

Eirik Bjørkhaug og Bjørner Hamre

Vekst hos ørretunger (*Salmo trutta* L) i en
vest- øst gradient på Hardangervidda

Growth of juvenile brown trout (*Salmo trutta* L) in a west- east gradient
on the Hardanger mountain plateau

Universitetet for miljø- og biovitenskap
Norwegian University of Life Sciences

Institutt for Biologi og Naturforvaltning
Mastergradsoppgave 60 stp. 2005



Vekst hos ørretunger (*Salmo trutta L*) i en vest- øst gradient på Hardangervidda

Growth of juvenile brown trout (*Salmo trutta L*) in a west- east gradient on the
Hardangervidda mountain plateau



Masteroppgave i fiskeforvaltning

av

Eirik Bjørkhaug og Bjørner Hamre

Institutt for naturforvaltning

Universitet for miljø- og biovitenskap

Ås, 2005

Forord

Dette er vår masteroppgave i fiskeforvaltning ved Institutt for Biologi og Naturforvaltning (IBN), Universitetet for Miljø- og Biovitenskap. Vi vil takke alle som har bidratt til gjennomføringen av denne oppgaven.

Vi vil spesielt takke Eidfjord Fjellstyre, ved Gunnar Elnan for støtte til oppgaven vår, og for at de gav sitt samtykke til at vi kunne drive elektrofiske i innsjøene i Eidfjord Statsallmenning, og Ullensvang Fjellstyre for at de gav sitt samtykke til at vi kunne drive elektrofiske i innsjøene i Ullensvang Statsallmenning og for støtte til transport av feltutstyr med sjøfly.

Til sist vil vi rette en stor takk til vår veileder, professor Reidar Borgstrøm ved Institutt for Biologi og Naturforvaltning. Hans hjelp har vært av uvurderlig verdi, og han skal ha mange takk for all tålmodighet vist underveis i skriveprosessen.

Universitetet for miljø- og biovitenskap

14 mai. 2005.

Eirik Bjørkhaug

Bjørner Hamre

Sammendrag

Vekst hos ørretunger på de vestlige og sentrale deler av Hardangervidda ble studert sommeren 2004. Det ble gjort undersøkelser i 14 innsjøer, som dannet en vest- øst gradient.

I alt ble 289 ørret fanget med elektrofiskeapparat i perioden 21. juli til 5. august. Individene var fordelt på 8 årsklasser, der 2002-årsklassen (alder 2+) var den dominerende med 160 individer. Det ble fisket både i innsjøene og i gytebekkene. Alder ble fastsatt ved hjelp av otolitter og skjell. Gjennomsnittslengdene til 2002-årsklassen i de ulike bekkene og innsjøene varierte fra henholdsvis 8,3-13,2 cm og 7,6-13,9 cm.

Årlig vekst til ørretungene økte fra vest mot øst, og minket med økende høyde over havet. Dette gjaldt både for individene i innsjøene og i bekkene/elvene. Vekstforskjellene kan forklares med snømengdene i april måned og vanntemperaturene i vekstsesongen.

Antall vekstringer i vekstsonene til skjellene hang sammen med fiskelengden og økte fra vest mot øst og minket med økende høyde over havet.

Dannelse av skjell hos ørretungene så vi først når de nådde en lengde på omtrent 4 cm. Mange skjell manglet de innerste vekstringene på skjellet, slik at første vintersone ikke kunne identifiseres. Det er derfor lett å underestimere alderen, selv for ung fisk, og samtidig overestimere veksten fordi lengde etter andre vinter blir tatt for å være lengde etter første vinter. Otolitter er derfor nødvendig når selv ung fisk skal aldersbestemmes i områder som dette.

Skjellene ble først dannet på partiet mellom fettfinnen og ryggfinnen. Det er derfor viktig å bruke skjell fra dette partiet, samt å skille mellom skjell dannet 1. og 2. vekstsesong, når skjellene skal benyttes til aldersbestemmelser. Dette gjelder trolig også i andre områder der veksten til ørretunger de første årene er lav.

Abstract

This paper is based on a field study on growth in juvenile brown trout at the west and central part on Hardangervidda mountain plateau during the summer of 2004. The study included 14 lakes that altogether formed a west-east gradient.

A total of 289 brown trout were caught by electrofishing from July 21. to August 5. Eight year-classes were represented, the 2. year-class (2002 year-class) being the dominating, with a total of 160 individuals. We collected our data from both the lakes and the nearby spawning streams. Age was determined by scales and otoliths from the fishes. Average length in the 2002 year-class varied from 8, 3 to 13, 2 cm in the streams and from 7, 6 to 13, 9 cm in the lakes.

Annual growth in juvenile brown trout increased from the western to the eastern part of Hardangervidda both for stream and lake individuals. The difference in growth might be explained by the amount of snow in April as well as by the water temperature in the growth season. The number of circuli (growth rings) in each annual growth-zone (annuli) was related to the length of the fish, and we found that the number increased from the west to the east, and decreased with increasing altitude. Development of scales did not take place until the juvenile trout had reached a length of about 4 cm. A big portion of the scales did not have the first circuli, making it impossible to identify the first year growth zone. Because of this, we understood that the age may easily be underestimated, even among young fish, and that the growth can easily be overestimated as the length of the fish after the second winter can be interpreted as being length after the first winter. The scales were first developed in the area between the dorsal fin and the adipose fin. This makes it important to investigate scales from this area, as well as to sort out the difference between scales formed the first growth season, and scales formed the second growth season, when determining the age of the fish. This will probably also be the case for other areas where growth of juvenile trout is slow during the first years. This shows that it will be necessary to use otoliths in determining the correct age in such situations.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
Innledning	1.
Materiale og metode	4.
Områdebeskrivelse	4.
Geologi og hydrologiske forhold	6.
Innsamling og prøvetaking	7.
Fisk	7.
Mageprøver	9.
Bunndyr	9.
Zooplankton	9.
Temperatur	10.
Snømålinger	10.
Vekst	10.
Statistikk	11.
Resultater	12.
Temperatur	12.
Snømålinger	14.
Vekst	14.
Fiskelengde	18.
Vekstringer i skjell	20.
Skjelldannelse	24.
Bunndyr	27.
Mageprøver	28.
Zooplankton	29.
Diskusjon	32.
Konklusjon	38.
Litteraturliste	39.
Vedlegg 1.	44.

Innledning

Fra begynnelsen av det forrige århundret har telling av årssoner (annuli) på skjell vært måten man bestemte alderen på ørret (*Salmo trutta L*) (Lee 1920, Huitfeldt-Kaas 1927). Javri og Menzies (1936) stilte spørsmålet om underestimering av alder ved bruk av denne metoden. Alword (1954) mente at fisk som var eldre enn tre år ikke kunne alderbestemmes ved bruk av skjell, fordi sonene etter tre år var færre og gav derfor en yngre alder enn de egentlig hadde. Gunnerød (1966) viste at ørret som hadde en lengdevekst mindre enn 1,0- 1,5 cm ikke formet annuli fra årets vekst. Falske årssoner er et vanlig forekommende fenomen og kan også skape problem ved aldersbestemmelsen (Chugunova 1963). Otolitter vil derimot få avsatt en ny årssone selv om fisken har liten eller ingen vekst (Nordeng 1961, Jonnson 1976, Reimers 1979).

Å lese riktig alder er helt avgjørende for at beregninger av den årlige veksten skal bli riktig, derfor er det viktig å sammenligne skjell og otolitter fra samme fisk (Nordeng 1961). Hos ørret kan det hende at skjellene ikke dannes før i andre vekstsesong (Dannevig og Høst 1931). Dette gjelder for fisk som ikke oppnår tilstrekkelig lengde første vekstsesong (Gunnerød 1966). Feilberegning for skjell som er dannet andre leveår unngås ved å se på størrelsen på sentralplaten til skjellet (Sømme 1941). Tidligere studier har vist at årsveksten hos ørret gjenspeiles i antall vekstringer dannet i årsvekstsonen (annuli) (Dannevig og Høst 1931, Gunnerød 1966).

Vekstsesong og middeltemperatur er viktige faktorer for vekst hos ørret den første sommeren (Elliott *et al.* 1995, Borgstrøm og Museth 2002). Studier i Nord-Amerika viser til at selv om vekstsesongen og middeltemperaturen er lav, kan fisk oppnå like store størrelser som der forholdene for vekst er betydelig bedre (Levington 1983). I høytliggende norske vann kan veksten være så liten de første årene at det dannes få vekstringer hvert år, og annuli-sonene kan derfor gå i hverandre, noe som kan forårsake feil aldersbestemmelse (Sømme 1941).

Klimamodeller for sentrale og nordlige deler av Vest-Europa indikerer at milde og fuktige vintre vil forekomme opp til fem ganger så ofte i de neste tiårene som i dag (Palmer og Räisänen 2002). Sør-Norge vil etter denne modellen få økt nedbør og temperatur vinterstid, mens forandringene i sommertemperaturene ser ut til bare å bli beskjedne (Benestad 2000).

Selv om vintrene blir varmere, vil mesteparten av nedbøren likevel trolig falle som snø (Borgstrøm 2001). Siden 1989 har den Nordatlantiske oscillasjonsindeksen (NAO indeks) gjennomgående vært høy, noe som gir økte vinder fra vest over Nord-Europa samt høyere vintertemperaturer og mer nedbør i Vest- Norge. Generelt har dette ført til økte snømengder, sen isgang i innsjøene og kortere produksjonssesong på vestlige deler av Hardangevidda (Borgstrøm 2001). I de østlige delene av Hardangervidda, som ligger i nedbørsskyggen, har endringene vært betydelig mindre (Rognerud *et al.* 2003).

Ørret gyter på stein- og grusbunn om høsten eller vinteren, vanligvis i rennende vann, men kan også gyte i selve innsjøen (Klemetsen 1967, Sneider 2000 og Brabrand *et al.* 2002). Reproduksjonen foregår tidligere med økende høyde over havet og økende breddegrad, dette på grunn av lavere temperaturer og dermed lengre inkubasjonstid for eggene (Klemetsen *et al.* 2003). Eggene klekkes om våren, og yngelen er omlag 20 mm når den kommer opp av grusen (Klemetsen *et al.* 2003). Ørreten kan vandre ut i innsjøer allerede den første sommeren. Her kan de ta i bruk grunne deler av strandsonen der det er mye stein som gir gjemmesteder (Borgstrøm *et al.* 1992). Ørret som velger å gå ut i innsjøen tidlig, får en bedre vekst enn ørret som velger å stå lenger på elven (Müller 1954).

Ved vanntemperaturer lavere enn 4-7 °C, stanser veksten for ørret (Elliott 1975, Elliott *et al.* 1995). Elliott og Hurley (2001) fant at ørret hadde en maksimal vektøkning ved 13,1 °C, mens i en undersøkelse av 34 norske vassdrag var 15 °C vist å være den mest optimale veksttemperaturen (L'Abée-Lund *et al.* 1989). Øvre og nedre grense for netto vekst hos ørret er henholdsvis 3,6 og 19,5 °C (Elliott *et al.* 1995, Elliott og Hurley 2001). Det er lite som tyder på at det er genetisk variasjon mellom populasjoner i geografisk forskjellige områder i evnen til å utnytte ekstremtemperaturer til vekst (Elliott 1994), selv om veksten til fisk i noen svært kalde breelver i Norge er overraskende høy (Jensen *et al.* 2000). På grunnlag av dette kan vekstsesongen defineres som innsjøenes isfrie periode i året. I Litlosvatn på Hardangervidda er det tidligere gjort studier som viser at isløsningen korrelerer godt med snømengden i april måned, og ørretens vekst er igjen negativt korrelert med snømengden i april (Borgstrøm 2001). Høy tetthet av individer har også en negativ effekt på vekst (Klemetsen *et al.* 2003). Den høye tettheten av fisk begrenser mattilgangen, og variasjon i vekst hos ørret skyldes dermed i hovedsak variasjon i mattilgang og temperatur (Elliott *et al.* 1995). Størrelsen på næringsdyrene er også avgjørende for veksten (Wootton 1999).

Det er i denne studien gjort undersøkelser i 14 lokaliteter i en vest- øst gradient på Hardangervidda for å studere vekst hos ørretunger og antall vekstringer i års-soner (annuli) i skjell. Oppgavens mål er å undersøke:

- a) om vekst hos ørretunger i vestlige og sentrale deler av Hardangervidda øker fra vest mot øst i en gradient med avtagende snømengde og dermed økt lengde på vekstsesongen
- b) om vekst hos ørretunger i vestlige og sentrale deler av Hardangervidda avtar med økende høyde over havet som følge av redusert temperatur
- c) om antall vekstringer i vekstsoner på skjell øker fra vest mot øst
- d) om første vintersone kan identifiseres på skjell
- e) ørretungenes lengde når de danner skjell og hvor på fisken skjellet dannes først.

Materiale og metoder

Områdebeskrivelse

I alt 7 vann fra vestre del av Hardangervidda, i Ullensvang statsallmenning, og 7 vann fra sentrale deler av Hardangervidda, i Eidfjord statsallmenning, inngår i vår studie. Tilhørende hoved-bekker/-elver til hver lokalitet inngår også i studiet. Vannene fra Ullensvang statsallmenning er: Litlosvatn, Kollsvatn, Krokavatn, Skavatn, Ambjørsvatn, Nedre Valgardsvatn og Midtre Grøndalsvatn. Alle vannene ligger i Kvennavassdraget, bortsett fra Midtre Grøndalsvatn som ligger øverst i Veigvassdraget (figur 1). Vannene i Eidfjord statsallmenning er: Tinnhølen og Kleivshovtjønn øverst i Bjoreiovassdraget, og Nordavatn, Dimmedalsvatn og Nordmannslågen som ligger øverst i Numedalsvassdraget. Herrevatn hører til Veig-vassdraget, mens Reinavatn hører til Skiensvassdraget (figur 1). Alle vann ligger innenfor eller grenser til Hardangervidda Nasjonalpark i Hordaland fylke. Området er dekket av kartblad 1415 III i topografisk hovedkartserie M711. Lokalitetene er geografisk plassert ved hjelp av UTM-referanser (tabell 1). Ørret er eneste fiskeart i alle lokalitetene. Innsjøene ligger i mellom-alpin og høy-alpin sone (1172-1368 m.o.h.) (Ås 1971) og varierer i størrelse fra 0,4 (Krokavatn) til 10,9 (Nordmannslågen) km² (tabell 1).

Tabell 1. Overflateareal, høyde over havet og kartreferanse (UTM) for de ulike vannene som inngår i studien.

Lokalitet	Overflateareal	H.o.h	Kartreferanse (UTM)
Krokavatn	0,4 km ²	1236	66 66N, 3 94Ø
Kollsvatn	0,6 km ²	1182	66 63N, 3 95Ø
Midtre Grøndalsvatn	0,6 km ²	1270	66 68N, 3 96Ø
Litlosvatn	1,5 km ²	1172	66 62N, 3 97Ø
Skavatn	0,5 km ²	1249	66 65N, 3 97Ø
Ambjørsvatn	0,8 km ²	1269	66 65N, 3 99Ø
Nedre Valgardsvatn	1,9 km ²	1319	66 65N, 4 06Ø
Herrevatn	0,5 km ²	1368	66 72N, 4 06Ø
Dimmedalsvatn	1,7 km ²	1335	66 68N, 4 09Ø
Nordavatn	1,0 km ²	1258	66 79N, 4 11Ø
Nordmannslågen	10,9 km ²	1244	66 74N, 4 12Ø
Reinavatn	0,4 km ²	1334	66 66N, 4 13Ø
Kleivshovtjønn	0,8 km ²	1215	66 80N, 4 22Ø
Tinnhølen	4,5 km ²	1213	66 82N, 4 22Ø



Figur 1. Oversiktskart over lokalitetene (Kartet er hentet fra Norges Vassdrag og Energidirektorat (NVE) sine hjemmesider, www.nve.no).

Hardangervidda har rike bestander av ørret og sportsfiske er utbredt (Sømme 1941, Anon 1974, Borgstrøm 2001). Enkelte vann er også utnyttet til kommersielt fiske. De fleste vann har ørret som eneste fiskeart, men ørekyte (*Phoxinus phoxinus*) forekommer i randsonene og spres stadig til flere vann (Borgstrøm 1973, Rognerud *et al.* 2003). Den fine kvaliteten på ørret skyldes i hovedsak god vannkvalitet, grunne innsjøer og gode bestander av store næringsdyr som skjoldkreps (*Lepidurus arcticus*) og marflo (*Gammarus lacustris*) (Rognerud *et al.* 2003).

