

HAFBEIT

RÁÐSTEFNA Í REYKJAVÍK

7.-9. apríl 1988

seinna hefti

Umsjón með útgáfu:
Valdimar Gunnarsson

Umsjón með ráðstefnu:
Valdimar Gunnarsson
Vigfús Jóhannsson
Sigurður Már Einarsson

Fjöldritun:
Stensill h/f

Forsíðumynd:
Laxeldisstöð ríkisins í Kollafirði

Útgefandi:
Veidimálastofnun
Pósthólf 5252
Hverfisgötu 116
105 Reykjavík
Sími 91-621811



VEIDIMÁLASTOFNUN

Fiskrækt og fiskeldi • Rannsóknir og ráðgjöt.

GÖNGUSEIÐAMYNDUN
Valdimar Gunnarsson
Veiðimálastofnun

INNGANGUR.

Eftir að seiði laxa (*Salmo salar L.*) hafa dvalið 1-6 ár í fersku vatni eiga sér stað mikil umskipti í lífi þeirra. Þessi umskipti, sem aðlaga fiskinn að lífi í söltu vatni hafa verið kölluð gönguseiðamýndun en einnig sjóþroski og sjóun. Myndun gönguseiðabúnings hefur í för með sér útlits- og hegðunar-breytingar hjá fiskinum ásamt lífeðlis- og lifefnafræðilegum breytingum. Ýmsir umhverfispættir örva gönguseiðamýndunina sem einnig gengur til baka ef fiskurinn gengur ekki til sjávar.

Fjöldi yfirlitsgreina hefur verið skrifður um gönguseiðamýndun laxaseiða (Hoar 1976; Folmar og Dickhoff 1980; Wedemeyer og fl., 1980, 1981; Hasler og Scholz 1983; McKoewn 1984; Langdon 1985; McCormick og fl., 1987). Yfirlit yfir helstu breytingar sem eiga sér stað við gönguseiðamýndun er að finna í töflu 1.

ÁHRIF UMHVERFIS Á GÖNGUSEIÐAMYNDUN

Gönguseiðamýndun laxaseiða stjórnast aðallega af breytingu á daglengd, en einnig flýtir hátt hitastig þessari myndun og lágt hitastig seinkar henni (Baggerman 1960; Wagner 1974; Wedemeyer og fl., 1980). Við náttúrulegar aðstæður eru það því aðallega daglengd, aukning dagsbirtu og hitastig sem stjórna því að seiði sem hafa náð lágmarksstærð fara í sjógöngubúning að vori. Ljóslotan (daglengdin) hefur því verið kölluð líffræðileg klukka sem gefur seiðunum boð um hvenær þau eiga að fara í sjógöngu-búning (Eriksson og Lundqvist 1982). Áhrif hitastigs eru

greinilegri eftir því sem norðar dregur. Þá seinkar gönguseiðamyndunni og seiðin fara seinna úr ánni. Miðað er við að hitastig árinnar þurfi að ná 10°C áður en seiðin byrja að ganga til sjávar. Í nokkrum tilvikum hefjast göngur laxaseiða við 7°C , en seiðin byrja ekki að ganga úr ánni að neinu marki fyrr en hitastig árinnar fer yfir 10°C (Bakshtansky og fl., 1976; Ruggles 1980). Í köldum vorum seinkar því gönguseiðamyndun í náttúrulegum vatnakerfum og hlý vor flýta gönguseiðamyndun og göngum seiða úr ánni (Melnikova 1970).

Tafla 1. Helstu breytingar sem eiga sér stað við gönguseiðamyndun.

ÚTILTSBREYTINGAR

- Seiðin missa brúngula litinn og verða silfurlituð og fá svarta uggaenda og sporðenda.
- Hreistrið verður lausara.
- Holdastuðullinn lækkar.

