

VATNSNOTKUN OG SÚREFNISNOTKUN Í LAXELDI

Valdimar Gunnarsson
Veidimálastofrunin
Hverfisgötu 116, Reykjavík

INNGANGUR

Hreint vatn er sá þáttur sem ræður mestu um uppbyggingu í laxeldi. Eldisvökvinn sem er til ráðstöfunar á einu ákveðnu svæði setur því mörk fyrir framleiðslugetu fyrirhugaðrar fiskeldisstöðvar. Til að geta áætlað framleiðslumagn stöðvarinnar út frá því vatnsmagni sem er til umráða þarf vatnsþörf fisksins að vera þekkt.

Það hefur hent í allt of mörgum tilvikum að vatnsnotkun hefur verið vanáætluð við hönnun laxeldisstöðva hér á landi. Vanáætlun á vatnsþörf hefur valdið því að vatnskerfi stöðvarinnar hefur verið byggt of lítið og rekstrarforsendur því ekki staðist. Þetta á sérstaklega við um hönnun stöðva sem framleiða matfisk (Valdimar Gunnarsson 1987).

Þeir þættir sem ákvarða vatnsnotkun í laxeldi eru súrefnisinnihald eldisvökvans og súrefnisnotkun fisksins. Vatnsnotkun er hægt að minnka með því að súrefnisbæta eldisvökvann með beinni dælingu á lofti í eldisker eða með dælingu á hreinu súrefni í eldisvökvann. Í greininni verður eingöngu fjallað um vatnsnotkun í laxeldi þar sem notaður er eldisvökvi, sem ekki er súrefnisbættur.

Í þessari grein er tekið fyrir súrefnisinnihald eldisvökvans miðað við mismunandi hitastig og seltu. Vatnsnotkun í laxeldi er áætluð út frá erlendum upplýsingum og í framhaldi af því eru teknir fyrir þeir þættir sem hafa áhrif á súrefnisnotkun fisksins og settar fram viðmiðunartillögur um vatns- og súrefnisnotkun fisks við áætlanagerð fyrir fiskeldisstöðvar.

SÚREFNISINNIHALD ELDISVÖKVA

Súrefnisinnihald eldisvökva er háð hitastigi og seltu eins og sýnt er í töflu 1. Súrefnisinnihald eldisvökvans lækkar einnig eftir því sem hæð frá sjó eykst.

TAFLA 1. Uppleysanlegt súrefni í mg O₂/líter við mismunandi hitastig (°C) og seltu (o/oo). Eldisvökvinn er 100% mettaður (Ross 1985).

Selta Hiti (°C)	0%	1%	2%	3%	3,5%
4	13.1	12.2	11.5	10.7	10.3
5	12.8	11.9	11.2	10.3	10.0
6	12.5	11.6	10.9	10.2	9.8
7	12.2	11.3	10.6	9.9	9.6
8	11.8	11.1	10.4	9.7	9.4
9	11.5	10.8	10.2	9.5	9.2
10	11.3	10.6	9.9	9.3	9.0
11	11.0	10.4	9.7	9.1	8.8
12	10.8	10.1	9.5	8.9	8.6
14	10.3	9.7	9.1	8.6	8.2
16	9.9	9.3	8.7	8.2	7.9

Ferskvatn sem er 4°C inniheldur 13,1 mg O₂/lítra, en sjór sem er 14°C inniheldur aðeins 8,2 mg O₂/lítra miðað við 35 o/oo seltu. Ef súrefnisinnihald eldisvökva í frárennsli er haft 6,5 mg O₂/lítra er hægt að taka úr 4,0°C heitu ferskvatni 6,6 mg₂/lítra en úr sjó sem er með 35,0 o/oo seltu

og 14,0°C heitur aðeins 1,7 mg O₂/lítra.

ÁÆTLUÐ VATNSNOTKUN Í LAXELDI

Áætluð vatnsnotkun hjá laxi við mismunandi hitastig og fiskstærð er sýnd í töflu 2.

TAFLA 2. Ferskvatnspörf (lítrar/kg fisk/mín) við mismunandi hitastig og fiskstærð. Reiknað er með 95% mettun á eldisvökva í inntaki og 5,0 mg O₂/lítra í frárennsli (Gjedrem 1986).

