var det 10 finansielle bidragsytere der Direktoratet for Naturforvaltning (DN), EBL-Kompetanse, Statskog SF og NIVA var de største. I 2004 ble undersøkelsene finansiert av Direktoratet for naturforvaltning (DN), EBL-Kompetanse og NIVA.

Data om nedbørfeltareal og avrenning er hentet fra NVEs Reginebase. Vannanalysene og analyser av kvikksølv i fisk ble utført ved NIVAs laboratorium i Oslo. Analysene av stabile isotoper ble utført på Institutt for Energiteknikk (IFE) på Kjeller. Aldersbestemmelsene av fisk er gjort av Atle Rustabakken (Naturkompetanse AS). Eirik Fjeld (NIVA) har deltatt i feltarbeidet og skrevet avsnittet om organiske miljøgifter. Stein Lier Hansen har deltatt på prøvefiske i Blånuttjønn og tatt inn temperaturloggere på høsten rett før islegging. Interessentskapet Laagefjeld og Maarfjell sameige har stilt husvære til disposisjon. Undersøkelsene av organiske miljøgifter i Dargesjøen og Blånuttjønn inngikk som en del av SFTs screeningprosjekt om miljøgifter i fisk og sedimenter. Alle som har bidratt i prosjektet takkes for innsatsen.

Ottestad, 23. mai 2005



Sigurd Rognerud

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Materiale og metoder	8
2.1 Morfometri og vanntemperaturer	8
2.2 Fiskeundersøkelsene i 2004	8
2.3 Analyse av stabile isotoper	9
2.4 Analyser av kvikksølv	9
2.5 Analyser av organiske mikroforurensninger	9
3. Resultater	10
3.1 Morfometri og innsjøspesifikke egenskaper	10
3.2 Temperatur og vindaktivitet ved Geilostølen meteorologiske stasjon	13
3.3 Temperaturgangen i innsjøene	14
3.4 Fiskeundersøkelsene i Sandvatn	16
3.5 Fiskeundersøkelsene i Dargesjøen, Kringlesjøen, Blånuttjønn og Sandvatn i 2004.	21
3.6 Kvikksølv og stabile isotoper i fisk fra Blånuttjønn	23
3.7 Organiske miljøgifter (bromerte flammehemmere og perfluorerte alkylerte stoffer)	24
4. Diskusjon	30
4.1 Innsjøenes morfometri og produksjonsforhold	30
4.2 Temperatur og sirkulasjonsforhold i innsjøene	30
4.3 Fiskeribiologiske forhold	31
4.4 Konsentrasjoner av miljøgifter i fisk fra Blånuttjønn	32
5. Referanser	33

Sammendrag

Dette er en årsrapport for forskningsprosjektet om klimavariasjoners betydning for svingninger i årsklassestyrke av ørret på Hardangervidda. Prosjektet startet i 2000, og vi følger utviklingen i 4 grunne innsjøer på sentralvidda i en høydegradient fra 1112 moh. til 1313 moh.

Variasjonene i vanntemperaturene i de øvre vannlag av innsjøene var i stor grad påvirket av variasjonene i lufttemperaturen i den isfrie perioden. Den termiske stabiliteten i vannmassene var lav i Dargesjøen på grunn av høy vindeksponering og liten temperaturforskjell mellom overflatelaget og dypvannet. I slike fjellsjøer, der den effektive eksponeringsflaten for fremherskende vindretninger (effectiv fetch) er stor, vil det induseres interne bølger og strømmer som effektivt blander vannmassene. Den seine oppvarmingen av innsjøene i fjellet er også en medvirkende årsak. Dette gjør at vindinduserte strømmer bryter ned termoklinen før temperaturforskjellene mellom epi- og hypolimnion blir stor nok til å danne en stabil termisk sjiktning.

Det har skjedd store endringer i Sandvatn siden 2001/ 2002. Småfisken preget bestandsbildet i sterkere grad i 2004 enn i de tidligere årene. Det var ikke bare årsklassen 1997 som var svært tallrik, men også årsklassene 2001 og 2002. Småfisken var til stede langs bunnen på alle dyp. Dette er uvanlig da småfisk sjelden går ute i dypområdene på grunn av predasjonsfaren fra større fisk. Den store fisken var fåtallig, hadde dårlig kondisjon og lys kjøttfarge i 2004, mens den var tallrik, i god kondisjon og hadde rød kjøttfarge årene før. Dette har skjedd i flere innsjøer i regionen, og det er tydelig at større fisk har tapt i næringskonkurransen med de yngre, sterkere årsklassene som er i ferd med å vokse opp. Gytefisken fra høsten 2003 klarte året etter ikke å kompensere for energitapet i forbindelse med gytingen, og det kan se ut som om dødeligheten har økt betydelig. Det er oppsiktsvekkende at den store tettheten av småfisk ikke førte til større grad av predasjon fra stor fisk

Det at den store tettheten av fisk i Sandvatn er hovedårsaken til nedbeitingen av næringsdyr, styrkes av sammenligningen med de andre undersøkte innsjøene. I Kringlesjøen og Blånuttjønn som begge ligger høyere enn Sandvatn, var bestandene tynne som følge av dårlige rekrutteringsforhold. Her var tilgangen på store krepsdyr god og fisken av førsteklasses kvalitet og kondisjon. I Dargesjøen har rekrutteringen vært god og forholdsvis jevn. Et meget aktivt fiske her er tydeligvis tilstrekkelig til å holde bestanden på et nivå som opprettholder en god tilgang på næringsdyr. I perioder med spesielt god rekruttering må en akseptere at høstingsvekten på fisk går ned som følge av økt beskatning.

Konklusjonen er at selvreguleringen, som tydeligvis er av betydning i tynne bestander i vannene på Hardangervidda under normale omstendigheter, mer eller mindre kolliderer når tettheten av småfisk blir for stor. De mange klimatiske gunstige somrene med god rekruttering de seinere årene er antagelig hovedårsaken til denne utviklingen. I vann med gode rekrutteringsmuligheter er en hard beskatning av sterke årsklasser nødvendig for å holde en god balanse mellom næringsdyr og fisk og derved en god kvalitet særlig på eldre fisk.

Årsklassene 1997, 2001 og 2002 var sterke i Sandvatn som har gode rekrutteringsmuligheter, mens i Kringlesjøen og Blånuttjønn med dårlige rekrutteringsmuligheter var det ingen spesielt sterke årsklasser. I Dargesjøen, som fiskes hardt, var det heller ingen typisk sterke årsklasser fordi 1997-årsklassen allerede var sterkt beskattet. I Sandvatn var eldre fisk preget av sult og hadde lav kondisjonsfaktor, høyst sannsynlig som følge av næringskonkurransen fra de sterke årsklassene 1997, 2001, 2002.

Konsentrasjonene av kvikksølv, polybromerte difenyletere, heksabromsyclododekan og perfluoralkylstoffer i fisk fra Blånuttjønn var lave og godt under grenser satt for omsetning av fisk.

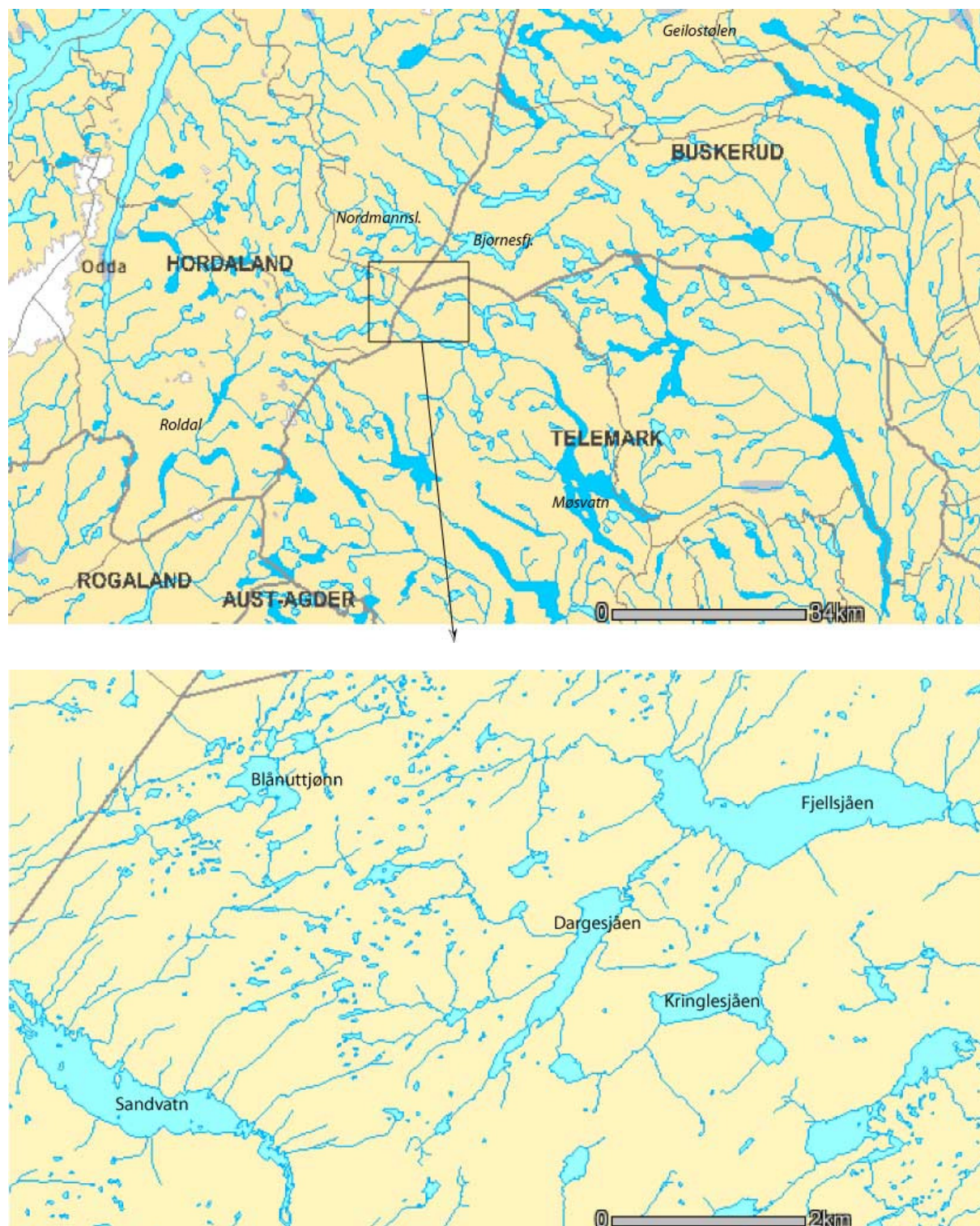
1. Innledning

Hardangervidda er Norges største nasjonalpark, Europas største høyfjellsplatå og verdens største sammenhengende fjellområde hvor ørret er eneste fiskeart. Selv om hoveddelen av Hardangervidda er nasjonalpark, er det adgang til å drive kommersielt fiske i mange av innsjøene. I bygdene som grenser inn til Hardangervidda, er det knyttet betydelige økonomiske interesser til høstingen av disse ørretbestandene. Det bør være et nasjonalt ansvar å skape kunnskap om riktig forvaltning av fiskeressursene i et slikt unikt fjellområde. I denne sammenhengen er det også viktig å ha undersøkt konsentrasjoner av miljøgifter i fisken slik at den eventuelt kan omsettes uten restriksjoner.

Resultatene fra første fase av forskningsprosjektet over ørretens livsvilkår på Hardangervidda har vist at de årlige svingninger i værforholdene har stor betydning for ørretens rekruttering, årsklassestyrke, tilvekst og avkastning (Rognerud et al. 2003). Særlig har ekstremsituasjoner i været i viktige perioder av året avgjørende betydning for disse forholdene. Klimaprognosene viser at ekstremvær kommer til å opptre mer hyppig i årene som kommer (Førland et al. 2000), og det er rimelig å anta at dette får spesielt stor betydning for økosystemet i høyfjellsjøer. Fiskens livsvilkår kan endres betydelig da klimatiske forhold setter klare grenser for produksjonskapasiteten i fjellsjøer. Det har også vist seg at bunnfrysing av gytebekker i snøfattige år og sein isgang i snørike år har hatt dramatiske konsekvenser for ørretungelens overlevelse og derved årsklassens styrke i bestanden. Dersom yngelen overlever plommesekk-stadiet, vil tilveksten den kommende produksjonssesong være avgjørende for graden av overlevelse den første vinteren. Etter at 1996-årgangen i praksis forsvant over store deler av Hardangervidda på grunn av lite snø og bunnfrysing av gytebekkene, kom 1997-årgangen til dekket bord (liten konkurranse). Denne årsklassen har da også blitt svært dominerende i mange bestander (Rognerud et al. 2003, Borgstrøm 2005). I de kommende årene har vi en unik sjanse til å studere hvordan den meget sterke 1997-årsklassen (og de nye 2001/2002-årsklassene) vil påvirke fiskeri-biologiske forhold på Hardangervidda. Vi har indikasjoner på at 1997-årsklassen er den sterkeste siden den meget sterke 1926-årsklassen som preget fisket langt inn på 1930-tallet (Rognerud et al 2003).

Vanntemperaturen har avgjørende betydning for vitale prosesser i akvatiske organismer. Hastigheten på prosesser som vekst og utvikling øker med en faktor på ca. 2 ved en økning i temperaturen på ca. 10 grader. Ved hjelp av stabile isotoper har vi vist at økosystemet i mange fjellsjøer i all hovedsak har sin energi fra sollys fiksert av bunnlevende påvekstalter (Rognerud et al. 2003). Derfor er temperaturforholdene i innsjøene sommerstid, produksjonssesongens lengde og lyssvekningen i vannmassene viktige variable for økosystemets produktivitet. Innsjøenes dybdeforhold er viktig for å vurdere omfanget av produktive bunnområder, forklare innsjøens temperaturgang og beregne vannutskifting.

I 2004 har vi undersøkt Sandvatn, Dargesjøen, Kringlesjøen og Blånutjønn som alle ligger på Hardangerviddas sentrale område (Fig.1). Målsetningen for undersøkelsene har vært: i) å følge utviklingen av ulike årsklasser, særlig 1997-årsklassen, i innsjøer med ulik grad av rekrutteringsmuligheter, ii) kartlegge eventuelle endringer i fiskens diett når sterke årsklasser opptrer i bestandene iii) klarlegge konsentrasjoner av atmosfærisk langtransportert kvikksølv og organiske miljøgifter i fisk fra Blånutjønn (1313 moh.), iv) lage dybdekart og fremskaffe morfometriske data for alle innsjøene, v) undersøke temperaturforholdene i innsjøene ved hjelp av temperaturloggere og sammenholde dette med værdata fra Geilostølen meteorologiske stasjon og innsjøenes morfometri.



Figur 1. De undersøkte innsjøene Sandvatn (1112 moh.), Dargesjøen (1209 moh.), Kringlesjøen (1258 moh) og Blånuttjønn (1313 moh.). Kartet viser beliggenheten på Hardangerviddas sentrale område.

