NINA Rapport 560

Standardiserte ørretfangster som hjelpemiddel for å vurdere økologiske effekter av vannstands-reguleringer i innsjøer

Ingeborg Palm Helland, Ola Ugedal, Anders G. Finstad og Odd Terje Sandlund

NINA
Norsk institutt for naturforskning

LAGSPILL

ENTUSIASME

INTEGRITET

KVALITET

Samarbeid og kunnskap for framtidas miljøløsninger

NINAs publikasjoner

NINA Rapport
Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte
Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta
Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering
I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Norsk institutt for naturforskning

Standardiserte ørretfangster som hjelpemiddel for å vurdere økologiske effekter av vannstandsreguleringer i innsjøer

Ingeborg Palm Helland, Ola Ugedal, Anders G. Finstad og Odd Terje Sandlund

Helland, I.P., Ugedal, O., Finstad, A.G. & Sandlund, O.T. 2010. Standardiserte ørretfangster som hjelpemiddel for å vurdere økologiske effekter av vannstandsreguleringer i innsjøer - NINA Rapport 560. 23 s.

Trondheim, februar 2010

ISSN: 1504-3312
ISBN: 978-82-426-2136-8

RETTIGHETSHAVER
© Norsk institutt for naturforskning
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET
Åpen

PUBLISERINGSTYPE
Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON
Ingeborg Palm Helland

KVALITETSSIKRET AV
Trygve Hesthagen

ANSVARLIG SIGNATUR
Forskningssjef Odd Terje Sandlund (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)
NFR, NVE, DN

FORSIDEBILDE
Odd Terje Sandlund

NØKKELORD
Norge, ørret, innsjøer, reguleringsmagasiner, klassifisering iht. Vannforvaltningsforskriften, hydromorfologiske forhold

KEY WORDS
Norway, brown trout, lakes, hydropower reservoirs, classification, Water Framework Directive, hydro-morphology

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo
Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø
Polarmiljøsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00
Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer
Fakkelgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 61 22 22 15

www.nina.no

Sammendrag

Helland, I.P., Ugedal, O., Finstad, A.G. & Sandlund, O.T. 2010. Standardiserte ørretfangster som hjelpemiddel for å vurdere økologiske effekter av vannstandsreguleringer i innsjøer– NINA Rapport 560. 23 s.

Denne rapporten evaluerer hvorvidt standardiserte ørretfangster fra prøvefiske kan brukes som indikator på økologiske effekter av hydromorfologiske endringer i reguleringsmagasiner. Ved å sammenlikne ørretbestander i 365 innsjøer ønsket vi svar på om det er forskjeller i ørretbestanden mellom reguleringsmagasiner og uregulerte innsjøer. Videre ville vi undersøke om disse eventuelle forskjellene kan relateres til graden av vannstandsreguleringer. I forbindelse med implementering av EUs Vanndirektiv i Norge arbeides det med klassifisering av alle vannforekomster i henhold til deres økologiske tilstand. Dersom det finnes en sammenheng mellom ørretbestandens tilstand og graden av vannstandsregulering ville dette kunne bidra til utformingen av enkle målbare parametre som forteller om den økologiske statusen i innsjøer som følge av hydromorfologiske endringer. De første analysene ga indikasjoner på at det var signifikant lavere biomasse i reguleringsmagasiner enn i uregulerte innsjøer, men for å kunne vurdere effekten av regulering er det nødvendig å kontrollere for andre biotiske og abiotiske faktorer som forventes å påvirke ørretbestandens størrelse. Derfor ble variabler som innsjøens areal og omkrets, tilstedeværelse av andre fiskearter, ørretutsettinger og klimatiske forhold (middeltemperatur juli og antall dager med snødekke) inkludert i analysene.

Resultatene viser at verken ørretbiomasse, antall ørret fanget per innsats eller størrelse ved kjønnsmodning kan forklares ved hjelp av vannstandsregulering alene. Det som tilsynelatende så ut til å være en negativ effekt av regulering på bestandstørrelsen hos ørret, viste seg å bestå av mer komplekse interaksjoner, der andre biotiske og abiotiske parametre har sterkere innvirkning på produksjonen av ørret i en innsjø. Særlig er det effekten av konkurranse fra andre arter og innsjøens areal som best beskriver ørretbestandens størrelse. Ørretbiomassen er større i vann der ørret er eneste fiskeart. Videre er ørretbiomassen relativt sett mindre i store innsjøer enn i små. Det er også en viss effekt av klimatiske forhold. Sammenliknet med disse faktorene har regulering eller forskjellen på høyeste og laveste regulerte vannstand ingen betydelig effekt på ørretfangst per innsats. Rapporten foreslår variabler som bør inkluderes i fremtidige undersøkelser for å få bedre informasjon om tilstanden til ørretbestander, slik at effektene av regulering kan evalueres på en bedre måte.

Ingeborg Palm Helland, ingeborg.helland@nina.no
Ola Ugedal, ola.ugedal@nina.no
Anders G. Finstad, anders.finstad@nina.no
Odd Terje Sandlund, odd.t.sandlund@nina.no

Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7485 Trondheim.

Abstract

Helland, I.P., Ugedal, O., Finstad, A.G. & Sandlund, O.T. 2010. Standardized brown trout catches as tool for evaluating ecological effects of water level regulations in lakes – NINA Report 560. 23 pp.

Based on a database of test fishing results from 365 Norwegian brown trout lakes, this report investigates whether standardized brown trout catches can be used as an indicator of hydromorphological changes in hydropower reservoirs. By comparing gill net catches from a high number of lakes we wanted to test whether there are differences in trout biomass in regulated and unregulated lakes, and furthermore whether a potential difference could be related to the extent of water level fluctuations. During implementation of the EU Water Framework Directive in Norway the ecological status of all water bodies will be assessed. A correlation between trout biomass and water level regulation would enable the use of standardized trout catches as an indicator of biological effects of hydropower production. Preliminary comparisons indicated significantly lower trout biomass in the reservoirs than in unregulated lakes. However, the true effects of regulation can only be evaluated when other biotic and abiotic factors also known to influence the population size of trout are controlled for. Therefore, lake area and perimeter, presence of competing fish species, trout stocking and climatic variables (mean temperature in July and number of days with snow cover) were included in the analyses.

The results show that neither trout biomass, number of trout caught per unit effort nor female size at maturation can be explained by water level regulations alone. The size of trout populations is due to complex interactions between biotic and abiotic factors, where hydropower regulation is only a minor factor. The strongest determinants of trout production are presence of competing species and lake area. Trout biomass is largest in lakes where trout is the only fish species. Furthermore, trout biomass is relatively smaller in large lakes than in small lakes. There is also some effect of climatic variables. In comparison to these factors, hydropower regulation or the difference between highest and lowest regulated water level has no significant effect on trout catch. The report suggests variables that should be included in future assessments to improve the information on trout populations and facilitate future evaluations of ecological effects of hydropower production.

Ingeborg Palm Helland, ingeborg.helland@nina.no
Ola Ugedal, ola.ugedal@nina.no
Anders G. Finstad, anders.finstad@nina.no
Odd Terje Sandlund, odd.t.sandlund@nina.no

Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, N-7485 Trondheim, Norway.

Innhold

Sammendrag **3**

Abstract **4**

Innhold **5**

Forord **6**

1 Innledning **7**

2 Metoder **9**
2.1 Standardiserte ørretfangster som mål på fiskeproduksjon 9
2.2 Geografi, innsjømorfologi og klimadata 10
2.3 Statistiske analyser 11

3 Faktorer som påvirker bestandsstørrelse hos ørret **12**
3.1 Påvirkninger på ørretpopulasjonene 12
3.2 Utvelgelse av de viktigste forklaringsvariablene 15
3.3 Grad av vannstandsreguleringer 17

4 Vurdering av muligheter for å bruke ørretfangster som mål på økologiske effekter av vannstandsreguleringer **19**
4.1 Er det forskjeller mellom regulerte og uregulerte innsjøer? 19
4.2 Kan forskjellene relateres til graden av vannstandsreguleringer? 20

5 Konklusjon **21**

6 Referanser **22**

Forord

Arbeidet med å utvikle det vitenskapelige grunnlaget for klassifisering av vannforekomster i henhold til EUs Vannrammedirektiv (i Norge ”Vannforvaltningsforskriften”) omfatter blant annet sammenstiling og analyse av eksisterende data for de ulike kvalitetselementene som skal anvendes i klassifiseringen. Fiskebestandene er trolig det kvalitetselementet der kunnskapene er best, selv om våre kunnskaper i stor grad er begrenset til laksefiskene laks, ørret og røye. I arbeidspakke 3 (WP3) av prosjektet BIOCLASS-Fresh støttet av NFR (Norges forskningsråd) er fokus satt på effektene av hydromorfologiske endringer på vannforekomstenes kvalitet, spesielt slik kvaliteten uttrykkes i fisk og bunndyr. I den sammenheng ønsket vi å analysere data med standard garnfangster av ørret i innsjøer som tidligere er sammenstilt av Ola Ugedal, NINA, i forhold til graden av hydromorfologiske endringer i innsjøene.