Hiti °C	Fiskstærð (gr)								
	1	2	4	6	10	20	100	1000	4000
2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
6	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
8	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1
10	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2
12	1.0	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2	0.2
14	1.2	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.5	0.3	0.2
16	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.6	0.4	0.3

Tafla 2 á eingöngu við um ferskvatn, en þegar sjór (35 o/oo saltur) er notaður, eykst vatnsnotkunin um 27%, vegna minna súrefnisinnihalds í sjó miðað við ferskvatn. Áætluð vatnspörf í töflu 2 á við um minni seiði (< 100 gr) þegar lítill straumhraði er hafður í eldiskeri. Taflan miðast einnig við að súrefnisinnihald eldisvökva í frárennsli sé 5,0 mg O₂/lítra sem er of lágt. Súrefnisinnihald eldisvökva í frárennsli þarf að vera minnst 6,0 mg O₂/lítra. Í þessu sambandi mætti nefna að við eldi á regnbogasilungi við háan hita (15°C) minnkar vöxtur þegar súrefnisinnihald eldisvökva fer undir 7,0 mg O₂/lítra í frárennsli.

Við framleiðslu á matfiski er áætluð vatnsnotkun í töflu 2 allt of lág. Reynslan í strandeldi hefur sýnt að vatnsnotkun er meira en helmingi meiri en gert er ráð fyrir í töflunni.

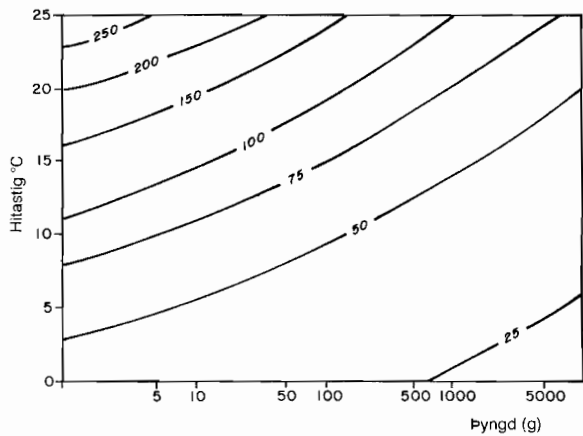
Til að geta áætlað vatnsnotkun í laxeldi er nauðsynlegt að geta gert sér grein fyrir hvaða þættir hafa áhrif á súrefnisnotkun. Í næsta kafla verður fjallað um þá þætti sem ákvarða súrefnisnotkun hjá laxi.

SÚREFNISNOTKUN HJÁ LAXI

Súrefnisnotkun er aðallega háð hitastigi eldisvökvans, fiskstærð, fóðrun og straumhraða (sjá Brett og Groves 1979).

Hitastig

Súrefnisnotkun (efnaskiptahraði) eykst með auknum vatnshita. Á 1. mynd er sýnd súrefnisnotkun (mg O₂/kg fisk/tíma) við grunnefnaskiptahraða (standard metabolic rates) hjá rauðlaxi (*Oncorhynchus nerka*) miðað við þyngd og hitastig. Grunnefnaskiptahraði er þegar fiskurinn er ófóðaður og í hvíldarstöðu.



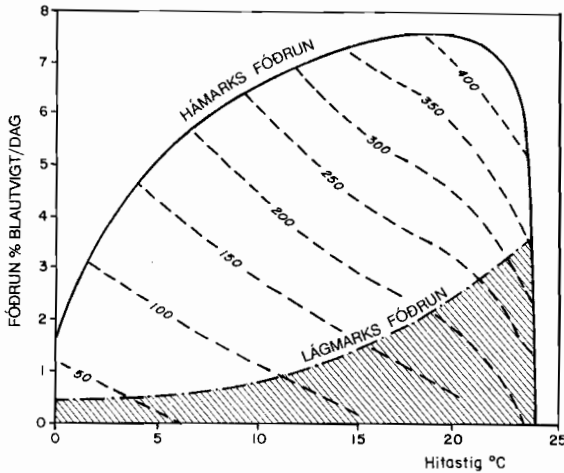
1. MYND. Súrefnisnotkun við grunnefnaskiptahraða (standard metabolic rates) hjá rauðlaxi (*Oncorhynchus nerka*) miðað við þyngd (log þyngd) og hitastig. Súrefnisnotkunin er mæld í mg O₂/kg fisk/tíma (frá Brett og Glass, 1973).

