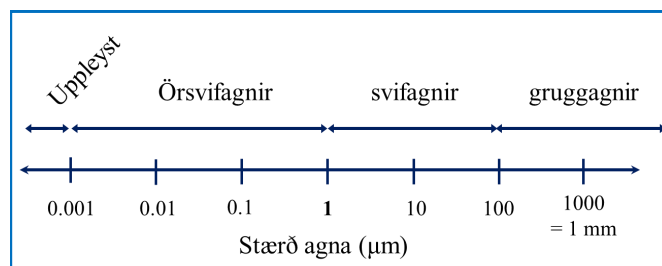


5. Hreinsun eldisvatns

Valdimar Ingi Gunnarsson, Ásmundur Baldvinsson, Guðbergur Rúnarsson og Jóhann Geirsson

Efnisyfirlit

5.1 GRUGGAGNIR.....	63
5.1.1 Eiginleikar gruggagna.....	63
5.1.2 Magn gruggsagna	64
5.1.3 Niðurbrot lífrænna agna.....	65
5.1.4 Hreinsun gruggagna.....	65
5.2 SJÁLFHREINSUN KARA.....	66
5.2.1 Hringlaga kar	66
5.2.2 Lengdarstraumskar	66
5.3 FJARLÆGING Á GRUGGI Í HRINGLAGA	
KARI	67
5.3.1 Samsett frárennsli	67
5.3.2 Kar með hliðarúttaki.....	68
5.3.3 Lausnir fyrir stór eldiskör?	68
5.4 FJARLÆGING Á GRUGGI Í LENGÐAR-	
STRAUMSKARI	70
5.4.1 Setþró í enda lengdarstraumskars	70
5.4.2 Trekta og V-rennur	71
5.4.3 Setþró með sírennsli	72
5.4.4 Einfalt sírennsli án setþróar	73
5.5 HREINSIBÚNAÐUR UTAN VIÐ KAR	73
5.5.1 Setkar og settjörn	73
5.5.2 Hvirfiskilja.....	74
5.5.3 Svífiskilja.....	74
5.5.4 Tromlusía.....	76
5.5.5 Hjólasía.....	77
5.5.6 Beltasía	77
5.6 NIÐURSTÖÐUR OG TILLÖGUR.....	78
5.6.1 Hringlaga kar	78
5.6.2 Lengdarstraumskar	78
5.6.3 Hreinsibúnaður utan við kar	78



Mynd 5.1. Stærð og heiti agna (Timmons o.fl. 2002).

og óétið fóður sem hefur brotnað niður og mynda grugg í vatninu (True o.fl. 2004a). Ögnunum er skipt niður í gruggagnir sem ná að botnfalla innan klukkutíma (>100 μm), svifagnir eins og nafnið bendir til ná ekki að botnfalla með góðu móti, örsvifagnir (< 1 μm) og uppleyst efni (Timmons o.fl. 2002).

Stærð saurs og agna

Stærð saurs eykst með aukinni fiskstærð og hjá smáum laxi (250 g) er um 60% saursins meiri en 0,5 mm að stærð (500 μm) (Elberizon og Kelly 1998). Í fjölda eru smáar gruggagnir í meirihluta en þegar miðað er við rúmmál breytast hlutföllin. Í frárennsli á þremur landeðisstöðvum með lengdarstraumskör mældust 42% gruggagna stærri en 200 μm og 36% mældist 1,5-30 μm (Maillard o.fl. 2005). Í annarri rannsókn mældist meðalstærð gruggagna um 250 μm og 76% agna var stærri en 105 μm (True o.fl. 2004a).

Fellihræði

Fellihræði ákvarðast af stærð agna og eðlismassa. Almenn viðist gilda að saur fiska hafi eðlismassa sem er nokkuð nálægt eðlisþyngd vatns og er því ekki auðfeldur úr vatninu. Fellihræði saurs fer eftir efnasamsetningu fóðursins sem fiskurinn étur, eðlisþyngd eldisvatns (hitastigi og seltuinnihaldi), fiskstærð og fisktegund. Eðlisþyngd saltvatns er hærri en eðlismassi ferskvatns þannig að grugg sest hægar í söltu vatni (Reid o.fl. 2008).