BREYTING Á HEGÐUN

- Atferli seiðanna breytist þannig að þau hætta að halda sig við botn og verja eitt ákveðið svæði.
- Uppstreymi seiðanna eykst og þau halda sig ofar í vatnsmassanum. Seiðin byrja að leita undan straumi.

SELTUPOL

- Ýmsar lifeðlisfræðilegar breytingar eiga sér stað sem auka seltupol seiðanna.
- Vatnsbúskapur seiðanna miðast við að dæla söltum úr líkamanum í staðinn fyrir að dæla þeim stöðugt inn í líkamann fyrir gönguseiðamyndun.
- Aukning er í fjölda klórið-fruma og magni af ensínum sem taka þátt í að pumpa salti úr líkamanum.

VÖXTUR

- Vaxtarhraði eykst við gönguseiðamyndun. Fiskurinn gengur á fituforða sinn og holdastuðull lækkar.

GÖNGUSEIÐASTÆRD OG TÍMI GÖNGUSEIÐAMYNDUNAR.

Gönguseiðamyndunin hefst að hausti með því að þau seiði sem hafa náð stærðinni 8-12 sm taka vaxtarkipp og getur vaxtarhraðinn fimmfaldast á þeim seiðum. Smám saman hægir á vexti en vöxturinn er meiri um haustið og veturinn en hjá þeim seiðum sem ekki tóku þennan vaxtarkipp (Júlús B. Kristinsson og fl., 1985). Við það að hluti af seiðunum tekur vaxtarkipp verður mikill stærðarmunur og seiðin skipta sér í two stærðarhópa sem kallaðir hafa verið á erlendu máli "upper mode" og "lower mode" (Thorpe og fl., 1980).

Laxaseiði þurfa að hafa náð lágmarkstærð um vorið til þess að gönguseiðamyndun geti átt sér stað. Stærstu og elstu seiðin fara fyrst í gönguseiðabúning á vorin og minni seiðin seinna (Evropeitseva 1958; Johnston og Eales 1970). Lágmarksstærðin er talin vera að meðaltali 12-13 sm (Farmer og fl., 1978; Saunders 1979). Minni seiði geta fengið silfurlit og önnur einkenni gönguseiðamyndunar eins og aukið seltuþol að hluta og uppstreymi, en aðrir eiginleikar þróast ekki fyrr en næsta vor þegar lágmarksstærð er náð (Saunders 1979; Wedemeyer og fl., 1981).

Stærð gönguseiða í ám hér á landi þar sem hún hefur verið mæld, hefur að meðaltali verið 12-13 sm (Poe 1975, Þór Guðjónsson, 1978; Vigfús Jóhannsson og fl., 1987). Aftur á móti er stærð gönguseiða úr Meðalfellsvatni meiri, eða að meðaltali 13,8-15,9 sm, og er það í samræmi við erlendar rannsóknir sem sýna að gönguseiði úr stöðuvötnum eru stærri en gönguseiði úr ám (Sigurður Már Einarsson, 1986; Vigfús Jóhannsson og fl., 1987). Einnig hefur komið fram að gönguseiði í Kanada og Svíþjóð eru stærri eftir því sem norðar dregur (Chadwick 1981; Valdimar Gunnarsson 1985). Slik stærðaraukning gönguseiða eftir því sem norðar dregur hefur ekki komið fram í mælingum hér á landi. Rannsóknir benda til að gönguseiðastærð sé að hluta til arfgeng (Orciari og fl., 1987), og að gönguseiði íslenskra laxastofna séu almennt minni en gerist hjá erlendum laxastofnum.

ÚTLITSBREYTINGAR.