2. Materiale og metoder

2.1 Morfometri og vanntemperaturer

Innsjøenes dybdeforhold ble kartlagt ved hjelp av ekkolodd, kartreferanser og båt. Temperaturene ble målt ved hjelp av temperaturloggere som ble lagt ut like etter isgang og samlet inn like for islegging. Loggerne registrerte temperaturen hver tredje time og resultatene ble deretter beregnet som døgn-gjennomsnitt. Værdata på Geilostølen meteorologiske stasjon ble innhentet fra nett-tjenesten til met.no.

2.2 Fiskeundersøkelsene i 2004

Det ble prøv fisket i Blånuttjønn ved to anledninger, 17.7 – 18.6 og 15.8 - 17.8. Kringlesjøen ble prøv fisket 5.9 – 7.9. Dargesjøen ble prøv fisket 16.6 – 17.6, og Sandvatn 15.8 – 19.8. Prøvene av miljøgifter i fisk ble tatt etter prøv fiske i Blånuttjønn 18.6. Det ble benyttet vanlige prøvegarn-serier med settegarn (utvidete Jensen-serier). I Sandvatn ble det fisket med ekstra finmaskede garnsett både på grunna og i de dypeste områdene. Dette er mer detaljert beskrevet i resultatkapitlet.

Fiskens lengde er målt fra snute til halespiss i naturlig utstrakt stilling. Vekt er angitt til nærmeste gram på elektronisk vekt. Kjønn og stadium ble bestemt etter Dahl (1917), og fiskens kjøttfarge ble registrert etter en kvalitativ skala med angivelse av hvit, lys rød eller rød kjøttfarge. Mageinnhold ble bestemt i felt. Dominerende grupper i mageinnholdet ble anslått til volumprosent av det totale. Fyllingsgraden ble angitt på en skala fra 0-5 hvor 0 er tom og 5 er utspilt mage. Fiskens kondisjonsfaktor, k-faktor, er beregnet fra formelen: $k = 100 \cdot \text{vekt(g)} / \text{lengde}^3 \text{ (cm)}$. Fisk som har k-faktor $< 0,95$ betegnes som slank, $0,95 < k < 1,05$ som normalt god kondisjon og k-faktor $> 1,05$ som feit.

Alderen på fisken ble bestemt med otolitter. Disse ble lest hele under stereomikroskop i påfallende lys mot mørk bakgrunn (Fig. 2). 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.



Figur 2. Otolitt fra en ørret av 1997-årsklassen som var 7 år i 2004 og i sin åttende vekstsesong.

Skinn- og beinfrie prøver av muskulaturen (øvre delen bak ryggfinnen) ble dissikert ut fra hver fisk. Prøvene ble delt i to og begge ble pakket i ren aluminiumsfolie og lagt i hver sin tette plastpose. Den ene prøven gikk til isotopanalyser, den andre til kvikksølvanalyser. Alle prøver ble oppbevart frosset før de ble tørket, homogenisert og klargjort for analyse. Dypfrysing er den eneste konserveringsmetoden som ikke påvirker ^{13}C - og ^{15}N -signaturene (Bosley and Wainright 1999). Prøvene til analyse av organiske mikroforurensninger av fisk og bunnsedimenter ble oppbevart på gløda glass. Sedimentprøvene ble tatt fra sjiktet 0-2 cm fra innsjøens dypeste punkt og fiskeprøvene besto av en blandprøve fra 6 fisk med følgende vekter i gram (593, 615, 642, 693, 806 og 1562).

2.3 Analyse av stabile isotoper

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

2.4 Analyser av kvikksølv

Kvikksølv ble analysert etter NIVA metode nr. E-3. Denne metoden baserer seg på kalddamp atomabsorpsjonspektrometri. Benyttede instrumenter er en Perkin-Elmer FIMS med P-E AS-90 autosampler og P-E amalgeringssystem. De biologiske prøvene frysetørres forut for autoklaving med salpetersyre, der det organiske bundne kvikksølvet oksideres til metallisk kvikksølv med SnCl_2 , og en inert bæregass (argon) transporterer kvikksølvet til spektrofotometeret. Kvikksølvet oppkonsentreres i et amalgeringssystem. Nedre grense for faste prøver er $0,005\text{ }\mu\text{g/g}$.

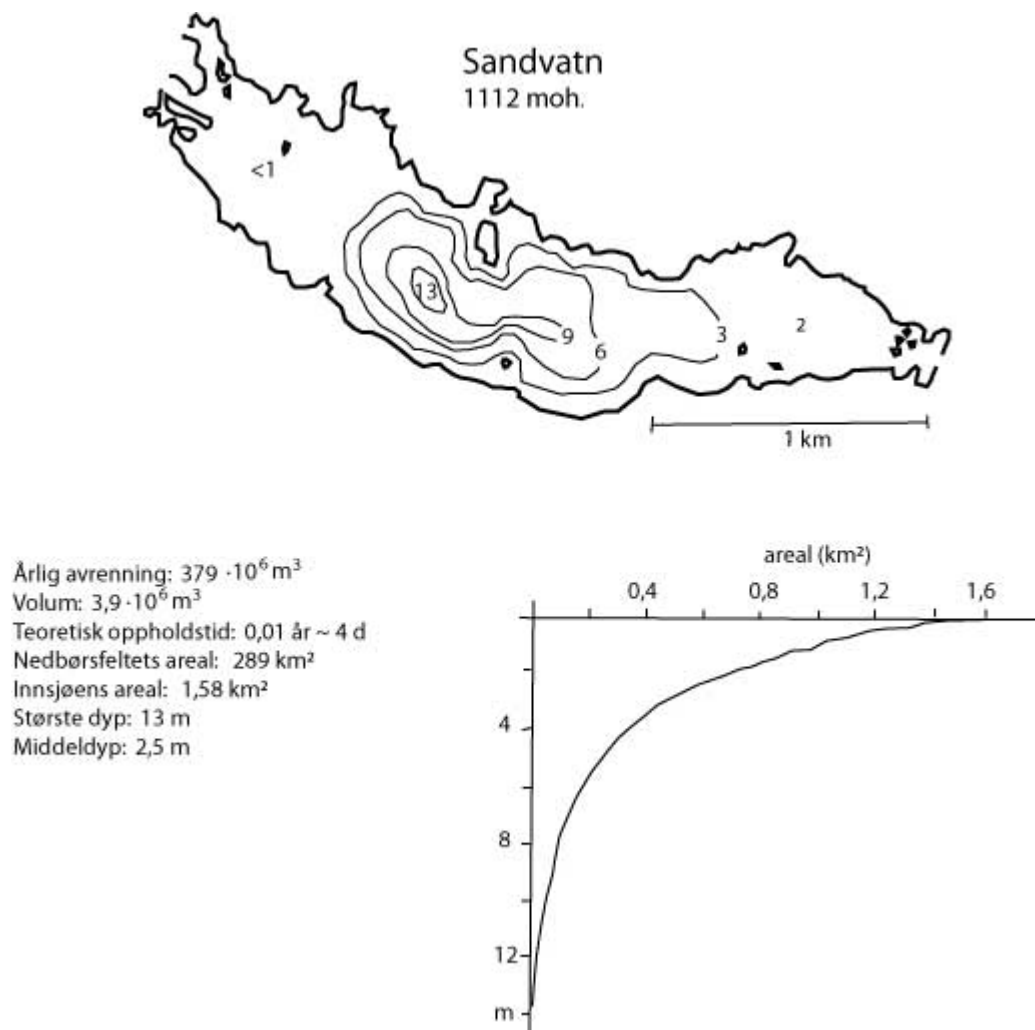
2.5 Analyser av organiske mikroforurensninger

For å kunne håndtere prøven til kjemisk analyse, må alt som skal analyseres (analyttene) overføres til et organisk løsemiddel (ekstraksjon). Oftest er det også nødvendig å fjerne forstyrende prøvematriks og som regel blir ekstraktet oppkonsentrert for å øke metodens følsomhet. For de fleste komponenter ble analysen gjennomført etter internstandardmetoden. Det betyr at til alle prøvetyper ble det tilsatt et sett av relevante internstandarder for å kontrollere utbytte av ekstraksjon og opparbeidelse. De samme forbindelser ble senere benyttet som intern standard ved kvantifisering. Dette medfører at prøveresultatene automatisk blir korrigert for eventuelle tap under ekstraksjon og opparbeidelse. Etter ekstraksjon ble prøvene rensert vha. gelpermeasjonskromatografi og/eller svovelsyre-behandling. Før kvantifisering ble ekstraktet oppkonsentrert og tilsatt gjenvinningsstandard. Ytterligere detaljer i analysemetoden er gitt i Fjeld et al. (2005).

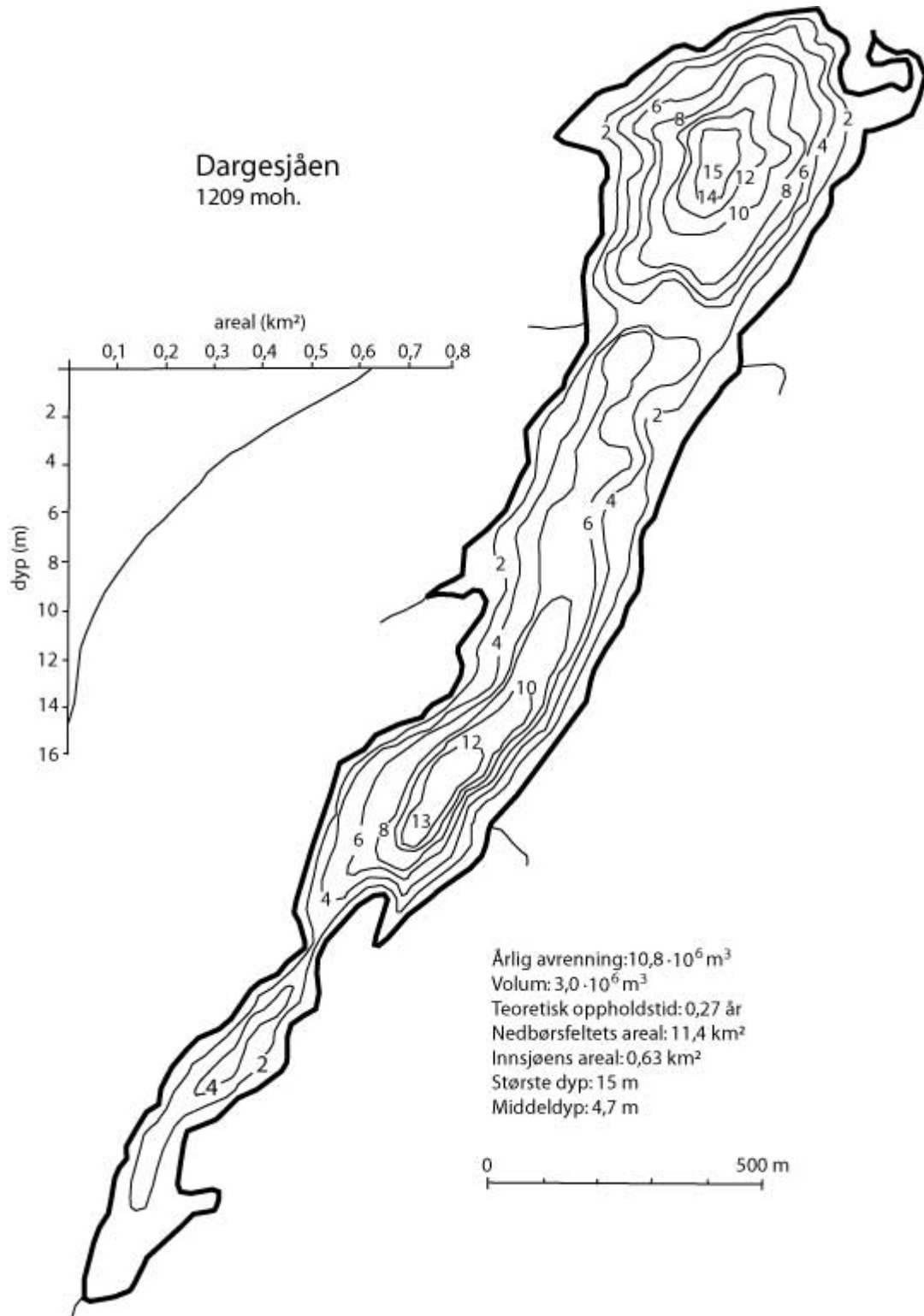
3. Resultater

3.1 Morfometri og innsjøspesifikke egenskaper

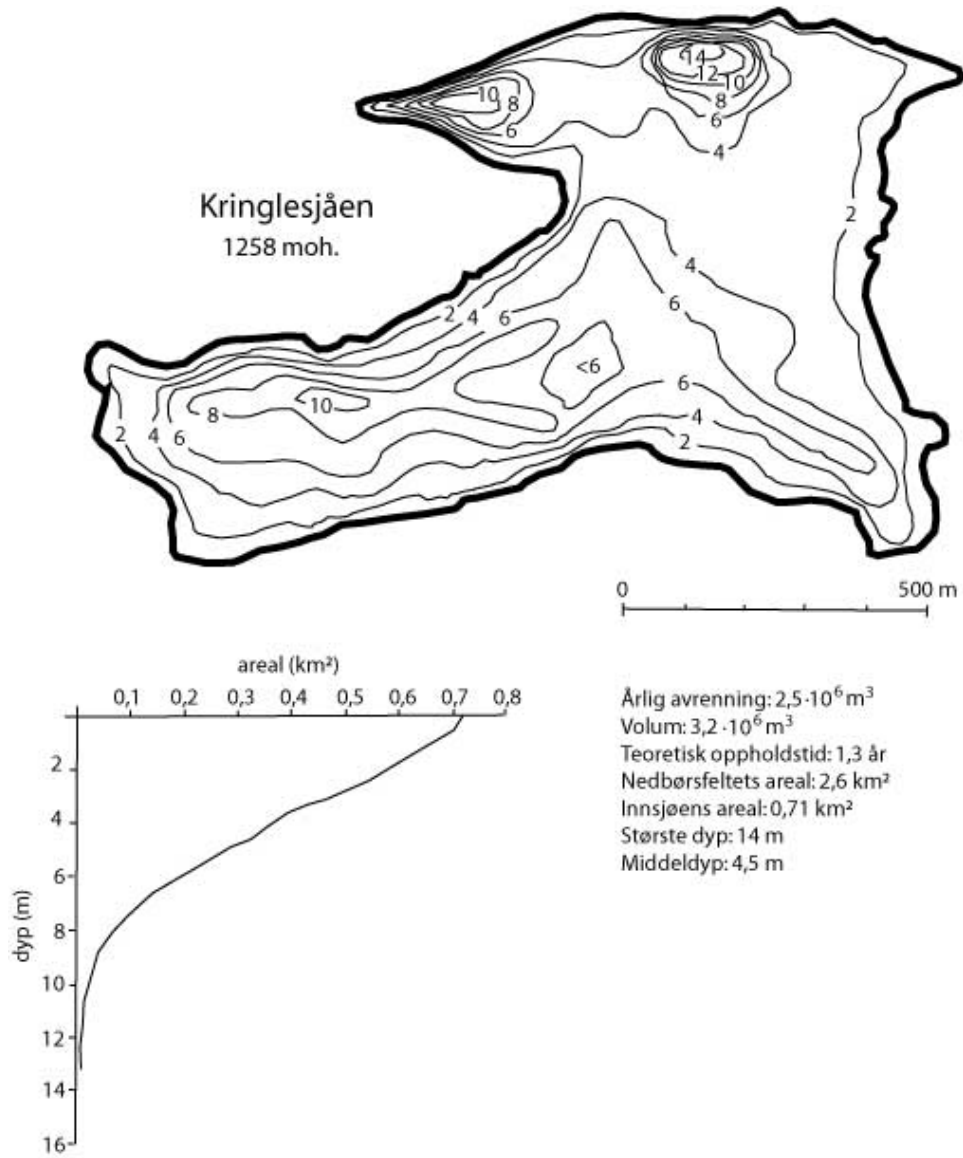
Sandvatn, Dargesjøen og Kringlesjøen er grunne innsjøer med maksimaldyp fra 13 til 15 m (Fig. 3, 4 og 5), mens Blånuttjønn har et lite dypområde på 31 m (Fig.6). Innsjøenes middeldyp varierte fra 2,5 m til 6,1 m. Middeldypet er ofte relatert til mange innsjøspesifikke egenskaper som temperaturforhold, vannkvalitet og produktivitet. Den teoretiske oppholdstiden av vann varierte fra 0,01 år til 1,3 år. Dette vil si at det i gjennomsnitt årlig vil ta fra 4 til 183 dager å fylle opp innsjøene til normal vannstand. Den korteste oppholdstiden har Sandvatn som ligger i Kvennavassdraget. Denne innsjøen, har et stort nedbørfelt som strekker seg langt vest mot de snørike vestre deler av Hardangervidda. På våren og forsommeren må denne innsjøen betraktes som en utvidelse av Kvenna. Denne elva har da også i årenes løp fylt igjen store deler av den vestre delen av innsjøen som derfor er svært grunn, ofte mindre enn 1 m. Kvenna og et par mindre bekker gir opphav til gode rekrutteringsmuligheter for fisk. Dargesjøen har en oppholdstid på 99 dager og flere bekker som gir gode rekrutteringsmuligheter I motsetning til Sandvatn så har fisken i Dargesjøen rike gytemuligheter også på utløpsbekken. Kringlesjøen og Blånuttjønn har små nedbørfeltet, små innløpsbekker og de lengste oppholdstidene (henholdsvis 1,3 år og 0,5 år). Her er rekrutteringsmuligheter svært begrenset både på inn og utløp. I disse innsjøene antar vi at det kan finne sted gyting i selve innsjøene.



