

Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

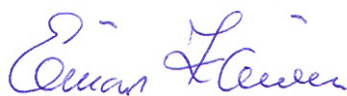
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Innsjøgytende aure Langtidseffekter av forsuring og kalkingstiltak på rognoverlevelse og rekruttering i Store Hovvatn og Vegår, Aust-Agder	Løpenr. (for bestilling) 5480 - 2007	Dato 05.09.07
	Prosjektnr. Undernr. O-27238	Sider Pris 64
Forfatter(e) Bjørn T. Barlaup (LFI-Unifob) Einar Kleiven	Fagområde Kalking	Distribusjon
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for naturforvaltning	Oppdragsreferanse Roy Langåker
---	-----------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Rapporten er basert på undersøkelser i de to kalkede innsjøene Store Hovvatn og Vegår som begge har en innsjøgytende bestand av aure. Resultatene viser at kombinasjonen av grunne gyteområder (ca 1m dyp) i strandsonen og avrenning av svært surt vann under isen (pH < 5,0) fører til svært lav rognoverlevelse. Denne effekten reduserer fiskens gytesuksess dramatisk og gjør de innsjøgytende bestandene svært utsatt for forsuring. Utlegging av kalkgrus på gyteområdene i begge innsjøene har hatt en markert positiv effekt på rognoverlevelsen som varer i minst 10 år. Utlegging av kalkgrus er derfor en effektiv strategi for å styrke rekrutteringen til innsjøgytende aurebestander truet av forsuring. I Store Hovvatn førte terrengkalkingen i 1999 med stor sannsynlighet til den markerte økningen i rognoverlevelse som ble registrert i årene 2002-2004. Deretter har overlevelsen avtatt fram til 2007, noe som trolig gjenspeiler en avtagende vannkjemisk og biologisk effekt av terrengkalkingen.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aure 2. Innsjøgyting 3. Forsuring/kalking 4. Aust-Agder 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Brown trout 2. Lake spawning 3. Acidification/liming 4. Aust-Agder
--	---



Einar Kleiven
Prosjektleder



Trond Rosten
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

ISBN 978-82-577-5215-6

Innsjøgytende aure

**Langtidseffekter av forsuring og kalkingstiltak på
rognoverlevelse og rekruttering i Store Hovvatn og
Vegår, Aust-Agder**

Forord

Denne rapporten er basert på undersøkelser av gytegroper og rekruttering til dei innsjøgytande aurebestandane i dei to kalka innsjøane Store Hovvatn og Vegår i Aust-Agder. Oppdragsgjevar for kalkingsaktiviteten i dei to innsjøane har vore Direktoratet for naturforvaltning (DN). For det som er gjort i Store Hovvatn, og for den delen som gjeld rognoverlevinga i Vegår, er arbeida finansiert av avsette forskningsmidlar. Prøvefiske i Vegår er derimot finansiert ved overvåkingsmidlar. I tillegg er det i båd innsjøane lagt inne ein betydelig eigeninnsats frå LFI-Unifob og NIVA.

Ved oversending av årsrapportane frå dei to innsjøane for 2006, vart vi forspurde av DN om vi kunne samanstill dataene frå Store Hovvatn og Vegår i ein eigen rapport. I tillegg til samanstillinga av alle rogn data frå Store Hovvatn og Vegår i denne rapporten, har vi tatt med sentrale data frå prøvefiske i dei to innsjøane.

Vi takkar Direktoratet for naturforvaltning for finansieringa av dei to prosjekta gjennom mange år, og for initiativet med å samanstill dataene i denne rapporten. Vi vil også få takke Jarle Håvardstun, NIVA, som trufast har deltatt på prøvefiske i dei to innsjøane i mange år. Mette C. Lie blir takka for grundig korrekturlesing. Dessutan takk til Atle Hindar og Øyvind Kaste for bruk av upubliserte kjemidata, og til Liv Bente Skancke for hjelp med å finne fram dei supplerande kjemidataene.

Grimstad, 5. september 2007

Einar Kleiven

Innhold

Sammendrag	8
Summary	10
1. Innledning	11
2. Innsjøgytende aure – en undervurdert gytestrategi	12
2.1 Definisjon av innsjøgyting	12
2.2 Kartlagt på landsbasis	12
3. Omtale av innsjøene Store Hovvatn og Vegår i Aust-Agder	14
3.1 Store Hovvatn	14
3.2 Vegår	17
3.2.1 Fiskedød og forsuringsskader	20
4. Undersøkelser i Store Hovvatn	21
4.1 Bakgrunn	21
4.2 Materiale og metoder	21
4.2.1 Vannkjemi	21
4.2.2 Utsetting av fisk og prøvefiske	22
4.2.3 Rognoverlevelse	22
4.2.4 Utlegging av skjellsand og kalkgrus på gyteområder	22
4.2.5 Karakterisering av gytesubstrat	22
4.3 Resultater og diskusjon	23
4.3.1 Vannkjemi	23
4.3.2 Vannkjemi under isen	23
4.3.3 Terrengkalkingen i 1999	25
4.3.4 Rognoverlevelse i gytegroper lagt i naturlig grus og i utlagt kalkgrus	25
4.3.5 Uheldig effekt av utlegging av skjellsand	34
4.3.6 Prøvefiske - fangst pr. garninnsats (CPUE)	35
4.3.7 Fra utsettinger til en selvrekrutterende bestand	36
4.3.8 Endring i lengdefordeling og kondisjonsfaktor	37
4.3.9 Aldersfordeling	37
4.3.10 Årsklassestyrke	38
4.3.11 Sammenligning av tilveksten	40
4.4 Etablering av en selvreproduserende bestand i Store Hovvatn	40
5. Undersøkelser i Vegår	42
5.1 Bakgrunn	42
5.2 Materiale og metoder	42
5.2.1 Vannkjemi	42
5.2.2 Rognoverlevelse	42
5.2.3 Utlegging av kalkgrus på gyteområder	42
5.2.4 Karakterisering av gytesubstrat	42
5.2.5 Prøvefiske	42
5.3 Resultater og diskusjon	43

5.3.1 Vannkjemien i Vestfjorden og Nordfjorden	43
5.3.2 Vannkjemien i Mosbukta og utløpet av Vegår	43
5.3.3 Vannkjemien under isen	45
5.3.4 Rognoverlevelse i strandsonen	45
5.3.5 Økt rognoverlevelse i utlagt kalkgrus	52
5.3.6 Prøvefiske - fangst pr. garninnsats (CPUE)	54
5.3.7 Fordeling av fiskeartene i strandsonen	56
5.3.8 Aldersfordeling	57
5.3.9 Årsklassestyrke	57
5.3.10 Sammenligning av tilveksten	59
6. Samlet vurdering og anbefalinger	60
6.1 Vurdering av resultatene fra Store Hovvatn og Vegår	60
6.2 Anbefalt metode for utlegging av kalkgrus for innsjøgytende aure	61
7. Litteratur	62

Sammendrag

Store Hovvatn og Vegår er to innsjøer i Aust-Agder hvor det har vært gjennomført omfattende undersøkelser av effekter av forsuring og kalking på vannkjemi og biologi. I Store Hovvatn døde den opprinnelige innsjøgytende aurebestanden ut som følge av forsuring tidlig på 1920-tallet. Etter at innsjøen ble kalket i 1981 ble bestanden reetablert ved utsetting av innsjøgytende aure fra Byglandsstammen. I Vegår ble den opprinnelige bestanden derimot reddet fra forsuring da kalking som kom i gang fra 1985/1986. Begge innsjøene er kalket jevnlig siden starten tidlig og midt på 1980-tallet.

I denne rapporten gis en gjennomgang av resultatene fra undersøkelsene av rognoverlevelsen for den innsjøgytende auren i de to innsjøene. Innsjøgyting hos aure er relativt lite kjent og er klart en undervurdert gytestrategi. En sammenstilling av tilgjengelige data som er tatt med i rapporten viser at innsjøgyting hos aure så langt er rapportert for 86 innsjøer og forekommer fra lavlandet til høyfjellet i Norge. Et fellestrekk for disse bestandene er at gytingen i hovedsak foregår på grunt vann hvor bølgeslag bidrar til å holde grusen fri for sand og mudder.

Undersøkelsene fra Store Hovvatn og Vegår viser at kombinasjonen av grunne gyteområder (om lag 1m dyp) i strandsonen og avrenning av svært surt vann under isen ($\text{pH} < 5,0$), har synliggjort at det fører til svært lav rognoverlevelse. Denne effekten reduserer fiskens gytesuksess dramatisk og gjør de innsjøgytende bestandene svært utsatt for forsuring. I gytegroper som er undersøkt i naturlig grus i Store Hovvatn i mai i årene 1992-2001 varierte rognoverlevelsen fra 0 % til 4,7 %. Likeledes varierte rognoverlevelsen i gytegroper lagt i naturlig grus i strandsonen i Vegår fra 0,8 % til 24,9 % i årene 1995-2007.

Resultatet fra undersøkelsene underbygges ved at et stort antall gytegroper er undersøkt over et relativt langt tidsrom i begge innsjøene. I Store Hovvatn er det i årene 1992-2007 undersøkt totalt 853 gytegroper og registrert om lag 29.800 rogn fra seks forskjellige gyteområder. I Vegår er det i perioden 1995-2007 undersøkt totalt 844 gytegroper og registrert om lag 23.200 rogn fra sju forskjellige gyteområder.

På grunn av temperatursjiktning i innsjøen om vinteren, vil ikke ordinær innsjøkalking hindre at den sure avrenningen når de grunne gyteområdene. For å motvirke dette problemet har det vært lagt ut kalkgrus på gyteområdene i begge innsjøene. Kalkgrusen ble lagt ut fra høsten 1993 i Store Hovvatn og høsten 1997 i Vegår. I tillegg ble Store Hovvatn terrengkalket med 1 tonn kalksteinsmel/ha i 1999.

Utlekking av kalkgrus på gyteområdene i begge innsjøene har hatt en markert positiv effekt på rognoverlevelsen som varer i minst 10 år. I Store Hovvatn var rognoverlevelsen i utlagt kalkgrus 25,9 % i perioden 1994-2001, mens tilsvarende tall for gytegroper lagt i naturlig grus i samme periode bare var 1,4 %. I Vegår var rognoverlevelsen i utlagt kalkgrus i perioden 1998-2007 i gjennomsnitt 51,5 % mens den tilsvarende var 10,6 % i naturlig grus i samme periode. Resultatene viser derfor at utlegging av kalkgrus er en effektiv strategi for å styrke rekrutteringen til innsjøgytende aurebestander som er truet av forsuring. For å lykkes med tiltaket er det imidlertid avgjørende at kalkgrusen har en riktig kornfordeling, at den blandes med naturlig grus og at den legges ut på egnede plasser. Om disse forholdene er oppfylt er det stor sannsynlighet for at tiltaket vil lykkes. I Store Hovvatn og i Vegår er det lagt ut kalkgrus på til sammen seks gyteområder, og på fem av de seks områdene har auren gytt i kalkgrusen hvert år etter utleggingen som fant sted rundt midten av 1990-tallet.

Etter terrengkalkingen av Store Hovvatn i 1999 ble det fra våren 2002 registrert en markert økning i rognoverlevelse både i kalkgrus og i naturlig grus. I årene 2002-2004 var rognoverlevelse i naturlig grus økt til et nivå på mellom 13 % og 35 % som var klart høyere enn i de foregående år. Dette var med stor sannsynlighet et resultat av de bedre vannkjemiske forhold som fulgte av terrengkalkingen. Imidlertid har overlevelsen vist en klart nedadgående trend fra 2004 til 2007 som trolig gjenspeiler en avtagende vannkjemisk og biologisk effekt av terrengkalkingen.

De årlige undersøkelsene av gyteområdene har vist at auren bruker de samme gyteområdene år etter år. Når auren gyter, graver den i grusen og fjerner sand, mudder og annet organisk materiale fra grusen. Denne gyteatferden sørger for at grusen holder seg ren og gyteplassene framstår som lite

nedslammet og skiller seg mye fra områder som ikke benyttes til gyting. Uten dette årlige renholdet vil grusen over tid inneholde mye sedimentert sand og organisk materiale slik at den i liten grad ville være egnet for gyting. Dette gjelder spesielt områdene som er lite eksponert for bølgeslag. På deler av gyteområdene hvor det ble lagt ut kalkgrus og som fisken ikke har benyttet til gyting, ligger det nå et tykt mudderlag over grusen. Dette er nå en klar hindring for at fisken skal gyte på disse områdene. På områdene med kalkgrus, hvor fisken gyter årlig, er derimot kalkgrusen helt ren til tross for at det er over 10 år siden utleggingen. Dette skyldes helt klart fiskens graveatferd under gytingen som er med på å holde grusen ren og som derfor bidrar til gjenbruk av de samme områdene. Da den opprinnelige aurebestanden i Store Hovvatn døde ut, opphørte den årlige bruken av gyteplassene. Dette må ha medført en forringelse av de tidligere gyteplassene som kan ha vært en medvirkende årsak til at det tok over 10 år fra auren ble reintrodusert til innsjøen til den klarte å etablere en selvreproduserende bestand utover på 1990-tallet. Det skjedde ved at det fra og med høsten 1991 årlig har forekommet omfattende gyting i strandsonen i innsjøen.

Resultatene fra prøvafiske i både Store Hovvatn og Vegår viser at auren først stagnerer i vekst når de har nådd en alder på 7-8 år og en lengde på om lag 35 cm. Dette skyldes trolig at den begrensede rekrutteringen hindrer at bestandene blir overtallige og fisken småvokst. Resultatene viser også at den lave rognoverlevelsen ikke har medført noen akutt rekrutteringssvikt i bestandene. Det framgår av normale aldersfordelinger uten spesielt svake eller fraværende årsklasser som er funnet på grunnlag av prøvafiske i de to innsjøene. Flere forhold har trolig bidratt til dette resultatet. I begge bestandene medfører den lave rognoverlevelsen trolig til liten konkurranse og dermed lav tetthetsavhengig dødelighet for yngelen som kommer opp av grusen. I begge innsjøene, men spesielt i Vegår, er det registrert relativt mange gyteområder som sørger for en effektiv spredning av yngelen i strandsonen. Rognoverlevelsen varierer mye på de ulike områdene og viser at lokale forhold som er bestemmende for overlevelsen varierer mye i tid og rom. Spredningen av gyteområdene synes derfor å motvirke en fullstendig rogn dødelighet og rekrutteringssvikt. I begge innsjøene er det også enkelte steder observert gytegroper som ligger dypere enn 2 m og som i mindre grad blir påvirket av forsuringen. I tillegg har tiltaket med å legge ut kalkgrus hatt en markert positiv effekt på rognoverlevelsen og bidratt til å styrke rekrutteringen i begge innsjøene.

I Store Hovvatn har det de senere år (2004-2007) som nevnt vært en markert reduksjon i rognoverlevelsen som trolig skyldes en avtagende effekt av terrengkalkingen i 1999. Om denne uheldige utviklingen fortsetter i de kommende årene vil det kunne føre til rekrutteringssvikt. Ytterligere kalkingstiltak vil da være nødvendige for å opprettholde bestanden i Store Hovvatn. I Vegår er det ikke registrert noen tilsvarende markert negativ trend i rognoverlevelsen de senere årene. Dette resultatet, sammen med forekomsten av mange gyteområder, tilsier at det ikke er noen fare for rekrutteringssvikt for aurebestanden i Vegår med mindre det skjer en negativ utvikling i de vannkjemiske forholdene.

Summary

The study is based on long-run investigations of egg survival and recruitment to the populations of lake spawning brown trout in the limed lake Store Hovvatn and the limed lake Vegår. The combination of shallow spawning grounds and acidic runoff during winter was found to cause low egg survival in redds of trout in both lakes. Additions of limestone onto the spawning grounds were found to substantially increase the egg survival in both lakes. It is therefore concluded that this is a useful method for enhancing egg survival of lake spawning brown trout in acidified lakes. Catchment liming in 1999 most likely caused the observed temporal increase in egg survival in Store Hovvatn in the 2001-2004 period. Thereafter, the egg survival declined, most likely due to the reduced effect of the catchment liming.

Title: Lake spawning brown trout. Long-run effects of acidification and different liming strategies on egg survival and recruitment in Store Hovvatn and Vegår, Aust-Agder.

Year: 2007

Author: Bjørn T. Barlaup and Einar Kleiven

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5215-6

1. Innledning

Store Hovvatn og Vegår er to innsjøer i Aust-Agder der det har vært gjennomført omfattende undersøkelser av effekter av forsuring og kalking på vannkjemi og biologi. I perioden 1974-1980 var Store Hovvatn en del av det såkalte SNSF-prosjektet (Sur nedbørs virkning på skog og fisk). Så tidlig som på 1960-tallet var innsjøen undersøkt. Det var således gode bakgrunnsdata fra Store Hovvatn da innsjøen ble kalket første gangen i mars 1981. Innsjøen ble kalket på nytt i 1987, 1989, 1991, 1993 og 1997. I 1999 ble deler av nedbørfeltet terrengkalket. Særlig i kalkingssammenheng har Store Hovvatn spilt en svært viktig rolle for å dokumentere kalkingseffekter på kjemi og biologi. I nedbørfeltet til Store Hovvatn ligger dessuten Lille Hovvatn, som er referanselokalitet til Store Hovvatn. I Lille Hovvatn er det også forsket på vannkjemi og biologi, og særlig er den lange serien av vannkemiresultater av stor verdi. Til sammen danner disse to innsjøene en unik kunnskapsbase på forsuring og kalking i et sørlandsk heilandskap. I Store Hovvatn døde den opprinnelige innsjøgytende aurebestanden ut pga. forsuring så tidlig som på 1920-tallet. Etter at kalking kom i gang i 1981 ble det satt ut fisk av innsjøgytende aure fra Byglandsfjorden.

Forsuringssituasjonen i innsjøen Vegår var ikke på samme måte så godt dokumentert som i Store Hovvatn da systematisk kalking kom i gang der i 1985/1986. Enkeltmålinger og en systematisk undersøkning i 1983 viste markerte variasjoner i vannkemien mellom innsjøer nord for fjorden i forhold til sør for fjorden. Forskjellene skyldes geologiske forhold i og med at det går en geologisk breksje gjennom fjorden. I motsetning til i Store Hovvatn ble den opprinnelige aurebestanden i Vegår reddet fra utrydding da kalking kom i gang fra 1985/1986. Vegår representerer en typisk skogsinnsjø på Agder med både aure, tryte og ål. I tillegg er det krøkle der, som ble gjenoppdaget i 1998. Felles for de to innsjøene er at de har en innsjøgytende aurebestand.

I denne rapporten blir det presentert en gjennomgang av resultater fra undersøkelsene av rognoverlevelsen for den innsjøgytende auren i Store Hovvatn og Vegår. Innsjøgyting hos aure er relativt lite kjent, og er klart en undervurdert gytestrategi (Kleiven og Barlaup 2004). I en landsomfattende sammenstilling av opplysninger om innsjøgytende aure ble det registret 86 innsjøer. Et fellestrekk for disse bestandene er at gytingen i hovedsak skjer på grunt vann der bølgeslag bidrar til å holde grusen fri for sand og mudder. Kombinasjonen av grunne gyteområder i strandsonen og avrenning av surt vann under isen gjør at rogn blir eksponert for surt vann. Undersøkelser fra Store Hovvatn og Vegår har vist at dette kan redusere gytesuksessen hos gytefisken dramatisk, og de innsjøgytende bestandene er således spesielt utsatt for forsuring. Undersøkelsene av gytegroper i Store Hovvatn er gjort i perioden 1992-2007 og i Vegår i perioden 1995-2007. Formålet med undersøkelsene har vært å finne ut hvorledes forsuringen påvirker rognoverlevelsen og effekten av mottiltak i form av utlagt kalkgrus i begge innsjøene, og terrengkalking i Store Hovvatn.

2. Innsjøgytende aure – en undervurdert gytestrategi

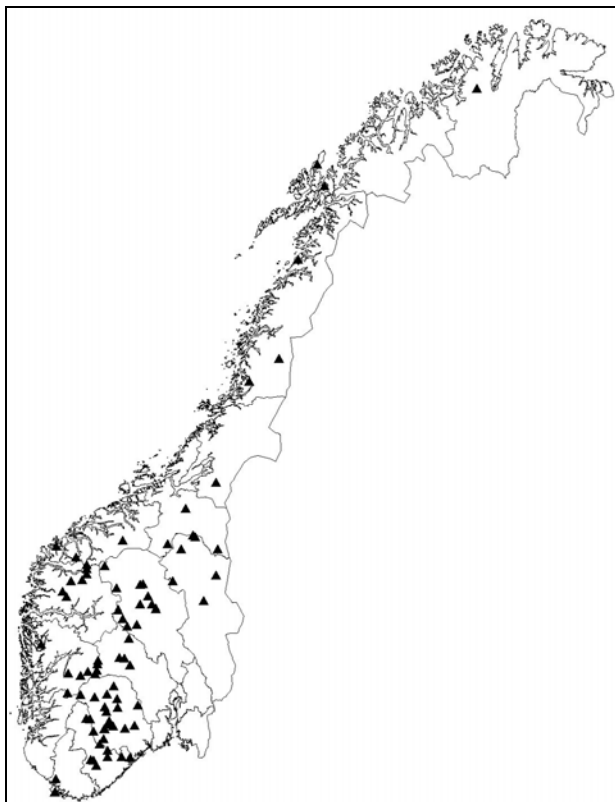
2.1 Definisjon av innsjøgyting

Auren *Salmo trutta* gyter normalt på rennende vann på elv eller bekk på høstparten (Sømme 1941). Det finnes også aure som gyter i selve innsjøen, men fram til de siste par tiår har denne gytestrategien vært lite påaktet (jf. Kleiven og Barlaup 2004). Det på tross av at det alt tidlig på 1900-tallet kom fram opplysninger om innsjøgytende aure.

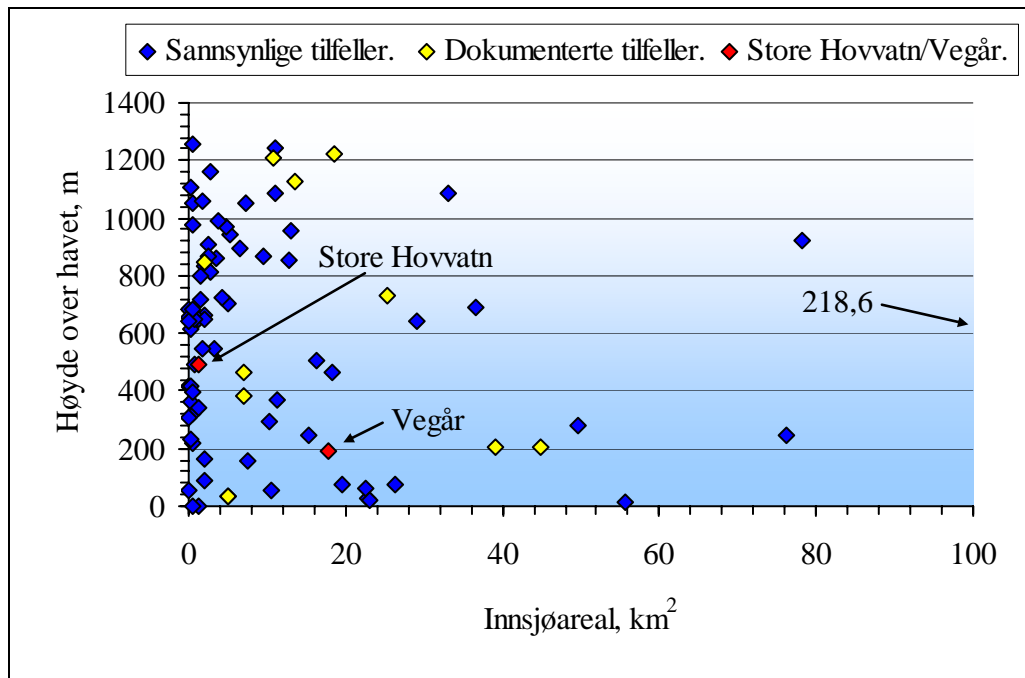
Opplysningene om innsjøgyting kan grupperes etter om det er 1) dokumentert innsjøgyting ved oppgraving av rogn eller 2) opplysninger om sannsynlig innsjøgyting (Kleiven og Barlaup 2004). Sannsynlig innsjøgyting er basert på personlige opplysninger eller skriftlige kilder, men uten dokumentasjon i form av oppgravde gytegroper. Uttrykket innsjøgyting hos aure er definert som regelmessig gyting i a) strandsonen, b) sund, c) oppkomme og d) magasin.

2.2 Kartlagt på landsbasis

I en sammenstilling av opplysninger om lokaliteter med innsjøgytende aure som Kleiven Barlaup (2004) har gjort, er denne gytestrategien så langt rapportert fra 86 innsjøer her i landet. De aktuelle innsjøene er lokalisert over store deler av landet og ligger fra havnivå til over 1.200 moh. (**Figur 1, Figur 2**). Flest innsjøer med opplysninger om innsjøgytende aure er registrert i Telemark (N = 20) og Oppland (N = 12). Det er svært få opplysninger om innsjøgytende aure nord for Dovre, og på det sentrale Østlandet er det ingen opplysninger om fenomenet.



Figur 1. Kart som viser dokumenterte og sannsynlige tilfeller av innsjøgytende aure (Etter Kleiven og Barlaup 2004).



Figur 2. Dokumenterte og sannsynlige tilfeller av innsjøgytende aure sett i forhold til areal og høyde over havet. Store Hovvatn og Vegår er markert separat (Omarbeidet fra Kleiven og Barlaup 2004).

Av de innrapporterte innsjøene med innsjøgyting er det dokumentert innsjøgyting i 12 innsjøer (14,0%) (Kleiven og Barlaup 2004). Det er innsjøer som har et innsjøareal fra vel 1 km² til nesten 45 km². Fem av innsjøene ligger i Buskerud og tre i Aust-Agder. Resten ligger i Vest-Agder, Hordaland og Sogn og Fjordane.

Når det gjelder fiskearter i de innsjøene der det kun er opplysninger om innsjøgytende aure, så er aure eneste fiskeart i 51 innsjøer (59,3%) (Kleiven og Barlaup 2004). Det finnes røye i 17 innsjøer (19,8%) og ørekyte i 13 innsjøer (15,1%). Ørekyta har de seneste årtier kommet inn i flere innsjøer med innsjøgytende aure. Når det gjelder fiskearter i de innsjøene der det er *dokumentert* innsjøgyting, så er aure eneste fiskeart i halvparten (50,0%) av innsjøene. I tre innsjøer (25,0%) er det to fiskearter, i to innsjøer (16,7%) er det tre fiskearter og i en innsjø (8,3%) er det fire fiskearter.