Prosjektet har også mottatt støtte fra FoU-programmet Miljøbasert vannføring (Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE) og fra Direktoratet for naturforvaltning (DN).

12. februar 2010

Odd Terje Sandlund
Leder WP3

1 Innledning

Mange norske innsjøer er påvirket av hydromorfologiske endringer, spesielt som følge av nedtapping og oppdemming av magasiner for vannkraftproduksjon. Hydromorfologiske egenskaper kan defineres som "*vannets strømningsmønster og temperatur, samt bunnens og breddens form og beskaffenhet*" (Anonym 2009). For innsjøer er hydromorfologiske trekk knyttet til overflateareal, vanndyp (eller bassengform) og bunnmaterialets egenskaper. Endringer i disse egenskapene kalles hydromorfologiske endringer (ofte i vanndirektivsammenheng forkortet til HYMO). Hydrologiske endringer innebærer forandringer i de naturlige sesong- eller døgnvariasjonene i vannstanden, for eksempel som følge av at tilførsel og tapping av vann er regulert for vannkraftproduksjon eller lignende. Ofte kan slike inngrep også føre til endret vanntemperatur og vannkvalitet, for eksempel ved overføring av vann mellom ulike lokaliteter som smeltevann fra breer eller dypvannsuttak i magasiner. Vannstandsendringer i regulerte magasiner fører også til morfologiske endringer i bunnsubstratet. Særlig påvirkes strandsonen i innsjøer, der både planter og dyr fordrives fra habitatet og finmaterialet i bunnsubstratet eroderes vekk og re-sedimenteres på dypere vann som følge av reguleringene (Borgstrøm og Aaas 2000). Det er vanskelig å si noe spesifikt om hvilke effekter slike tekniske inngrep har på økosystemer dersom man ikke har kunnskap om hvordan tilstanden var før inngrepet. Slik før og etter-informasjon foreligger sjelden. På det generelle plan vet vi imidlertid at vannstandsreguleringer fører til redusert produksjon i strandsonen, noe som særlig går ut over fiskearter som er knyttet til dette habitatet. Ørret er en av disse artene.

I forbindelse med implementering av EUs Vanndirektiv i Norge, som er vedtatt gjennom vannforvaltningsforskriften (MD 2006) og EØS-avtalen (St.prp. 75, 2007-2008), arbeides det med klassifisering av alle vannforekomster i henhold til deres økologiske tilstand. Den økologiske statusen måles opp mot en referansetilstand som er en antatt naturtilstand, og målet er å oppnå "god økologisk tilstand" i alle vannforekomster. Basert på biologiske, kjemiske og fysiske parametre skal avviket fra naturtilstand avgjøres for hver vannforekomst, som så på grunnlag av spesifikke grenseverdier for ulike vanntyper skal plasseres i én av fem klasser, fra svært god til svært dårlig (Anonym 2009). Vanndirektivets mål er helhetlig beskyttelse av vannmiljøet og bærekraftig bruk av vannforekomstene. Denne klassifiseringen vil dermed danne grunnlaget for all vannforvaltning, ettersom Norge har forpliktet seg til å nå miljømålet om god økologisk status i alle vannforekomster innen 2021.

I tillegg til denne klassifiseringen av økologisk tilstand er det en egen kategori i EUs Vanndirektiv med sterkt modifiserte vannforekomster (SMVF). De økologiske målene for SMVF skiller seg fra andre vannforekomster ved at det ikke forventes å være mulig å oppnå like god tilstand, på grunn av fysiske inngrep som endrer forekomstens karakter. For sterkt modifiserte vannforekomster er målet "godt økologisk potensial", som innebærer å oppnå den best mulige økologiske tilstanden uten at tiltakene som da må iverksettes har uforholdsmessig negative konsekvenser for menneskelig utnyttelse av vannforekomsten (Anonym 2009). De fleste innsjøer og elver som vurderes som kandidater til kategorien sterkt modifiserte vannforekomster i Norge er berørt av vannkraftutbygging og dermed hydromorfologiske endringer.

Det foreligger ingen enkle målbare parametre som forklarer den økologiske statusen i innsjøer som følge av hydromorfologiske endringer, men for fisk har det vært vanlig å bruke sannsynlige endringer i produksjon som følge av kraftreguleringer som et mål på tilstand. En vurdering av tapt produksjon må baseres på ekspertvurderinger, ettersom det finnes få undersøkelser av fiskeproduksjon i norske innsjøer og lite data på endringer over tid. Ved slike vurderinger er det naturlig å bruke ørret som kvalitetselement fordi vi har best kunnskap om denne arten, og fordi ørret har størst utbredelse i Norge. Dersom man utvikler god kunnskap om hvordan hydromorfologiske endringer påvirker produksjonen av ørret, kan dette også brukes for å vurdere effekten på andre fiskearter og på økosystemet. I arbeidet med økologisk klassifisering er det nødvendig å basere seg på allerede tilgjengelige data for å finne relevante parametre, i påvente av innsamling av ny informasjon. Det er også viktig å velge parametre som kan registreres eller beregnes på en forholdsvis kostnadseffektiv måte dersom de skal kunne anvendes i overvå-

king av vannforekomster (Sandlund 2009). Det har vært foreslått å benytte reguleringshøyde som indirekte mål på tapt biologisk produksjon som støtteparameter for regulerte innsjøer (Anonym 2009). Dette har bakgrunn i at produksjonen av bunndyr avtar med økende reguleringshøyde. Det er imidlertid sannsynlig at effekten av en viss reguleringshøyde vil være avhengig av den morfologiske utformingen av et magasin. En gitt reguleringshøyde vil trolig ha mye større effekt i en innsjø med grunne strandsoner enn i en bratt og dyp innsjø (Sandlund 2009).

Målet med dette prosjektet er å undersøke om standardiserte garnfangster fra prøvefiske kan brukes som indikator for økologiske effekter av vannstandsreguleringer i innsjøer. Med utgangspunkt i ørretfangster med standard garnserie fra 365 norske innsjøer søker vi svar på følgende spørsmål:

- Er det forskjeller i tetthet eller biomasse i ørretbestanden mellom reguleringsmagasiner og uregulerte innsjøer?

- Kan disse eventuelle forskjellene relateres til graden av vannstandsreguleringer?

2 Metoder

2.1 Standardiserte ørretfangster som mål på fiskeproduksjon

Prøvefiske med garn er en vanlig metode for å undersøke tilstanden til en fiskebestand i en innsjø. Analysene i denne rapporten er basert på sammenstilte data av fangster av ørret fra prøvefiske i ca. 400 norske innsjøer (for mer informasjon om datasettet se Ugedal m.fl. 2005). Alle innsjøene er fisket med samme metodikk og bruk av den såkalte Jensen-serien (Jensen 1972, Jensen 1973). Jensen-serien er satt sammen av 8 bunngarn med bestemte maskevidder (1 garn med 52, 45, 39, 35, 29 og 26 mm og 2 garn med 21 mm). Det har blitt foreslått at denne garnserien nokså jevnt fisker ørret i størrelsesklassen 19 til 45 cm (Jensen 1972). Garna er satt enkeltvis fra land og utover, og i de fleste innsjøene er det utført kun ett prøvefiske (se Ugedal m.fl. 2005). Prøvefisket er foretatt mellom 1972 og 1997 i innsjøer fordelt over 15 av Norges fylker. I denne rapporten er 365 innsjøer inkludert, spredt over det meste av landet, med unntak av Troms, Vest-Agder, Østfold og Oslo (**Fig. 1**). Av disse er 127 regulert for vannkraftproduksjon mens 238 ikke er regulert. Vannforekomstene ligger mellom 6 og 1466 m o.h. (gjennomsnitt 651) og varierer i størrelse mellom 0,8 ha og 139 km^2 (gjennomsnitt 4,78 km^2). For regulerte innsjøer gjelder arealet for høyeste regulerte vannstand.

Når tilstanden til en ørretbestand skal vurderes er kunnskap om bestandens tetthet viktig. Det antas at det er en sammenheng mellom fangsten ved prøvefiske og den reelle tettheten av fisk i vannet, og et vanlig mål er såkalt fangst per innsats (på engelsk catch per unit effort, forkortet CPUE). Dette uttrykkes gjerne som antall fisk per 100 m^2 garnflate per natt (Ugedal m.fl. 2005). Ettersom ørret utviser stor variasjon i kroppstørrelse mellom ulike populasjoner kan antall fisk gi et skjevt bilde av mengden fisk som produseres. Dette skyldes at vann med små fisk kan ha mange individer, mens andre bestander med store fisk kan ha færre. For å få et bedre mål på mengden fisk som produseres i en innsjø er det ofte bedre å bruke biomassen (Ugedal m. fl. 2005). I denne rapporten er derfor hovedsakelig benyttet vekten av fangst per innsatsenhet som mål på bestandsstørrelsen. Alle presenterte analyser er også utført med antall fisk per innsats som responsvariabel, men resultatene er kun oppgitt der hvor bruk av antall førte til motstridende resultat i forhold til bruk av biomasse.