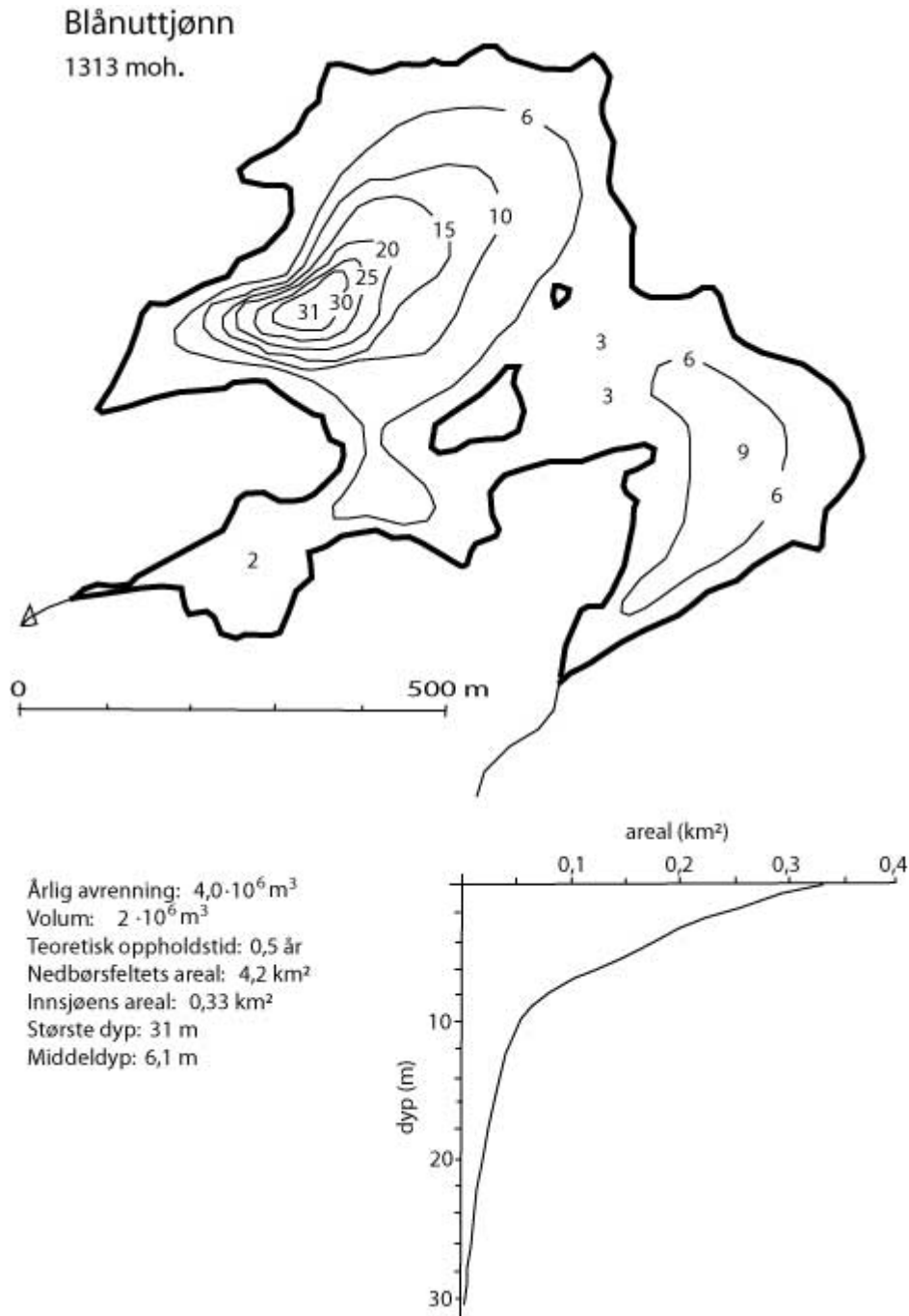
Figur 3. Dybdekart, hypsografisk kurve og innsjøspesifikke data for Sandvatn



Figur 4. Dybdekart, hypsografisk kurve og innsjøspesifikke data for Dargesjøen.



Figur 5. Dybdekart, hypsografisk kurve og innsjøspesifikke data for Kringlesjøen.

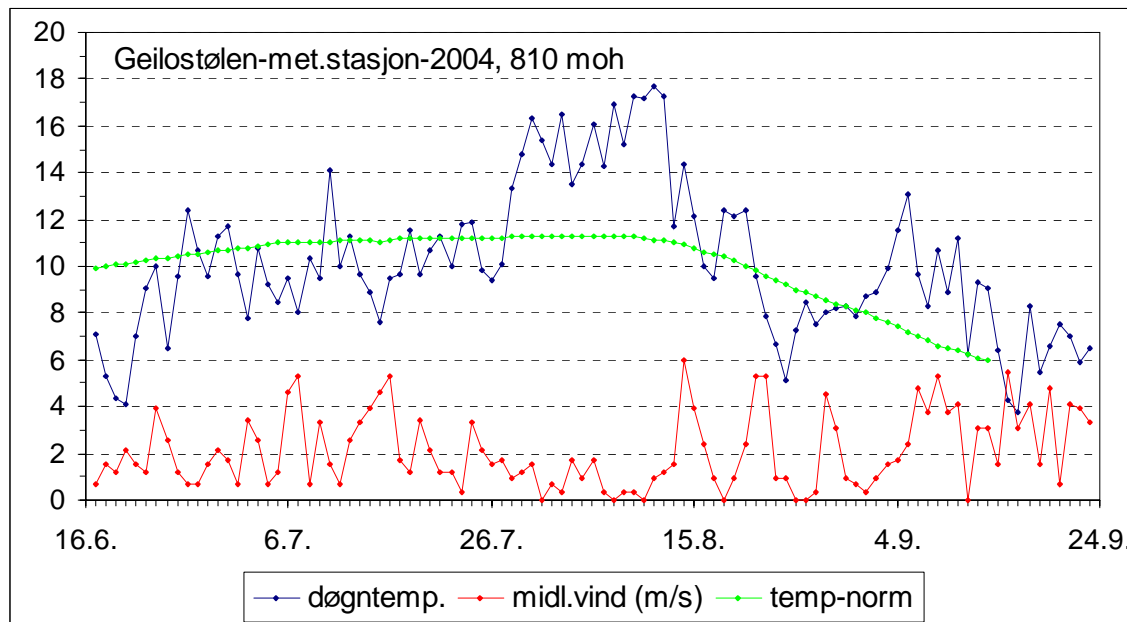


Figur 6. Dybdekart, hypsografisk kurve og innsjøspesifikke data for Blånuttjønn.

3.2 Temperatur og vindaktivitet ved Geilostølen meteorologiske stasjon

Vi har tidligere vist at det var en god samvariasjon mellom temperatursvingningene på de enkelte meteorologiske stasjonene rundt Hardangervidda (Rognerud et al. 2003). Vi har valgt å benytte Geilostølen meteorologiske stasjon for å beskrive variasjonene i lufttemperatur og vindaktivitet da denne stasjonen ligger nærmest de undersøkte innsjøene. Det er rimelig å anta at denne stasjonen gir en god beskrivelse av vær-situasjonen også på sentralvidda der innsjøene er lokalisert.

Lufttemperaturen var i 2004 generelt lavere enn normalt fra slutten av juni til slutten av juli (Fig.7). Dernest fulgte to uker med temperaturer over normalen og lav vindaktivitet. Fra midten av august og ut måneden økte vindaktiviteten samtidig med at lufttemperaturen sank betraktelig. Den første delen av september var noe varmere enn normalt, og det var hyppige perioder med høy vindaktivitet.

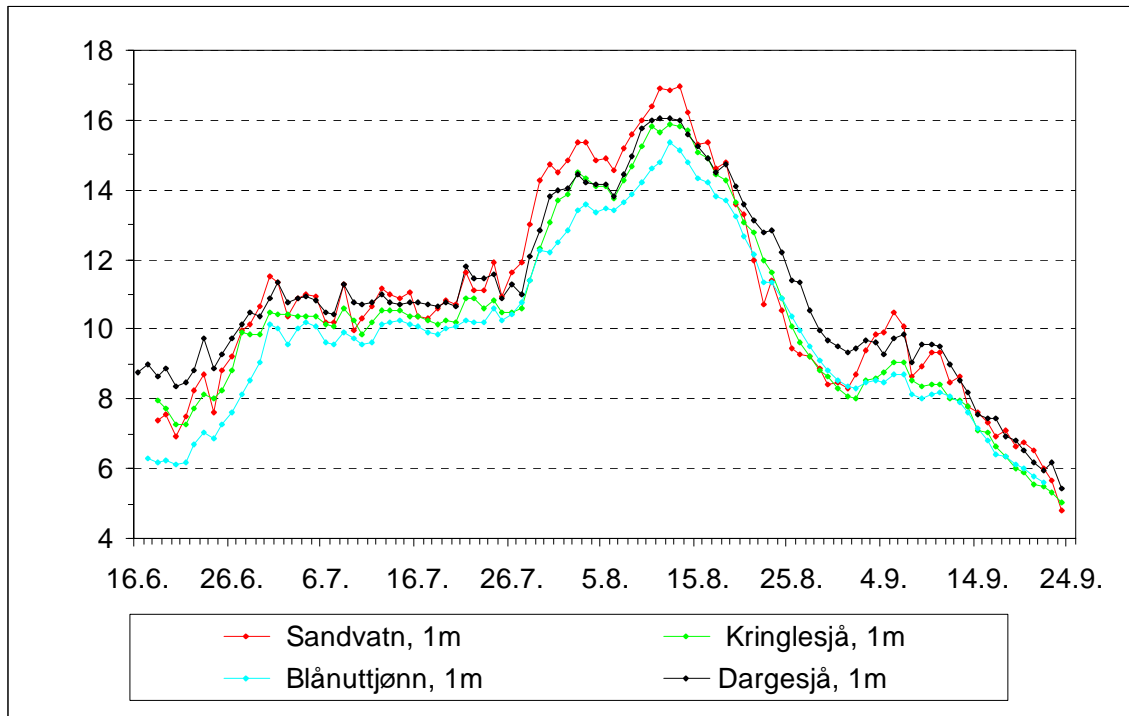


Figur 7. Døgnmidler for lufttemperatur, normaltemperatur (1961-1990) og vindaktivitet (m/s) ved Geilostølen meteorologiske stasjon i perioden 16. juni til 24. september 2004 (kilde met.no).

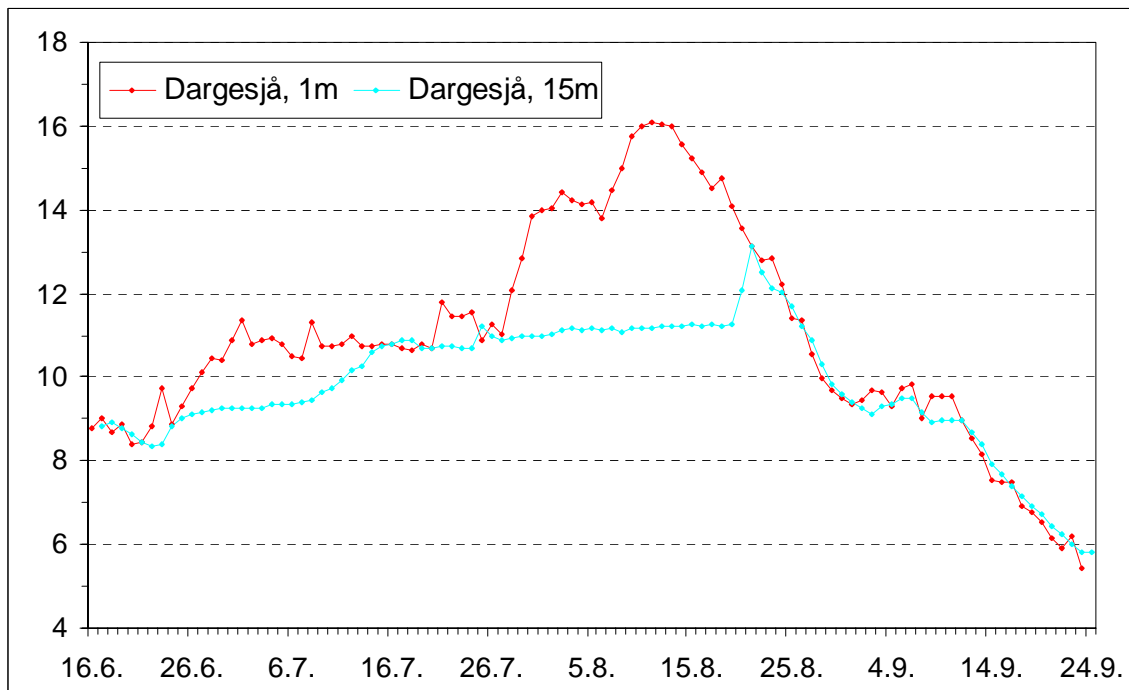
3.3 Temperaturgangen i innsjøene

Det var en svært god samvariasjon i temperaturgangen i de øvre vannlag (1 m) i de undersøkte innsjøene (Fig. 8). Det var to klare oppvarmingsfaser. En fra isgangen i månedskiftet mai/juni (info om isgang fra Nina Fossen i IS Laagefjeld) til begynnelsen av juli og en fra slutten av juli til midten av august. I nesten hele juli var temperaturen nær den samme, mens avkjølingen startet i midten av august kun avbrutt av en liten kort oppvarming i første halvdel av september. Islegging skjedde nær månedskiftet september/oktober (Stein Lier-Hansen, leietager på Dargesjø). Temperaturen på 1 m's dyp fulgte svingningene i lufttemperatur i alle innsjøene, men noe tidsforskjøvet i perioder på grunn av vannets varmekapasitet (se også Rognerud et al. 2003). Temperaturen i innsjøenes avtok med ca. 0,8 °C pr. 100 m med en økende høyde over havet. Laveste temperaturer ble observert i Blånuttjønn og de høyeste i Sandvatn. Blånuttjern ligger ca. 200 m høyere enn Sandvatn og denne sjøen var jevnt over 2 grader kaldere enn Sandvatn.