3. Omtale av innsjøene Store Hovvatn og Vegår i Aust-Agder

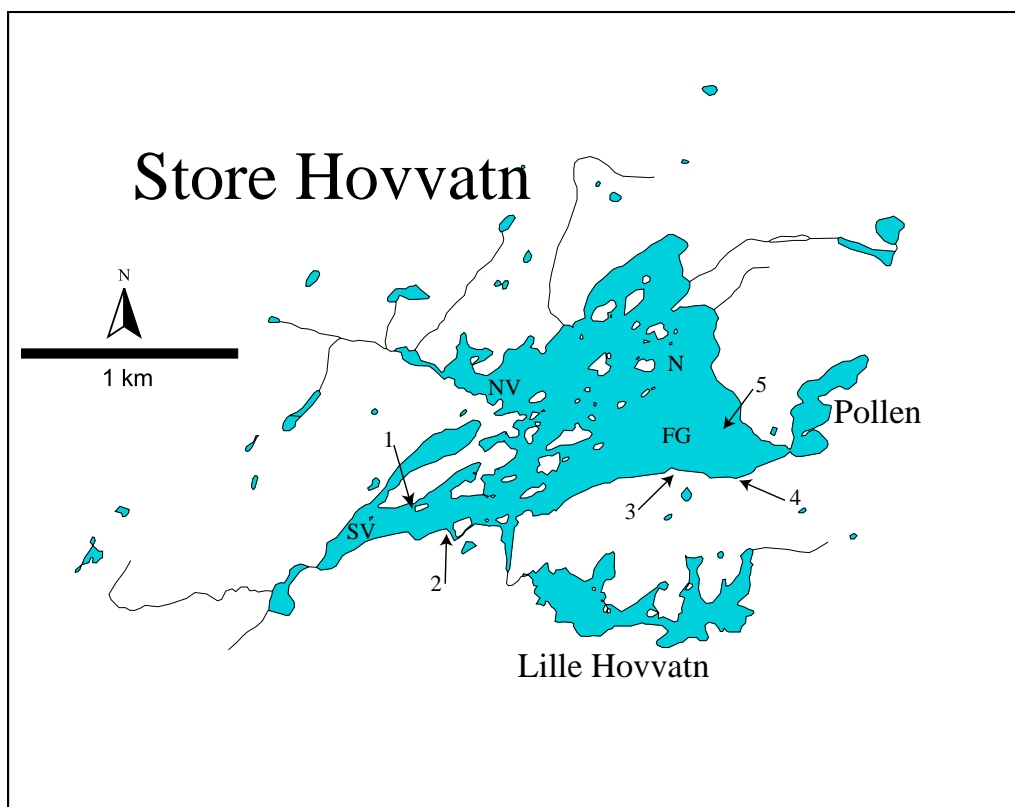
3.1 Store Hovvatn

Store Hovvatn (NVE-nr. 1.336; 494 moh./1,18 km²) ligger nord i Birkenes kommune. Innsjøen er svært oppfликтet med mange øyer (**Figur 3**). Nedbørfeltet til Store Hovvatn er preget av grunnfjell med sparsomme løsmasseavsetninger med til dels glissen blandingskog av vesentlig furu og bjørk. På de høyeste knausene er det bart fjell og lynghei.

I det sure Store Hovvatn har det vært utført eksperimentell kalking for å få kunnskap om hvordan ulike kalkingsstrategier påvirker vannkjemiske og biologiske forhold i innsjøen (Hindar m.fl. 2004b). Store Hovvatn er kalket både partielt i strandsonen i mars 1981, innsjøkalket med båt og helikopter i årene 1989-1997 og terrengkalket i 1999. Dessuten er det lagt ut skjellsand og kalkgrus på gyteplasser (jf. **kapittel 4.2.4**).



Bilde av Store Hovvatn tatt fra nordøst. Lille Hovvatn skimtes i bakgrunnen. Foto: Øyvind A. Schnell.



Figur 3. Oversiktskart over det kalkede Store Hovvatn med Pollen, og referanselokaliteten Lille Hovvatn. Prøvefiske er utført på hver av stasjonene NØ, NV, SV og FG (flytegarv til og med 2003) i Store Hovvatn og i Pollen. De fem påviste gyteområdene for innsjøgytende aure er markert med piler; stasjon 1 (SV-nord), stasjon 2 (SV-sør), stasjon 3 (SØ-vest), stasjon 4 (SØ-øst) og stasjon 5 (NØ-skjæret). Stasjon 6 ligger i utløpet av innsjøen. (Etter Barlaup og Kleiven 2004a)

Aure var eneste fiskeart i Store Hovvatn, og forsuring førte til at den opprinnelige aurebestanden forsvant, trolig på 1920-tallet (Barlaup og Kleiven 1994b, 1995, 2004a). Den gamle aurestammen i innsjøen var innsjøgytende. Mellom 1960-1966 ble det sluppet 50.000 yngel og litt større settefisk, men det kom ikke noe ut av tiltaket (Aune 1970). Det kan tyde på at de vannkjemiske forholdene da var akutt giftige for auren. Etter kalkingen av Store Hovvatn og Pollen i 1981, ble en ny aurebestand etablert basert på utsetninger av yngel (fra 1981) og villfisk (fra 1989) av Byglandsfjord-aure (Raddum et al. 1986; Barlaup og Kleiven 1994b, 1995; 2004a; Barlaup m.fl. 1998).

Det spesielle med auren fra Byglandsfjorden er at den i stor grad er innsjøgytende (jf. Kleiven og Barlaup 2004). Ved Store Hovvatn er det svært små bekker som renner ned i innsjøen, og nesten ikke egnet gyteareal der, eller i utløpsbekken. Strandsonen i Store Hovvatn er ganske vindeksponert, og på aktuelle gyteplasser er det grov grus og stein. Resultater fra årlig prøvefiske viser at den første rekrutteringen startet i 1989 (Barlaup og Kleiven 2004a). Gytegrøpene i strandsonen i Store Hovvatn er systematisk undersøkt fra mai 1992 til og med mai 2007.



To viktige gyteområder i Store Hovvatn; stasjon 4 (øverste bilde) og stasjon 5 ved skjæret (nederste bilde). Foto: Bjørn T. Barlaup.

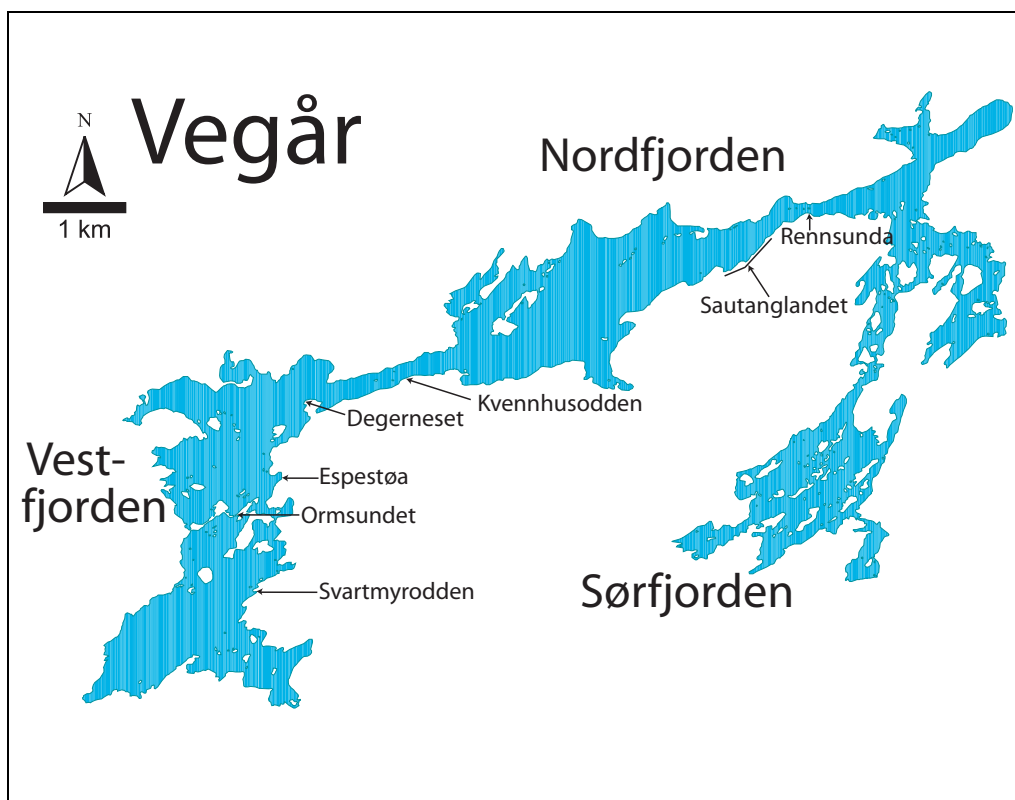
3.2 Vegår

Vegår (NVE-nr. 1258; 189 moh./18,3 km²) ligger i Vegårshei kommune. Fjorden er svært oppfликтet med flere større bassenger, der Sørfjorden skiller seg ut med mange øyer (**Figur 4**). Nedbørfeltet til Vegår er kledd med barskog med noe innslag av lauvskog på sine plasser. Det er fast bosetning på mange gårder ved fjorden. Det er også en del hytter.

Gjennom Vegår går det en geologisk forkastningsbreksje som deler fjorden og nedbørfeltet i to (Barlaup og Kleiven 2004b). Nord for fjorden ligger Telemarksformasjonen med tungt nedbrytbare bergarter med lite kalk i. Sør for fjorden ligger Kongsberg-Bambleformasjonen med noe større innslag av kalkførende bergarter. På grunn av de geologiske forskjellene, var det også til dels store forskjeller i vannkjemien i innsjøene nord og sør for fjorden før kalking kom i gang midt på 1980-tallet (**Tabell 1**). I innsjøer nord for Vegår varierte pH fra 4,49 til 4,92 på 1980-tallet. Et markert positivt unntak viser vannkjemien i Homstjenn, som vinteren 1991 ble målt til pH 5,76. Den gode vannkjemien i Homstjenn skyldes nok en forgrening av breksja gjennom fjorden, ved siden av at nedbørfeltet er svært lite. Sør for Vegår skiller Bjørvatn seg ut med god vannkjemie med en pH på 6,19. Den gode vannkjemien i Bjørvatn kan også tilskrives en sidegrein av breksja gjennom Vegår, som går gjennom Bjørvatn.



Bilde tatt fra Langøya i Vestfjorden i Vegår. Foto: Bjørn T. Barlaup.



Figur 4. Oversiktskart over Vegår. Pilene peker på lokalisering av de undersøkte gyteområdene for innsjøytende aure. Prøvefisket har etter 1998 foregått i nordre delen av Vestfjorden. Storelva renner ut av fjorden helt i sørøst. (Fra Barlaup og Kleiven 2004b).

Tabell 1. Kjemieresultater fra Vegårområdet, hovedsakelig fra 1983. Vannprøven fra Homstjenn er fra 5 m dyp og de andre er utløpsprøver. Forklaring: N, NV eller S = nord, nordvest eller sør for Vegår (Fra Barlaup og Kleiven 2004b).

Innsjø	Dato	PH, mg	Ca, mg	Farge mg Pt/l	RAI, µg/l	Lal, µg/l	Referanse
Fisketjenn, N	09.10.83	4,49	1,23	63	307	102	Sevaldrud & Skogheim (1985)
N. Lyngvatn, N	09.10.83	4,92	0,99	10	222	138	Sevaldrud & Skogheim (1985)
Ø. Lyngvatn, N	09.10.83	4,65	1,05	20	313	149	Sevaldrud & Skogheim (1985)
Homstjenn, N	04.02.91	5,76	2,29	45	145	15	Kleiven (1999)
Vegårvatn, N	04.02.91	4,58	0,82	28	280	160	Atle Hindar (pers.medd.)
Hellersvatn, NV	17.10.83	4,74	0,97	19	225	120	Sevaldrud & Skogheim (1985)
Vegår	09.10.83	5,01	1,23	8	168	123	Sevaldrud & Skogheim (1985)
Orrvatna, S	09.10.83	4,65	0,80	29	220	110	Sevaldrud & Skogheim (1985)
Forbuvatn, S	09.10.83	5,11	1,20	7	173	111	Sevaldrud & Skogheim (1985)
Solbergvatn, S	09.10.83	5,06	1,87	40	256	80	Sevaldrud & Skogheim (1985)
Kverrvatn, S	09.10.83	5,02	1,10	9	187	83	Sevaldrud & Skogheim (1985)
Bjørvatn, S	26.10.97	6,19	2,15				Jan H. Simonsen (pers. medd.)



To av gyteområdene i Vegår; det bølgeeksponerte Degerneset (øverst) og Espestøa hvor den utlagt kalkgrusen er synlig på bilde (nederst). Foto: Bjørn T. Barlaup.

Fiskebestandene i Vegår var tidlig på 1980-tallet sterkt forsuretskadede (L'Abée-Lund 1985a), men kalking fra 1985/1986 har gjort at de har styrket seg kraftig (Kleiven m.fl. 1990; Barlaup og Kleiven 2004b). Fiskeartene i innsjøen er aure *Salmo trutta*, tryte *Perca fluviatilis*, krøkle *Osmerus*

eperlanus og ål *Anguilla anguilla*. Det kan også forekomme bekkerøye *Salvelinus fontinalis* i fjorden. Krøkla ble gjenopplaget i 1998, etter at den hadde vært borte fra innsjøen i lang tid pga. forsuring (Kleiven og Barlaup 1999). Historikken på krøkla er presentert i Kleiven (1999).

Fra Vegår er det svært gode opplysninger om og dokumentasjon på innsjøgytende aure (bl.a. Sunde (u.å.) fra 1939; Knutsen 1973; Einvik 1982; L'Abée-Lund 1985a; Kleiven m.fl. 1990; Raudsandmoen 1998, (1999); Barlaup m.fl. 2000; Barlaup og Kleiven 2000, 2004b). Ved siden av aure er det tryte, krøkle og ål i fjorden (Kleiven og Barlaup 1999).

Fiskebestandene i Vegår var sterkt rammet av forsuring tidlig på 1980-talet (L'Abée-Lund 1985a). Et prøvefiske i 1984 viste at det var skrantende fiskebestander i fjorden med liten fangst. Dessuten var det lite ungfisk av aure og lite eldre fisk av tryte. De to yngste aldersgruppene av tryte utgjorde i alt 98,5% av trytefangsten på prøvefisket. Og det var bare fire årsklasser representert i fangsten. Etter at kalking kom i gang tok fiskebestandene seg opp (Kleiven m.fl. 1990; Barlaup og Kleiven 2004b). Og i 1998 ble som nevnt krøkla gjenopplaget i Vegår.

I Vestfjorden er gytegroper i strandsonen undersøkt årlig fra 1995 til 2007 på fem stasjoner, fire på stille vann og en i et sund (Ormsundet) (bl.a. Barlaup m.fl. 1999; Barlaup og Kleiven 2000, 2004b).

Mens Store Hovvatn er et heivann med liten ferdsel av folk, ligger Vegår i skoglandskap med fast bosetting rundt deler av fjorden. Med flere veger langs Vegår, er fjorden lett tilgjengelig for tilreisende folk som vil fiske. Foruten auren i fjorden, er det som nevnt tryte, krøkle og ål. Det blir hvert år arrangert en fiskefestival i Vegår, som tiltrekker seg mange sportsfiskere (jf. <http://www.vegarfjorden.org/>).

3.2.1 Fiskedød og forsuringsskader

Fra Vegår er det registrert fiskedød både på aure og tryte (Barlaup og Kleiven 2004b). De første opplysningene skriver seg fra våren 1962, da det ble sett en del død aure i osen til Råbubekken, nordvest i Vestfjorden (**Figur 4**). Sannsynligvis samme året ble det sett død tryte i osen ved Sandusbekken, sørvest i Vestfjorden. Under elgjakta i 1965 eller 1966 ble det observert masse død aure på bekken opp fra Nedre Skålvatn, nordvest for Vestfjorden. I august 1966 eller 1967 observerte en dykker 15 døde aure på bunnen inne i Skålkilen. I Vegårvatn, nordøst for Vegår, gikk auren og tryta ut i 1967. På garnfiske i 1966 virket alt normalt, men i 1967 var det ikke en fisk å få. Seinhøstes, trolig i 1972, ble det observert halvdød fisk som svømte rundt som i ring i nordre bassenget i Vestfjorden. I 1972 ble det to ganger funnet død fisk ved dammen ved Høl (utløpet av Vegår). I Hauglandsvatn i Storelva, nedenfor utløpet av Vegår, forsvant fisken en gang mellom senhøsten og før isen gikk om våren. Det var trolig i 1979. Det ble seinere fanget en aure som var stygg og utmagret.

4. Undersøkelser i Store Hovvatn

4.1 Bakgrunn

De fiskebiologiske studiene i Store Hovvatn har hatt som mål å avklare hvordan kalking påvirker det vannkjemiske miljøet og hvordan dette påvirker aurebestanden. De fiske-biologiske undersøkelsene omfatter i denne sammenheng studier av årsklassestyrke og rognover-levelse i naturlige gytegrøper og i modifisert gytesubstrat med utlagt skjellsand og kalkgrus. Innsjøkalkingen og reforsuringen har medført betydelige variasjoner i vannkjemien både i tid og rom og dette har vist seg å ha avgjørende betydning for aurebestanden (jf. Barlaup og Kleiven 2004a).

Store Hovvatn er innsjøkalket i 1981, 1987, 1989, 1991, 1993 og 1997 (Hindar 2004). Fra 1993 ble det også kalket i mindre omfang på ulikt vis både i Store Hovvatn og den tilgrensende Pollen. Høsten 1999 ble nedbørfeltet til Store Hovvatn terrengkalket. Ved terrengkalkingen ble det tilført en dose på 1 tonn kalk/ha. Hvordan denne nye kalkingsstrategien påvirker forholdene for rognoverlevelse og rekruttering til aurebestanden i innsjøen har vært et sentralt tema for de pågående studiene i innsjøen (jf. Barlaup og Kleiven 2004a).

Etter kalkingen av Store Hovvatn og Pollen i 1981 ble en ny aurebestand etablert med utsetninger (jf. Barlaup og Kleiven 2004a). I Store Hovvatn finnes det ikke inn- eller utløp som egner seg for gyting, og den opprinnelige aurebestanden var innsjøgytende. For å etablere en selvreproduserende aurebestand i Store Hovvatn er det derfor benyttet settefisk som stammer fra den innsjøgytende auren i Byglandsfjorden og villfisk fanget med not i samme lokalitet. I løpet av vel to tiår har bestanden i Store Hovvatn endret seg fra å være avhengig av utsetninger (på 1980-tallet) til å være selvreproduserende (fra 1990-tallet).

Aurebestanden er blitt overvåket ved årlige prøvefiske i tidsrommet 1982-2005 (Barlaup og Kleiven 2004a). Resultater fra Store Hovvatn har vist hvordan de skiftende vannkjemiske forholdene påvirker aurens vekst, atferd og reproduksjon (Sveälv og Matzow 1985; Raddum m.fl. 1986; Barlaup m.fl. 1989; Barlaup og Kleiven 1994a,b, 2004a). Den romlige variasjonen i vannkjemien har vist seg å være spesielt viktig for den naturlige reproduksjonen til bestanden. Svært sur avrenning fra nedbørfeltet fører til dannelsen av et surt overflatesjikt i Store Hovvatn vinterstid (Barlaup m.fl. 1998). Denne midlertidige forsuringen av overflatevannet om vinteren fører til høy rognødelighet i gytegrøper som er gytt i grunne områder av innsjøen.

I rapporten vil det bli en gjennomgang av rognoverlevelsen i Store Hovvatn, og hvordan sammenhengen med de vannkjemiske forholdene påvirker rekrutteringen til bestanden, og dermed dynamikken i fiskebestanden. Mye av materialet angående fiskestudiene i Store Hovvatn er publisert i fagtidsskrift og for en mer detaljert presentasjon av enkelte tema henvises det derfor til referert litteratur (jf. Barlaup og Kleiven 2004a).

4.2 Materiale og metoder

4.2.1 Vannkjemi

All vannkjemi fra Store Hovvatn er analysert på NIVAs laboratorium i Oslo. For å bestemme vannkjemien på gyteplassen utplasserte NIVA i årene 1993-1995 en bøye for å måle temperatur og pH vel 75 m fra gyteområdet rundt skjæret i den østre delen av innsjøen (stasjon 5, se **Figur 3**) (Barlaup m.fl. 1998; jf. Barlaup og Kleiven 2004a). Bøya hadde sensorer som gjennom vinteren målte temperatur og pH hver sjette time på 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 3,0 og 5,0 m og gir derfor en svært god beskrivelse av vannkjemiske endringer i rom og tid. En oversikt over vannkjemien i Store Hovvatn før og etter kalking fram til 2003 er presentert i Hindar m.fl. (2004a) og Hindar & Wright (2005); jf. Barlaup og Kleiven 2004a).

4.2.2 Utsetting av fisk og prøvafiske

Aurebestanden i Store Hovvatn ble som nevnt etablert ved utsettinger av settefisk og villfisk i perioden 1981-1992 (Barlaup m.fl. 1994a; Barlaup og Kleiven 1994b, 2004a). Fisken som ble satt ut i perioden 1981-1985 ble gruppemerket ved hjelp av klipping av fettfinne og/eller bukfinner. All fisk satt ut i perioden 1989-1992 ble individmerket med "visible implant tag" (Barlaup og Åtland 1990) og samtidig gruppemerket med finnekklipping. Det har vært gjenfangster av disse fiskene i alle år etterpå fram til og med 2002. Det er i alt satt ut 11.725 ensommrig, 2.654 tosommrig, 932 tresommrig og 2.768 villfisk (Barlaup og Kleiven 2004a). All fisk er Byglandsfjordaure. Etter 1992 er det ikke satt ut fisk i Store Hovvatn, så tilveksten til bestanden etter den tid har vært basert på naturlig rekruttering.

Prøvefiske i Store Hovvatn har pågått årlig siden 1982 (jf. Barlaup og Kleiven 2004a). Det er fra 1996 bare fisket i oktober, og prøvefisket omfatter to netter på tre bunngarnstasjoner (nordvest, sørvest og nordøst) og en flytegarstasjon i Store Hovvatn, og en natt på en bunngarnstasjon i Pollen (**Figur 3**). Hver bunngarnserie består av 11 garn (25 x 1,5 m) med maskevidder fra 10-52 mm. Flytegarserien har bestått av en kjede med fire fleromfarsgarn (hvert garn 42 x 6 m) med omlag de samme maskeviddene som i bunngarnserien. I fangstene er det skilt mellom settefisk og naturlig rekruttert fisk ved at settefisken er merket. Antallet naturlige rekrutter tatt på prøvefiske er brukt som et kvantitativt mål på rekrutteringen fra de ulike årsklassene.

Aldersbestemmelsen av fisken fra prøvefisket er gjort på grunnlag av otolithavlesninger, supplert med skjell dersom otolithene skulle være defekte eller utydelige.

4.2.3 Rognoverlevelse

Gyteområder i Store Hovvatn er lokalisert og undersøkt ved dykking med snorkel (jf. Barlaup og Kleiven 2004a). Overlevelse av rogn i gytegrupene er undersøkt i mai. Ved vurdering av rognoverlevelse er rogn sanket i en hov og senere undersøkt, eller undersøkt direkte på stedet. Gytedypet er definert som avstanden fra vannoverflaten og ned til gytegrupene (substratoverflaten) målt til nærmeste cm. Gyteplassene og gytegrupene til den innsjøgytende auren i Store Hovvatn er undersøkt årlig siden 1992.

4.2.4 Utlegging av skjellsand og kalkgrus på gyteområder

For å øke gytesubstratets bufferevne er det lagt ut skjellsand og kalkgrus på naturlige gyteområder i innsjøen (Barlaup og Kleiven 2004a).

I august 1992 ble det lagt ut 920 kg skjellsand fordelt på ti mindre felter (totalt 48 m²) på gyteområdet ved skjæret (stasjon 5), hvor det i mai 1992 ble registrert 11 gytegruper. (Barlaup og Kleiven 2004a). Disse feltene er deretter kontrollert årlig for gytegruper i mai 1993-2007.

I oktober 1993 ble det lagt ut 11 tonn kalkgrus (8-32 mm, hvorav 73% var 16-32 mm) på et gyteområde ved skjæret (stasjon 5; ca. 57 m²) (Barlaup og Kleiven 2004a). Kalkgrusen var vesentlig grovere enn skjellsanden. I mai 1995 ble tre nye gyteområder tilført kalkgrus, et i sørøst (stasjon 4; ca. 48 m²), et litt lenger vest (stasjon 3; ca. 21 m²) og et lengst i vest (stasjon 1; ca. 75 m²). På samtlige gyteområder dekket den tilførte kalkgrusen en mindre del av det totalt tilgjengelige gyteområdet. For lokalisering av de ulike plassene, jf. kart i **Figur 3**.

4.2.5 Karakterisering av gytesubstrat

Flere studier av laksefisk har vist at det er en klar sammenheng mellom rognoverlevelsen og sammensetningen av gytegrusen. Det er særlig de finere fraksjonene som sand og silt som kan påvirke rognoverlevelsen i negativ retning ved å tette hullrommene mellom grusen og dermed redusere oksygentilførselen til rogn. På denne bakgrunnen ble det samlet inn substratprøver fra et utvalg av gytegrupene. Prøvene ble kjørt gjennom en siktanalyse og resultatene gruppert etter Wentworth-

skalaen, dvs. vekta av prøvene ble fraksjonert ved bruk av følgende siktstørrelser: mindre enn 0,125 mm, 0,125 mm, 0,25 mm, 0,5 mm, 1 mm, 2 mm, 4 mm, 8 mm, 16 mm, 32 mm, 64 mm og 128 mm.