Geologi og hydrologiske forhold

Grunnplatået på Hardangervidda er bygd opp av prekambrisk grunnfjell som hovedsakelig består av greis og granitt. Grunnfjellet har senere blitt oversvømt av hav slik at havavsetninger i form av omdannede sedimentære bergarter dekker grunnfjellet. Under den kaledonske fjellkjedefoldingen ble store flak av harde bergarter presset innover fra vest. Den gamle havbunnen ligger i dag igjen som et flak over grunnfjellet på størstedelen av vestvidda. Dette består av kalkholdige bergarter, blant annet fyllitt, som gir god vannkvalitet og godt jordsmonn (Abrahamsen 1971). Berggrunnen i det østlige området kan deles inn i et underliggende fundament av prekambriske bergarter (grunnfjell) med overveiende gneis og granitt, men også innslag av sedimentære bergarter (Strand 1971). Likevel er dette innslaget lite i forhold til lengre vest. Hele området har et løsmassedekke som i hovedsak er avsatt av breer og breelver. Kvartære moreneavsetninger har formet området, og morenene utgjør mange steder i området mye av det øverste jordlaget. Andre avleiringer er fra postglacial tid (Strand 1971). Det store antallet innsjøer på Hardangervidda skyldes at innlandsisen og mindre breer har gravd ut fordypninger i fast fjell, samt at morener og andre løssavsetninger fra breene har demt opp bassenger. Alle innsjøene i området er klarvannssjøer, og gode sirkulasjonsforhold gjør at oksygennivået ligger nær metning hele året (Abrahamsen 1971).

Lokalitetene som ligger i vest er sterkt påvirket av havklima med milde luftstrømmer. Havets innvirkning avtar fra vest mot øst, slik at området i øst bare delvis er påvirket av dette (Utåker 1971). Nedbørsmengden svinger rundt 1000-1500 mm i året, og temperatursvingningene er mindre sammenlignet med området lenger nordøst. Dette skyldes til dels topografiske forhold (Skage 1971, Sterten 1974).

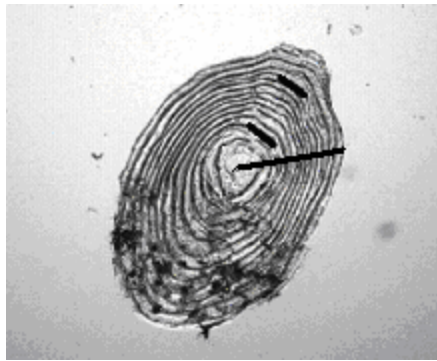
Innsamling og prøvetaking

Fisk

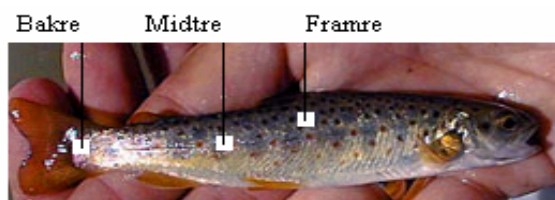
Elektrisk fiskeapparat (konstruert av ingeniør S. Paulsen i Trondheim) ble brukt til innsamling av ørretunger (Bohlin *et al.* 1989). Det ble fisket på tre strekninger, å femti meter så sant det lot seg gjøre, både i innsjøene og i gytebekkene. Fisket ble utført i perioden fra 20. juli til 5. august i rekkefølgen: Litlosvatn, Kollsvatn, Krokavatn, Skavatn, Midtre Grøndalsvatn, Ambjørghsvatn, Nedre Valgardsvatn, Dimmedalsvatn, Reinavatn, Herrevatn, Nordmannslågen, Nordavatn og Kleivshovdtjønn. Det ble fisket i et nytt vann hver dag, slik at vekstsesongen for 2004 vil variere med 15 dager for fiskene fra Litlosvatn til Kleivshovdtjønn for det undersøkte materialet.

Det ble totalt samlet 289 fisk (vedlegg 1). Av alle fiskene som hadde skjelldannelse ble det tatt skjellprøver (figur 2 og 3) og tatt ut otolitter (øresteinene) (figur 4) og mageprøver. Kjønn og stadium ble notert etter inndelingen til Dahl (1917). Lengde ble målt til nærmeste mm fra snutespiss til ytterste haleflik i naturlig utstrakt stilling (Ricker 1979). Fisk mindre enn 6,0 cm samt et mindre utvalg av de større fiskene ble lagret på sprit for å ta prøvene på laboratoriet. For fisk større enn 6,0 cm ble skjellprøvene tatt fra området mellom halerot og fettfinne (figur 3). Otolittene ble brukt til aldersbestemmelse av fisken. De ble klarnet ett døgn på sprit og lagt i 1.2.propandiol for avlesning under stereolupe, Leica MS 5, med opptil 40x forstørrelse. Otolittene ble også fotografert med kamera, Leica IMT 50, som ble koblet til stereolupen. Bildene ble lagret på PC. I påfallende lys er vintersonene synlige som mørke (opake) ringer, mens sommersonene (hyaline) er lyse (Nordeng 1961) (figur 4). Otolitter har vist seg å gi en mer korrekt aldersbestemmelse av ørret og andre fiskearter (Aass 1972, Jonsson 1976, Skurdal og Andersen 1985). Jonsson (1976) fant at årringer i otolitter gjenspeiler korrekt alder for både ung og voksen ørret. Samtlige otolitter ble lest og kontrollert av tre personer. I tilfeller der det var tvil om fiskens alder ved bruk av otolittene, ble det lagt avtrykk av skjell i en celluloidstrimmel ved hjelp av skjellpresse, og avtrykket ble lest i en mikrofilmleser av typen Bell & Howell ABR-IV. Dersom otolitten var hyalin, av dårlig struktur eller manglet, ble skjell benyttet. I alt 11 fisk fikk alderen fastsatt på grunnlag av kun skjell. Totalt 278 fisk fikk alderen bestemt ved hjelp av otolitter.

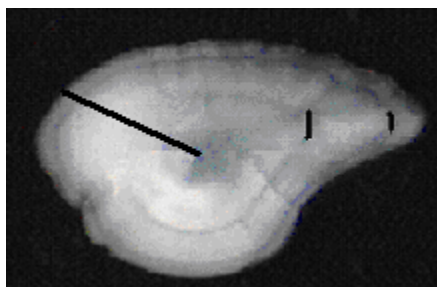
Av 25 av fiskene lagret på sprit, ble det tatt skjell fra tre ulike steder på fisken slik Dannevig (1928) har beskrevet; i) fra området mellom halerot og fettfinne rett over sidelinjen, ii) fra området mellom fettfinne og ryggfinne rett over sidelinjen og iii) fra området mellom ryggfinnen og sidelinjen (figur 3). Dette ble gjort for å finne ut i hvilken grad skjelldannelse skjer første sommer og vinter. Skjellene ble lagt på objektglass, lest i mikroskop og fotografert. Alder ble bestemt ved å telle antall vintersoner, som vises på skjellet som fortetninger med gaffelgreininger (Nordeng 1961, Jonsson 1976), samtidig med at otolittene ble bestemt fra de samme fiskene. Totallengden og bredden av årssonene til otolittene ble målt på samme sted (figur 2 og 4) i programmet Sigma Scan Pro 5, et bildebehandlingsprogram med opp til 40X forstørrelse og måleverktøy. Videre ble det talt vekstringer (skleritter) i de ulike årssonene på skjell fra 189 ett- og toåringer.



Figur 2. Skjell fra to vintre gammel ørret. Vintersonene er markert. Lengdemålingen av skjellet ble gjort ved å følge linjen fra skjelllets senter.



Figur 3. Områdene det ble tatt skjellprøver fra var i haleroten bak fettfinnen (bakre), mellom fettfinnen og ryggfinnen (midtre) og under ryggfinnen (fremre), som markert på figuren (Dannevig 1931).



Figur 4. Otolitt fra to vintre gammel ørret. Vintersonene er markert. Lengdemålingen ble gjort ved å følge linjen fra otolittens senter.

Mageprøver

Ettersom veksten til ørret er påvirket av mengden og størrelsen på næringsdyr, ble det tatt mageprøver av et utvalg fisk fra hver lokalitet. Prøvene ble oppbevart i dramsglass med etanol. På laboratoriet ble alle dyr bestemt under stereolupe, Leica MS 5, med opptil 40x forstørrelse. Næringsdyrene ble bestemt til gruppene: Vårfluer (*Trichoptera*), døgnfluer (*Ephemeroptera*), steinfluer (*Plecoptera*), fjærmygg (*Chironomidae*), fåbørstemark (*Oligochaeta*), stankelbein (*Tipulidae*), igler (*Hirudinea*), damsnegl (*Lymnaea*), vannlopper (*Cladocera*), ertemusling (*Pisidium*), hoppekreps (*Copepoda*), midd (*Hydracarina*), knott (*Simuliidae*), muslingkreps (*Ostracoda*), marflo (*Gammarus lacustris*), overflate insekter og uidentifiserbart materiale (rester).

Bunndyr

Rotehåv ble benyttet til å samle bunndyr (Lillehamer og Brittain 1978). Denne hadde kvadratisk åpning med størrelse 25x25 cm og strømlue med maskevidde 0,1 mm.

I hver lokalitet ble det tatt sparkeprøver fra tre tilfeldig valgte områder som ikke overlappet hverandre (Elliott 1979). I elv/bekk ble det rotet i bunnssubstratet foran håven med innsamling et halvt minutt, slik at bunndyr og substrat ble ført inn i håven med strømmen. I innsjøen ble det også rotet i bunnssubstratet, og håven ble ført fram og tilbake for å samle inn bunndyr. For hver prøve ble bunndyrene plukket ut og lagt i dramsglass med sprit. Næringsdyrene ble også her delt i grupper: Vårfluer, døgnfluer, steinfluer, fjærmygg, fåbørstemark, stankelbein, vannkalv, ertemusling, vannlopper, muslingkreps, damsnegl, igler, midd og knott. Det ble tatt prøver fra alle lokaliteter bortsett fra Midtre Grøndalsvatn, Nordavatn og Tinnhølen.

Zooplankton

Innsamling av zooplankton ble utført ved horisontale trekk i littoralsonen i alle innsjøene. Planktonhåven var sirkulær og hadde en diameter på 28 cm og maskevidde på 0,02mm. Hvert håvtrekk var på 30 meter. Prøven ble konserveret i Lugols løsning. På laboratoriet ble individene talt og bestemt til gruppene: *Polyphemus*, *Calanoida*, *Cyclopoida*, *Daphnia* og *Bosmina*, og det ble gjort lengdemålinger av hver gruppe fra hver lokalitet. Tellingen ble gjennomført ved hjelp av en telleslede og et telleapparat under stereolupe, Leica MS 5, med

opptil 40x forstørrelse. Målingene ble også gjort under stereolupe, og måleinstrumentet ble kalibrert mot et millimeterpapir. Planktontrekkene ble gjort i alle innsjøene bortsett fra Midtre Grøndalsvatn.

Temperatur

Temperaturloggerne ble lagt ut i tidsrommet fra 2. til 5. juli. Dette var like etter at vannene var isfrie. Loggerne var av typen Gemini Data Loggers Modell: Tinytag12. Temperaturloggerne ble lagt ut slik at de dannet en vest- øst gradient. I den vestlige regionen ble loggerne lagt ut i tre bekker og ett vann 2. og 3. juli. Disse lokalitetene var: Litlosvatn, Krokavassbekken, Skavassbekken og Grøno. I den østlige regionen ble loggerne lagt i fire bekker i tidsrommet 2. til 5. juli. Disse lokalitetene var: Snero, Dimmedalsbekken, Herrevassbekken og Nordvassbekken. Loggerne registrerte vanntemperaturen hver tredje time og lå ute i hele vekstsesongen frem til isen la seg. Av de åtte loggerne ble sju av dem tatt opp i perioden 10-15. september. Loggeren som lå i Snero ble aldri funnet igjen. Loggeren i Nordavassbekken, hadde gjennom sommeren blitt påvirket av lufttemperaturen og gav oss derfor feil informasjon. Den kunne derfor ikke brukes i analysen.

Snømålinger

Data fra snømålingene er stilt til disposisjon av A/S Tyssefallene (Juklavassdalen), Norsk Hydro (Litlos og Ambjørgsvatn) og Statkraft (Viersla, Sandhaug og Tinnhølen).

Snømengden er målt i månedsskiftet mars-april i årene 2002-2004 for alle lokaliteter.

Målestasjonene for snødybden danner en vest- øst gradient der Juklavassdalen er den vestligste, etterfulgt av Litlos, Ambjørgsvatn, Viersla, Sandhaug og Tinnhølen. Målestasjonen i Juklavassdalen ligger omtrent 7 km vest for målestasjonen ved Litlos. Målestasjonen i Viersla ligger omtrent 3 km vest for Nordavatnet og målestasjonen Sandhaug ligger ved Nordmannslågen.

Vekst

Ved tilbakeberegning av vekst benyttet vi Lea-Dahls metode (Lea 1910, Dahl 1910),

Lea-Dahls formel: $L_n = (S_n / S) \times L$

Her er: L_n = lengde av fisken ved alder n

L = lengde av fisken når prøven ble tatt

S_n = lengde av strukturen ved alder n

S = totallengde av strukturen

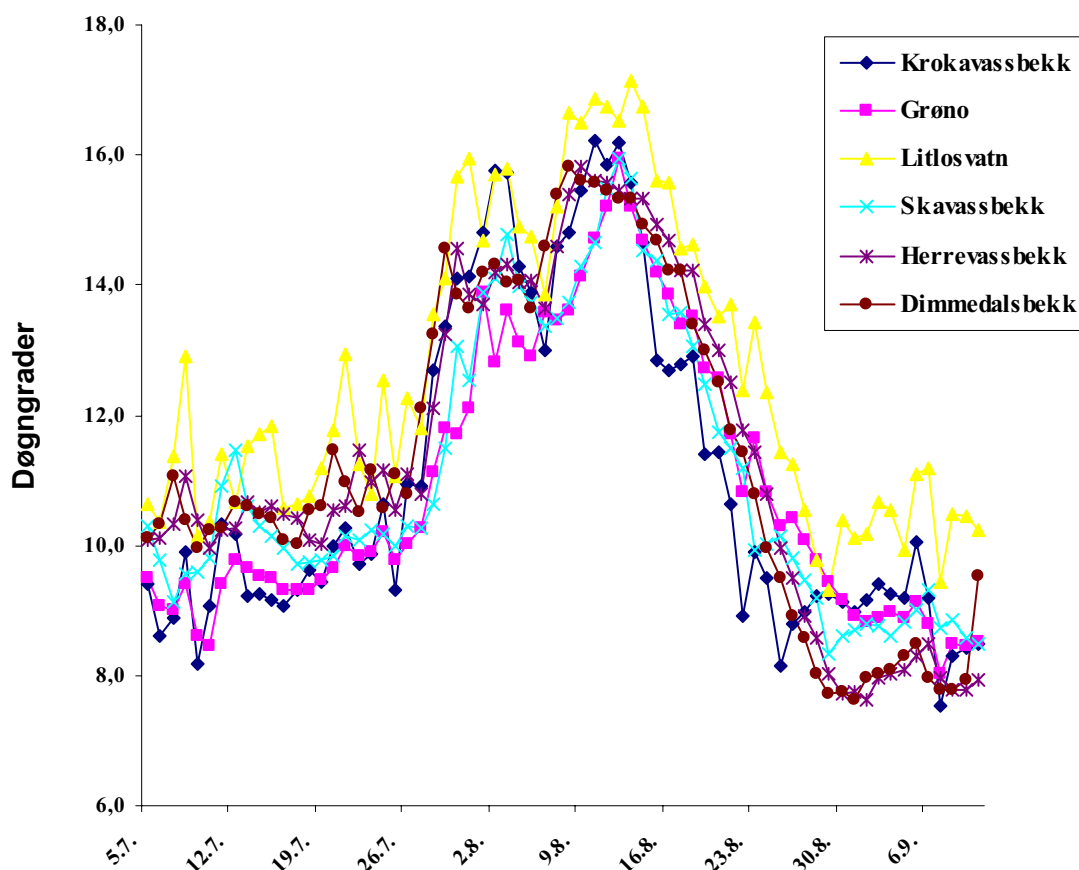
Statistikk

Det ble benyttet enkel lineær regresjon for å se om det var sammenheng mellom fiskelengde og relativ otolitradius, for sammenhengen mellom antall vekstringer i annuli avsatt i 2004 og varmesum (døgngrader i perioden 5. juli- 10. september), og for sammenhengen mellom fiskelengde og totalt antall vekstringer i skjellene. Multippel regresjon ble benyttet for sammenheng mellom fiskelengde hos toåringene og parametrene; lengdegrad, høyde over havet og varmesum (døgngrader i perioden 5. juli- 10. september). De samme testene som ble gjort for fiskelengde hos toåringene ble også brukt for antall vekstringer i annuli dannet i årene 2002, 2003 og 2004.

