

FORSØK MED ULIKT VANNINNHOLD I FORET TIL REGNBUEØRRET
(Salmo gairdneri) VED OPPDRETT I SJØVANN.

Våtfór eller tørrfór til damfisk i sjøvann ?

En stadig større del av norsk matfiskoppdrett finner sted i sjøvann. Som fór til oppdrettsfisken brukes det hovedsakelig våtfór, sammensatt av ulike typer fisk eller fiskeavfall, gjerne iblandet noe tørrfór med bindemiddel og vitaminer.

I de senere år er det også utviklet tørrfórtyper som er bereknet å bruke som eneste fór i fiskeoppdrettet. Disse har visse fordeler sammenliknet med våtfór, særlig ved at de gjennom lang tid kan oppbevares i et vanlig lagerrom uten å ta skade. Fersk fór, derimot, må nedfryses for å være lagringsdyktig, og dersom det ikke er mulig å leie fryselager i nærheten av damanlegget, må oppdretteren, dersom han ønsker å bruke fisk i foringen, i de fleste tilfeller bygge sitt eget. Det er som regel bare på denne måten han kan sikre seg tilgang på råstoff for våtfóret året rundt, og dette vil føre med seg store investeringskostnader. Pelletert tørrfór forenkler også foringen da det ikke skal bearbeides før tildeling, og fórautomater kan benyttes. Fórspillet, og derved også forurensningen av sjøen, blir som oftest mindre ved bruk av tørrfór enn ved våtfór, særlig dersom våtfóret benyttes oppmalt uten bindemiddel. Tørrfóret har under tilvirkningen vært utsatt for såpass høye temperaturer at eventuelle sykdomsfremkallende bakterier er blitt ødelagt, og fóret er som regel sammensatt av fórmidler i slike mengder og av en slik kvalitet at det tilfredsstiller fiskens behov både energetisk og stofflig sett.

Men våtfór har også sine fordeler sammenliknet med tørrfór. Det vil som regel bli langt billigere å lage fóret selv. Våtfór er også fritt for fine støvpartikler. Slike partikler kan en finne mye av i pelletert tørrfór, særlig dersom dette har vært utsatt for lang transport med hardhendt behandling. Disse støvpartiklene kan legge seg på fiskens gjeller og være årsak til utvikling av bakteriell gjellesyke. Det har også vært

hevdet at bruk av fersk fisk vil føre til en hurtigere omsetting av føret i oppdrettsfiskens fordøyelseskanal, da det er mulig denne kan utnytte fórfiskens fordøyelsesenzymmer i tillegg til sine egne.

En annen ting som taler til fordel for bruk av våtfór er at proteinet i dette blir bedre fordøydd enn protein i tørrfór. Kitamikado et al. (1965) fant i forsøk med regnbueørret at denne fordøydde 91-97% av proteinet i fersk fisk, mens fordøyelsesprosenten for protein i fiskemel lå mellom 70-80.

Det har også vært mye diskutert hvorvidt bruk av tørrfór ved oppdrett i sjøvann påfører fisken osmotisk stress eller ikke. For å kunne vurdere dette må en ha kjennskap til de osmotiske problemer en fisk i saltvann er utsatt for.

Fiskens osmoregulering.

Sjøvann inneholder omlag tre ganger så mye salter som fiskens blod. Dette vil igjen si at fisken lever i et hypertontisk miljø. Som følge av dette vil den miste mer vann gjennom kroppsoverflaten enn det som diffunderer inn på grunn av at sjøvannet har høyere osmotisk verdi enn fiskens kroppsvæske. Det er særlig over gjellene at fisken taper vann, mens en kan se bort fra tap gjennom dens hudoverfalte (Motais, Isaia, Rankin & Maetz, 1969).