Fordi reguleringer forventes å påvirke både innsjøens produktivitet og mengden tilgjengelig gyteareal, kan mål som inkluderer størrelse ved reproduksjon være ekstra følsomme for negative effekter av regulering. Derfor ble det også utført tester med gjennomsnittstørrelse for kjønnsmodne hunner som responsvariabel. Siden slik informasjon ikke foreligger for alle innsjøene, ble dette kun utført på et mindre datasett (140 uregulerte og 79 regulerte innsjøer).

I tillegg til beregninger av ørretfangst per innsats er også informasjon om tilstedeværelse av andre fiskearter benyttet. Videre er det notert hvorvidt det har blitt foretatt utsettinger av ørret. Utsettinger kan ventes å ha påvirkning på resultatene når ørretbestander sammenliknes (jfr. Museth m.fl. 2007). Det er likevel ikke noe enkelt svar på om det å inkludere innsjøer med utsettinger eller ikke gir et mest riktig bilde av eventuelle effekter av regulering. Utsettinger kan øke bestandstørrelsen og maskere nedgang i ørretpopulasjoner. Samtidig fører en ekskludering av alle innsjøer med utsettinger til en betydelig reduksjon i antall regulerte innsjøer i datamaterialet (gjenværende datasett har 200 uregulerte og kun 68 regulerte), noe som kan redusere styrken til de statistiske testene. Videre kan det tenkes at de regulerte innsjøene uten utsettinger hovedsakelig representerer innsjøer med sterke ørretbestander hvor effektene av regulering allerede har blitt vurdert til å ha mindre betydning, siden kompensasjonsutsettinger ikke ble påkrevd. Å inkludere kun slike magasiner vil kunne svekke muligheten til å oppdage økologiske effekter av en regulering. I denne rapporten er det derfor valgt å inkludere innsjøer med utsettinger. Analysene ble imidlertid også utført uten innsjøer der det har vært foretatt utsettinger av ørret, men siden dette ikke ga vesentlig endringer i resultatene eller påvirker konklusjonene, er disse analysene ikke vist i rapporten.

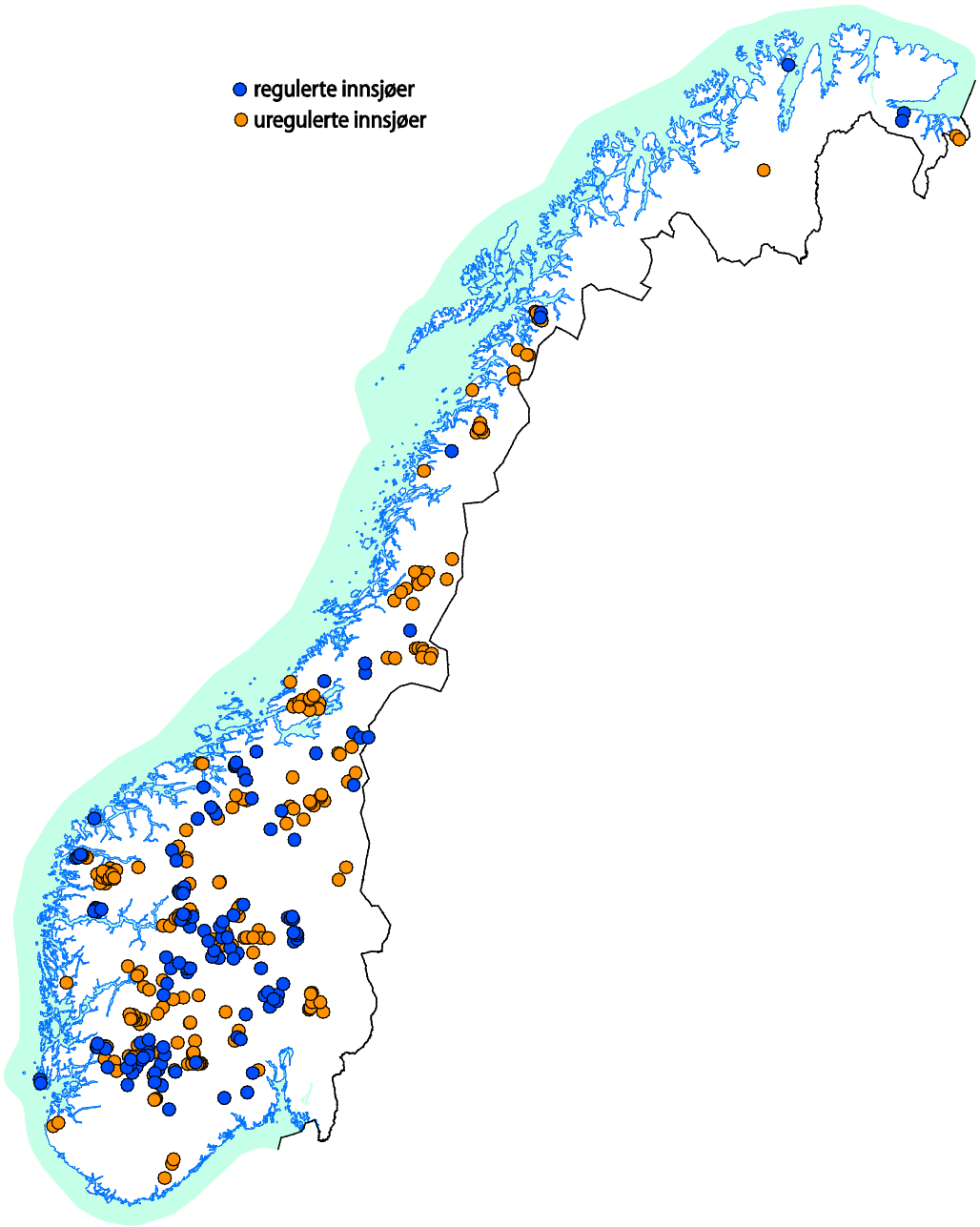

Fig. 1. Beliggenheten til de 365 innsjøene som er inkludert i analysene. Blå og gule punkter indikerer henholdsvis regulerte og uregulerte innsjøer.

2.2 Geografi, innsjømorfologi og klimadata

Alle norske innsjøer større enn 2500 m² har fått tildelt et unikt nasjonalt løpenummer i Innsjødatabasen til Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Databasen er etablert ved hjelp av Statens kartverk sitt digitale kartverk N50 Kartdata. Fra denne Innsjødatabasen ble areal og omkrets beregnet for alle de 365 innsjøene i rapporten ved å bruke standardfunksjoner i ArcGIS versjon 9.3. Basert på geografiske koordinater for hver av innsjøene ble klimatiske data hentet fra Nordiske temperaturkart (Tveito m.fl. 2000). Middeltemperatur for juli (normalen for perioden 1961-1990) ble brukt som mål på sommertemperatur og antall dager med snødekke (fra samme periode) som indikator på vinterlengde. For alle reguleringsmagasinene ble for-

skjellen på høyeste regulerte vannstand (HRV) og laveste regulerte vannstand (LRV) fra konsesjonsvilkårene fra NVE benyttet som mål på graden av vannstandsregulering.

2.3 Statistiske analyser

Ørretbiomassen ble transformert ($x^{1/3}$) for å oppnå homogen varians og også innsjøareal og omkrets ble ln-transformert før bruk i tester. Forskjellen i ørretbiomasse mellom innsjøer ble sammenliknet ved hjelp av variansanalyse (ANOVA). Sammenhengen mellom de ulike forklaringsvariablene ble illustrert med prinsipalkomponent-analyse (PCA). Den modellen som best forklarer variasjonen i ørretbestandene ble valgt ut basert på en trinnvis inkludering av variabler (forward stepwise procedure), der modeller med høyere AIC-verdi (Aikakes informasjonskriterium) trinnvis ble forkastet til kun én beste modell gjensto. Det ble også gjort tester med en trinnvis redusering av variabler (backwards stepwise procedure) fra en fullmodell som inkluderte alle variablene (se **Tabell 1**) og interaksjoner mellom regulering og hver av variablene, men disse resultatene er ikke presentert fordi konklusjonene ikke avviker fra den andre metoden. Alle statistiske analyser ble utført i R versjon 2.9.2 (The R Foundation for Statistical Computing 2009).

Fig.2. Garnfiske etter ørret og røye. Foto © Ingeborg P. Helland

3 Faktorer som påvirker bestandsstørrelse hos ørret

3.1 Påvirkninger på ørretpopulasjonene

De første analysene viste at det var signifikant lavere ørretbiomasse i regulerte magasiner enn i uregulerte innsjøer (regulering: $F_{1,363}$=10,54, t=-3,24, p=0,001, **Fig. 3**).