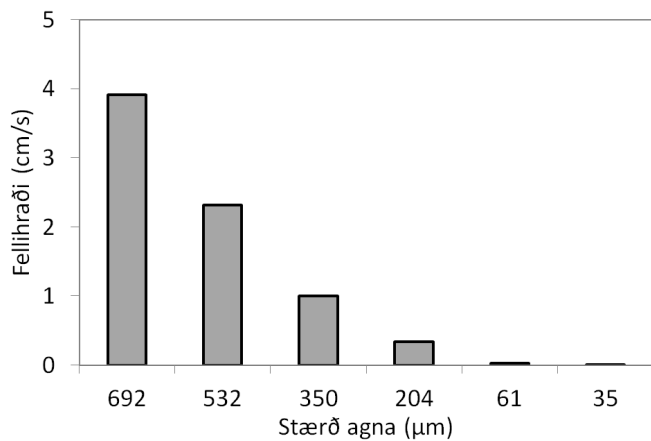
Fallhraði saurs í matfiskeldi er í cm/s (Reid o.fl. 2008). Saur regnbogasilungs (110 g) mældist að meðaltali 1,7 cm/s (Wong og Piedrahita 2000). Saur brotnar fljótt í minni agnir í eldiskarinu og dregur þá úr fellihræði.

5.1 Gruggagnir

5.1.1 Eiginleikar gruggagna

Hvað eru gruggagnir?

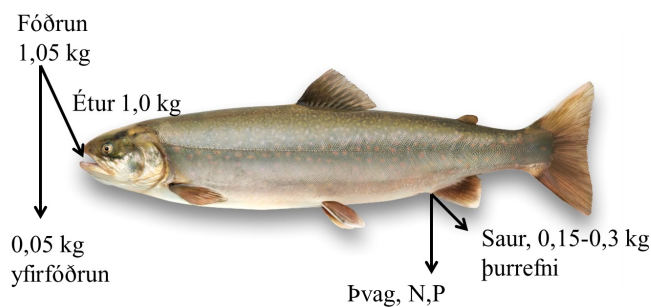
Úrgangur (waste) frá fiskeldi er skipt niður í lífrænar agnir (biosolids) og uppleyst næringarefni (mynd 5.1). Lífrænum úrgangi má skipta niður í stóra og smáar agnir. Stærri agnir eru saur og óétið fóður sem eru agnir stærri en 800 μm og botnfalla mjög fljótt. Minni agnir eru saur



Mynd 5.2. Fellihraði grugg- og svifagna af mismunandi stærð (Wong og Piedrahita 2000; Huggins o.fl. 2005).

Tafla 5.1. Tvö lykilatriði varðandi magn saurs og lífrænna agna í vatni (Timmons o.fl. 2002).

- Fyrir hvert eitt kíló af þurrfóðri (92% þurrefni) sem fiskurinn étur gefur hann frá sér eitt kíló af saur (18% þurrefni).
- Fyrir hvert mg af súrefni sem fiskurinn nýtir úr vatninu gefur hann frá sér 1-2 mg af saur/gruggögnum á hvern lítra vatns.



Mynd 5.3. Áætlað magn af úrgangsefnum sem fiskurinn losar.

Þegar miðað er við agnir sem eru 692 µm (um 0,7 mm) er fellihraðinn um 3,9 cm/s en fer niður undir í u.þ.b. 0,03 cm/s fyrir 61 µm agnir (mynd 5.2). Fellihraði fer mikið eftir eðlisþyngd og í þessum mælingum var hann 1,15 g/cm³ (Huggins o.fl. 2004). Í öðrum rannsóknum hefur eðlismassi mælst minni og agnirnar því sokkið hægar (True o.fl. 2004a).

Hve hátt hlutfall gruggagna botnfellur?