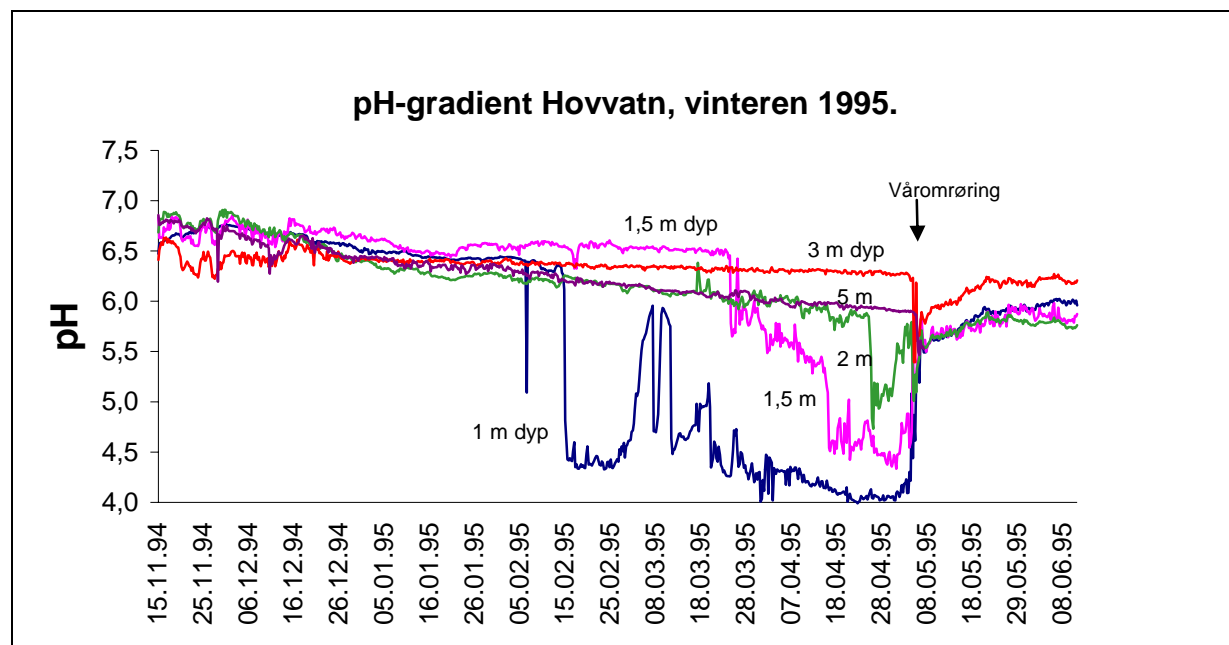
4.3 Resultater og diskusjon

4.3.1 Vannkjemi

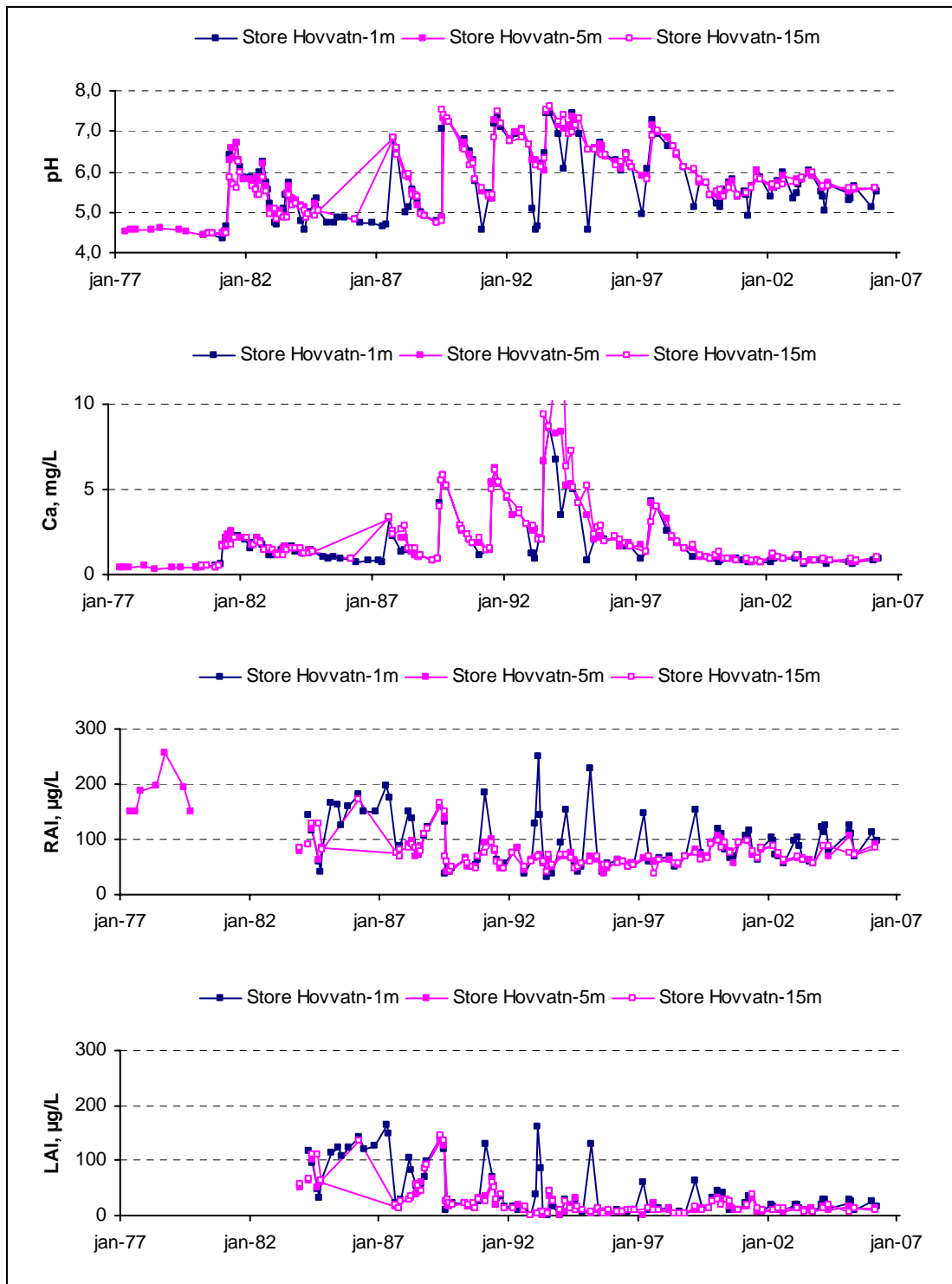
Den partielle terrengkalkingen i Store Hovvatn i 1981 resulterte i en rask økning av pH fra 4,5 til omkring 6,5 den første sommeren, men allerede om høsten var pH under 6,0 (Hindar m.fl. 2004b; Hindar & Wright 2005). Høsten 1982 var pH 5,5, mens verdiene den påfølgende våren var under 5,0. Høsten 1984 var pH fortsatt nær 5,0, og avtok svakt slik at den i slutten av mai 1987 var kommet ned på pH 4,69. Da aluminiumsanalysene ble innført i 1983-1984 var labilt Al allerede omkring 100 µg/L. Ved ny kalking i 1987 kom pH nærmest umiddelbart opp i pH 6,8. Kalsiumkonsetrasjonen økte til over 3 mg/L og labilt aluminium ble kraftig redusert, fra 150 til 25 µg/L. Men reforsuringen var rask. Allerede den andre høsten var pH igjen under 5,0 og labilt aluminium var igjen kommet opp på et nivå på omkring 100 µg/L. I november 1988 ble pH målt til 4,8 med en kalsiumkonsentrasjon på 1,1 mg/L. På bakgrunn av den raske gjenforsuringen ble kalkmengdene justert opp ved seinere innsjøkalkinger, og alle kalkingene i 1989, 1991, 1993 og 1997 ga et langt bedre resultat. Med unntak av vinteren/sommeren før rekalking i 1991, var pH i hovedmassen innenfor akseptable grenser helt fram til sommeren 1999. Det førte også til at labilt aluminium, med unntak av nevnte periode, ikke kom over 50 µg/L. Vannkvaliteten i hovedmassen var derfor god for overlevelse av aure i innsjøen. I referanseinnsjøen Lille Hovvatn økte pH fra 4,5 opp mot 4,8 i disse årene, og labilt aluminium avtok fra 200 til under 100 µg/L.

4.3.2 Vannkjemi under isen

Den vannkjemiske overvåkingen av Store Hovvatn i perioden 1980-1996 viser at den gradvise gjenforsuringprosessen ble avbrutt av kraftige surstøtsepisoder i forbindelse med avrenning



Figur 5. pH-gradienter under isen i Store Hovvatn registrert ved kontinuerlige målinger fra bøye gjennom vinteren 1994/1995 (Fra Hindar m.fl. 2004b).



Figur 6. Vannkjemien i form av pH, kalsium, reaktivt og labilt aluminium for st. 17 (hovedstasjonen) i Store Hovvatn i tidsrommet 1977-2006. (Omarbeidet fra Hindar m.fl. (2004b) supplert med data fra 2003-2006 fra Atle Hindar, pers. medd.).

av surt vann om vinteren og våren (Barlaup m.fl. 1998, 1999; Hindar m.fl. 2004b (jf. Barlaup og Kleiven 2004a); jf. **Figur 5**). Ved disse episodene dannes det en markert vertikal gradient i pH som skyldes at det kalde og sure smeltevannet danner et overflatesjikt som ikke blandes med det kalkede vannet lenger ned i vannsøylen. De detaljerte pH-målingene under isen har bla. vist at det på 1 m dyp

var pH-verdier lavere enn 5,0 i om lag 35 og 75 dager i henholdsvis 1994 og 1995, mens pH på 3 m dyp hovedsakelig hadde pH-verdier høyere enn 6,0 begge vintrene. Denne markerte vertikale gradienten i vannkjemiske forhold oppløses ved våromrøringen når det sure overflatevannet blir blandet med det kalkpåvirkede vannet lenger ned i vannsøylen. I perioden fra våromrøring til islegging er det derfor i hovedsak akseptable vannkjemiske forhold i hele vannvolumet.

4.3.3 Terrengkalkingen i 1999

I oktober 1999 ble Store Hovvatn terrengkalket (Hindar 2004; Hindar m.fl. 2004b; Hindar & Wright 2005). Hensikten med terrengkalkingen var å hindre reforsuring under isen og på den måten sikre en bedre rognoverlevelse i gytegroper og bedre forholdene for reetablering av bunndyr. Da det ble terrengkalket var vannkvaliteten temmelig sterkt redusert, for pH var nede i omkring 5,5, men labilt aluminium var under 50 µg/L. Terrengkalkingen medførte en generell økning i pH under isen i perioden 2000 til 2006 (**Figur 6**). De bedrede vannkjemiske forholdene gjenspeiles i en økning i pH og reduksjon i labilt aluminium på alle de tre dypene under isen i denne perioden, samtidig som det var liten variasjon i de målte verdiene gjennom vinteren. Likevel forekom det dropp i vannkjemien vinterstid som kan være skadelig for fisk. Fra 11.11.1999 til 26.01.2006 ble det registrert 16 målinger på hovedstasjonen (st. 17) der pH var under 5,5. Den lavest registrerte pH-verdien var 23.04.2001, da den var nede i 4,92 med en kalsiumkonsentrasjon på 0,67 mg/L og labilt aluminium på 34 µg/L (**Tabell 2**). Også 20.03.2004 var det surt. Da var pH 5,02, kalsium 0,6 mg/L og labilt aluminium 29 µg/L.

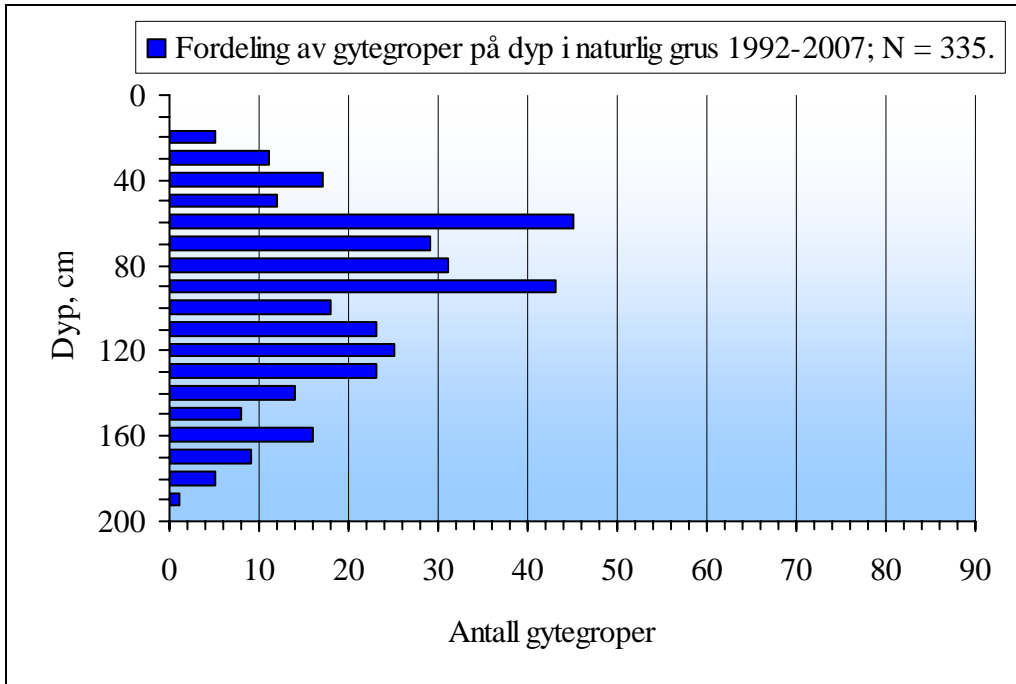
Resultatene fra de vannkjemiske målingene er basert på et begrenset antall målinger og trolig forekommer det episoder da avrenningen under isen er surere enn hva som fanges opp av målingene (Hindar m.fl. 2004b). Det er derfor god grunn til å tro at de vannkjemiske forholdene under isen har påvirket rognoverlevelsen negativt også etter terrengkalkingen.

Tabell 2. De årlig laveste pH-verdiene i perioden 2001-2006 med tilhørende verdier av kalsium og labilt aluminium, på 1 m dyp på hovedstasjonen (st. 17) i Store Hovvatn etter terrengkalkingen i 1999 til måleserien tok slutt 17.04.2006. (Omarbeidet fra Hindar m.fl. (2004b) supplert med data fra 2003-2006 fra Atle Hindar, pers. medd.).

Lokalitet	Dato	pH	Kalsium, mg Ca/L	LAl, µg Al/L
17	23.04.2001	4,92	0,67	34
17	28.02.2002	5,39	0,73	18
17	26.01.2003	5,35	0,94	20
17	31.03.2004	5,02	0,60	29
17	08.03.2005	5,31	0,81	27
17	26.01.2006	5,11	0,78	26

4.3.4 Rognoverlevelse i gytegroper lagt i naturlig grus og i utlagt kalkgrus

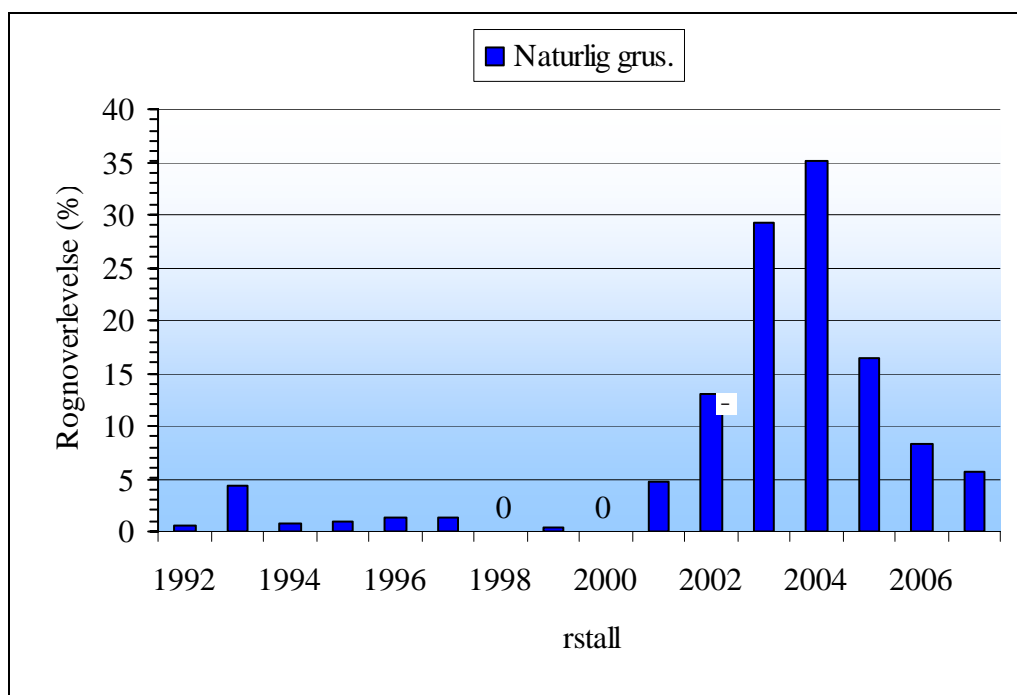
Undersøkelsene av gytegroper i Store Hovvatn viser at gyteområdene er begrenset til den del av strandsonen hvor substratet holdes rent på grunn av omrøring fra bølgeslag (jf. Barlaup og Kleiven 2004a). I den dypere delen av innsjøen, som er upåvirket av bølgeslag, består substratet av et tykt sedimentlag som er uegnet for gyting. Dette gjør at gytingen hovedsakelig finner sted i et sjikt fra om lag 0,2-2,0 m dyp (**Figur 7**), og at de fleste groper blir funnet på om lag 1 m dyp (gjennomsnittlig dyp = 97,7 cm, std = 37,9, n = 335).



Figur 7. Antall gytegrøper funnet på ulike vanddyb (avstand fra vannoverflate til grusoverflate) for gytegrøper laget av den innsjøgytende auren i naturlig grus i Store Hovvatn i perioden 1992-2007.



Innsamling og undersøkelser av rogn fra gytegrøper i Store Hovvatn. Foto: Einar Kleiven.



Figur 8. Overlevelse av rogn gytt i naturlig grus i Store Hovvatn i perioden 1992-2007. Rognoverlevelsen er vist som prosentandelen av levende rogn. I År hvor det ikke ble funnet levende rogn er dette markert med 0 over gjeldende År.



Typisk gytegrøp lagt i naturlig grus i strandsonen i Store Hovvatn. Foto: Bjørn T. Barlaup.

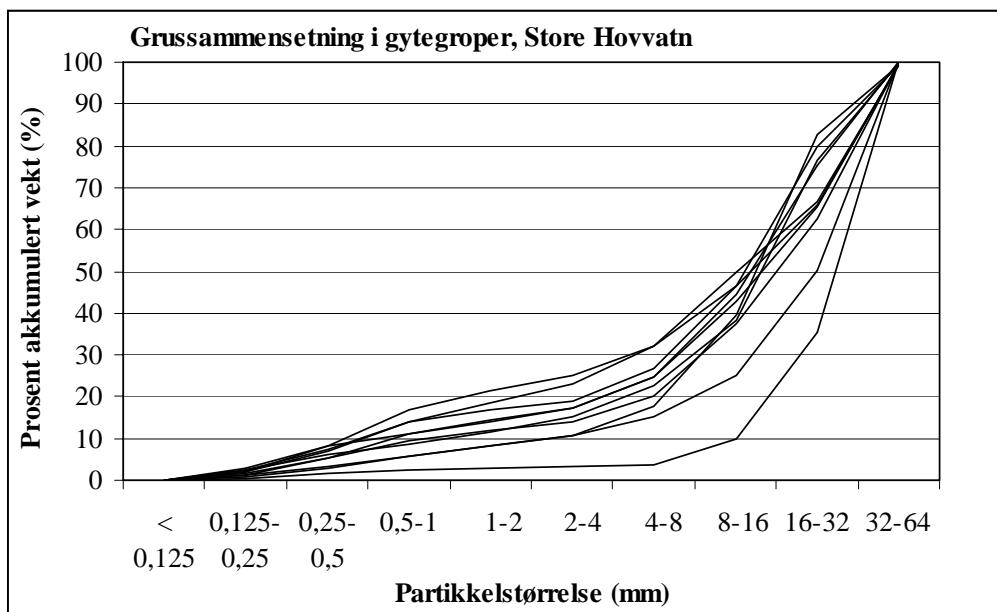


Bilde viser et eksempel på 100 % dødelighet for rogn gytt i naturlig grus i Store Hovvatn. Foto: Bjørn T. Barlaup.

De vannkjemiske forholdene er relativt gode når fisken kommer inn på grunnene for å gyte i oktober – november (jf. Barlaup og Kleiven 2004a). I løpet av perioden fra gyting til klekking vil imidlertid de fleste gropene bli eksponert for det sure overflatevannet som dannes i løpet av vinteren eller våren. Denne uheldige kombinasjonen av grunne gyteområder og forsuring av overflatevannet har forårsaket svært lav overlevelse for rogn gytt i naturlig grus. I mai i årene 1992-2001 ble det registrert en svært lav rognoverlevelse som varierte fra 0 % til 4,7 % (**Figur 8**). I mai 2002 var denne overlevelsesprosenten økt til 13,0 % og i mai 2003 og 2004 var den steget ytterligere til henholdsvis 29,2 % og 35,0 %. Den markerte økningen i rognoverlevelse disse tre årene gjenspeiler sannsynligvis bedre vannkjemiske forhold som følge av terrengkalkingen i 1999. I 2005 var rognoverlevelsen sunket til 16,4 %, noe som indikerer en avtagende effekt av terrengkalkingen. Det ble ytterligere understreket ved at det i 2006 og 2007 ble registrert en rognoverlevelse på bare 8,4 % og 5,6 %.

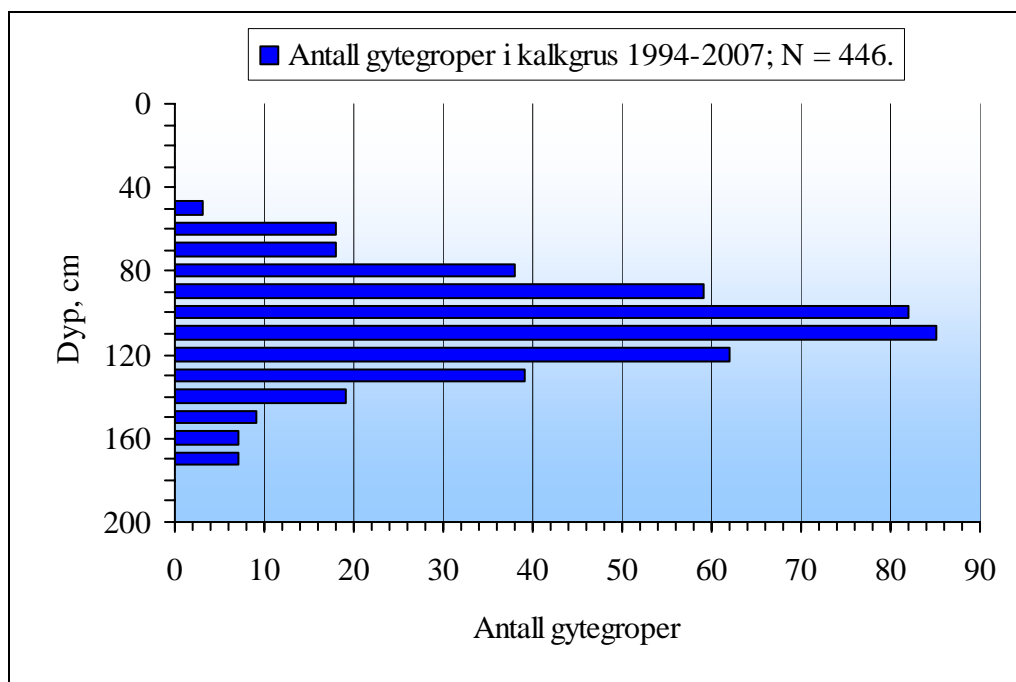
Oksygensvikt har vært vurdert som en mulig årsak til den lave rognoverlevelsen. I groper funnet i fin grus eller sand med et høyt innslag av mudder forårsaker oksygensvikt høyst sannsynlig 100 % rogn dødelighet. De fleste gropene ble imidlertid funnet i grus vurdert som egnet for gyting og inneholdt ikke påfallende høye mengder sand og silt. Dette framgår også av grusprøver av gytegroperne i Store Hovvatn som viser at grusen domineres av størrelseskategorien fra 4 mm til 32 mm (**Figur 9**). Det vurderes derfor som lite trolig at oksygensvikt er hovedårsaken til den observerte dødeligheten i Store Hovvatn. I studier av andre innsjøgytende aurebestander er det funnet relativt god rognoverlevelse. Sægrov (1990) fant 58 % rognoverlevelse i gytegroper fra innsjøgytende aure i Jølstravatnet, og i Byglandsfjorden har vi registrert en rognoverlevelse for innsjøgytende aure på > 70% (Barlaup og Kleiven 2004a). I begge disse innsjøene er derfor rognoverlevelsen langt bedre enn den marginale overlevelsen som er funnet i Store Hovvatn.

Kornfordelingskurven for de aktuelle gytegroperne i Store Hovvatn har noe mer finmateriale enn de undersøkte gytegroperne i Vegår (jf. **Figur 23**).



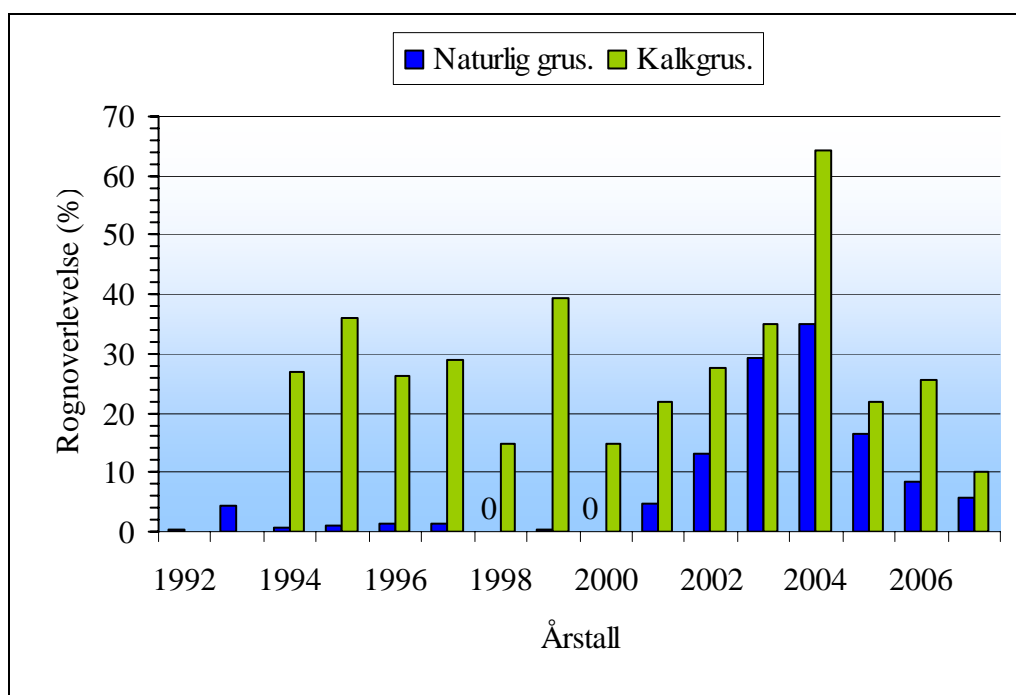
Figur 9. Kornfordelingskurver basert på siktanalyse av grus fra 10 gytegroper av innsjøgytende aure i Store Hovvatn (Fra Barlaup og Kleiven 2004a).

Etter at kalkgrusen ble lagt ut på et område i Store Hovvatn høsten 1993 og på ytterligere to områder våren 1995, viser undersøkelsene i årene 1994-2007 at auren hvert år har gytt i den utlagte kalkgrusen både ved skjæret (stasjon 5) (jf. kart i **Figur 3**) og i sørvest (stasjon 1). På de to gyteområdene i sørøst (stasjon 3 og 4) gytte auren i kalkgrusen først andre sesongen etter at grusen var lagt ut, noe som trolig skyldes at disse gyteområdene i utgangspunktet var relativt små i utstrekning.



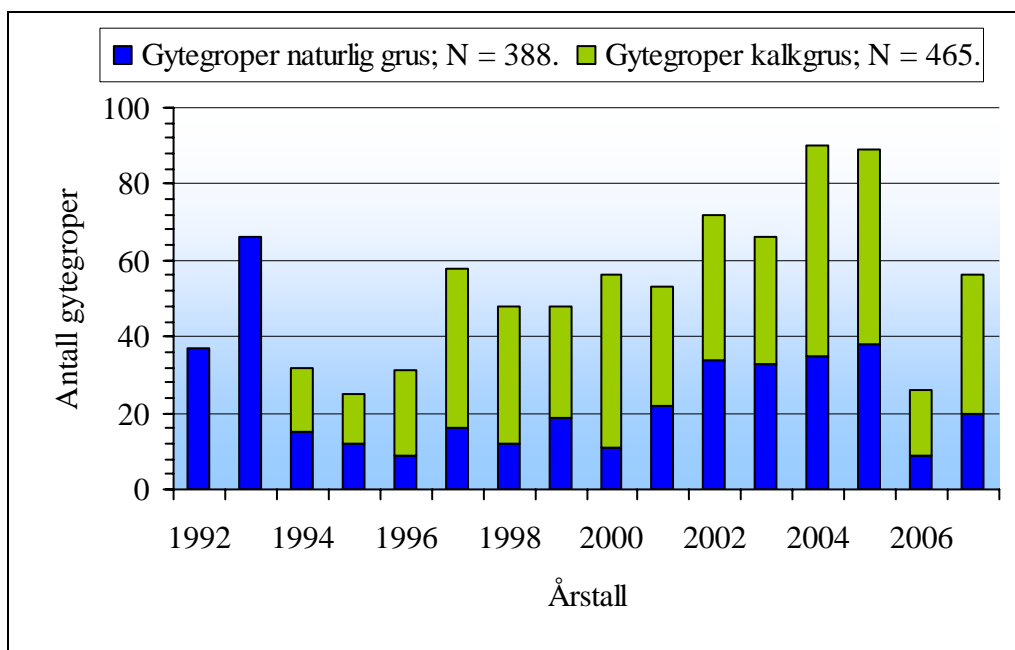
Figur 10. Gytedyp målt som avstand fra vannoverflate til grusoverflate i Store Hovvatn for gytegroper registrert i kalkgrus i perioden 1994-2007.