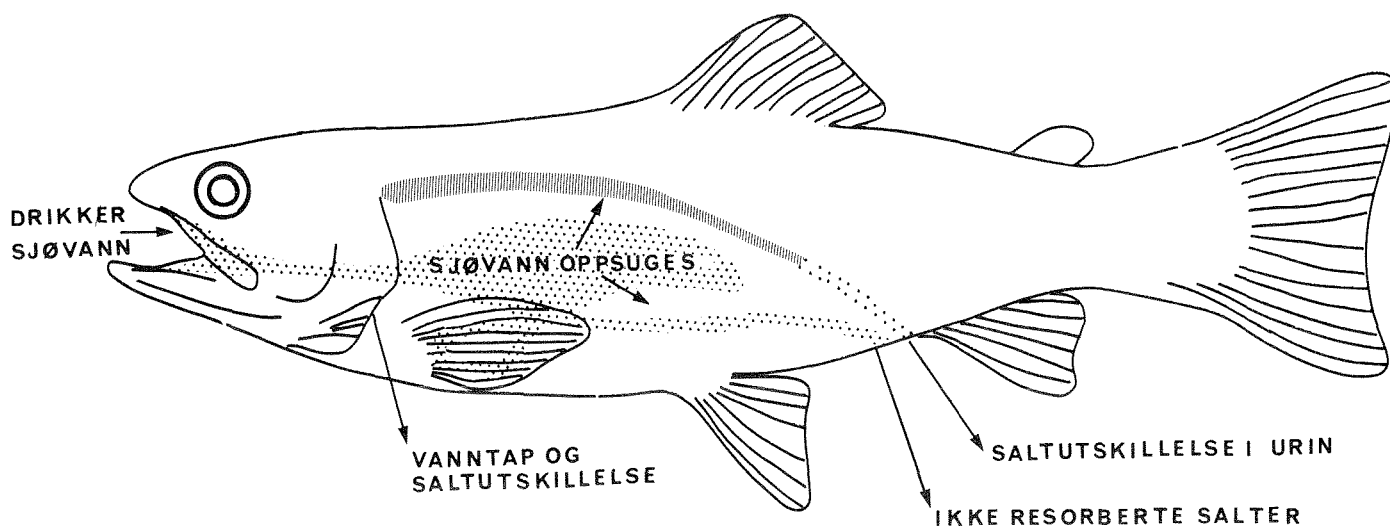


Fig. 1. Skjematisk fremstilt de ulike organer som deltar i vedlikeholdet av salt- og vannbalansen hos fisk i sjøvann. Stiplet linje viser mage/tarmkanalen, og prikket linje viser urinlederen.

I tillegg til tap av vann over gjellene kommer vanntapet i urinen. Alle absorberte Mg^{++} og SO_4^{--} -ioner blir utskilt gjennom nyrene (Hickmann, 1968). Også ioner som Na^+ , Cl^- , K^+ og Ca^{++} forekommer i urinen, men nyrene er ikke det eneste utskillingsorgan for disse. Små kvanta av nitrogenholdige substanser og andre avfallsprodukter fra stoffskiftet, blir også utskilt gjennom nyrene (Frost & Brown, 1967). Selv om fisk i saltvann skiller ut sparsomt med urin, så er produksjonen såpass at disse avfallsproduktene ikke gjør urinen mer konsentrert enn kroppsvæskene, for som regel forblir urinen isoton (Maetz, 1971) eller hypoton overfor blodet selv hos saltvannsfisk (Conte, 1969).

Maynard (1947) framholder at et dyr kan miste så og si alt fett og halvparten av kroppens protein og fremdeles overleve, men et tap av 10% vann vil forstyrre cellenes osmotiske balanse og være dødbringende. Det er derfor klart at fisken på en eller annen måte må ta inn like mye vann som den taper ved diffusjon og urinutskilling. Smith (1930) demonstrerte allerede for over førti år siden at marine fisk drikker sjøvann for å kompensere for kroppens vanntap. Ifølge Conte (1969) svelger saltvannsfisk 0,2 - 0,5% av kroppsvekten pr. time i form av sjøvann, avhengig av hva fiskeart det dreier seg om, og 60-80% av dette vannet blir resorbert i tarmkanalen (Shehadeh & Gordon, 1969, e. Conte, 1969). Ioner med én ladning (monovalente) blir lett resorbert, mens over 80% av ionene med to ladninger (bivalente) går ut med faeces (Hickman & Trump, 1969). Det er viktig for fiskens kroppceller at konsentrasjonen av salter i blodet ikke fjerner seg fra en viss verdi og et visst forhold mellom de ulike ioner, noe som lett kan forekomme siden fisken må drikke sjøvann for å kompensere kroppens vanntap. Særlig kan det bli et overskudd av NaCl, da dette utgjør over 85% av saltene i sjøen (Føyn, 1973), og Na^+ og Cl^- er monovalente ioner som blir hurtig resorbert i fiskens tarmkanal. For å overleve må altså