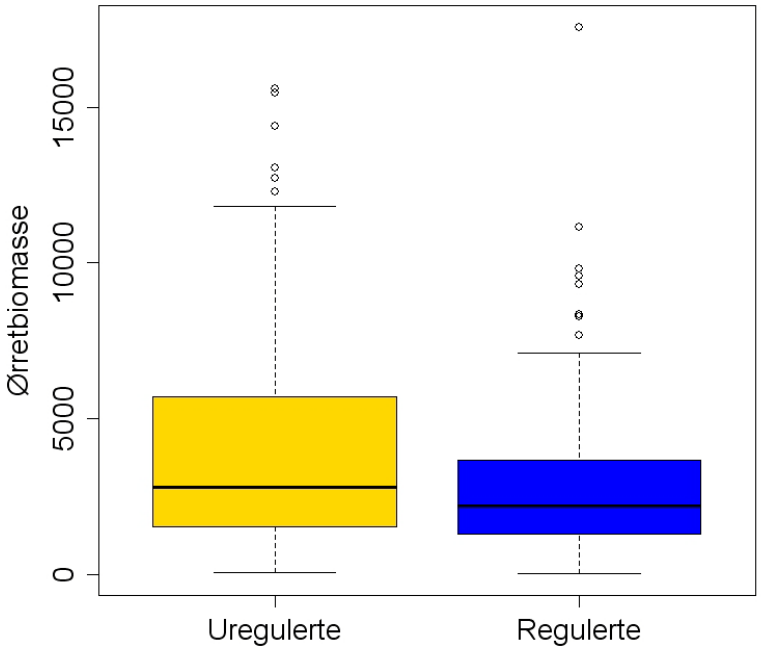

Fig. 3. Forskjell i ørretbiomasse (gram per fangst per innsats) mellom reguleringsmagasiner (blå) og uregulerte innsjøer (gul).

Før et slikt resultat kan vurderes er det imidlertid viktig å ta høyde for andre faktorer som er forventet å ha påvirking på ørretbestander. Den tilsynelatende forskjellen i ulike ørretbestander kan skyldes andre variabler enn regulering, dersom det er andre vesentlige forskjeller mellom regulerte og uregulerte innsjøer. Derfor ble variablene listet i **Tabell 1** inkludert i de videre analysene.

Tabell 1. Oversikt over variabler som er benyttet i analysene

Variabel	***Type***
Regulering	Binær faktor (regulert / uregulert)
Areal	Kontinuerlig variabel
Omkrets / areal	Kontinuerlig variabel
Tilstedeværelse av andre arter	Binær faktor (allopatri / sympatri)
Middeltemperatur juli	Kontinuerlig variabel
Antall dager med snødekke	Kontinuerlig variabel
HRV - LRV	Kontinuerlig variabel

De fleste reguleringsmagasinene er store og når vi korrigerte for innsjøareal forsvant den signifikante forskjellen i ørretbiomasse mellom regulerte og uregulerte innsjøer (areal: $F_{1,366}$=25,0, t=-3,85, p<0,001, regulering: $F_{1,366}$=0,7, t=-0,85, p=0,392). Dette skyldes at ørretbiomassen avtar med økende innsjøstørrelse og at de regulerte innsjøene i datasettet i snitt er signifikant større enn de uregulerte (Welch t-test: t=7,12, p<0,001, **Fig. 4**).

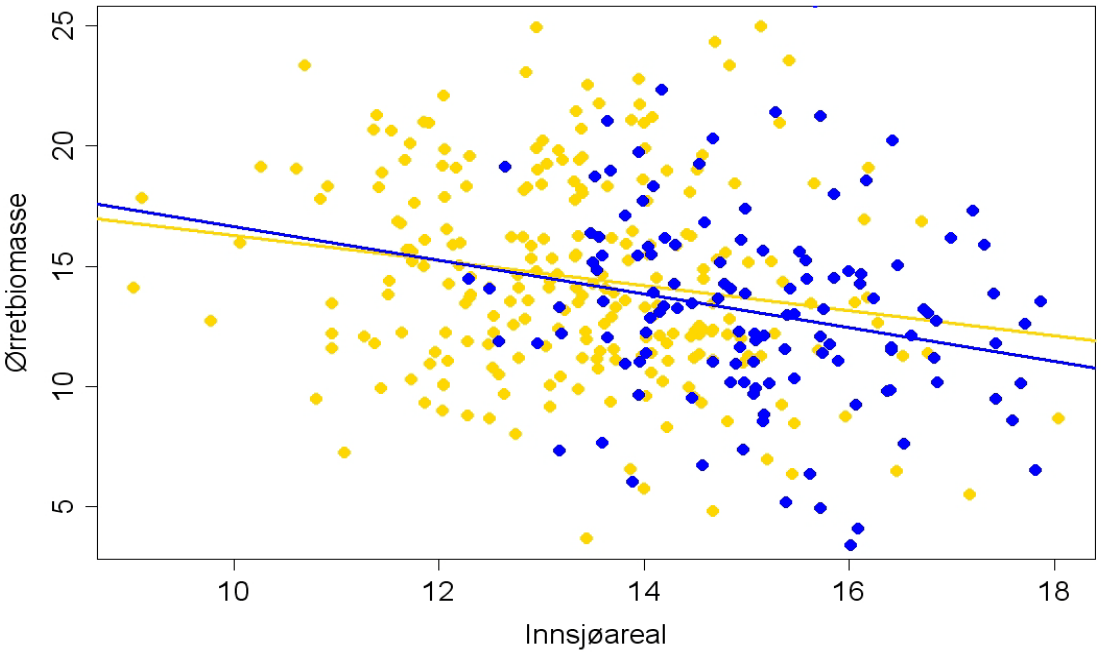

Fig. 4. Forholdet mellom ørretbiomasse (gram per fangstinnsats, transformerte verdier) og innsjøareal (m^2, transformerte verdier) for uregulerte (gule) og regulerte (blå) innsjøer.

Generelt er det forventet at innsjøer med stor andel grunne områder (stor littoralsone) vil ha mer ørret, siden dette habitatet står for en vesentlig del av bunndyrproduksjonen i en innsjø og næringsinntaket til ørret i stor grad er basert på bunnlevende organismer i grunne områder. Som indikator på grunnområdenes utstrekning ble derfor forholdet mellom innsjøens omkrets og areal benyttet (omkrets/areal). I innsjøer med stor omkrets i forhold til areal, for eksempel på grunn av mange viker, bukter og øyer, forventes det å være relativt mer strandsone og grunne områder. Når dette målet ble inkludert viste analysene som forventet at ørretbiomassen var større i innsjøer med større andel littoralsone ($F_{1,363}$=18,46, t=4,29, p<0,001). Dette skyldes sannsynligvis ørretens preferanse for et slikt habitat. Når vi korrigerte for littoralsone forsvant forskjellen i ørretbiomasse mellom regulerte og uregulerte innsjøer (littoral: $F_{1,362}$=18,53, t=3,18, p<0,001, regulering: $F_{1,362}$=2,39, t=-1,54, p=0,122). Ved bruk av antall fisk i stedet for biomasse som responsvariabel forble imidlertid den negative effekten av regulering statistisk signifikant selv når det var korrigert for littoralsone (littoral: $F_{1,362}$=15,10, t=2,44, p<0,001, regulering: $F_{1,361}$=5,61, t=-2,37, p=0,018).

En variabel som forventes å påvirke ørretbestander er konkurranse med andre fiskearter. Ørretpopulasjoner som lever alene (allopatrisk ørret) har signifikant større biomasse enn ørret i innsjøer med flere fiskearter (sympatrisk ørret) (allopatri: $F_{1,363}$=91,06, t=9,54, p<0,001). Interspesifikk konkurranse (sympatri) har en sterkere negativ effekt på biomassen enn regulering, og biomassen er lavere i sympatriske innsjøer enn i allopatriske, uavhengig om innsjøene er regulerte eller ikke (**Fig. 5**). Likevel forble forskjellen mellom regulerte og uregulerte statistisk signifikant når det ble korrigert for allopatri (allopatri: $F_{1,362}$=92,5, t=9,29, p<0,001, regulering: $F_{1,361}$=6,89, t=-2,62, p=0,009). Det var fortsatt statistisk forskjell i biomasse mellom regulerte og upåvirkede innsjøer når kun allopatriske ørretsjøer ble sammenliknet (regulering: $F_{1,182}$=5,1, t=-2,25, p=0,03, **Fig. 5a**), men ikke når biomassen i kun sympatriske vann ble sammenliknet (regulering: $F_{1,179}$=1,37, t=-1,17, p=0,243). Ved bruk av antall fisk i stedet for biomasse hadde regulering signifikant negativ effekt både mellom allopatriske (regulering: $F_{1,182}$=5,1, t=-2,25, p=0,025) og sympatriske innsjøer (regulering: $F_{1,179}$=5,59, t=-2,36, p=0,019, **Fig. 5b**).