Gytegropene i den utlagte kalkgrusen ble funnet i et noe snevrere dybdeintervall (**Figur 10**) enn gytegrøpene registrert i naturlig grus (jf. **Figur 7**). Dette gjenspeiler det begrensede dybdeintervallet for utlegging av kalkgrusen. Det gjennomsnittlige vanddyppet for gytegrøper i kalkgrusen var 107,7 cm (std = 20,4, n = 446). Resultatene viser også at gjennomsnittlig rognoverlevelse i gytegrøpene med innblandet kalkgrus gjennomgående var betydelig høyere (fra 10,0 % til 64,2 %) enn for gytegrøper lagt i naturlig substrat (0-35,0 %) (**Figur 11**), og at det er blitt funnet gytegrøper i både naturlig grus og i kalkgrus hvert år i perioden 1994-2007 (**Figur 12**). Til sammen er det i perioden 1992-2007 registrert 388 gytegrøper i naturlig grus og 465 gytegrøper i kalkgrus.



Figur 11. Rognoverlevelse i Store Hovvatn i naturlig grus i perioden 1992-2007 og i kalkgrus i 1994-2007. Rognoverlevelsen er vist som prosentandelen av levende rogn. I år da det ikke ble funnet levende rogn er dette markert med "0" over gjeldende år. (Omarbeidet fra Barlaup og Kleiven (2004a) supplert med nye data).

I 1998 og 2000 ble det registrert den laveste overlevelsen for rogn gytt i kalkgrus (**Figur 11**). I de samme årene ble det også funnet den laveste overlevelsen for rogn gytt i naturlig grus, der det bare ble funnet døde rogn. Disse resultatene kan tyde på at forholdene for rognoverlevelsen var spesielt dårlige disse to årene. Resultatene viser videre at terrengkalkingen høsten 1999 trolig har bidratt til en bedre rognoverlevelse i både naturlig grus og kalkgrus i de etterfølgende årene fram til og med 2004. Deretter avtar rognoverlevelsen både i naturlig grus og i kalkgrus i de påfølgende årene fram til 2007. Rognoverlevelsen i kalkgrusen i 2007 er dermed den dårligste som er registrert i Store Hovvatn siden starten i 1994. Vi kan på det nåværende tidspunktet ikke påpeke noen klar årsak til den markerte nedgangen i rognoverlevelsen i både naturlig grus og kalkgrusen som er registrert i innsjøen etter 2004, men det er nærliggende å tro at dette har sammenheng med en avtagende effekt av terrengkalkingen.



Figur 12. Totalt antall gytegrøper funnet på alle undersøkte gyteområder i Store Hovvatn i perioden 1992-2007.

En oversikt over den registrerte rognoverlevelsen på de ulike undersøkte gyteområdene er vist i **Figur 13**. Den viser at overlevelsen varierer mye mellom forskjellige år på de ulike områdene. Rogn gytt i kalkgrus hadde generelt en markert høyere overlevelse sammenliknet med rogn gytt i naturlig grus på alle de fire gyteområdene med kalkgrus.

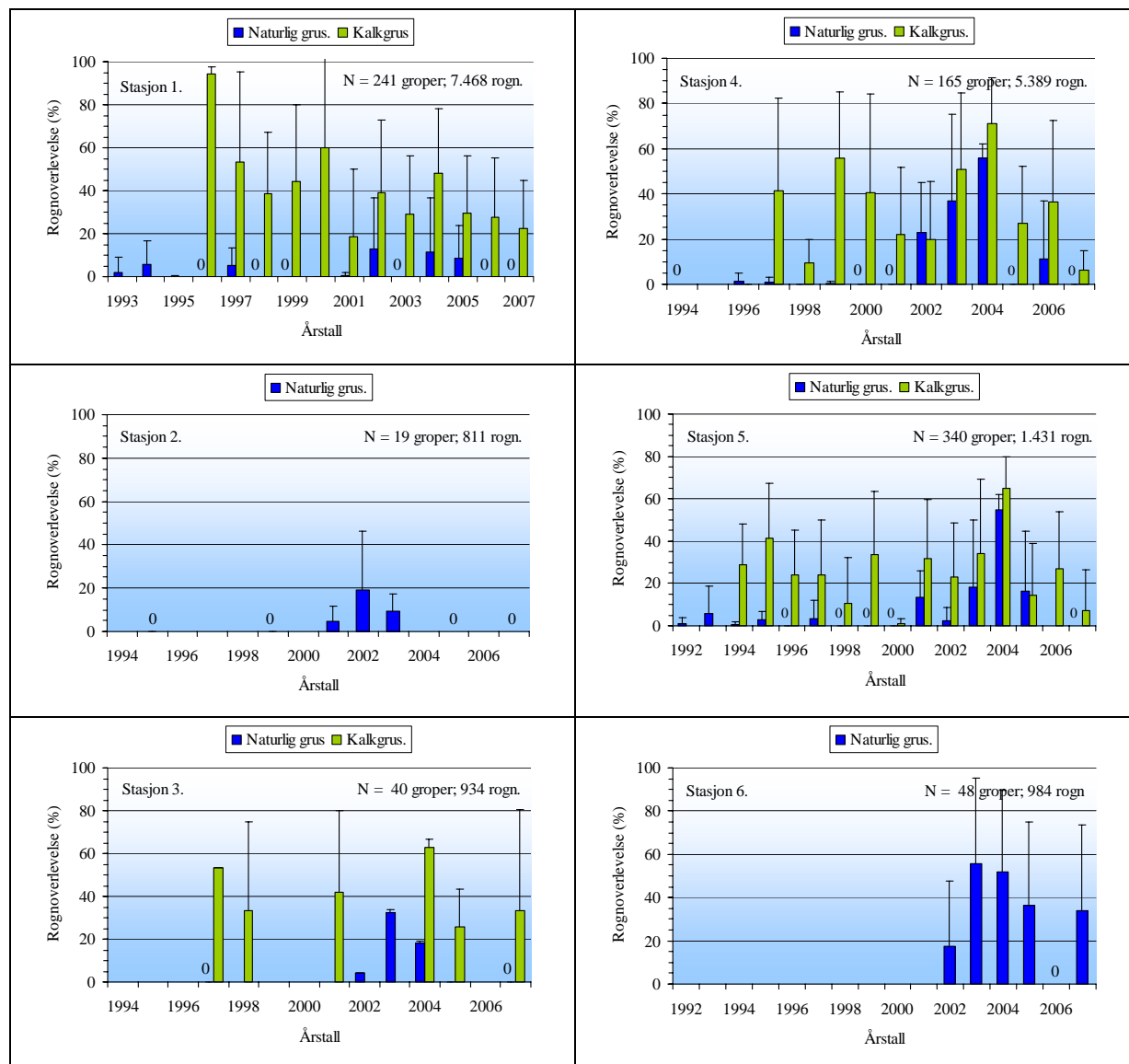
På de to områdene uten utlagt grus, stasjon 2 og 6, har auren gytt mer sporadisk. På stasjon 2 ble det bare funnet gyting i årene 2001 til 2003, mens det på stasjon 6 ved utløpet av Store Hovvatn har forekommet gyting årlig siden 2002 (**Figur 13**). På denne stasjonen har rognoverlevelsen vært relativt god med unntak av året 2006 da all rogn på denne stasjonen var døde. Etableringen av denne gyteplassen skyldes trolig at det her til dels er rennende vann og dermed en viss vannstrøm. For å etablere denne gyteplassen og gyteplassen på stasjon 2 måtte auren grave vekk et betydelig lag med mudder og annet organisk materiale som var sedimentert på området.

Resultatene fra Store Hovvatn viser at utlegging av kalkgrus kan være et effektivt tiltak for å bedre rekrutteringen til innsjøgytende aurebestander som er truet av forsurening (Barlaup og Kleiven 2004a). Tilsvarende resultater ble også funnet ved utlegging av kalkgrus for den innsjøgytende auren i Vegår (se **kapittel 5.3.5**). Likeledes har tilførsel av kalkgrus og kalkstein (kornstørrelse fra 1 til 20 cm) på gyteplassene også vist seg å være en effektiv metode for å øke rogn- og yngeloverlevelsen for canadarøye (*Salvelinus namaycush*) (Booth m.fl. 1993). Økt overlevelse er også funnet eksperimentelt ved å klemme regnbueaurerogn i klemkebokser med kalkstein med korndiameter på om lag 5 cm (Gunn & Keller 1980, 1984), og ved utlegging av kalkstein på gyteplasser for Atlantisk laks (Lacroix 1992, 1996).

Resultatene viser at den positive effekten av kalkgrusen vil vare i minst 10 år. Resultatene viser også at når fisken først har tatt i bruk et gyteområde er det stor sannsynlighet for at den forsetter å benytte samme område over mange år. Når fisken gyter graver den i grusen og fjerner dermed sand, mudder og annet organisk materiale. Dette bidrar til å holde grusen ren og er trolig viktig for at de samme områdene blir benyttet år etter år. Uten dette årlige renholdet vil grusen over tid inneholde mye sedimentert sand og organisk materiale slik at den i liten grad er egnet for gyting. Dette gjelder spesielt områdene som er lite eksponert for bølgeslag.

På enkelte områder hvor det ble lagt ut kalkgrus høsten 1993, og som fisken så langt ikke har benyttet, ligger det nå et tykt mudderlag over grusen. Dette mudderlaget er nå en klar hindring for at

fisken skal gyte på disse områdene. På de utlagte områdene med kalkgrus hvor fisken gyter årlig ser derimot grusen helt ren ut. Her ser det ut som om grusen nylig er lagt ut til tross for at det er over 10 år siden utleggingen. Dette skyldes helt klart fiskens graveatferd under gytingen som er med på å holde grusen ren, og som derfor bidrar til gjenbruk av de samme områdene. Dette gjelder spesielt for stasjon 1 i sørvest som ligger i en lun vik med lite bølgeeksponering.



Figur 13. Gjennomsnittlig rognoverlevelse (%) med standardavvik for rogn funnet i gytegrøper i kalkgrus og i naturlig grus på de fire gyteområdene i Store Hovvatn hvor det er lagt ut kalkgrus (stasjon 1, 3, 4 og 5), og på to stasjoner hvor det bare er naturlig grus (stasjon 2 og 6). På skjæret i NØ (stasjon 5) ble kalkgrusen lagt ut høsten 1993 mens den ble lagt ut våren 1995 på stasjon 1 og stasjon 4. Totalt antall undersøkte gytegrøper (N) og antallet rogn på det enkelte gyteområde er vist i figurene. I år hvor det ikke ble funnet levende rogn er dette markert med "0" over gjeldende år. I år uten anmerking ble det ikke funnet gytegrøper. Lokaliseringen av gyteområdene er vist i **Figur 3**. (Omarbeidet fra Barlaup og Kleiven (2004a) supplert med nye data).



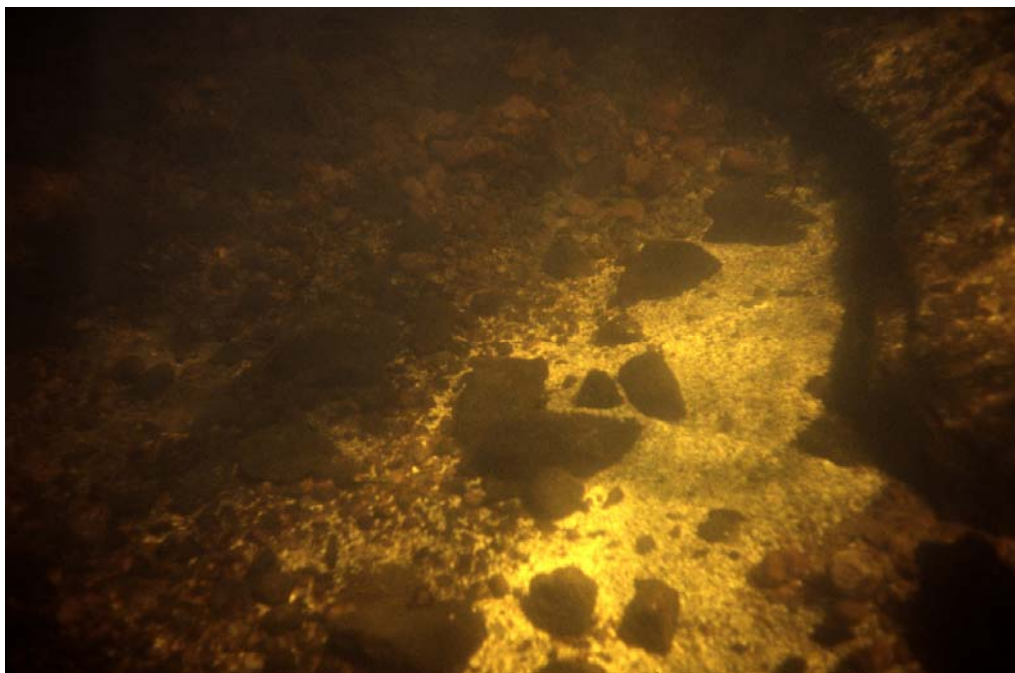
Øverste bilde: Den rene grusen viser at auren har gytt i den utlagte kalkgrusen i Store Hovvatn. I øvre delen av bildet sees et tilsvarende område med kalkgrus som ikke har vært benyttet til gyting og hvor grusen derfor er tilsammet. Nederste bilde: I gytegrupene lagt i kalkgrus ble det funnet en klar økning i røgnoverlevelsen. Foto: Bjørn T. Barlaup.

På to steder i Store Hovvatn ble det funnet at fisken begynte å ta i bruk helt nye gyteområder. På begge disse stedene var bunnforholdene dominert av sand og organisk materiale og ikke vurdert som mulige gyteområder før fisken begynte å grave fram grusen. Dette gjelder langs land mot utløpet i sørvest (stasjon 2) og nede i selve utløpet (stasjon 6). På disse to plassene har fisken nå gravd fram

grusen og opprettet nye gyteplasser. På området nede i utløpet har gyteplassen vært i bruk hvert år siden 2002, mens gyteplassen langs land mot utløpet har vært benyttet mer sporadisk. Gyteplassen i utløpet er delvis på rennende vann og dette har trolig bidratt til en relativt bra rognoverlevelse i gropene som er gytt på dette stedet med unntak av 2006 da all rogn var død. Det er derfor grunn til å tro at dette vil bli en permanent og viktig gyteplass for auren i innsjøen. Det er interessant å merke seg at auren først høsten 2001 begynte å bruke denne gyteplassen. Det er 20 år etter at utsettingene av aure begynte i 1981. Da den opprinnelige aurebestanden i Store Hovvatn døde ut på 1920-tallet opphørte den årlige bruken av gyteplassene. Dette må ha medført en forringelse av de tidligere gyteplassene grunnet økt sedimentering. Liten tilgang på egnede gyteplasser kan derfor ha vært en medvirkende årsak til at det har tatt såpass lang tid fra auren ble reintrodusert til innsjøen på 1980-tallet til den klarte å etablere en selvreproduserende innsjøgytende bestand utover på 1990-tallet.

4.3.5 Uheldig effekt av utlegging av skjellsand

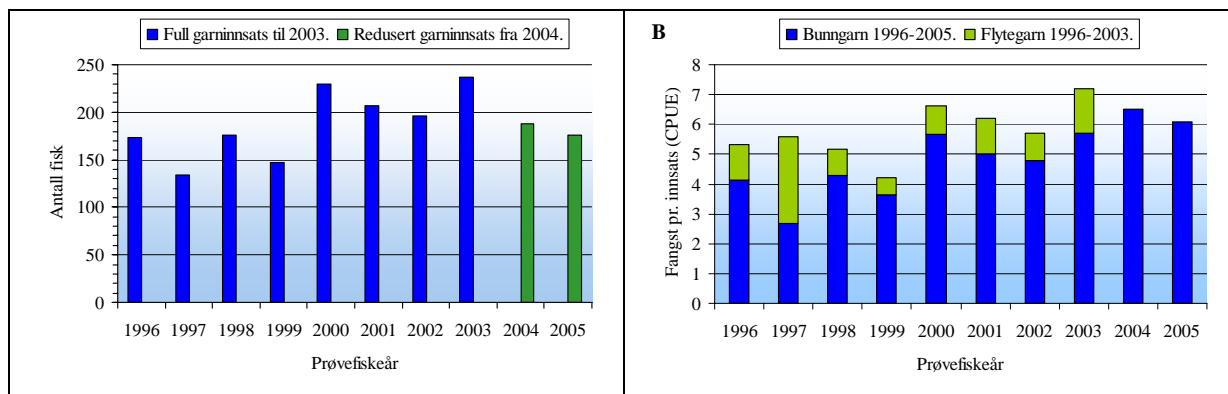
I august 1992 ble det lagt ut om lag ett tonn skjellsand fordelt på ti mindre felter (totalt 48 m²) på gyteområdet ved skjæret (stasjon 5), hvor det i mai 1992 var blitt registrert 11 gytegroper. Feltene med utlagt skjellsand ble undersøkt i mai i tidsrommet 1993-2007, men det ble ikke funnet nye gytegroper i skjellsanden i disse årene. Derimot ble det i samme tidsperiode funnet hele 205 gytegroper i kalkgrusen og 98 gytegroper i naturlig grus i det samme området. Disse resultatene gir en sterk indikasjon på at fisken aktivt unngår å bruke skjellsanden under gytingen fordi den har mindre partikkelstørrelse enn naturlig gytegrus og kanskje også fordi den er svært lys (hvit). Dessuten vil finpartikulært materiale i skjellsanden virvles opp når fisken graver i den. Finmateriale i gytegroper kan forårsake rognfødelighet pga. oksygenvinn fordi porene i grusen tettes (Chapman 1988). Det er derfor ikke uventet at auren unngår å bruke ren skjellsand som gytesubstrat. Dette resultatet er også i samsvar med studier som viser at laksefisk aktivt unngår gytesubstrat av uegnet kvalitet (Burner 1951; Crisp & Carling 1989; Barlaup m.fl. 1994b). En bør således ikke bruke ren skjellsand som forbedrende gytesubstrat i forsurrede innsjøer.



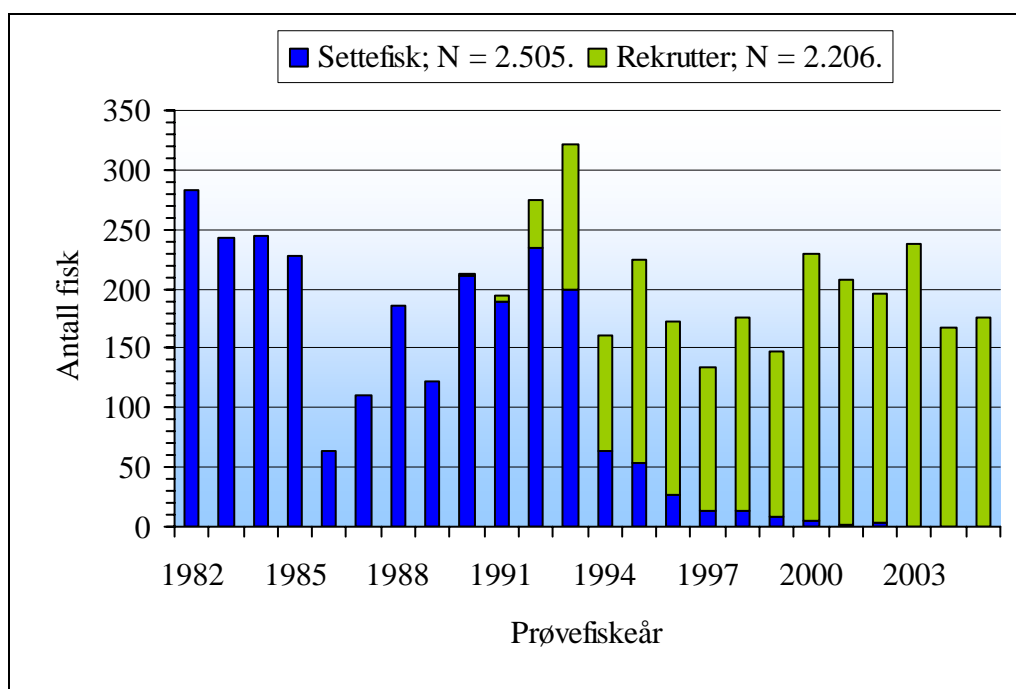
Felt med skjellsand lagt ut i Store Hovvatn i 1992. Foto: Bjørn T. Barlaup.

4.3.6 Prøvefiske - fangst pr. garninnsats (CPUE)

Totalfangsten av aure på prøvefiske i Store Hovvatn i oktober i perioden 1996-2005 er vist i **Figur 14A**. Fangsten viser en stigende tendens fram til og med 2003. Da ble innsatsen redusert, ved at bla. flytegarna ble utelatt. Fangst pr. garninnsats i Store Hovvatn viser en økning for bunngarna i perioden 1996-2005 (**Figur 14B**). Samtidig viser fangst pr. garninnsats en reduksjon når det gjelder flytegarna. Fangsten i bunngarna og flytegarna samlet resulterte i en tydelig økning i fangst pr. garninnsats i perioden, som med stor sannsynlighet gjenspeiler en økt naturlig rekruttering til bestanden.



Figur 14. Oversikt over antall aure fanget pr. prøvefiske i Store Hovvatn i perioden 1996-2005 (A) og fangst pr. garninnsats (CPUE) fordelt på bunngarn og flytegarn (B). Fra og med 2004 er det ikke brukt flytegarn.



Figur 15. Forholdet mellom settefisk og naturlige rekrutter på prøvefiske i Store Hovvatn i perioden 1982-2005.

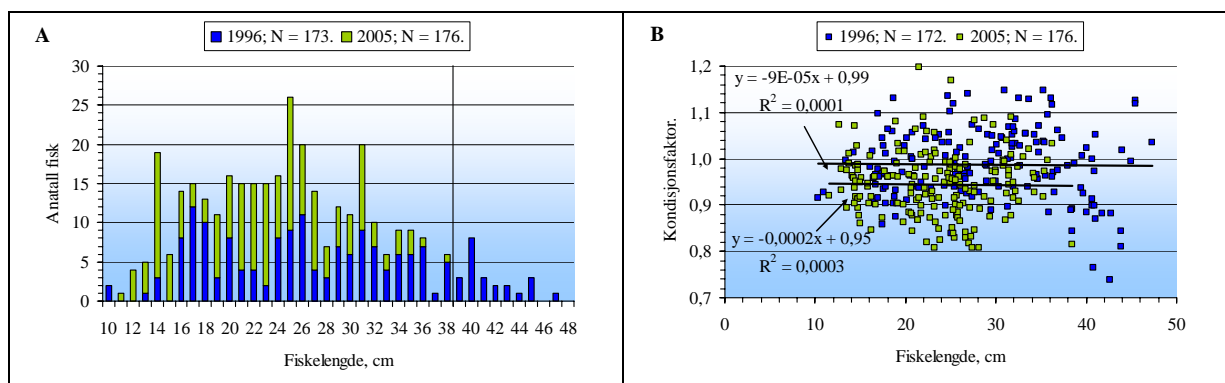
4.3.7 Fra utsettinger til en selvrekutterende bestand

Etter at kalkingen kom i gang i 1981 ble det fram til og med 1991 satt ut fisk for å reetablere en innsjøgytende aurebestand. Det skulle imidlertid gå over ti år før naturlige rekrutter begynte å bli et fast innsalg i prøvafisaket. Fram til 1990 var naturlig rekruttert fisk fraværende i fangstene, men i 1991, 1992 og 1993 var det en klar økning i denne andelen da naturlige rekrutter utgjorde henholdsvis 2,5%, 14,6% og 37,9%. Denne utviklingen fortsatte og fra 1994 dominerte de naturlige rekrutteringene. Den



Bilder fra prøvefiske i Store Hovvatn. Foto. Øyvind A. Schnell.

økte naturlige rekrutteringen var bakgrunnen for at fiskeutsettingene opphørte fra og med 1991. Mot slutten av 1990-tallet avtok gradvis innslaget av utsatt fisk i fiskefangstene og den siste settefisken ble tatt på prøvefisket i 2002 (**Figur 15**).



Figur 16. Lengdefordeling for aure fanget på prøvefiske i oktober i Store Hovvatn i 1996 og 2005 (A) og kondisjonsfaktoren for samme fisken i 1996 og 2005 (B).

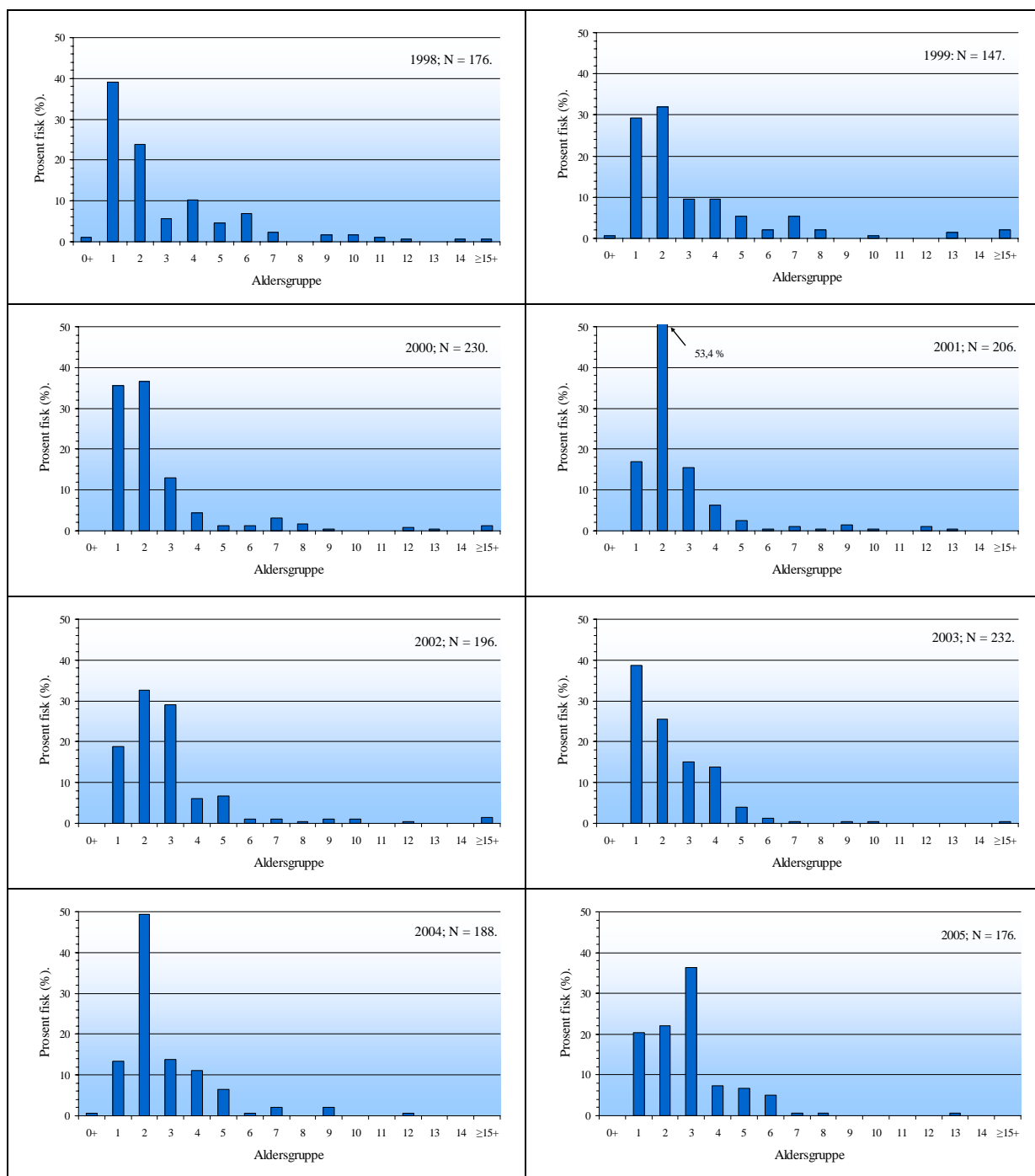
4.3.8 Endring i lengdefordeling og kondisjonsfaktor

Samtidig med økende fangst i Store Hovvatn, har andelen av stor fisk minket (**Figur 16A**). Med utgangspunkt i prøvefisket i 1996 var 36 aure (20,8%) av fangsten (N = 173) over 35 cm, mens i 2005 var bare 2 aure (1,1%) av fangsten (N = 176) så store. Dessuten har kondisjonsfaktoren gått ned, fra 0,98 i 1996 til 0,93 i 2005 (**Figur 16B**). I den samme perioden har aurebestanden i Store Hovvatn gått over fra å ha et betydelig innslag av settefisk, til å være fullt ut selvrekrutterende fra og med 2003 (jf. **Figur 15**).