Við gönguseiðamyndun eiga sér stað miklar útlitsbreytingar á fiskinum. Laxaseiðin breyta um lit. Brúnguli liturinn og dökku flekkirnir á hliðunum sem einkenndu þau á ferskvatnsskeiðinu

hverfa og í staðinn kemur silfurlitur. Brúnguli liturinn er neðst í roðinu (dermis). Í ysta lag roðsins (epidermis) safnast níturbasar sem gefa fiskinum silfurlitinn og þekja yfir brúngula litinn. Samtímis því að fiskurinn verður silfurlitaður safnast fyrir litarefninum melanín í uggaendum og sporðenda og veldur því að þeir verða svartir (Johnston og Eales 1967, 1968, 1970). Með litarbreytingunum aðlaga laxaseiðin sig því að breyttum lifnaðarháttum, þ.e. frá því að vera staðbundin við eitt ákveðið svæði á botni árinnar að því að lifa í yfirborði sjávar. Brúnguli liturinn er vel til fallinn sem felulitur á dökkum botni árinnar og silfurliturinn hentar vel sem felulitur í efstu lögum sjávar. Gönguseiðamýndunin hefur einnig í för með sér að hreistrið verður mjög laust (Evropeitseva 1957). Seiðin verða því mjög viðkvæm fyrir öllu hnjasíki. Búkurinn verður mjóslegnari og rennilegri og holdastuðull seiðanna lækkar samfara gönguseiðamýndun (Hoar 1939). Holdastuðullinn finnst með jöfnu $K = W/L^3 \times 100$ þar sem W er þyngd í grómmum og L lengd í sentimetrum.

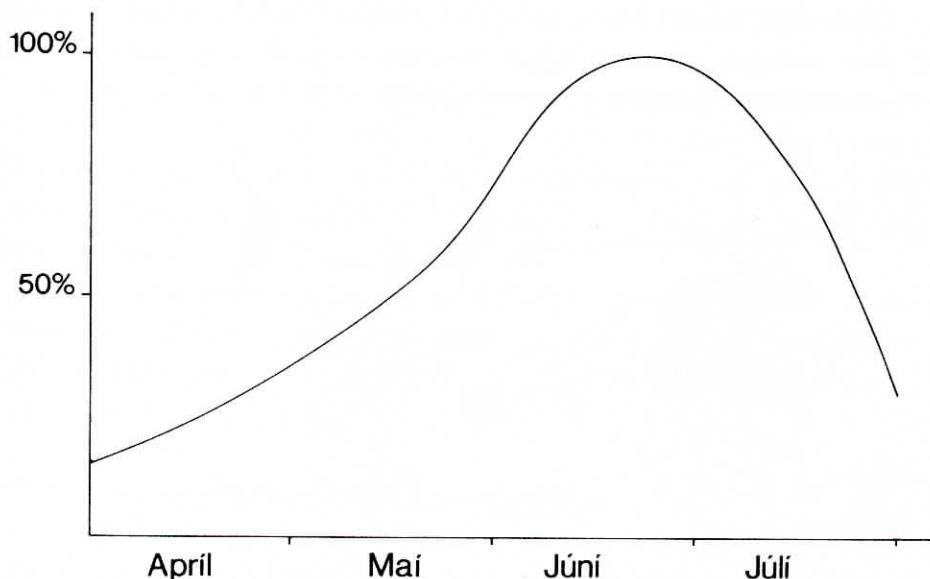
BREYTING Á ATFERLI.

Á uppvaxtarskeiðinu i ánni halda seiðin sig á einu ákveðnu svæði á árbotninum sem þau verja fyrir öðrum (Kallberg 1958). Þegar gönguseiðamýndunin á sér stað eykst loftmagnið í sundmaganum og seiðin fá meira uppstreymi (Saunders 1965). Fiskurinn leitar upp í vatnsmassann (Kallberg 1958) og byrjar að leita undan straumi (Lundqvist 1983; Eriksson 1984). Hæfileikar seiðanna til að synda á móti straumi minnka (Kutty og Saunders 1973; Thorpe og Morgan 1978). Árásargirni seiðanna minnkar og á leið sinni niður ána safnast seiðin saman í hópa (White og Huntsman 1938; Bakshtansky og fl., 1982). Þegar gönguseiðamýndunin á sér stað eru gönguseiðin mun meira á hreyfingu en laxaseiðin sem ekki fara í göngubúning um vorið (Evropeitseva 1957; Eriksson 1975). Einnig leita seiðin meira í saltara vatn því lengra sem þau eru komin í gönguseiðamýnduninni (Baggerman 1960; McInerney 1964).