Resultater

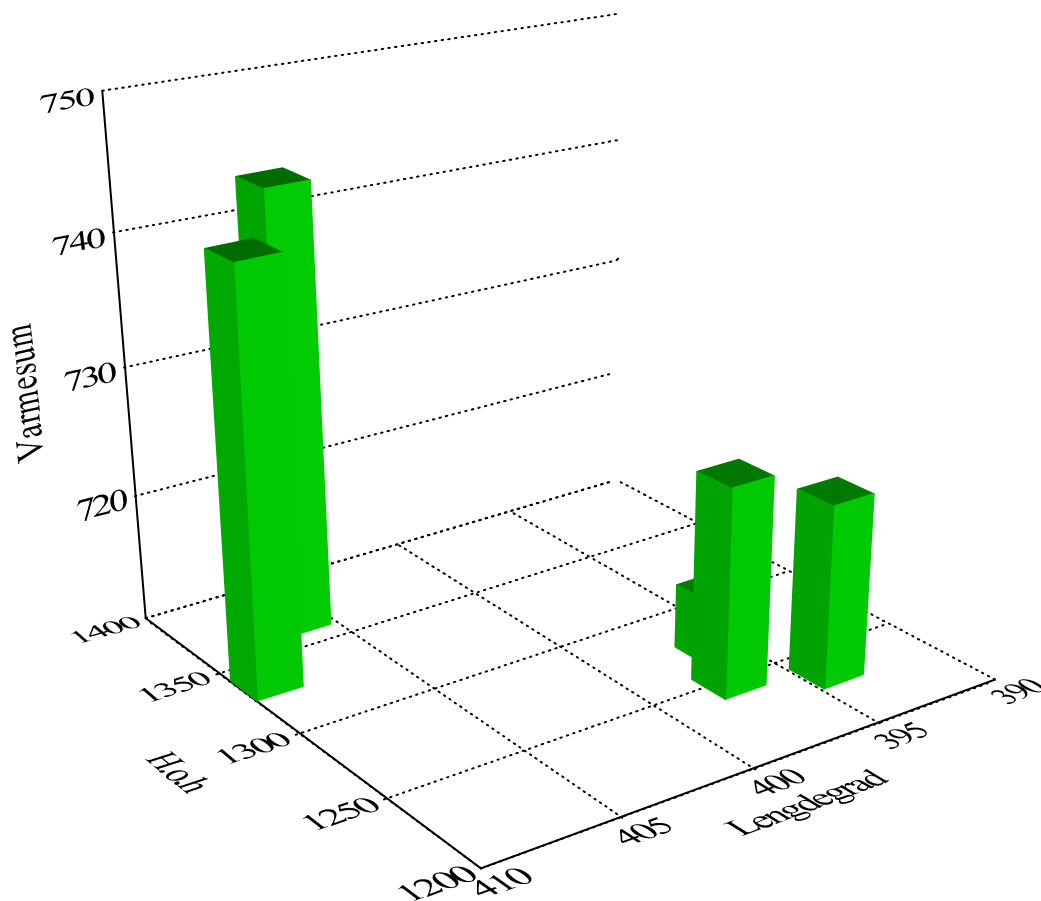
Temperatur

I alle lokalitetene var det stort sett samme temperaturutvikling gjennom sesongen, men med relativt store variasjoner i temperatur fra lokalitet til lokalitet (figur 5). De høyeste målte temperaturene var i perioden 8-14 august. Litlosvatn hadde gjennomgående høyere temperatur i forhold til de andre lokalitetene. Loggeren for denne lokaliteten var plassert i selve innsjøen mens loggerne for de andre lokalitetene var plassert i inn- eller utløpsbekkene til innsjøene. De to østligste bekkene, som også ligger høyest over havet, viste høyere temperaturer i begynnelsen av vekstsesongen enn de tre vestlige. Senere på sommeren viste de fem bekkene liten temperaturvariasjon seg imellom. De to siste ukene viste derimot de østlige bekkene lavere temperaturer enn de vestlige.



Figur 5. Oversikt over temperaturvariasjoner i tidsrommet 5. juli til 10. september 2004 for seks lokaliteter som danner en vest- øst gradient på Hardangervidda.

Døgngrader i bekkene viste en tendens til økning fra vest mot øst i perioden 5. juli -10. september, selv om de to østlige lokalitetene lå omtrent 100 meter høyere over havet enn de tre vestlige lokalitetene (figur 6 og tabell 2). Litlosvatn hadde en høyere varmesum, men dette er og den eneste innsjølokaliteten (tabell 2).



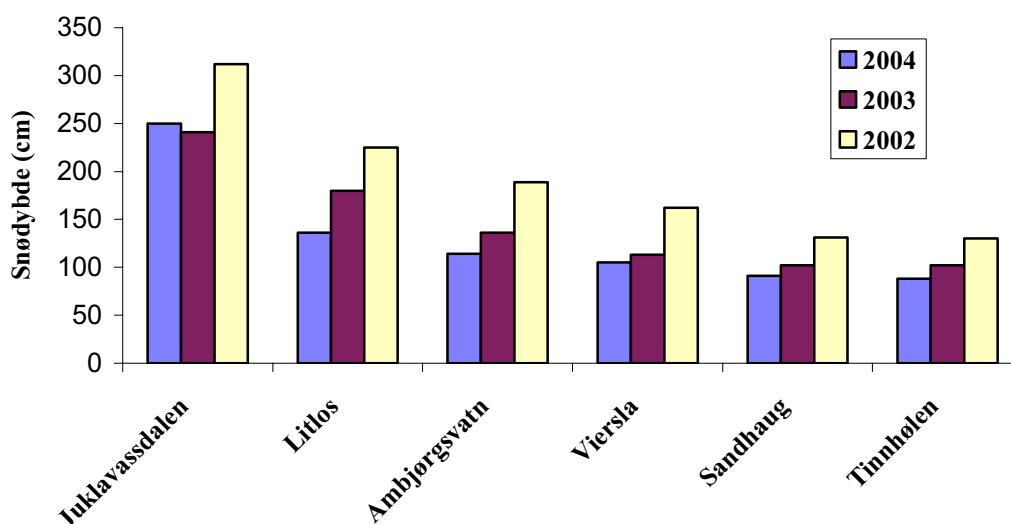
Figur 6. Sammenhengen mellom varmesum (døgngrader i perioden 5. juli- 10. september), høyde over havet og lengdegrad (UTM) for fem bekkelokaliteter og en innsjølokalitet som seg imellom danner en vest-øst gradient.

Tabell 2. Total varmesum (døgngrader), lengdegrad(UTM) og høyde over havet i seks lokaliteter på Hardangervidda for perioden 5. juli- 10. september i 2004.

Lokaliteter	Varmesum	Lengdegrad	H.o.h.
Krokavassbekk	724	394	1236
Grøno	715	396	1270
Litlosvatn	826	397	1172
Skavassbekk	726	397	1249
Herrevassbekk	744	406	1368
Dimmedalsbekk	742	409	1335

Snømålinger

Snømålingene viste en trend med avtagende snømengde i april fra vest mot øst både i 2002, 2003 og 2004. I alle år var snømengden nesten dobbelt så stor i de vestlige lokalitetene sammenlignet med de østlige. I 2002 var snømengden gjennomgående høyere på alle målestasjonene. De to siste årene var snømengdene betydelig mindre (figur 7).



Figur 7. Snødybde i seks lokaliteter på vestre og sentrale deler av Hardangervidda i april 2002, 2003 og 2004. Lokalitetene er ordnet med økende lengdegrad mot høyre.

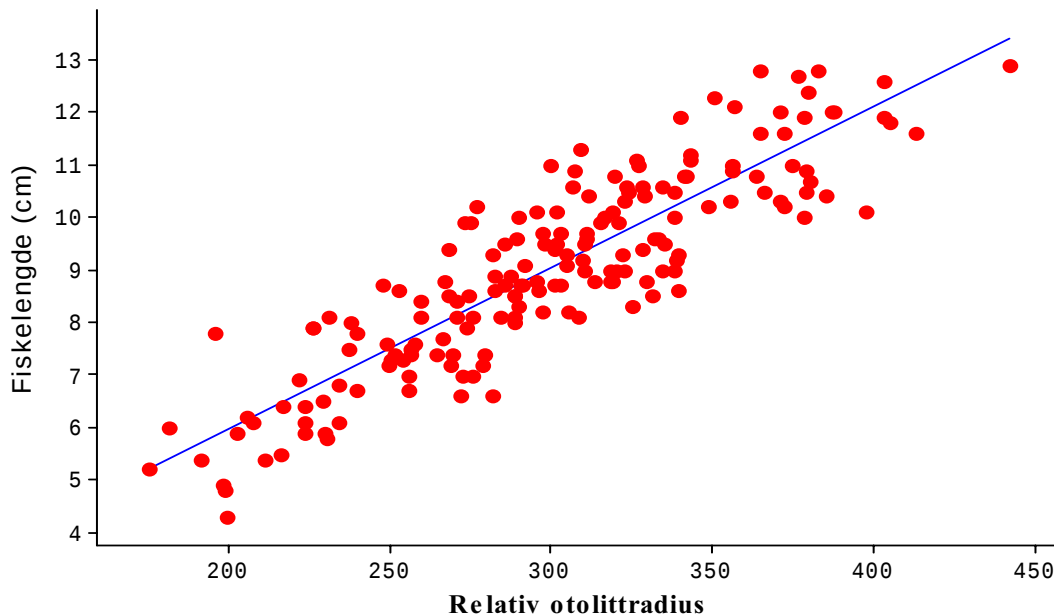
Vekst

Det ble totalt fanget 289 ørreter. Aldersklassene 0+ -3+ var dominerende. 2+ var best representert med til sammen 160 individer i elektrofiskefangstene (tabell 3).

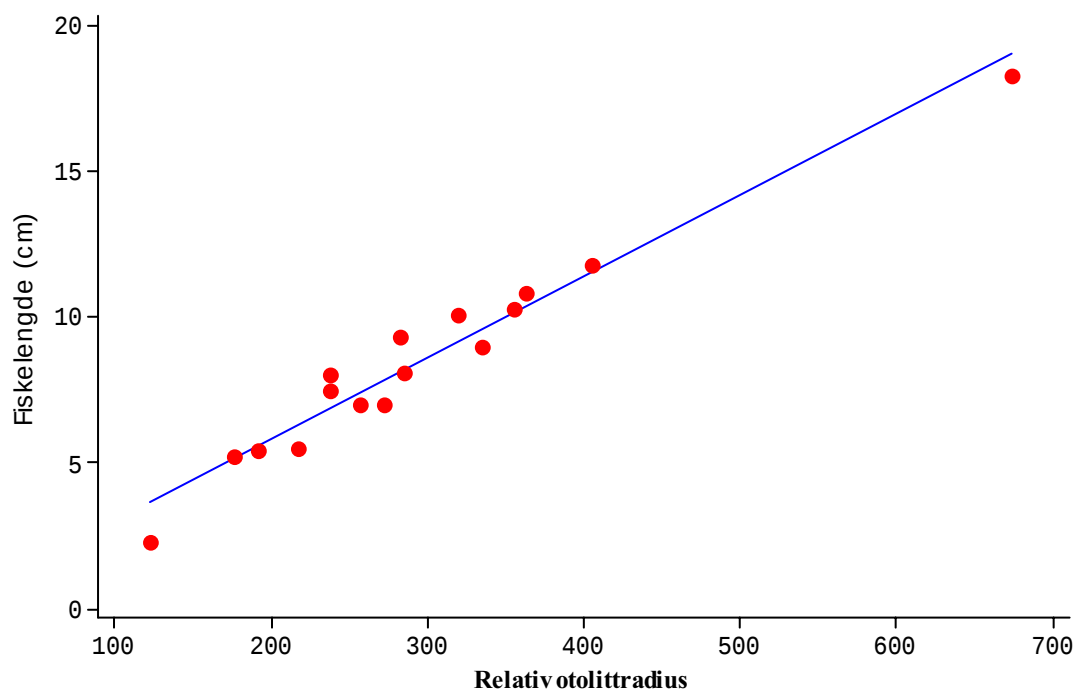
Tabell 3. Totalt antall individer for hver årsklasse fanget med elektrofiskeapparat i perioden 20. juli- 5. august 2004 i alle de 14 innsjøene med tilhørende hoved-bekk/-elv.

Aldersklasse	Antall
0+	35
1+	31
2+	160
3+	22
4+	8
5+	14
6+	4
7+	14
8+	1
Totalt	289

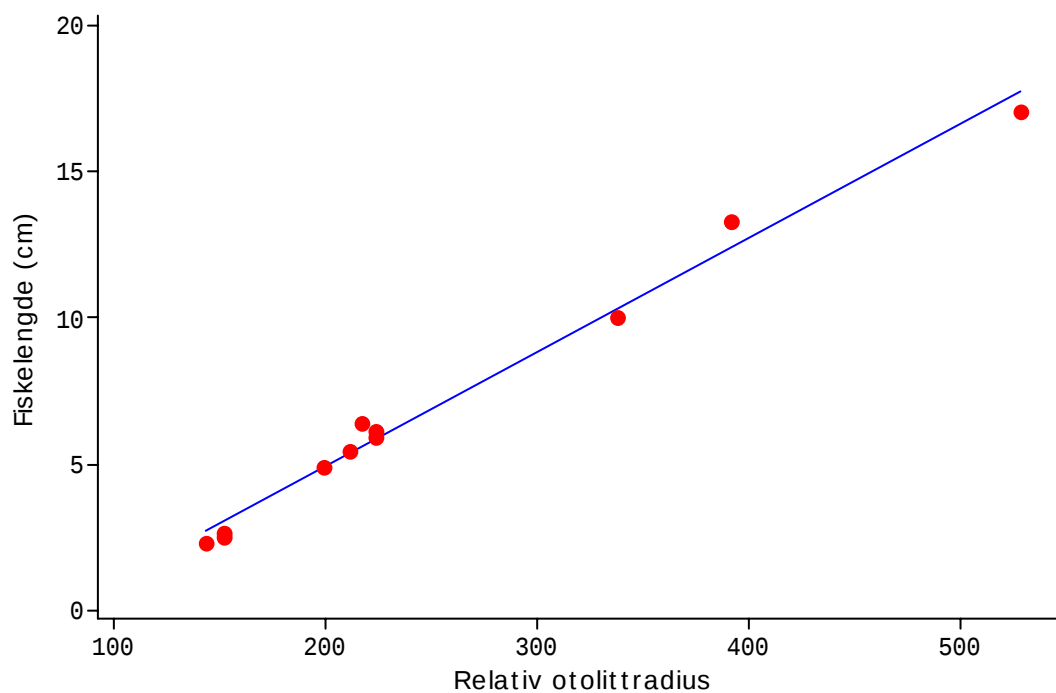
Sammenhengen mellom fiskelengde og otolitradius for fisk i intervallet 4,3-12,9 cm fra alle lokaliteter var signifikant (figur 8 og tabell 5). Det ble også valgt ut en vestlig og en østlig lokalitet for å se om sammenhengen var bedre når man så på de enkelte lokalitetene hver for seg. For fisk i Litloselva var sammenhengen signifikant (figur 9 og tabell 5). Også for Nordmannslågen var sammenhengen signifikant (figur 10 og tabell 5). For begge lokalitetene var det liten spredning av lengder ved en gitt otolitradius.



Figur 8. Sammenhengen mellom relativ otolitradius og fiskelengde i intervallet 4,3-12,9 cm. Ørreten er tatt ved elektrofiske sommeren 2004 fra alle lokaliteter. N=178.



Figur 9. Sammenhengen mellom relativ lengde av otolittradius og fiskelengde i Litloselva, ørreten er samlet inn ved elektrofiske 20. juli 2004. N=16.



Figur 10. Sammenhengen mellom relativ otolittradius og fiskelengde i Nordmannslågen. Ørreten er tatt ved elektrofiske 31. juli 2004, N=11.

Gjennomsnittlig tilbakeberegnet vekst, med tilvekst for hvert år, er vist i tabell 4.

Tilbakeberegnet vekst til 2002 varierte sterkt mellom innsjøene, og det var her en differanse på 2,6 cm mellom største og minste gjennomsnittslengde. For bekkene/elvane i samme år var

lengdeforskjellene 1,5 cm. Tilveksten i vekstsesongen 2002/2003 varierte også mellom de ulike lokalitetene. For vannene var differansen på 2,2 cm, mens for bekkene/elvne var differansen 2,1 cm. Tilbakeberegnet vekst til 2003 varierte sterkt mellom lokaliteter, og det var her en differanse på 4,8 cm mellom den største og minste gjennomsnittslengden. For bekkene/elvne i samme år var lengdeforskjellene 3,4 cm. Tilveksten i vekstsesongen 2003/2004 varierte også mellom de ulike lokalitetene. For vannene var differansen på 1,5 cm, mens for bekkene/elvne var differansen 1,7 cm.