Stórar agnir, eða þær sem eru stærri en 100 µm (gruggagnir) geta sest til, en agnir á bilinu 1 – 100 µm (svifagnir) setjast ekki eða þá afar hægt (Timmons o.fl. 2002). Hve hátt hlutfall gruggagna botnfellur fer því eftir stærð agnanna og aðstæðum í eldiskari og gerð hreinsibúnaðar. Í einni rannsókn botnféll t.d. um 73% af saur regnbogasilungs (20-40 cm) í setþró í enda lengdastraumskars og 27% af ögnunum flutu með vatninu út úr karinu (Wong og Piedrahita 2000). Í hringrásarkerfum þar sem vatnið er endurnýtt eykst

magn smárra agna með aukinni endurnýtingu (Timmons o.fl. 2002). Það næst því lægra hlutfall lífrænna agna úr vatninu við fellinguna eftir því sem það er endurnýtt oftar.

5.1.2 Magn gruggsagna

Magn saurs

Magn af saur sem berst frá laxfiskum er talið vera um 0,15 kg fyrir hvert kg af þurrfóðri (92% þurrefnisinnihald) sem fiskurinn étur (Reid o.fl. 2002). Hlutfallið getur verið mjög breytilegt allt eftir meltanleika fódursins. Í eldri heimildum er hlutfallið talið hærri eða 0,1-0,3 kg (Chen o.fl. 1997) og um 0,3 kg (0,24-0,33 kg) fyrir hvert kg af þurrfóðri sem fiskurinn étur (mynd 5.3).

Saurinn er með lægra þurrefnisinnihald (18%) en þurrfóðrið (Anon. 1998). Ef miðað er við að fiskurinn geti ekki melt 0,2 kg af hverju einu kg af þurrfóðri (92% þurrefni) sem hann étur þá er þyngd saurs (18% þurrefni) um eitt kg. Þegar saur liggur í setþró dregur hann í sig vatn, fær dúnkennda áferð og er þumalfingurreglan að fyrir hvert kíló af þurrfóðri þurfi að gera ráð fyrir u.þ.b. átta sinnum meira rúmmáli í setþró (Timmons o.fl. 2002). Hér er ekki gert ráð fyrir yfirfóðrun, en ef hún er mikil geta hlutföllin hækkað umtalsvert.

Magn lífrænna agna í vatni

Magn lífrænna agna á hvern lítra vatns ákvarðast af magni saurs sem fiskurinn lætur frá sér og einnig eftir nýtingu á vatninu. Í þeim tilvikum sem vatnið er súrefnisbætt eða loftað í karinu eykst nýting á vatninu og þar með magn lífrænna agna á hvern lítra vatns. Einnig hefur áhrif magn „ryks“ sem losnar frá fóðrinu og yfirfóðrun ef svo háttar til.

Gera má ráð fyrir að fyrir hvert mg af súrefni sem fiskurinn nýtir út vatninu losi hann frá sér er nemur 1-2 mg af lífrænum ögnum á hvern lítra vatns. Ef miðað er við að fiskurinn nýti 5 mg súrefni úr lítra þá er magn lífrænna agna 5-10 mg/l (Timmons o.fl. 2002).

Magn lífrænna agna í frárennsli

Það er misjafnt hve mikið af lífrænum ögnum berast að frárennsli og geta verið miklar sveiflur frá einum tíma til annars. Það má þó gera ráð fyrir í þeim tilfellum þar sem sjálfhrensun er góð eins og í hringlaga körum sé tiltölulega litlar sveiflur í magni lífrænna agna í frárennsli. Aftur á móti í körum eins og lengdarstraumskörum þar sem sjálfhrensun er slök geta verið miklar sveiflur í magni gruggagna í frárennsli.

Mælt var magni lífrænna agna í landeðisstöð þar sem vatnið rann úr einu lengdarstraumskari yfir í það næsta. Í lengdarstraumskari 2 með lítinn þéttleika af fiski (15 kg/m³) mældust gruggagnir að jafnaði 1,4 mg/l og

jókst upp í 2,2 mg/l við föðrun (tafla 5.2). Aftur á móti þegar starfsmenn fóru niður í karið, þrengdu að fiski við slátrun fór magn lífrænna agna upp í 16,1 mg/l (0,6-115 mg/l). Í lengdastraumskari 3 sem nýtti frárennslið úr lengdastraumskari 2 mældist magn gruggagna 4 mg/l og fór upp í tæp 11 mg/l við föðrun (tafla 5.2).