SELTUPOL.

Seltupol laxaseiða eykst eftir því sem seiðin verða stærri (Huntsman og Hoar 1939; Parry 1958). Seltupol er ekki eingöngu

háð stærð seiðanna og er seltupolið mest þegar seiðin fara í gönguseiðabúninginn eins og sýnt er á mynd 1 (Huntsman og Hoar 1939; Clarke og fl., 1985).

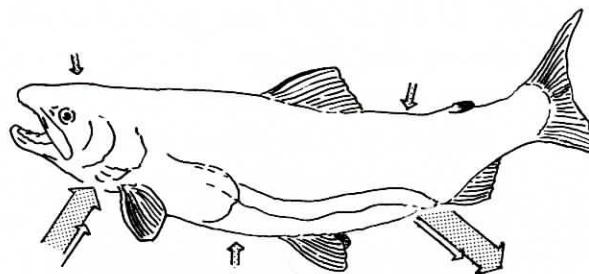


Mynd 1. Þróun gönguseiðabúnings (seltubúskapur) á vorin hjá seiðum við náttúrulegar aðstæður. Ef seiðin komast ekki úr ánni fara þau úr gönguseiðabúningnum og aðlaga sig aftur að lífi í fersku vatni.

Í ferskvatni streymir vatn inn í fiskinn, þar sem seltuinnihald fisksins ($10^0/00$) er mun herra en vatnsins ($0^0/00$) (mynd 2). Fiskurinn losar sig við þetta vatn sem þvag. Salttap bætir fiskurinn upp með þeirri fæðu sem fiskurinn neytir og með virkri upptöku á söltum úr vatni um tálkn og upptöku á söltum úr þvagi (Loretz og fl., 1982).

Í sjónum streymir vatn úr líkama fisksins og til að bæta vatnstapið þarf fiskurinn að drekka sjó (mynd 3). Við gönguseiðamynndunina eiga sér stað breytingar á vatnsbúskap fisksins sem gerir fiskinum kleift að drekka sjó og losa sig við saltið. Við gönguseiðamynndunina þróast klórið-frumur í vélinda (Collie og Bern 1982) sem vinna saltið úr sjónum áður en það fer niður í maga. Saltið fer síðan með blóðinu í tálknin og þaðan er því síðan dælt út um klórið-frumur (Burton og Idler 1984). Í

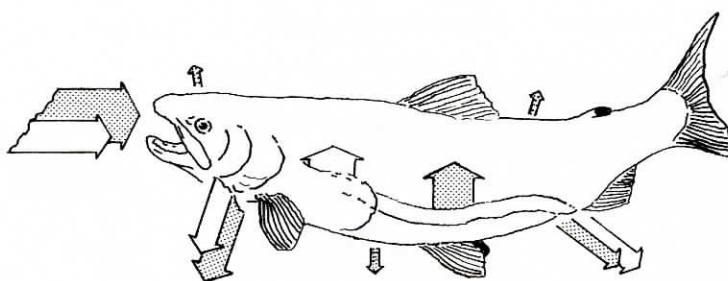
klórið-frumunum eru tvö ensím sem taka þátt í að losa fiskinn við salt, þ.e. Na^+/K^+ ATPase og succinic dehydrogenase (SDH). Magn þessara ensíma eykst þegar seiðin fara í gönguseiðabúning (McCartney 1976; Chernitskiy og Loenko 1983; Langdon og Thorpe 1984). Eftir að megnið af saltinu hefur verið tekið upp um vélindað fer vatnið niður í maga og þaðan niður í þarma þar sem vatnið er tekið upp í gegnum þarmaveggina (Loretz og fl., 1982).