Det var små forskjeller i temperatur ved overflaten (1 m) og på dypet i Dargesjøen i 2004 (Fig. 9). Det var kun den varme, stille perioden i slutten av juli til 20. august at innsjøen var sjiktet. Innsjøen fullsirkulerte 20. august som følge av en vindfull periode (Fig 7). Temperaturen i dypvannet var i hele sommerperioden mellom 9 og 12 grader. Stabiliteten i vannmassene var lav i hele perioden. Det var kun 5 grader forskjell mellom topp og bunn på det meste.



Figur 8. Temperaturvariasjonen på 1 m's dyp i 2004. Innsjøenes høyde over havet: Sandvatn 1112 m, Dargesjøen 1209 m, Kringlesjøen 1258 m, Blånutjønn 1313 m.



Figur 9. Temperaturgangen på 1 m og 15 m i Dargesjøen i 2004.

3.4 Fiskeundersøkelsene i Sandvatn

Sandvatn har vært undersøkt i 2001, 2002 og 2004, og vi behandler derfor denne innsjøen noe grundigere enn de andre. Vi har valgt å diskutere resultater fra prøvefisket i 2001 og 2002 sammen med resultatene fra 2004. Det er særlig tidsutviklingen i kondisjonsfaktor, bestandstruktur og mageinnhold som er av spesiell interesse (Qvenild og Rognerud 2002, 2003). Feltarbeidet i Sandvatn i 2004 foregikk i uke 34 fra 14. - 20. august. Fra 15. - 16. august ble det prøvefisket med 1 garnserie i den vestre delen av vannet (Tab.1). Fra 17. - 18. august ble det fisket med en lenke på 5 garn (2*39, 1*35, 2*29 mm) på det dypeste partiet fra 7 - 13 m (Tab.2). Samme natt ble det også fisket i strandsonen med 2 småmaskete garn (1*13,5, 1*16 mm) ut for Midtre Sandvatnslægret. Fra 18. - 19. august ble de samme småmaskete garna satt på dypområdet fra 7 - 13 m (Tab.3).

Det var høye fangster på 26 mm i 2004, men ikke spesielt høye på 29 mm (Tab.1). Derimot var antall fisk på serien satt på dypet meget høye med 34 fisk på 2*29 mm (Tab.2). En stor og markert endring fra tidligere år var fraværet av fisk på de grovere maskeviddene. I 2002 fikk vi 6,0 fisk pr. garnnatt som et gjennomsnitt på 35 og 39 mm av størrelser som hørte hjemme i disse maskeviddene, i 2004 var det bare 1,0 fisk pr. garnnatt. Det må her presiseres at garninnsatsen er liten. Variasjonene er store på garn, og en skal bruke slike sammenligninger med forsiktighet, men stangfisket indikerte også at disse størrelsesgruppene var sparsomt forekommende i 2004 (Fig.10). Også på garnlenken som ble satt på dypområdet, var fangstene på disse garna små (Tab.2). Dette var i sterk kontrast til i 2002 da fangstene var langt større (Qvenild og Rognerud 2002).

Tabell 1. Resultatene av prøvefisket i vestre delen av Sandvatn 15.-16 august 2004.

Maske- vidde mm	Antall garn	Antall g. netter	Antall ørret	ørret gram	Totalt antall	Totalt gram
21	1	1	17	1 858	17	1 858
26	1	1	17	3 137	17	3 137
29	1	1	8	2 239	8	2 239
35	1	1	0	-	0	-
39	1	1	6	1 717	6	1 717
45	1	1	0	-	0	-
52	1	1	1	472	1	472
Totalt	7	1	49	9 423	49	9 423
Gjennomsnittsvekt (g)				192		
Største fisk (g)				613		

Tabell 2. Resultatene av prøvefisket i Sandvatn's dypeste deler (7 - 13 m), 17.-18 august 2004.

Maske- vidde mm	Antall garn	Antall g. netter	Antall ørret	ørret gram	Totalt antall	Totalt gram
29	2	1	34	9 812	34	9 812
35	1	1	3	1 367	3	1 367
39	2	1	5	2 268	5	2 268
Totalt	5	3	42	13 447	42	13 447
Gjennomsnittsvekt (g)				320		
Største fisk (g)				742		

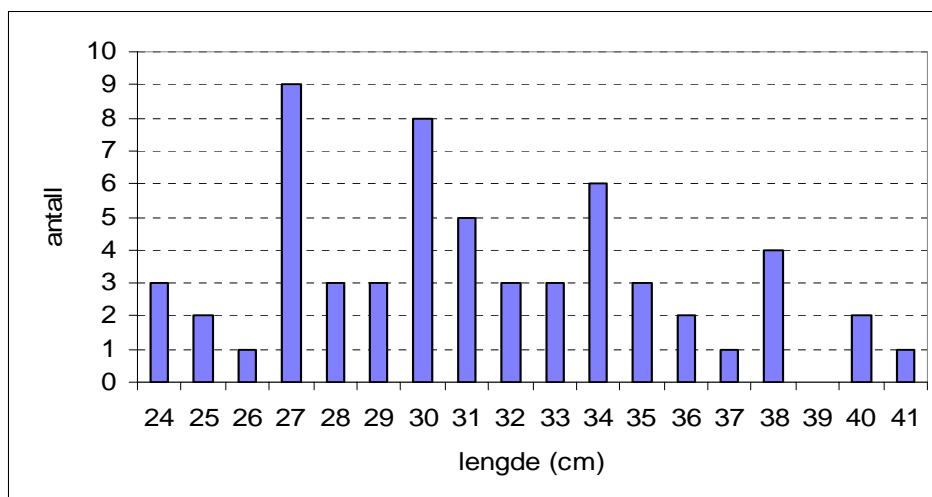
Det ble satt småmaska garn (13,5 mm og 16 mm) både i strandsonen og på dypet (Tab.3). I en tynt befolket høyfjellsjø med mye stor fisk vil vi vanligvis finne lite med småfisk i dypområdene. Her er skjulmuligheten vanligvis dårligere enn i strandsonen og predasjonsrisikoen normalt større. Vi har

dessverre ikke noe sammenligningsgrunnlag her fra 2002 da det ikke ble satt småmaskete garn i dypområdene dette året. Det er tydelig at småfisken i 2004 befant seg i store tettheter langs bunnen over hele innsjøen.

Tabell 3. Prøvefisket med småmaska garn på grunna (0,5-1 m) og på dypet (7-13 m) i 2004.

Dato	Maskevidde mm	Antall garn	Antall g. netter	antall	Gj. snitts- lengde (cm)	Gj.snitts- vekt (g)	Gj.snitts- k-faktor	
18.08.04	13,5 mm	1	1	88	131	27,0	1,02	På grunna
18.08.04	16 mm	1	1	48	154	36,0	1,00	På grunna
19.08.04	13,5 mm	1	1	66	133	26,9	1,03	På dypet
19.08.04	16 mm	1	1	71	154	36,6	0,94	På dypet

Det ble lengdemålt 26 fisk fanget på sluk 16.08.04, 31 fisk 17.08.04 og 2 fisk 19.08.04. Lengdefordelingen er vist i figur 10. Gjennomsnittsvekta var 301 gram. Fisken er ikke aldersbestemt, men på bakgrunn av andre aldersbestemte fisk i 2004 kan vi anslå at 1997 årgangen er fisk fra 27 til 32 cm også på slukfangstene (se Fig.14).

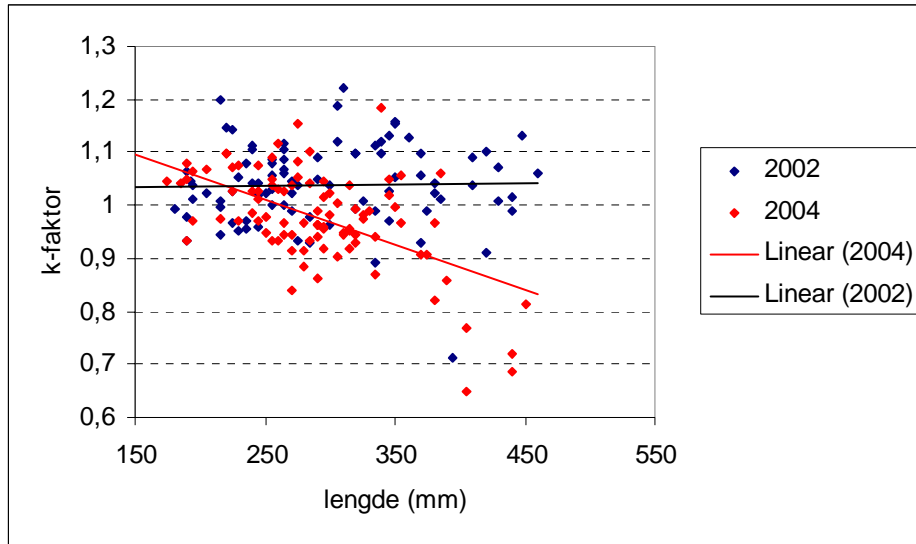


Figur 10. Lengdefordelingen av 59 fisk fanget på sluk i Sandvatn i perioden 16. – 19.08.04.

Kondisjonsfaktoren i 2004 var i gjennomsnitt 0,98 med en tendens til lavere verdier med økende størrelse på fisken (Tab.4). Det har skjedd en negativ endring i fiskens kondisjon siden 2002 da kondisjonsfaktoren var 1,05 (Qvenild og Rognerud 2002). I 2002 var k-faktoren nokså lik i de ulike lengdegrupper, mens den i 2004 var sterkt avtagende i de større lengdegruppene med k-faktor helt ned i 0,65 (Fig. 11). Dette er et klart tegn på at den større fisken hadde dårligere mattilgang enn småfisken i 2004. Gytefisken fra 2003 hadde tydeligvis problemer med å spise seg opp igjen etter gytingens store energitap. Innslaget av lys rød kjøttfarge var 14 % i lengdegruppa 30 – 34 cm i 2004, mens i 2002 hadde alle i denne lengdegruppen rød kjøttfarge (Qvenild og Rognerud 2002). I lengdegruppa 25 – 29 hadde hele 71 % rød kjøttfarge i 2002, mens tilsvarende i 2004 bare var 31 %. Dette er et tegn på at marflo og skjoldkrepser har betydd mindre i ørretens diett i 2004 enn i 2002.

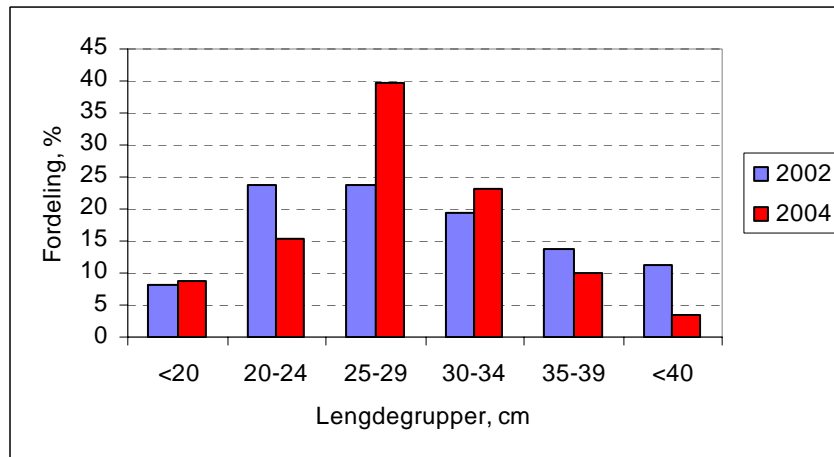
Tabell 4. Gjennomsnittlig k-faktor, kjønnsfordeling, kjønnsmodning og kjøttfarge for fisk i ulike lengdegrupper fanget på prøvegarn i Sandvatn 16.08.04 og 18.08.04.

Lengde-grupper	Antall	%	k-faktor	Kjønnsfordeling				Kjønnsmodning				Kjøttfarge		
				hann %	hunn %	hann %	hunn %	hann %	hunn %	% lys	% lys rød	% rød		
<15	1	1	1,02	0	0	1	100	0	0	0	0	100	0	0
15-19	7	8	1,03	5	71	2	29	0	0	0	0	100	0	0
20-24	14	15	1,03	7	50	7	50	3	43	0	0	57	43	0
25-29	36	40	0,99	21	58	15	42	7	33	0	0	8	61	31
30-34	21	23	0,98	9	43	12	57	1	11	1	8	0	14	86
35-39	9	10	0,95	6	67	3	33	0	0	3	100	0	0	100
40-44	2	2	0,70	0	0	2	100	0	0	2	100	0	0	100
45-49	1	1	0,81	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100
>50	0	-		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Totalt	91	100	0,98	49	54	42	46	11	22	6	14	21	34	45



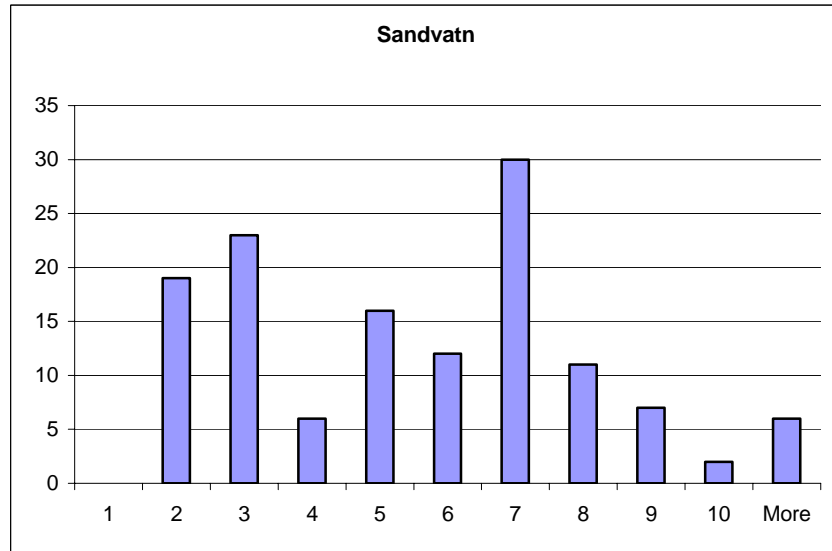
Figur 11. K-faktor av fisk fanget på prøvegarna i Sandvatn i 2002 og 2004.