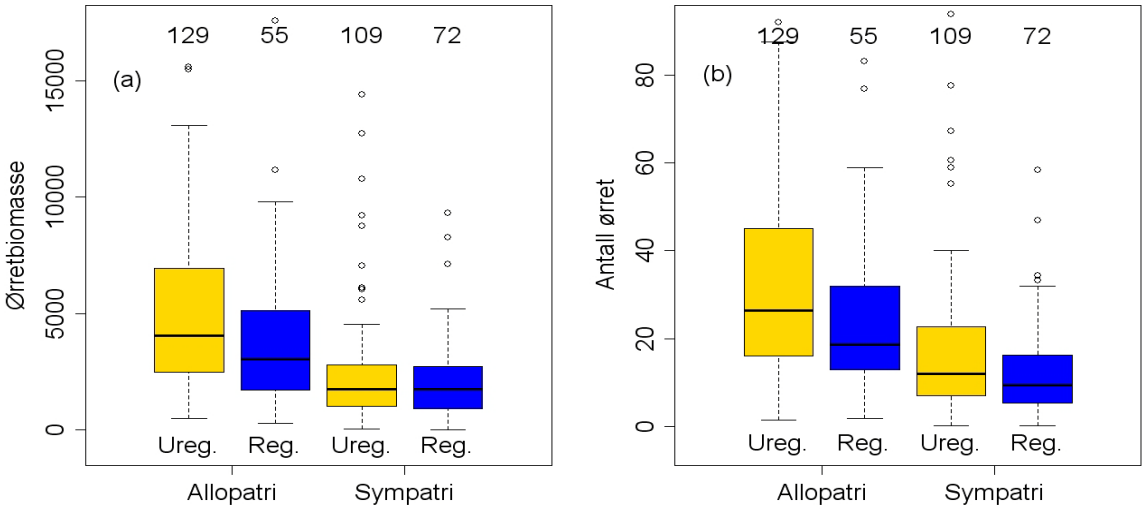

Fig. 5. Forskjell i ørretfangst per innsats vist som (a) biomasse (gram) og (b) antall, mellom regulerte (blå) og uregulerte (gule) innsjøer, både for sjøer der ørret lever alene (allopatri) og sammen med andre fiskearter (sympatri). Antall innsjøer i hver gruppe er angitt over boksene.

Når effekten av klimatiske forhold ble testet viste det seg at varme somre har en signifikant negativ effekt på ørret (julitemperatur: $F_{1,363}$=38,38, t=-6,19, p<0,001), mens lange vintre har en positiv effekt (snødager: $F_{1,363}$=11,75, t=3,42, p<0,001). Dette overraskende resultatet med en tilsynelatende positiv effekt av kaldt klima er sannsynligvis en indirekte effekt av interspesifikk konkurranse. De allopatriske innsjøene i datasettet har kaldere somre og lengre vintre enn de sympatriske innsjøene, sannsynligvis fordi de i hovedsak ligger i høyereliggende strøk (**Fig. 6**).

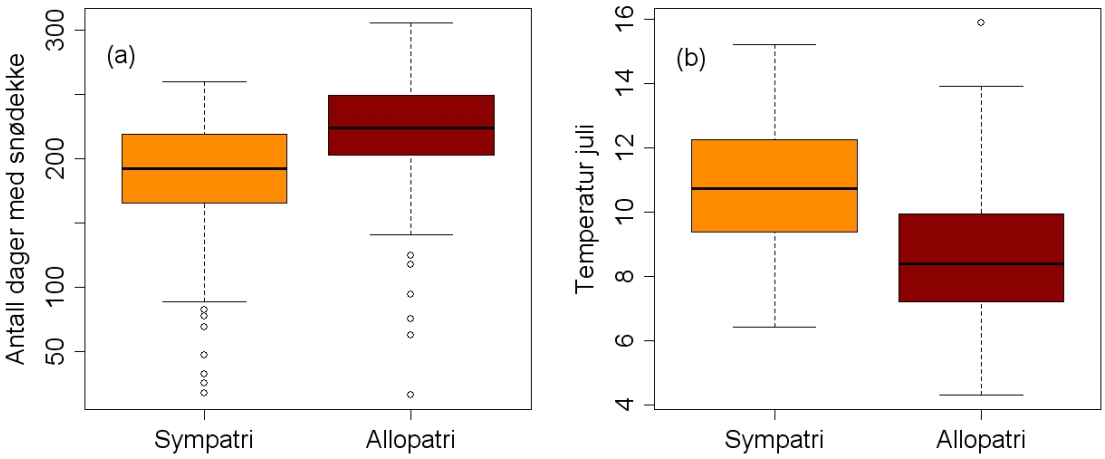

Fig. 6. Forskjell i (a) antall snødekte dager og (b) middeltemperatur juli mellom innsjøer med sympatrisk (oransje) og allopatrisk ørret (rød).

Som vist over har konkurranse fra andre arter en sterk negativ påvirkning på ørret, og når det kontrolleres for sympatri forsvinner effekten av vinterlengde (allopatri: $F_{1,362}$=90,8, t=8,75, p<0,001, snødekke: $F_{1,362}$<0,01, t=0,05, p=0,957). Sommertemperaturen forblir derimot signifikant når det er kontrollert for konkurranse (allopatri: $F_{1,362}$=91,87, t=7,23, p<0,001, julitemperatur: $F_{1,362}$=4,26, t=-2,06, p=0,039). Den negative effekten av regulering forblir statistisk signifikant når det kontrolleres for sommertemperatur (julitemperatur: $F_{1,362}$=39,44, t=-6,23, p<0,001, regulering: $F_{1,362}$=11,01, t=-3,31, p<0,001) og for vinterlengde (snødekke: $F_{1,362}$=12,02, t=3,40, p<0,001, regulering: $F_{1,362}$=10,39, t=-3,22, p=0,001).

3.2 Utvelgelse av de viktigste forklaringsvariablene

De overstående statistiske testene viser at det er mange variabler som påvirker ørretbestandens størrelse og det kan være vanskelig å vite hvilke som er viktigst. For å visualisere sammenhengen mellom de ulike forklaringsvariablene, ble det benyttet en ordinasjonsmetode kalt PCA (prinsipalkomponent-analyse). I en slik analyse blir de mest interessante og sterkeste samvariasjonene mellom variablene uttrykt i de første aksene (prinsipalkomponentene, PC1 og PC2). **Figur 7** viser at variasjonen i ørretbestandene hovedsakelig ligger langs to linjer, én som forklares av innsjømorfologi og én av konkurranse og klima. Som variansanalysen også viste ligger effekten av allopatri nært opptil klimaaksen, med de allopatriske innsjøene mot kaldere klima (vinterlengde) og de sympatriske mot varmere (sommertemperatur). Det er også tydelig å se at regulering er nært korrelert med økende innsjøareal og synkende andel littoralsone. Effekten av regulering kan derfor være vanskelig å skille fra effekten av innsjømorfologi.

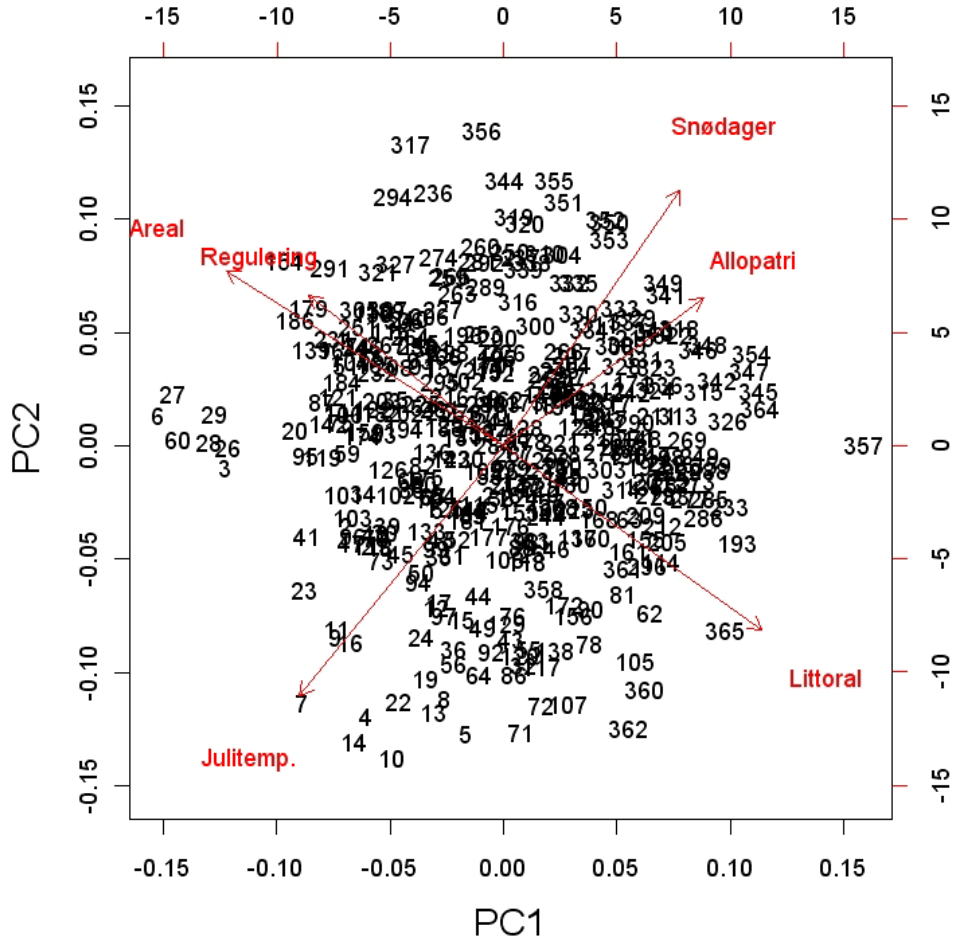

Fig. 7. Forholdet mellom de ulike forklaringsvariablene som har påvirkning på ørretbestandens størrelse, vist ved de to komponentene som forklarer mest av variasjonen i datasettet basert på PCA. Hver av innsjøene er nummerert og plassert i forhold til hverandre på grunnlag av likhet langs komponent 1 (x-aksen, PC1) og komponent 2 (y-aksen, PC2). Pilene indikerer hvordan effekten av de ulike variablene (innsjøareal, regulering, antall snødager, allopatri, andel littoralsone, julitemperatur) er relatert i forhold til hverandre, med økende påvirkning av en variabel i pilens retning vekk fra sentrum.