SÖLT →

VATN →

Mynd 2. Í fersku vatni streymir vatnið inn í fiskinn. Fiskurinn losar sig við vatnið sem þvag. Tap á söltum bætir fiskurinn upp með virkri upptöku á söltum úr vatni um tálknin.



SÖLT →

VATN →

Mynd 3. Í sjó flæðir vatn úr likama fisksins. Fiskurinn drekkur mikinn sjó til að bæta vatnstapið og losar sig við lítið af þvagi. Salt sem fiskurinn drekkur losar hann sig við með að dæla því út um tálknin.

EFNASKIPTI OG LÍFEFNAFRÆÐILEGAR BREYTINGAR.

Við gönguseiðamyndun á sér stað aukning í vaxtarhraða (efnaskiptahraðanum) (Saunders og Henderson 1970), sem meðal annars kemur fram í aukinni súrefnisnotkun fisksins (Blake og fl., 1984; Higgins 1985). Þar sem fæða er takmörkuð og hitastig lágt um veturinn í ánni á meðan gönguseiðamyndunin stendur yfir, á sér stað veruleg minnkun á fituforða fisksins (Lovern 1934; Malikova 1957). Aukning í efnaskiptahraða við gönguseiðamyndun veldur einnig minnkun á glykogeni í lifur og vöðva (Malnikova 1957; Wendt og Saunders 1973).

Breyting á fitusýrusamsetningu fisksins hefur einnig verið mæld við gönguseiðamyndun (Lovern 1934) og er talið að þessar breytingar hafi með vatnsbúskapinn að gera (Sheridan og fl., 1983).

GÖNGUSEIÐAMYNDUN - FERSKVATNSAÐLÖGUN.

Ef gönguseiði komast ekki úr fersku vatni að vori fara þau úr gönguseiðabúningnum og aðlaga sig aftur að lífinu í fersku vatni (Evropeiteva 1958). Við það að fara úr gönguseiðabúningnum minnkar seltupol seiðanna (sjá mynd 1), silfurliturinn minnkar og öll önnur einkenni gönguseiðamyndunar ganga til baka (samantekt Valdimar Gunnarsson 1985). Hve langan tíma það tekur seiðin að fara úr gönguseiðabúningnum er háð hitastigi. Eftir því sem hitastigið er hærra því styttri er sá tími sem seiðin eru í gönguseiðabúningi og því fljótari eru þau að fara úr honum (Zaugg og McLain 1976; samantekt Valdimar Gunnarsson 1985).

Gönguseiðamyndun á sér stað með aukinni í daglengd og ef seiðin komast ekki úr fersku vatni í lok júni þegar dag fer að stytta á ný, ganga þau til baka og aðlaga sig aftur að lifi í fersku vatni.

HEIMILDIR

Baggerman, B., 1960. Factors in the diadromous migrations of fish. Symp. Zool. Soc. London, 1:33-60.

Bakshtansky, E.L., Barybina, I.A. & Nesterov, V.D., 1976. Changes in the intensity of downstream migration of Atlantic salmon smolts according to abiotic conditions.

ICES C.M. 1976/M:4:12 bls.

Bakshtansky, E.L., Nesterov, V.D. & Nekludov, M.N., 1982. Changes in behaviour of Atlantic salmon (Salmo salar L.) smolts in the process of downstream migration. ICES. C.M. 1982/M:5: 23 bls.

Blake, R.L., Roberts, F.L. & Saunders, R.L., 1984. Parr-smolt transformation of Atlantic salmon (Salmo salar): Activities of two respiratory enzymes and concentrations of mitochondria in the liver. Can.J.Fish.Aquat.Sci. 41: 199-203.