Det har også skjedd en endring i prosentvis fordeling av fisk (Fig.12). Det var relativt mer av mellomstor fisk (25 – 34 cm) i 2004, like mye av den minste fisken og mindre i de største.

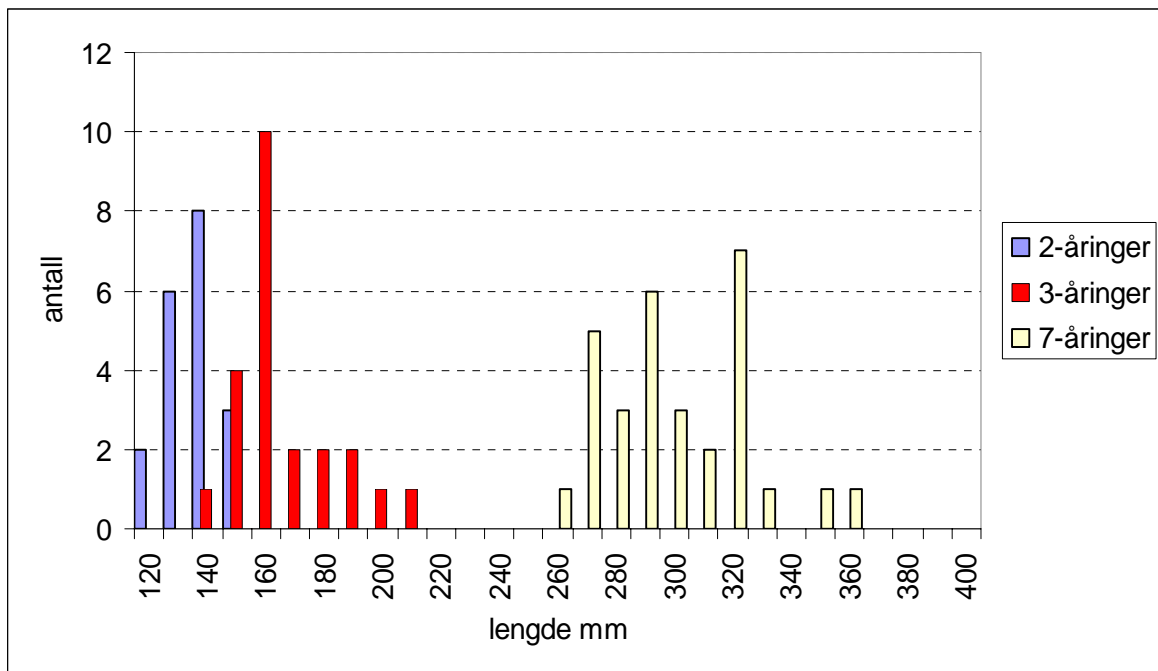


Figur 12. Prosentvis fordeling av fangsten i Sandvatn (2002 og 2004) fordelt i ulike lengdegrupper.

I aldersfordelingen i 2004 var det en dominans av 7-åringer, dvs. 1997-årsklassen (Fig.13). Småfisken som ble registrert i store tettheter både på grunntområdene og på dypet var 2- og 3-åringer, dvs. 2001- og 2002-årgangene. 2-åringene var fra 12 – 15 cm, 3-åringene fra 15 – 21 cm og 7-åringene fra 26 – 36 cm (Fig.14).



Figur 13. Aldersfordeling av 132 ørret fra Sandvatn 2004.



Figur 14. Lengdefordelingen i årsklassene 1997, 2001 og 2002 som alle var sterke i Sandvatn i 2004.

Det ble fisket med prøvegarnserier i strandsonen i 2001, 2002 og 2004. Gjennomsnittlig magefyllingsgrad i 2004 var 1,10, 43 % av magene var tomme og 71 vol % var krepsdyr (Tab.5). I alle årene var krepsdyrene en viktig del av dietten. I 2001 og 2004 var det linsekrepsen som hadde størst betydning,

mens skjoldkrepsen dominerte i 2002. Av andre grupper var det overflateinsekter (bibionidae) som preget næringen i 2004. Krepsdyrene dominerte i 2002, mens de var insekter og snegl som dominerte i 2001. I 2002 besto andelen marflo (21,9 %) av voksne individer, mens i 2004 hadde den sunket til 9 vol % og besto av små og unge individer. Skjoldkreps ble ikke påvist i fisk fra strandsonen i 2004, mens den var dominerende fødeobjekt blant krepsdyrene i 2002.

Tabell 5. Magefyllingsgrad for gruppen krepsdyr ved prøvafiske i Sandvatn i 2001, 2002 og 2004. Fyllingsgraden graderes etter en skala fra 0 til 6, hvor 0 er tom mage og 6 er full, utspilt mage. Hvor mye de ulike næringsdyrgruppene utgjør av det samlede mageinnholdet anslås som volumprosent.

Magefyll.grad/vol%	2001	2002	2004
Magefyllingsgrad	0,68	1,96	1,10
% tomme mager	72	34	43
% krepsdyr	49	86	71
% linsekreps	34,3	6,7	56,7
% marflo	14,2	21,9	9,3
% skjoldkreps	0,6	57,0	0

I strandsonen hadde småfisk (< 25 cm) en magefyllingsgrad på 1,19 i 2004 (1,30 i 2002, 0,62 i 2001) (Tab.6). For større fisk (> 25 cm) var fyllingsgraden 1,04 (2,20 i 2002, 0,79 i 2001). Blant småfisk var det 33 % tomme mager (50 % i 2002, 77 % i 2001), mens blant større fisk var det 50 % tomme mager (29 % i 2002, 66 % i 2001). Dette betyr at tendensen til at større fisk har en høyere fyllingsgrad enn mindre fisk er snudd i 2004 sammenlignet med 2002 og 2001. I 2004 hadde småfisk høyest fyllingsgrad. Den samme tendensen var det også når det gjaldt andelen tomme mager. I 2004 var det altså en høyere andel av storfisk som hadde tomme mager enn småfisk, mens dette var omvendt i årene før.

Linsekrepsen var dominerende fødeobjekt i 2004, mens marflo utgjorde 4 vol % for småfisk og 14 vol % for større fisk (Tab.6). Linsekrepsen var viktigste næringsobjekt for småfisk også i 2002 og 2001, men den ble ikke påvist i større fisk i 2002 antagelig fordi det var rikelig tilgang på skjoldkreps. I 2001 hadde linsekrepsen en viss betydning for større fisk, men det var da snegl som var dominerende fødeobjekt. Det er tydelig at linsekreps hele tiden har vært et viktig næringsobjekt for småfisk, mens den hadde liten eller ingen betydning for større fisk når det var rikelig med marflo og skjoldkreps til stede.

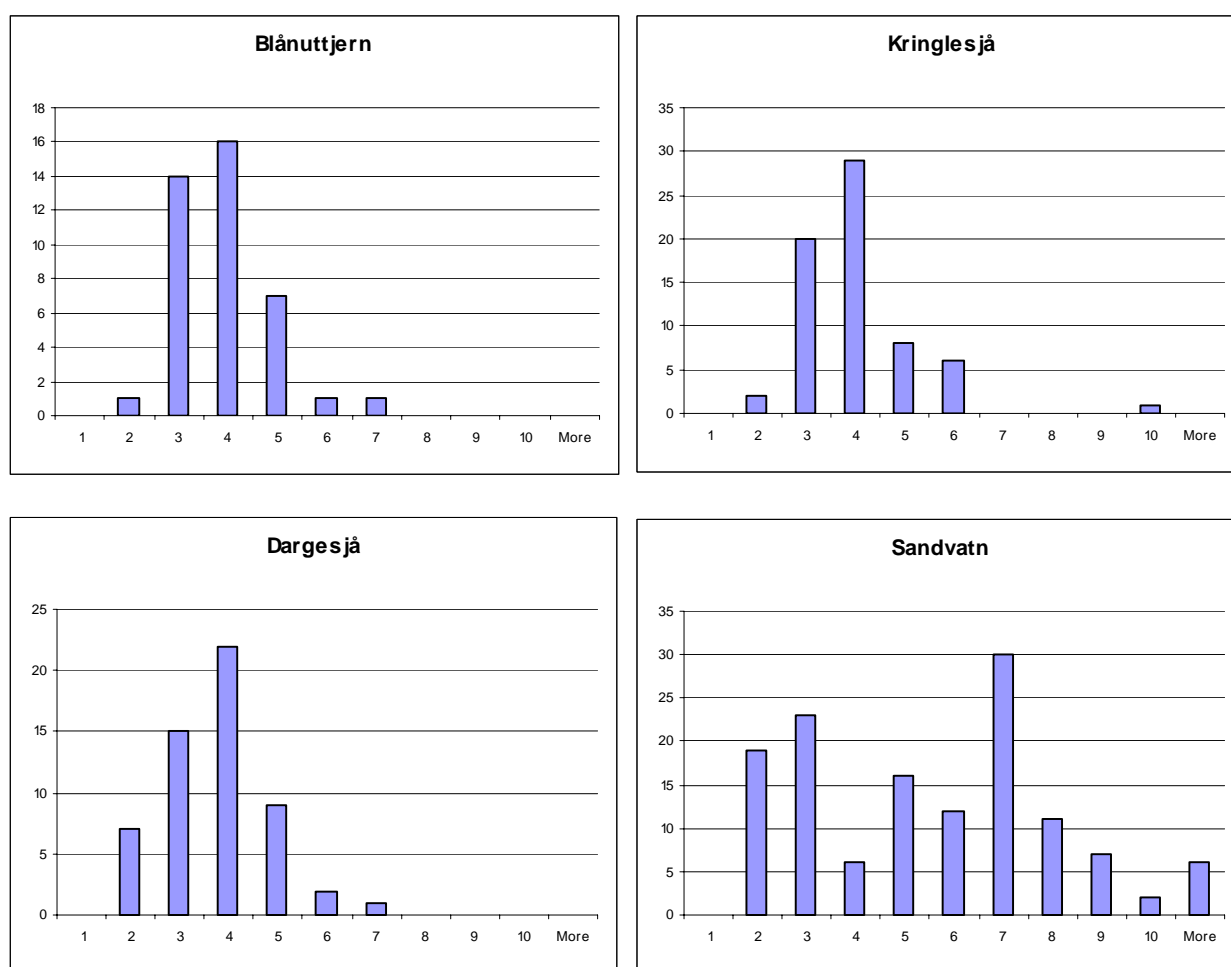
Tabell 6. Magefyllingsgrad og volumprosent av ulike næringsdyr i fiskemager samlet inn ved prøvafiske i Sandvatn i 2004, fordelt på 2 størrelseskategorier av fisk.

Fisk < 25 cm	2001	2002	2004
Magefyllingsgrad	0,62	1,30	1,19
% tomme mager	76,6	50	33
% krepsdyr	70	69	68
% linsekreps	48,3	38,5	52,0
% marflo	21,4	30,8	4,0
% skjoldkreps	0	0	0

Fisk > 25 cm	2001	2002	2004
Magefyllingsgrad	0,79	2,20	1,04
% tomme mager	65,5	28,6	50
% krepsdyr	23	89	74
% linsekreps	16,7	0	60,7
% marflo	5,0	20,0	13,8
% skjoldkreps	1,3	69,1	0

3.5 Fiskeundersøkelsene i Dargesjøen, Kringlesjøen, Blåuttjønn og Sandvatn i 2004.

Aldersfordelingen i prøvefiskmaterialet viser at 1997-årgangen (7-åringer) kun var dominerende i Sandvatn (Fig.15). Både lengdefordelingen og aldersfordelingen tyder på at det har vært jevnlig rekruttering i Blåuttjønn, men ut fra aldersfordelingen er det ikke mulig å avgjøre om det er spesielt sterke årsklasser tilstede i 2004. Dette gjelder også for Kringlesjøen, men her ble det brukt noe mer av maskeviddene 35 og 39 mm. Årsklassene 1995, 1996 og 1997- ble likevel ikke påvist, mens årsklassene 1998 til 2001 var alle rikt forekommende. Dargesjøen hadde en jevnt avtakende trend både i lengdefordeling og aldersfordeling noe som tyder på en jevn rekruttering og et forholdsvis aktivt fiske. Bare i Sandvatn forekommer 1997-årsklassen i spesielt store tettheter, nå som 7-åringer. Også årsklassene 2001 og 2002 var meget sterke. Figuren gir ikke det rette inntrykk av dette da det ble tatt et utvalg av disse to årsklassene til aldersbestemmelse.

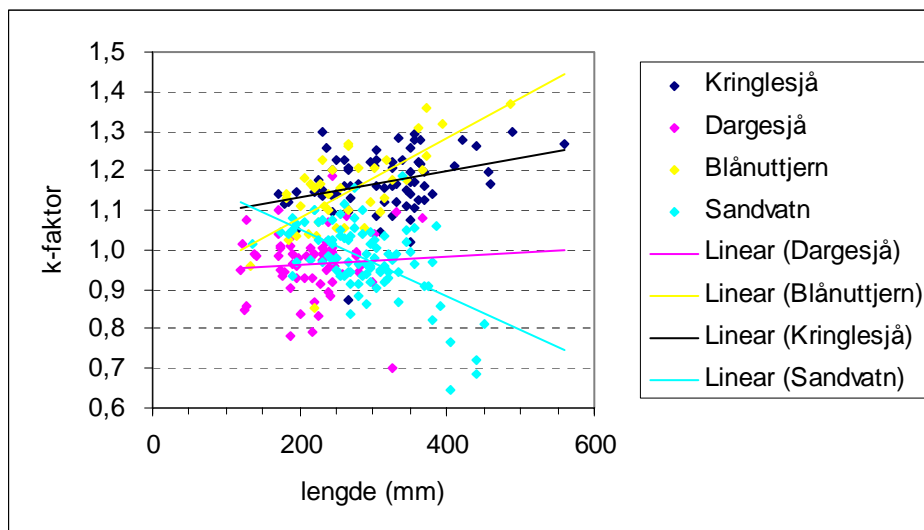


Figur 15. Aldersfordeling av antall fisk i prøvefiskefangstene i Blåuttjønn, Kringlesjøen, Dargesjøen og Sandvatn 2004

Kondisjonsfaktor

Fisken i Blåuttjønn var i svært god kondisjon med k-faktor fra 1,0 til 1,36, økende med størrelsen på fisken (Fig. 16). Dette tyder på at den større fisken har et rikelig næringstilbud. Den samme trenden med økende k-faktor med fiskens størrelse ble også registrert i Kringlesjøen selv om den ikke var så

tydelig som i Blånutjønn. Fisken i Dargesjøen har en lavere k-faktor (gjennomsnitt 0,96). Dette er antagelig en effekt av en langt større tetthet av fisk i Dargesjøen. Sandvatn skiller seg ut ved at den store fisken har en svært lav k-faktor. Lengdegruppen 20 – 30 cm hadde ingen klar forskjell på k-faktoren i Sandvatn og Dargesjøen.