4.3.9 Aldersfordeling

Aldersfordelingen for auren som er fanget på prøvefiske i Store Hovvatn for perioden 1998-2005 er vist i **Figur 17**. Den viser at de dominerende aldersgruppene i perioden har vært 2+ - 3+. Med unntak av aldersgruppe 0+, er det ikke markert fravær av andre aldersgrupper for fisk yngre enn 6+. Det har dessuten vært jevnlig innslag av aure såpass gammel som i aldersgrupper $\geq 15+$ (jf. Barlaup og Kleiven 2004a).

Som det vil framgå senere (**kapittel 4.3.11**), er vekstbetingelsene for fisken relativt gode og veksten stagnerer ikke før fisken har oppnådd en lengde på om lag 35 cm (jf. **Figur 19**).



Figur 17. Alderfordeling for aure fanget på prøvefiske (bunn garn og flyte garn) i Store Hovvatn i oktober i tidsrommet 1998-2005.

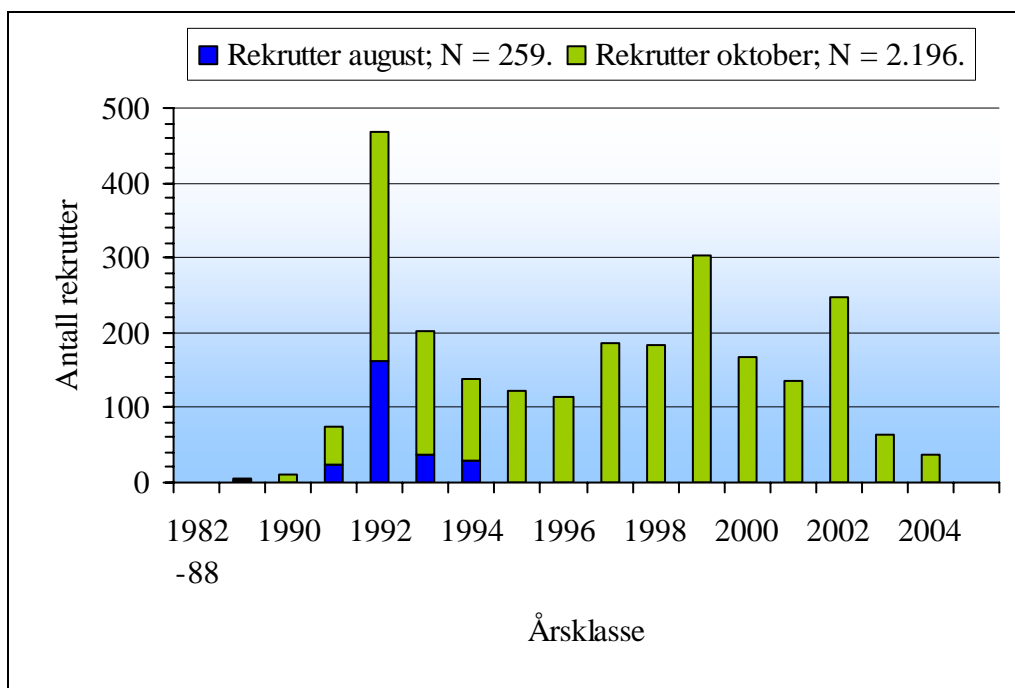
4.3.10 Årsklassestyrke

Akkumulert fangst sortert på årsklasser for naturlig rekruttert aure på prøvefiske i 1994-2005 viser at det har vært tre sterke årsklasser, i 1992, 1999 og 2002 (**Figur 18**). Fra 1992-årsklassen er det registrert 468 rekrutter på prøvefiske, mens det fra 1999-årsklassen er registrert 303 rekrutter og fra 2002-årsklassen 247 rekrutter. Årsklassen fra 2002 ville nok ha blitt noe sterkere dersom det årlige prøvefisket ikke hadde blitt kuttet ut etter 2005. For de andre årsklassene med representativt materiale, har det vært fanget mellom 100-175 rekrutter av hver årsklasse. Med andre ord er det ingen årsklasse

som peker seg ut som spesielt svak. Resultatene viser tydelig at en stabil naturlig rekruttering ble etablert fra og med 1992-årsklassen. Årsaken til dette markerte omslaget er ikke kjent da det ikke er funnet at forholdene vinteren 1992 skilte seg ut med tanke på klimatiske eller vannkjemiske forhold (Barlaup m.fl. 1998). Den sterke 1992-årsklassen stammer fra det første året det ble gjort undersøkelser av gyteområdene. Det ble da bare undersøkt et gyteområde på skjæret i nordøst (stasjon 5) og rognoverlevelsen var da svært lav (0,5 %). Rekrutteringen stammet trolig også fra andre gyteområder, men det er grunn til å tro at rognoverlevelsen generelt må ha vært svært lav. Dette tyder på en høy overlevelse for yngelen som kom opp av grusen, noe som trolig kan knyttes til liten konkurranse og en lav tetthetsavhengig dødelighet. Etter 1992 er det som nevnt en relativt stabil, årlig rekruttering til bestanden. Dette gjenspeiles tydelig i det økende antallet naturlige rekrutter tatt på prøvefiske utover på 1990-tallet (jf. **Figur 15**) og i en økende fangst pr. garninnsats (CPUE) i samme periode (jf. **Figur 14B**). Utover på 1990-tallet må en forvente økt konkurranse og økt tetthetsavhengig dødelighet i bestanden. Det er imidlertid interessant å merke seg at den relativt høye rognødeligheten ikke har resultert i noen svært svake årsklasser og rekrutteringssvikt slik en ofte finner det i aurebestander truet av forsurening. Utlegging av kalkgrus og god overlevelse for yngelen som kommer opp fra grusen har bidratt til å motvirke en slik rekrutteringssvikt i bestanden.



Fin aure tatt på prøvefiske i Store Hovvatn. Den spesielle marmoreringen er et kjennetegn for Byglandsfjordstammen som har vært benyttet som stamfisk i Store Hovvatn. Foto: Bjørn T. Barlaup.



Figur 18. Årsklassefordeling for naturlig rekruttert aure fanget på prøvofiske i Store Hovvatn i august 1982-1995 og i oktober 1982-2005.

4.3.11 Sammenligning av tilveksten

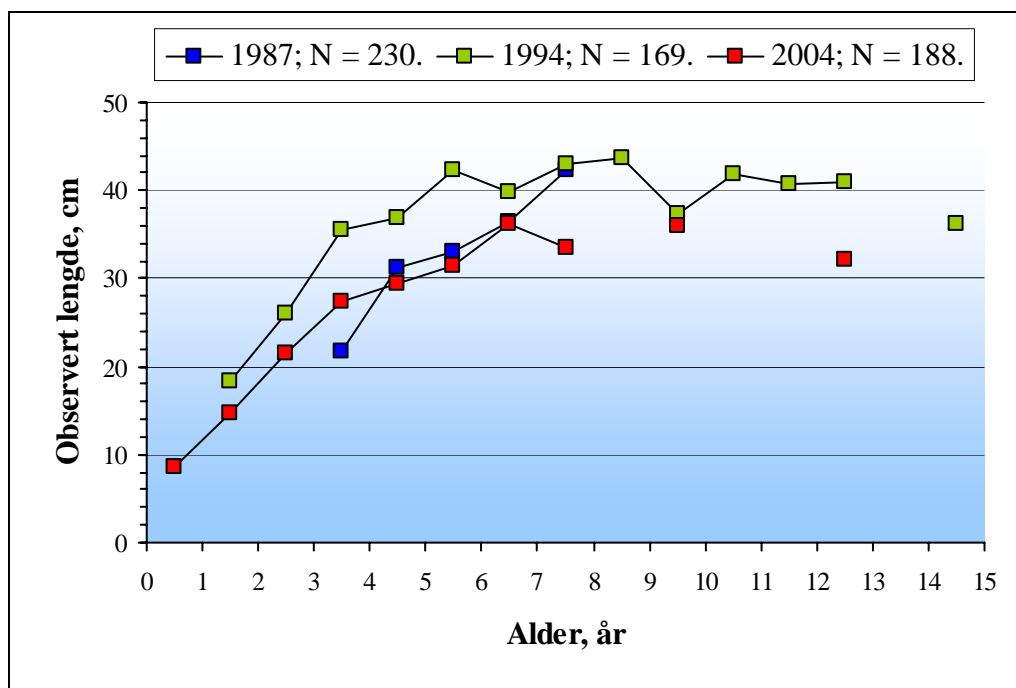
Sammenligning av tilveksten på auren i Store Hovvatn for 1987, 1994 og 2004 er vist i **Figur 19**. Den viser at veksten høsten 1994, etter tre år med naturlig rekruttering (Barlaup og Kleiven 2004a), var mye bedre enn i 2004. I 1994 var auren 4,6 cm lengre i aldersgruppe 2+ (N = 60) enn i samme aldersgruppe i 2004 (N = 93) (**Figur 19**). For noen aldersgrupper eldre enn 2+ var vekstforskjellen mye større, men antallet fisk i hver av disse aldersgruppene var til dels veldig lite (N = 1-26). Vekstkurven for auren i 1987, med utelukkende settefisk som grunnlag, ligger omtrent på samme nivå som vekstkurven for 2004. Etter 1992 er det som nevnt ikke satt ut fisk i Store Hovvatn (Barlaup og Kleiven 2004a). Den observerte nedgangen i veksten fra 1994 til 2004 skyldes derfor økt konkurranse i den etter hvert helt selvreproduserende aurebestanden i innsjøen. Den reduserte veksten for auren faller sammen med mindre fisk over 35 cm og redusert kondisjonsfaktor (jf. **Figur 16A,B**). Likevel viser resultatene at bestanden langt fra er overtallig og småvokst slik en ofte finner det i aurebestander med god tilgang på gyteområder og normal rognoverlevelse. I slike bestander vil ofte fisken stagnere i vekst ved om lag 25 cm lengde eller mindre.

4.4 Etablering av en selvreproduserende bestand i Store Hovvatn

Som det framgår av resultatene ble aurebestanden i Store Hovvatn i løpet av 1990-tallet selvrekrutterende. Dette skjedde ved at det fra og med høsten 1991 årlig forekom omfattende gyting i strandsonen i innsjøen. Store forskjeller i rognoverlevelsen mellom ulike gyteområder og mellom år viser at lokale forhold som er bestemmende for overlevelsen varierer mye i tid og rom (jf. **Figur 13**). I gytegroper lagt i naturlig grus har overlevelsen generelt vært lav fordi det forekommer episoder med svært surt vann under isen. Til tross for denne lave rognoverlevelsen har det ikke forekommet noen spesielt svake årsklasser fra og med høsten 1993. Utlegging av kalkgrus fra og med høsten 1993 har bidratt til dette resultatet siden rognoverlevelsen i kalkgrus har vist seg å være gjennomgående høyere enn i naturlig grus. Resultatene tyder på at den positive effekten av kalkgrusen vil vare over mange år (> 10 år). Et annet forhold som har motvirket rekrutteringssvikt er trolig lav konkurranse og en lav

tetthetsavhengig dødelighet for yngelen som kommer opp av grusen. I årene 2000 til 2004 ble det registrert en markert økning i rognoverlevelsen både i naturlig grus og kalkgrus. Dette skyldes med stor sannsynlighet bedre vannkjemiske forhold som følge av terrengekalkingen i 1999. Den avtagende overlevelsen i årene 2004 til 2007 tyder tilsvarende på en avtagende vannkjemisk effekt av terrengekalkingen. De årlige undersøkelsene av gyteområdene siden 1992 har vist at auren bruker de samme gyteområdene år etter år. Et forhold som bidrar til dette er trolig at gyteatferden til auren sørger for at grusen holder seg ren for sand og mudder. Dette gjør at gyteplassene framstår som lite nedslammet og dermed skiller seg mye fra områder som ikke benyttes til gyting. Siden undersøkelsene av gyteområdene startet i 1992 har det vist seg at auren har etablert to nye gyteområder. Det har skjedd på områder som ved dykking ble vurdert som uegnet for gyting på grunn av mye sand og mudder. Under gytingen har auren gravd fram grusen, og på et av de to områdene er det årlig registrert gyting siden 2002.

Aurebestanden i Store Hovvatn har nå det en kan kalle en naturlig årsklassesammensetning. Fisken stagnerer i vekst når den har nådd en alder på 7-8 år og en lengde på om lag 35 cm. Dette tyder på at det er en balanse mellom innsjøens gytemuligheter og næringsproduksjon som motvirker at bestanden blir overtallig og småvokst. Om den nedadgående trenden for rognoverlevelsen fortsetter i de kommende år vil imidlertid det føre til rekrutteringssvikt. Ytterligere kalkingstiltak vil da være nødvendig for å opprettholde bestanden.



Figur 19. Empirisk vekstkurve for aure fanget på prøvafiske i Store Hovvatn i oktober 1987, 1994 og 2004.

5. Undersøkelser i Vegår

5.1 Bakgrunn

Hovedelementene i kalkingsstrategien i Vegår har vært at den etter hvert årlige kalkingen av Vestfjorden (søndre og nordre basseng) skal sikre akseptabel vannkvalitet i målområdet i Vestfjorden og Nordfjorden (Kaste og Skancke 2004). I tillegg kom dosereren i Vegårsvassella og vannbidraget fra Vestfjorden og Nordfjorden som sikret vannkvaliteten i målområdet Mosbukta og Sørfjorden. I Vegår har innsjøkalking foregått siden 1985 og kalkdosering i Vegårsvassella fra 1986. I de senere år har doseringen i Vegårsvassella vært sterkt redusert på grunn av driftsproblemer fra september 1999, og i 2000 og 2001 ble det praktisk talt ikke dosert kalk fra anlegget. Dosereren er senere stengt.

5.2 Materiale og metoder

5.2.1 Vannkjemi

Vannprøver fra Vegår er blitt analysert ved Agderforskning - Teknikk (senere KM-lab) i Grimstad (1985-1994) og NIVAs laboratorium i Oslo (1995-2006) (Kaste og Skancke 2004). Prøvene er analysert med hensyn på standard forsøringsparametre. Det er tatt prøver både av fjorden og av Vegårsvassella, som renner ned i fjorden i den østlige delen. For å dokumentere vannkvaliteten under isen i Vegår ble det i løpet av vintrene 1998/1999 og 1999/2000 gjennomført fem prøvetakingsrunder i Vestfjorden. På i alt sju stasjoner ble det tatt prøver fra flere dyp.

5.2.2 Rognoverlevelse

Metodikken for undersøkelse av rognoverlevelsen har vært den samme som for Store Hovvatn (jf. Barlaup og Kleiven 2004b; **kapittel 4.2.3**). Rognoverlevelsen i Vegår har blitt undersøkt siden 1995.

5.2.3 Utlegging av kalkgrus på gyteområder

For å motvirke høy rognødelighet pga. forsuring, ble det i september 1997 lagt ut kalkgrus med størrelse 8-32 mm på gyteplassene ved Espestøa og Degerneset i Vestfjorden (Barlaup og Kleiven 2004b). På Degerneset ble det lagt ut om lag 5 tonn kalkgrus, som dekket 66 m² av gyteområdet, mens det ved Espestøa ble lagt ut om lag 4 tonn, som dekket 47 m² av gyteområdet. Ved undersøkelsene i perioden 1998-2007 har det vist seg at auren hvert år har gytt i den utlagte kalkgrusen på begge steder.

5.2.4 Karakterisering av gytesubstrat

Som for Store Hovvatn er det også i Vegår tatt substratprøver av et utvalg gytegroper. For metodikk se **kapittel 4.2.5**.

5.2.5 Prøvefiske

Siden 1998 har prøvefiske i Vegår foregått i det nordre bassenget i Vestfjorden tidlig i september måned (Barlaup og Kleiven 2004b). Det er brukt 17 stk. fleromfars garn (12 maskevidder fra 5-55 mm) av Nordisk garnserie (Hindar m.fl. 1986), som representerer en standardisert fangsttinningsats i forhold til innsjøareal og dyp. Garna er blitt fordelt på ulike dyp i Vestfjorden fra nordenden av Langøya og nordover mot Nordstøya (Barlaup og Kleiven 2004b). Det er brukt fire garn på 0-3 m, fire på 3-6 m, fire på 6-12 m, tre på 12-20 m og to på 20-35 m. I tillegg er det fisket

med to flytegar på en stasjon midt i bassenget. Flytegarerna fisker i intervallet 0-5 m og 5-10 m. Nordiske garn er brukt siden 1998 (Kleiven og Barlaup 1999, 2001, 2003, 2005, 2007).

Måling og prøvetaking av fisken er gjort etter vanlige prosedyrer (Barlaup og Kleiven 2004b). Aldersanalyser er vesentlig basert på øyresteiner for auren og på gjellelokk for tryta, med kontroller av øyresteiner for større tryter. Opplegget er ellers som for prøvefiske utført i perioden 1998-2006 (jf. Kleiven og Barlaup 1999, 2001, 2003, 2005, 2007).

5.3 Resultater og diskusjon

5.3.1 Vannkjemien i Vestfjorden og Nordfjorden

De to bassengene i Vestfjorden er blitt kalket med jevne mellomrom siden 1985, mens Nordfjorden er kalket indirekte via tilløpet fra Vestfjorden (Kaste og Skancke 2004). Tidsutviklingen av kalsium i Vestfjorden gjenspeiler tydelig utviklingen i kalkingsstrategien – fra kalking hvert tredje år med høye kalkdoser fram til 1994, til kalking annen hvert år fram mot 2001. Etter 2001 er det lagt opp til årlig kalking av begge bassengene. Perioden fram mot 1994 er karakterisert av høye kalsiumtopper (opp mot 4 mg/L) med påfølgende kalsiumfortynning pga. surt tilsig fra ukalkede tilløpsbekker. Mye nedbør høsten og vinteren 2000/2001 med sterk fortynning av det kalkede vannet i innsjøen førte til historisk lave kalsiumkonsentrasjoner våren 2001. Omkalking sommeren 2001 og påfølgende kalking sommeren 2002 førte imidlertid til relativt høye kalsiumkonsentrasjoner ved utgangen av 2002. Nordfjorden har hatt en gradvis og stabil utvikling i kalsiumkonsentrasjonen, fra et utgangspunkt på 1,2-1,3 mg/L i 1985, til et nivå på omkring 2.0 mg/L siden 1992. Tilsiget fra Vestfjorden utgjør omlag 65% av det totale vanntilsiget til Nordfjorden.

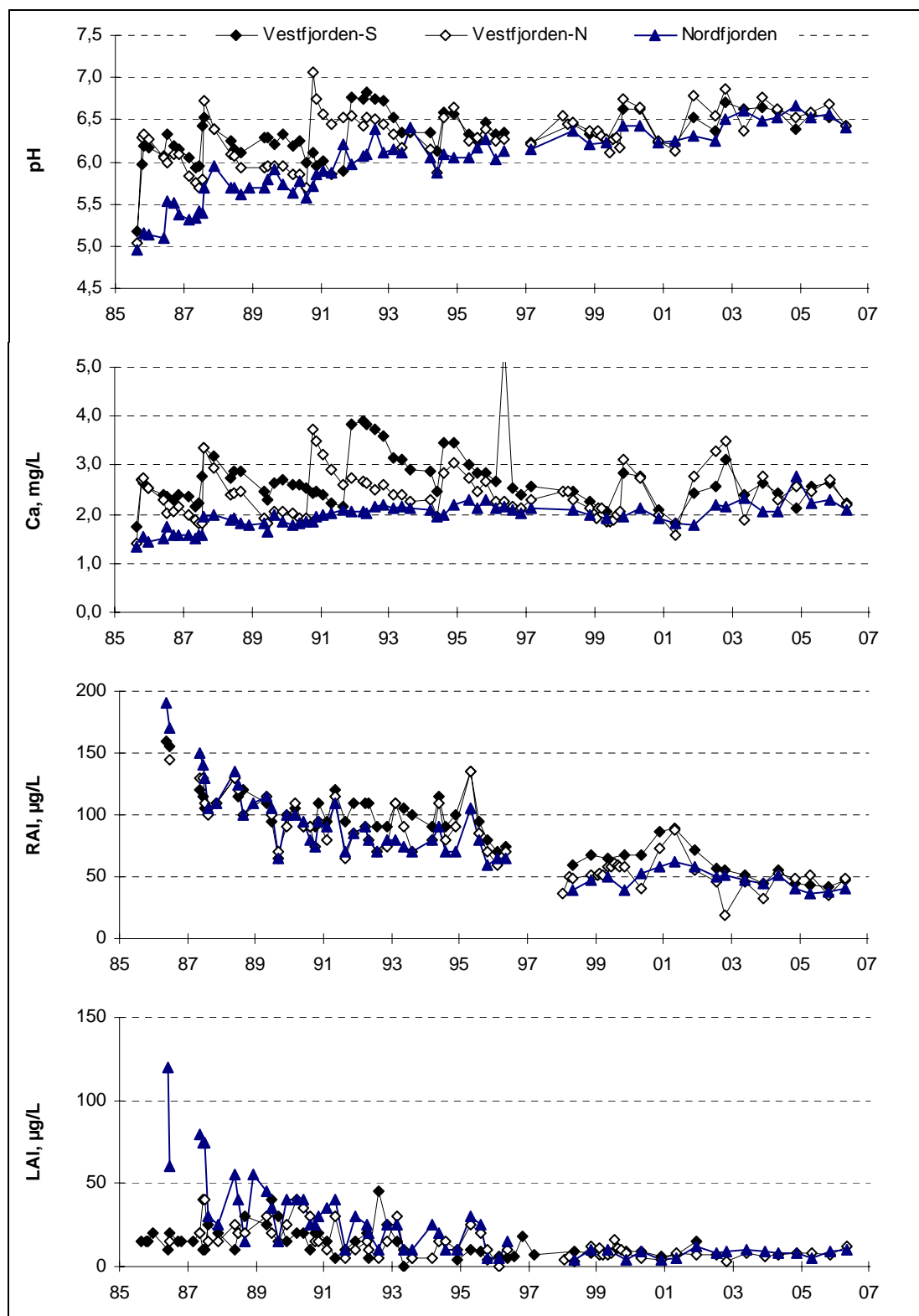
Kombinasjonen av kalking og mindre svovelledfall har gitt en betydelig redusert surhet i Vestfjorden, fra et utgangspunkt omkring pH 5,0 i 1985 (Kaste og Skancke 2004). I de første årene var det vanskelig å holde pH-verdiene stabilt over 6,0 i Vestfjorden, men etter overgangen til kalking annen hvert år fra midten av 1990-tallet har pH-verdiene ligget stabilt over 6.0 både i vår- og høstprøvene. Det tok relativt lang tid før vannkvalitetsforbedringen i Vestfjorden også forplantet seg til det store vannmagasinet i Nordfjorden. Først fra 1992 ble det registrert stabile pH-verdier på over 6.0 i denne delen av innsjøen.

Parallelt med den positive pH-utviklingen har det foregått en betydelig reduksjon i konsentrasjonene av både reaktivt og labilt aluminium i Vestfjorden og Nordfjorden (Kaste og Skancke 2004; **Figur 20**). Nedgangen i labilt aluminium indikerer en betydelig forbedring i vannkvaliteten for fisk, særlig siden 1996 da nivåene stort sett har ligget under 15 µg/L. Dette indikerer tilfredsstillende vannkvalitet for fiskebestanden i innsjøen – i alle fall i sommerhalvåret. Surt vann under isen kan imidlertid være et problem for rognoverlevelse hos den innsjøgytende aurebestanden i innsjøen. Reduksjonen av reaktivt aluminium i løpet av 1990-tallet skyldes trolig en kombinasjon av redusert svovelledfall (og dermed mindre aluminiumsmobilisering fra nedbørfeltet) samt kalkingen. Dette betyr at det er mindre potensielt giftig aluminium tilstede i innsjøen i dag enn for 10 år siden.

Fra 2002 til mai 2006, da NIVAs oppdrag med analysering av vannkjemien i Vegår tok slutt, har pH vært stabil på om lag 6,5, med en kalsiumkonsentrasjon mellom 2-3 mg/L (**Figur 20**). Både verdiene for konsentrasjonen av reaktivt og labilt aluminium har vært stabilt lave.

5.3.2 Vannkjemien i Mosbukta og utløpet av Vegår

Vannkvalitetsutviklingen i den østre delen av Vegår fulgte omlag samme mønster som Nordfjorden fram mot 1999 (Kaste og Skancke 2004). Etter dette har både kalsium- og pH-nivået sunket, trolig hovedsakelig på grunn av redusert og etter hvert opphørt kalkdosering i Vegårvasselve. Tilsiget fra Nordfjorden utgjør omlag 55% av vannføringen ved utløpet av Vegår, mens Vegårvasselve bidrar med omlag 20%. Det er jevnlig registrert forsuringsepisoder i utløpet av Vegår om vinteren, som følge av akkumulering av surt vann under isen (se **kapittel 5.3.3**). I løpet av vintrene 2001 og 2002 var imidlertid disse forsuringperiodene lengre og dessuten karakterisert av surere vann enn



Figur 20. Vannkjemien i form av pH, kalsium, samt reaktivt og labilt aluminium i Vestfjorden (søndre og nordre basseng) og Nordfjorden 1985-2006. Prøvene er hentet hovedsakelig fra 10 meters dyp. (Omarbeidet fra Kaste og Skancke (2004, 2005, 2006) supplert med data fra 2006 fra Øyvind Kaste, pers. medd.).

tidligere. Forsuringen vinteren 2001 har trolig sammenheng med hyppige og store flommer høsten 2000. De lave pH-verdiene som ble registrert i utløpet av Vegår i løpet av vinteren 2002 skyldes trolig i hovedsak redusert bufferkapasitet i den østre delen av Vegår på grunn av opphørt kalking i Vegårvasselva. Ved fortsatt stopp i denne kalkingen, vil en trolig oppleve tilsvarende forsuringsepisoder også i årene framover.

5.3.3 Vannkjemien under isen

Ved samtlige prøvetakingsdatoer, med unntak av 27.03.98, ble det funnet invers temperatursjiktning i overflatevannet under isen (Kaste og Skancke 2004; **Figur 21**). Det vil si at kaldt tilsig fra nedbørfeltet (<4 °C) hadde lagt seg på overflaten rett under isen. På de fleste av prøvetakingsdatoene var det et tydelig pH-avtak fra 10 meters dyp og opp mot overflaten. Den største endringen ble registrert fra 5 meter og oppover. Eneste unntak var 27.3.98, da det var tilnærmet sirkulasjon, og pH var omtrent den samme i hele vertikalprofilen fra 0-20 meter. Resultatene viser at det sure vannet (pH<6.0) i all hovedsak var knyttet til de øverste 3 meterne, og at det kun var den øverste meteren som var surere enn pH 5,5. Data fra sju stasjoner spredt over det meste av det nordre bassenget i Vestfjorden illustrerte at det var forholdsvis liten horisontal variasjon mht. pH i innsjøen på denne tiden. Den høyeste konsentrasjonen av labilt aluminium (64 µg/L) ble målt 23.03.99 på 1 meters dyp. Dette er et konsentrasjonsnivå som trolig kan være skadelig for mange vannlevende organismer som puster med gjeller. Konsentrasjonene av labilt aluminium på 10 og 20 meters dyp var betydelig lavere; 3-11 µg/L. Dette skyldes at pH-verdiene på disse dybene var høyere (> 6,0).