Tabell 4. Gjennomsnittlig tilbakeberegnet lengde og tilvekst i centimeter for toåringer tatt ved elektrofiske i perioden 20. juli-5. august 2004 i alle lokaliteter. Bare otolitter der alderen med sikkerhet kunne leses ble benyttet. Dette gjaldt 148 av de i alt 160 toåringene. Lokalitetene er ordnet med økende lengdegrad. H.o.h= høyde over havet.

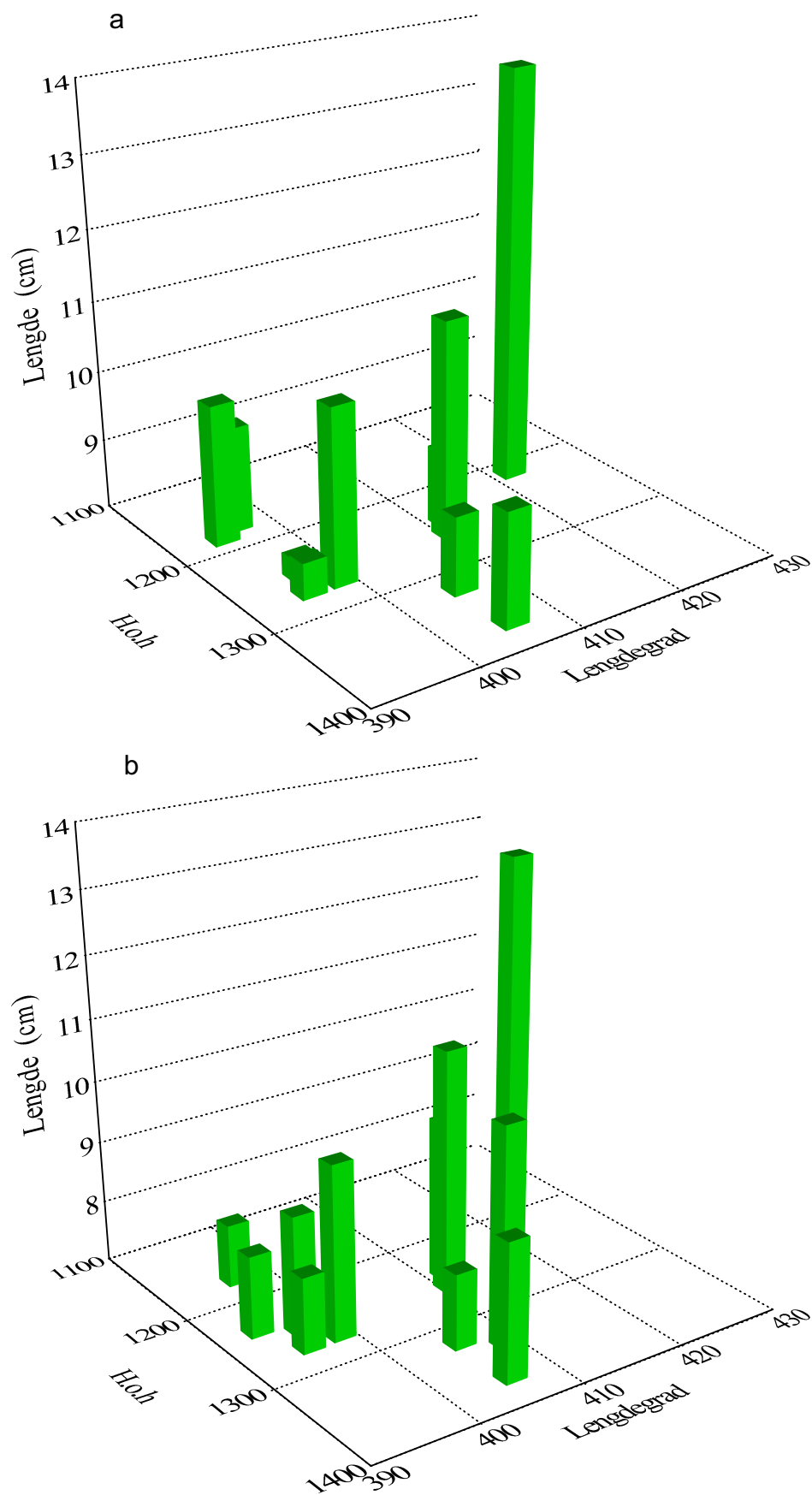
Lokaliteter	Antall (N)	Lengde 0+ (2002)	Tilvekst (2003)	Lengde 1+ (2003)	Tilvekst (2004)	Lengde vedfangst (2004)	H.o.h
Krokavassbekken	7	4,6	2,7	7,3	1,0	8,3	1236
Kollsvatn	11	5,2	3,4	8,6	1,4	10,0	1182
Midtre Grøndalsvatn	15	4,4	2,5	6,9	0,7	7,6	1270
Grøno	8	4,8	3,4	8,2	1,1	9,3	1270
Litlosvatn	18	5,3	3,1	8,4	1,1	9,5	1172
Litloselva	7	4,6	2,5	7,1	0,9	8,0	1172
Skavatn	7	4,8	2,6	7,4	1,1	8,5	1249
Skavassbekken	9	4,9	2,9	7,8	1,2	9,0	1249
Ambjørsvatn	8	5,3	3,7	9,0	1,6	10,6	1269
Ambjørnsbekken	9	5,3	3,2	8,5	1,3	9,8	1269
Valgardsvatn	3	5,5	2,7	8,2	0,9	9,1	1319
Valgardsbekken	9	4,6	2,9	7,5	0,8	8,3	1319
Herrevatn	4	5,2	2,9	8,1	1,5	9,6	1368
Herrevassbekken	8	4,9	2,9	7,8	1,4	9,2	1368
Dimmedalsbekken	2	5,8	3,2	9,0	1,5	10,5	1335
Nordavatn	7	5,8	3,7	9,5	1,6	11,1	1258
Nordavassbekken	5	5,3	3,8	9,1	1,6	10,7	1258
Nordmannslågen	1	5,4	3,3	8,7	1,3	10,0	1244
Bessoelva	1	5,8	3,4	9,2	1,9	11,1	1244
Reinavatn	1	5,1	4,2	9,3	1,5	10,8	1334
Kleivshovdtjønn	4	7,0	4,7	11,7	2,2	13,9	1215
Snero	4	6,1	4,6	10,7	2,5	13,2	1215

Tabell 5. Summering av statistikk brukt for sammenhengen mellom fiskelengde og relativ otolitradius hos ørret. Y= fiskelengde, X= relativ otolitradius og ER= enkel regresjon.

Test	Metode	Y=	r ² =	f=	p=	df=
Sammenhengen mellom Y i lengdeintervallet 4,3- 12,9 cm for alle lokaliteter og X	ER	-0,195+0,0308X	0,78	24.97	p<0,001	177
Sammenhengen mellom Y og X i Litloselva	ER	0,206+0,0280X	0,96	17.43	p<0,001	15
Sammenhengen Y og X Nordmannslågen	ER	-2,92+0,0391X	0,99	26.19	p<0,001	10

Fiskelengde

For toåringene i innsjøene var det en signifikant sammenheng mellom fiskelengde, høyde over havet og lengdegrad (figur 11a og tabell 6). Også for toåringene i bekkene/elvene var sammenhengen mellom fiskelengde, høyde over havet og lengdegrad signifikant (figur 11b og tabell 6). Veksten var best i de østligste lokalitetene der høyden over havet var minst, og dårligst i de vestligste lokalitetene der høyden over havet var størst. Dette gjaldt både for ørretungene i bekkene/elvene og i innsjøene (figur 11a, b). Sammenhengen mellom fiskelengde hos toåringene i bekkene/elvene, høyde over havet, lengdegrad og varmesum (døgngader 5. juli-10. september 2004) var også signifikant (tabell 6).



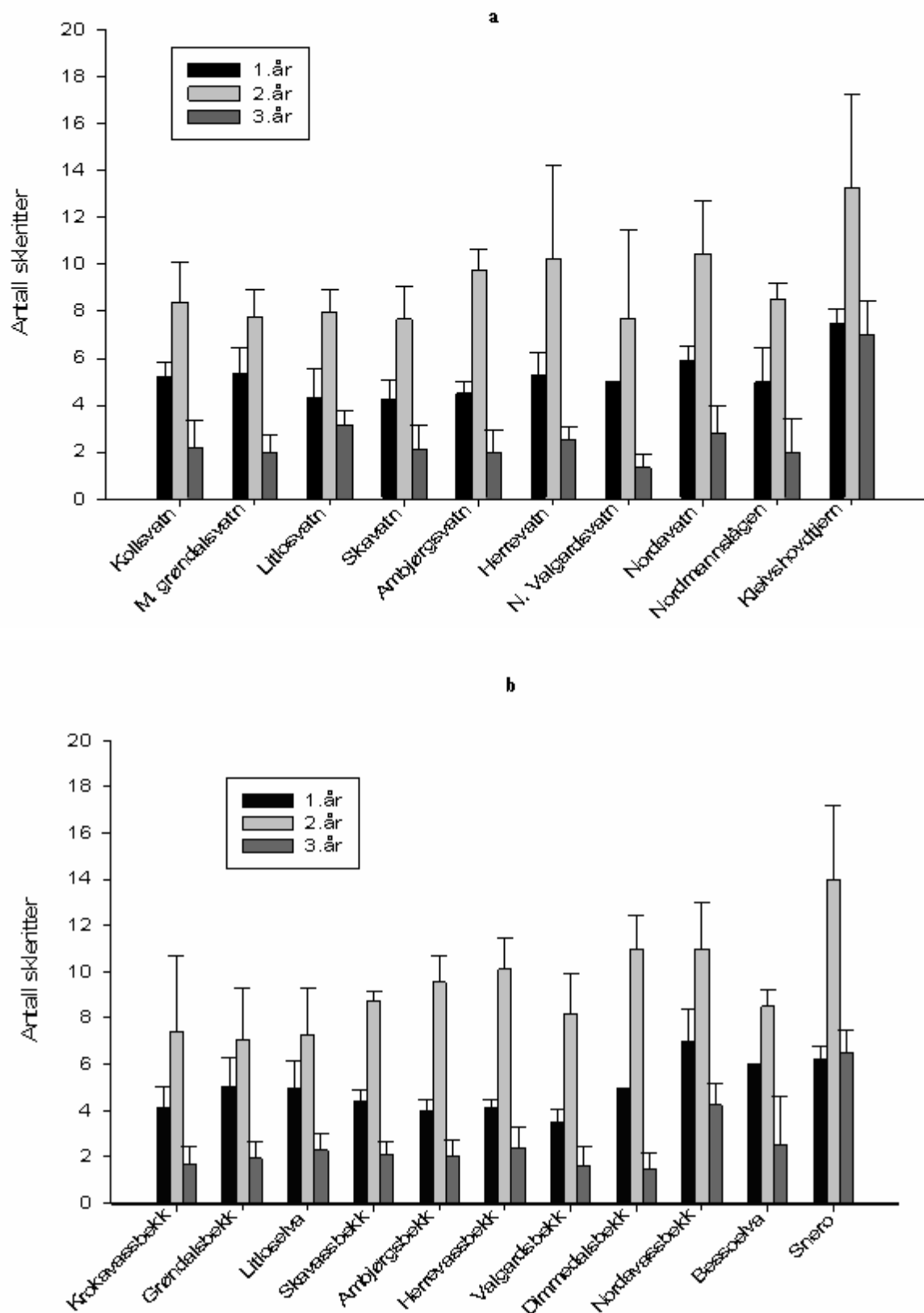
Figur 11. Gjennomsnittlig lengde til 2-åringer fra a) innsjøene og b) bekkene/elvne mot lengdegrad og høyde over havet. Ørreten er tatt ved elektrofiske fra 20. juli- 5. august 2004.

Tabell 6. Summering av statistikk for fiskelengde hos toårige ørretunger. Y= fiskelengde, H= høyde over havet, L= lengdegrad, V= varmesum (døgngader 5.juli- 10. september) og MR= multippel regresjon.

Test	Metode	Y=	r ² =	f=	p=	df=
Sammenhengen i bekkene/elve mellom Y, H og L	MR	47,4- 0,0042H + 0,155L	0,74	11,28	0,005	8
Sammenhengen i innsjøene mellom Y, H og L	MR	-34,3- 0,00963H + 0,139L	0,63	5,94	0,031	7
Sammenhengen i bekkene/elve mellom Y, H, L og V	MR	-69,3- 0,0159H + 0,259L + 0,0067V	0,99	52,42	0,019	2

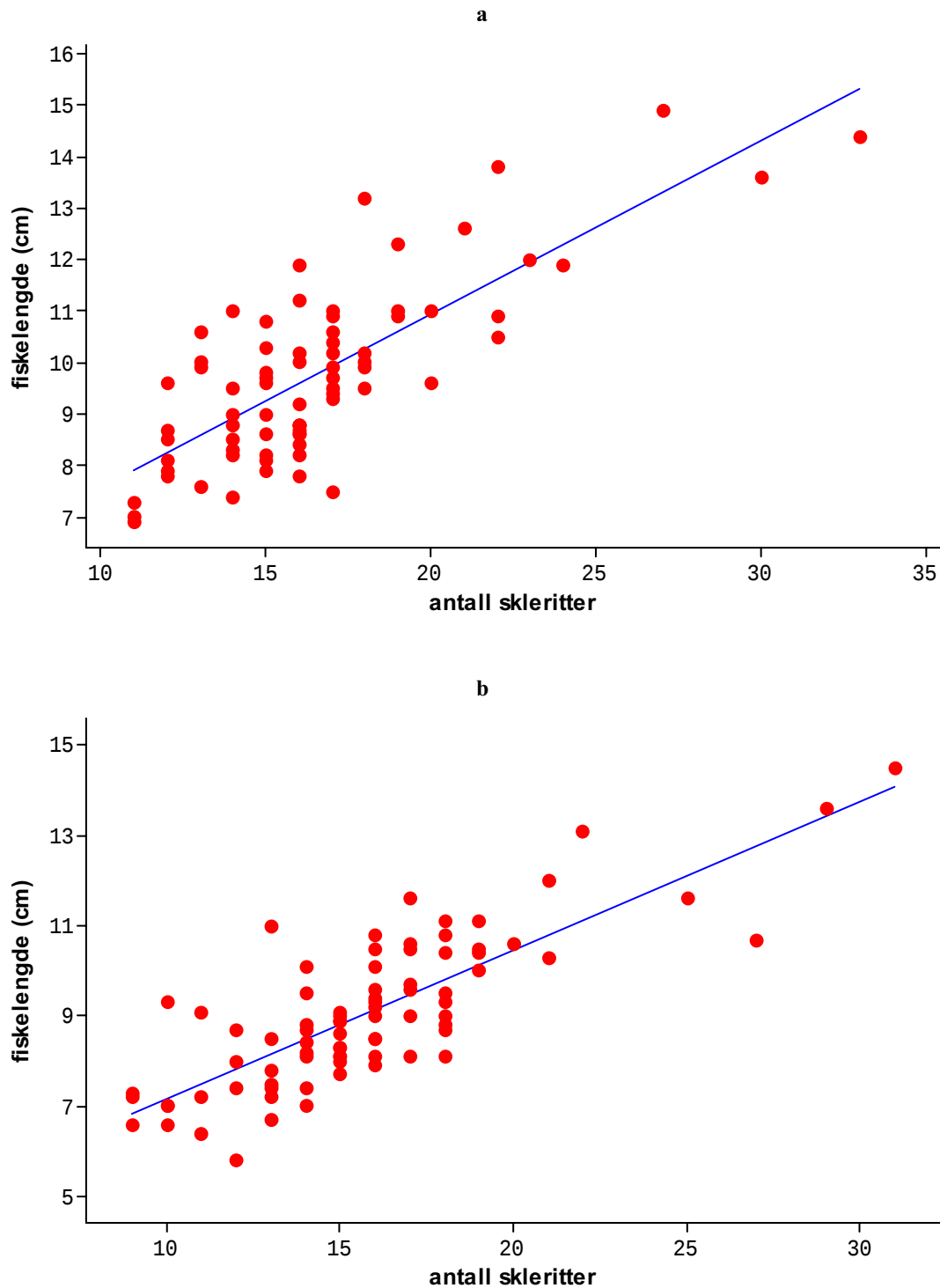
Vekstringer i skjell

Antall vekstringer i skjell dannet i hver vekstsesong (annuli) (2002, 2003 og 2004) for 157 toåringer både i bekkene/elve og i innsjøene er vist i figur 12. Både i bekkene/elve og i innsjøene var det en signifikant sammenheng mellom høyde over havet, lengdegrad og antall vekstringer i skjell både i 2002, 2003 og 2004 (tabell 7a). Sammenhengen var også signifikant i 2002 og 2003 når vi i tillegg tok med døgngader. For 2004-sesongen var sammenhengen ikke signifikant når vi tok med døgngader. For toåringene i innsjøene er sammenhengen mellom antall vekstringer dannet i 2004 og varmesum ikke signifikant (tabell 7a).