Figur 16. Kondisjonsfaktor for fisk fra Blånutjønn, Kringlesjøen, Dargesjøen og Sandvatn 2004.

Mageinnhold

Magefyllingsgraden i fisk fra Sandvatn var klart lavere enn i fisk fra de andre innsjøene, og andelen tomme mager var høyere (Tab.7). Mageinnholdet var dominert av krepsdyr og av disse var det arten linsekreps som var helt dominerende. Marflo var sparsomt representert og besto nesten utelukkende av unge stadier. Skjoldkreps ble så vidt påvist på dypet, men ikke i strandsonen. Fyllingsgraden var høy i Dargesjøen, og vårfluer dominerte gruppen andre næringsdyr enn krepsdyr (56 %). Krepsdyr-andelen i magen var lavere enn i Sandvatn, men dette skyldtes sikkert at prøvefisket ble utført i juni før skjoldkrepsen var utviklet. Marflo var dominerende krepsdyr i magene. I Kringlesjøen som ble prøvefisket i september, dominerte skjoldkreps fullstendig. Blånutjønn ble undersøkt både i juni og i august. Innslaget av krepsdyr var høyt, og både skjoldkreps og marflo var av stor betydning. Magefyllingsgraden i Blånutjønn var høy.

Ernærings situasjonen både i Kringlesjøen og Blånutjønn var god med rikelig tilgang på store krepsdyr. I Dargesjøen utgjør også gruppen ”insekter i vann” mye, dominert av vårfluelarver samt vannkalver. Bunndyrsammfunnet i Sandvatn er sterkt nedbeitet av de sterke årsklassene 1997, 2001 og 2002. Dette har tydeligvis ført til næringsbrist hos den større fisken.

Tabell 7. Analyse av magefyllingsgrad og volumprosent fra prøvefisket i strandsonen i Blånutjønn, Kringlesjøen, Dargesjøen og Sandvatn i 2004.

Fyllingsgrad/vol%	Sandvatn	Dargesjøen	Kringlesjøen	Blånutjønn
Magefyllingsgrad	1,10	2,32	2,45	2,58
% tomme mager	43	19	27	15
% krepsdyr	71	44	98	84
% linsekreps	57	14,5	8,5	5,5
% marflo	9	29,6	-	68,6
% skjoldkreps	0	0	89,2	9,9

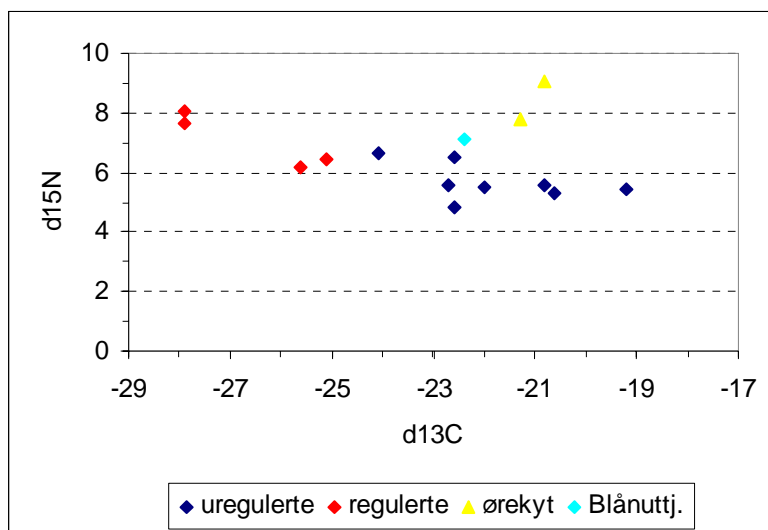
3.6 Kvikksølv og stabile isotoper i fisk fra Blånuttjønn

Karbonsignaturen ($\delta^{13}\text{C}$) i fisk fra Hardangervidda indikerer om fiskens karbonkilder kommer fra påvekstalger i gruntnråder (-19 til -23) eller fra planktonalger (-28 til -35) i de frie vannmassene (Rognerud et al. 2003). I Blånuttjønn hadde fiskens mat hovedsakelig vært basert på næringsdyr som hadde levd av påvekstalger i grunnere deler av sjøen (Tab.8).

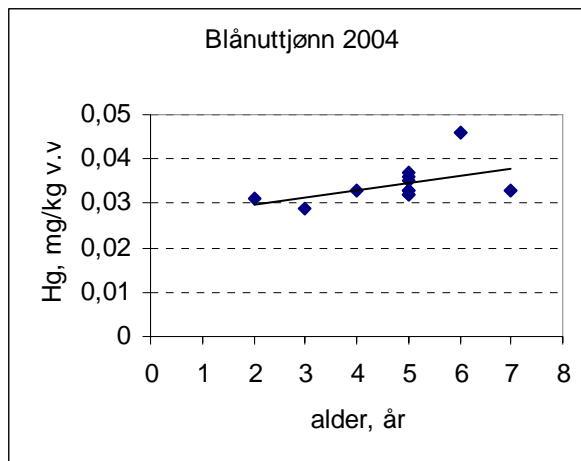
Nitrogensignaturen ($\delta^{15}\text{N}$) gir en indikasjon på fiskens trofiske posisjon i næringskjeden. Det var ingen forskjell i trofisk posisjon fra de yngste til de eldste fiskene (Tab.8). Dette indikerer at kannibalisme ikke er vanlig blant ørreten i Blånuttjønn fordi små fisk ytterst sjelden er kannibaler. Stabile isotoper standardisert på 6-årig fisk og fremstilt i et biplott viser at fisk fra Blånuttjønn ikke skiller seg vesentlig fra andre uregulerte rene ørretsjøer på Hardangervidda (Fig.17). Kvikksølvkonsentrasjonene var lave og økte svakt med alderen (Fig.18).

Tabell 8. Fiskestatistikk, stabile isotopert og kvikksølvkonsentrasjoner i Blånuttjønn 2004

nr	lengde, cm	vekt, g	alder, år	$\delta^{15}\text{N}$, ‰	$\delta^{13}\text{C}$, ‰	Hg, mg/kg v.v
1	13,2	22	2	7,8	-22,7	0,031
2	31,9	398	5	7,2	-23,1	0,032
3	36,1	615	5	7,3	-22,7	0,033
4	18,3	70	3	7,3	-22,5	0,029
7	22,8	138	4	7,1	-22,1	0,033
13	30,0	326	5	7,3	-21,9	0,032
14	48,5	1562	7	7,1	-21,9	0,033
15	28,7	249	5	7,3	-22,0	0,036
16	37,3	642	5	7,1	-22,3	0,037
17	37,1	693	5	7,0	-23,0	0,035
18	39,4	806	5	7,1	-22,8	0,033
19	36,0	593	6	7,2	-21,4	0,046



Figur 17. Stabile nitrogen- og karbon-isotoper justert til 6 årig fisk i Blånuttjønn (6 år er nær "grand mean" alder for all fisk vi har undersøkt på Hardangervidda). Resultatene er sammenliknet med andre innsjøer på Hardangervidda. Det er skilt mellom uregulerte, regulerte innsjøer der ørret er eneste art samt ørretvann med ørekyt. I Blånuttjønn er ørret eneste fiskeart.



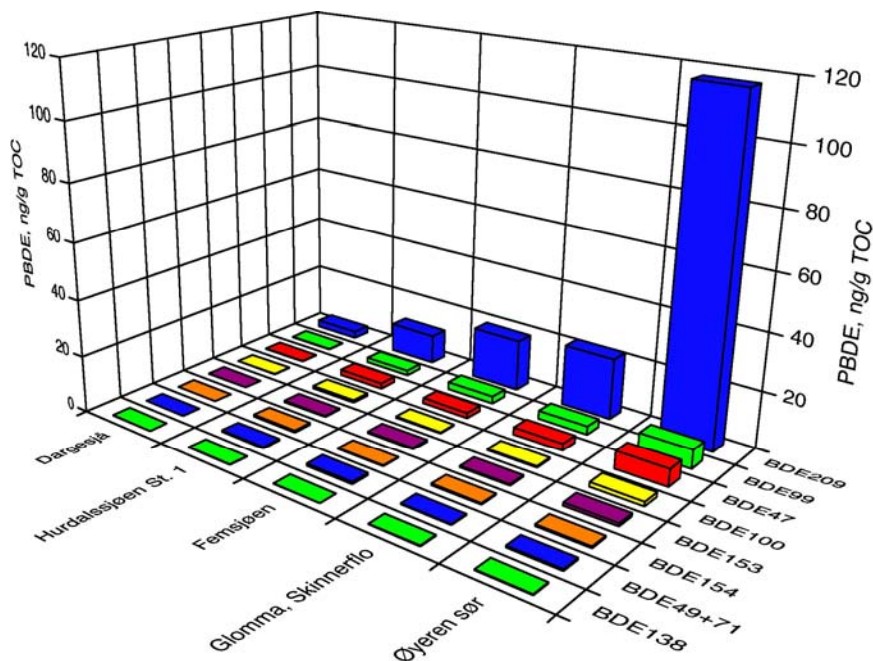
Figur 18. Sammenhengen mellom konsentrasjonene av kvikksølv og alder i fisk fra Blåntjønn.

3.7 Organiske miljøgifter (bromerte flammehemmere og perfluorerte alkylerte stoffer)

Sedimenter fra Dargesjøen og fisk fra Blåntjønn ble analysert for et utvalg nye miljøgifter. De inngikk som en del av flere undersøkte lavlandslokaliteter i SFTs screeningundersøkelse for 2004 (Fjeld et al. 2005). Vi viser her resultatene for to typer flammehemmere (polybromerte difenyletere – PBDE, og heksabromsyclododekan – HBCDD) og for forbindelser av typen PFAS (perfluorerte alkylerte stoffer).

Polybromerte difenyletere (PBDE) i sedimenter

Det ble tatt sedimentprøver fra ulike ferskvannslomaliteter på Østlandet og fra Dargesjøen. Konsentrasjonene av Σ PBDE varierte mellom 0,29–2,69 ng/g tørrvekt eller 3,7–137 ng/g TOC, normalisert mot mengden organisk karbon (Fig. 19). De laveste konsentrasjonene ble funnet i Dargesjøen, mens de høyeste konsentrasjonene ble funnet i sydlige del av Øyeren. For de prøvene med detekterbare nivåer av BDE-209 utgjorde denne hovedandelen av Σ PBDE (0,19–2,29 ng/g tørrvekt, 65–85 %). Av de undersøkte lokalitetene er Dargesjøen en innsjø som kun mottar atmosfæriske avsetninger av PBDE. Konsentrasjonen i sedimentet herfra representerer derfor trolig dagens bakgrunnsnivå.



Figur 19. Konsentrasjoner av utvalgte polybromerte difenyletere (PBDE) i ferskvannssedimenter. Konsentrasjonene er normalisert mot mengden organisk karbon (TOC) i prøvene (ng/g TOC). Observasjoner lavere enn deteksjonsgrensen er satt lik halve denne.

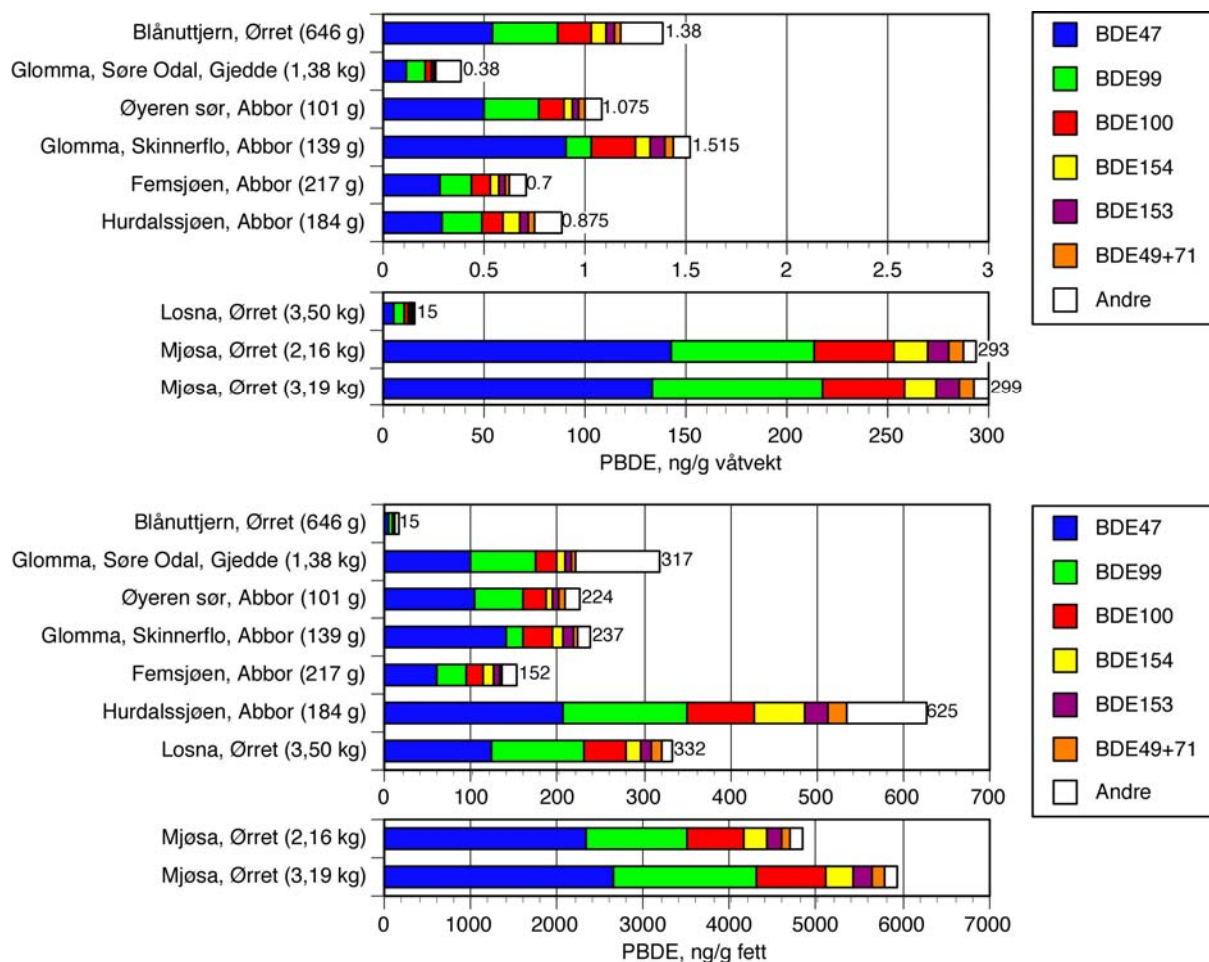
Polybromerte difenyletere (PBDE) i fisk

Prøvene kom fra tildels svært ulike ferskvannslokaliteter: fra lokaliteter som har hatt betydelige direkte tilførsler av PBDE (Mjøsa) til Blånuttjønn som kun mottar langtransporterte atmosfæriske avsetninger av PBDE.

