

Tiltak for å hindre spredning av ørekyt og for å sikre ørretungenes oppvekstområder

Espen Holthe
Egil Lund
Bengt Finstad



LAGSPILL



ENTUSIASME



INTEGRITET



KVALITET

NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINA og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding

NIKU Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, års-rapporter fra overvåkingsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

NINA•NIKU Project Report

Serien presenterer resultater fra begge instituttene prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problemer eller tema, etc.

Opplaget varierer avhengig av behov og målgrupper

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "allmennheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA- og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Holthe, E., Lund, E. & Finstad, B. 2002. Tiltak for å hindre spredning av ørekyt og for å sikre ørretungenes oppvekstområder. – NINA Oppdragsmelding 735: 1-21.

Trondheim, juni 2002

ISSN 0802-4104

ISBN 82-426-1304-4

Forvaltningsområde: Naturovervåking

Management area: Environmental monitoring

Rettighetshaver ©:

NINA•NIKU

Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Torbjørn Forseth

Design og layout:

Synnøve Vanvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

Opplag: 150

Kontaktadresse:

NINA•NIKU

Tungasletta 2

N-7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefax: 73 80 14 01

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13320 Spredning av ørekyt

Ansvarlig signatur:

Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Referat

Holthe, E., Lund, E. & Finstad, B. 2002. Tiltak for å hindre spredning av ørekyt og for å sikre ørretungenes oppvekstområder. – NINA Oppdragsmelding 735: 1-21.

Dette prosjektet har undersøkt ørekytens fysiske og fysiologiske kapasitet når det gjelder tålegrense for strømhastighet, terskelhøyde samt en kombinasjon av de to faktorene. Undersøkelser av svømmehastighet ved ulike strømhastigheter har foregått ved hjelp av et svømme-respirometer, samt ved å benytte renneforsøk for å registrere svømmeevne og hoppehøyde hos ørekyt for å kunne konstruere en terskel som hindrer passering av ørekyt samtidig som ørreten skal kunne slippe forbi.

Ørekyten ble delt inn i tre størrelsesklasser der klasse 1 inneholdt fisk fra 50-64 mm, klasse 2 inneholdt fisk fra 65-79 mm og klasse 3 inneholdt fisk større enn 80 mm og oppover.

Det ble registrert stor forskjell i hoppekapasitet for ørekyte ved de to undersøkte temperaturintervallene (høy temperatur: 14.0-16.5 °C; lav temperatur: 4.9-7.2 °C). Ved høy temperatur ble maksimal hoppehøyde for ørekyt målt til 27 cm og det var en tendens til at de største fiskene hoppet lavest i forhold til egen kroppslengde.

Ved lav temperatur ble det ikke registrert hoppende ørekyt. Ved dette intervallet var laveste "potensielle" hoppehøyde 3 cm. Dette tyder på at fisken ved lave temperaturer er tilnærmet inaktiv. Ørekytas gytetid ligger trolig også innenfor tidsrommet til det høgste temperaturintervallet, noe som må betraktes som en viktig motivasjonsfaktor for å forsere hindre i elver og bekker.

Ved lav temperatur ble det kjørt hoppehøydeforsøk med ørret. For fisk over 15 cm ble den største hoppehøyden registrert til 40 cm, mens for fisk under 15 cm ble den største hoppehøyden registrert til 33 cm. Også her var det de lengste fiskene som hoppet lavest i forhold til egen kroppslengde.

Sammenligner man resultatene for ørret og ørekyte ved lav temperatur, ser man at ørret ved denne temperaturen har potensiale til å forsere betraktelig høyere hindre enn ørekyte. En faktor som man må ta i betraktning er ørretens gytetid i denne perioden, noe som helt klart er en motivasjonsfaktor på lik linje med ørekytas gytetid ved høy temperatur.

For ørekyte ved høy temperatur ble gjennomsnittlig svømmehastighet målt til $1,79 \pm 0,61$ kroppslengder/s (13,86 cm/s), og den største svømmehastigheten målt til 3,75 kroppslengder/s (33 cm/s). Dette viste seg å være betraktelig høyere enn ved lav temperatur, der den gjennomsnittlige svømmehastigheten ble målt til $0,97 \pm 0,53$ kroppslengder/s (7,16 cm/s), og den største svømmehastigheten for en fisk var 2,14 kroppslengder/s (13,5

cm/s). Dette viser at ørekytas svømmekapasitet er betraktelig redusert ved lavere vanntemperaturer.

I renneforsøket svømte ørekyta ved fikserte svømmehastigheter. 26 cm/s for klasse 1 (50-64 mm), 32 cm/s for klasse 2 (65-79 med mer) og 34 cm/s for klasse 3 (280 med mer). Dette tilsvarer betraktelig høyere svømmehastigheter enn for ørekyte som svømmer i svømmekammeret ved høy temperatur. Noe av årsaken til dette ligger nok i at ørekyta i en kunstig elv sannsynligvis benytter seg av turbulensen som vil bli dannet her i forhold til de mer laminære forholdene i svømmekammeret. Disse resultatene viser at tolererte svømmehastigheter funnet i svømmekammeret kan være forskjellige fra reelle svømmehastigheter i naturen. Dette indikerer at svømmehastighetsmålinger funnet i svømmekammer kan være underestimert i forhold til naturlige tilstander.

Fisken som svømte i kunstig elv hadde mindre økning av laktat (melkesyre) enn fisken i svømmekammeret. Økningen i kunstig elv var i gjennomsnitt 2,5 mmol/l laktat, mot økningen i svømmekammeret som var på 3,06 mmol/l. Økningene i laktatverdiene er direkte sammenlignbare i og med at nullprøvene for disse to forsøkene er de samme. Dette tyder på at ørekyta, i tillegg til at den opprettholdt høyere hastighet gjennom 15-25 min i kunstig elv, også sannsynligvis har mer å gå på i forhold til strømstyrke.

Ved beregning av terskelhøyde må det legges inn en sikkerhetsmargin som tar hensyn til at fisken kan hoppe høyere enn 27 cm. Ut fra resultatene i dette forsøket er sannsynligheten for at ørekyte skal klare å forsere høyder på over 30 cm tilnærmet lik null. Allikevel må man ta høyde for høyere hopp. Ved å ta utgangspunkt i at ørret over 15 cm hoppet 40 cm ved lav temperatur og at gytemoden fisk ofte er større enn 15 cm kan man multiplisere maks hoppehøyde til ørekyt med 1,5. I tillegg til den generelle sikkerhetsmarginen må det tas hensyn til fiskelengden i vassdraget. Vi kan ikke ut fra dataene gjøre noen klar og utvetydig anbefaling om hvor mye terskelhøyden må økes per cm økt fiskelengde. Ved å øke den observerte maksimale hoppehøyden med 3 cm for hver cm økning i fiskelengden mener vi imidlertid å være på den sikre siden.

Maksimal hoppehøyde for ørekyt med fiskelengde 9 cm er 27 cm x sikkerhetsmargin 1,5 = anbefalt minste terskelhøyde 40,5 cm. Hvis fiskelengden er 1 cm lengre blir regnestykket som følger: 27 cm hoppehøyde + 3 cm tillegg for 1 cm lengre fisk x sikkerhetsmargin 1,5 = anbefalt minste terskelhøyde 45 cm.

Fysiske forhold ved miljøet som bekkens kapasitet til å drenere vann ved en flomsituasjon og dybden på kulpen nedenfor fallet er også viktige faktorer. Det er viktig at ørret kommer over slike terskler. Ved å anta at også ørret har betraktelig større kapasitet når det gjelder hoppehøyde ved høyere temperaturer, kan en nok trygt legge

inn forholdsvis store sikkerhetsmarginer på terskelhøyden i forhold til ørekyte.

Emneord: Ørekyt – ørret – spredning - tiltak – svømme-
evne – fysiologi.

Bengt Finstad & Espen Holthe, Norsk institutt for
naturforskning, Tungasletta 2, 7485 Trondheim. Egil
Lund, Biosmart AS, Hauganveien 31, 7563 Malvik.

Abstract

Holthe, E., Lund, E. & Finstad, B. 2002. Strategies to prevent the spread of minnows and to secure growth areas for brown trout. – NINA Oppdragsmelding 735: 1-21.

In this project we have investigated the physical and physiological capacity in European minnows with regard to water currents, threshold heights and a combination of these factors. Investigations of swim speeds at different water currents have been performed with a Blazka swim speed chamber. In addition, raceways have been used to monitor swimming- and leaping capacity in minnows in order to get enough data to construct a threshold to prevent minnows but to allow brown trout to pass through.

The minnows in this experiments was partitioned into three size classes where size class 1 included fish from 50-64 mm, size class 2 contained fish from 65-79 mm and size class 3 contained fish from 80 mm and upwards.

Differences in leaping capacity for minnows at the two different temperature intervals investigated (high temperature 14.0-16.5 °C; low temperature 4.9-7.2 °C) were registered. At high temperatures, a maximal leaping height was measured to 27 cm.

At low temperatures there was not registered leaping minnows at all. At this interval the lowest potential leaping height was 3 cm. These results interpret that the minnows at low temperatures are approximately inactive. The minnows spawning time is probably between the time period of the highest temperature interval and this must be considered as a motivating factor for leaping behaviour.

At low temperatures leaping heights for brown trout were also measured. For fish over 15 cm, the highest leaping height was measured to 40 cm, while for fish shorter than 15 cm the highest leaping height was found to be 33 cm.

If we compare the results for trout and minnows at low temperature, we see that trout at this temperature have the potential to force considerably higher obstacles than minnows. One factor to consider is that the trout's spawning time lies in the time period of the lowest temperature interval. Thos is a high motivating factor for leaping, as for the minnows at high temperatures.

At high temperatures, the mean swimming speed for minnows was measured to $1,79 \pm 0,61$ body lengths/s (13,86 cm/s), and the largest swimming speed measured to 3,75 body lengths/s (33 cm/s). These results were considerably higher than the measured swimming speeds at low temperatures. At low temperatures the mean

swimming speed was measured to $0,97 \pm 0,53$ body lengths/s (7,16 cm/s), and the largest swimming speed measured to 2,14 body lengths/s (13,5 cm/s). These results show that the minnows swimming capacity is considerably impaired at lower water temperatures.

In the raceways the minnows swam at fixed swimming speeds. 26 cm/s for size class 1 (50-64 mm), 32 cm/s for size class 2 (65-80 mm) and 34 cm/s for size class 3 (80+ mm). This is considerably higher swimming speeds than in the swim speed chamber at high temperatures. An explanation for the tolerance of higher swimming speed, is probably that the minnows take use of the turbulence created in the raceways in contrast to the more uniform conditions in the swim speed chamber. These results show that the tolerated swimming speeds measured in the swim speed chamber may be somewhat underestimated in comparison to more natural conditions.

The fish who swam in the raceways showed less increase in plasma lactate than the fish who swam in the swim speed chamber. The mean increase for the fish who swam in the raceways was 2,5 mmol/l lactate compared to a mean increase of 3,06 mmol/l lactate for the fish that swam in the swim speed chamber. This indicates that the minnows in addition to maintain higher swimming speeds through 15-20 minutes in the raceways may endure even longer.

To estimate threshold heights to prevent naturally spreading of minnows a safety margin which takes consideration to the actual fish length in the river system must be calculated. In the present experiment, the highest observed leap was measured to 27 cm for minnows, and the probability for leaps over 30 cm were approximately equal to zero. Nevertheless it must be taken into account the risk for higher leaps. The results showed that trout larger than 15 cm leaped 40 cm at low temperature. By multiplying the maximal leaping heights of minnows with 1.5 we have calculated a safety margin based on the relation between maximal leaping heights of the two species. From the data in these experiments, we cannot give a distinct and unambiguous recommendation about how much the threshold height must increase for each centimetre longer fish in the river system. But by increasing the observed maximal leaping height by 3 cm for each centimetre increase in fish length, we believe this to be safe.