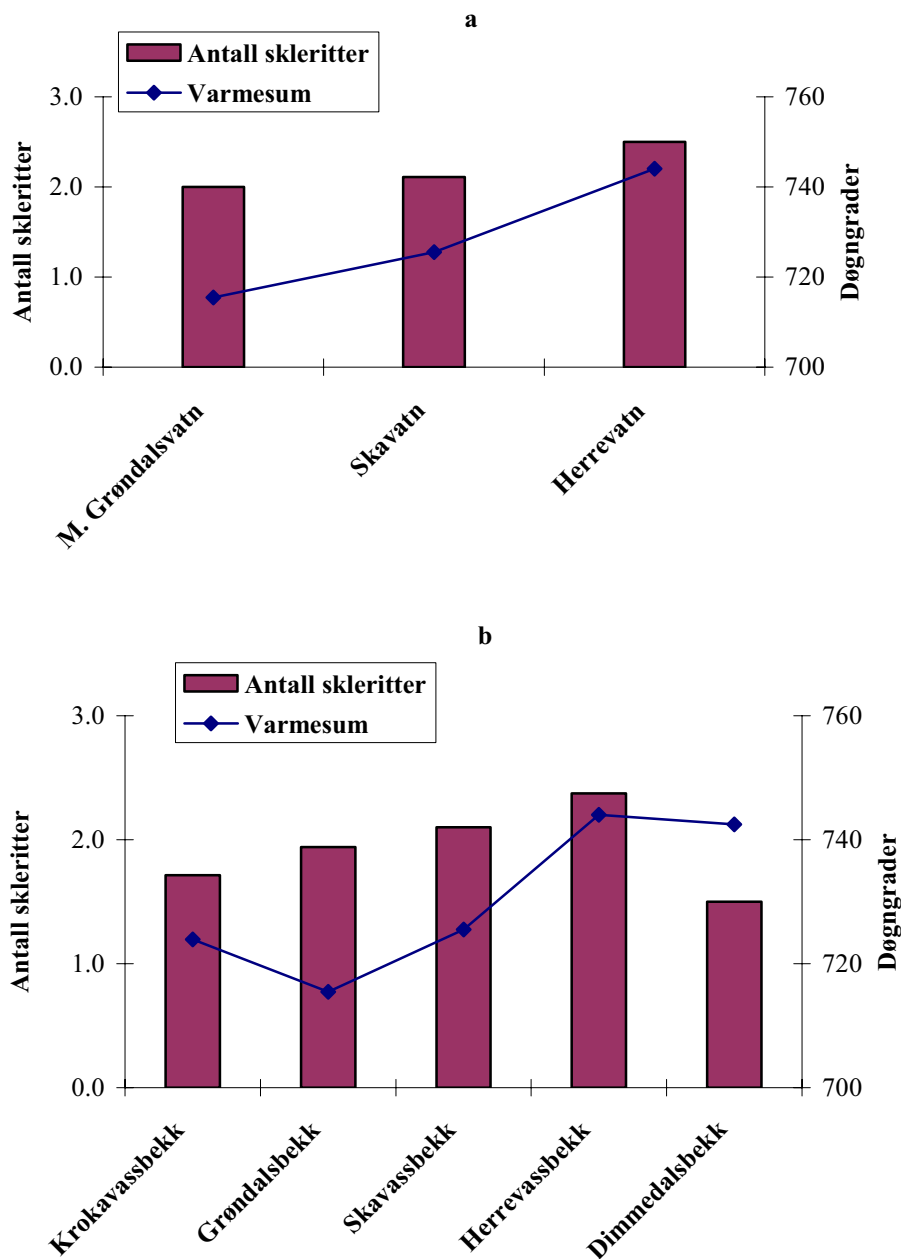
Figur 12. Gjennomsnittlig antall vekstringer på skjell dannet hver vekstsesong (2002, 2003 og 2004) for 157 toåringar tatt ved elektrofiske i perioden 20. juli-5. august 2004 i a) alle innsjøene og b) alle bekkene/elvene. Lokalitetene er plassert med økende lengdegrad mot høyre. Standardavvik er vist med vertikal strek.

I innsjøene og i bekkene/elvene var det en signifikant sammenheng mellom fiskelengde og antall vekstringer i skjell (skleritter) (figur 13a, b og tabell 7b). Med økende fiskelengder ble det dannet flere vekstringer på fiskens skjell både i innsjøene og bekkene/elvene.



Figur 13. Sammenhengen mellom totalt antall vekstringer (skleritter) i skjell og gjennomsnittlig fiskelengde for toåring i a) vannene og b) bekkene/elvene.

Verken i innsjøene eller bekkene/elvene var det signifikant sammenheng mellom antall vekstringer i skjell og varmesum (antall døgngrader fra 5.juli- 10. september 2004) (tabell 7a). For vannene var det likevel en trend at økende varmesum ga flere vekstringer (figur 14 a), men dette var ikke så tydelig i bekkene/elvene (figur 14 b).



Figur 14. Gjennomsnittlig antall vekstringer (skleritter) avsatt i 2004-sesongen på skjell hos toåringer tatt ved elektrofiske i perioden 20. juli-5. august 2004 i a) vannene og b) bekkene/elvene mot varmesum (antall døgngrader fra 5.juli- 10. september 2004). Lokalitetene er ordnet med økende lengdegrad fra venstre mot høyre.

Tabell 7a. Summering av statistikk for dannelse av vekstringer i skjell hos toåringer i alle lokaliteter. Y(2002)= vekstringer i skjell sesongen 2002, Y(2003)= vekstringer i skjellene sesongen 2003, Y(2004)= vekstringer i skjellene sesongen 2004, L= lengdegrad, H= høyde over havet, V= varmesum (døgngrader 5. juli- 10. september), MR= Multipl regressjon og ER= Enkel lineær regressjon.

Test	Metode	Y=	r ² =	f=	p=	df=
Fisk i bekkene/elvene						
Sammenhengen mellom Y(2002), H og L	MR	-16,3 - 0,0101H + 0,0843L	0,64	7,14	0,017	8
Sammenhengen mellom Y(2003),H og L	MR	-70,1 - 0,00155H +0,201L	0,7	9,37	0,008	8
Sammenhengen mellom Y(2004),H og L	MR	- 36,1 - 0,0132H + 0,137L	0,79	15,37	0,002	8
Sammenhengen mellom Y(2002), H, L og V	MR	-7,33 - 0,0113H + 0,292L - 0,124V	0,97	22,09	0,044	2
Sammenhengen mellom Y(2003), H, L og V	MR	-132 - 0,0387H + 0,522L - 0,0252V	0,97	22,34	0,043	2
Sammenhengen mellom Y(2004), H, L og V	MR	-12,1 - 0,00042H + 0,0027L - 0,0119V	0,61	1,04	0,524	2
Sammenhengen mellom Y(2004) og V	ER	12,4 - 0,0145X	0,6	6,09	0,069	4
Sammenhengen totalt antall vekstringer i skjell	ER	3,87+0,329X	0,65	146,33	p<0,001	78
Fisk i innsjøen						
Sammenhengen mellom Y(2002), H og L	MR	- 26,2 -0,00277H+0,0863L	0,64	6,16	0,029	7
Sammenhengen mellom Y(2003), H og L	MR	- 48,1 - 0,00624H +0,161L	0,63	6,04	0,03	7
Sammenhengen mellom Y(2004), H og L	MR	- 32,2 - 0,0141H + 0,130L	0,7	8,09	0,015	7
Sammenhengen mellom Y(2004) og V	ER	-11 + 0,0181V	0,97	36,99	0,104	4
Sammenhengen totalt antall vekstringer i skjell	ER	4,17+ 0,338S	0,61	112,67	p<0,001	73

Tabell 7b. Summering av statistikk for sammenhengen mellom lengden til toårige ørretunger i alle lokaliteter og totalt antall vekstringer dannet, Y= fiskelengde og X= totalt antall vekstringer.

Test	Metode	Y=	r ² =	f=	P=	df=
Sammenhengen mellom Y og X i bekkene	ER	3,87+0,329X	0,65	146,33	p<0,001	78
Sammenhengen mellom Y og X i innsjøene	ER	4,17+ 0,338S	0,61	112,67	p<0,001	73

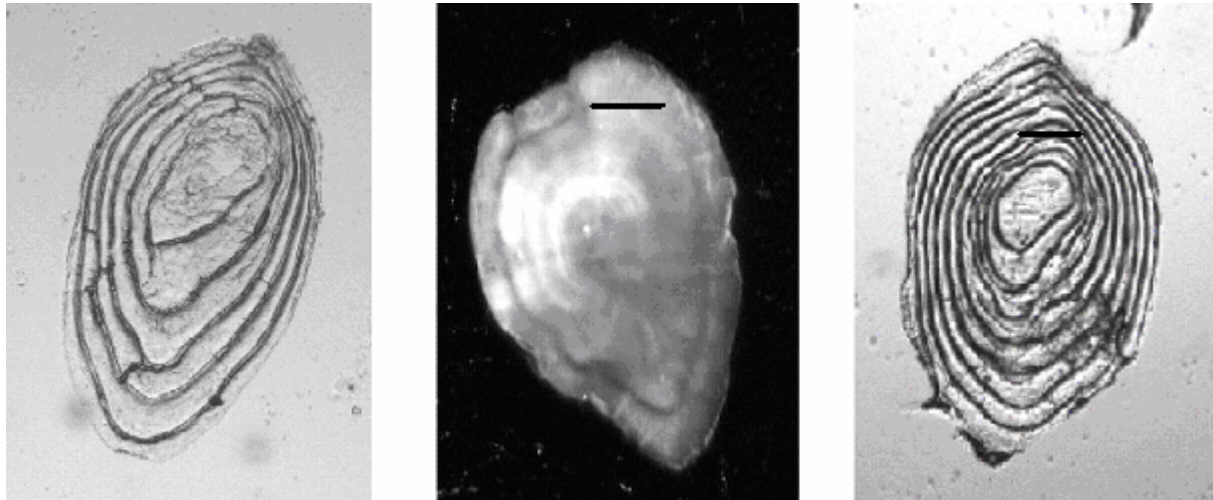
Skjelldannelse

På 25 ørretunger ble det lest tre tilfeldig valgte skjell fra hvert av de tre feltene (bakre, midtre og fremre). Disse ble undersøkt for dannelse av 1. vintersone (tabell 8). I bakre felt hadde 41 av 75 skjell (54 %), i midtre hadde 66 av 75 skjell (88 %) og i fremre felt hadde 20 av 69 skjell (29 %) dannelse av sone for førsteårsveksten. To fisker manglet skjell i fremre felt. Dette var de minste fiskene på henholdsvis 4,3cm og 4,8cm (tabell 8). All årsyngel (0+) ble kontrollert for skjelldannelse, og av de 35 individene innsamlet i 2004 var det ingen som hadde skjelldannelse. Disse varierte i størrelse fra 2,3 cm til 3,6 cm (vedlegg 1).

Tabell 8. Registrering av tilstedeværelse av 1. vintersone i bakre, midtre og fremre felt hos ørretunger tatt ved elektrofiske i perioden 20. juli- 5. august 2004. Tre skjell ble undersøkt på hvert felt på hver av de i alt 25 fiskene. Fiskenes fangststed vises ved lokalitet, lengder er i centimeter og alder i antall vintre. Tabellen er ordnet med økende lengdegrad. Riktig alder er kontrollert med fiskens otolitt. To fisker manglet skjell på fremre felt.

Lokalitet til undersøkte individer	Bakre til stede	Bakre ikke til stede	Midtre til stede	Midtre ikke til stede	Fremre til stede	Fremre ikke til stede	Lengde(cm) ved fangst	Alder vintre
Krokavassbekk	2	1	3	0	ikke skjell	ikke skjell	4,8	1v
Krokavassbekk	0	3	2	1	ikke skjell	ikke skjell	4,3	1v
Krokavassbekk	2	1	2	1	0	3	7,2	2v
Krokavassbekk	2	1	2	1	1	2	7,4	2v
Grøno	2	1	3	0	0	3	7	2v
Grøno	1	2	3	0	0	3	5,8	2v
Grøno	2	1	2	1	0	3	6,4	2v
Grøno	1	2	3	0	1	2	6,6	2v
Grøno	2	1	3	0	0	3	7,2	2v
Litlosvatn	2	1	1	2	1	2	8	2v
Litlosvatn	2	1	2	1	0	3	6,5	1v
Dimmedalsbekk	2	1	3	0	1	2	6,8	1v
Dimmedalsbekk	3	0	3	0	0	3	6,1	1v
Dimmedalsbekk	2	1	3	0	0	3	6	1v
Nordmannslågen	2	1	3	0	2	1	6,4	1v
Nordmannslågen	0	3	3	0	2	1	5,3	1v
Nordmannslågen	1	2	3	0	1	2	6,1	1v
Nordmannslågen	2	1	3	0	2	1	5,9	1v
Nordmannslågen	0	3	3	0	1	2	4,9	1v
Bessoelva	3	0	2	1	2	1	5,8	1v
Bessoelva	2	1	3	0	2	1	6,1	1v
Bessoelva	1	2	3	0	2	1	6,5	1v
Bessoelva	0	3	3	0	1	2	4,9	1v
Bessoelva	3	0	2	1	0	3	5,9	1v
Bessoelva	2	1	3	0	1	2	5,8	1v
Totalt	41	34	66	9	20	49		

Skjell med liten sentralplate viste samme antall vintersoner som de korresponderende otolittene. Skjell med stor sentralplate viste en vintersone mindre enn de korresponderende otolittene (figur 15 og 16).



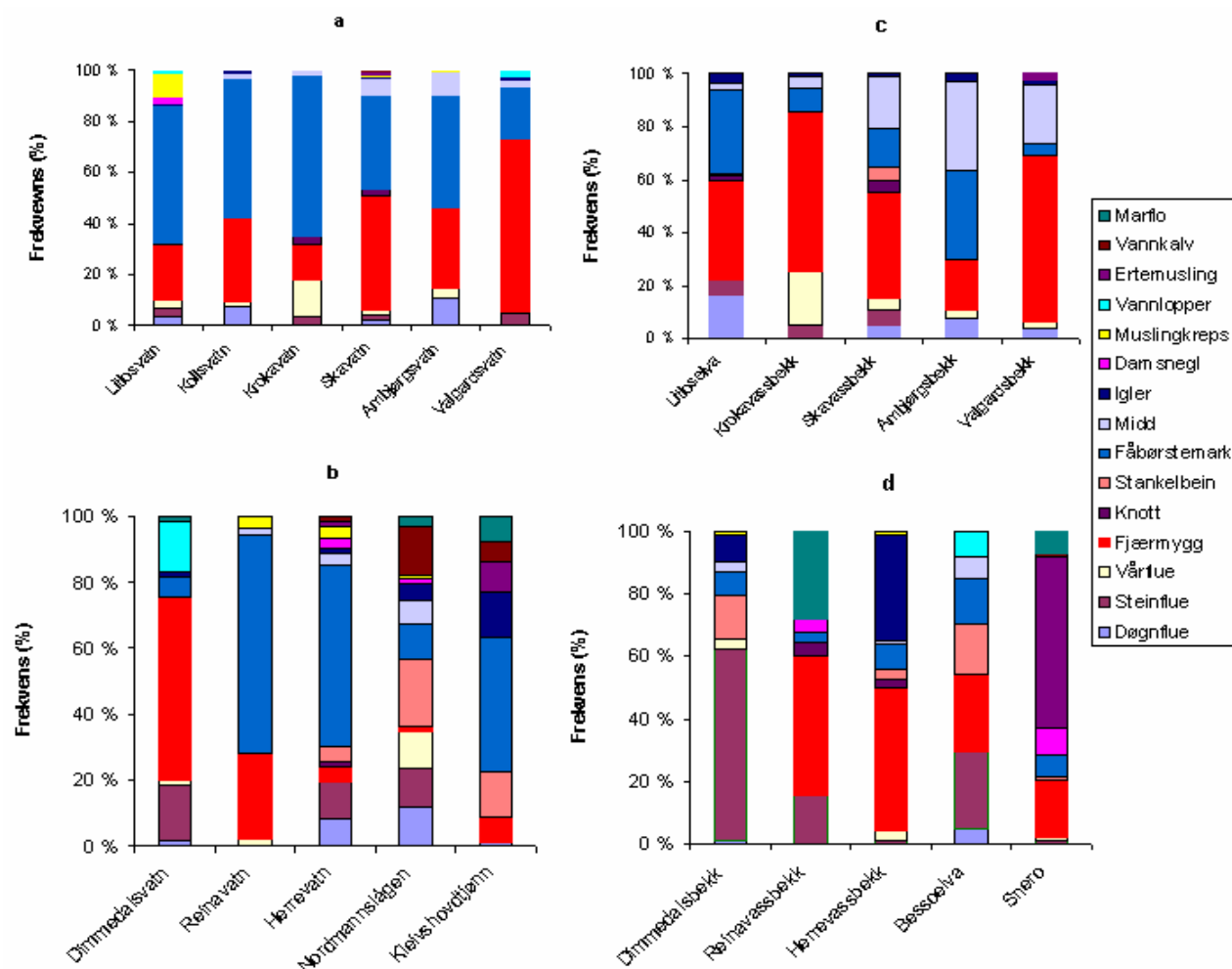
Figur 15. Skjell og otolitt fra en 6,1 cm lang 1+ fra Bessoelva tatt ved elektrofiske 1. august 2004. Skjellet til venstre stammer fra bakre felt, har stor sentralplate og mangler vintersonen. Skjellet til høyre stammer fra midtre felt, har en mindre sentralplate og har en markert vintersone. Otolitten har en markert vintersone.