Í frárennsli landeldisstöðva þar sem vatnið er ekki hreinsað er magn gruggs í frárennsli á bilinu 5 mg/l upp í 80 mg/l (Aquaetreat 2007). Yfirleitt er þó magn gruggagna í frárennsli undir 10 mg/l úr lengdarstraumskörum (Wong og Piedra 2000).

5.1.3 Niðurbrot lífrænna agna

Niðurbrot fisksaurs og fóður

Saur fiska er hulinn slímhjúp þegar hann berst frá fiskinum. Slímhjúpurinn er óskaddaður ef saurinn er fjarlægður fljótlega eftir að fiskurinn losar sig við hann. Ef saurinn nær að liggja í lengri tíma, valda sundhreyfingar fisksins og aðrir þættir er orsaka upprót og núning því að hann brotnar niður í smærri agnir. Hluti af saurinum leysist upp í vatnsleysanleg efni og er ferlið því hraðara eftir því sem agnirnar brotna meira niður. Sama gildir fyrir óétið fóður sem liggur á botninum (Anon. 1998).

Þó fisksaur sé að öllu jöfnu aðaluppspretta grugganga er uppleyst fóður einnig nokkuð stór þáttur. Fóðrið hefur samt mun meiri samloðun og brotnar niður í mun minna mæli. Því er hegðun og stærðardreifing agna af þessum tveimur gerðum ólík og mun auðveldar að losna við óétið fóður úr vatni en sauragnir (Timmons o.fl. 2002).

Vegna stöðugs niðurbrots lífrænna agna minnka þær eftir því sem nær kemur frárennsli. Með auknum þéttleika í kari minnkar einnig stærð lífrænna agna sem berast út úr karinu (Brinker og Rösch 2005).

Hönnun og niðurbrot lífrænna agna

Allt upprót og núningur brjóta niður agnirnar eins og t.d. vatnsfall og dæling. Með því að láta vatnið falla 0,7 metra minnkaði virkni tromlusíu úr því að fjarlægja 86,8% af lífrænum ögnum niður í 65% (Brinker og Rösch 2005). Dæling brýtur einnig niður lífrænar agnir stærri en 60 µm í smærri agnir, en virtist ekki hafa áhrif á minni agnir (McMillan o.fl. 2003). Á móti kemur að hluti af minni ögnunum límast saman þannig að niðurbrot er minna en ætla mætti (Brinker og Rösch 2005).

Mikilvægt er að fjarlægja lífrænar agnir eins fljótt og mögulegt eða áður en þær brotna niður í smærri agnir (tafla 5.3). Eftir því sem agnirnar eru minni er fallhraðinn hægari og erfiðara að hreinsa þær úr vatninu.

Tafla 5.2. Magn lífrænna agna í frárennsli lengdarstraumskars 2 og í næsta kari fyrir neðan, lengdarstraumskari 3 (Maillard o.fl. 2005).

	Lengdarstraumskar 2	Lengdarstraumskar 3
Magn af fiski (kg)	1.360	10.400
Þéttleiki (kg/m ³)	15,2	72,8
Fóðrun (kg/dag)	22,7	45,4
Stærð kars í m (l x b x h)	60x4,4x0,33	58x8x0,3
Vatnsrennsli (l/s)	85	163
Fiskur í hvíld, mg /lítra	1,4 (0-6,6)	4,0 (0,4-14)
Við fóðrun, mg /lítra	2,2 (1,3-3,7)	10,7 (3,2-15,8)

Tafla 5.3 Lykilatriði við hönnun til að draga úr niðurbroti lífrænna agna.

Við hönnun er mikilvægt að huga að eftirfarandi:

- Hafa flutningsleið lífrænna agna að hreinsibúnaði eins stutta og mögulegt er.
- Lágmarka þann tíma sem tekur að flytja lífrænar agnir að hreinsibúnaði.
- Lágmarka allt umrót og núning á lífrænum ögnum við flutning.