Maximal leaping heights for minnows at approximately 9 cm is 27 cm. By multiplying this with 1.5 we have a recommended minimal threshold height of 40.5 cm. If the fish length in the river system are 1 cm longer; 27 cm + 3 cm for 1 cm longer fish x safety margin (1.5), the recommended minimal threshold height is now 45 cm.

Conditions in the environment, such as the brooks capability to drain water at flooding, and the depth of the pool beneath the obstruction, are also important factors

considering building thresholds. It is important that trout can force such obstructions. By expecting that also trout have considerably larger capacity when it comes to leaping at high temperatures, one can probably embed relatively large safety margins on the threshold height in relations to minnows.

Key words: Minnows – brown trout – spread – management – swimming capacity – physiology.

Bengt Finstad & Espen Holthe, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, NO-7485 Trondheim.
Egil Lund, Biosmart AS, Hauganveien 31, NO-7563 Malvik, Norway.

Forord

Ørekyten har i de siste hundre år spredd seg langt utover sitt naturlige utbredelsesområde og fins nå i alle landets fylker. Etter introduksjonen av ørekyt har ørretbestanden gått kraftig tilbake i mange innsjøer. Det er ønskelig å kunne iverksette fysiske tiltak for å hindre oppstrøms spredning av ørekyt til bekker og innsjøer hvor den konkurrerer med blant annet ørret. I prosjektet har vi undersøkt ørekytens fysiske og fysiologiske kapasitet når det gjelder tålegrense for strømhastighet, terskelhøyde samt en kombinasjon av de to faktorene. Undersøkelser av svømmehastighet ved ulike strømhastigheter har foregått ved hjelp av et svømmerespirometer, samt ved å benytte seg av renneforsøk for å registrere svømmeevne og hoppehøyde hos ørekyt. Målsettingen er å kunne konstruere en terskel hindrer passering av ørekyt samtidig som ørreten skal kunne slippe forbi.

Det rettes en stor takk til de personene som har vært involvert i prosjektet. Heidi Hansen ved DN takkes for et godt samarbeid gjennom prosjektperioden, Rolf Sivertsgård takkes for uvurderlig hjelp med igangsetting og gjennomføring av dette prosjektet, Professor Robert Scott McKinley (University of British Columbia, Canada) takkes for lån av svømmerespirometret, Professor Ole Kristian Berg (Universitetet i Trondheim) takkes for kommentarer og hjelp under forsøket, John Pedersen takkes for uvurderlig hjelp til gjennomføring av tekniske oppsett og videoovervåkning, Sten Svartårs takkes for hjelp til transport og oppsett av anlegget, Røros jeger og fiskerforening takkes for godt samarbeid og for at vi fikk benytte deres fasiliteter under prosjektet. Direktoratet for naturforvaltning takkes for støtte til dette prosjektet.

Trondheim, juni 2002

Bengt Finstad
prosjektansvarlig

Innhold

Referat	3
Abstract	4
Forord	6
1 Innledning	7
1.1 Ørekyte og spredningsmekanismer	7
1.2 Interaksjoner mellom ørret og ørekyte	7
1.3 Hoppe- og svømmehastighetsundersøkelser	7
1.3.1 Undersøkelse av hoppehøyde	7
1.3.2 Undersøkelse av svømmehastighet	8
1.3.3 Fiskens muskulatur	8
1.3.4 Blodparametere	9
1.3.5 Glukose	9
1.3.6 Laktat	9
2 Metode	10
2.1 Hoppeforsøk	10
2.2 Svømmehastighetsmålinger	10
2.3 Vedvarende svømmehastigheter i kunstig elv12	
3 Resultat	13
3.1 Hoppehøyde	13
3.1.1 Ørekyte	13
3.1.2 Ørret	13
3.2 Svømmekapasitet i svømmekammer og kunstig elv	14
3.2.1 Svømmekapasitet ved høy temperatur i svømmekammer	14
3.2.2 Svømmekapasitet ved lav temperatur i svømmekammer	15
3.2.3 Svømmekapasitet i kunstig elv	16
4 Diskusjon	18
4.1 Undersøkelser av hoppehøyde	18
4.2 Undersøkelse av svømmehastighet i svømmekammer	18
4.2.1 Undersøkelse av svømmehastighet i kunstig elv	18
4.3 Beregning av terskelhøyde	19
5 Konklusjon	14
6 Litteratur	20

1 Innledning

1.1 Ørekyte og spredningsmekanismer

Ørekyte (*Phoxinus phoxinus*) er en stimfisk i karpefamilien. Den er en østlig innvandrer og kom til Norge på slutten av siste istid (Huitfeldt-Kaas 1918). Ørekyte finnes utbredt i Europa også i arktiske strøk, og den forekommer i deler av Asia. I indre deler av Østersjøen lever den også i brakkevann. Dens naturlige utbredelse i Norge begrenser seg til lavereliggende strøk på Østlandet samt enkelte steder i Troms og Finnmark. Opp gjennom forrige århundre har ørekyta spredt seg til nye lokaliteter (Saltveit & Brabrand 1991, Koksвик & Langeland 1975) og i dag finnes den i alle landets fylker (Hesthagen & Sandlund 1996). Dette innebærer at den er innført til 8 fylker hvor den tidligere ikke fantes: Telemark, Aust-Agder, Vest-Agder, Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal og Nordland. I fylker hvor den tidligere ikke fantes er den bortsett fra i Telemark, foreløpig registrert i få vassdrag (Skurdal et al. 1997). Den økte utbredelsen av ørekyte i Norge har sannsynligvis som årsak i en kombinasjon av menneskelig og naturlig spredning, den menneskelige spredningen er ofte den primære spredningsårsak. Den naturlige spredningen er sekundær i form av at ørekyte sprer seg til andre deler av områder i vassdrag som den har tilgjengelighet på, gjennom elver, bekker, kanaler og lignende. I følge Muus (1968) blir ørekyta sjelden over 10 cm lang, men fisk opp mot 15 cm er funnet, og en må ta høyde for at større individer finnes.

1.2 Interaksjoner mellom ørret og ørekyte

Ørret og ørekyte synes å ha lik preferanse for både bunnsubstrat (Hesthagen & Sandlund 1993) og næring (Garnås & Gunnerød 1982), noe som indikerer at det er interspesifikk konkurranse mellom ørret og ørekyt både om næring og standplasser i elver og bekker. Konkurranse om næring mellom ørret og ørekyt vil kunne vise seg i sammenfall i ernæring, ved forandringer i byttedyrsamfunnet og ved forandringer i ørretens kondisjon (Bruun & Hansen 1988). I flere innsjøer har introduksjon av ørekyte ført til en nedgang i ørretbestandene (Hesthagen & Sandlund 1996). Dette kommer bl.a. tydelig til syne i Øvre Heimdalsvann, der bestandene av marflo og skjoldkreps (*Lepidurus arcticus*), som er av ørretens viktigste næringsdyr, har gått kraftig tilbake etter introduksjon av ørekyt (Lien 1981). En slik reduksjon i skjoldkrepsbestanden etter innføring av ørekyt har også blitt registrert i andre vann (Borgstrøm et al. 1985). Bestanden av *Daphnia longispina* har også hatt en kraftig tilbakegang, noe ørekyt kan være en indirekte årsak til (Bruun & Hansen 1988). Ørekyten tar i hovedsak meget små skjoldkreps (ca 1 mm) slik at rekrutteringen av denne arten etter all sannsynlighet blir

dårligere. Denne tilbakegangen har funnet sted etter 1969, da ørekyt for første gang ble registrert i dette vannet (Lien 1982). I den samme perioden har rekruttering og kondisjon hos ørret avtatt (Borgstrøm et al. 1995).

Hvis en ressurs blir bedre utnyttet av et individ/art, og dermed ikke er tilgjengelig i samme grad for et annet individ/art, blir situasjonen ofte kalt utnyttelseskonkurranse (exploitativ competition). En slik konkurransesituasjon er som oftest asymmetrisk, det vil si at den ene partens tap av fitness er større enn den andres (Wotton 1998). En slik konkurransesituasjon er sannsynligvis gjeldende mellom ørret og ørekyte, der det er ørreten som lider størst tap. Bekker med rennende vann er gode oppvekstområder for ørret. Mellom bekker og vann dannes det en dynamisk likevekt mellom antall ørret i bekken og antall ørret i vannet (Borgstrøm 1992). En slik likevekt vil gi utslag når høy tetthet av voksen ørret i bekken fører til at det lønner seg for ørret yngelen å forlate bekken tidligere pga. intraspesifikk konkurranse. Hvis ørekyt i stort antall, som f. eks. under gytevandringen på våren, kommer opp i bekken er det rimelig å tro at ørekyt vil fortrenge ørret yngelen på samme måte som voksen ørret. Dette bygger på at det er likhet i næringspreferanse (Garnås & Gunnerød 1982), og habitatvalg (Hesthagen & Sandlund 1993) mellom de to artene. Dette vil ødelegge for ørret yngelen, pga. at den nå sannsynligvis velger å forlate sitt opprinnelige oppvekstområde og søke til plasser der den ikke vil være like trygg som i bekken. Ørret yngel som velger å bli igjen i bekken vil sannsynligvis ikke klare å konkurrere med ørekyta om mat og standplasser.

1.3 Hoppe- og svømmehastighetsundersøkelser

Fiskens svømme og hoppekapasitet er blant annet relatert til temperatur. Ved en lav temperatur vil fisken ikke kunne prestere det samme som den kan ved høyere temperaturer. I følge Ojanguren & Brana (2000) har små ørret maksimal utholdenhet i forhold til svømming ved 16,1 °C. Ved å anta at ørekyte har en tilnærmet lik kurve for aktivitet relatert til temperatur, må vi anta at begge artene har dårligst yteevne ved det laveste av de to temperaturintervallene som forsøkene ble utført under.

1.3.1 Undersøkelse av hoppehøyde

For å kunne bedre ørretens oppvekstvilkår må man prøve å hindre at ørekyte forringer ørret yngelens oppvekstområder. En måte å gjøre dette på er å lage fysiske hindre for å stanse oppvandringen av ørekyte. En forutsetning for å lage slike hindre er at ørret må kunne forsere hinderet, mens ørekyte må ekskluderes. Et slik hinder må lages etter samme prinsipp som en fiskesperre. Hoppehøyde for ørekyt og ørret må være kjent. For å kunne

dimensjonere slike sperrer vil det være naturlig å starte eksperimenter som kartlegger ørekytens fysiske muligheter når det gjelder maksimumsgrense for hoppehøyde. Ved å gjennomføre forsøk med hoppehøyde på både ørret og ørekyte ved to ulike temperaturintervall, vil det være mulig å konstruere en terskel med en slik høyde at bare ørret kan forsere den. En må anta at hoppehøyde vil være avhengig av kroppslengden til fisken og at en liten fisk vil hoppe høyere en lengre fisk i forhold til egen kroppslengde.

Terskelutforming og kulpens utforming har betydning for fiskens hoppekapasitet (Stuart 1962). Ved lave vannhastigheter vil vannet følge terskelveggen. Fisken vil passere terskelen ved å svømme opp i vannstrømmen langs terskelveggen. Ved økt strømhastighet vil vannet forlate terskelveggen slik at den ikke kan benyttes ved forseringen av terskelen. Fiskens mulighet til videre passering vil da være å hoppe. Et fiskehopp er avhengig av de hydrauliske forholdene i kulpen. En foss som renner ned i en kulp vil danne en stående bølge på nedsiden der vannet treffer kulpen. Avstanden fra den stående bølgen til terskelen vil innvirke på fiskens evne til å passere hinderet. Desto grunnere kulpen er jo lengre unna kommer bølgen. Denne økningen i avstanden til terskelen vil vanskeliggjøre passasjen til fisken. En dypere kulp vil skape en stående bølge med oppadgående vannstrøm slik at fisken svømmer medstrøms i det den satser for å forsere hinderet. Fisken er avhengig av å komme langt nok opp i vannstrømmens oppadstigende bue. Hvis fisken treffer for langt ned vil den bli skylt ned i kulpen igjen. I dette forsøket har vi lagd en dyp kulp for å få en stående bølge som gir gode forhold for hopping. Ved hjelp av et overheng har vi ikke gitt fisken mulighet til å svømme langs terskelveggen.