fisken kunne kvitte seg med dette saltoverskuddet. Som allerede nevnt skiller fisk i saltvann ut sparsomt med urin, og dette vil igjen si at nyrene ikke kan avlaste kroppen med alle saltene. Det viser seg at fiskens gjeller, foruten å sørge for respiratorisk gassutveksling og utskilling av nitrogenholdige avfallsprodukter fra stoffskiftet, er det organ som har til oppgave å vedlikeholde fiskens syre-, base- og mineralbalanse (Maetz, 1971). Gjellene har nemlig noen spesialiserte celler, såkalte saltceller, som meget aktivt sørger for utskillelse av overflødig salt fra organismen.

Utskilling av salt over gjellene er en aktiv prosess, dvs. den krever energi (Conte, 1969, Maetz, 1971). En mener at enzymet ATP-ase, som finnes i cellenes cytoplasmamembran, fremmer ionetransporten. Virkemåten for enzymet er følgende (Lehninger, 1970):



Den energien som blir frigjort ved hydrolysen av adenosintrifosfat (ATP) til adenosindifosfat (ADP) blir så benyttet ved salttransporten over gjellene. Ifølge Maetz (1971) er det også et annet enzym som spiller en vesentlig rolle i denne transporten, nemlig karbonanhydrase. Det faktum at ATP-ase aktiviteten øker når smolt blir overført fra fersk- til saltvann (Woodall, 1971), indikerer at saltutskillelsen over gjellene er en aktiv prosess. Zaugg & McLain (1969) sine forsøk med yngel av stillehavslaks hentyder det samme, for de fant at salttilførsel til føret satte ned yngelens vekst.

Bakgrunn for forsøket.

Vi går så tilbake til vår sammenlikning av tørrfôr kontra våtfôr til oppdrettsfisk i sjøvann og vurderer saltopptaket hos fisken ved disse fôrtypene. La oss anta at fisken spiser 1,6% tørrfôr (m. 8% vanninnhold) pr. kg kroppsvekt pr. dag, dvs. ca. 15 g tørrfôr pr. kg fisk. For at en fisk på ett kg skal oppta samme tørrförmengde i form av våtfôr, må fisken spise 50 g dersom tørrstoffinnholdet er 30%. 35 g av våtfôret vil da være væske, og dersom det fores hovedsakelig

med fersk fisk, vil saltinnholdet i denne væsken være ca. 10 ‰, dvs. denne vil tilføre damfisken 0,35 g salter. Hvis fisken skal kompensere den væske den går glipp av ved foring med tørrfôr ved å drikke tilsvarende væskemengde i form av sjøvann, vil det tilføre organismen 1,05 g salter dersom sjøvannets saltinnhold er 30 ‰. Det er da naturlig å stille seg spørsmålet om den tilleggsenergi som skal til for å skille ut den ekstra saltmengde fisken tar opp som følge av at den spiser et tørt fôr (i dette tilfellet 0,7 g salt pr. dag pr. kg. kroppsvekt) gir seg merkbart utslag i fiskens vekst. For om mulig å få svar på dette ble det i et av Vitaminlaboratoriets akvarier ved Havforskningsinstituttet i tidsrommet vinteren 1972 - høsten 1973 utført forsøk med ulikt vanninnhold i fóret til oppdrettsfisk.

Metode og materiale.

Forsøket startet 14/12-72 med 4 grupper á 56 regnbueørret (*Salmo gairdneri*) og ble avsluttet 8/3-73, dvs. etter 84 dager. Fiskens vekt ved forsøkstart var fra 75-240 g med en gjennomsnittsvikt på ca. 140 g. Ørreten ble før forsøkets start delt opp i størrelsesgrupper for på denne måte å få en mest mulig lik gjennomsnittsstørrelse og samme størrelsesvarians innen de enkelte forsøksgruppene.