Fiskstærð

Vaxtarhraði (efnaskiptahraði) við ákveðið hitastig minnkar með aukinni fiskstærð. Súrefnisnotkun hjá 1 kg af litlum fiski er því meiri en súrefnisnotkun hjá 1 kg af stórum fiski. Súrefnisnotkun við grunnefnaskiptahraða miðað við mismunandi fiskstærð er sýnd á 1. mynd.

Fóðrun

Súrefnisnotkun (efnaskiptahraði) fisks eykst með aukinni fóðrun (2. mynd).



2. MYND. Súrefnisnotkun hjá 20 gr rauðlaxaseiðum (*Oncorhynchus nerka*) miðað við mismunandi fódruun í prósentum, blautvikt á dag og hitastig. Heila línan sýnir hámarks fódruun og punktallnan lágmarks fódruun til að viðhalda þyngd fisksins. Brotallnan sýnir súrefnisnotkun við mismunandi fódruun og hitastig (frá Brett og Groves 1979).

Straumhraði

Súrefnisnotkun laxins eykst með auknum straumhraða. Í töflu 3 er sýnt sambandið milli súrefnisnotkunar og straumhraða í fisklengdum á sek.

Með hlutfalli grunnefnaskiptahraða er átt við það hlutfall af heildarsúrefnisnotkun sem stafar af grunnefnaskiptahraða. Eins og tafla 4 sýnir hækkar þetta hlutfall eftir því sem hitastig eldisvökvans er hærra. Þetta gerir það að verkum að við hátt hitastig eykst súrefnisþörf fisksins hlutfallslega minna með auknum straumhraða í eldiskeri en við lágt hitastig.

TAFLA 3. Aukning í súrefnisnotkun við meiri straumhraða og hærri hitastig og aukning í hlutfalli efnaskiptahraða við hærri hitastig. Stærð laxaseiðanna (*Oncorhynchus nerka*) er 50,0 gr og súrefnisnotkun er mæld í mg O₂/kg fisk/mín. (frá Brett, 1964).

Hiti (°C)	Straumhraði (fisklengd/sek)		Aukning í súrefnisnotkun (%)	Hlutfall grunnefnaskiptahraða (%)
	0,0	1,0		
5.0	0.68	1.48	118	46
10.0	1.0	1.92	92	52
15	1.18	2.2	86	54
20.0	2.0	3.33	67	60

SÚREFNISÞÖRF/VATNSÞÖRF Í LAXELDI

Þegar vatnsnotkun í laxeldi er áætluð er mjög mikilvægt að gera sér grein fyrir þeim straumhraða sem fiskurinn kemur til með að lifa við. Í kerjaeldi þar sem mikill straumhraði er hafður, er súrefnisnotkun fisksins að stórum hluta til vegna sunds. Til dæmis ef straumhraðinn er aukinn frá 0,5 fiskilengdum/sek í 1,0 fiskilengdum/sek eykst súrefnisnotkunin um 50%. Þess vegna er mjög mikilvægt að gera sér grein fyrir straumhraða í eldiskerjum áður en vatnsnotkunin er áætluð.

Við áætlanir á vatnsnotkun í seiðaeldi er hægt að notast við töflu 2 svo framarlega sem straumhraða í eldiskeri er haldið lágum (um 0,5 fiskilengdum/sek). Ráðlegt er að gera ráð fyrir meiri vatnsnotkun við áætlanagerð fyrir seiðaeldi. Æskilegra er að nota upplýsingar úr töflu 4 til viðmiðunar í staðinn fyrir töflu 2. Þetta gefur möguleika á auknum straumhraða og því betri hreinsun í eldiskerinu. Rannsóknir hafa sýnt að seiði sem alin eru við mikinn straumhraða (1,0-2,0 fiskilengdum/sek) standa sig betur í laxeldi og hafbeit borið saman við seiði sem alin eru við minni straumhraða (Burrow 1969; Wendt og Saunders 1973; Besner 1980).

TAFLA 4. Ferskvatnsnotkun í seiðaeldi í lítrum/kg fisk/mín við mismunandi hitastig og fiskstærð. Gert er ráð fyrir 95% mettun eldisvökva og að súrefnisinnihald í frárennsli sé 6,5 mg O₂/lítra.