Ovenfor en slik sperre vil det være mulig å redusere bestanden av ørekyt, slik at ørretyngelen her får et refugie på sitt oppvekstområde. En indirekte effekt av slike hindre er at en også vil kunne utelukke ørekyte fra sine antatt beste gyteplasser i elver og bekker. Slike sperrer vil også kunne benyttes til å redusere den naturlige spredningen av ørekyten. Tidligere virkemidler for å hindre spredning har blant annet vært å bygge jordvoller mellom vassdrag, der det ved ugunstige forhold, som f.eks. ved flom, har vært fare for spredning (Hardangervidda i 1997). Det har også blitt bygd oppgangssperrer som hindrer vandring av ørekyte, men disse er sannsynligvis ikke kalibrert etter hoppehøydeforsøk, så her er det også en fare for at man utelukker ørreten.

1.3.2 Undersøkelse av svømmehastighet

For å finne et mål på svømmehastighet til ørekyte kan det benyttes et svømmekammer hvor hver fisk blir eksponert for gradvis høyere strømhastigheter til den viser tegn på at den ikke klarer å forsere sterkere strøm. Slike målinger vil kunne være med på å belyse ørekytas kapasitet i for-

hold til andre arter og samtidig forklare eventuelle forskjeller i arbeidskapasitet i forhold til temperatur.

Svømmeaktivitet hos fisk deles vanligvis inn i tre typer etter hvor lenge svømmeaktiviteten kan opprettholdes: vedvarende (sustained) svømming, forlenget (prolonged) svømming og spurt (burst) svømming.

Vedvarende svømming defineres vanligvis som enhver svømmeaktivitet som kan opprettholdes i minimum 20 minutter. Fiskens metabolisme under slik aktivitet er aerob (med bruk av oksygen), slik at den kan svømme over lengere perioder uten å bli utslitt. Den høyeste hastigheten som fisken kan svømme med uten å bli utslitt kalles maksimal varig svømmehastighet (U_{ms}).

Spurt svømming er høy-hastighets svømming over meget korte perioder. Fiskens metabolisme er anaerob (uten bruk av oksygen) og aktiviteten opprettholdes derfor i svært kort tid, opp til ca 20 sekunder hos mange fiskearter. Den høyeste hastigheten en fisk kan oppnå kalles maksimal spurthastighet (U_{mb}).

Svømmehastigheter mellom maksimum vedvarende svømmehastighet og spurt hastighet kalles forlenget svømming. Ettersom hastigheten øker utover grensen for vedvarende svømming øker den anerobe metabolismen og tiden det tar før fisken blir utslitt avtar. I litteraturen benyttes begrepet maksimal forlenget svømmehastighet (U_{mp}) for å karakterisere maksimalhastigheten for slik svømming. Et annet begrep som brukes for å karakterisere fiskens yteevne ved forlenget svømming er kritisk svømmehastighet (U_{crit}). Denne størrelsen defineres som den svømmehastigheten hvor en fisk blir utslitt når den utsettes for en trinnvis økning i svømmehastighet, og måles vanligvis ved at vannhastigheten økes gradvis i et svømmekammer (Beamish 1978).

1.3.3 Fiskens muskulatur

Muskulaturen som fisken benytter under svømming er den laterale muskulaturen som ligger på hver side av ryggstølen. Svømmebevegelsene blir gjennomført ved kontraksjon av disse musklene. Muskulaturen er delt inn i to grupper - rød og hvit muskulatur. Rød og hvit muskulatur inneholder ulike myosin enzym, som er forskjellige i måten de forbruker ATP på. Den røde muskelen er sammensatt av langsomt sammentrekkende muskelfibere som inneholder en type myosin som har lav ATPase aktivitet, og som får energi fra aerobisk metabolisme. Den røde muskulaturen har høy blodgjennomstrømning, og høy tetthet av mitokondrier. Det er denne muskulaturen fisken benytter under jevn vedvarende svømming (Bone 1978). Den hvite muskulaturen utgjør hoveddelen av fiskens svømmemuskulatur (Greer-Walker & Pull 1975). Hvite muskelfibere er raskt sammentrekkbare, inneholder en type myosin som har høy ATPase aktivitet, og får hovedsakelig energi fra anaerobisk metabolisme hvor

muskelen forbruker sine glykogenlagre (Driedzic & Hochachka 1978). Den hvite muskulaturen blir hovedsakelig benyttet under høye svømmehastigheter over forholdsvis korte perioder.

Stress hos fisk

Det er nå generelt akseptert at det er en tydelig sammenheng mellom store forandringer i omgivelsene til fisken og forstyrrelser i fiskens fysiologi inkludert osmoregulering, metabolisme, respirasjon og sykdomsmotstand (Barton & Iwama 1991). Skadelige forandringer i omgivelsene (stressorer) inkluderer dårlig vannkvalitet, raske temperaturforandringer, forstyrrelser som fysisk håndtering, transport og sammentrenging av fisk.

Når en fisk utsettes for en stressor vil fisken gjennomgå en del ikke spesifikke endringer for å takle den nye situasjon. Disse endringene kan deles inn i tre ulike faser:

- 1 Primærfase. En alarmreaksjon, der katekolaminer og kortikosteroider («stresshormoner») frigjøres.
- 2 Sekundærfase: En motstands tilstand som medfører tilpasning til stressoren. Frigjøring av glukose og laktat.
- 3 Tertiærfase: En utmattelse/død hvis tilpasningen uteblir fordi stressoren er for voldsom eller langvarig.

En organismes stressrespons er en integrert respons som omfatter alle nivåer. Mange primære og sekundære responser til stress er adaptive fysiologiske responser som opprettholder den indre fysiologiske/biokjemiske likevekten og som øker individets overlevelsessevne. For en frittlevende fisk er det mulig å svømme bort fra en eventuell stressor, mens i intensivt oppdrett må fisken leve under konstant kronisk stress. Langvarig kronisk stress kan være uheldig og redusere fiskens evne til vekst, reproduksjon og overlevelse (Barton & Iwama 1991).

1.3.4 Blodparametere

Laktat (melkesyre) og glukose er to målbare parametere i fiskens blod og kan indikere stressresponser. Begge disse parametrene ble målt på eksponert og ueksponert fisk under svømmehastighetsmålingene.

1.3.5 Glukose

Glukose (blodsukker) lagres i muskulaturen som glykogen og det er dette glykogenet som under prosessen glykogenolysen omdannes til energi (ATP) under aktivitet som for eksempel ved svømming. Ved stress øker organismens behov for energi, og glukose blir frigitt for å transporteres med blodet til områder i kroppen som trenger ekstra energi. Plasmaglukose er sannsynligvis den mest vanlige sekundærparameteren som inntreffer etter en stressrespons. Glukosenivået øker (hyperglycemia) under eller etter en stressrespons for å gi energi til fisken. Økte glukosenivåer igangsettes eller opprettholdes ved hjelp av plasmakortisol og adrenalinens virkning på henholdsvis

muskel og lever. Normalverdier hos fisk ligger mellom 3-5 mmol/l. Ved å sammenlikne prøver av fisken før og etter eksponering i svømmekammeret kan en se om fisken har vært utsatt for stress under forsøket (Wedemeyer et al. 1990, Iwama et al. 1997)

1.3.6 Laktat

Laktat (melkesyre) dannes i muskulaturen når glukogen omdannes til ATP under anaerobiske forhold (glykolyse). Økt laktatinnhold i blodet som følge av svømming (hyperlacticemia) kan også forårsake metabolsk acidose (forsuring av blodet) og virke inn på oksygentransport til fiskens celler. Laktat er et avfallstoff som hopper opp i muskulaturen og som transporteres ut av muskelen til blodbanen. Ved å sammenlikne prøver av laktatinnholdet i blodet til ueksponert fisk og fisk som er eksponert i svømmekammeret kan vi se om fisken under svømmehastighetsmålingene har hatt en opphopning av melkesyre i kroppen. En signifikant økning av melkesyreinnholdet i blodprøvene etter eksponering i svømmekammeret vil tilsi at fisken har vært utsatt for strømhastigheter som ligger tett opp mot det den kan tåle (se Iwama et al. 1987).

1.4 Formål med undersøkelsene

Målet for denne undersøkelsen har vært:

- 1) Å måle svømmekapasitet hos ørekyte med sikte på å evaluere to ulike konsept for slike målinger, samt å samle inn og tolke fysiologiske blodverdier ved ulike temperaturer, tidsbelastninger og svømmehastigheter. Disse dataene vil kunne fortelle oss noe om ørekytas fysiologiske muligheter og begrensninger i forhold til andre arter der det fins sammenlignbare data
- 2) Å undersøke hoppekapasitet til ørekyte og ørret ved hjelp av vandringshinder (hoppehøyde/renneforsøk). Dette gjøres for å framskaffe et verktøy for å få redusert naturlig spredningen av ørekyt samt å kunne forskyve konkurransen mellom ørret og ørekyt ved å stenge ut ørekyta fra bekkene.
- 3) Dette skal kunne gjøre oss i stand til å komme med forvaltningsmessige tiltak som skal redusere eller hindre spredning av ørekyt samtidig som dette ikke skal gå ut over ørretens oppvekstområder.

2 Metode

Innfangingen av all ørekyte til prosjektet ble gjort ved hjelp av 7 Gols ruser. Fisken som ble benyttet til svømme- hastighetsmålingene og utholdenhetsforsøkene ble over- ført til en "bås" i elva før den ble benyttet i forsøkene. Fisken som ble benyttet til hoppeforsøkene ble direkte overført til tre 1000 liters plastkar, der de oppholdt seg hele forsøksperioden. Fisken som ble benyttet var delt inn i 3 størrelsesklasser der klasse 1 inneholdt fisk fra 50-64 mm, klasse 2 inneholdt fisk fra 65-79 mm og klasse 3 inneholdt fisk fra 80 mm og oppover (**tabell 1**).

2.1 Hoppeforsøk

For å kunne gjennomføre hoppeforsøkene ble det bygd et stillas. På toppen av stillaset ble det montert tre klek- kerrenner som var identisk med klekkerenner som brukes i settefiskeanlegg. Klekkerennene var 420 cm lange, 40 cm brede, og 20 cm dype (**figur 1**). Vann ble ledet inn øverst i rennene ved hjelp av 2 x 75 mm vannledningsrør som hver var 420 cm lange. Fallet på rørene fra vannreservoar- et og ned til rennene var på 150 cm. Dette ga en vann- føring på 12,5 dm³/s i hver av rennene. De tre rennene var innsnevret til 25 cm i den nederste enden slik at det her ble dannet et fossefall med "høyde" på vannet. Fallet fra hver av rennene endte i hvert sitt 1000 liters plastkar som var 90 cm dype. Lengde og bredde på karene var 110 x 100 cm. Rundt karet var det festet en 50 cm høy stålnetting slik at fisken ikke kunne rømme fra karene.