For å finne den modellen som best beskriver variasjonen i ørretbestandene i datasettet, ble det benyttet en trinnvis statistisk prosedyre, der én og én variabel ble lagt til (forward stepwise procedure). Den variabelen som hadde høyest forklaringsstyrke (høyest R^2) ble valgt som første variabel i modellen, og videre ble den nest viktigste lagt til. Hver nye modell ble testet statistisk mot den forrige (ved hjelp av F-tester og AIC-verdier) og dersom den nye modellen var signifikant bedre, ble den forrige modellen forkastet til fordel for denne. Siden AIC-verdien korrigerer for antall variabler inkludert, vil den beste modellen ikke nødvendigvis være den med høyest R^2. Den enkleste modellen som best beskriver variasjonen i ørretbiomasse i de 365 innsjøene i datasettet besto av forklaringsvariablene allopatri, innsjøareal, sommertemperatur og vinterlengde (**Tabell 2a**). Av disse beskrev allopatri (F=95,54, t=6,55, p<0,001) og innsjøareal (F=12,11, t=-3,23, p<0,001) hoveddelen av variasjonen, men også sommertemperatur og vinterlengde var statistisk signifikante (p<0,05). Regulering som faktor ble ekskludert gjennom denne trinnvise prosedyren, og er dermed en mindre viktig forklaringsvariabel enn de fire andre som ble testet.

Tabell 2. Trinnvis prosedyre for utvelgelse av den beste modellen. Hver modell er sammenliknet med den beste modellen over, og beholdt dersom p<0,05 og AIC lavere enn for den forrige modellen. Modellen som er uthevet er den statistisk beste modellen som forklarer størstedelen av variasjonen i ørretbiomasse. Tabell (a) viser resultatene ved bruk av biomasse, (b) antall fisk og (c) størrelse av kjønnsmodne hunner som responsvariabel.

(a) Biomasse	***R^2***	***AIC***	***P***
Allopatri	0,200	2008,21	
Allopatri + areal	0,226	1998,42	<0,001
Allopatri + arael + julitemp.	0,235	1996,08	0,038
Allopatri + areal + julitemp. + snødager	**0,244**	**1993,65**	**0,036**
Allopatri + areal + julitemp. + snødager + regulering	0,248	1993,83	0,180
Allopatri + areal + julitemp. + snødager + littoral	0,245	1994,98	0,417

(b) Antall	***R^2***	***AIC***	***P***
Allopatri	0,167	186,99	
Allopatri + areal	**0,194**	**806,54**	**<0,001**
Allopatri + areal + regulering	0,199	805,54	0,084
Allopatri + areal + julitemp.	0,196	806,62	0,167
Allopatri + areal + snødager	0,195	807,37	0,282
Allopatri + areal + littoral	0,192	808,42	0,726

(c) Størrelse ved kjønnsmodning (hunner)	***R^2***	***AIC***	***p***
Snødager	0,087	2276,87	
Snødager + areal	**0,106**	**2273,19**	**0,018**
Snødager + areal + allopatri	0,115	2272,01	0,077
Snødager + areal + regulering	0,109	2273,50	0,198
Snødager + areal + littoral	0,106	2274,23	0,332
Snødager + areal + julitemp.	0,103	2274,97	0,644

Ved bruk av antall fisk i stedet for biomasse var den beste modellen enklere og besto kun av allopatri og innsjøareal (**Tabell 2b**). Ved å legge til regulering til denne modellen øker R^2 så vidt og AIC-verdien reduseres litt, men de to modellene er ikke signifikant forskjellige (p>0,05) og den enkleste modellen er derfor å foretrekke. Ofte brukes regelen at AIC-verdien må reduseres med minimum 2 for at en modell skal regnes som bedre (Zuur m.fl. 2007), mens den i dette tilfellet bare synker med 1. Dette tilsier at å legge til faktoren regulering ikke forbedrer modellen signifikant, men heller ikke gjør modellen dårligere. Ved å legge til en av de andre

variablene (julitemperatur, snødager eller littoral) øker AIC-verdien og modellen blir dårligere (**Tabell 2b**).

Ved vannstandsreguleringer er det spesielt grunne områder som berøres og dette kan føre til redusert tilgang både til egnet gytehabitat og til næring i den produktive strandsonen. Effekten av dette behøver ikke nødvendigvis vises i den totale biomassen, men kan likevel forårsake endringer i ørretpopulasjonen, for eksempel føre til mindre kroppsstørrelse ved gyting. Det ble derfor testet om regulering hadde effekt på gjennomsnittstørrelsen av kjønnsmodne hunner for de innsjøene der slik informasjon var tilgjengelig (219 av 365). Heller ikke her slo regulering ut som en viktig parameter og den endelige modellen besto av antall snødager og innsjøareal (**Tabell 2c**). Effekten av konkurranse ser ut til å være mindre viktig for hunnenes størrelse ved kjønnsmodning enn den er for fangst per innsats (både biomasse og antall) og i stedet er lengden på vinteren den viktigste parameteren som beskriver endringer i størrelse ved kjønnsmodning. Hunnene er større ved kjønnsmodning i innsjøer med lange vintre og stort areal (snødager: $F_{1,216}$=22,24, t=4,71, p<0,001, julitemperatur: $F_{1,216}$=5,67, t=2,38, p=0,018).

3.3 Grad av vannstandsreguleringer

I de overstående analysene har kun den binære faktoren regulert/ikke regulert blitt benyttet for å finne eventuelle effekter av vannstandsreguleringer. Dette er ikke en særlig nøyaktig parameter, siden effekten av regulering naturligvis vil være avhengig av hvor mye vannstanden varierer som følge av reguleringen. Den informasjonen som er tilgjengelig for reguleringsmagasinene er grensen for høyeste og laveste regulerte vannstand (HRV og LRV) slik den er gitt av NVE i konsesjonen for vannkraftsproduksjon. To av magasinene i denne rapporten manglet slik informasjon og ytterligere to ble ekskludert fra analysene fordi de ble ansett som uteliggere (med vannstandsregulering >100 m). For de resterende 123 magasinene varierte forskjellen mellom HRV og LRV (HRV-LRV) mellom 0,5 m og 74 m, med gjennomsnitt på 12,34 m (**Fig. 8**).

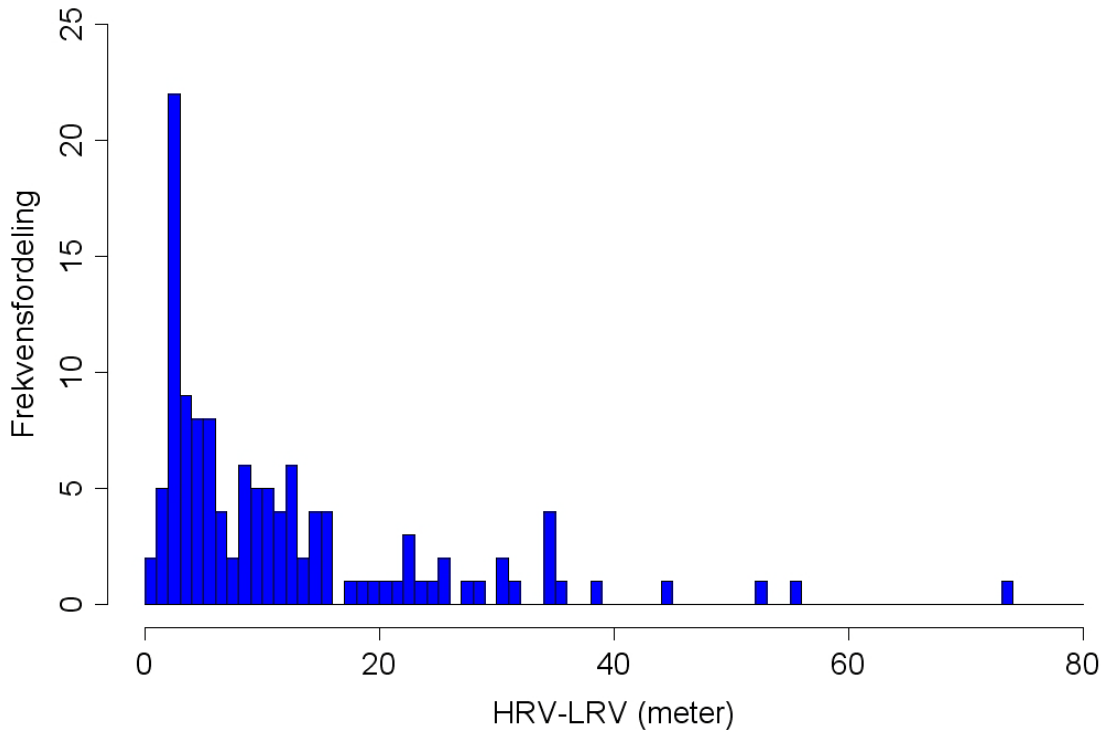

Fig. 8. Forskjell mellom høyeste (HRV) og laveste regulerte vannstand (LRV) gitt i konsesjonen for de 123 reguleringsmagasinene benyttet i tester for grad av vannstandsreguleringer.