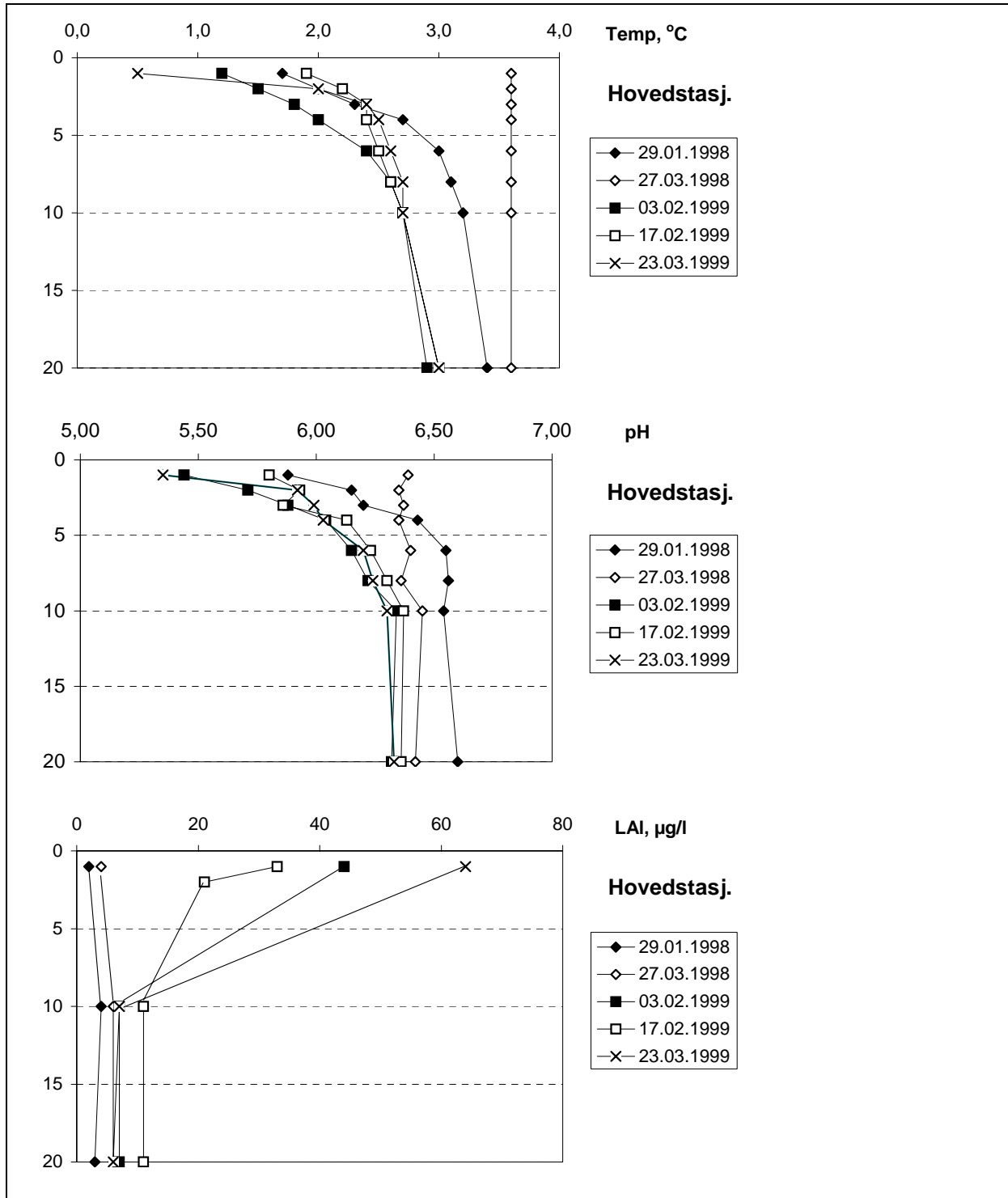
5.3.4 Rognoverlevelse i strandsonen

Etter henvisning fra grunneiere er det lokalisert fem gyteområder for innsjøgytende aure i Vestfjorden (Barlaup og Kleiven 2004b). Det er det Sortmyrodden, Ormsundet, Espestøa, Degerneset og Kvennhusodden. Dessuten er det lokalisert to gyteområder i Nordfjorden; ved Rennsunda og langs Sautanglandet.

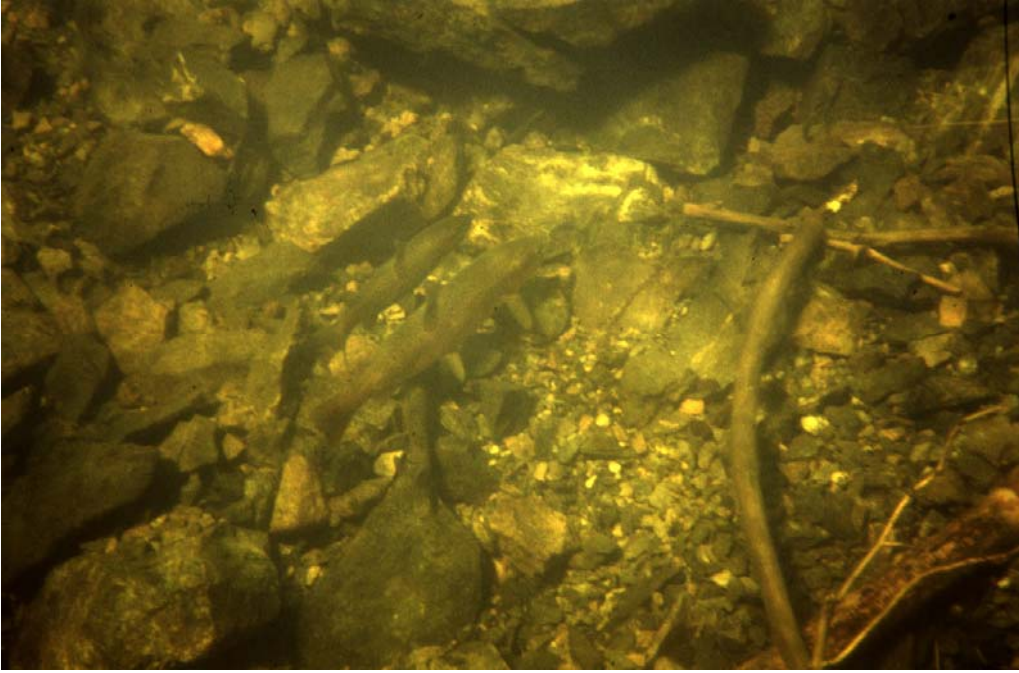
Gyteplassene kjennetegnes ved at de ligger i strandsonen hvor bunnforholdene er dominert av grus og mindre stein (Barlaup og Kleiven 2004b). Bølgeslag bidrar trolig til å holde grusen fri for slam og flere av gyteområdene ligger på vindeksponerte steder. På samtlige gyteplasser i Vestfjorden ble det i perioden 1997-2007 årlig funnet gytegroper, noe som tyder på at områdene er etablerte gyteplasser. Basert på påviste antall groper og utstrekningen av gyteområdene i Vestfjorden, er Ormsundet, Degerneset og Espestøa vurdert å være større og viktigere enn områdene ved Sortmyrodden og Kvennhusodden.

På alle områdene ble gytegroper funnet på relativt grunt vann (**Figur 22**), i gjennomsnitt på 110,5 cm dyp (std = 23,7, n = 469). Plasseringen av gytegroperne skyldes i hovedsak at gytegrusen går over til substrat med mye slam eller sand når det blir dypere enn 1,5 til 2,0 m. Imidlertid vil det også kunne være noen gytegroper på større dyp, som er vanskelige å observere ved snorkeldykking. Et utvalg av grusprøver tatt fra gytegroperne i Vestfjorden viser at kornfordelingskurven domineres av grus i størrelsen 8-32 mm (**Figur 23**).

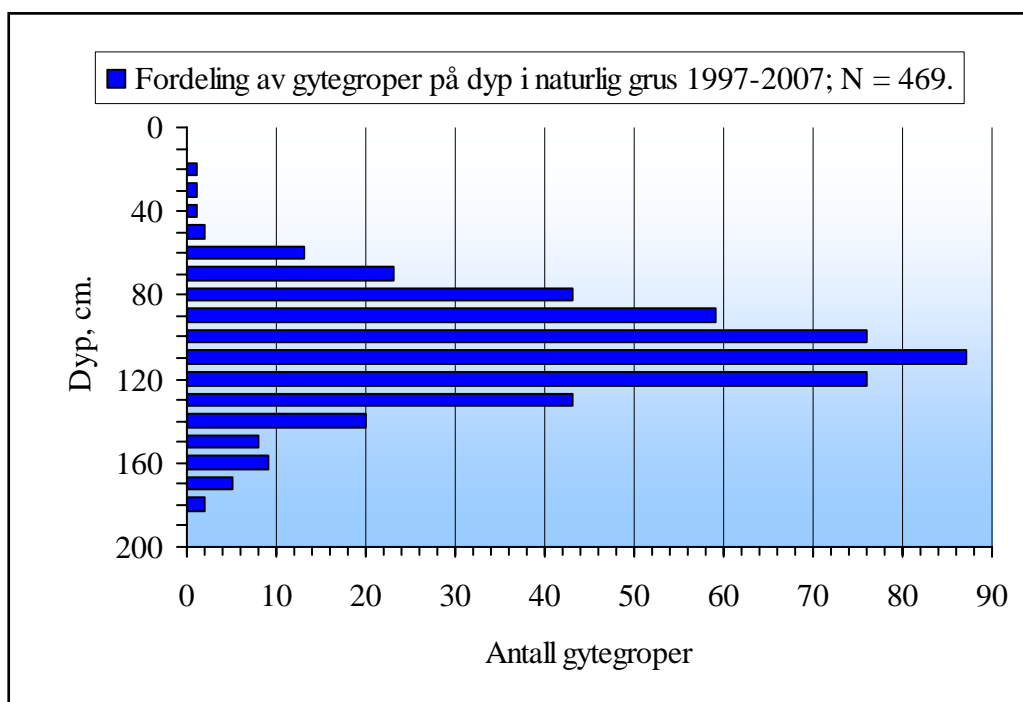
I forhold til kornfordelingskurven for substratet i gytegroper i Store Hovvatn, er det litt mindre finpartikler i grusen i de undersøkte gytegroperne i Vegår (jf. **Figur 9**). Det kan skyldes den delvis skifrige grusen i Vegår.



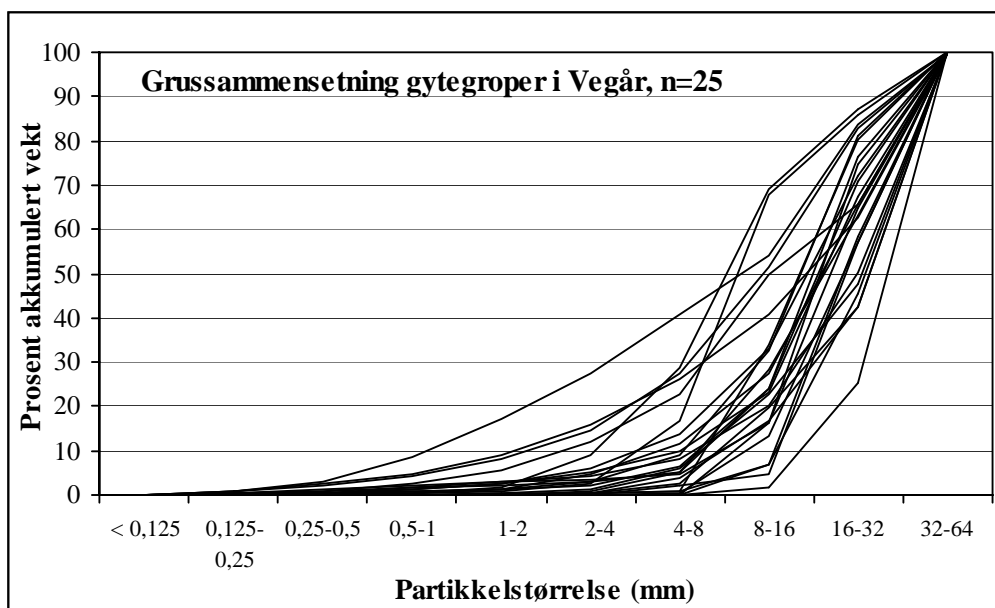
Figur 21. Temperaturen og vannkjemien i form av pH og labilt aluminium på 0-20 meters dyp på hovedstasjonen i Vestfjorden i Vegår i løpet av vintrene 1998/1999 og 1999/2000 (Etter Kaste og Skancke 2004).



Øverste bilde viser et par med innsjøgytende aurer over en typisk gyteplass i strandsonen i Vegår. Nederste bilde viser gytegrup med død rogn fra Vegår. Foto: Bjørn T. Barlaup.



Figur 22. Antall gytegrøper funnet på ulike vanddyb (avstand fra vannoverflate til grusoverflate) for gytegrøper laget av den innsjøgytende auren i naturlig grus i Vegår i årene 1997-2007.



Figur 23. Kornfordelingskurver basert på siktanalyse av grus fra 25 gytegrøper av innsjøgytende aure i Vegår. (Etter Barlaup og Kleiven 2004b).

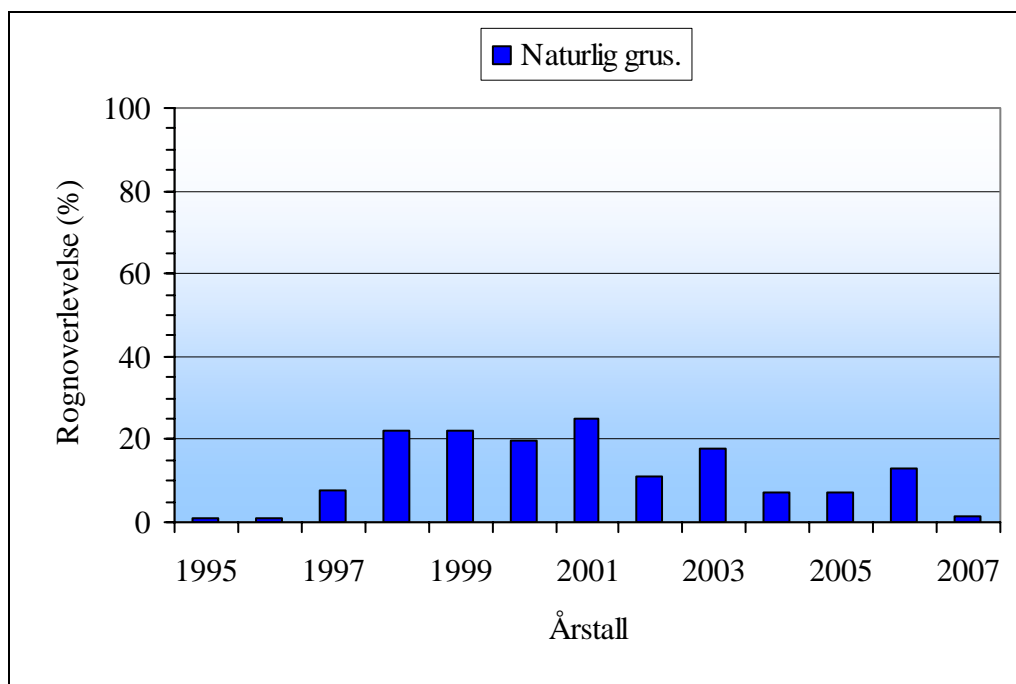
I tillegg til de flerårige undersøkelsene i Vestfjorden, ble det i 2002 også utført undersøkelser i den østre delen av Vegår (Barlaup og Kleiven 2004b). Øst for Rennsunda ble det ikke funnet gyteområder som var egnet for innsjøgyting (jf. kart i **Figur 4**). Heller ikke i Stokksundet mellom Haukenesfjorden og Sørfjorden, eller i sundet/avløpet fra Sørfjorden og ut i Høl ble det funnet gyteområder eller bunnforhold som var egnet til gyting. Derimot ble det funnet et godt gyteområde

med en del groper i Rennsunda mellom Nordfjorden og Mosbukta. Lenger vest for Rennsunda, innover på sørsida av Nordfjorden fra Sautangen og vestover, ble det funnet en lang strekning (om lag 800 m) hvor det langs hele strekningen flekkvis var gytegroper i strandsonen. Denne strandsonen ligger veldig eksponert for vestlige og nordvestlige vinder. Bortsett fra den unormalt lange strekningen var det også spesielt at det utenfor en 4-5 m bred, skrånende strandsonen går ganske brått over i en til dels stupbratt marbakke med stein og grus. Den synes å ha opphav i den lokale, sprekkdannende berggrunnen langs stranden. Nedover langs marbakken ble det observert gytegroper ned til om lag 4-5 m dyp. Marbakken nedover i dypet var overraskende ren for slam og påvekst. Noe lignende gyteområde i omfang og utforming er tidligere ikke påvist i Vegår.

Undersøkelsene av gytegroperne viser en generell lav rognoverlevelse i naturlig grus i hele perioden 1995-2007 på de undersøkte områdene i Vegår (**Figur 24**). For hele perioden var den årlige gjennomsnittlige overlevelsen i naturlig grus 14,9 % (std = 27,3, n = 602 gytegroper).



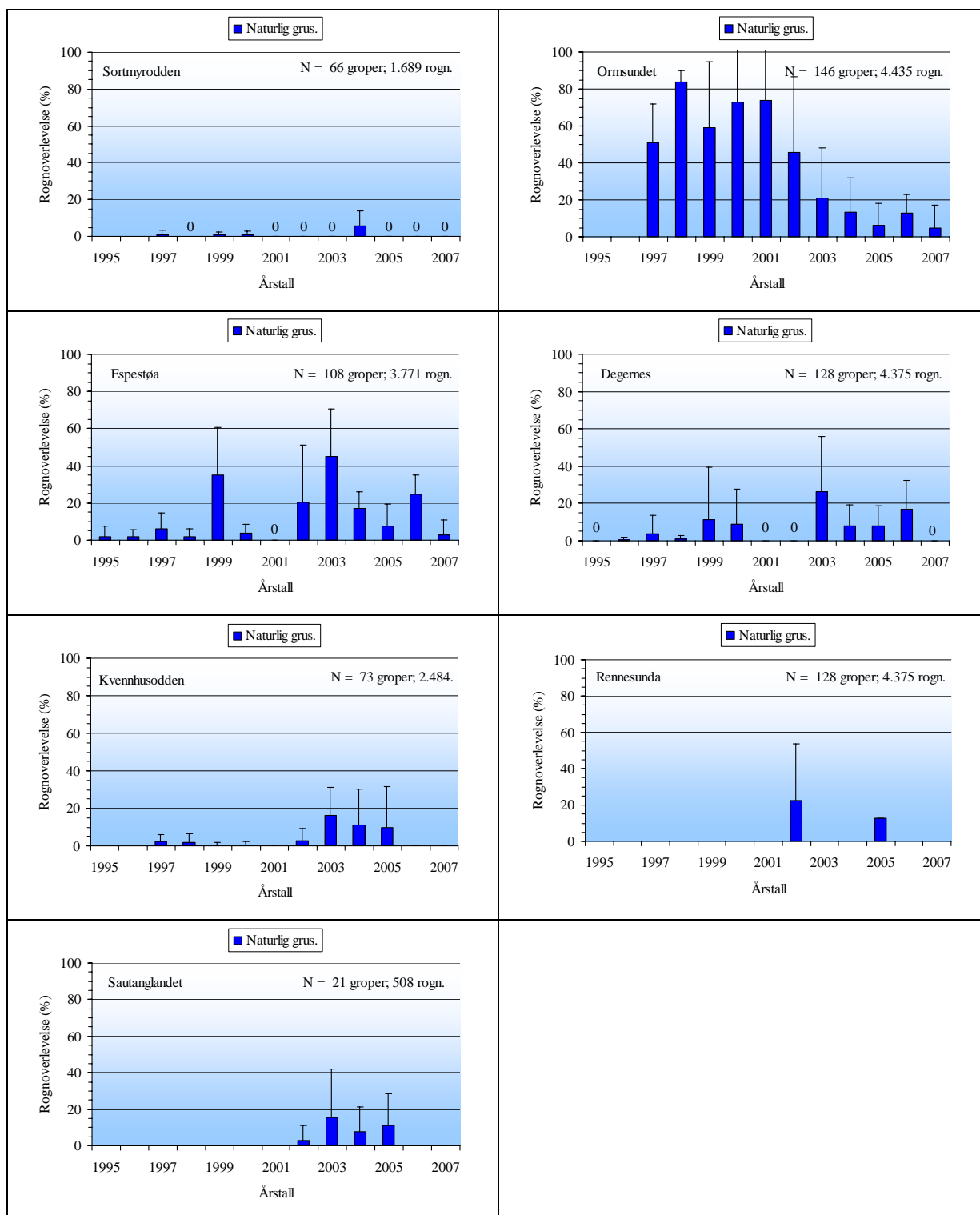
Søk etter gytegroper ved Sortmyrodden i Vegår. Foto Einar Kleiven.



Figur 24. Samlet rognoverlevelse i naturlig grus i Vegår i perioden 1995-2007.

Resultatene fra undersøkelsene i 1995 og 1996 viste svært lav overlevelse på gyteområdene ved Espestøa og Degernes, dvs. < 1 % (Barlaup og Kleiven 2004b). I 1997 og 1998 ble undersøkelsene utvidet med gyteområdene i Ormsundet, Sortmyrodden og Kvennhusodden. Som det framgår av **Figur 25**, har rognoverlevelsen vært gjennomgående lav også i årene 1997-2002, med unntak av gyteområdet i Ormsundet. Den lave rognoverlevelsen kan trolig tilskrives påvirkning fra surt avrenningsvann i løpet av vinteren. Undersøkelsene fra Vegår viser som nevnt at gytegroppene ligger på om lag 1 m dyp og dette gjør rogn utsatt for et sjukt med surt vann som dannes under isen om vinteren. Den vannkjemiske prøvetakingen fra vinteren 1998 og 1999 viser som nevnt en klar reduksjon av pH fra 10 m dyp og opp mot overflaten under isen. Den laveste pH-verdien (pH 5, 24) målt på 1 m dyp den 03.02.1999 er trolig ikke direkte skadelig for aurerogn. Imidlertid er den vannkjemiske prøvetakingen basert på et fåtall utvalgte prøvetidspunkter og derfor representerer den øyeblikksbilder. Det er derfor sannsynlig at det forekommer episoder i løpet av vinteren hvor vannet er mer surt enn hva som er dokumentert i denne undersøkelsen. For å kunne fange inn denne variasjonen, er det nødvendig å benytte kontinuerlige pH-sensorer under isen (Barlaup m.fl. 1998). Studiene i Store Hovvatn som er basert på kontinuerlig måling av pH, har vist at kombinasjonen av surt avrenningsvann under isen og grunne gyteområder for innsjøgytende aure fører til lav rognoverlevelse. Det er sannsynlig at denne årsakssammenhengen også bidrar til den lave rognoverlevelsen i Vegår.

Den markert høyere rognoverlevelsen i Ormsundet skyldes trolig at gyteplassen ligger i et trangt sund hvor vannstrømmen er kraftig nok til at sundet i perioder holdes isfritt (Barlaup og Kleiven 2004b; jf. **Figur 25**). Dette forholdet har trolig en positiv effekt på rognoverlevelsen ved at eventuelt surt avrenningsvann trolig påvirkes av de kalkede vannmassene og/eller at rogn får bedre tilgang på oksygen. Gyteplassen i Ormsundet er derfor trolig viktig med tanke på rekrutteringen til den innsjøgytende delen av aurebestanden i Vegår. Imidlertid har det skjedd en markert reduksjon av overlevelsen i Ormsundet siden 2002 og i 2007 var det bare om lag 5% av rogn som var levende på denne gyteplassen. På gyteplassene ved Degerneset og Espestøa er det relativt stor mellomårsvariasjon i rognoverlevelse og i år da overlevelsen er relativt god bidrar også disse områdene betydelig til rekrutteringen. På områdene ved Sortmyrodden og Kvennhusodden har derimot overlevelsen vært så lav at disse gyteområdene enkelte år ikke har bidratt til rekrutteringen.



Figur 25. Gjennomsnittlig rognoverlevelse (%) med standardavvik for rogn funnet på de fem undersøkte gyteplassene i Vestfjorden i Vegår i mai i perioden 1995-2007 (Degerneset og Espestøa), 1997-2007 (Sortmyrodden, Ormsundet og Kvennhusodden) og for de to gyteområdene i Nordfjorden, Rennesunda og Sautanglandet, som for første gang ble undersøkt i 2002. Totalt antall undersøkte gytegroper og rogn på det enkelte gyteområdet er vist i figurene. I år hvor det ikke ble funnet levende rogn er dette markert med "0" over gjeldende år. I år uten anmerking ble det ikke funnet gytegroper. (Omarbeidet fra Barlaup og Kleiven (2004a) supplert med nye data).

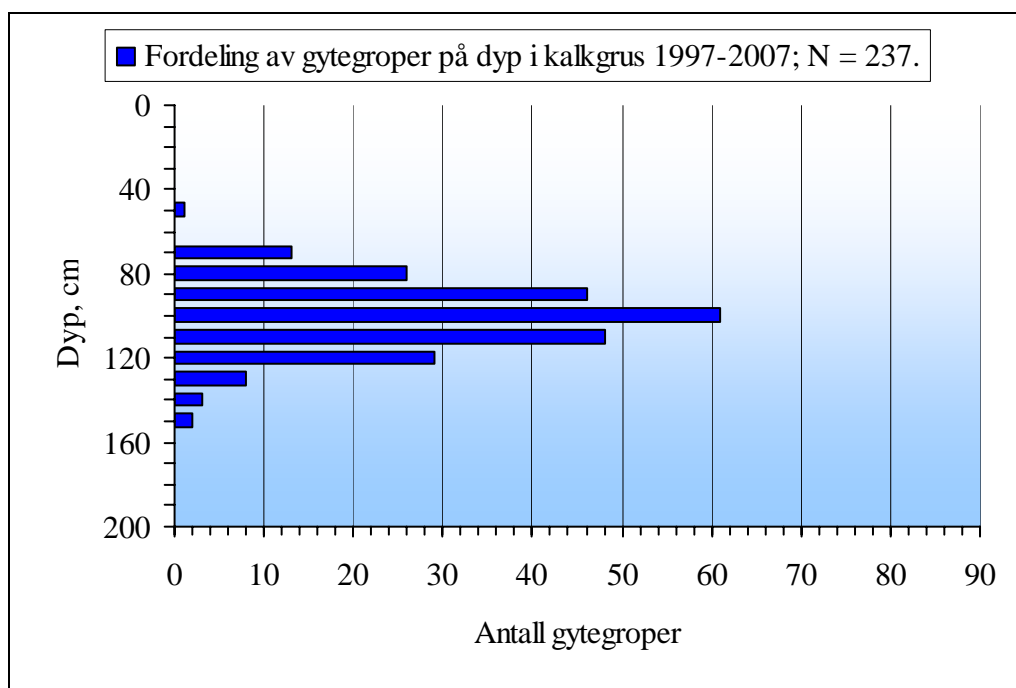
I Rennsunda i Nordfjorden ble det ved undersøkelsene i 2002 og 2005 funnet en rognoverlevelse på henholdsvis 22% og 12,5% (**Figur 25**). Som i Ormsundet kan rognoverlevelsen her bli positivt påvirket av et visst vanddrag gjennom sundet.