Stillaset ble bygd på en slik måte at rennene kunne heves og senkes uavhengig av hverandre. Forsøkene ble kjørt med 3-paralleller for hver hoppehøyde. Hver høyde ble kjørt i to netter, altså 6 paralleller totalt for hver hoppe- høyde. Hele forsøket ble gjennomført i to serier, ett med start i juli og ett med start i slutten av september slik at vi fikk undersøkelser ved to temperaturintervaller (høy temperatur: 14.0-16.5 °C; lav temperatur: 4.9-7.2 °C). Ved lav temperatur ble tettheten av ørekyte, mot de laveste hoppehøydene, økt fra ca. 40 fisk i hvert kar til omtrent 180 fisk i hvert kar. Dette for å forsøke å indusere hopping på grunn av tetthetsavhengige årsaker. Ved lav temperatur ble det kun benyttet to renner, så her ble det 4-paralleller for hver hoppehøyde. Ved dette temperaturintervallet ble det også kjørt gyteklar ørret (> 15cm) og små ørret(< 15 cm) (**tabell 1**).

I plastkarene var fordelingen av fisk som følger; i kar 1 var det til enhver tid 32 fisk, i kar 2 var det til enhver tid 36 fisk og i kar 3 var det til enhver tid 42 fisk. Denne fordelingen var tilfeldig. Ut i fra testforsøk før hoppe- forsøkene ble satt i gang, ble starthøyden for forsøkene satt til 15 cm. 10 fisk i hvert kar ble skiftet ut før hvert høydeintervall. Dette for å få noe utskifting blant fisken som sto i karene. Utskiftingen av fisken skjedde på en slik

måte at det ble tilført flere av den største klassen etter hvert som hoppehøydene økte.

I hvert kar ble det hver morgen tilført ca 18 g. fiskefôr av typen, Skretting natura 0,6 mm. Forsøkene ble igangsatt ca. klokken 21⁰⁰ hver kveld og avsluttet ca. klokken 09⁰⁰ hver morgen. Dette for å unngå forstyrrelser, samt at ørekyta har en såkalt "free running" døgnrytme, som ikke viser noe klart tidspunkt på døgnet der fisken har en aktivitetstopp (Muller 1972). Fisken som hadde hoppet opp i rennene ved endt forsøk ble veid og lengdemålt. Disse fiskene ble satt tilbake i karene på grunn av at disse forhåpentligvis var motivert til å hoppe. Vannhastigheten (Schiltknecht Mini Air 2 strømmålings instrument) og temperatur i rennene ble hver morgen målt ved overflate, senter og bunn av strømmen 10 cm over fallet, midt i renna og øverst i renna (**figur 2**).

Temperaturen i vannet ble også målt hver morgen. I hver renne var det installert to standplasser for fisken. To klosser på 10 x 5 x 5 cm var skrudd fast til bunnen av renna ca 1,5 m fra hverandre med den nederste ca 1 m over fallet. Over disse standplassene var det lagt et lokk fordi fisken skulle få en kombinasjon av skjul og stand- plasser i renna. Rennene ble til justert til vater for å få lav strømhastighet. Dette fordi flest mulig av ørekyta som hoppet opp i rennene forhåpentligvis ikke skulle slippe seg ned igjen noe som ville ha vanskeliggjort tellingen av antall fisk som hadde hoppet opp. I hver renne var det festet et undervanns videokamera 40 cm over fallet. Dette ble gjort for å kunne telle totalt antall fisk som hadde hoppet opp i hver renne, samt for å om mulig å kunne si noe om fiskens aktivitet gjennom natten. Høydeøkningen mellom hver hoppehøyde var 3 cm.

2.2 Svømmehastighetsmålinger

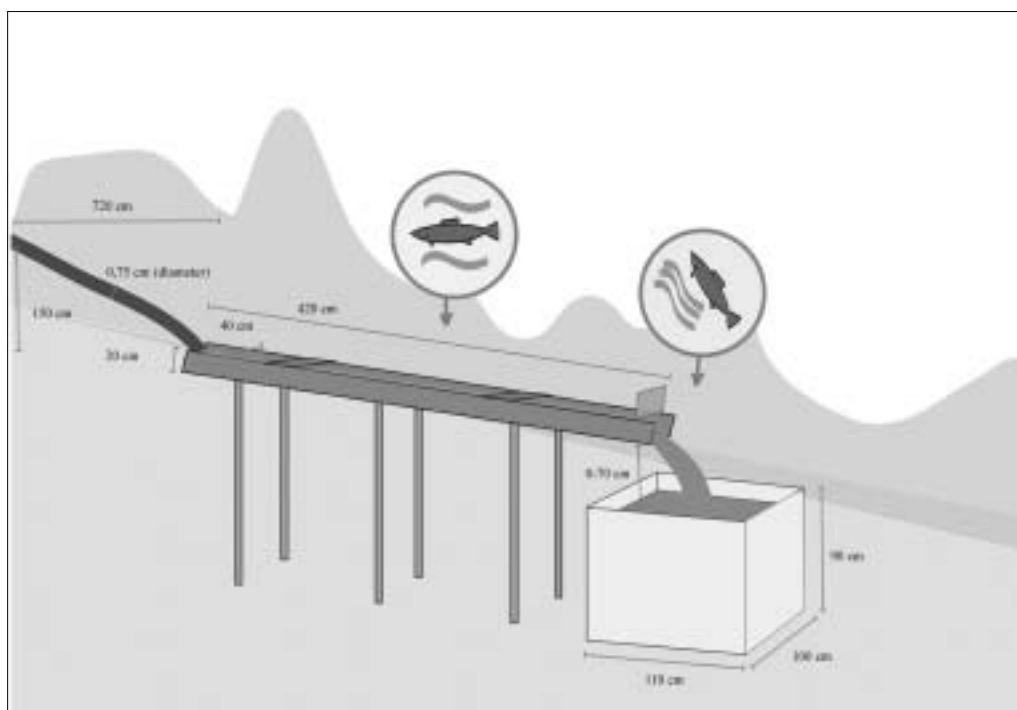
For å finne den maksimale svømmehastigheten til ørekyte ble det benyttet et Blazka 2" svømmerespirometer på 4 liter (**figur 3**). Vanngjennomstrømmingen i kammeret var på 6,6 l/min, slik at alt vannet ble skiftet ut ca. 1,5 ganger for hvert minutt. Dette kammeret fungerer ved at det ligger to pleksiglass rør utenpå hverandre. I det innerste røret blir vannet trukket tilbake ved hjelp av en propell. Vannstrømmen bakover i det innerste røret gjør at vannet i svømmekammeret suges fremover i det ytterste røret. Ved at det ytterste røret i forkant er kuppellformet blir vannet ført tilbake til det innerste røret med særdeles lite turbulens (**figur 3**). Vannet som ble benyttet i forsøket ble tatt fra den samme kilden som vannet i hoppeforsøket og var koblet til svømmekammeret ved hjelp av plastslanger. Slike kammere er blant annet tidligere blitt benyttet til utholdenhetsforsøk hos laks (*Salmo salar*) (Thorstad et al. 1997).

Fisken som ble benyttet i forsøket ble etter fangst overført til båser som sto i montert i elv. Fisken sto så 12 timer i disse båsene for den ble satt i svømmekammeret. Dette

Tabell 1. Oversikt over temperaturintervallene som fisken ble utsatt for ved de ulike forsøkene.

Størrelsesklasse Ørekyte/Ørret	Svømmekammer/kunstig elv		Hoppeforsøk	
	Høy temperatur	Lav temperatur	Høy temperatur	Lav temperatur
1 (50-64 mm)				
2 (65-79 mm)	13,7-16,6 °C/ 11,7-14,2 °C	6,4-8,9 °C/ 5,8-6,2 °C	14,0-16,5 °C	4,9-7,2 °C
3 (80 mm)				
Ørret > 15 cm			5,9-6,3 °C	
Ørret < 15 cm				

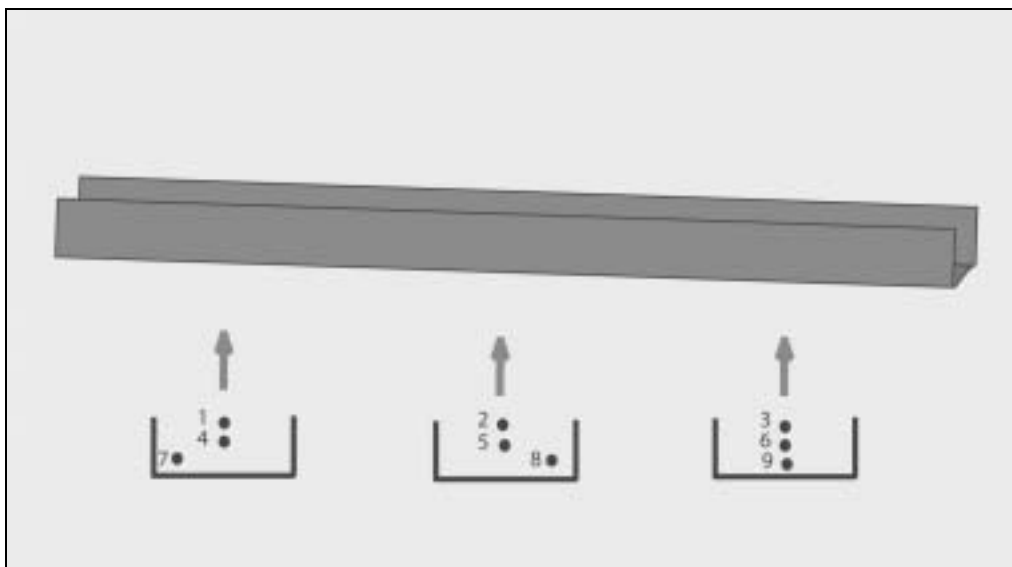
Figur 1. Skjematisk oversikt over oppsett for måling av hoppehøyde.



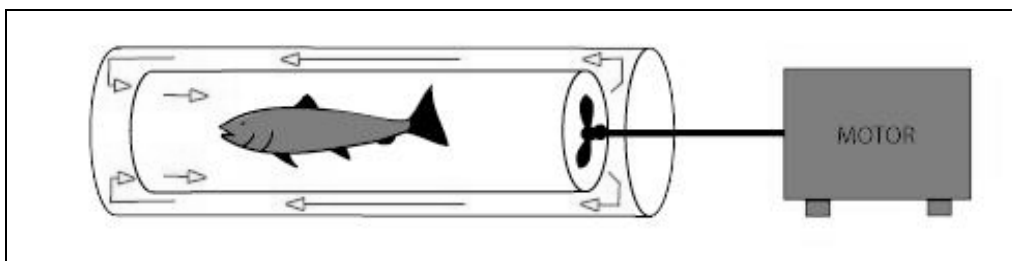
for akklimerer fisken etter påkjenningen ved fangst. Vanntemperaturen i båsen var tilnærmet lik forsøks-temperaturen. Det har blitt gjennomført eksperiment på karpe (*Cyprinus carpio*), som viser at mellom 4-24 timer er tilstrekkelig for at glukosenivået på fanget fisk igjen er normalisert (Pottinger 1998).

Fisken som skulle testes ble så plassert i det innerste røret i svømmekammeret og sto der i to timer for videre akklimering før forsøket ble satt i gang. Vanntemperaturen i svømmekammeret ble målt for hver fisk i løpet av denne akklimeringsperioden. Forsøket ble startet ved at strømmen i svømmekammeret ble satt i gang. Strøm-

hastigheten ble økt med ca. 3,5 cm/s for hvert 5 min, helt til fisken ikke klarte større svømmehastigheter og la seg bak på et gitter som er montert foran propellen som driver vannet. Denne svømmehastigheten kalles kritisk hastighet 1. Når fisken ikke klarte å svømme lenger ble strømmen stanset og fisken fikk hvile i 5 min. Deretter ble strømhastigheten økt direkte til kritisk hastighet 1. Hvis fisken nå ga seg var kritisk hastighet 2 oppnådd. Hvis ikke ble strømhastigheten igjen økt like mye for hvert 5 min, til fisken igjen ga seg. Snittet av disse hastighetene ble nå kalt U_{crit} . Fisken ble så tatt ut av svømmekammeret og slått bevisstløs. Vekt og lengde ble målt. Blodprøver av fisken ble tatt ved halekutting. Blodprøvene som ble tatt ble be-



Figur 2. Renne benyttet i utholdenhetsforsøk. Strømmålingspunkter er angitt. Se også figur 1 for nærmere forklaring.