Gruppene gikk i mærer med vannvolum på 1,2 m³ (1,5 x 1,0 x 0,8 m), og disse kunne ved måling av fisken heises opp for på denne måten å gjøre arbeidet lettere. Gjennomstrømningen var 60 l sjøvann/min. Vannet hadde i forsøksperioden en gjennomsnittstemperatur på 8,3°C med variasjonen 8,1 - 8,5°C og saltholdigheten var i middel 33‰ med variasjon fra 32-34‰.

Til forsøksfôr ble brukt en pelletert ferdigfôrblending (Tess ørretfôr for sjøoppdrett, Nr. 5), som ble tilsatt gelatin og vann. Ferdigfôrblendingens sammensetning var 42% protein, 7% fett, 5% trevler, 27% N-frie ekstraktstoffer og 7,5% aske. Det var ikke tilsatt salt, men blandingen inneholdt likevel 0,3% NaCl. Det ble fra produsentens side oppgitt at fóret var fullvitaminisert og proteinet hovedsakelig av

animalsk opprinnelse. Vanninnholdet ble funnet å være 8%. Det ble brukt lik sammensetning av tørrstoffet i samtlige grupper. En valgte å variere vannet i fóret fra 20-80%. 20% ble valgt av praktiske grunner. En kunne med et såpass stort vanninnhold binde gelatinpulveret selv i den gruppen som fikk det tørreste fóret. I gruppe 1 (fór med 20% vann) ble gelatinet oppløst i varmt vann for deretter å la det størkne utenpå pelletene. For gruppene 2 (40% vann), 3 (60% vann) og 4 (70/80% vann) ble pelletene knust før de ble tilsatt gelatinoppløsningen. Etter størkning ble fóret kjørt gjennom en kvern slik at sluttproduktet ble en slags moist (våt) pellet. For å få mest mulig lik konsistens på fóret til de ulike forsøksgruppene måtte det brukes så mye gelatin at dette utgjorde ca. 16% av tørrstoffet.

Siden fisken i tiden før forsøket startet hadde fått tørrfór, ble det i en 3 ukers fórperiode tildelt pellets som var oppbløtt i vann. I de tre første ukene av forsøksperioden ble det i gruppe 4 benyttet 80% vanninnhold i fóret, men selv med den høye gelatintilsetningen viste det seg at fórspillet ble større enn i de andre gruppene. På grunn av dette ble det i resten av perioden bare benyttet en vannprosent på 70 i denne gruppen.

Det ble gjennomført fóring ad libitum (etter appetitt) i den gruppen som konsumerte minst tørrstoff, og de øvrige gruppene ble så tildelt samme fórmengde reknet på tørrstoffbasis. Fisken ble tildelt fór 2 ganger pr. dag. Det ble ikke fóret søndag. Dersom det kreperte fisk i en av forsøksgruppene, ble fórtildelingen regulert slik at det pr. gruppe pr. dag fortsatt ble gitt like mye tørrstoff pr. fisk.

Det ble hver tredje uke gjennomført individuell veiing av fisken, og på grunnlag av disse registreringene ble den gjennomsnittlige vektøkning pr. gruppe og fisk utreknet. Dødelighet, tidspunktet for denne og om mulig dødsårsak ble også registrert. Da en i forsøksperioden holdt nøyaktig kontroll med tildelt fórmengde, kunne en ved forsøks tidens slutt finne fórforbruket pr. kg tilvekst.

Den 8/6-73 ble forsøket gjentatt for å verifisere de tidligere oppnådde resultatene. Det ble nå brukt 45 regnbueørret pr. gruppe. Forsøket ble avsluttet 21/9-73, dvs. etter 105 dager. Fiskens vekt ved forsøkstart var fra 50-200 g med gjennomsnittsvekt på vel 100 g. Sjøvannet hadde i forsøksperioden en gjennomsnittstemperatur på $9,5^{\circ}\text{C}$ med variasjonen $9,0 - 10,5^{\circ}\text{C}$ og saltholdigheten var i middel $32,5\%$ med variasjon fra $32-33\%$. Det ble nå i hele perioden i gruppe 4 brukt et fôr med 70% vanninnhold. Metode og materiale var ellers som i første forsøk.