Figur 16. Skjell og otolitt fra en 6,6 cm lang 2+ fra Grøno tatt ved elektrofiske 23. juli 2004. Skjellet til venstre stammer fra midtre felt og har liten sentralplate og to vintersoner. Skjellet til høyre stammer fra fremre felt og har stor sentralplate med en vintersone. Otolitten har to vintersoner

Bunndyr

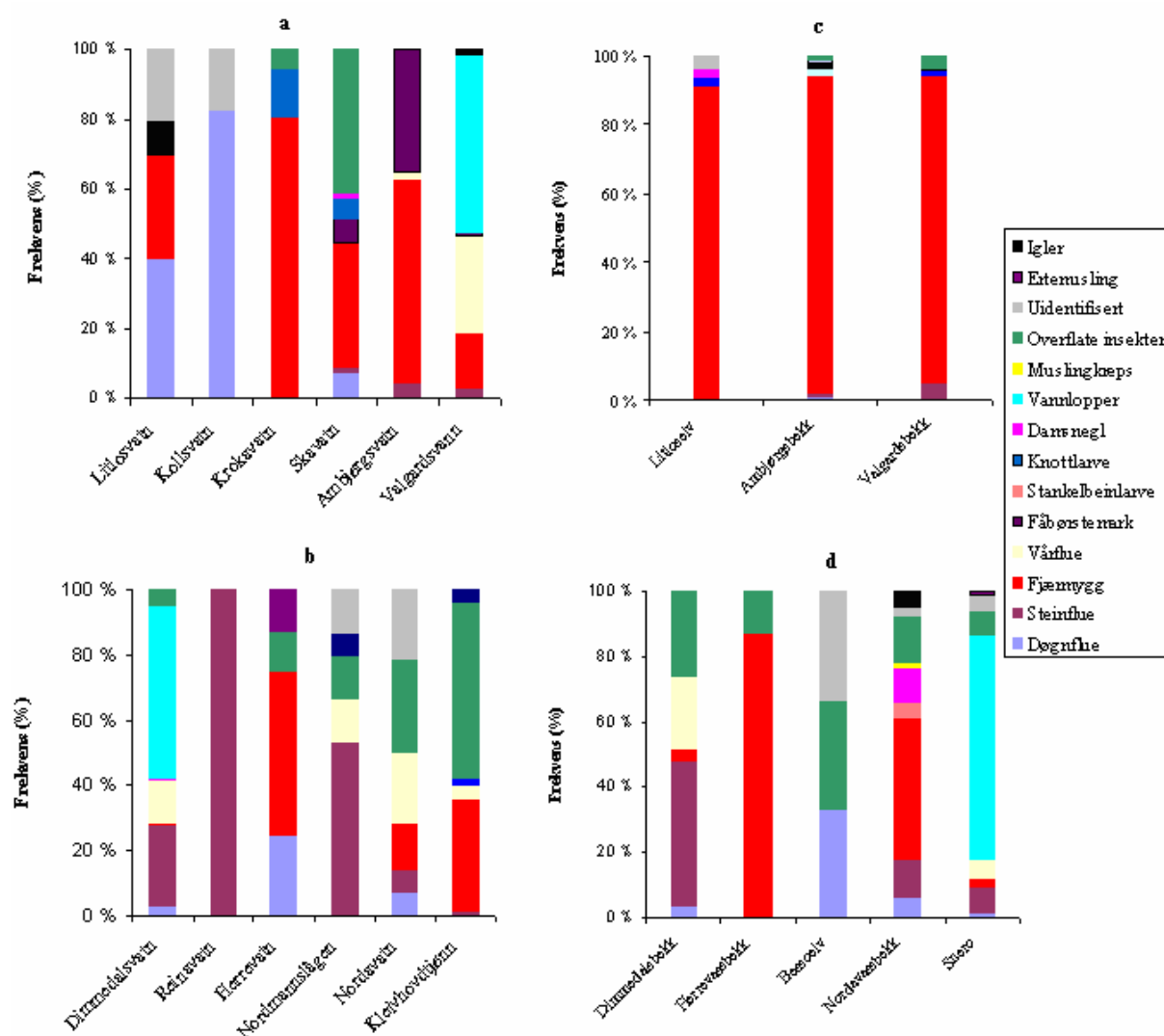
I de vestlige vannene var sparkeprøvene helt dominert av fjærmygg (larver og pupper), fåbørstemark og midd (figur 17). Disse tre gruppene utgjorde til sammen 77 % av det totale antallet dyr. Vårfluer, døgnfluer, steinfluer og stankelbein var også representert i prøvene, disse sto tilsammen for 3-6 % av det totale antallet dyr. I de østlige lokalitetene var dyregruppene mer likt representert, selv om det var tre dyregrupper som utmerket seg (figur 17). Disse var fjærmygg (larver og pupper), steinfluer og fåbørstemark, som tilsammen utgjorde 57 % av det totale antallet dyr.



Figur 17. Frekvensfordeling av ulike bunndyrgrupper i sparkeprøver fra vannene i a) vestlige lokaliteter, Ullensvang Statsallmenning og i b) østlige lokaliteter, Eidfjord Statsallmenning. Sparkeprøver fra elvene/bekkene i c) vestlige lokaliteter og i d) østlige lokaliteter tatt i perioden 20. juli-5. august 2004. Fra hver lokalitet ble det tatt tre prøver, der figuren viser gjennomsnittsverdier.

Mageprøver

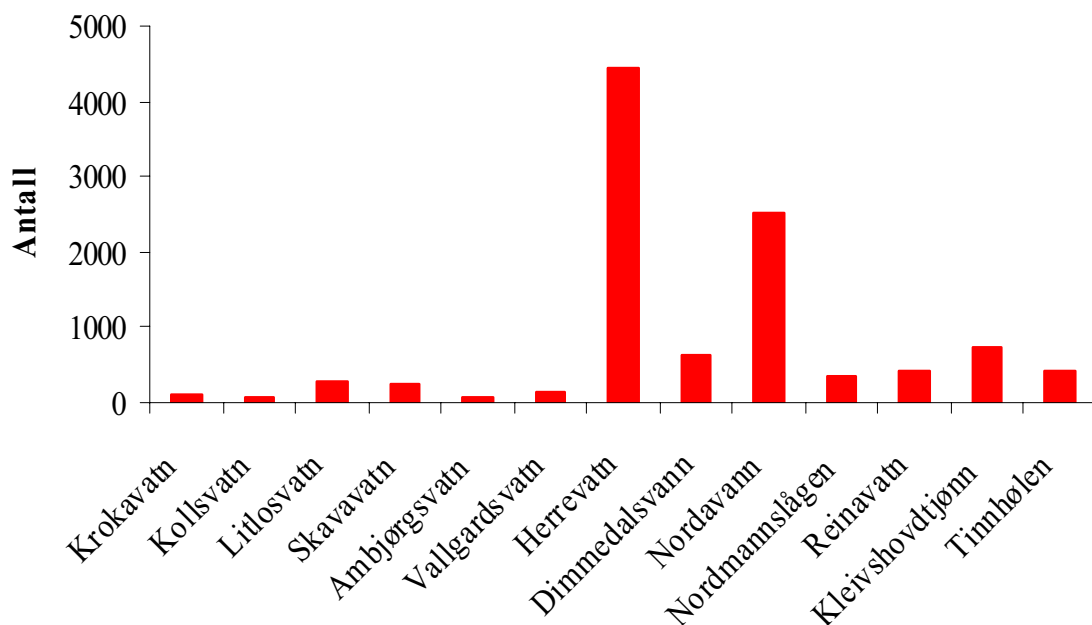
Fjærmygg dominerte i mageprøvene for ørretunger i de vestlige vannene. Denne gruppen stod alene for 63 % av det totale antall dyr, og vi fant de i 5 av 6 undersøkte vann i vest (figur 18). Deretter fulgte vannlopper med 9 %. Fåbørstemark, vårfluer og steinfluer utgjorde hver for seg 4 % av det totale antall dyr. Mageprøvene fra vannene i øst var mindre dominert av fjærmygg, disse utgjorde her 36 % av totalt antall individer (figur 18). Vi fant også mye hoppekreps, som utgjorde 20 % av det totale antall individer. Vannlopper og landinsekter var også godt representert. Disse fire gruppene utgjorde 80 % av det totale antall dyr.



Figur 18. Frekvensfordeling av dyregrupper i mageprøver fra ørretunger i vannene i a) vestlige lokaliteter, Ullensvang Statsallmenning og b) østlige lokaliteter, Eidfjord Statsallmenning, samt fra bekkene/elvene i c) vestlige og d) østlige lokaliteter tatt i perioden 20. juli-5. august 2004. Figuren viser gjennomsnittsverdier fra hver lokalitet.

Zooplankton

Vi fant en stor forskjell i mengden zooplankton i planktontrekkene, med økende antall fra vest mot øst. Planktontrekkene bestod av vannlopper (*Daphnia* og *Bosmina*), hoppekreps (*Calanoid* og *Cyclopoida*) og *Polyphemus*. Herrevatn og Nordavann hadde de største tetthetene av zooplankton, der henholdsvis *Bosmina* og *Daphnia* dominerte (figur 19).

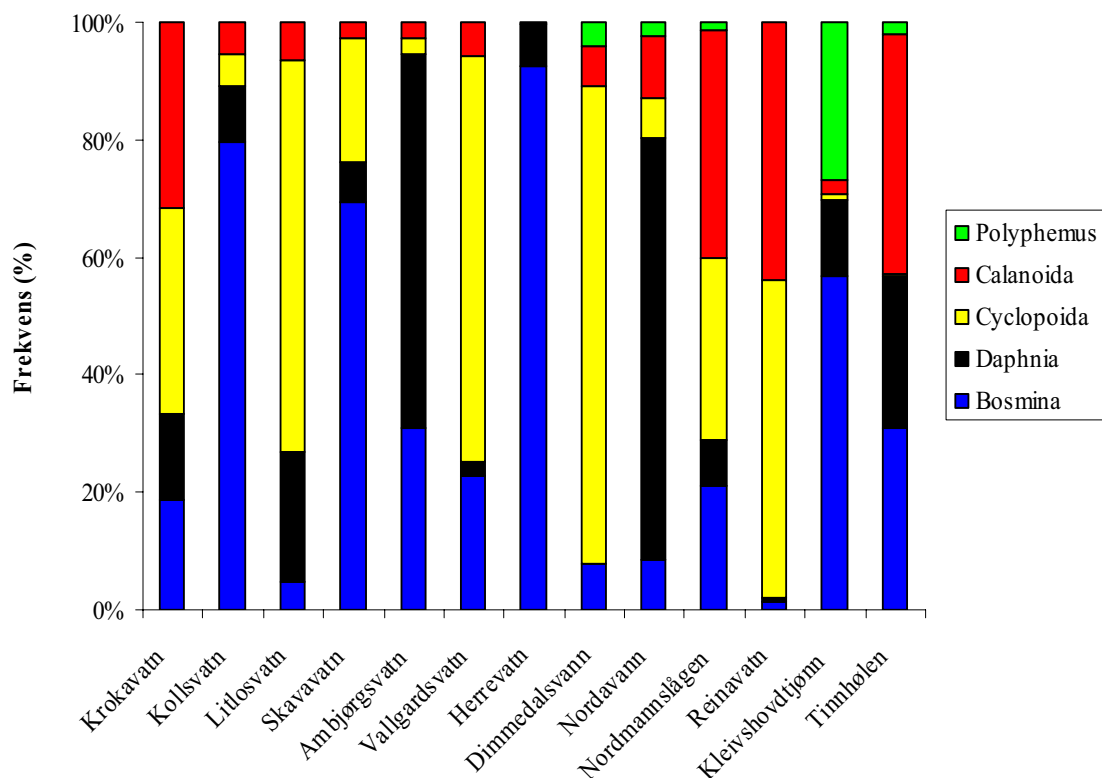


Figur 19. Antall individer av vannlopper og hoppekreps i planktontrekk tatt i perioden 20. juli- 5.august 2004. Vannene er ordnet med økende lengdegrad fra venstre mot høyre.

I de vestlige lokalitetene ble kun fire av fem næringsgrupper funnet (figur 20 og tabell 6). De fem gruppene var: *Polyphemus*, *Calanoida*, *Cyclopoida*, *Daphnia* og *Bosmina*. *Polyphemus* ble ikke funnet i de syv vannene som ble undersøkt i vest. Her dominerte hoppekreps og vannlopper, *Cyclopoida* var representert flest ganger og stod for 42 % av totalt antall dyr som ble funnet. *Bosmina* og *Daphnia* var også sterkt representert og sto for henholdsvis 33 og 13 % av det totale antallet dyr funnet.

I de østlige vannene var alle de fem næringsgruppene representert, og fordelingen i forhold til de vestlige vannene var noe annerledes (figur 24). Her ble *Bosmina* funnet i alle lokalitetene og sto for 53 % av det totale antallet dyr. *Daphnia* ble funnet i 6 av 7 østlige vann og

stod for 25 % av det totale antall dyr. Den tredje store gruppen i de østlige vannene var *Cyclopoida*, som ble funnet i alle vannene og stod for 11 % av alle dyr (figur 20).



Figur 20. Frekvens av zooplanktongrupper i planktontrekkene tatt i tidsrommet 20. juli- 5. august 2004 fra de ulike lokalitetene. Vannene er ordnet med økende lengdegrad fra venstre mot høyre.

Generelt var zooplankton i øst større enn i vest. *Bosmina* varierte fra 0,3 mm til 0,6 mm, *Daphnia* fra 0,5 til 2 mm, *Cyclopoida* fra 0,7 til 1,7 mm, *Calanoida* fra 0,7 til 1,8 mm og *Polyphemus* fra 1 til 1,2 mm i de fjorten lokalitetene som ble undersøkt (tabell 9).

Tabell 9. Gjennomsnittslengder (mm) med standardavvik for zooplankton tatt i tidsrommet 20. juli- 5. august 2004 fra alle lokaliteter. Vannene er ordnet etter økende lengdegrad.