Figur 3. Illustrasjon av svømmekammeret benyttet under forsøket (etter Thorstad et. al 1997).

nyttet til å finne laktat- og glukoseinnholdet i fiskens blod. Blodprøvene ble analysert på stedet. Glukoseinnholdet i blodet ble målt ved hjelp av en MediSense Precision Plus glukose måler. Laktatinnholdet i blodet ble målt ved hjelp av en KDK Lactate Pro laktat måler. Fra hver størrelsesklasse ble 15 fisk benyttet i dette forsøket (**tabell 1**). Det ble før forsøket startet tatt blodprøver av 3 fisk fra hver klasse ved fangst, og 3 fisk fra hver klasse etter 12 timer i bås. Dette for å ha kontrollprøver av laktat- og glukosenivået på fisk som står like lenge i bås som forsøksfiskene, og for fisk som er utsatt for stress ved fangst. Forsøket ble gjort ved to ulike temperaturintervall. Dette for å kartlegge om det er forskjell i ørekytas svømmekapasitet ved ulike temperaturer.

2.3 Vedvarende svømmehastighet i kunstig elv

Oppsettet for forsøket var det samme som ved hoppeforsøkene, men her ble bare en renne benyttet. Standplassene og innsnevringen nederst i renna var også fjernet slik at vannstrømmen ble raskere. Poenget med et slikt forsøk var å teste ut om ørekyta kunne stå i sterkere strømmehastigheter i ei kunstig elv enn i de statiske forholdene i et svømmekammer. 5 fisk fra hver størrelses-

klasse ble overført til renna til 15 fisk fra hver klasse var kjørt (**tabell 1**). Fiskene hadde også her stått 12 timer på bås for akklimatisering før de ble benyttet i forsøket. Renna var på forhånd justert til vater, og vannstrøm påsatt slik at fisken øyeblikkelig ble utsatt for vannstrøm. Den gjennomsnittlige vannstrømmen i renna var omtrent dobbelt så høy som gjennomsnittet for hver classes svømmehastighet i svømmekammeret. Strømmehastighetene i renna ble målt som ett snitt gjennom 6 sekunder for hvert strømmålingspunkt. Strømmen ble målt på ni ulike punkter i renna (**figur 2**).

Hver klasse av fisk svømte i renna over et tidsrom som tilsvarte gjennomsnittstiden for svømmekammeret. Fisk fra klasse 1 (50-64 mm) stod 15 min i renna, fisk fra klasse 2 (65-79 mm) stod 20 min i renna og fisk fra klasse 3 (> 80 med mer) stod 25 min i renna. Ved hver replikats slutt ble fisken tatt ut av renna. Vekt, lengde, glukose og laktat ble målt ved hjelp av samme metode og samme utstyr som under svømmehastighetsmålingene. Dette forsøket ble gjennomført ved både høy- og lav temperatur. Men ved lav temperatur, ble det registrert at ingen av fiskene klarte å holde seg i strømmen mer enn 5 sek. Ved lav temperatur, ble strømmehastigheten kun registrert ved 3 punkt (3, 6 og 9).

Etter at de ordinære forsøksoppsettet var avsluttet registrerte vi atferden på video. Ut i fra videobildene ser vi at fisken ikke var i stand til å takle selv meget lave strømhastigheter. For å tvinge fisken til å oppholde seg i renna stengte vi den bak med et gitter med maskevidde 4 millimeter. Vi varierte strømhastigheten fra meget lav til 0.

3 Resultat

3.1 Hoppehøyde

3.1.1 Ørekyte

Alle p-verdier er funnet ved hjelp av enveis ANOVA i SPSS 11.0.

Det ble ikke funnet noen forskjell i antall fisk som hadde hoppet opp i de tre ulike rennene i forsøksoppsettet ($p = 0,409$). Det ble funnet signifikante forskjeller i hoppehøyde mellom de ulike klassene ($p_{\text{ensidig}} = 0,028$), der fisk fra de største klassene hoppet høyest.

For ørekyte ble det ved høy temperatur (14,0-16,5 °C) registrert hoppehøyder opp til 27 cm (**tabell 2**). På denne høyden ble det registrert en fisk (93 mm) fra den største klassen. Det ble ved dette temperaturintervallet kjørt 6 ulike høydeintervall. Høydeintervallene gikk fra 15 cm og opp til 30 cm med 6 paralleller for hvert intervall. Det var som forventet fisk fra den minste klassen som hoppet høyest i forhold til egen kroppslengde ($p_{\text{ensidig}} = 0,026$) (**figur 4**).

Ved lav temperatur (4,9-7,2 °C) ble det kjørt 5 ulike hoppehøyder uten at det ble registrert hoppende fisk. Høydeintervallene gikk fra 15 cm og ned til 3 cm, med 4 paralleller for hvert intervall. Ved å plote hoppende fisk som 1, og ikke hopp som 0, kan dataene benyttes i en logistisk regresjon som viser sannsynligheten for hopp ved ulike høyder. Konstantene som er funnet fra resultatene av den logistiske regresjonen settes inn i likningen:

$$Y = 1 / (1 + e^{-\alpha - \beta x})$$

der α og β er konstanter. Verdiene plottes inn i grafen i **figur 5**. Denne grafen viser at det er under 50 % sjanse for at ørekyta skal klare å forsere høyder over 25 cm. Ved 35 cm er det tilnærmet bare 0 % sjanse for at en kan registrere hoppende fisk. Det er viktig å påpeke at i disse beregningene er det lagt til grunn at fisken hopper rett til værs og ikke parallellt med fallet.

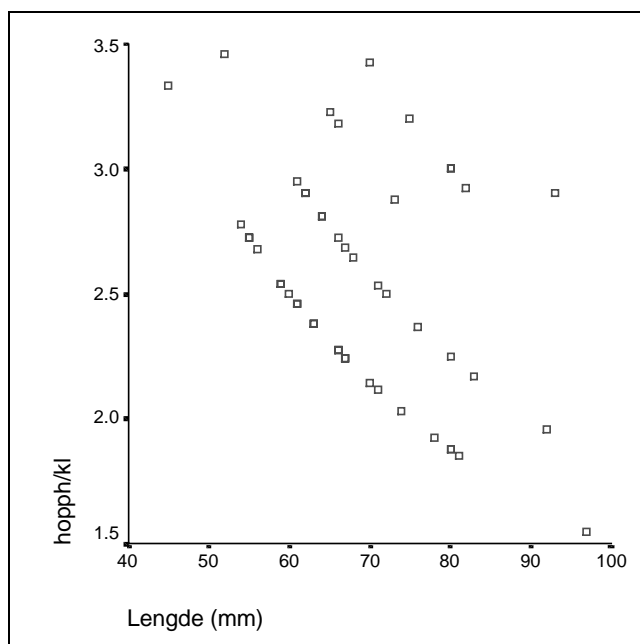
Terskelhøydene fra 25 cm og ned til 1 cm, og fra 30 cm opp til 35 cm, er tatt med selv om det ikke ble utført målinger i disse områdene. Dette for å likevel kunne anta noe om sannsynligheten for hoppende fisk innen disse høydene.

3.1.2 Ørret

For ørret ble det kun kjørt hoppeforsøk ved lav temperatur. Det ble kjørt hoppeforsøk for små ørret (< 15 cm), og større ørret (> 15 cm). For ørret over 15 cm ble den største hoppehøyden registrert til 40 cm. Lengden på fisken er ikke målt, da observasjonen kun er gjort ved hjelp av videoobservasjon. Det ble registrert 3 fisker på

Tabell 2. Oversikt over ulike størrelsesklasser av ørekyte og ørret, de forskjellige temperaturintervallene benyttet i forsøkene, samt maksimal hoppehøyde (cm) og svømmekapasitet i svømmekammer og kunstig elv (kroppslengder/s) ved de ulike temperaturintervallene.

Størrelsesklasse Ørekyte/Ørret	Svømmekammer/kunstig elv		Hoppeforsøk		Maksimal hoppehøyde	Maksimal Svømmekapasitet
	Høy temperatur	Lav temperatur	Høy temperatur	Lav temperatur		
1 (50-64 mm)					Høy temp 27 cm	Høy temp 3,8 kl/s
2 (65-79 mm)	13,7-16,6 °C/ 11,7-14,2 °C	6,4-8,9 °C/ 5,8-6,2 °C	14,0-16,5 °C	4,9-7,2 °C	Lav temp. 0 cm	Lav temp. 2,1 kl/s
3 r (80 mm)						Kunstig elv 4,97 kl/s
Ørret > 15 cm					40 cm	
Ørret < 15 cm			5,9-6,3	3,8 kl s ⁻¹	33 cm	



Figur 4. Sammenheng mellom lengde (mm) på ørekyte og hoppehøyde pr kroppslengde (hopp/kl).

denne høyden. Høydeintervallene gikk fra 30 cm og opp til 50 cm, med 4 paralleller for hvert intervall. For ørret under 15 cm ble den største hoppehøyden registrert til 33 cm. Dette var en fisk på 150 mm. Høydeintervallene gikk fra 27 cm og opp til 33 cm, med fire paralleller for hvert intervall.

3.2 Svømmekapasitet i svømmekammer og kunstig elv

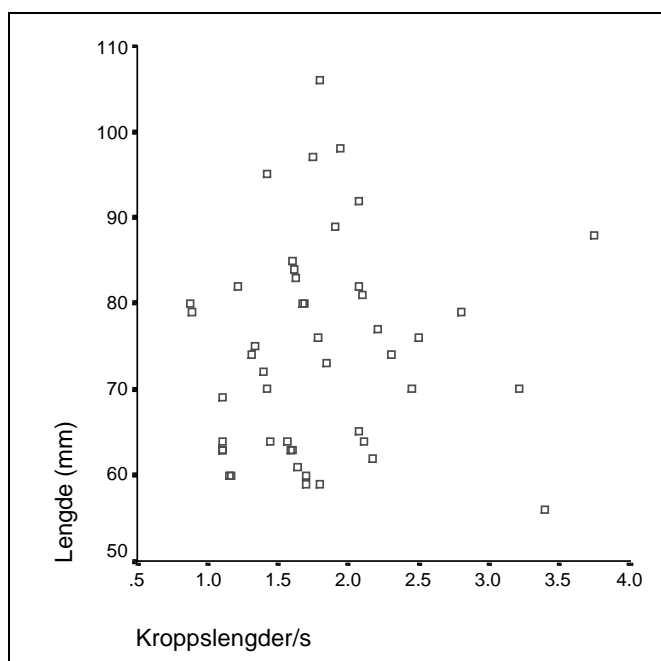
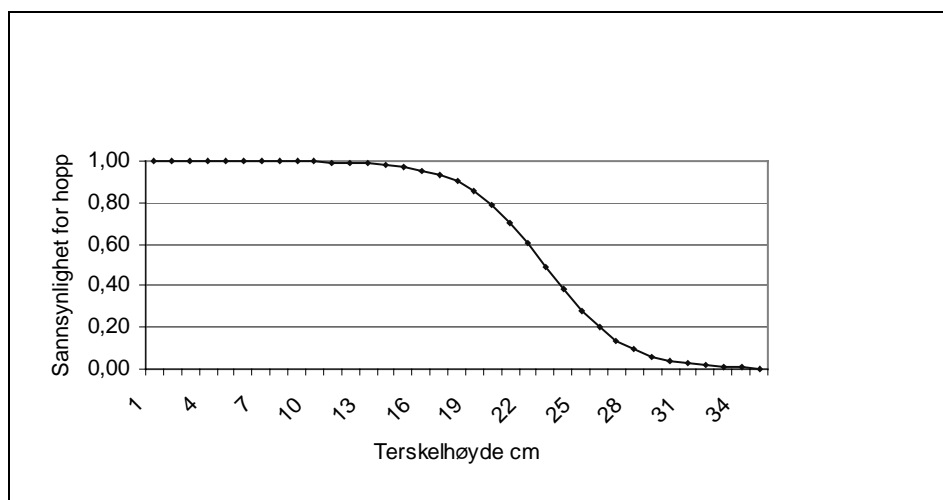
For målingene av svømmekapasitet i svømmekammeret ble det kjørt to temperaturintervall, mens det ved målingene i kunstig elv ble gjennomført fullt forsøksoppsett kun ved høyeste temperatur. Ved laveste temperatur i kunstig elv var ikke fisken i stand til å svømme. Alle p-verdier mellom uekspontert og eksponert fisk er funnet ved hjelp av Independent-Samples T-test, øvrige p-verdier er funnet ved hjelp av enveis ANOVA i SPSS 11.0.