Tabell 1. Forsøksresultater fra forsøk 14/12 1972 - 8/3 1973 m/ulikt vanninnhold.

		Gr. 1 (20%)	Gr. 2 (40%)	Gr. 3 (60%)	Gr. 4 (70/80%)
I	Gjennomsnittsvekt i g ved forsøkstart	137,46	136,80	136,82	136,18
II	Gjennomsnittsvekt i g ved forsøksslutt	195,31	191,62	189,83	180,66
III	Gjennomsnittlig vektøkning i g (II-I)	<u>57,85</u>	<u>54,82</u>	<u>53,01</u>	<u>44,48</u>
IV	Gjennomsnittlig antall fisk i forsøksperioden ^x	52,23	53,06	53,56	52,35
V	Vektøkning i g pr. gruppe (III x IV)	3022	2909	2839	2328
VI	Tilført fôr i g pr. gruppe	7093	9600	14574	21160
VII	Tilført tørrstoff i g pr. gruppe	5674	5760	5830	5692
VIII	Tilført tørrstoff pr. fisk ($\frac{VII}{VI}$)	108,6	108,6	108,9	108,7
IX	Fôrkoefesient($\frac{VIII}{III}$ eller $\frac{VII}{V}$)	<u>1,87</u>	<u>1,98</u>	<u>2,05</u>	<u>2,44</u>
X	Antall døde fisk i forsøksperioden	5	2	1	3

^xVeiet snitt etter formelen: $\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^c a_i}{c}$

der u er antall fisk, a_i er antall fisk i'te dag i forsøksperioden, og c er antall dager i forsøksperioden.

Som det framgår av tabellen ligger det veide middel for antall fisk i forsøksperioden lavere enn det en skulle vente ut fra antall fisk som har dødd. Årsaken er at det ved første veiing viste seg at 2 fisk på en eller annen måte var blitt borte i gruppe 2. Det ble da ved tilfeldig utvalg også tatt ut 2 fisk fra de øvrige gruppene, og disse er selvfølgelig ikke tatt med i dataene over døde fisk i forsøksperioden.