Resultatene i figur 20 er framstilt både på våtvektbasis og fettvektbasis (lipidnormalisert, som ng/g lipid). Dette er en vanlig presentasjonsmåte for fettløselige miljøgifter som PBDE. Konsentrasjonene beregnet ut fra våtvekt viser de faktiske nivåene i fisken, og de benyttes til å vurdere fiskens spiselighet, beregne dens totale innhold av miljøgifter o.l. Lipidnormaliserte konsentrasjoner benyttes ofte når nivåene av lipofile miljøgifter skal sammenlignes mellom ulike arter eller vevstyper med forskjellig fettinnhold.

Konsentrasjonene av Σ PBDE varierte mellom 0,38–299,3 ng/g våtvekt eller 15–5915 ng/g lipid. Ørretprøven fra Blånuttjønn hadde den laveste konsentrasjonen på fettvektbasis (15 ng/g fett), mens den laveste våtvekt-konsentrasjonen ble funnet i gjedde fra Glomma, Søre Odal (0,38 ng/g våtvekt). Høyeste våtvekt- og fettvektbaserte konsentrasjoner ble funnet i storørret fra Mjøsa, Den dominerende kongeneren var BDE-47, som forekom i en andel på omlag 32–60 % av PBDE. Deretter fulgte BDE-99 med en andel på omlag 8–32 %, og BDE-100 på omlag 8–15 %.

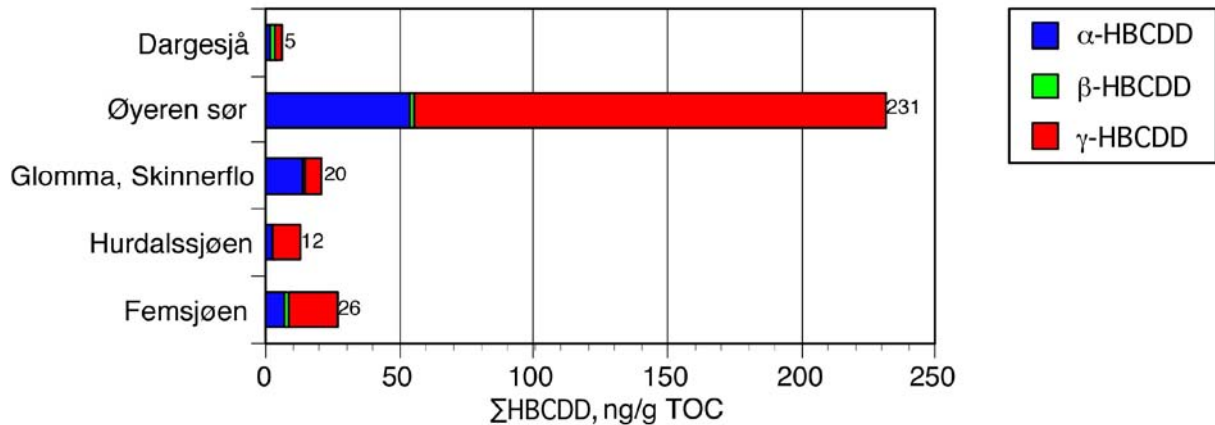
Ørreten fra Blånuttjønn hadde på fettvektbasis den laveste konsentrasjonen av Σ PBDE (15 ng/g fett). Dette representerer trolig dagens bakgrunnsnivå for slik fisk i vassdrag som kun mottar atmosfæriske avsetninger av PBDE.



Figur 20. Konsentrasjoner av polybromerte difenyletere (PBDE) i ferskvannsfisk, fanget i 2004. Prøvene var blandprøver av muskelfilet. Øvre figur viser konsentrasjonene på våtvektbasis, nedre figur viser dem lipidnormalisert. Konsentrasjoner lavere enn deteksjonsgrensene er satt lik halve denne. Midlere vekt for fisken er gitt i parentes.

Heksabromsy클ododekan (HBCDD) i sediment

Konsentrasjonen av Σ HBCDD i sedimentene varierte mellom 0,2–4,52 ng/g tørrvekt (Fig. 21). Det høyeste nivået ble funnet i Øyeren, mens de laveste ble funnet i Glomma ved Brandval og i Dargesjøen (0,2 og 0,42 ng/g tørrvekt). Det lave nivået i Brandal-prøven er det naturlig å sette i sammenheng med at fraksjonen av organisk materiale i denne prøven var svært liten (TOC: <1,0 μ g/mg tørrvekt), da prøven trolig bestod hovedsakelig av renvasket elvesand.



Figur 21. Konsentrasjoner av heksabromsyklododekan (HBCDD) i ferskvannssedimenter. Konsentrasjonene (ng/g TOC) er normalisert mot innholdet av organisk karbon i prøvene. Konsentrasjoner under metodens deteksjonsgrense er satt lik halve denne. Resultater fra Glomma, Brandval, er utelatt pga. kombinasjonen av lavt, ikke-kvantifiserbart TOC-nivå og lave PBDE-konsentrasjoner.

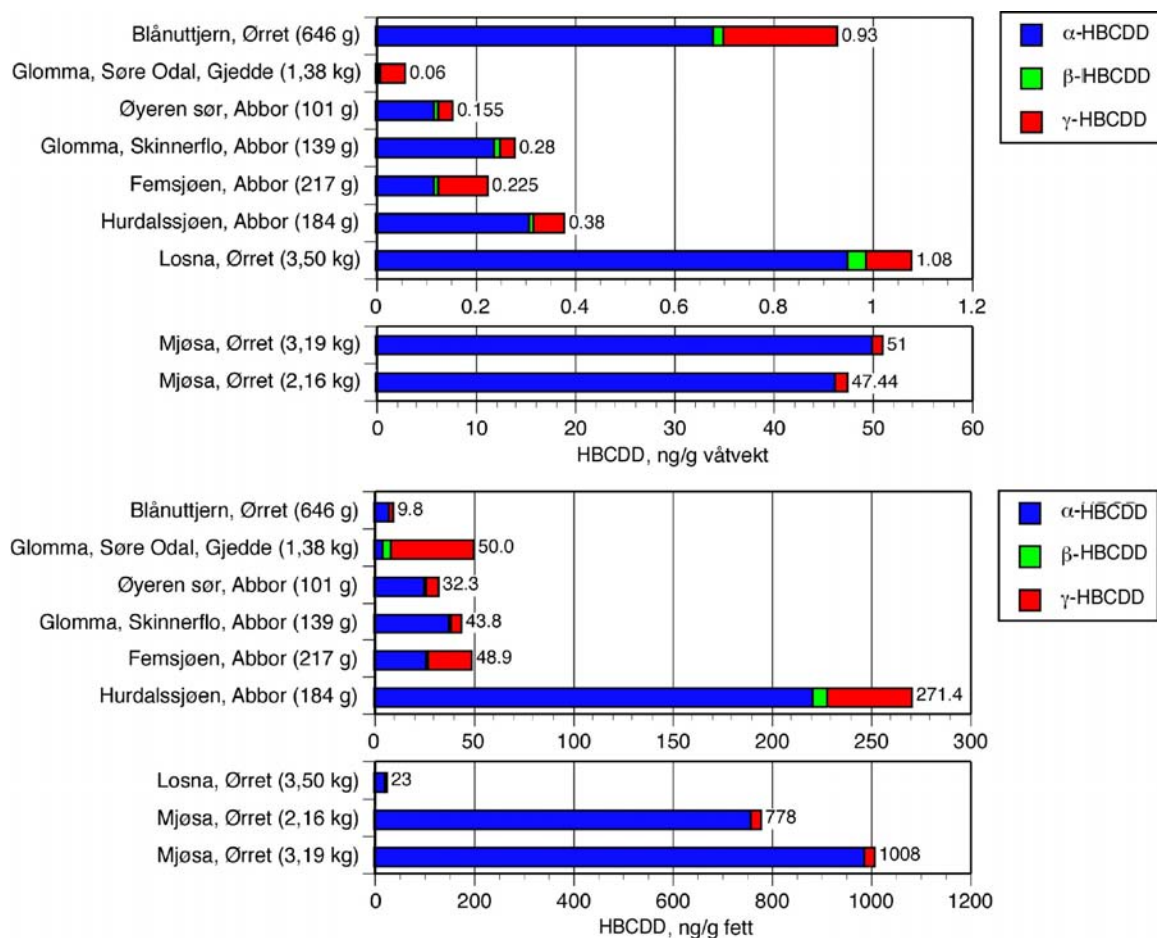
Justert for mengden organisk karbon (TOC) i prøven varierte Σ HBCDD mellom 5–231 ng/g TOC (Figur C). Laveste konsentrasjon ble funnet i Dargesjøen, mens den høyeste ble funnet i Øyeren.

Nivåene av Σ HBCDD ferskvannssedimentene var gjennomgående lave og ingen av lokalitetene var påvirket av betydelige punktutslipp. Konsentrasjonen av Σ HBCDD i sedimentene fra Dargesjøen var omlag 0,4 ng/g tørrvekt, og må trolig regnes som dagens bakgrunnsnivå for innsjøer som kun mottar atmosfæriske forurensninger av HBCDD.

Heksabromsyklododekan (HBCDD) i fisk

Konsentrasjonene av Σ HBCDD i muskelprøvene av ferskvannsfisk varierte mellom 0,06–51 ng/g våtvekt eller 9,8–1008 ng/g fett (Fig. 22). Justert for mengden fett hadde ørret fra Blånuttjønn den markert laveste konsentrasjonen, mens de høyeste nivåene var i ørret fra Mjøsa. Konsentrasjonene i ørret fra Blånuttjønn, som kun mottar atmosfæriske avsetninger, er trolig representative for dagens bakgrunnsnivå i slik fisk.

Av de tre isomerene dominerte α -HBCDD med en andel på 53-98 %, deretter fulgte γ -HBCDD med en andel på 1-44 %, mens det for β -HBCDD kun ble observert nivåer omkring 0,02 – 3 % eller like omkring deteksjonsgrensen.

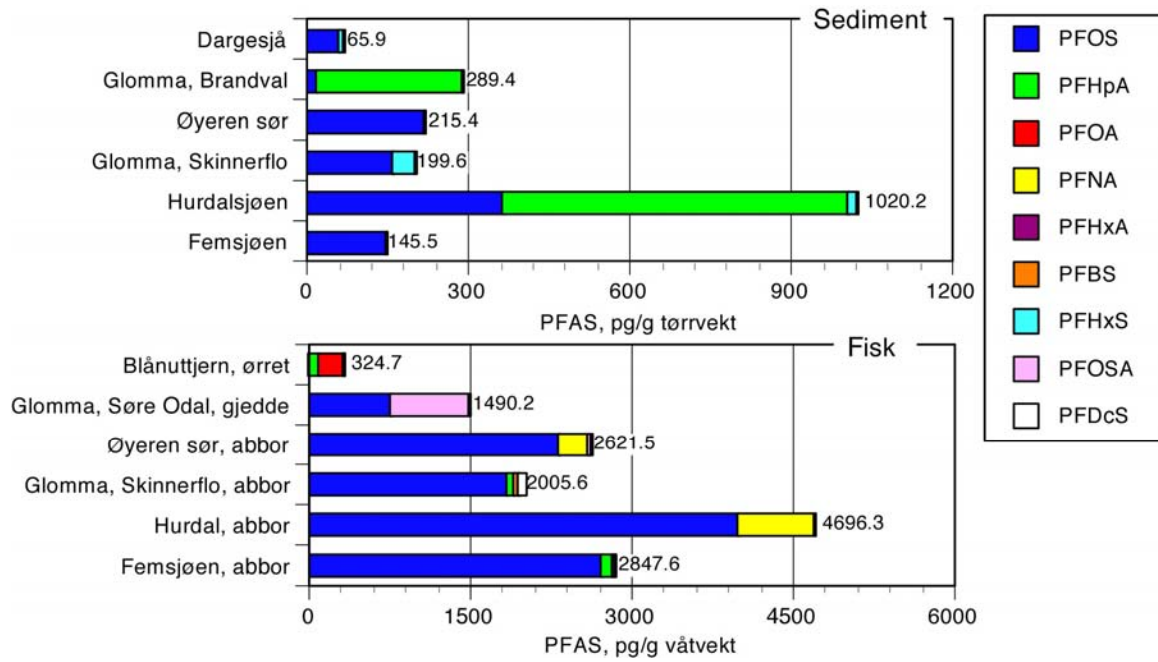


Figur 22. Konsentrasjoner av heksabromsyklododekan (HBCDD) i ferskvannsfisk. Prøvene var blandprøver av muskelfilet. Øvre figur viser konsentrasjonene på våttvektsbasis, nedre figur viser dem lipidnormalisert. Konsentrasjoner lavere enn deteksjonsgrensene er satt lik halve denne.

PFAS (perfluorerte alylerte stoffer).

I sedimentprøvene varierte konsentrasjonen av Σ PFAS mellom 65,9–1020 pg/g tørrstoff (Fig.23) Også her var det flere forbindelser som gjennomgående lå under deteksjonsgrensen (Fig.23), og kvantifiserbare nivåer ble kun funnet innen PFOS (17,6–364,4 pg/g tørrvekt), PFHpA (<23,6 – 642,6 pg/g tørrvekt) og PFHxS (<2–41 pg/g tørrvekt). Laveste nivå ble funnet i Dargesjøen, mens høyeste konsentrasjon av ble funnet i Hurdalssjøen

I fiskeprøvene varierte konsentrasjonen av Σ PFAS mellom 324,7–4696 pg/g våttvekt (Fig.23). Også her var det flere forbindelser som hadde konsentrasjoner under deteksjonsgrensen. Laveste konsentrasjon ble funnet i ørret fra Blånut tjern, mens den høyeste var i abbor fra Hurdalssjøen, Sammensetningen av PFAS i prøvene fra Blånut tjern og Glomma, Søre Odal, atskilte seg endel fra de andre fiskeprøvene. Blånut tjern hadde PFOA som dominerende forbindelse, og i Glomma, Søre Odal, var konsentrasjonen av PFOSA omlag like høy som for PFOS.



Figur 23. Konsentrasjoner av perfluoralkylstoffer (PFAS) i fisk og sedimenter fra ferskvannsmiljø. Kun data med analyseverdier over deteksjonsgrensen er inkludert.