3.2.1 Svømmekapasitet ved høy temperatur i svømmekammer

Forsøk ved høy temperatur (13,7-16,6°C) ble kjørt i juli 2001. Det var ingen forskjell i svømmekapasitet i kroppslengder/s mellom de tre ulike størrelsesklassene ($p_{\text{ensidig}} = 0,245$). Ved høy temperatur svømte ørekyta i snitt $1,8 \pm 0,61$ kroppslengder/s. Noe som tilsvarer 13,9 cm/s. Den største svømmehastigheten som ble målt (U_{crit}) var på 3,8 kroppslengder/s, lik 33 cm/s (**tabell 2**). Dette var en fisk på 88 mm (**figur 6**).

Nullprøvene ved fangst, og 12 timer etter fangst viste seg å ikke være signifikant forskjellige. For laktat ($p = 0,215$), for glukose ($p = 0,673$). Disse prøvene ble derfor slått sammen for å få en større styrke i videre testing. Økningen av laktat i fiskens blod mellom uekspontert og eksponert fisk var signifikant ($p_{\text{ensidig}} = 0,001$). Hos uekspontert fisk var snittverdien av laktat i fiskens blod $7,06 \pm 1,85$

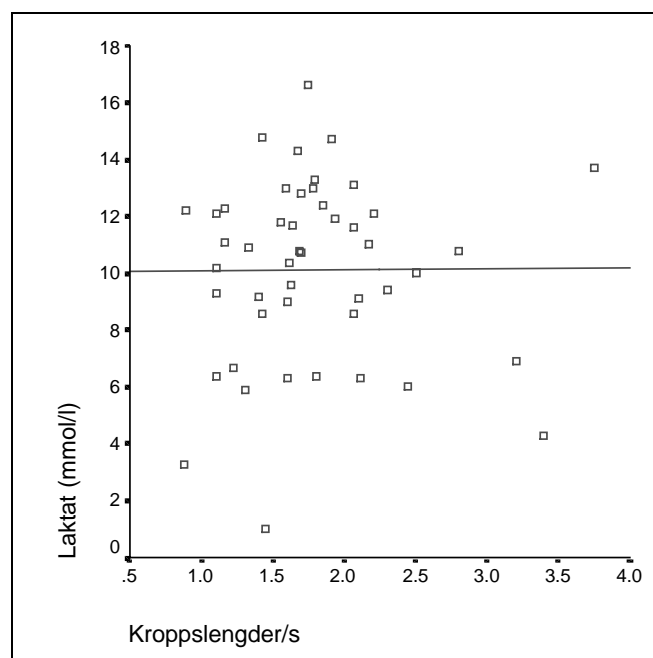
Figur 5. Sannsynlighet for at ørekyte skal klare å forsere ulike terskelhøyder (høy temperatur).



Figur 6. Sammenheng mellom ørekytas lengde og svømmehastighet i kroppslengde pr. sekund.

mmol/l. Mens hos eksponert fisk var snittverdien $10,12 \pm 3,23$ mmol/l, tilsvarende en økning på 3,06 mmol/l. Fiskene som tolererte de raskeste strømhastighetene viste ingen tegn til større opphopning av laktat i blodet enn de som tolererte lavere strømhastigheter ($p_{\text{ensidig}} = 0,107$) (**figur 7**).

Økningen av glukose i fiskens blod mellom ueksponert og eksponert fisk var ikke signifikant ($p = 0,068$). For glukose var snittverdiene på ueksponert fisk $3,96 \pm 1,50$ mmol/l, mens for eksponert fisk var snitt verdiene i blodet $4,87 \pm 2,64$ mmol/l.



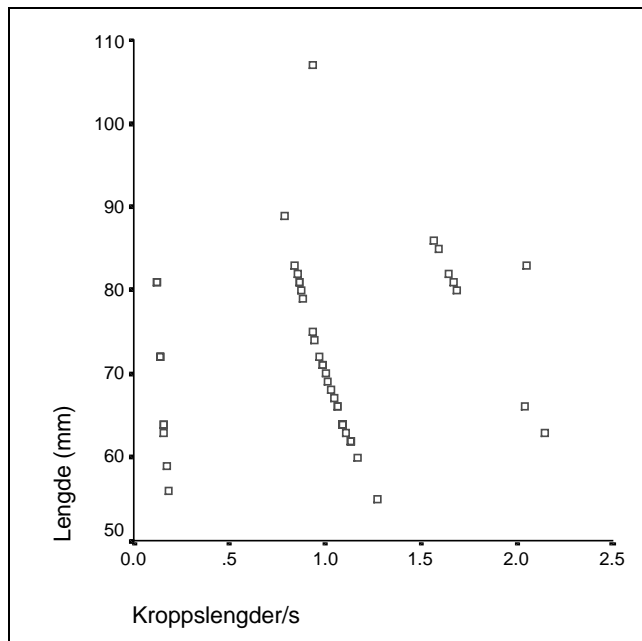
Figur 7. Sammenheng mellom laktat i blodet hos eksponert fisk og svømmehastighet i kroppslengde pr. sekund.

3.2.2 Svømmekapasitet ved lav temperatur i svømmekammer

Fisk ved lav temperatur (6,4-8,9 °C) ble kjørt i månedskiftet september/oktober 2001.

Det var heller ikke her noen forskjell i svømmekapasitet i kroppslengder/s mellom de tre ulike størrelsesklassene ($p_{\text{ensidig}} = 0,258$). Ved denne temperaturen svømte ørekyta i snitt $1,0 \pm 0,53$ kroppslengder/s, noe som tilsvarer 7,16 cm/s. Den største svømmehastigheten som ble målt (U_{crit}) var på 2,1 kroppslengder/s, noe som er 13,5 cm/s for denne fisken (**tabell 2**). Dette var en fisk på 63 mm tilhørende den minste klassen (**figur 8**).

Nullprøvene ved fangst og 12 timer etter fangst var heller ikke her signifikant forskjellige, for laktat ($p = 0,912$) og for glukose ($p = 0,673$). Prøvene ble derfor også her slått sammen. Økningen av laktat i fiskens blod mellom uekspontert og eksponert fisk var signifikant ($p_{\text{ensidig}} = 0,001$). Hos uekspontert fisk var snittverdien av laktat i blodet $4,64 \pm 2,03$ mmol/l. Mens hos eksponert fisk var snittverdien $9,12 \pm 2,35$ mmol/l, noe som tilsvarte en økning på $4,48$ mmol/l. Fisk som tolererte de største svømmehastighetene hadde signifikant større konsentrasjon av laktat i blodet enn fisk som tolererte lavere svømmehastigheter ($p_{\text{ensidig}} = 0,012$) (**figur 9**).

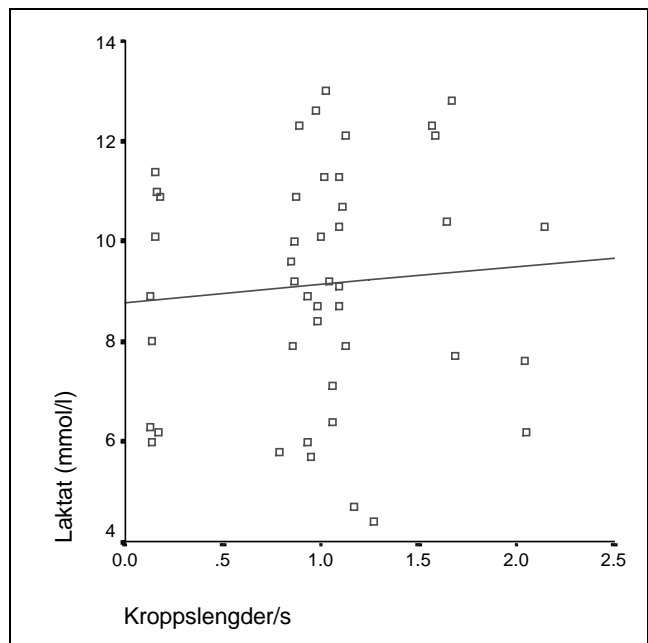


Figur 8. Sammenheng mellom ørekytas lengde og svømmehastighet i kroppslengde pr. sekund.

Økningen i glukose i fiskens blod mellom uekspontert og eksponert fisk var ikke signifikant ($p = 0,181$). For glukose var snittverdiene på uekspontert fisk $5,34 \pm 2,37$ mmol/l, mens for eksponert fisk var snittverdiene i blodet på $6,33 \pm 3,10$ mmol/l.

3.2.3 Svømmekapasitet i kunstig elv.

Svømmemålingene ble gjennomført i juli 2001 og vann-temperaturene varierte mellom $11,7^{\circ}\text{C}$ til $14,2^{\circ}\text{C}$. Kun tre (pkt. 3, 6 og 9) av de ni strømmålingspunktene i renna ble benyttet (**figur 2**), dette fordi fisken utnyttet områdene i renna med lavest strøm (se metodedel). Det ble funnet et snitt mellom disse tre punktene og det er dette snittet som er benyttet i disse beregningene. De tre ulike klassene ble kjørt ved tre ulike strømhastigheter. Klasse 1 ble kjørt ved $0,26$ m/s, klasse 2 ved $0,32$ m/s og klasse 3 ved $0,34$ m/s. I den "kunstige elva" svømte ørekyta (kroppslengder/s) i snitt for klasse 1; $4,40 \pm 0,24$ kroppslengder/s.



Figur 9. Sammenheng mellom laktat i blodet hos eksponert fisk og svømmehastighet i kroppslengde pr. sekund.

lengder/s. For klasse 2; $4,52 \pm 0,24$ kroppslengder/s. For klasse 3; $3,81 \pm 0,35$ kroppslengder/s. Den største svømmehastigheten som ble målt (U_{crit}) var på $4,97$ kroppslengder/s (26 cm/s). Dette var en fisk på 53 mm, tilhørende den minste størrelsesklassen (**figur 10**).