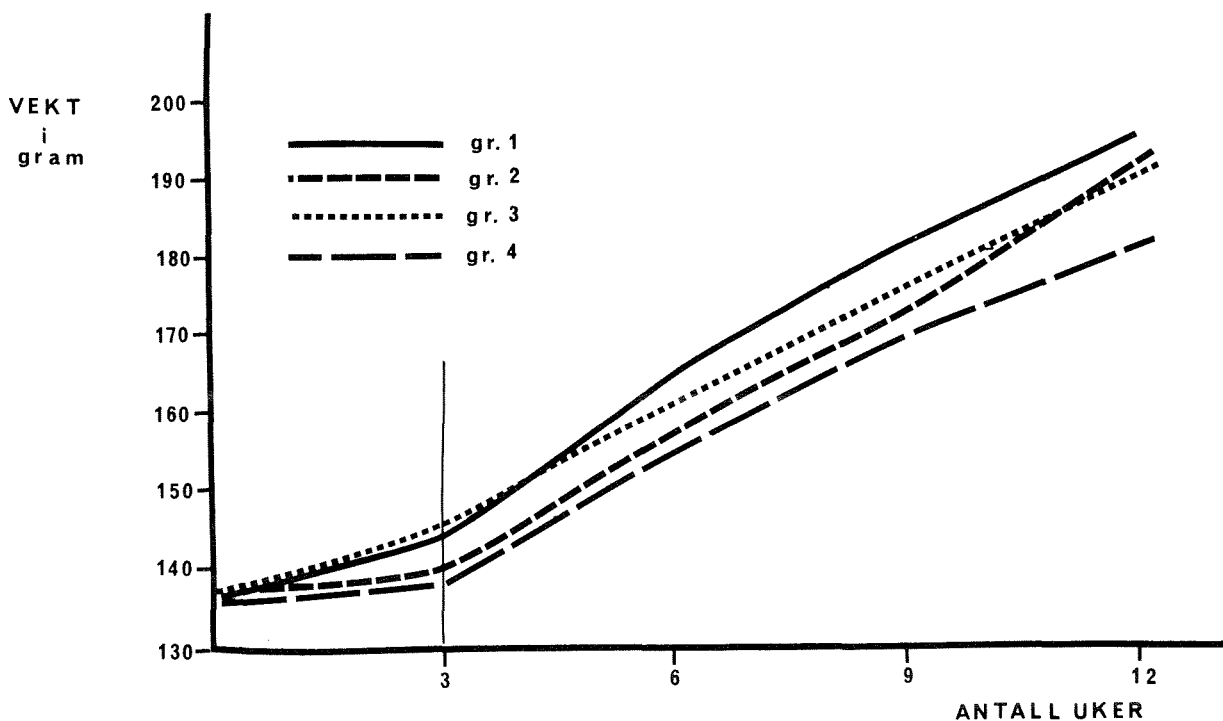


Fig. 2. Vekstkurver fra forsøk 14/12 1972 - 8/3 1973 med ulik vanninnhold i fóret.

Som det framgår av fig. 2 er veksten i gruppe 4 svært lav den første tiden. Det ble som tidligere nevnt, brukt fór med 80% vanninnhold i denne gruppen de første 3 ukene, og den svake veksten skyldes nok i vesentlig grad fórspill.

Tabell 2. Forsøksresultater fra forsøk 8/6 - 21/9 1973 m/ulik vanninnhold i fôret.

		Gr. 1 (20%)	Gr. 2 (40%)	Gr. 3 (60%)	Gr. 4 (70%)
I	Gjennomsnittsvekt i g ved forsøkstart	102,31	103,04	103,47	103,29
II	Gjennomsnittsvekt i g ved forsøksslutt	171,52	178,34	179,48	173,20
III	Gjennomsnittlig vektøkning i g (II-I)	<u>69,21</u>	<u>75,30</u>	<u>76,01</u>	<u>69,91</u>
IV	Gjennomsnittlig antall fisk i forsøksperioden	41,94	41,61	42,67	42,63
V	Vektøkning i g pr. gruppe (III x IV)	2903	3133	3243	2980
VI	Tilført fôr i g pr. gruppe	5921	7808	12046	16069
VII	Tilført tørrstoff i g pr. gruppe	4737	4685	4818	4821
VIII	Tilført tørrstoff pr. fisk ($\frac{VII}{IV}$)	112,9	112,6	112,9	113,1
IX	Fôrkoefesient ($\frac{VIII}{III}$ eller $\frac{VII}{IV}$)	<u>1,63</u>	<u>1,49</u>	<u>1,48</u>	<u>1,61</u>
X	Antall døde fisk i forsøksperioden	5	7	6	5