Burton, M.P. & Idler, D.P., 1984. Can Newfoundland landlocked salmon (Salmo salar L.) adapt to sea water? J.Fish Biol. 24:59-64.

Chadwick, E.M.P., 1981. Biological characteristics of Atlantic salmon smolts in Western Arm Brook, Newfoundland. Can.Tech. Rep.Fish.Aquat.Ser. 1024:45 bls.

Chernitskiy, A.G. & Loenko, A.A., 1983. The osmoregulatory system and possible ways and differentiation in ecological forms of Atlantic salmon (Salmo salar (Salmonidae)). J. Ichthyology, 23(6):84-94.

Clarke, W.C., Lundqvist, H. & Eriksson, L.-O., 1985. Accelerated photoperiod advances seasonal cycle of seawater adaptation in juvenile Baltic salmon (Salmo salar L.). J.Fish Biol. 26:29-35.

Collie, N.L. & Bern, H.A., 1982. Changes in intestinal fluid transport associated with smoltification and seawater adaptation in coho salmon (Oncorhynchus kisutch Walbaum). J.Fish Biol. 21:337-348.

Eriksson, L.-O., 1975. Diel & annual locomotor activity rhythms in some fresh water fish species with special reference to the seasonal inversion in salmonids. Ph.D. thesis, University of Ume, Sweden.

Eriksson, L-O. & Lundqvist, H., 1982. Circannual rhythms and photoperiod regulation of growth and smolting in Baltic salmon (Salmo salar L.). Aquaculture, 28:113-121.

Eriksson, T., 1984. Adjustment in annual cycles of swimming behaviour in juvenile Baltic salmon in fresh and brackish water. Trans. Am.Fish.Soc. 113(4):467-71.

Evropeitseva, N.V., 1957. Transformation to smolt stage and downstream migration of young salmon. Uch.Zap.Leningr. GOS. Univ., No. 228. Seriia Biologicheskikh Nauk No. 44:117-154. (Fish.Res.Bd.Transl.Ser. No.234, 1959).

Evropeitseva, N.V., 1958. Experimental analysis of the young salmon (Salmo salar L.) in the stage of transition to life

- in sea. Rapp.P.-v.Reun.Cons.int.Explor.Mer. 148:29-39.
- Farmer, G.J., Ritter, J.A. & Ashfield, D., 1978. Seawater adaptation and parr-smolt transformation of juvenile Atlantic salmon (Salmo salar L.). J.Fish.Res.Bd.Can. 35:93-100.
- Folmar, L.C. & Dickhoff, W.W., 1980. The parr-smolt transformation (smoltification) and seawater adaptation in salmonids. A review of selected literature. Aquaculture, 21:1-37.
- Hasler, A.D. & Scholz, A.T., 1983. Olfactory, imprinting and homing in salmon. Zoophysiology Vol. 14. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 134 bls.
- Higgins, P.J., 1985. Metabolic difference between Atlantic salmon (Salmo salar) parr and smolts. Aquaculture, 45:33-53.
- Hoar, W.S., 1939. The weight-length relationship of the Atlantic salmon J.Fish.Res.Bd.Can. 4:441-460.
- Hoar, W.S., 1976. Smolt transformation: Evolution, behavior, and physiology. J.Fish.Res.Bd.Can. 33:1234-52.
- Huntsman, A.G. & Hoar, W.S., 1939. Resistance of Atlantic salmon to sea water. J.Fish.Res.Bd.Can. 4:409-411.
- Johnston, C.E. & Eales, J.G., 1967. Purines in the integument of the Atlantic salmon (Salmo salar) during parr-smolt transformation. J.Fish.Res.Bd.Can. 24:955-964.
- Johnston, C.E. & Eales, J.G., 1968. Influence of temperature and photoperiod on guanine and hypoxanthine levels in skin and scales of Atlantic salmon (Salmo salar) during parr-smolt transformation. J.Fish.Res.Bd.Can. 25:1901-1909.
- Johnston, C.E. & Eales, J.G., 1970. Influence of body size on silvering of Atlantic salmon (Salmo salar) at parr-smolt transformation. J.Fish.Res.Bd.Can. 27:983-987.
- Július B. Kristinsson, Saunders, R.L. and Wiggs, A.J., 1985. Growth dynamics during the development of bimodal length-frequency distribution in juvenile Atlantic salmon (Salmo salar L.). Aquaculture, 45:1-20.
- Kallberg, H., 1958. Observations in a stream tank of territoriality and competition in juvenile salmon and trout (Salmo salar L. and Salmo trutta L.). Rep.Inst. Freshwater Res. Drottningholm 39:55-98.
- Kutty, M.N. & Saunders, R.L., 1973. Swimming performance of young Atlantic salmon (Salmo salar) as affected by reduced ambient oxygen concentrations. J.Fish.Res.Bd.Can. 30:223-227.