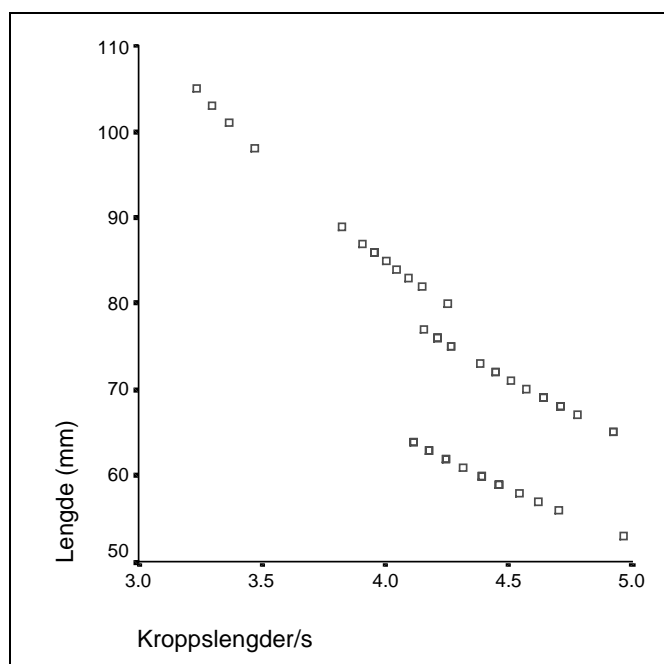
Nullprøvene ved fangst og 12 timer etter fangst viste seg å ikke være signifikant forskjellige, og for laktat ($p = 0,215$) og for glukose ($p = 0,673$). Disse prøvene ble derfor slått sammen (**figur 11**).

Økningen i laktatkonsentrasjonen i fiskens blod mellom uekspontert og eksponert fisk var signifikant ($p_{\text{ensidig}} = 0,001$). Hos uekspontert fisk var snittverdien av laktat i blodet $6,99 \pm 3,17$ mmol/l, mens hos eksponert fisk var snittverdien $9,49 \pm 1,86$ mmol/l. Dette tilsier en økning på $2,5$ mmol/l. De fiskene som svømte raskest i forhold til kroppslengden hadde ikke større opphopning av laktat enn fiskene med lavere svømmehastigheter og tendensen var negativ ($p_{\text{ensidig}} = 0,070$).

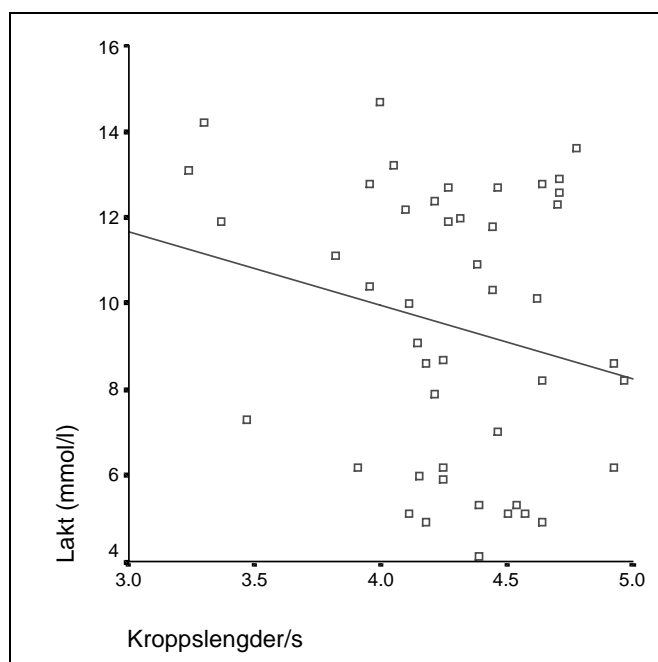
Økningen av glukose i blodet hos fisken var heller ikke her signifikant ($p = 0,345$). Snittverdiene for uekspontert fisk var $3,96 \pm 1,50$ mmol/l, mens snittverdiene for eksponert fisk var $4,40 \pm 2,07$ mmol/l. Dette forsøket ble også forsøkt gjennomført ved lav temperatur, men fisken ville da ikke svømme i renna. Det ble ikke tatt prøver av laktat og glukose etter eksponering i renna. Det ble heller ikke tatt vekt og lengde på denne fisken siden fisken forsvant ut av renna. Siden vi kun hadde tre strømmålingspunkter ved dette temperaturintervallet har vi ikke gode nok data for svømmehastighetene her. Den laveste strømhastigheten (pkt. 9) ble målt til $0,26$ m/s, mens snittet mellom punkt 3, 6 og 9, var $0,34$ m/s. Ved å også her benytte de laveste

målingene, ser vi at klasse 1 ble utsatt for strømhastigheter på omtrent 4,52 kroppslengder/s, klasse 2; 3,58 kroppslengder/s og for klasse 3; 3,05 kroppslengder/s. Disse svømmehastighetene er beregnet ut fra snittstørrelsene på de benyttede størrelsesklassene.

Etter at det ordinære forsøksoppsettet var avsluttet registrerte vi imidlertid denne atferden på video. Ut i fra videobildene ser vi at fisken ikke er i stand til å takle selv meget lave strømhastigheter. Den la seg bakpå utløpsrista og var ikke i stand til å forlate rista før vi fjernet gjennomstrømningen i renna. Umiddelbart etter gjennomstrømningen var slått av svømte fisken rundt i renna. Temperaturen under dette eksperimentet var 5.8 °C.



Figur 10. Sammenheng mellom ørekytas lengde og svømmehastighet i kroppslengde pr sekund i kunstig elv.



Figur 11. Sammenheng mellom laktat i blodet hos eksponert fisk og svømmehastighet i kroppslengde pr sekund i kunstig elv.

4 Diskusjon

4.1 Undersøkelser av hoppehøyde

Det ble registrert stor forskjell i hoppekapasitet for ørekyte ved de to temperaturintervallene. Ved høyeste temperatur ble maksimal hoppehøyde for ørekyt målt til 27 cm (**tabell 2**). Dette var en fisk fra størrelsesklasse 3 (> 80 mm). Totalt ble det registrert 49 hoppere. Ut fra **figur 4** ser man at det er en trend mot at de største fiskene hoppet lavest i forhold til egen kroppslengde.

Ved laveste temperatur ble det ikke registrert hoppende ørekyt. Ved dette intervallet var laveste "potensielle" hoppehøyde 3 cm. Tettheten av øre-kyte i karene var også økt med en faktor på ca. 4,5 på høyeste temperatur for å forsøke å indusere hopping. Dette tyder på at fisken ved lave temperaturer er tilnærmet inaktiv. Dette indikerer også at ved lav temperatur under vårflommen er ikke ørekyten i stand til å forsere terskler av en viss størrelse. En må også nevne at ørekytas gytetid, nok ligger innenfor tidsrommet til den høyeste temperaturen, noe som må betraktes som en habil motivasjonsfaktor for å forsere obstruksjoner i elver og bekker.

Det ble ved den laveste temperaturen også kjørt hoppehøyde forsøk for ørret. Det ble gjennomført to separate hoppeundersøkelser for fisk over, og under 15 cm. For fisk over 15 cm ble den største hoppehøyden registrert til 40 cm, mens for fisk under 15 cm ble den største hoppehøyden registrert til 33 cm. Man ser også her at det er de lengste fiskene som hopper lavest i forhold til egen kroppslengde.

Sammenligner man resultatene mellom ørret og ørekyte ved den laveste temperaturen, ser man at ørret ved denne temperaturen har potensiale til å forsere betraktelig høyere obstruksjoner enn ørekyte. En faktor som man må ta i betraktning er ørretens gytetid i denne perioden, noe som helt klart er en motivasjonsfaktor på lik linje med ørekytas gytetid ved den høyeste temperaturen.

4.2 Undersøkelse av svømmehastighet i svømmekammer

Svømmekapasiteten til fisk er regulert av fiskens mulighet til å omdanne kjemisk energi ved metabolisme til drivende kraft gjennom sammentrekninger av svømmemuskulaturen (Beamish 1978). Ved svømmehastigheter der aerobiske prosesser utgjør mesteparten av dannelsen av ATP, kan innvirkningen av temperatur på svømmekapasiteten best forstås i sammenheng med opptaket av oksygen. Av oksygenet fisken tar opp går en del til å opprettholde standardmetabolismen, mens resten går til å opprettholde andre aktiviteter som svømming. Mengden oksygen som fisken kan ta opp er relatert til miljøfaktorer som f.eks.

temperatur. Ved høye temperaturer har fisken en høyere metabolsk rate enn ved lavere temperaturer. Ved påtvunget aktivitet, som i et svømmekammer, vil en del av metabolismen begynne å jobbe anaerobisk. Dette fører til at fisken opparbeider oksyngjeld i forhold til metabolismen. Effekten av temperatur på den tolererte oksyngjelden hos små sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) ble doblet ved en temperaturøkning fra 5 °C til 15 °C. Dette tilsier at fisk som blir utsatt for aktivitet ved en lavere temperatur raskere kommer i oksyngjeld og dermed raskere får opphopning av melkesyre i muskulaturen og vil således raskere bli utslitt (Brett 1970).

For ørekyte ved den høyeste temperaturen ble gjennomsnittlig svømmehastighet målt til $1,79 \pm 0,61$ kroppslengder/s (13,86 cm/s), og den største svømmehastigheten målt til 3,8 kroppslengder/s (33 cm/s). Dette viste seg å være betraktelig høyere enn ved den laveste temperaturen der den gjennomsnittlige svømmehastigheten ble målt til $0,97 \pm 0,53$ kroppslengder/s (7,16 cm/s) og den største svømmehastigheten for en fisk var 2,1 kroppslengder/s (13,5 cm/s). Dette viser at ørekytas svømmekapasitet er betraktelig redusert ved lavere vann-temperaturer. Noe som stemmer overens med Brett (1970).

Ser man på svømmekapasitet i svømmekammer hos andre arter finner man at laks mellom 15 og 20 cm ved temperaturer fra 1-14 °C, kan opprettholde svømmehastigheter mellom 70-100 cm/s i 20 min. Dette tilsvarer 3-4 kroppslengder/s. Denne undersøkelsen ble gjennomført av Byrne et al.(1972) med > 100 laks.

Små bekkerøye (10,9 cm) (*Salvelinus fontinalis*) opprettholdt svømmehastigheter som tilsvarte 55,9 cm/s i 15 min ved 15 °C (Brett 1970). Dette tilsvarer 5,1 kroppslengder/s. Ved å sammenlikne disse resultatene med våre resultater for ørekyte ser man at enkelte arter det går å sammenlikne seg med tolererer atskillig høyere strømhastigheter i cm/s. Dette gjelder også ved lavere temperaturer.

4.2.1 Undersøkelse av svømmehastighet i kunstig elv

I dette forsøket svømte ørekyta ved fikserte svømmehastigheter. 26 cm/s for klasse 1, 32 cm/s for klasse 2 og 34 cm/s for klasse 3. Dette tilsvarer betraktelig høyere svømmehastigheter enn for ørekyte som svømmer i svømmekammeret ved den høyeste temperaturen. Noe av årsaken til dette er sannsynligvis at ørekyta i en kunstig elv sannsynligvis benytter seg av turbulensen som vil bli dannet her i forhold til de statiske forholdene i svømmekammeret. I og med at strømmålingene er ett snitt av strømmen i hvert punkt over 6 sekunder lukes en del av effekten ved turbulens vekk. Disse resultatene indikerer at tolererte svømmehastigheter funnet i svømmekammeret kan variere fra reelle svømmehastigheter i naturen. Dette

viser at svømmehastighetsmålinger funnet i et svømmekammer kan være underestimert i forhold til naturlige tilstander.

For å trekke en mer robust konklusjon må forsøkene kjøres på helt like temperaturer eller man må ha oversikt over ørekytas metabolske kapasitet ved de ulike temperaturene. Ingen av disse to forutsetningene er tilstrekkelig oppfylt her.

En kan se at fisken som svømte i kunstig elv fikk mindre økning av laktat (melkesyre) enn fisken i svømmekammeret. Økningen i kunstig elv var i gjennomsnitt 2,5 mmol/l laktat, mot økningen i svømmekammeret som var på 3,06 mmol/l. Økningene i laktatverdiene er direkte sammenlignbare i og med at nullprøvene for disse to forsøkene er de samme. Dette tyder på at ørekyta i tillegg til at den opprettholdt høyere hastigheten gjennom 15-25 min i kunstig elv, også sannsynligvis har mer å gå på i forhold til strømstyrke.