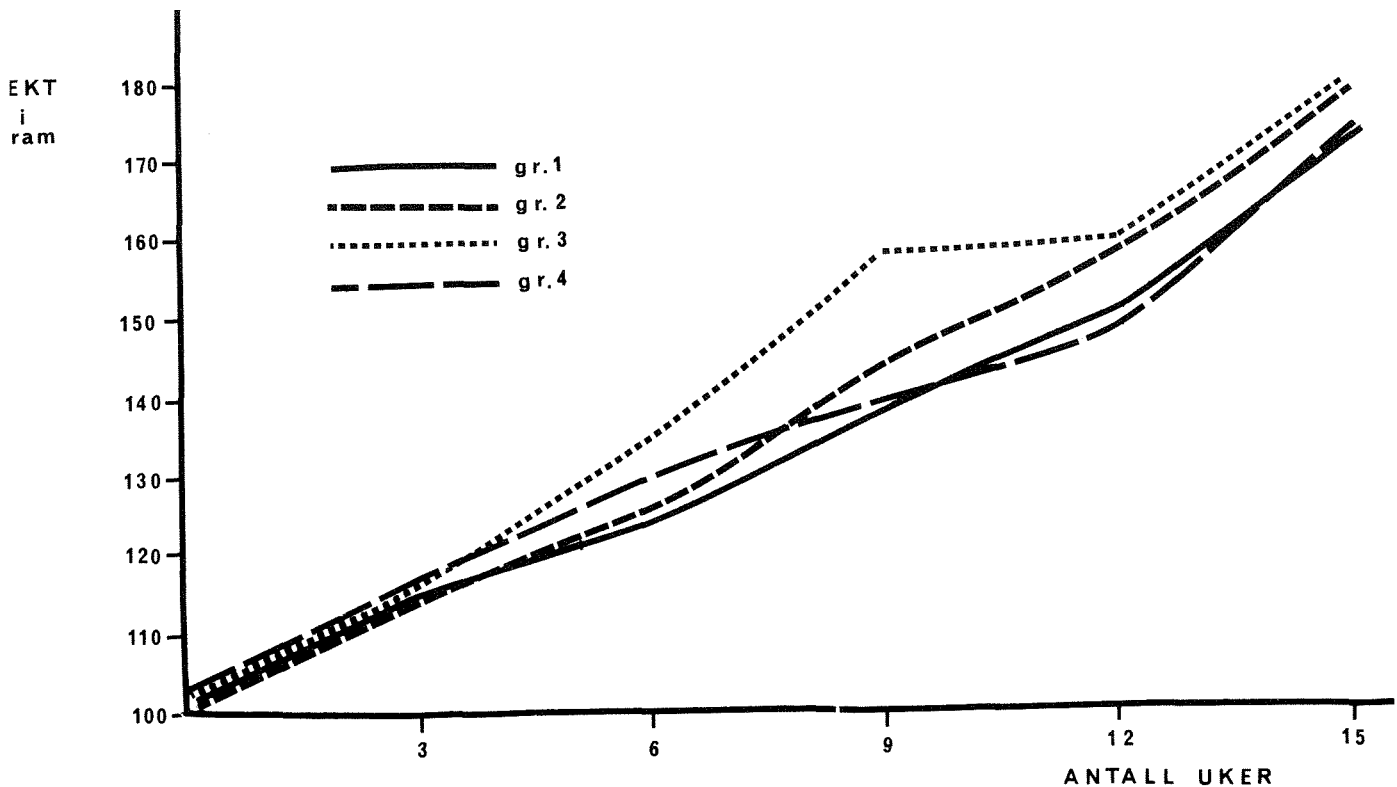


Fig. 3. Vekstkurver fra forsøk 8/6 - 21/9 1973 m/ulik vanninnhold i fóret.

Diskusjon og konklusjon.

Sammenlikner en veksten i de ulike forsøksgruppene i tabell 1 og 2, vil en se at ingen gruppe fremhever seg med spesiell god vekst i forhold til de andre. I første forsøk er det en tendens til at gruppen med lavest vanninnhold (Gr. 1) ligger gunstigst an, mens i andre forsøk er det gruppen med 60% vann (Gr. 3) som viser best resultat, men det er ingen signifikant forskjell mellom gruppene på 0,05% nivået ("large sample test"). Grunnen til den forholdsvis svake vekst og ugunstige fóromsetning i Gr. 4 i første forsøk skyldes nok i vesentlig grad fórspillet de første tre ukene av forsøket. Det vil fremgå av fig. 2 at fra tredje uke er veksten omlag lik for samtlige grupper, og dersom en ser bort fra de tre første ukene av forsøket, vil en for Gr. 4 finne en fórkoeffesient på 1,98 for resten av forsøksperioden, dvs. et resultat som er på høyde med det de andre gruppene viser. At det er bruk av fórr med 80% vann som har vært utslagsgivende for det ugunstige resultat i Gr. 4 indikerer også forsøk 2,

da gruppen i denne forsøksperioden viser omlag samme resultat som gruppene 1, 2 og 3.

Grunnen til at fôrkoefisienten er gunstigere i forsøk 2 enn i forsøk 1 er sannsynligvis at det ble benyttet yngre fisk i siste forsøk, og at temperaturen i forsøks tiden var over 1°C høyere. En skal heller ikke se bort fra at en årstidseffekt kan ha gjort seg gjeldende.

Dødeligheten innen de enkelte gruppene kan en heller ikke si er påfallende ulik hvis en ser begge forsøkene under ett, og det ble heller ikke funnet å være merkbar forskjellig dødsårsak mellom gruppene.