Vatns- hiti (°C)	Fiskstærð (gr)					
	1	5	10	15	25	50
2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
4	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3
6	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3
8	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	0.4
10	1.3	1.0	0.8	0.6	0.5	0.5
12	1.6	1.3	1.0	0.8	0.6	0.6
14	2.1	1.7	1.3	1.0	0.8	0.7
16	2.7	2.2	1.7	1.3	1.0	0.8

Óhætt er að fullyrða að vatnspörf fyrir matfiskeldi skv. töflu 2 sé vanáætluð. Vatnsnotkunin skv. töflunni miðast við að það sé allt að því straumlaust í eldiskerinu, en það kemur mjög sjaldan fyrir í laxeldi. Lítið hefur verið gert af því að mæla súrefnisnotkun í matfiskeldi, en reynslan hér á landi og erlendis sýnir að það þarf að meðaltali 1,5-2,0 mg O₂/kg fisk/mín fyrir alla stærðarflokka, allt eftir hitastigi eldisvökvans og straumhraða í eldiskeri. Ef miðað er við meðalhita 7,5°C og straumhraðann á 0,5 fisklengdir/sek er áætlað að súrefnisnotkun laxins sé 1,5 mg O₂/kg fisk/mín og við 10°C meðalhita og straumhraðann á 0,5 fisklengdir/sek 1,75 mg O₂/kg fisk/mín. Í matfiskeldi lækkar súrefnisnotkun fisksins lítið með aukinni fiskstærð. Ástæðan fyrir því er sú að stærsti hluti af súrefnisnotkun fisksins er tilkomin vegna sunds. Oftast er straumhraðinn (cm/sek) í eldiskerjum aukinn með aukinni fiskstærð. Þannig að allir stærðarflokkar eru við svipaðan straumhraða mældir í fisklengdum/sek.

Vatnspörf í matfiskeldi, þar sem meðalhiti er 7,5°C og straumhraði í eldiskerjum 0,5 fisklengdir/sek, er 0,27 lítrar/kg fisk/mín (súrefnisnotkun/súrefnisinnihald eldisvökva = 1,5/5,5) þegar ferskvatn er notað og 0,5 lítrar/kg fisk/mín (1,5/3,0) þegar sjór með 35 o/oo seltu er notaður.

Vatnsnotkunin miðast við að súrefnisinnihald í frárennsli sé 6,5 mg O₂/lítra.

TILVITNANIR

- Besner, M., 1980. *Endurance training: An affordable rearing strategy to increase food conversion efficiency, stamina, growth and survival of coho salmon smolts (Oncorhynchus kisutch)*. Ph. D. Thesis. Univ. of Washington, Seattle, WA, 200 pp.
- Brett, J.R., 1964. The respiratory metabolism and swimming performance of young sockeye salmon. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 21 (5): 1183-1226.
- Brett, J.R. and Glass, N.R., 1973: Metabolic rates and critical swimming speeds of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to size and temperature. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 30:379-87.
- Brett, J.R. and Groves, T.D.D., 1979. Physiological energetics. In: *Fish Physiology Vol VIII*. (eds. W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett), pp. 280-353. Academic Press, Inc.
- Burrow, R.E., 1969. The influence of fingerlings on adult salmon survivals. *Trans. Am. Fish. Soc.* 98:777-84.
- Gjedrem, T., 1986. Miljø for oppdrettsfisk. In: *Fiskeoppdrett med framtid*. (eds. T. Gjedrem), pp. 58-68. Landbruksforlaget.
- Pedersen, C.L., 1987. Energy budgets for juvenile rainbow trout at various oxygen concentrations. *Aquaculture*. 62:289-98.
- Ross, L.G., 1985. Oxygen electrodes. In: *Chemical and biological methods of water analysis for aquaculturalists*. (Eds. H.P. Stirling), pp. 33-44. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Stirling, Great Britain.
- Valdimar Gunnarsson, 1987. *Strandeldi - Líffræðilegar forsendur og arðsemi laxeldis*. Veidimálastofnun, VMST-R/87017. 26 bls.
- Wendt, C.A.G. and 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.* 4:55-88.