- Langdon, J.S., 1985. Smoltification physiology in the culture of salmonids. I: Recent advances in Aquaculture. Vol. 2 (ritstj. J.F. Muir & R.J. Roberts). bls.79-118. Croom Helm, London and Sydney, Westview Press, Bolder, Colorado.
- Langdon, J.S. & Thorpe, J.E., 1984. Response of the gill Na⁺/K⁺ ATPase activity, succinic dehydrogenase activity and chloride cells to seawater adaption in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), parr and smolt. *J.Fish Biol.* 24:323-331.
- Loretz, C.A., Collie, N.L., Richman, III, N.H. & Bern, H.A., 1982. Osmoregulatory changes accompanying smoltification in coho salmon. *Aquaculture*, 28:67-74.
- Lovern, J.A., 1934. Fat metabolism in fishes. V. The fat of the salmon in its young freshwater stages. *Biochem.J.* 28:1961-1963.
- Lundqvist, H., 1983. Precocious sexual maturation and smolting in Baltic salmon (*Salmo salar* L.): Photoperiodic synchronization and adaptive significance of annual biological cycles. *Akademisk avhandling. Dept. of Ecological Zoology, Univ. of Ume*, Sweden. 21 bls.
- Lundqvist, H., Clarke, W.C., Eriksson, L.-O., Funeg rd P. & Engström B., 1986. Seawater adaptability in three different river stocks of Baltic salmon (*Salmo salar* L.) during smolting. *Aquaculture*, 52:219-229.
- Malikova, E.M., 1957. Biochemical analysis of young salmon at the time of their transformation to a condition close to the smolt stage, and during retention of smolts in fresh water. *Tr.Latv.Otdel.VNIRO* Vol. II:241-255. (Transl. from Russian by Fish.Res.Bd.Can.Transl.Ser. No.232 1959).
- McCartney, T.H., 1976. Sodium-potassium dependent adenosine triphosphatase activity in gills and kidneys of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Comp.Biochem.Physiol.* 53A:351-353.
- McCormick, S.D. & Saunders R.L., 1987. Preparatory physiological adaptions for marine life of salmonids: Osmoregulation, growth, and metabolism. *American Fisheries Society Symposium* 1:211-229.
- McKeown, B.A., 1984. Fish Migration. Croom Helm Publishers Ltd., Beckenham, England, 230 bls.
- McInerney, J.E., 1964. Salinity preference: an orientation mechanism in salmon migration. *J.Fish.Res.Can.* 21:995-1018.
- Melnikova, M.N., 1970. Some features of young Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in several rivers in the White Sea Basin. *J.Ichthy.* 10(3):311-319.
- Orciari, R.D., Mysling D. & Leonard, G., 1987. Time of

migration and growth of two introduced strains of Atlantic salmon in a Southern New England Stream. American Fisheries Society Symposium 1:560.

Parry, G., 1958. Size and osmoregulation in salmonid fishes. Nature, 181:1218-1219.