Vi ser også her at svømmekapasiteten ved lav temperatur var betraktelig redusert i forhold til svømmekapasiteten ved høy temperatur. I og med at ørekyta ved dette intervallet ikke i det hele tatt viste tegn på å klare strømhastigheten må man regne med at ørekyte sannsynligvis søker inn på stille vann i kalde perioder og dermed ikke er noen stor konkurrent for ørretunger i elver og bekker ved lave temperaturer.

Ved å kombinere data fra svømmehastighetsmålingene og hoppeforsøkene kan en dimensjonere terskler i elver og bekker slik at disse sperrer for ørekyte. Hvis vi ser bort fra luftmotstanden kan utgangshastigheten, V , målt i m/s beregnes for en fisk som hopper h meter høyt. Hvis en antar at fisken følger en parabel under hoppet kan fisken utgangshastighet beregnes ut fra følgende ligning:

$$V = \sqrt{(2gh)\sin\alpha}$$

der α er vinkelen og g er tyngdens akselerasjon (Thorstad et al. 2001). Hvis utgangsvinkelen er 65° og ørekyte i disse forsøkene hoppet 27 cm blir utgangshastigheten til ørekyte 2.53 m/s. Denne hastigheten er betraktelig høyere enn det som ble observert for ørekyte i svømmehastighetsmålingene og skyldes nok i hovedsak at fisken benytter seg av spurtsvømming men også at fisken benytter den stående bølgen i kulpen. Ved å skråne elvebunnen under en terskel vil den stående bølgen forsvinne. Dette kan sannsynligvis føre til at ørekyte ikke klarer å oppnå slike utgangshastigheter og dermed ikke hoppe like høyt. Ved blant annet å skråne elvebunnen kan man påvirke strømhastigheten under en terskel slik at den kommer tett opp mot, eller over det maksimale for hva ørekyte sannsynligvis kan prestere (> 34 cm/s). En må likevel ta i betraktning at tubulens og andre bunnforhold kan gjøre at ørekyta kommer fram til en slik terskel. Ved da å dimensjonere riktig fallhøyde på terskelen kan man med stor sannsynlighet hindre den naturlige spredningen av arten.

En må også ta i betraktning faren for oppstuvning av vann under en slik terskel ved høy vannføring. Ved høy vannføring vil vannet i kulpen under en slik terskel heves, og hvis det er mye friksjon under terskelen (mye stein, smalt løp og lignende), kan det være fare for at vannet heves helt opp til terskelen. Dette kan unngås ved å jevne ut elve/bekkebunnen under en slik terskel, samt å utvide løpet nedenfor terskelen. Dette fører til at det dreneres unna mer vann under terskelen og oppstuvning kan unngås.

4.3 Beregning av terskelhøyde

Ved beregning av terskelhøyde må det legges inn en sikkerhetsmargin som tar hensyn til at fisken kan hoppe høyere en 27 cm. Ut i fra **figur 5**, ser vi at sannsynligheten for at ørekyte skal klare å forsere høyder på over 30 cm er tilnærmet lik null, men en må likevel ta høyde for høyere hopp. Ved å ta utgangspunkt i at ørret over 15 cm hoppet 40 cm ved lav temperatur og at gytemoden fisk ofte er større en 15 cm kan man multiplisere maksimal hoppehøyde til ørekyt med 1,5. I tillegg til den generelle sikkerhetsmarginen må det tas hensyn til fiskelengden i vassdraget. Vi kan ikke ut i fra dataene gjøre noen klar og utvetydig anbefaling om hvor stor terskelhøyde som skal øke per cm økt fiskelengde. Ved å øke den observerte maksimale hoppehøyden med 3 cm for hver cm økning i fiskelengden mener vi å være på den sikre siden.

Maksimal hoppehøyde for ørekyt med fiskelengde 9 cm er 27 cm x sikkerhetsmargin 1,5 = anbefalt minste terskelhøyde 40,5 cm. Hvis fiskelengden er 1 cm lengre blir regnestykket som følger: 27 cm hoppehøyde + 3 cm tillegg for 1 cm lengre fisk x sikkerhetsmargin 1,5 = anbefalt minste terskelhøyde 45 cm.

Fysiske forhold ved miljøet som bekkens kapasitet til å drenere unna vann ved en flomsituasjon og dybden på kulpen nedenfor fallet er også viktige faktorer. Viktigheten av at ørret kommer over slike terskler bør også være avgjørende for dimensjoneringen av fallet. Ved å anta at også ørret har betraktelig større kapasitet når det gjelder hoppehøyde også ved høyere temperaturer kan en nok trygt legge inn forholdsvis store sikkerhetsmarginer på terskelhøyden i forhold til ørekyte.

5 Konklusjon

I denne undersøkelsen er det vist at ørekytas yteevne med hensyn til å passere stryk og terskler er sterkt redusert når temperaturen er under 6 °C.

Ved hjelp av atferdsundersøkelser og fysiologiske undersøkelser er det sannsynliggjort at det lar seg gjøre å bygge en selektiv fiskesperre der ørekyte stoppes mens ørret kan passere.

Undersøkelsen av svømmekapasitet hos ørekyte viste at svømmehastigheter funnet i svømmekammeret kan være underestimert i forhold til svømmehastigheter i renneforsøkene.

6 Litteratur

- Barton, B.A. & Iwama, G.K. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on response and effects of corticosteroids. - Annual Review of Fish Diseases 1: 3-26.
- Beamish, F.W.H. 1978. Swimming capacity. In Fish Physiology 7. Locomotion. - p. 101-187 in Hoar, W.S. & Randall, D.J., eds. Academic Press, New York.
- Bone, Q. 1978. Locomotor muscle. In Fish Physiology 7. Locomotion. - p. 101-187 in Hoar, W.S. & Randall, D.J., eds. Academic Press, New York.
- Borgstrøm, R. 1992. Relationship between annual recruitment and density in a lacustrine population of allopatric brown trout, *Salmo trutta*. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 49: 99-105.
- Borgstrøm, R., Garnås, E. & Saltveit, S. J. 1985. Interactions between brown trout, *Salmo trutta*, and minnow, *Phoxinus phoxinus*, for their common prey, *Lepidurus arcticus*. - Verh. Internat.Verein. Limnol. 22: 2548-2552.
- Borgstrøm, R., Brittain, J.E., Hasle, K. & Skjølås, S. 1995. Reduserer ørekyt rekrutteringen til aurebestander, Direktoratet for naturforvaltning. - Spredning av ferskvannsorganismer: 139-145.
- Brett, J.R. 1970. Temperature, 3.32 Fishes. In Marine Ecology Part 1. 1. Environmental factors. - p. 515-560 in Kinne, O., ed. Wiley, New York.
- Bruun, P. & Hansen, H. 1988. Konkurransen mellom ørekyt og ørret i Øvre Heimdalsvatn. Tillegg til 2 hovedfagsoppgaver i biologi. Universitetet i Oslo.
- Byrne, J.M., Beamish, F.W.H. & Saunders, R.L. 1972. Influence of salinity, temperature and exercise plasma osmolality and ionic concentration in Atlantic salmon (*Salmo salar*). - Journal of Fisheries Research Board of Canada. 29: 1217-1220.
- Dredzic, W.R. & Hoachachka, P.W. 1978. Metabolism in fish during exercise. In Fish Physiology. 7. Locomotion. - p 503-543 in Hoar, W.S. & Randall, D.J., eds. Academic Press, New York.
- Garnås, E. & Gunnerød, T.B. 1982. Fiskeribiologiske undersøkelser i regulerte vann i Hallingdal i 1980. - Direktoratet for vilt og ferskvannsfisks reguleringsundersøkelse, Rapport nr. 8.
- Greer-Walker, M. & Pull, G.A. 1975. A survey of red and white muscle in marine fish. - Journal of Fish Biology 7: 295-300.
- Hesthagen, T. & Sandlund, O.T. 1993. Eksperimentelle studier av interaksjoner og substratpreferanse hos ørekyt og aure i elvekanaler i Norge. - Norsk institutt for naturforskning, Trondheim. Upublisert rapport.
- Hesthagen, T. & Sandlund, O.T. 1996. Endringer i utbredelse av ørekyt i Norge: Årsaker og effekter. NINA Fagrapport 013:1-16.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1918. Ferskvandsfiskenes utbredelse og innvandring i Norge med et tillæg om krebsen. - Centraltrykkeriet. Kristiania, s. 106

- Iwama, G.K., Pickering, A.D., Sumpter, J.P. & Schreck, C.B. 1997. Fish Stress and Health in Aquaculture. - University Press, Cambridge, 278 pp.
- Koksvik, J.I. & Langeland, A. 1975. Nye funn av ørekyt, *Phoxinus phoxinus* L., i Tallsjøen (Nord-Østerdal) og Neavassdraget (Tydal) sommeren 1974. - Fauna 28: 20-22.
- Lien, L. 1981. Biology of minnow, *Phoxinus phoxinus*, and its interactions with brown trout *Salmo trutta* in Øvre Heimdalsvatn, Norway. - Holarctic Ecology 4:191-200.
- Muller, K. 1972. Messaurestationen. Presentation och några resultat av biorytmikkforskningen. - Fauna och Flora 5: 186-190.
- Muus, B.J. 1968. Europas ferskvannsfisk. - Gyldendal. Oslo:224 pp.
- Ojanguren, A.F. & Brana, F. 2000. Thermal dependence of swimming endurance in juvenile brown trout. - Journal of Fish Biology 56: 1342-1347.
- Pottinger, T.G. 1998. Changes in blood cortisol, glucose, and lactate in carp retained in anglers' keepnets. - Journal of Fish Biology 53: 728-742.
- Saltveit, S.E. & Brabrand, Å. 1991. Ørekyt en litteratur-oversikt om økologi og utbredelse i Norge. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske. - Zoologisk museum, Universitetet Oslo.
- Skurdal, J. 1997. Et krafttak mot ørekyte, handlingsplan for å begrense spredning og forekomst av ørekyte i Norge. - Østlandsforskning. Lillehammer, ØF-notat 16/1997.
- Stuart, T.A. 1962. The leaping behaviour of salmon and trout at falls and obstructions. - Freshwater and Salmon Fisheries Research 28: 1-46.
- Thorstad, E., Finstad, B., McKinley, R.S. Økland, F. & Boot, R. 1997. Endurance of farmed and sea-ranched Atlantic salmon (*Salmo salar*) at spawning. - Aquaculture Research 28: 635-640.
- Thorstad, E.B., Johnsen, B.O., Forseth, T., Alfredsen, K., Berg, O.K., Bremset, G., Fjeldstad, H.P., Grande, R., Lund, E., Myhre, K.O. & Ugedal, O. 2001. Fiske-sperrer som et alternativ til kjemisk behandling i vassdrag infisert med *Gyrodactylus salaris*. - DN-utredning 2001-9.
- Wedemeyer, G.A., Barton, B.A., & McLeay, D.J. 1990. Stress and acclimation. - pp. 451-489 in Schreck, C.B. & Moyle, P.B., eds. Methods for Fish Biology. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Wotton, R.J. 1998. Ecology of teleost fishes. 2nd ed. - Kluwer Academic Publishers, London, 386 pp.

Norsk institutt for naturforskning

Tiltak for å hindre spredning av ørekyt og for å sikre ørretungenes oppvekstområder

Espen Holthe

Egil Lund

Bengt Finstad

NINA Oppdragsmelding 735

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1304-4

NINA Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor • Tungasletta 2 • 7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00 • Telefaks: 73 80 14 01

<http://www.nina.no>