5.1.4 Hreinsun gruggagna

Tvær aðferðir

Í matfiskeldi er í grunnin tvær aðferðir að fjarlægja gruggagnir úr frárennsli (Aquaetreat 2007):

- Þyngdaraflsaðferðir (felling) – Notkun á búnaði af mismunandi tæknistigi sem byggir á þyngdarafslögmálinu.
- Síutækni – Notkun á orku og síubúnað til að fanga gruggagnir.

Felling

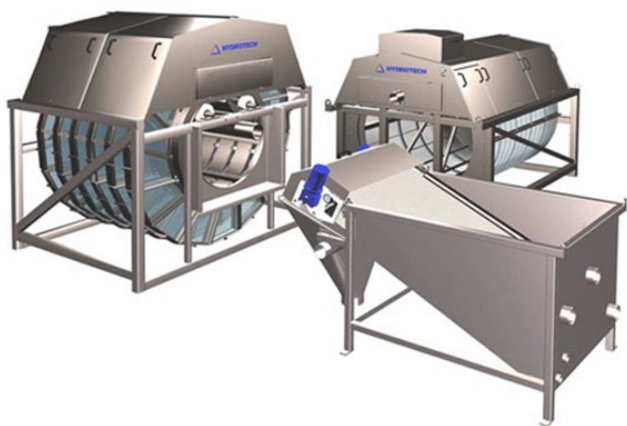
Felling og síun eru þær aðferðir sem henta fyrir matfiskeldi á bleikju. Felling er notuð í lengdarstraumskari með sérstakt fellisvæði eða setþró við frárennsli (kafla 5.4.1) eða í sérstökum búnaði í miðju kari (kafla 5.4.2 - 5.4.4). Þessa aðferð er einnig hægt að nota í hringlaga kari með samsettu miðjufrárennsli (5.3.1) og kari með hliðarúttaki (kafla 5.3.2). Vatn sem kemur út úr karinu er síðan hægt að hreinsa í hvirfiskilju (kafla 5.5.2), svífiskiljur (kafla 5.5.3) eða í settjörn og setkari (kafla 5.5.1). Með fellingu er ekki hægt með góðu móti að fjarlægja minni agnir en 100 µm.

Síutækni

Margar gerðir eru til af síum, en það eru vélrænar síur sem taldar eru að henti best fyrir matfiskeldi á bleikju (mynd 5.5). Hér er um að ræða tromlusíu (kafla 5.5.4), hjólsíu (kafla 5.5.5) og beltasíu (kafla 5.5.6). Vatnið er síað í gegnum síubúnað með gatastærð allt niður í 60



Mynd 5.4. Hvirfilskilja við eldiskar hjá Hólalaxi (Ljósmynd: Ásmundur Baldvinsson).



Mynd 5.5. Þrjár útfærslur af vélrænum síum frá Hydrotech (www.hydrotech.se).

um og fjarlægur hluti af svifögnum sem felling gerir ekki að öllu jöfnu (Timmons o.fl. 2002). Einn megin munur á þessum tveimur aðferðum er að það þarf orku við hreinsun með síubúnaði en að öllu jöfnu ekki þegar felling er notuð.

5.2 Sjálfhreinsun kara

5.2.1 Hringlaga kar

Hvað þættir hafa áhrif á sjálfhreinsun?

Með sjálfhreinsun er átt við að grugg berst út úr karinu án þess að það þurfi að soga það upp, bursta eða flussa út. Sjálfhreinsun kara ræðst af eftirfarandi þáttum:

- Lögun karsins og betri sjálfhreinsun er í hringlaga kari en lengdarstraumskari.
- Straumhraða, það þarf að vera ákveðinn botnstraumur til að flytja gruggagnir að frárennsli.
- Fiskmagni í kari, en það hreinsar sig betur eftir því sem þéttleiki er meiri.

Hvað þarf straumhraðinn að vera mikill?