4. Diskusjon

4.1 Innsjøenes morfometri og produksjonsforhold

De undersøkte innsjøene er gjennomgående grunne og har kort oppholdstid. Humusfargingen av vannet er liten ($\text{TOC} < 1 \text{ mgC/l}$), konsentrasjonene av planktonalger er lave, og lyssvekningen nedover i vannmassene er langt mindre enn i de mer humusfargede lavlandsjøene. Dette innebærer at bunnforholdene kan observeres fra båt i de fleste innsjøene, og en hvit sikteskive er vanligvis synlig helt til bunns. Generelt indikerer dette at lystilgangen er god nok til at påvekstalger, som lever på innsjøenes bunnsubstrat, kan drive en effektiv fotosyntese også i de dypere delene (se litteraturgjennomgang i Rognerud et al. 2003). Basert på stabile karbon-isotopsignaturer er det vist at denne algegruppen dominerer totalt i forhold til planktonalger som næringskilde for fiskens næringsdyr i uregulerte fjellsjøer på Hardangervidda (Rognerud et al. 2003). Dette kan verifiseres i innsjøer med kort oppholdstid, slik som i Sandvatn. I denne innsjøen har vi ikke observert dyreplankton eller planktonalger i hovtrekk verken i 2001, 2002 eller i 2004. I slike innsjøer rekker ikke planktonalger og dyreplankton å etablere seg før de fraktes med vannmassene ut av innsjøen. De stabile karbon-signaturene i Sandvatn skiller seg ikke fra andre uregulerte fjellsjøer. Det er derfor rimelig og anta at påvekstalgene er dominerende karbonkilder for fiskens næringsdyr også i fjellsjøer med lang oppholdstid, slik som diskutert av Rognerud et al. (2003). Denne algegruppens har stor tilpassningsdyktighet og konkurranse-fortrinn i klare fjellsjøer (side 39-42 i Rognerud et al. 2003).

Det er godt kjent at morfometriske egenskaper har stor betydning for innsjøenes produksjonskapasitet (Wetzel 1975). I et borealt område i Canada var innsjøens trofigrad positivt korrelert til $F = (A_n + A_o)/V$, der A_n = nedbørfeltets areal, A_o = innsjøens areal og V = innsjøens volum (Schindler 1971). Hovedtanken bak dette er at næringsaltene tilføres innsjøen fra nedbørfeltet og via atmosfæriske avsetninger på overflatene, mens disse tilførslene fortynnes av innsjøens volum. Basert på et slikt resonnement vil Sandvatn være mest produktiv ($F = 74$), etterfulgt av Dargesjøen (4,0), Blånuttjønn (2,2) og Kringlesjøen (1,0).

4.2 Temperatur og sirkulasjonsforhold i innsjøene

I 2004 var det lite snø i fjellet og en uvanlig tidlig isgang i Kvennavassdraget og på Dargesjøen. Basert på lokale kilder og rapporter fra overfugninger (flygere i selskapet Fønnafly) så forsvant isen i Sandvatn (Nina Fossen pers. medd.) siste uka i mai og ca. en uke senere på Dargesjøen. Det er godt kjent at lufttemperaturen i ukene forut for isgang har stor betydning for hvor raskt isen går i innsjøene (Livingstone 1997). Mai var unormalt varm (met.no's netttjeneste) og det er rimelig å anta at dette var hovedårsaken til den tidlige isgangen i innsjøer på Hardangerviddas sentrale områder.

Svingningene i innsjøenes vanntemperatur i overflatelaget (VTO) i den isfrie delen av året er et resultat av varmeutvekslingsprosesser som bestemmer varmebalansen i innsjøer. Denne er i all hovedsak bestemt av skydekningsgrad, vandamptrykk, vindhastighet og lufttemperatur (Edinger et al. 1968). Til tross for at det i praksis er alle disse 4 variablene som påvirker vanntemperaturene, så har våre undersøkelser vist at lufttemperaturene er svært viktig for VTO i våre sjøer. Dette indikeres ved: i) en god samvariasjon mellom VTO og lufttemperaturen i alle innsjøene med en liten forsinket respons ved oppvarmings- og avkjølingsfaser på grunn av vannets varmekapasitet, ii) OVT sank gjennomgående med ca. 1 grad ved en økning i innsjøens beliggenhet med 100 m's hoh. slik også tilfelle er for lufttemperaturen (met.no), iii) dette mønsteret gjaldt også for 5 innsjøer på sentrale og vestre deler av Hardangervidda i 2003 (se Rognerud et al. 2003). Våre resultater er i god overenstemmelse med andre undersøkelser som har vist at vanntemperaturer i innsjøers overflatelag

ofte er svært godt korrelert til lufttemperaturene både over kortere og lengre tidsrom (Livingstone et al. 1999).

Dargesjøen var termisk sjiktet i kun korte perioder i 2004. Det var generelt svært små forskjeller på OVT og temperaturen på største dyp (15 m). Dette indikerer at i slike fjellsjøer som Dargesjøen, der den effektive eksponeringsflaten for fremherskende vindretninger (effectiv fetch) er stor, vil det induseres interne bølger og strømmer som effektivt blander vannmassene slik som beskrevet av Håkanson og Jansson (1983). Den seint oppvarmingen av innsjøene i fjellet er også en medvirkende årsak. Dette gjør at vindinduserte strømmer bryter ned temperaturgradienten i vannmassen før den rekker å bli stor nok til å danne en stabil termisk sjiktning.

Biologiske (cellulære) prosesser i akvatiske økosystemer er temperaturavhengige, og de øker generelt med økende temperaturer innenfor det intervallet en finner i fjellsjøer (Arnell et al. 1996).

Undersøkelsene våre indikerer at i relativt grunne, vindeksponerte innsjøer på Hardangervidda vil termisk sjiktning sjelden inntreffe over lengre perioder. Derfor vil temperaturene bli relativt høye også i de dypeste deler. Dette kombinert med god lystilgang gjør antagelig at store deler av innsjøene er effektive produsenter av næringsdyr for fisk. Dette er en mulig forklaring på hvorfor disse fjellsjøene har et stort produksjonspotensiale av fisk.

4.3 Fiskeribiologiske forhold

Det har skjedd store endringer i Sandvatn siden 2001/ 2002. Den sterke 1997-årsklassen var tydelig i fangstene i 2001, men den ble enda mer dominerende i 2002. Den gangen tydet mye på at den gode bestanden av større fisk (0,5-1 kg) ville klare seg i næringskonkurranse med småfisken. Selv om bestanden av småfisk var tett, så hadde større fisk høyere magefyllingsgrad, større innslag av de viktige næringsdyra marflo/skjoldkrepser og færre tomme mager. På bakgrunn av dette regnet vi den gang med at selvreguleringen ville være tilstrekkelig effektiv slik at den store fisken holdt den mindre fisken i sjakk (Qvenild og Rognerud 2002). Undersøkelsene i 2004 viste at dette ikke hadde skjedd, men hva var årsaken til dette?

Småfisken preget bestandsbildet i sterkere grad i 2004 enn i de tidligere årene. Det var ikke bare årsklassen 1997 som var svært tallrik, men også årsklassene 2001 og 2002. De yngste årsklassene ble fanget i småmaska garn (13,5 og 16 mm) både i strandsonen og på dypet med svært høye fangster i lengde-gruppen 12 – 18 cm. Gjennomsnittslengden av fangsten på dypet var noe høyere enn i strandsonen (se Tab. 3). Det er derfor tydelig at småfisken var til stede langs bunnen på alle dyp. Dette er uvanlig fordi småfisk sjelden går ute i dypområdene på grunn av predasjonsfaren fra større fisk.

Videre så var den store fisken fåtallig, hadde dårlig kondisjon og lys kjøttfarge i 2004, mens den var tallrik, i god kondisjon og hadde rød kjøttfarge årene før. Tilsvarende situasjon ble også registrert i mange andre innsjøer i Kvenna oppstrøms Sandvatn i 2004 (Borgstrøm og Dokk 2004a, Borgstrøm og Dokk 2004b og Borgstrøm 2005). I Skavatn, Krokavatn, Ambjørgsvatn og Litlosvatn ble det påvist fisk med k-faktorer ned mot 0,6 slik som i Sandvatn. Det syntes derfor klart at den tidsmessige trenden, ved at større fisk tapte i næringskonkurransen når yngre sterke årsklasser vokste opp, skjedde i mange vann med gode rekrutteringsmuligheter samtidig. Gytefisken fra høsten 2003 klarte ikke året etter å kompensere for energitapet i forbindelse med gytingen. Det at få store fisk inngikk i fangstene i 2004 tolker vi som at dødeligheten hadde økt betydelig i denne størrelsesgruppen. Det er oppsiktsvekkende at den store tettheten av småfisk ikke førte til større grad av predasjon, men dette skjedde altså ikke.

Det at den store tettheten av fisk i Sandvatn var hovedårsaken til nedbeitingen av næringsdyr, styrkes av sammenligningen med de andre undersøkte innsjøene. I Kringlesjøen og Blånuttjønn som begge ligger høyere enn Sandvatn, var bestandene tynne som følge av dårlige rekrutteringsforhold. Her var tilgangen på store krepsdyr god og fisken av førsteklasses kvalitet og kondisjon. I Dargesjøen har

rekrutteringen vært god og forholdsvis jevn. Et meget aktivt fiske har tydeligvis vært tilstrekkelig til å holde bestanden på et nivå som opprettholder en god tilgang på næringsdyr. I perioder med spesielt god rekruttering må en akseptere at høstingsvekten på fisk går ned som følge av økt beskatning.

Konklusjonen blir at selvreguleringen, som tydeligvis er av betydning i tynne bestander i vannene på Hardangervidda under normale omstendigheter, mer eller mindre kollapse når tettheten av småfisk blir for stor. Dette skyldes antagelig de klimatiske gunstige somrene de seinere årene som har ført til en svært god rekruttering i mange innsjøer og dårlig kondisjon blant stor fisk. Den eneste mulighet for å hindre slike tilstander er en betydelig økning i beskatningen.

4.4 Konsentrasjoner av miljøgifter i fisk fra Blånuttjønn

Konsentrasjonene av kvikksølv var svært lave og på nivå med de laveste som er målt på Hardangervidda og i ørret fra andre deler av Norge (Rognerud et al. 1996, Rognerud et al. 2003). Konsentrasjonene var langt lavere enn den grensen som er satt av EU for omsetning av fisk (0,5 mg/kg). Forholdet mellom stabile nitrogenisotoper indikerte at både små og stor fisk hadde samme trofiske posisjon. Dette indikerer at kannibalisme ikke er vanlig i Blånuttjønn. Mangel på rovfisk, vann med nøytral reaksjon (pH 7), lav humuspåvirkning og lave temperaturer er alle forhold som gjør at kvikksølvnivået i fisk ofte blir svært lavt (Rognerud et al. 2003)

Konsentrasjonene av organiske miljøgifter som polybromerte difenyletere (PBDE) heksabromsyklododekan (HBCDD) og perfluoralkylstoffer (PFAS) var svært lave i fisk fra Blånuttjønn. PBDE og HBCDD spres i atmosfæren og avsettes mer effektivt i et kaldere miljø, mens PFAS er mer partikkelbundet og vaskes ut av atmosfæren ved nedbør eller som tørravsetninger i skogslandskap. De lave konsentrasjonene må betraktes som bakgrunnsverdier for fisk som bare er eksponert for atmosfæriske avsetninger. De var høyere verdier i fisk fra innsjøer med antropogene kilder i nedbørfeltet. Dette indikerer at disse stoffene for tiden har størst forureningsmessig betydning for innsjøer der det er eller har vært punktutslipp i nedbørfeltene.

5. Referanser

- Arnell, N., Bates, B., Lang, H., Magnuson, J.J. and Molholland, P. 1996. Hydrology and freshwater ecology, p 323 – 363. In Watson, R. T., Zinyowera, M. C., Moss, R.H., and Dokken, D.J. (eds.). Climate change 1995- impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific-technical analyses. Contribution of working Group II to Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press.
- Borgstrøm, R. og Dokk, J.G. 2004a. Aurebestandane i Kvennsjøen, Litlosvatn og Kollsvatn. Faktaark nr. 2-2004. Inst. for naturforvaltning, NLH. 6 s.
- Borgstrøm, R. og Dokk, J.G. 2004b. Auren i Krokavatn, Skavatn, Ambjørgsvatn og Grøndalsvatna. Faktaark nr. 3-2004. Inst. for naturforvaltning, NLH. 6 s.
- Borgstrøm, R. 2005. Tette aurebestandar i Nedra-, Midtra- og Øvre Krokavatn i Kvennavassdraget. Faktaark nr. 1-2005. Inst. for naturforvaltning, NLH. 6 s.
- Bosley, K.L. and Wainright, S.J. 1999. Effects of presrvatives and acidification on stable isotope ratios (^{15}N : ^{14}N , ^{13}C : ^{12}C) of two marine animales. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 2118 – 2185.
- Craig, H. 1953. The geochemistry of stable isotopes. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 3: 53-93.
- Dahl, K. 1917. Studier og forsøk over ørret og ørretvand. Kristiania
- Edinger, J.E., Duttweiler, D. W. and Geyer, J.C. 1968. The response of water temperatures to meteorological conditions. *Water Resource Res.* 4: 1137 – 1143.
- Fjeld, E., Schlabach, M., Berge, J.A., Green, N., Eggen, T., Snilsberg, P., Vogelsang, C., Rognerud, S., Kjellberg, G., Enge, E. K., Dye, C. og Gunnarsen, H. 2005. Kartlegging av utvalgte nye organiske miljøgifter 2004. Bromerte flammehemmere, perfluoralkylstoffer, irganol, diuron, BHT og dicofol. Statlig program for forurensningsovervåkning. Rapport TA-2096/2005, NIVA-rapport LNR 5011-2005. 91 s + vedlegg.
- Førland, E., Roald, L. A., Tveito, O. E. and Hanssen-Bauer, I. 2000. Past and future variations in climate and runoff in Norway. DNMI-report 19/00 Klima, 77 pp.
- Håkanson, L. and Jansson, M. 1983. Principles of lake sedimentology. Springer Verlag, Berlin, 316 pp
- Livingstone, D. M. 1997. Break-up dates of Alpine lakes as proxy data for local and regional mean air temperatures. *Clim. Cange* 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 Alpine lakes: a comparison with air temperature laps rates. *Arctic Antarctic Alpin Res.* 31: 341-352.
- Mariotti, A. 1983. Atmospheric nitrogen is a reliable standard for natural adundance ^{15}N measurements. *Nature*, 303: 685 – 687.
- Qvenild, T. og Rognerud, S. 2002. Fiskeundersøkelser i Kvennadalen 2000 - 2001. Rapport utarbeidet for I/S Laagefjeld, 38 s.

Qvenild, T. og Rognerud, S. 2003. Fiskeundersøkelser i Kvennadalen 2002. Rapport utarbeidet for I/S Laagefjeld, 17 s.

Qvenild, T. og Rognerud, S. 2004. Fisket i Kvennadalen 2003. Rapport I/S Laagefjeld, 16 s.

Rognerud, S., Fjeld, E. og Eriksen., G. S. 1996. Landsomfattende undersøkelse av kvikksølv i ferskvannsfisk og vurdering av helsemessige effekter ved konsum. Statlig program for forurensningsovervåking rapport 673/96, TA 1380/1996. 21 s + vedlegg.

Rognerud, S., Borgstrøm, R., Qvenild, T. og Tysse, Å. 2003. Ørreten på Hardangervidda. Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport LNr 4712/2003, 68 s.

Scindler, D. 1971. A hypothesis to explain differences and similarities among lakes in the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario. J. Fish. Res. Bd. Canada 28: 295 - 301

Wetzel, R. 1975. Limnology. W. B. Saunders Company, London. 743s.