Å erstatte faktoren regulering med den kontinuerlige variabelen HRV-LRV (uregulerte innsjøer fikk verdi 0) i den samme trinnvise modellutvelgelsen som beskrevet ovenfor, endret ikke konklusjonene og den samme modellen, uten inkludering av vannstandsregulering, var fortsatt den beste. Det var heller ingen sammenheng mellom ørretbiomassen i regulerte innsjøer og graden av vannstandsreguleringer (F=0,01, t=-0,10, p=0,919, **Fig. 9**).

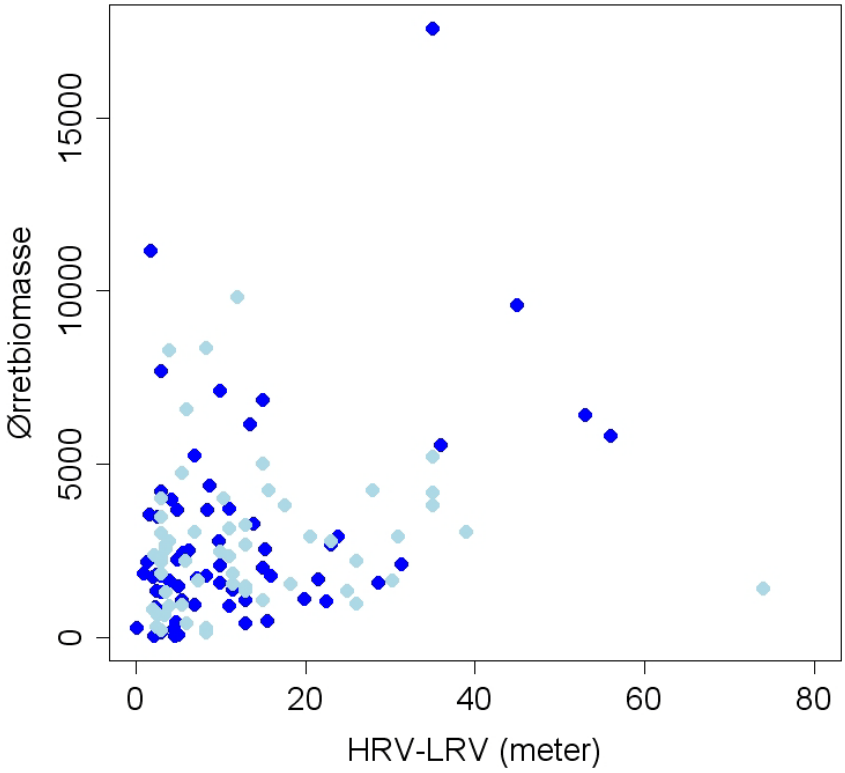

Fig. 9. Forhold mellom ørretbiomasse (fangst per innsats) og forskjell mellom høyeste regulerte vannstand (HRV) og laveste regulerte vannstand (LRV) for de regulerte innsjøene med ørretutsettinger (lys blå, N=58) og uten utsettinger (mørk blå, N=65).

4 Vurdering av muligheter for å bruke ørretfangster som mål på økologiske effekter av vannstandsreguleringer

4.1 Er det forskjeller mellom regulerte og uregulerte innsjøer?

Denne rapporten viser at verken ørretbiomasse, antall ørret fanget per innsats eller størrelse ved kjønnsmodning kan forklares ved hjelp av vannstandsregulering alene. Det som tilsynelatende så ut til å være en negativ effekt av regulering på bestandstørrelsen hos ørret, viste seg å bestå av mer komplekse interaksjoner, der andre biotiske og abiotiske parametre har sterkere innvirkning på produksjonskapasiteten av ørret i en innsjø. Særlig er det effekten av konkurranse fra andre arter og innsjøens areal som best beskriver ørretbestandens størrelse. Ørretbiomassen er større i vann der ørret er eneste fiskeart. Videre er ørretbiomassen relativt sett mindre i store innsjøer enn i små. Det er også en viss effekt av klimatiske forhold, men disse er vanskeligere å tolke. Sammenliknet med disse faktorene har regulering eller forskjellen på høyeste og laveste regulerte vannstand ingen betydelig effekt på ørretfangst per innsats.

Dette utelukker likevel ikke at ørretbestandene kan ha blitt reduserte etter at innsjøene ble demmet opp eller tappet ned. Imidlertid viser denne rapporten at siden konkurranse og innsjømorfologi har så stor betydning for ørretpopulasjonen, vil effekten av regulering slå ulikt ut avhengig av utgangspunktet i den aktuelle innsjøen. Dette er illustrert ved at ørretbestanden i regulerte innsjøer der andre fiskearter er til stede er lavere enn i regulerte innsjøer der ørret lever alene (**Fig. 5**). Selv om effekten av konkurranse er sterkere enn effekten av regulering, kan altså regulering føre til en ytterligere reduksjon av ørretbiomassen. Dette skyldes sannsynligvis at ved lav konkurranse kan ørret kompensere for manglende bunndyr i grunnområdene ved å spise mer zooplankton (Hesthagen m.fl. 1995), mens den taper konkurransen om denne føden dersom den samlever med arter som røye og sik, som er mer effektive planktonspisere (Brabrand 2007). Nyere undersøkelser av forholdet mellom arter som sik og røye antyder at mengdeforholdet mellom fiskearter i garnfangster i de ulike innsjøhabitatene kan være en aktuell parameter (Sandlund m.fl. 2010). Mengde og artssammensetning av konkurrerende fiskearter bør rutinemessig registreres i framtidig overvåking.

Garnfangster inneholder relativt stor usikkerhet om størrelsen på fiskebestander siden fangbarheten kan variere mellom individer og mellom ulike dyp og situasjoner (for eksempel ulike lysforhold og sesonger). Det er derfor mye støy i datasettet som er analysert og dette kan være en årsak til at det ikke var mulig å finne statistiske forskjeller mellom regulerte og uregulerte innsjøer. Parametre som andel gytefisk, veksthastighet og fiskens størrelse og alder ved kjønnsmodning kan være mer egnet for å teste økologiske effekter av hydromorfologiske endringer, siden de er mindre følsomme for variasjoner i fangbarheten. Slike livshistorieparametre forventes å endres dersom den økologiske effekten av regulering er av betydning. En annen faktor som kan ha betydelig effekt er bidraget fra settefisk. Mengden og størrelsen av ørret som settes ut er informasjon som bør være inkludert når ørretbestanden skal vurderes. Dersom settefisken merkes (for eksempel ved finneklipping) kan andel settefisk i fangstene evalueres. Likevel kan det være problematisk å vite hvilken økologisk effekt det kan ha på den naturlige ørretbestanden at det er store mengder settefisk, ettersom det kan være sterk konkurranse mellom dem (Hegge m.fl. 1993, Hesthagen m.fl. 1995).

For å kunne finne effekter av vannstandsreguleringer er det nødvendig med informasjon om hva som forventes å være tilstanden til den naturlige upåvirkede ørretbestanden. Kun ved å inkludere mest mulig nøyaktig informasjon om parametre som er bestemmende for ørretbestandens størrelse i uregulerte innsjøer vil det være mulig å evaluere effekten av vannstandsreguleringer i magasiner. Som nevnt må det antas at datasettet som er analysert her inneholder mye støy, og kanskje ville det vært mulig å finne en sammenheng mellom ørretbiomasse og regulering dersom flere relevante parametre hadde vært inkludert i analysene. Det er flere egenskaper både ved innsjøene og fiskebestandene vi ikke har hatt ressurser til å inkludere,

vesentlig fordi data ikke er lett tilgjengelige eller at bearbeidelsen er tidkrevende. Dette gjelder for eksempel innsjøenes produktivitet og tilgjengelig gyteareal i forhold til innsjøens areal. Ofte foreligger ikke slik informasjon fra feltanalyser, men det er mulig å beregne tilnærmede verdier ved hjelp av kartanalyser og geografiske informasjonssystemer (GIS). Analyser av geologi og vegetasjon i nedbørsfeltene vil kunne brukes til å beregne produktiviteten i vannforekomstene. Videre vil hydrologiske analyser av avrenning til en innsjø sammen med topografiske kart kunne gi et grovt mål på potensielle områder egnet for gyting. **Tabell 3** viser en oppsummering av tilleggsparametre som antas å være medbestemmende for ørretbestandens tilstand og som bør inkluderes i fremtidige undersøkelser.