Det er tidligere nevnt at gruppen med minst appetitt begrenset fôr-tildelingen til de øvrige gruppene. I begge forsøk var det en tendens til at lysten på fôr var minst i gruppe 2 (40% vanninnhold). Grunnen til dette er det vanskelig å si, men det tyder i alle fall på at det ikke var fôrvolumet som begrenset fôrintaket.

Som en konklusjon kan en si at bruk av fôr med så lavt vanninnhold som 20% ikke påfører regnbueørret i sjøvann osmotisk stress som gir seg utslag i påviselig svakere vekst og derved dårligere fôromsetning. Det må imidlertid understrekes at forsøksresultatene kanskje hadde blitt annerledes hvis alle gruppene var blitt fôret etter appetitt, eller en hadde benyttet rent tørrfôr i en av gruppene. En skal heller ikke se bort fra at det høye innholdet av gelatin i fôret kan ha innvirket på forsøksresultatene.

Etterord.

Jeg vil få takke professor dr. philos. O. Brækkan og vitenskapelig konsulent F. Utne ved Fiskeridirektoratets Vitaminlaboratorium, professor dr. H. Hvidsten ved Norges Landbrukshøgskole og kjemingeniør H. Kvalheim ved A/S Mowi for hjelp og rettleiding ved utførelsen av forsøket, fôrprodusent T. Skretting A/S for gratis fôr og Norsk Landbruksvitenskapelige Forskningsråd for arbeidslønn.

LITTERATUR

- CONTE, F.P. (1969). Salt Secretion. Fish Physiology (Ed.: W.S. Hoar & D.J. Randall). I. 241 - 292. Academic Press: New York and London.
- FROST, W.E. & BROWN, M.E. (1967). The Trout. NHN Collins, St. James' Place, London. s. 30 - 31.
- FØYN, E. (1973). Fysiske og kjemiske variasjoner i sjøen og deres virkning på marine organismer. Forskningsnytt nr. 4, årgang 18, 1973.
- HICKMAN, C.P. jr. (1968). Ingestion, intestinal absorption and elimination of sea water and salts in the southern flounder, *Paralichthys lethostigma*. Can. J. Zool. 46, 457 - 466.
- HICKMAN, C.P. jr. & TRUMP, B.F. (1969). The Kidney. Fish Physiology (Ed.: W.S. Hoar & D.J. Randall) I. 91 - 239. Academic Press: New York and London.
- KITAMIKADO, M., MORISHITA, T. and TACHINO, S. (1965). Digestibility of dietary protein in rainbow trout. I. Digestibility of several dietary proteins. Chem. Abstr. 62, 15129 d.
- LEHNINGER, A.L. (1970). Biochemistry. Worth Publishers, Inc. New York, N.Y. s. 616 - 619.
- MAETZ, J. (1971). Fish gills. Mechanisms of salt transfer in fresh water and sea water. Phil. Trans Roy. Soc. London. B. 267, 209 - 249. Printed in Great Britain.

- MAYNARD, L. A., (1947). Animal Nutrition. McGraw-Hill, New York and London.
- MOTAIS, R., ISAIA, R., RANKIN, J.C. & MAETZ, J. (1969). Adaptive changes of the Water permeability of the Teleostean Gill Epithelium. J. eksp. Biol. 51, 529 - 546.
- PHILLIPS, jr., A.M. (1969). Nutrition, Digestion and Energy utilization. Fish Physiology (Ed.: W.S. Hoar & D.J. Randall). I. 391 - 432. Academic Press: New York and London.
- SMITH, H. (1930). The absorption and excretion of water and salts by marine teleosts. Am. J. Physiol. 93, 480 - 505.
- WOODALL, A.N. (1971). Bureau Research Team Identifies Adverse Effect of High Water Temperature on Migrant Juvenile Steelhead. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. (A manuscript has been submitted to SCIENCE for publication.)
- ZAUGG, W.S. & McLAIN, L.R. (1969). Inorganic salt effects on growth, salt water adaption, and gill ATPase of pacific salmon. Fish in Research (Ed.: O.W. Neuhaus & J.E. Halver.) Academic Press: New York/London.