På det store gyteområdet langs "Sautanglandet", vest for Sautangen (jf. **Figur 4**), ble det i 2002 registrert en rognoverlevelse på bare 3% og de tre etterfølgende årene varierte overlevelsen fra 7,6 % til 15,3 % (**Figur 25**). Den store utstrekningen av dette gyteområdet vil gjøre at området vil bidra betydelig til rekrutteringen selv ved lav rognoverlevelse. I tillegg ble det som tidligere nevnt registrert en rekke gytegroper fra 2-5 m dyp, som ikke lot seg undersøke, men som kan ha en betydelig høyere rognoverlevelse. Samlet er det derfor grunn til å anta at gyteområdene i Rennsunda, og særlig langs "Sautanglandet" er viktige for rekrutteringen til den innsjøgytende delen av aurebestanden i deler av Nordfjorden og lenger øst i Vegår.

5.3.5 Økt rognoverlevelse i utlagt kalkgrus

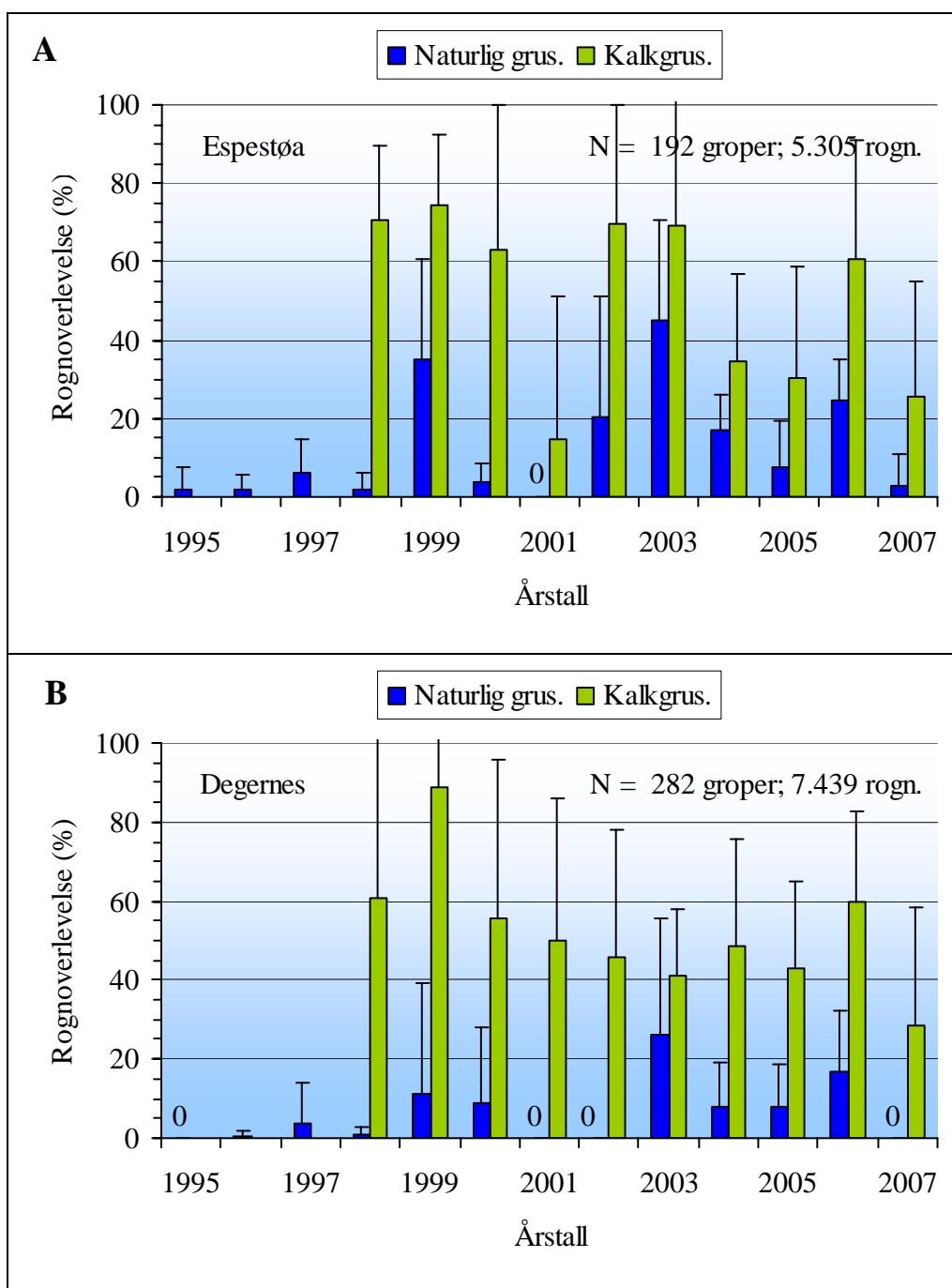
Kalkgrusen som ble lagt ut ved Espestøa og Degernes høsten 1997 ble lagt ut på om lag 1 m dyp, og gytegroper som ble funnet her i perioden 1997-2007 hadde et gjennomsnittlig dyp på 104,7 cm (std = 16,0, n = 237)(**Figur 26**).

Ved Espestøa var den gjennomsnittlige rognoverlevelsen i årene 1998-2007 registrert i gytegroper lagt i naturlig grus 14,1% (std = 20,8, n = 67 gytegroper) og i kalkgrus 50,1% (std = 34,7, n = 84 gytegroper) (**Figur 27A**). Ved Degernes var den gjennomsnittlige rognoverlevelsen i gytegroper lagt i naturlig grus 7,5 % (std = 17,2, n = 76 groper) mens den tilsvarende gjennomsnittlige overlevelsen funnet i groper lagt i kalkgrus var på 52,2 % (std = 34,9, n = 153 gytegroper) (**Figur 27B**). Det var således registrert en markert høyere rognoverlevelse i gytegroper lagt i kalkgrus sammenliknet med groper lagt i naturlig grus på begge gyteområdene. Det samme bildet får en også når en sammenlikner overlevelsen fra samtlige undersøkte gytegroper funnet i naturlig grus og kalkgrus de ulike år (**Figur 28**). Den økte overlevelsen er høyst sannsynlig en følge av kalkgrusens evne til å nøytralisere surt vann, noe som forsterker inntrykket av at avrenning av surt vann under isen

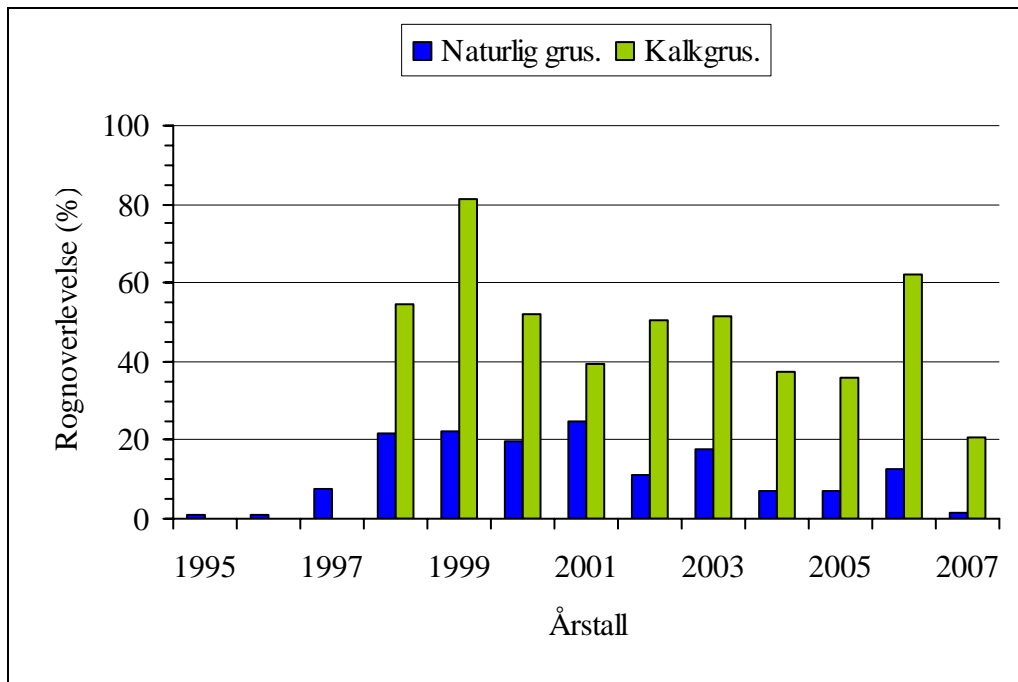


Figur 26. Antall gytegroper funnet på ulike vanddyp (avstand fra vannoverflate til grusoverflate) for gytegroper laget av den innsjøgytende auren i utlagt kalkgrus i Vegår i årene 1997-2007.

er hovedårsaken til den lave rognoverlevelsen som er funnet i Vegår. Resultatene fra Vegår samsvarer med resultatene fra Store Hovvatn og viser at utlegging av kalkgrus kan være et effektivt tiltak for å bedre rekrutteringen til innsjøgytende aurebestander som er truet av forsurening.



Figur 27. Gjennomsnittlig rognoverlevelse i prosent med standard avvik for gytegrøper fra naturlig grus og kalkgrus på gyteplassene ved Espetøa (A) og Degerneset (B) i perioden 1995-2007. Totalt antall undersøkte gytegrøper og rogn på den enkelte gyteplass framgår av hver figur. I år hvor det ikke ble funnet levende rogn, er dette markert med "0" over gjeldende år.



Figur 28. Samlet rognoverlevelse i samtlige groper funnet i naturlig grus og kalkgrus i Vegår i perioden 1995-2007. Kalkgrusen ble lagt ut høsten 1997 slik at de første gropene gitt i kalkgrus ble registrert i 1998.



Gyteområde med utlagt kalkgrus i strandsonen i Vegår. Foto: Bjørn T. Barlaup.

5.3.6 Prøvefiske - fangst pr. garninnsats (CPUE)

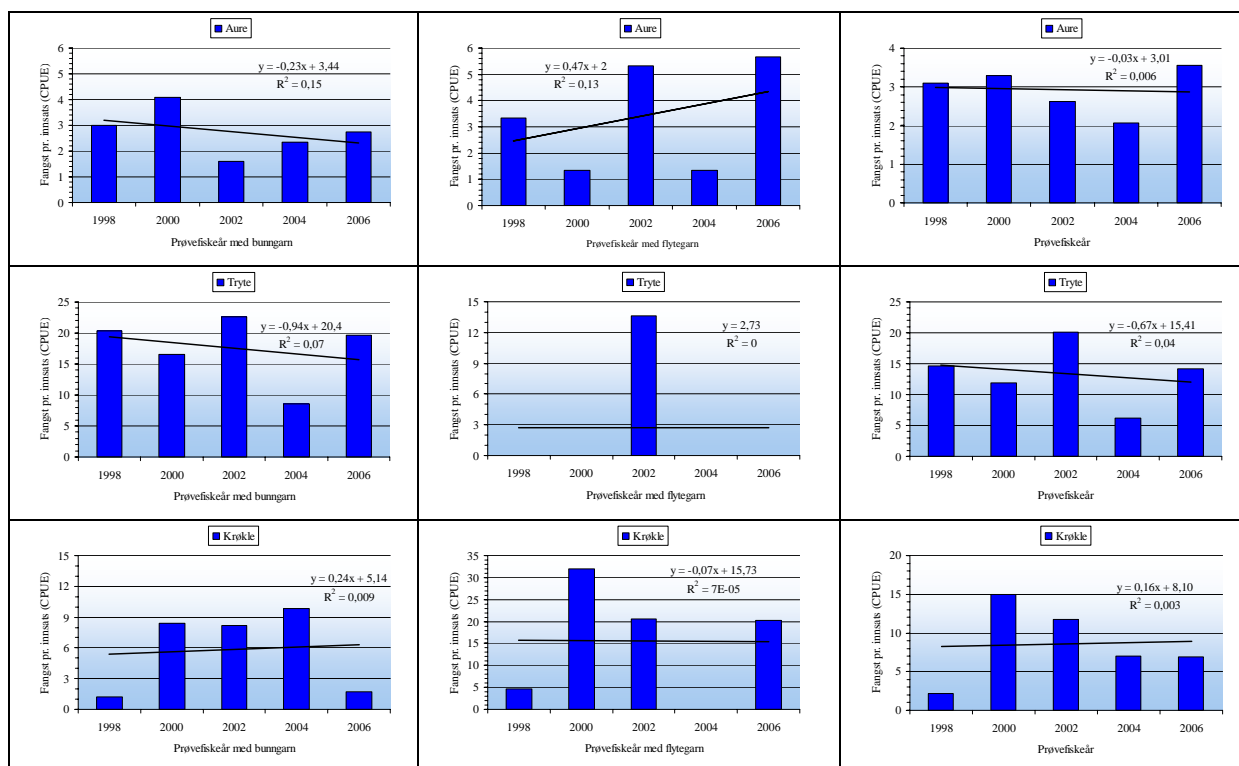
I 1998 ble det, som nevnt, tatt i bruk Nordiske garn i Vegår. En sammenlikning av fangst pr. garninnsats i tidsrommet 1998-2006 er vist i **Figur 29**. Det er utregnet fangst pr. garninnsats både for

bunnarna, flytegarna og samlet for de to fangstmåtene. Det er gjort fordi det enkelte år er store utslag i fangsten enten på bunnarna eller på flytegarna. F.eks. ble det fanget bare 13 krøkler på bunnarna i 2006, mens det i flytegarna var en brukbar fangst (N = 61). Med en sammenstilling av de to fangstmåtene vil en få et mer oversiktlig inntrykk av utviklingen i bestandene. Oversikten viser litt forskjellig utvikling i fangst pr. garninnsats for de tre fiskeartene på prøvefiske i Vegår i tidsrommet 1998-2006.

For aure var det en jevn nedgang i samlet fangst fra og med prøvefisket i 2000 til 2004 (**Figur 29**). Men med den gode fangsten i 2006 blir trenden i perioden nærmest uforandret. Som det framgår er det fangsten i flytegarna som har variert mest.

Når det gjelder tryta så har det vært relativt jevne fangster i bunnarna, bortsett fra et dårlig år i 2004 (**Figur 29**). Og med unntak av 2002, er det bare i bunnarna det er fanget tryte på prøvefiske fra 1998-2006. Trenden over perioden viser at det har vært en liten nedgang i fangst pr. garninnsats.

Det var en liten krøklefangst i 1998, det året krøkla ble gjenoppdaget (**Figur 29**). På prøvefiske i 2000-2004 ble det fanget jevnt med krøkle på bunnarna, med en markert nedgang i fangsten i 2006. På flytegarna har det vært noe større svingninger, i og med at det ikke ble fanget noen krøkler der i 2004. Sett over hele perioden er trenden nærmest uforandret, men tar en bort 1998 blir bildet at det har vært enn nedgang i fangst pr. garninnsats. Forklaring på det kan ganske enkelt være at bestanden i en oppbyggingsfase etter 1998 hadde svært gode næringsvilkår, som har avtatt etter hvert som bestanden har vokst. Det har resultert i en mindre krøklebestand.

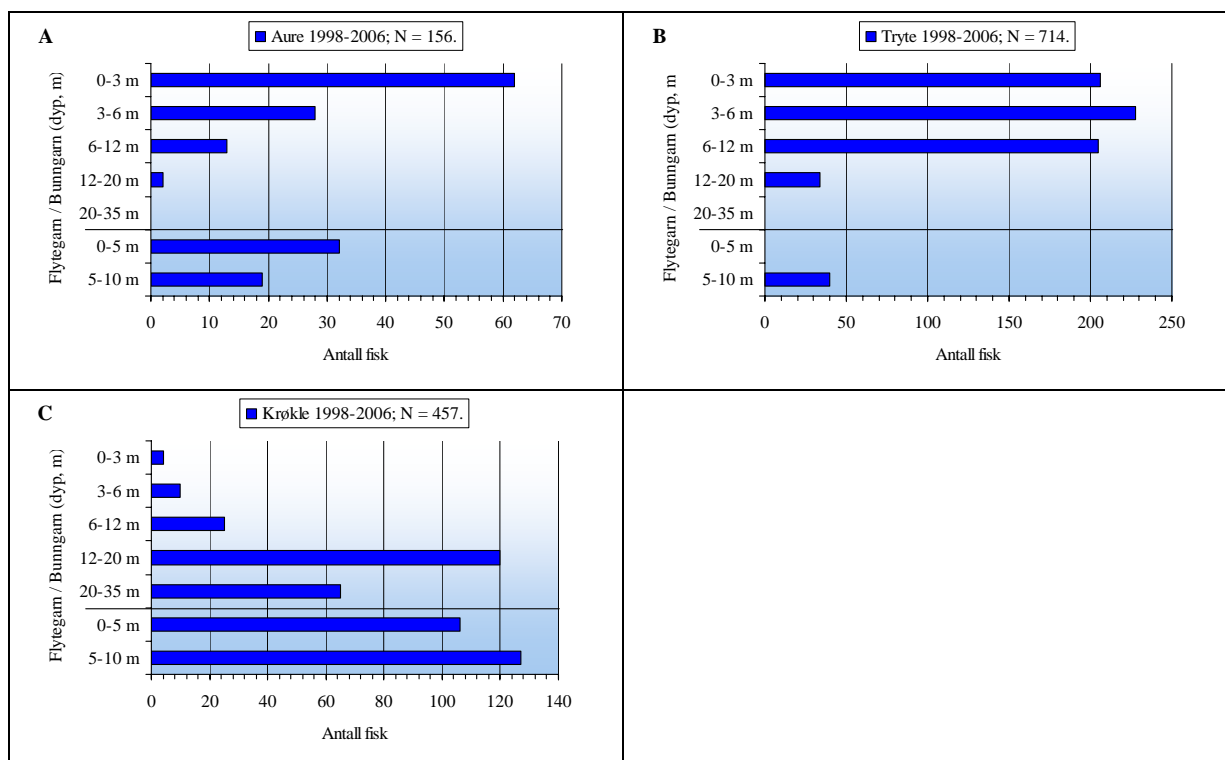


Figur 29. Oversikt over fangst pr. garninnsats (100 m² garnareal) for aure, tryte og krøkle på prøvefiske i Vegår i tidsrommet 1998-2006. Venstre kolonne gjelder for bunnarna, midtre kolonne for flytegarna og høyre kolonne for bunnarna og flytegarna samlet. Garnarealet på bunnarna var 765 m² og på flytegarna 300 m². (Modifisert fra Kleiven og Barlaup 2007).

5.3.7 Fordeling av fiskeartene i strandsonen

Fangstfordelingen på garntype og dyp for de tre fiskeartene i Vegår er noe forskjellig for de tre artene i innsjøen (**Figur 30**). Når det gjelder aure er det på prøvefiske i september i perioden 1998-2006 tatt mest fisk på 0-3 m dyp (38,8%) (**Figur 30A**). For de neste dypintervallene er det et jevnt avtak ned til 12-20 m. Det er også fanget bra med aure på flytegarna, og mest på 0-5 m dyp (20,1%). Når det gjelder tryta har det også for denne fiskearten vært god fangst på 0-3 m dyp (25,6%), men noe mer på de neste dypene, 3-6 m (30,7%) og 6-12 m (31,7%) (**Figur 30B**). Derimot har det vært liten fangst på flytegarna, og da bare på 5-10 m dyp i 2002. For krøkla er det et noe annerledes fangstbilde i og med at det er fanget minst fisk i de tre øverste intervallene (**Figur 30C**). Størst fangst har det vært på 12-20 m dyp (27,2%), med noe mindre fangst på 20-35 m dyp (13,8%). Den største krøklefangsten har en fått på flytegarna, da særlig på 5-10 m dyp (29,7%) godt fulgt av 0-5 m dyp (20,4%).

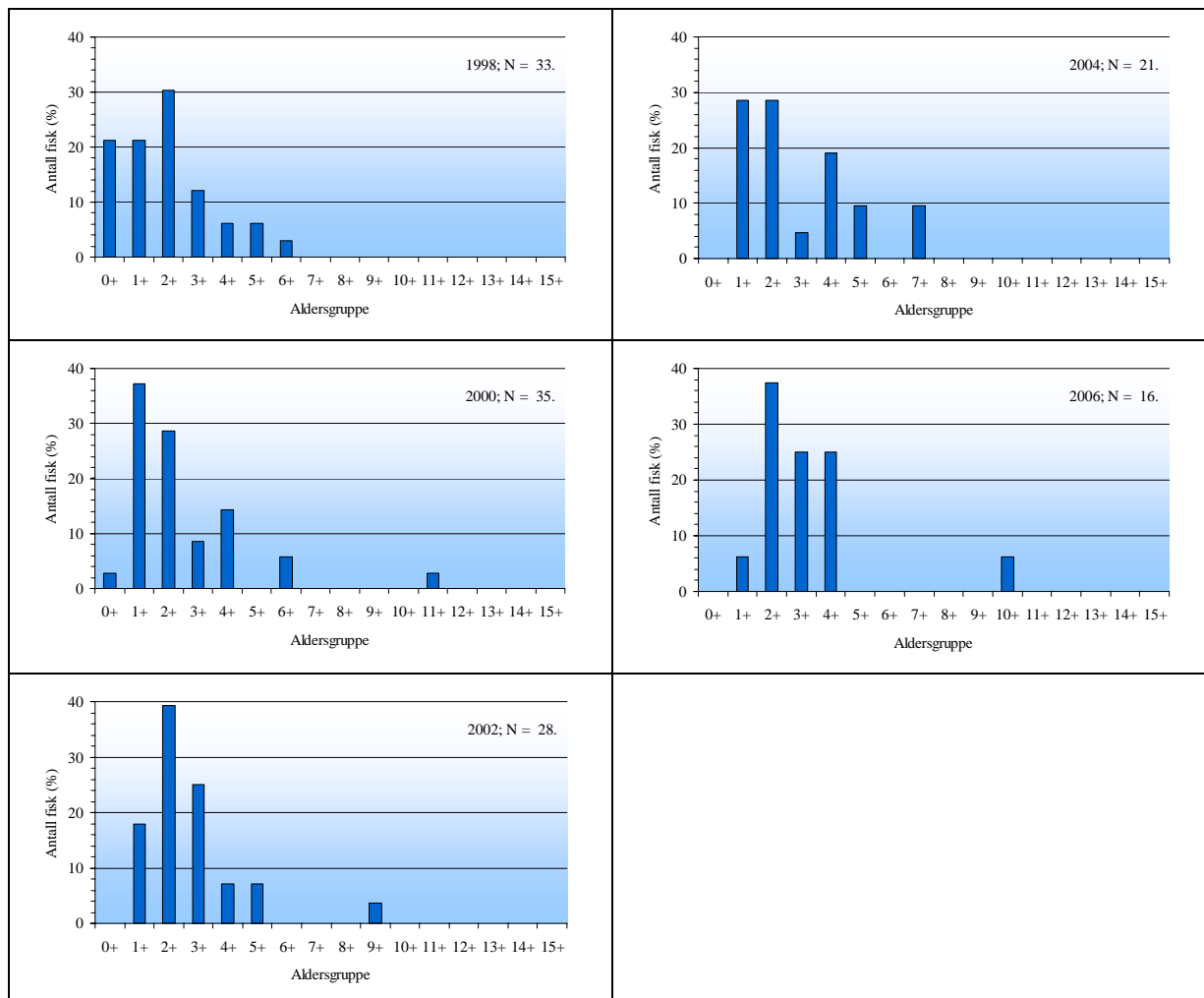
Fangstfordelingene for de tre fiskeartene i Vegår på prøvefiske i september viser at auren har konkurranse av særlig tryta når det gjelder habitatet i intervallet 0-3 m dyp (**Figur 30A-C**). Det gjelder også tidligere på sommeren, for tradisjonelt blir det fisket etter aure på vårparten før tryta kommer opp i de grunnere vannlagene. Når det gjelder krøkla er den i langt mindre grad til stede i de øverste vannlagene, med unntak for gytetida like etter isløsningen (jf. Barlaup og Kleiven 2004b). Krøkla er en langt mindre fisk enn for eksempel tryta, og den er ikke en fare for aureyngelen i strandsonen i den grad som tryta eventuelt kan være det. I tillegg til tryte og krøkle er det som nevnt ål i innsjøen. Ålen er nemlig en direkte predator på aurerogna like etter gyting.



Figur 30. Fangstfordeling på ulike dyp for bunngarn og flytegarn for aure (A), tryte (B) og krøkle (C).

5.3.8 Aldersfordeling

Aldersfordelingen for auren som er fanget på prøvafiske i Vegår for perioden 1998-2006 er vist i **Figur 31**. Den viser at de dominerende aldersgruppene varierer noe for de ulike prøvafiskene, men er hovedsakelig 1+ - 3+. I 1998 var det stort innslag av 0+ og i 2006 av 4+. Det var bare tre aure som var eldre enn aldersgruppe 7+, en i hvert av prøvafiskene i 2000, 2002 og 2006. Den eldste auren var ein fisk i aldersgruppe 11+ i 2000 og ein i aldersgruppe 10+ i 2006.



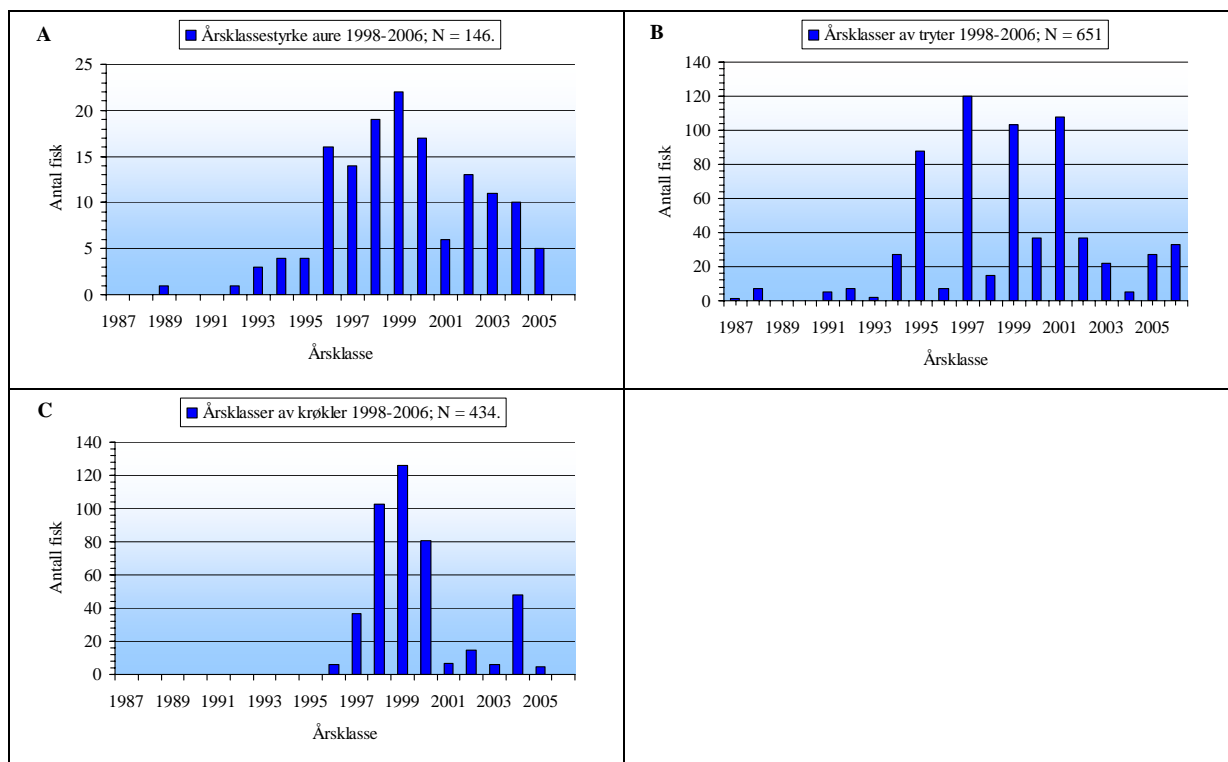
Figur 31. Aldersfordeling for aure fanget på prøvafiske (bunn garn og flyte garn) i Vegår i september annet hvert år i tidsrommet 1998-2006. (Modifisert fra Kleiven og Barlaup 1999, 2001, 2003, 2005, 2007).