Tabell 3. Parametre som ikke var inkludert i analysene, men som antas å ha sterk påvirkning på ørretbestandens tilstand.

Variabel	***Tilnærming eller informasjonskilde***
Innsjøens produktivitet	Siktedyp, nedbørsfeltanalyser
Innsjøens dybde og morfologi	Dybdemålinger, kartanalyser
Tilgjengelig gyteareal	Oppmåling i felt, kartanalyser
Veksthastighet	Aldersanalyser, vekt, lengde
Alder og størrelse ved kjønnsmodning	Aldersanalyser, vekt, lengde, modningsgrad
Mengde og artssammensetning konkurrenter	Garnfangster
Bidrag fra settefisk	Mengde og størrelse av merket settefisk
Tidsspesifikke variasjoner i regulert vannstand	Regulantenes arkiv

4.2 Kan forskjellene relateres til graden av vannstandsreguleringer?

To viktige variabler for å måle effekter av vannstandsendringer på fiskeproduksjon er hvor stor del av gytearealet som er berørt av inngrep og hvor stor andel av innsjøens strandsone som tørrlegges. Slik informasjon kan bare i begrenset grad skaffes uten omfattende feltregistreringer eller med tilgang på dybdekart og reguleringshøyde. Informasjon om gyteareal eller størrelsen på strandsonen er ikke tilgjengelig for lokalitetene i denne rapporten, men resultatene basert på forholdet mellom omkrets og areal av innsjøen gir likevel indikasjoner på at innsjøens morfologi er av betydning. Andre studier av regulerte innsjøer har funnet sterk nedgang i ørretfangst per innsats som følge av regulering, sannsynligvis på grunn av redusert tilgang til gytehabitat (Aass m.fl. 2004, Sægrov og Kålås 2005). Samtidig kan reguleringen føre til at strandsonen eroderes slik at ørretens viktigste oppveksthabitat forringes. Dette vil ofte føre til redusert vekst og overlevelse (Hegge m.fl. 1993). Det har også blitt observert at redusert rekruttering på grunn av regulering kan endre en ørretbestands vekstforhold og føre til færre og store fisk i en bestand som tidligere var tett med små fisk (Sægrov og Kålås 2005). Slike endringer er sannsynligvis grunnen til at noen av de statistiske sammenlikningene i rapporten har litt forskjellig utfall avhengig av om antall fisk eller biomasse benyttes.

Sannsynligvis vil også informasjon om konsesjonsgitt reguleringshøyde være utilstrekkelig i de fleste tilfeller. Ofte reguleres ikke vannstanden helt til laveste eller høyeste tillatte nivå og videre sier ikke forskjellene mellom HRV og LRV noe om hvor ofte eller hvor lenge vannstanden endres. Den økologisk relevante informasjonen er trolig hvordan vannstanden har variert gjennom de siste årene (5-10 år) før prøvefisket ble utført. Behovet for mer detaljert informasjon om de faktiske endringene som har skjedd er også påpekt i finske undersøkelser (Hellsten m.fl. 1996). Det vil imidlertid være et omfattende arbeid å finne slik informasjon for det datasettet vi har analysert her siden mange av dataene er samlet inn langt tilbake i tid. For framtidige evalueringer og overvåking av fiskebestander i reguleringsmagasiner vil det være avgjørende å ha tilgang på mer informasjon om hvor mye og ikke minst hvor ofte vannstanden faktisk reguleres i magasinene, ikke bare rammene for hvor mye som er tillatt i henhold til konsesjonen. Dette vil sannsynligvis bli enda viktigere framover med økt bruk av effektkjøring og variable tidspunkter for når vann demmes og tappes.

5 Konklusjon

Denne rapporten viser at standard garnfangster av ørret ikke kan anvendes som en selvstendig parameter for klassifisering av innsjøer og reguleringsmagasiner i forhold til hydromorfologiske endringer. Miljøfaktorer som nærvær av andre fiskearter, innsjøens areal og klimatiske forhold (sommertemperatur og vinterlengde) er mest avgjørende for ørretbestandens tilstand. Vi var ikke i stand til å oppdage effekter av vannstandsregulering etter at det var justert for disse faktorene. Prøvefiske med garn bør likevel være en god metode når fisk skal brukes som kvalitetselement i klassifisering av innsjøers økologiske status eller potensial i forbindelse med vanndirektivet (Vannforskriften). Slikt prøvefiske må baseres på standard garnmetodikk og registrering av et standard sett med støtteparametre som påpekt i **Tabell 3**.

6 Referanser

Aass, P., Jensen, C.S., L'Abée-Lund, J.H. & Vøllestad, L.A. 2004. Long-term variation in the population structure of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, and brown trout, *Salmo trutta*. Fisheries Management and Ecology 11:125-124

Anonym 2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Veileder 01:2009. Direktoratsgruppa for gjennomføring av vanndirektivet.181 sider

Borgstrøm, R. & Aass, P. 2000. Miljøendringer. Vassdragsreguleringer. I Borgstrøm, R. & Hansen, L.P. (redaktører). Fisk i ferskvann. Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning, 2. utgave. Landbruksforlaget. 216-229

Brabrand, Å. 2007. Virkning av lav sommervannstand på fisk i reguleringsmagasiner. Rapport nr 249. Laboratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI), Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo. 54 sider

Hellsten, S., Marttunen, M., Palomäki, R., Riihimåaki, J. & Alasaarela, E., 1996. Towards an ecologically based regulation practice in Finnish hydroelectric lakes. Regulated Rivers: Research & Management. 12: 535-545

Hegge, O., Hesthagen, T. & Skurdal, J. 1993. Juvenile competitive bottleneck in the production of brown trout in hydroelectric reservoirs due to intraspecific habitat segregation. Regulated Rivers Research and Management 8 (1-2): 41-48

Hesthagen, T., Hegge, O., Skurdal, J. & Devro, B.K. 1995. Differences in habitat utilization native, native stocked and non-native stocked brown trout (*Salmo trutta*) in a hydroelectric reservoir. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 52: 2159-2167

Jensen, K. W. 1972. Drift av fiskevann. Fisk og fiskestell. 5: 1-61

Jensen K. W. 1973. Ørretgarnas seleksjon. Jakt, Fiske og Friluftsliv. 1973-1

Miljøverndepartementet (MD) 2006. Forskrift om rammer for vannforvaltningen. FOR 2006-12-15 nr 1446. http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20061215-1446.html

Museth, J., T. Hesthagen, O.T. Sandlund, E.B. Thorstad & O. Ugedal 2007. The history of the European minnow in Norway: from harmless species to pest. Journal of Fish Biology 71 (Supplement D): 184-195

Sandlund, O. T. 2009. Klassifisering av økologisk tilstand pga fysiske inngrep i elver og innsjøer – om hydromorfologiske endringer og Vanndirektivet. VANN. 1-2009: 3-12

Sandlund, O.T., J. Museth, T.F. Næsje, S. Rognerud, R. Saksgård, T. Hesthagen & R. Borgstrøm 2010. Habitat use and diet of sympatric Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) and whitefish (*Coregonus lavaretus*) in five lakes in southern Norway: not only interspecific population dominance? Hydrobiologia, DOI 10.1007/s10750-009-0075

St.prp. 75, 2007-2008. Om samtykke til godkjennelse av EØS-komiteens beslutning nr. 125 av 28. september 2007 om innlemmelse i EØS-avtalen av direktiv 2000/60/EF av 23. oktober 2000 om fastsettelse av rammer for Fellesskapets vannpolitikk (vanndirektivet). http://www.regjeringen.no/nb/dep/ud/dok/regpubl/stprp/2007-2008/stprp-nr-75-2007-2008-.html?id=519840

Sægrov, H. & Kålås, S. 2006. Fiskeundersøkingar i Gravvatnet, Førde, Oktober 2005. Rapport Rådgivende Biologer 871. 11 sider

Tveito, O. E., Førland, E. J., Heino, R., Hanssen-Bauer, I., Alexandersson, H., Dahlström, B., Drebs, A., Kerrn-Hansen, C., Jónsson, T., Vaarby-Laursen, E. & Westman, Y. 2000. Nordic temperature maps. DNMI Klima, Report 9/2000

Ugedal, O., Forseth, T. & Hesthagen, T. 2005. Garnfangst og størrelse på gytefisk som hjelpemiddel i karakterisering av aurebestander. NINA Rapport 73. 52 sider

Zuur, A.F., Ieno, E.N. & Smith, G. M. 2007. Analysing ecological data. Springer Science + Business Media LCC, New York. 672 sider

NINA Rapport 560

ISSN: 1504-3312
ISBN: 978-82-426-2136-8

Norsk institutt for naturforskning
NINA hovedkontor
Postadresse: 7485 Trondheim
Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 73 80 14 01
Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

www.nina.no

Grafisk utforming: NINA
Omslagsfoto: Per Jordhøy, Børre Dervo,
Knut Kringstad, Tycho Anker-Nilssen