Poe, P.H., 1975. Estimation of smolt survival tagging experiments in 1975. II. Comparison of natural and hatchery Atlantic salmon smolts. Part A. The 1975 smolt outmigration of the Ellidaá River. Activity report. UNDP. Iceland, Salmon and Trout Res. 50 bls.

Ruggles, C.P., 1980. A review of the downstream migration of Atlantic salmon. Can.Tec.Rep.Fish.Aquat.Sci. No.952:39pp.

Saunders, R.L., 1965. Adjustment of buoyancy in young Atlantic salmon and brook trout by changes in swimbladder volume. J.Fish.Res.Bd.Can. 22:335-350.

Saunders, R.L., 1979. Physiological and behavioral parameters involved in salmonid smolting with particular reference to Atlantic salmon. ICES. C.M. 1979/M:22: 16 bls.

Saunders, R.L. & Henderson, E.B., 1970. Influence of photoperiod on smolt development and growth of Atlantic salmon, (Salmo salar). J.Fish.Res.Bd.Can. 27:1295-1311.

Sheridan, M.A., Allan, W.V. & Kerstetter, T.H., 1983. Seasonal variations in the lipid composition of the steelhead trout (Salmo gairdneri Richardson), associated with parr-smolt transformation. J.Fish Biol. 23:125-134.

Sigurður Már Einarsson, 1986. Utilization of fluvial and lacustrine habitat by a wild stock of anadromous Atlantic salmon (Salmo salar L.) in an Icelandic watershed.

A thesis presented for degree of Master of Philosophy University of Edinburgh. 188 bls.

Thorpe, J.E. & Morgan, R.I.G., 1978. Periodicity in Atlantic salmon (Salmo salar L.) smolt migration. J.Fish Biol. 12: 541-48.

Thorpe, J.E., Morgan, R.I.G., Ottaway, E.M. & Miles, M.S., 1980. Time of divergence of growth groups between potential 1+ and 2+ smolts among sibling Atlantic salmon. J.Fish Biol. 17:13-21.

Valdimar Gunnarsson, 1985. Biologisk bakgrunn for kulturbetinget fiske av laks: En litteraturstudie. Kandidatoppgave i Akvakultur, Institutt for Fiskerifag, Universitetet i Tromsø. 155 bls.

Vigfús Jóhannsson, Sigurður Már Einarsson og Jónas Jónasson, 1987. Stærð gönguseiða í hafbeit. Eldisfréttir, 3(4):20-26.

- Wagner, H.H., 1974. Photoperiod & temperature regulation of smolting in steelhead trout (Salmo gairdneri). Can.J.Zool. 52:219-234.
- Wedemeyer, G.A., Saunders, R.L. & Clarke, W.C., 1980. Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromous salmonids. Mar.Fish.Rev. 42(6):1-14.
- Wedemeyer, G. A., Saunders, R.L. & Clarke, W.C., 1981. The hatchery environment required to optimize smoltification in the artificial propagation of anadromous salmonids. I: Bio-Engineering Symposium for Fish Culture (FCS. Publ.1): bls. 6-20.
- Wendt, C.A.G. & Saunders, R.L., 1973. Changes in carbohydrate metabolism in young Atlantic salmon in response to various forms of stress. Int.Atl.Salm.Symp.Spec.Publ.Ser. 4:55-86
- White, H.C. & Huntsman, A.G., 1938. Is the local behavior in salmon heritable ? J.Fish.Res.Bd.Can. 4:1-18.
- Pór Guðjónsson, 1978. The Atlantic salmon in Iceland. J.Agric.Res.Icel. 10(2):11-39.
- Zaugg, W.S. & McLain, L.R., 1976. Influence of water temperature on gill sodium, potassium - stimulated ATPase activity in juvenile coho salmon (Oncorhynchus kisutch). Comp.Biochem.Physiol. 54A:419-421.