Lokaliteter	<i>Bosmina</i>	<i>Daphnia</i>	<i>Cyclopoida</i>	<i>Calanoida</i>	<i>Polyphemus</i>
Krokavatn	0,6±0,1	1±0,1	0,7±0,1	0,7±0,3	
Kollsvatn	0,5±0,2	1±0,1	0,9±0,3	0,7±0,2	
Litlosvatn	0,5±0,1	0,8±0,3	0,9±0,2	0,8±0,2	
Skavatn	0,3±0,1	1±0,0	1,2±0,3	0,9±0,1	
Ambjørgsvatn	0,3±0,0	0,5±0,1	0,8±0,2	1,1±0,1	
Valgardsvatn	0,5±0,1	0,6±0,2	0,9±0,0	0,9±0,2	
Herrevatn	0,5±0,2	1,5±0,2	0,9±0,2	1,1±0,2	
Dimmedalsvatn	0,5±0,1		1,7±0,3	0,9±0,2	1±0,1
Nordavatn	0,6±0,1	1,4±1,0	1,3±0,2	1,5±0,2	1±0,6
Nordmannslågen	0,6±0,1	1,2±0,2	1,3±0,3	1,5±0,6	1,2±0,1
Reinavatn	0,6±0,3	0,9±0,6	1±0,1	1±0,2	
Kleivshovdtjern	0,6±0,3	1,2±0,3	1,2±0,2	1,8±0,4	1±0,2
Tinnhølen	0,6±0,1	2±0,6	1±0,2	1,6±1,0	1,1±0,5

Diskusjon

Veksten hos ørretunger er avhengig av abiotiske faktorer. Den viktigste faktoren er vanntemperaturen (Jensen *et al.* 2000). Denne bestemmer lengden på vekstsesongen, der optimal vekst ligger mellom 13 og 15 °C (Elliott og Hurley, 2001, L'Abèe- Lund *et al.* 1989), og nedre og øvre grense for vekst er henholdsvis 3,6 °C og 19,5 °C (Elliott *et al.* 1995, Elliott og Hurley 2001). Både høyde over havet og snømengde i april vil påvirke vanntemperaturen, som i sin tur er med på å bestemme ørretens vekst i samme område. I marginale habitater som på Hardangervidda, kan små endringer i temperaturen ha store konsekvenser for livshistorien, tilvekst og bestandsstørrelser for fisken og dens næringsdyr (Rognerud *et al.* 2003). Selv små klimaendringer vil derfor kunne gi store utslag på veksten til ørreten på Hardangerviddas vestlige og sentrale områder. Hvis klimamodellene for det neste tiåret blir en realitet, vil milde og fuktige vintre opptre oftere (Palmer og Räisänen 2002). Sør-Norge vil få økt nedbør og temperatur vinterstid, mens forandringene i sommertemperaturene ser ut til å bli beskjedne (Benestad 2000). Mesteparten av nedbøren om vinteren vil i høyfjellet trolig falle som snø (Borgstrøm 2001). De store snømengdene om vinteren vil da redusere den isfrie delen av året, og veksten til ørreten kan dermed bli redusert (Borgstrøm 2001). Hvis sommertemperaturene øker vil dette derimot kunne føre til en økt vekst.

Vi fant i en signifikant sammenheng mellom fiskelengde, høyde over havet og lengdegrad både i bekkene/elvene og i innsjøene. Det var også en signifikant sammenheng mellom fiskelengde, høyde over havet, lengdegrad og døgngrader både i bekkene/elvene og i innsjøene. Veksten var best i de østligste lokalitetene der høyden over havet var minst, og dårligst i de vestligste lokalitetene der høyden over havet var størst. Dette gjaldt både for ørretungene i bekkene/elvene og i innsjøene.

Dataene fra snømålingene som er gjort i området viser en trend med avtagende snømengder mot øst. Snømengde om våren korrelerer godt med tidspunkt for isløsningen på Litlosvatn, og ved store snømengder om våren kan årsveksten bli redusert med 50 % (Borgstrøm 2001). Det er ikke uvanlig at isen går flere uker tidligere i de østligste lokalitetene sammenlignet med de vestligste, noe som kan gi store utslag i en ellers kort vekstsesong. Det er rimelig å anta at temperaturøkningen i innsjøene henger sammen med tidspunkt for isløsningen, og at temperaturen i vekstsesongen derfor stiger raskest i de østligste lokalitetene. Dette støttes av tidligere undersøkelser av temperatur og snøforhold i 5 innsjøer på Hardangerviddas vestlige

og sentrale deler, som viste at oppvarmingsfasen i de vestlige innsjøene startet senere i innsjøene på Viddas sentrale områder. Temperaturene i disse innsjøene var gjennomgående lavere enn i innsjøene på Viddas sentrale område (Rognerud *et al.* 2003).

Temperaturen i Litlosvatn var gjennom hele vekstsesongen høyere enn i de andre lokalitetene. Det må imidlertid påpekes at alle de andre temperaturmålingene ble gjort i bekker og ikke i selve innsjøen. Slik er det ikke overraskende at temperaturen i Litlosvatn var høyest, da innsjøen er den lokaliteten som har lavest høyde over havet i tillegg til at innsjøer vil holde en høyere temperatur enn bekker (Jonsson og Sandlund, 1979 og Müller 1954).

Temperaturmålingene i bekkene viser en trend i materialet med økt temperatur mot øst. Dette til tross for at de to østligste bekkene vi har temperaturmålinger fra ligger mer enn 100 meter høyere over havet enn de tre vestlige. Vi ser at temperaturøkningen tidlig i sesongen øker hurtigere i disse bekkene enn de tre vestlige. Dette kan, som tidligere nevnt, forklares med at snømengden om våren er mindre, slik at isen går tidligere i disse lokalitetene. Senere på sommeren har de fem bekkene liten temperaturvariasjon seg imellom. De siste to ukene viser imidlertid de østligste bekkene betydelig lavere temperatur sammenlignet med de vestligste, noe som da kan forklares med at de ligger betydelig høyere over havet.

Lav vekst i perioder der temperaturen ikke er optimal, kan gi seg utslag i kompensatorisk vekst når vekstforholdene blir bedre (Wilson og Osbourn 1960, Dobson og Holmes 1984, Nicola og Almodovar 2004). Fisk som har blitt utsatt for lave vanntemperaturer vil få en hurtigere vekst under optimale temperaturforhold enn de ørretungene som har vært utsatt for stabilt gunstige temperaturer (Jensen 1990, Jobling *et al.* 1993, Jobling og Koskela 1996). Kombinert med den korte vekstsesongen, kan dette forklare at veksten gjennom sesongen er mye høyere enn det som er forespeilet i modellene utviklet for optimal veksttemperatur (Elliott 1975). Elliott (1994) fant at kompensatorisk vekst kunne være 115-175% over maksimal predikert vekst, selv ved lav temperatur og med dårlig mattilbud. Nicola og Almodovar (2004) fant at veksten ved optimal temperatur på 13,1 °C, var svært forskjellig for ulike populasjoner. Elliott (1994) forklarer vekstforskjeller ved samme temperaturer i Norge og England, med ulik daglengde og breddegrad, noe som også blir støttet av Wetzel (1983). Andre studier viser at 80 % av veksten kan forklares ved hjelp av miljømessige forhold (Jensen *et al.* 2000).

I Skavatn er det vist at sterke årsklasser opptrer syklisk hvert tredje år (Borgstrøm *et al.* 1992). Trenden generelt er at år med relativt lite snø etterfulgt av varme somre, gir opphav til sterke årsklasser (Borgstrøm og Museth 2002). Dersom reproduksjonen i det foregående år i tillegg var lav, vil dette kunne gi årsklassen en ytterligere styrke idet den intraspesifikke konkurransen mellom årsklasser da er liten. Dette var tilfellet på store deler av Hardangervidda i 1997 (Rognerud *et al.* 2003), da årsklassen var spesielt sterk.

I vårt materiale var toåringene (2002-årsklassen) helt dominerende i fangstene både i bekkene/elvene og i innsjøene. Disse utgjorde 160 av totalt 289 individer (tabell xx og vedlegg), og er trolig en ny sterk årsklasse (Borgstrøm og Museth i manus). Antall treåringene (2001-årsklassen) var veldig lavt med kun 22 individer. Dette kan ha vært med på å øke 2002-årsklassens styrke, grunnet lav intraspesifikk konkurranse mellom årsklassene som tidligere omtalt. Antall ettåringene (2003-årsklassen) i vårt materiale var også lavt med totalt 31 individer. Dette kan skyldes liten overlevelse på 0+ stadiet for denne årsklassen, med lav vekst første sommeren og stort energitap gjennom vinteren (Borgstrøm og Museth 2002), noe som er dokumentert for andre fiskearter (Post og Evans 1989, Thompson *et al.* 1991). Den høye tettheten av individer fra 2002-årsklassen har nok også påvirket 2003-årsklassens styrke i negativ retning. At det er en høy tetthet av 2002-årsklassen i omtrent alle lokaliteter, samt at mange andre årsklasser er svake eller fraværende, uavhengig av størrelsen på gytebekken, er en sterk indikasjon på at de samme regulerende abiotiske faktorene opererer over hele området. Det er også en indikasjon på at denne årsklassen har hatt konkurranseforhold av omtrent samme størrelsesorden uavhengig av lokalitet. Derfor var 2002-årsklassen i vårt materiale god til å sammenligne veksten i området.

Fangbarheten til ørretunger er svært lav i vann med lav konduktivitet, men øker med økt fiskelengde (Borgstrøm og Skaala, 1993). En kan derfor forvente at 2002-årsklassen på grunn av sin størrelse er noe overrepresentert i vårt materiale. Imidlertid vil en stor andel av den større fisken oppholde seg på dypere vann i innsjøene, slik at de ikke kan fanges med elektrofiskeapparat.

Stor tetthet av individer kan begrense veksten hos ørret ved intraspesifikk konkurranse både mellom og innad i årsklasser (Klemetsen *et al.* 2003). Den årlige tilveksten til den sterke 1997-årsklassen i Krokavatn var god til og med år 2002 med unntak av 2000-sesongen da det lå spesielt mye snø utover sommeren, og veksten stagnerte først i 2003 (Borgstrøm og Dokk

2004). Den sterke 1997-årsklassen hadde derfor god vekst de 5 første leveårene, med vekststagnasjon på det 6. året. Selv om det kan være en betydelig forskjell i tettheten av individer i de ulike lokalitetene, vil nok ingen lokaliteter oppnå så store tettheter at veksten på ungfiskstadiet vil påvirkes nevneverdig. At det oppstår sterke årsklasser med jevne mellomrom, vil nok bare kompensere for år med manglende rekruttering (Wootton 1999). Bestandene på Hardangervidda vil derfor være dynamiske, i kontinuerlig endring, og tettheten vil først begrense veksten på eldre årsklasser hvis flere sterke årsklasser opptrer hyppigere (Rognerud *et al.* 2003).

Antall individer i bunndyrprøvene avtok fra vest mot øst, mens antall dyregrupper i prøvene så ut til å øke. Dette gjenspeiles i mageprøvene som viste en mer variert sammensetning i de østlige lokalitetene sammenlignet med de vestlige. De vestlige lokalitetene var dominert av fjærmygg, fåbørstemark og midd. At antall individer i bunndyrprøvene gikk ned fra vest mot øst, kan skyldes de ulike arters klekketidspunkt. Fjærmygg var dominerende både som tilbud og i mageprøvene i de vestlige lokalitetene og klekker tidlig på sesongen. Det kan også gi store utslag at det gikk to uker mellom undersøkelsene i første og siste lokalitet.

At antall dyrearter var størst i de østlige lokalitetene støttes av Weckström (1997), som fant at økende antall dyrearter i innsjøer korrelerte med økende temperatur. Det er vel derfor i første rekke lengden på vekstsesongen som forklarer de store forskjellene i bunnprøvene. Mangfoldet av arter kan forklare at veksten er bedre i dette området, når vi vet at ørreten er en opportunist i sitt fødevalg (Haralstad *et al.* 1987), selv om de til tider kan være svært selektive (Irvine og Northcote 1982). Andre studier viser at variasjon i vekst hos ørret i hovedsak skyldes variasjon i mattilgang og temperatur (Elliott *et al.* 1995). Størrelsen på næringsdyrene er også avgjørende for veksten (Wootton 1999).

Både mengden zooplankton og størrelsen på individene økte mot øst. Zooplankton er kanskje bedre som sammenligningsmateriale, da de antas å variere mindre i de to ukene vi gjorde undersøkelsene. Selv om mageprøvene i vårt materiale viste konsum av både hoppekreps og vannlopper i de østlige lokalitetene, vil dette ikke påvirke tettheten av zooplanktonet i de frie vannmassene, da ørretunger kun oppholder seg i littoralen (Borgstrøm *et al.* 1992). Tidligere studier har vist at zooplankton kan utgjøre en viktig del av dietten til ørret, særlig utover høsten (Klemetsen 1967). Mengden zooplankton kan derfor forklare vekstforskjellene direkte.

Dodson (1988) fant at mye zooplankton kan indikere tynn fiskebestand, men at det også kan skyldes god næringstilgang. Begge disse tilfellene vil være gunstige for vekst hos ørret. Nå er det lite som tyder på at det er tynnere bestand i de østlige lokalitetene, da vi tidligere indikerte at de samme regulerende abiotiske faktorene opererte over hele området. Derfor vil det være naturlig å anta at det er bedre næringstilgang som er hovedårsaken til den høye tettheten av zooplankton. Økt næringstilgang kan i noe grad tilskrives økt lengde på fotosyntesen i øst sammenlignet med vest. Dette fordi fytoplankton er viktig føde for zooplankton.

Tidligere studier i høyfjellet viser at det ikke er vanlig at allopatriske ørretbestander spiser store mengder vannlopper i vann med rik bunnfauna (Aass 1969). At særlig *daphnia* og hoppekreps viser større gjennomsnittslengder og at vi får inn *polyphemus* i de østlige lokalitetene, tyder på at det er et større beitepress på zooplankton i de vestlige lokalitetene. Det er tidligere vist at ørret ikke spiser zooplankton under 1 millimeter (Jonsson 1987), og det stemmer godt overens med materialet vårt som viser zooplanktonstørrelser under 1 mm i de fleste vestlige lokaliteter.

Materialet vårt viser en signifikant sammenheng mellom totalt antall vekstringer i skjellene og fiskelengden, et funn som støttes av Skurdal og Andersen (1985). Det er en signifikant sammenheng mellom antall vekstringer dannet i hver vekstsesong (2002, 2003 og 2004), høyde over havet og lengdegrad. Dersom vi i tillegg tar med døgngader som variabel i den multiple regresjonsanalysen, finner vi signifikant sammenheng mellom antall vekstringer dannet i 2002 og 2003, høyde over havet, lengdegrad og døgngader. Sammenhengen er ikke signifikant for 2004-sesongen. Dette er imidlertid ikke uventet, da elektrofisket ble utført i månedsskiftet juli-august, og vekstsesongen for 2004 dermed ikke var avsluttet. At det var 15 dager mellom fisket i første og siste lokalitet kan også være med på å påvirke resultatet.

Gunnerød (1966) viste at ørret som hadde en lengdevekst mindre enn 1,0- 1,5 cm i året ikke formet annuli fra årets vekst. Slik ser vi at bruk av skjell til aldersbestemmelse kan gi en underestimering av fiskens alder, da dannelse av vekstsoner (annuli) avhenger av en tilstrekkelig årlig tilvekst. I vårt materiale kunne en slik underestimering spesielt ha vært tilfelle i vest, hvor veksten er dårligst, men også i øst ved snørike vintre og lav sommertemperatur. Vintersonen i skjellene ble imidlertid kontrollert ved å undersøke de korresponderende otolittene, slik at feilaktig aldersbestemmelse ble mindre sannsynlig.

Skjell først dannet i 2. vekstsesong, eller eventuelt så sent første sesong at det ikke avsettes vekstringer i den første vekstsesongen, kjennetegnes ved at de har en større sentralplate enn skjell dannet 1. vekstsesong. På de undersøkte ett- og toåringene var det flest skjell som hadde dannelse av 1. vintersone på partiet mellom fettfinnen og ryggfinnen (88 %). Over halvparten (55 %) av skjellene på partiet mellom halefinnen og fettfinnen hadde 1. vintersone og 27 % av skjellene på partiet under ryggfinnen. De to minste fiskene i materialet, henholdsvis 4,3 og 4,8 cm, var ettåringer uten skjelldannelse på det fremre partiet. Slik ser vi at av de tre undersøkte områdene på fisken, dannes det først skjell på partiet mellom fettfinnen og ryggfinnen, deretter mellom halefinne og fettfinnen og til slutt under ryggfinnen. Dette støttes av Dannevig og Høst (1931), som viste at skjell fra partiet foran ryggfinnen på fisken kunne mangle 1.vintersone sammenlignet med skjell lenger bak på fisken, der 1. vintersone var til stede i skjellene.

På årsyngelen (0+), som varierte i størrelse fra 2,3 til 3,6 cm, ble det ikke funnet skjelldannelse noen steder på fisken. Fraværet av skjell hos årsyngelen samt på det fremre partiet hos de minste ettåringene, tyder på at dannelse av skjell hos ørreten i de undersøkte lokaliteter ikke forekommer før fisken når en størrelse på omtrent 4 cm. Dette er i overensstemmelse med tidligere studier, der ørret i vestlige deler av Norge dannet skjell ved en lengde på 4,0-4,1 cm (Jonsson 1976) og i nordlige områder ved en lengde på 3,2-3,8 cm (Jensen og Jonsson 1982). På røye (*Salvelinus alpinus*) blir skjell dannet når fisken er 5,7-6,0 cm (Nordeng 1961), og på bekkerøye (*Salvelinus fontinalis*) når den er 3,5-4,2 cm (Cooper 1951).