5.3.9 Årsklassestyrke

Når det gjelder den innsjøgytende auren vil den registrerte lave rognoverlevelsen kunne føre til redusert rekruttering til bestanden. Dette vil kunne vise seg i aldersfordelingene og fangstresultater over tid. Slår en sammen materialet på prøvafiske fra 1998-2006 (Kleiven og Barlaup 1999, 2001, 2003, 2005, 2007) og fiske på gyteplasser i Vegår i 1997-1999 (Barlaup og Kleiven 2004b), ser en at det er en ganske jevn normalfordeling i årsklassestyrken. Ut ifra de ordinære prøvafiskene i tidsrommet september 1998-2006, som er presentert i **Figur 32A**, ser 2001-årsklassen ut til å ha vært noe svak. Også 1995-årsklassen ser noe svak ut, men som 3+ fisk på prøvafisket i 1998, var det den gangen en årsklasse som da kanskje var på hell. Det blir ytterligere forsterket ved at det er bare

prøvefiske annen hvert år, slik at det var ikke noe prøvefiske i 1999. Fangsten i 1998 var dermed ikke representativt for styrken for 1995-årsklassen. Derimot ser 1996-årsklassen ut til å ha vært noe sterkere enn vanlig. I aldersfordelingen for gytefisket framtrer også 1996-årsklassen som en sterk årsklasse, men der har 1995-årsklassen en mer normal styrke. Det er ingen årsklasse som mangler helt eller delvis i noe av materialet. Det er således over tid vanskelig å spore noen rekrutteringssvikt i aurebestanden i Vegår som kan tilbakeføres til dårlig overlevelse på gyteplassene i strandsonen. Grunnen til at aurebestanden ikke er mer berørt av den lave rognoverlevingen i strandsonen i Vegår, kan være flere. Lav konkurranse og god overlevelse for yngelen som kommer seg opp av grusen vil kunne bidra til å kompensere for den lave rognoverlevelsen. Videre er det noen gyteplasser som enkelte år har hatt relativt god rognoverlevelse. Som nevnt i Kleiven og Barlaup (2005), har Ormsundet tidligere vært en slik gyteplass med god overlevelse. Forekomsten av mange og spredte gyteplasser bidrar til å styrke rekrutteringen selv om rognoverlevelsen er lav. Det vil også forekomme en del groper på dyp større enn 2 m, og disse vil trolig i mindre grad bli negativt påvirket av sur avrenning under isen. Utlekkingen av kalkgrus på to av gyteområdene har også klart bidratt til økt eggoverlevelse og dermed en styrking av rekrutteringen.

Årsklassestyrken for tryta i Vegår viser sterke årsklasser regelmessig annen hvert år med unntak av de siste årene (**Figur 32B**). Materialet ser ut til å være representativt bakover til 1995, da det var en sterk årsklasse. Tryta har ofte vekslinger mellom sterke og svake årsklasser (jf. Thorpe 1977). Dette er også et karakteristisk trekk på Sørlandet, der de sterke årsklassene kan opptre med få eller flere års mellomrom. Det gjelder både i innsjøer som ikke er forsuret (L'Abée-Lund 1985b; Hindar & Kleiven 1990; Kaste m.fl. 1997) og i kalkede innsjøer med reetablert trytebestand (Kleiven m.fl. 1989). Fra 2002 er svingningene med topp annen hvert år tilnærmet fraværende. Materialet her er mindre enn for de foregående årsklassene, men trenden er såpass tydelig at det skal godt gjøres å få et annet resultat på grunnlag av senere prøvefiske.

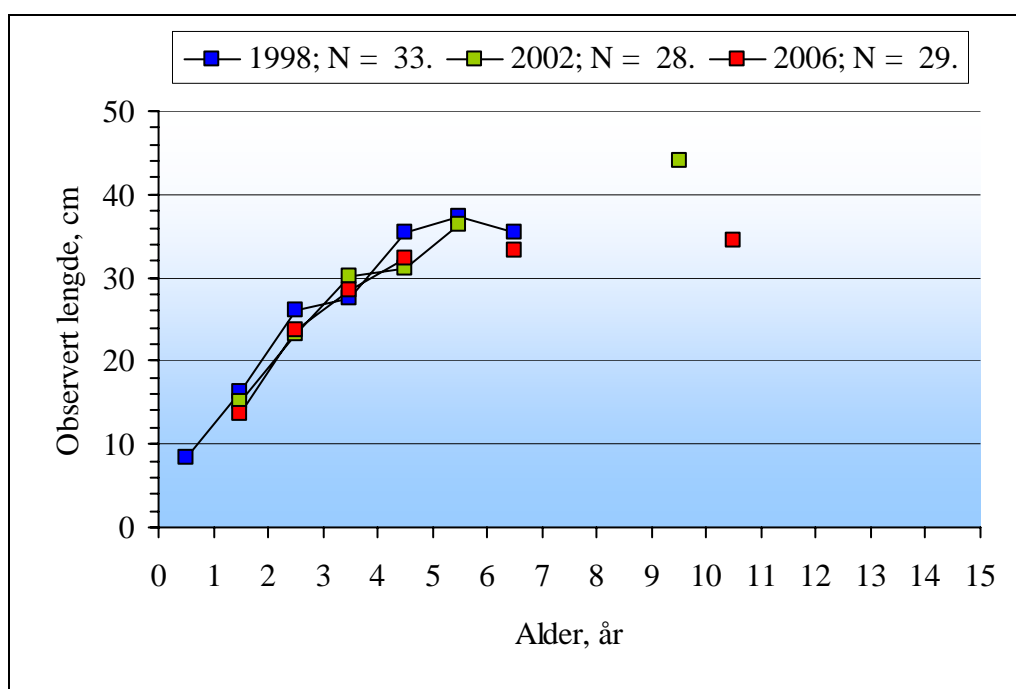


Figur 32. Akkumulert aldersfordeling av aure (A), tryte (B) og krøkle (C) fanget på prøvefiske i Vegår i september annet hvert år i perioden 1998-2006 (Modifisert fra Kleiven og Barlaup 2007).

Aldersfordelingen for krøkla i Vegår viser en jevn rekruttering de første årene fram til og med 2000-årsklassen (**Figur 32C**). Med data fra flere prøvefiske viser det seg nå at særlig 2001- og 2003-årsklassene ser ut til å ha vært svake. Således ble det fanget bare fire krøkler som tilhørte 2003-årsklassen på prøvefisket i 2004 og ingen i 2006 (Kleiven og Barlaup 2005, 2007). Derimot ser 2004-årsklassen ut til å være en ganske sterk årsklasse.

5.3.10 Sammenligning av tilveksten

Sammenligning av tilveksten på auren i Vegår for 1998, 2002 og 2006 er vist i **Figur 33**. Den viser at det er relativt små forskjeller i veksten. Det er en tendens til at vekstkurven for 2006 er litt dårligere enn for de to andre fangstårene, men datagrunnlaget er begrenset, særlig for fangsten i 2006. Disse resultatene viser at fisken har en god tilvekst og at bestanden ikke er overtallig og småfallen. Som for aurebestanden i Store Hovvatn skyldes dette trolig en begrenset rekruttering.



Figur 33. Empirisk vekstkurver for aure fanget på prøvefiske i Vegår i september 1998, 2002 og 2006.

6. Samlet vurdering og anbefalinger

6.1 Vurdering av resultatene fra Store Hovvatn og Vegår

De vannkjemiske og biologiske resultatene fra Store Hovvatn og Vegår viser at de grunne gyteområdene til innsjøgytende aure er spesielt utsatt for forsurening. Dette skyldes avrenning av surt overflatevann om vinteren. Tildels svært lav rognoverlevelse i gytegroper i strandsonen viser at denne effekten bidrar til å redusere gytesuksessen til fisken og dermed rekrutteringen til bestandene. Ordinær innsjøkalking vil ikke motvirke dette problemet på grunn av temperatursjiktningen som skjer i innsjøene om vinteren. Surt avrenningsvann under isen legger seg da over de kalkede vannmassene og danner et surt overflatesjikt eller "lokk" som er skadelig for surhetsømfindtlige arter, deriblant aure.

Utlegging av kalkgrus på gyteområdene i begge innsjøene har hatt en markert positiv effekt på rognoverlevelsen som varer i minst 10 år. Dette er derfor en effektiv kalkingsstrategi for å styrke rekrutteringen til innsjøgytende aurebestander truet av forsurening. For å lykkes med tiltaket er det imidlertid avgjørende at kalkgrusen har en riktig kornfordeling, at den blandes med naturlig grus og at den legges ut på egnede plasser. Om disse forholdene er oppfylt, er det stor sannsynlighet for at tiltaket vil lykkes. I Store Hovvatn og i Vegår er det lagt ut kalkgrus på til sammen seks gyteområder og på fem av de seks områdene har auren gytt i kalkgrusen hvert år etter utleggingen fant sted rundt midten av 1990-tallet.

I Store Hovvatn døde den opprinnelige innsjøgytende aurebestanden ut som følge av forsurening så tidlig som på 1920-tallet. Etter at innsjøen ble kalket i 1981 ble det årlig satt ut innsjøgytende aure fra Byglandsstammen. Det tok imidlertid over ti år før bestanden i Store Hovvatn ble selvrekrutterende. Det skjedde ved at det fra og med høsten 1991 årlig forekom omfattende gyting i strandsonen i innsjøen. I Vegår ble den opprinnelige bestanden derimot reddet fra forsuringen ved kalkingen som kom i gang i 1985/1986.

De årlige undersøkelsene av gyteområdene siden 1992 i Store Hovvatn og 1995 i Vegår har vist at auren bruker de samme gyteområdene år etter år. Når auren gyter, graver den i grusen og fjerner sand, mudder og annet organisk finmateriale fra grusen. Denne gyteatferden sørger for at grusen holder seg ren og gyteplassene framstår som lite nedslammet og skiller seg mye fra områder som ikke benyttes til gyting. Uten dette årlige renholdet vil grusen over tid inneholde mye sedimentert sand, mudder og organisk materiale slik at den i liten grad er egnet for gyting. Dette gjelder spesielt områdene som er lite eksponert for bølgeslag. På deler av gyteområdene hvor det ble lagt ut kalkgrus som fisken ikke har benyttet til gyting, ligger det nå et tykt mudderlag over grusen. Dette er nå en klar hindring for at fisken skal gyte på disse områdene. På områdene med kalkgrus hvor fisken gyter årlig, er derimot kalkgrusen helt ren til tross for at det er over 10 år siden utleggingen. Dette skyldes helt klart fiskens graveatferd under gytingen som er med på å holde grusen ren og som derfor bidrar til gjenbruk av de samme områdene. Da den opprinnelige aurebestanden i Store Hovvatn døde ut på 1920-tallet opphørte den årlige bruken av gyteplassene. Dette må ha medført en forringelse av de tidligere gyteplassene som kan ha vært en medvirkende årsak til at det tok over 10 år fra auren ble reintrodusert til innsjøen til den klarte å etablere en selvreproduserende bestand utover på 1990-tallet.

Resultatene fra prøvefiske i både Store Hovvatn og Vegår viser at auren først stagnerer i vekst når den har nådd en alder på 5-7 år og en lengde på om lag 35 cm. Dette gjenspeiler trolig den begrensede rekrutteringen som motvirker at bestandene blir overtallige og fisken småvokst.

Resultatene viser også at den lave rognoverlevelsen ikke har medført noen akutt rekrutteringssvikt i bestandene. Dette framgår av normale aldersfordelinger uten spesielt svake eller fraværende årsklasser. Flere forhold bidrar til dette resultatet. I begge bestandene medfører den lave rognoverlevelsen trolig lav konkurranse og dermed lav tetthetsavhengig dødelighet for yngelen som kommer opp av grusen. I begge innsjøene, men spesielt i Vegår, er det registrert relativt mange gyteområder som sørger for en effektiv spredning av yngelen i strandsonen. Rognoverlevelsen varierer mye fra år til år og på de ulike områdene. Dette viser at lokale forhold som er bestemmende for overlevelsen varierer mye. Spredningen av gyteområdene synes derfor å motvirke en fullstendig rognødelighet og rekrutteringssvikt. I begge innsjøene er det også enkelte steder observert gytegroper

som ligger dypere enn 2 m og som i mindre grad blir påvirket av forsuringen. I tillegg har tiltaket med å legge ut kalkgrus hatt en markert positiv effekt på rognoverlevelsen og bidratt til å styrke rekrutteringen i begge innsjøene.

I Store Hovvatn ble det registrert en markert økning i rognoverlevelsen etter terrengkalkingen i 1999. Denne kalkingsstrategien motvirker den sure avrenningen om vinteren og har derfor en positiv effekt på rognoverlevelsen. Effekten av kalkmengden som ble tilført terrenget (dvs. 1 tonn kalk/ha) rundt Store Hovvatn synes imidlertid å ha en begrenset varighet siden den økte rognoverlevelsen i årene 2001-2004 ble etterfulgt av en klar nedgang fram til 2007. Om denne uheldige utviklingen fortsetter i de kommende år vil det kunne føre til rekrutteringssvikt. Ytterligere kalkingstiltak vil da være nødvendig for å opprettholde bestanden i Store Hovvatn.

I Vegår er det ikke registrert noen tilsvarende markert negativ trend i rognoverlevelse de senere årene. Dette resultatet, sammen med forekomsten av mange gyteområder, tilsier at det ikke er noen fare for rekrutteringssvikt for aurebestanden i Vegår med mindre det skjer en negativ utvikling i de vannkjemiske forhold.

6.2 Anbefalt metode for utlegging av kalkgrus for innsjøytende aure

Basert på erfaringene fra Store Hovvatn og Vegår bør følgende betingelser være oppfylt for at fisken skal gyte i kalkgrusen. For det første er det viktig at kalkgrusen vaskes ren for medfølgende kalkmel før utlegging. Fisken unngår trolig substratet dersom det virvles opp en hvit sky når fisken begynner å grave ut gytegrupa. For det andre bør kalkgrusen ha en kornfordeling som er tilnærmet lik den som en finner i naturlig gytegrus. I Store Hovvatn ble det lagt ut en blanding bestående av 27% 8-16 mm og 73% 16-32 mm kalkgrus. Den utlagte grusen bør trolig ikke være noe mer finkornet enn dette. Det synes også viktig at kalkgrusen blandes opp med en del naturlig gytegrus for å unngå at det utlagte substratet blir for homogent. Dette kan også oppnås ved å legge ut kalkgrusen på kjente gyteområder slik at kalkgrusen danner et delvis dekke over den naturlige gytegrusen. I begge tilfeller bør kalkgrusen delvis dekket over med naturlig gytegrus. Er disse betingelsene oppfylt vil utlagt kalkgrus likne mye på et naturlig gyteområde, noe som trolig er svært viktig for at fisken skal benytte kalkgrusen som gytesubstrat.

7. Litteratur

- Aune, H. 1970. Luftforuresning-fiskedød i vatna i det indre av Agderfylkene. Brev fra Hovlandsdalens Jæger- og fiskeforening til Direktoratet for jakt, viltstell og ferskvannsfiske. 4 s. + vedlegg.
- Barlaup, B.T. og Åtland, Å. 1990. Merking og bedøving av fisk - en statusrapport. Forskningsprogram om fiskeforsterkningstiltak i norske vassdrag. NAVF. Rapport nr. 1. 54 s.
- Barlaup, B.T. og Kleiven, E. 1994a. Fisk. S. 160-165 i: Romundstad, A.J. (red.): Kalking i vann og vassdrag. FoU-virksomheten. Årsrapporter 1992. Direktoratet for naturforvaltning, DN-notat 1994-2. 227 s.
- Barlaup, B.T. og Kleiven, E. 1994b. Fisk. S. 31-37 i: Romundstad, A.J. (red.): Kalking i vann og vassdrag. FoU-virksomheten. Årsrapporter 1993. Direktoratet for Naturforvaltning, DN-notat 1994-14. 190 s.
- Barlaup, B.T. og Kleiven, E. 1995. Fisk. S. 32-37 i: Storeng, A.B. (red.): Kalking i vann og vassdrag. FoU-virksomheten. Årsrapporter 1994. Direktoratet for naturforvaltning, DN-notat 1995-9. 180 s.
- Barlaup, B. og Kleiven, E. 2000. Valg av gyteplass og gytesuksess hos innsjøgytende aure. S. 24-36 i: Fiskesymposiet 2000. Energiforsyningsens Fellesorganisasjon Enfo. Publikasjon nr. 444-2000. 114 s.
- Barlaup, B.T. og Kleiven, E. 2004a. Utvikling i aurebestanden i Store Hovvatn. S. 95-115 i: Hindar, A. (red.): Store og Lille Store Hovvatn i Aust-Agder – en samlerapport etter 25 år med forsøringsundersøkelser og kalking. Direktoratet for naturforvaltning. Utredning 2004-1. 119 s.
- Barlaup, B. og Kleiven, E. 2004b. Studiene av fiskebestandene i Vegår. S. 38-75 i: Barlaup, B.T. (red.): Vannkjemisk og biologisk utvikling i innsjøen Vegår i Aust-Agder etter 17 år med kalking. Direktoratet for naturforvaltning. DN-utredning 2004-4. 75 s. + vedlegg.
- Barlaup, B.T., Åtland, Å., Raddum, G. G., & Kleiven, E. 1989. Improved growth in stunted brown trout (*Salmo trutta* L.) after reliming of lake Store Hovvatn, Southern Norway. *Water, Air and Soil Pollution* 47: 139-151.
- Barlaup, B.T., Åtland, Å. & Kleiven, E. 1994a. Stocking of brown trout (*Salmo trutta* L.) cohorts after liming - effects on survival and growth during five years of reacidification. *Water, Air and Soil Pollution* 72: 317-330.
- Barlaup, B.T., Lura, H., Sægrov, H. & Sundt, R. 1994b. Inter- and intra-specific variability in female salmonid spawning behaviour. *Can. J. Zool.* 72: 636-642.
- Barlaup, B.T., Hindar, A., Kleiven, E. & Høgberget, R. 1998. Incomplete mixing of limed water and acidic runoff restricts recruitment of lake spawning brown trout (*Salmo trutta* L.) in Lake Store Hovvatn, southern Norway. *Environmental Biology of Fishes.* 53: 47-63.
- Barlaup, B., Kleiven, E. og Kaste, Ø. 1999. Utbredelse av surt vann under isen i Vegår - effekter på rekruttering av innsjøgytende aure. FoU-rapport sendt til DN, 01.06.99.
- Barlaup, B.T., Kleiven, E., Raddum, G.G., Gabrielsen, S.-E. og Johannessen, A. 2000. Fiskebiologiske undersøkelser i Bjornesfjorden, august 1999. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske, Universitetet i Bergen, Rapport nr. 111. 45 s.
- Booth, G.M., Wren, C.D. & Gunn, J.M. 1993. Efficacy of shoal liming for rehabilitation of lake trout populations in acidstressed lakes. *N. Amer. J. Fish. Man.* 13: 766-774.
- Burner, C.J. 1951. Characteristics of spawning nests of Columbia River Salmon. *U.S. Fish. Wildl. Serv. Fish. Bull.* 52: 97-110.
- Chapman, D.W. 1988. Critical review of variables used to define effects of fines in redds of large salmonids. *Trans. Am. Fish. Soc.* 117: 1-21.
- Crisp, D.T. & Carling, P.A. 1989. Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. *J. Fish. Biol.* 34: 119-134.
- Einvik, K. 1982. Fiskeriundersøkelser i 10 års vernede vassdrag. Sluttrapport. Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk. 206 s.

- Gunn, J.M. & Keller, W. 1980. Enhancement of the survival of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) eggs and fry in an acid lake through incubation in limestone. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 1522-1530.
- Gunn, J.M. & Keller, W. 1984. In situ manipulation of water chemistry using crushed limestone and observe effects on fish. *Fisheries* 9: 19-24.
- Hindar, A. 2004. Store og Lille Store Hovvatn – områdebeskrivelse, historikk og kalking. S. 10-14 i: Hindar, A. (red.): Store og Lille Store Hovvatn i Aust-Agder – en samlerapport etter 25 år med forsøringsundersøkelser og kalking. Direktoratet for naturforvaltning, DN-utredning 2004-1. 119 s.
- Hindar, A. & Kleiven, E. 1990. Chemistry and fish status of 67 acidified lakes at the coast of Aust-Agder, Southern Norway, in relation to postglacial marine deposits. *Acid Rain Research, Report 21/1990*, NIVA. 47 s.
- Hindar, A. & Wright, R.F. 2005. Long-term records and modelling of acidification, recovery, and liming at Lake Store Hovvatn, Norway. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62: 2620-2631.
- Hindar, A., Hesthagen, T. og Raddum, G.G. 1996. Undersøkelser i kalkede vann og vassdrag - innhold og omfang. Utredning for DN Nr. 1996-5. 25 s.
- Hindar, A., Wright, R.F. og Skanche, L.B. 2004a. Opprinnelig vannkjemi og forsøringsutvikling i Store og Lille Store Hovvatn. S. 15-29 i: Hindar, A. (red.): Store og Lille Store Hovvatn i Aust-Agder – en samlerapport etter 25 år med forsøringsundersøkelser og kalking. Direktoratet for naturforvaltning, DN-utredning 2004-1. 119 s.
- Hindar, A., Høgberget, R. og Skanche, L.B. 2004b. Har kalking av Store Hovvatn i perioden 1981-2002 gitt en akseptabel vannkvalitet? S. 30-42 i: Hindar, A. (red.): Store og Lille Store Hovvatn i Aust-Agder – en samlerapport etter 25 år med forsøringsundersøkelser og kalking. Direktoratet for naturforvaltning, DN-utredning 2004-1. 119 s.
- Kaste, Ø. og Skanche, L.B. 2004. Har kalkingen av Vegår de siste 15pårene gitt en akseptabel vannkvalitet? S. 12-24 i: Barlaup, B.T. (red.): Vannkjemisk og biologisk utvikling i innsjøen Vegår i Aust-Agder etter 17 år med kalking. Direktoratet for naturforvaltning, DN-utredning 2004-4. 75 s. + vedlegg.
- Kaste, Ø. og Skanche, L.B. 2005. Vannkjemi. S. 23-255 i: Anonym (red.): Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2004. Direktoratet for naturforvaltning, DN-notat 2005-2. 258 s.
- Kaste, Ø. og Skanche, L.B. 2006. Vannkjemi. S. 27-29 i: Anonym (red.): Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2005. Direktoratet for naturforvaltning, DN-notat 2006-1. 271 s.
- Kaste, Ø., Brettum, P., Håvardstun., J., Kleiven, E., Norgaard, E., Skiple, A. og Walseng, B. 1997. Molands- og Langangsvassdraget i Aust-Agder - Næringsstofftilførsler, vannkvalitet, plankton og fiskebestander. NIVA-rapport, løpenummer 3647-97, 76 s.
- Kleiven, E. 1999. Funn av krøkle (*Osmerus eperlanus*) i Aust-Agder med historikk og hypotese om innvandring. *Fauna* 52: 214-227.
- Kleiven, E. og Barlaup, B.T. 1999. Prøvefiske i Vegår, 1998. S. 69-72 i: Anonym (red.): Kalking av vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter. Direktoratet for naturforvaltning, DN-notat 1999-4. 463 s.
- Kleiven, E. og Barlaup, B. 2001. Prøvefiske i Vegår. S. 40-42 i: Anonym (red.): Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 2000. Direktoratet for naturforvaltning. Notat 2001-2. 258 s.
- Kleiven, E. og Barlaup, B. 2003. Prøvefiske i Vegår. S. 31-34 i: Anonym (red.): Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2002. Direktoratet for naturforvaltning. Notat 2003-3. 275 s.
- Kleiven, E. og Barlaup, B.T. 2004. Innsjøgyting hjå aure *Salmo trutta* – ein undervurdert gytestrategi. *Fauna* 57: 14-31.
- Kleiven, E. og Barlaup, B. 2005. Prøvefiske i Vegår. S. 29-32 i: Anonym (red.): Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2004. Direktoratet for naturforvaltning. Notat 2005-2. 258 s.

- Kleiven, E. og Barlaup, B. 2007. Prøvefiske i Vegår. I: Anonym (red.): Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2006. Direktoratet for naturforvaltning. DN-notat 2007. (I manus)
- Kleiven, E., Kroglund, F. og Matzow, D. 1989. Abboren i Store Finntjenn, Aust-Agder, før og etter kalking. Direktoratet for naturforvaltning, DN-rapport nr. 11-1989, 36 s.
- Kleiven, E., Aase, B.M., Skjelde, A. og Lande, A. 1990. Fiskeribiologisk undersøkning i Vegår etter kalking. Direktoratet for naturforvaltning. DN-notat 1990-6. 32 s.
- Knutsen, I. 1973. Vegår i Vegårshei. Uttalelse fra Aust-Agder Fylkeslag av Norges Jeger og Fiskerforbund. S. 267-269 i: Anonym (red.): Om verneplan for vassdrag. Særskilt vedlegg til St.prp. nr. 4 for 1972-1973. 419 s.
- Lacroix, G.L. 1992. Mitigation of low stream pH and its effects on salmonids. Environ. Pollut. 78: 157-164.
- Lacroix, G.L. 1996. Long-term enhancement of habitat for salmonids in acidified running waters. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 283-294.
- L'Abée-Lund, J.H. 1985a. Fiskeribiologisk undersøkelse i Vegår. Rapp. Fylkesmannen i Aust-Agder, miljøvernavdelingen, nr. 5-1985. 50 s.
- L'Abée-Lund, J.H. 1985b. Fiskeribiologisk undersøkelse i Jordkjennstjern, Aust-Agder. Et vann med nylig implantert gjedde. Fylkesmannen i Aust-Agder. Miljøvernavdelingen. Rapport nr. 6-85. 32 s.
- Raddum, G. G., Brettum, P., Matzow, D., Nilssen, J.P., Skov, A., Svælv, T. & Wright, R.F. 1986. Liming the acid Lake Store Hovvatn: a whole ecosystem study. Water, Air, and Soil Pollution 31: 721-763.
- Raudsandmoen, B. 1998. Lystring i Vegår. S. 16-17 i: Landberg, M., Værland, L., Loftesnes, R.E., Mjåvatn, K., Thorstveit, Johs. G. og Hommelgård, O. (red.): De e ogokslie Vegårshei. Årsskrift 1998. Utgitt av Vegårshei mållag. 32 s.
- Raudsandmoen, B. (1999). Svartedauden i Vegår. Privat hefte. 18 s.
- Sevaldrud, I.H. og Skogheim, O. 1985. Fiskestatus og vannkvalitet i Agder - 1983. Intern rapport. Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Rapport fra Fiskeforskningen. 33 s.
- Sunde, S.E. u.å. (Dagbok) 1938(-44). Upublisert. 106 s.
- Svælv, T. og Matzow, D. 1985. Studium av utplanterad öring i det partielt kalkade Store Hovvatn, Aust-Agder. Kalkingsprosjektet, rapport 25-85. 81s.
- Sægrov, H. 1990. Er innsjøgyting hos aure undervurdert? S. 99-113 i: Fiskesymposiet 1990. Presenterte foredrag. Vassdragsregulantenenes forening. 247 s. + adresseliste
- Sømme, I.D. 1941. Örretboka. Örretfiske Ferskvannsfiske Fiskekultur. Jacob Dybwads Forlag. 591 s.
- Thorpe, J.E. 1977. Synopsis of biological data on the perch, *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 and *Perca flavencens* Mitchell 1814. FAO Fisheries Synopsis No. 113. 138 s.