Konklusjon

Veksten til ørretunger i vestlige og sentrale deler av Hardangervidda (i Ullensvang og Eidfjord Statsallmenning) varierer betydelig. Akkumulert snømengde om våren avtar fra vest mot øst, og isen går opp til flere uker tidligere i de østlige områdene. Vekstsesongen i disse områdene blir derfor tilsvarende lengre. Ved økende høyde over havet faller lufttemperaturen, og tilsvarende temperaturen i innsjøene i samme område. Disse faktorene forklarer i stor grad vekstvariasjonene. Materialet vårt viser at den hurtigste veksten forekommer i de østligste lokalitetene der høyden over havet er minst. Her har fisken lengst vekstsesong med gunstigst vanntemperatur.

Det er en klar sammenheng mellom fiskelengde og antall vekstringer i skjellene.

Veksten til ørretungelen på Hardangervidda kan i enkelte tilfeller være så lav at det i 1. vekstsesong ikke dannes skjell i det hele tatt, eller at det bare dannes skjell på deler av fisken. Skjell dannet 1. vekstsesong identifiseres ved at de har en større sentralplate enn skjell dannet 2. vekstsesong. Studiet vårt viser at ørretungene først danner skjell på partiet mellom fettfinne og ryggfinne. De fleste av skjellene på dette partiet er dannet i fiskens 1. vekstsesong. Ser vi på skjell fra fiskens fremre og bakre parti, er færre av skjellene her dannet i 1. vekstsesong. Ved aldersbestemmelse er det derfor viktig å bruke skjell fra fiskens midtre parti i bestemmelse av fiskens alder. Hvis dette ikke gjøres, vil alderen selv på ung fisk kunne bli satt for lav, og veksten første sommer bli satt for høy, dersom første vintersone mangler. Dette gjelder trolig også i andre områder der veksten de første årene til ørretunger er lav.

Litteraturliste

- Aass, P.** 1969. Crustacea, especially *Lepidurus arcticus* Pallas, as brown trout food in Norwegian mountain reservoirs. - Rep. Ins. Freshw. Res. Drottningholm 49: 183-201.
- Aass, P.** 1972. Age determination and year-class fluctuations of cisco, *Coregonus albula* L, in the Mjøsa hydroelectric reservoir, Norway. - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 52: 5-22.
- Abrahamsen, J.** 1971 -I Hardangervidda, naturvern- kraftutbygging.
- Universitetsforlaget, Oslo. 117s.
- Alword, W.** 1954. Validity of age determinations from scales of brown trout, rainbow trout and brook trout. - Trans. Am. Fish. Soc 83: 91-103.
- Anon.** 1974. Hardangervidda Natur.Kulturhistorie-Sammfunnsliv. - NOU 1974 (30B). 352s.
- Benestad, R.** 2000. Future climate scenarios for Norway based on empirical downscaling and inferred directly from AOGCM results. - DNMI Klima 23: 1-127.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T. G., Rasmussen, G. & Saltveit, S. J.** 1989. Electrofishing- theory and practice with special emphasis on salmonids. - Hydrobiologia 173: 9-43.
- Borgstrøm, R.** 1973. Spredning av ørekyt. - Jakt- Fiske- Friluftsliv. 102(12): 28-29.
- Borgstrøm, R.** 1991. Fiskets innvirkning på rekruttering i aurebestander. - FAGINFO, Statens fagtjeneste for landbruket 23: 239-244.
- Borgstrøm, R.** 2000. Alder, vekst og dødelighet.-I: Borgstrøm, R. og Hansen, L.P. Fisk i ferskvann. Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning. - Landbruksforlaget, Oslo: 179-193.
- Borgstrøm, R.** 2001. Relationship between spring snow depth and growth of brown trout, *Salmo trutta*, in an alpine lake: Predicting consequences of climate change.
- Arctic, Antarctic and Alpine Research 33: 476-480.
- Borgstrøm, R. og Skaala, Ø.** 1993. Size-dependent catchability of brown trout and Atlantic salmon parr by electrofishing in a low conductivity stream. - Nordic Journal of Freshwater Research 68: 14-21.
- Borgstrøm, R og Museth, J.** 2002. Snow and temperatures in high mountain areas: impact of climate on recruitment to brown trout populations. - I: Museth, J. 2002. Dynamics in European minnow *Phoxinus phoxinus* and brown trout *Salmo trutta* populations in mountain habitats: effects of climate and inter- and intraspecific interactions. Doctor scientiarum theses. Agricultural University of Norway.
- Borgstrøm, R. og Dokk, J.G.** 2004. Auren i Krokavatn, Skavatn, Ambjørgsvatn og Grøndalsvatna. Aurebestander i Ullensvang Statsallmenning. - Faktaark (2)3: 6s.

Borgstrøm, R og Museth, J. Accumulated snow and summer temperature- critical factors for recruitment to high mountain populations of brown trout (*Salmo trutta L.*). - I manus.

Borstrøm, R., Heggenes, J. og Northcote, T.G. 1992. Regular, cyclic oscillations in cohort strength in an allopatric population of brown trout, (*Salmo trutta L.*). - Ecology of Freshwater Fish 2: 1-8.

Brabrand, Å., Kostler, A.G. og Borgstrøm, R. 2002. Lake spawning of brown trout related to groundwater influx. - Journal of Fish Biology 60: 751-763.

Chugunova, N. I. 1963. Age and growth studies in fish. - National Science foundation, Washington. 132s.

Cooper, E. L. 1951. Validation of the use of scales of Brook trout, *Salvelinus fontinalis*, for age determination. - Copeia 2: 141-148.

Dahl, K. 1910. Alder og vekst hos laks og ørret belyst ved studiet ved deres skjæl. - Centraltrykkeriet, Kristiania. 110s.

Dahl, K. 1917. Studier og forsøk over ørret og ørretvand. - Centraltrykkeriet, Kristiania. 115s.

Dannevig, A. 1928. Om dannelsen av ørringer i lakseungenes skjell. - Nor. Jæg.-og Fisk. Foren. Tidsskr 57: 301-309.

Dannevig, A., og Høst, P. 1931. Sources of error in computing L1- L2 etc. from scales taken from different parts of the fish. - J. Cons. Int. Explor. Mer. 6: 64-93.

Dodson, S.I. 1988. The ecological role of chemical stimuli for the zooplankton: Predator-avoidance behaviour in Daphnia. - Limnology and Oceanography 33: 1431-1439.

Dobson, S.H. og Holmes, R.M. 1984. Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. - Journal of Fish Biology 25: 649-656.

Elliott, J.M. 1975. The growth rate of brown trout (*Salmo trutta L.*) fed on maximum rations. - Journal of Animal Ecology 44: 805-821.

Elliott, J.M. 1979. Some methods for the statistical analyses of samples of benthic invertebrates. - Freshwater Biological Association. 160s.

Elliott, J.M. 1994. Quantitative Ecology and the brown trout. - Oxford University Press, Oxford. 286s.

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

Elliott, J.M., Hurley, M.A. og Fryer, R.J. 1995. A new, improved growth model for brown trout, *Salmo trutta L.* - Functional Ecology 9: 290-298.

Gunnerød, T. 1966. Dannelse av annuli i skjell og tilvekst hos ørret (*Salmo trutta L*) I et overbefolket myr vann i det sørlige Norge. - Unpublished thesis, Zool. Inst. Univ. i Oslo.

Haraldstad, Ø., Jonsson, B., Sandlund, O.T. og Schei, T.A. 1987. Lake effect on stream living brown trout (*Salmo trutta L*). - Arch. Hydrobiol 109: 39-48.

Huitfeldt-Kaas, H. 1927. Studier over aldersforhold og veksttyper hos norske ferskvannsfisker. - Nationaltrykkeriet, Oslo. 359s.

Javri, T. H. og Menzies, W. J. 1936. The interpretation of zones on scales of salmon, sea trout and brown trout. - Rapp. P.-v. Reun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer 97: 1-63.

Jensen, A.J. 1990. Growth of young migratory brown trout *Salmo trutta* correlated with water temperature in Norwegian rivers. - Journal of Animal Ecology 59: 603-614.

Jensen, A.J. og Johnsen, B.O. 1982. Difficulties in aging Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) from cold rivers due to lack of scales as yearlings. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 321-325.

Jensen, A.J., Forseth, T. og Johnsen, B.O. 2000. Latitudinal variation in growth of young brown trout *Salmo trutta*. - Journal of Animal Ecology 69: 1010-1020.

Jobling, M. og Koskela, J. 1996. Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in a subsequent period of compensatory growth. - Journal of Fish Biology 49: 658-667.

Jobling, M., Jørgensen, E.H. og Siikavuopio, S.I. 1993. The influence of previous feeding regime on the compensatory growth response of maturing and immature Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. - Journal of Fish Biology 43: 409-419.

Jonsson, B. 1976. Comparison of scales and otoliths for age determination in brown trout, *Salmo trutta L*. - Norwegian Journal of Zoology 24: 295- 301.

Jonsson, B. 1987. Aure. -I: Borgstrøm, R. og Hansen, L.P. (red.). Fisk I ferskvann-Økologi og ressursforvaltning. - Landbruksforlaget, Oslo: 66-78.

Jonsson, B. og Sandlund, O. T. 1979. Environmental factors and life histories of isolated river stocks of brown trout (*Salmo trutta L m. fairo*) in Søre Osa river system, Norway. - Env. Biol. Fish 4: 43-54.

Klemetsen, A. 1967. On the feeding habitats of the population of brown trout (*Salmo trutta L*) in Jølster vann, west Norway. - Nytt Magasin for Zoologi (Oslo) 15: 50-67.

Klemetsen, A. P., Amundsen, A., Dempson, J.B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M.F. og Mortensen, E. 2003. Atlantic salmon, brown trout and Arctic char: a review of aspects of their life histories. - Ecology of Freshwater Fish 12: 1-59.

- L'Abèe-Lund, J.H., Jonsson, B., Jensen, A.J., Sættem, L.M., Heggeberget, T.H., Johnson, B.O. og Næsje, T.F.** 1989. Latitudinal variation in life-history characteristics of sea-run migrant brown trout, *Salmo trutta*. - J. Anim. Ecol 58: 525-542.
- Lea, E.** 1910. On the methods used in herring investigations. - Publs. Circonst. Cons. Perm. Int. Ecol 1: 279-300.
- Lee, R. M.** 1920. A review of the methods of age and growth determination in fishes by means of scales. - Fish. Invest. Lond (Ser. 2.): 1-32.
- Levington, J.S.** 1983. The latitudinal compensation hypotheses: growth data and a model of latitudinal growth differentiation based upon energy budgets. I. Interspecific comparison of Ophryotrocha (polycheta: Dorvilleidae). - Biological Bulletin (Woods Hole) 165: 686-698.
- Lillehammer, A. og Brittain, J. E.** 1978. The invertebrate fauna of the streams in Øvre Heimdalen. - Holarctic Ecology 1: 271-276.
- Müller, K.** 1954. Investigations on the organic drift in North Swedish streams. - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 35: 133-148.
- Nicola, G.G. og Almodovar, A.** 2004. Growth pattern of stream dwelling brown trout under contrasting thermal conditions. - Trans. Am. Fish. Soc 133(1): 66-78.
- Nordeng, H.** 1961. On the biology of char in Salangen, North Norway. I. Age and spawning frequency determined from scales and otoliths. - Nytt Magasin for Zoologi (Oslo) 10: 67-123.
- Palmer, T.N. og Räisänen, J.** 2002. Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate. - Nature 415: 512-514.
- Post, J.R. og Evans, D.O.** 1989. Size-dependent overwinter mortality of young-of-the-year yellow perch (*Perca flavescens*): laboratory, in situ enclosure, and field experiments. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 46: 1958-1968.
- Reimers, N.** 1979. A history of a stunted brook trout population in an alpine lake: A lifespan of 24 years. - California Fish and Game 65: 196- 215.
- Ricker, W.E.** 1979. Growth rates and models. -I: Hoar, W. S., Randall, D.J. og Brett, J.R. (red.), Fish Physiology 8. - Bioenergetics and growth. Academic Press, New York: 677-743.
- Rognerud, S., Borgstrøm, R., Qvenild, T. og Tysse, Å.** 2003. Ørreten på Hardangervidda. Næringsnett, kvikksølvinnhold, ørekytspredning og klimavariasjoner – følger for fiske og forvaltning. - NIVA Rapport LNR 4712. 68s.
- Skage, O.R.** 1971. -I Hardangervidda, Naturvern- kraftutbygging. Universitetsforlaget, Oslo. 117s.
- Skurdal, J. og Andersen, R.** 1985. Influence on temperature on number of circuli of year scales of brown trout (*Salmo trutta* L.). - Journal of Fish Biology 26: 363-366.

- Sneider, B.** 2000. Spawning microhabitat selection by brown trout in the Linthcanal, a mid-sized river. - *Journal of Freshwater Ecology* 15: 181-187.
- Sterten, A.K.** 1974. Hardangerviddas klima. I: NOU 30B: Hardangervidda: Natur- Kulturhistorie- Samfunnsliv. - Universitetaforlaget, Oslo: 32-34.
- Strand, T.** 1971. -I Hardangervidda, Naturvern- kraftutbygging 1971. - Universitetforlaget, Oslo. 117s.
- Sømme, I. D.** 1941. Ørretboka. Ørretfiske, ferskvannsfiske, fiskekultur. - Jacob Dybwads forlag, Oslo. 591s.
- Thompson, J.M., Bergersen, E.P., Carlson, C.A. og Kaeding, L.R.** 1991. Role of size, condition, and lipid content in the overwinter survival of age-0 Colorado Squawfish. - *Trans. Am. Fish. Soc* 120: 346-352.
- Utåker, K.** 1971.-I Hardangervidda, Naturvern- kraftutbygging 1971. - Universitetforlaget, Oslo. 117s.
- Weckström, J., Korhola, A. og Blom, T.** 1997. The relationship between diatoms and water temperature in thirty subarctic Fennoscandian lakes. - *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 29 (1): 75-92.
- Wetzel, R.G.** 1983. *Limnology*, Second ed. -Saunders College Publishing, Fort Worth. 176s.
- Wilson, P.N. og Osbourn, D.F.** 1960. Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. - *Biological Reviews* 37: 324-363.
- Wootton, R.J.** 1999. Regulation of fish populations and the stock-recruitment relationship, 238-257. -I *Ecology of Teleost Fishes.* – Second ed. Kluwer Academic Publishers.
- Ås, B.** 1971. -I Hardangervidda, Naturvern- kraftutbygging 1971. -Universitetforlaget, Oslo. 117s.

Vedlegg 1. Oversikt over antall fisk og gjennomsnittslengder for fiskene tatt ved elektrofiske i perioden 20. juli- 5. august 2004 fra hver lokalitet, både fra vann og elver/bekker.

Lokaliteter/Alder	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+
Krokavatn						1		2	
gj. lengder						16,4		15,9	
Krokavassbekk	5	2	7			2		4	
gj. lengder	2,5	4,6	8,3			15,0		17,4	
Kollsvatn			11						
gj. lengder			10,0						
Midtre Grøndalsvatn			8	3		4		1	
gj. lengder			8,5	14,0		15,6		21,1	
Grøno			17	1		2	1		
gj. lengder			8,2	11,3		15,4	19,6		
Litlosvatn		1	20	3	1	1			
gj. lengder		6,5	9,4	12,6	13,0	17,3			
Litloselva	2	3	7	4				1	
gj. lengder	2,4	5,4	8,0	10,7				18,3	
Skavatn			9	1					
gj. lengder			8,3	9,8					
Skavassbekk			10	3				3	
gj. lengder			8,9	12,9				16,7	
Ambjørghvatn			9	1					
gj. lengder			10,5	15,0					
Ambjørghsbekk			10						
gj. lengder			9,8						
Nedre Valgardsvatn			4			1	2	1	1
gj. lengder			9,1			16,0	21,5	21,7	23,5
Valgardsbekk			10						
gj. lengder			8,2						
Herrevatn			4					1	
gj. Lengder			9,6					22,3	
Herrevassbekk	7		8	1					
gj. Lengder	2,8		9,2	11,6					
Dimmedalsvatn				1	1	1		1	
gj. Lengder				12,4	15,1	22		19,0	
Dimmedalsbekk	2	5	2	2					
gj. Lengder	2,8	6,2	10,5	13,9					
Nordavatnet		3	8						
gj. Lengder		7,5	11,1						
Nordavassbekk	8	1	4	1					
gj. Lengder	3,3	6,8	10,9	10,1					
Nordmannslågen	5	8	2	1	1				
gj. Lengder	2,5	5,7	9,1	13,3	17,0				
Bessoelva	3	7	2						
gj. Lengder	2,6	6,1	9,6						
Reinavassbekk			1		1				
gj. Lengder			10,8		15,6				
Kleivshovdtjønn			4		3	2	1		
gj. Lengder			13,9		20,6	24,5	30		
Snero	3	1	4		1				
gj. Lengder	3,6	9,4	13,2		18,6				