Til viðmiðunar er miðað við fyrir lítill kör að hringstraumhraðinn þurfi að lágmarki að vera 12-15 cm/s og að botnstraumurinn sé að lágmarki 6-8 cm/s (Skybakmoen 1991). Hér skiptir miklu máli stærð fisksins í karinu, þ.e.a.s. saursins og má gera ráð fyrir að straumurinn þurfi að vera meiri eftir því sem fiskurinn er stærri. Tillögur um lágmarks straumhraða eru allt frá 4 cm/s upp í 30 cm/s (Masaló 2008).

Stærð karsins hefur áhrif á nauðsynlegan straumhraða til að viðhalda sjálfhreinsun í karinu. Fyrir minni kör (3,7 m í þvermál) þarf hann að vera 15 cm/s og stærri kör (9,2 m í þvermál) þarf straumhraðinn að vera 30-37 cm/s en í þessum tilvikum var þéttleiki 100-150 kg/m³. Niðurstaður rannsóknarinnar var að hringstraumurinn þurfi að lágmarki að vera sem nemur að vatnið fari 1,3 hring í karinu á hverri mínútu (Summerfelt o.fl. 2000b).

Áhrif fisksins

Sundhreyfingar fisksins mynda hvirfla sem verða meiri eftir því sem virkni fisksins eykst og þéttleiki er aukinn í karinu. Fiskurinn ratar upp ögnum af botni karsins og ýtir úrgangi í áttina að frárennsli (Masaló o.fl. 2008a; Masaló og Oca 2008). Það kemur vel fram þegar lítið er af fiski í karinu, en þá vill safnast úrgangur fyrir á botni þess og sjálfhreinsunin eykst síðan með auknum þéttleika (Lekang o.fl. 2000; Timmons o.fl. 2002). Gera má ráð fyrir að áhrif sundahreyfinga fisksins á sjálfhreinsun karsins verður meira áberandi eftir því sem straumhraðinn í karinu er minni.

Sjálfhreinsun í stórum körum

Fyrst eftir að stóru eldiskörin (2.000 m³) voru tekin í notkun í strandeldisstöðvum hér á landi bar á því að saur og fôðurleifar söfnuðust fyrir á botni karsins. Til að hreinsa af botni karsins var útbúið botnskafa sem fest var við rör sem gengur upp úr miðjufrárennsli. Straumur knúði síðan botnsköfuna áfram hring eftir hring í karinu (Grímur Kjartansson o.fl. 1995; kafli 9). Með að bæta straummyndunina í karinu varð ekki lengur þörf á notkun botnsköfu (kafli 3.2.1).

Vegalengd sem saur og fôðuragnir þurfa að fara lengist með auknu þvermáli kars. Til að úrgangurinn verði ekki lengur í stóru kari þarf straumhraðinn að vera meiri en í litlu kari. Hér getur lausnin verið að láta ristina ná yfir stærra svæði í karinu án þess þó að auka stærð ristar (Skybakmoen 1988), t.d. með notkun á stjörnufrárennsli (kafli 4.3.1).

5.2.2 Lengdarstraumskar

Fiskurinn sér um sjálfhreinsunina

Vegna lítills straumhraða er sjálfhreinsun í lengdarstraumskari lakari en í hringlaga kari. Það er því alltaf hætt á uppsöfnun á lífrænum leifum og í verstu tilfellum myndun hættulegra gassambanda ef

úrgangurinn nær að rotna. Lengdarstraumskar er aðeins sjálfhreinsandi þegar mikið magn er af fiski í þeim. Hreyfingar fisksins ýta saur og fóðurleifum niður lengdarstraumskarið (Wester 1994).

Aukinn straumhraði

Það hafa verið þróuð spjöld (baffles) í lengdarstraumskari til að það nái að hreinsa sig betur (kaflí 3.2.2) en fram að þessu hefur þessi búnaður lítið verið notaður (Anon 2010). Laus spjöld eru notuð í litlum lengdarstraumskörum en eru ekki algeng í stórum körum. Þörf á lausum spjöldum er meiri við eldi á minni fiski sem geta ekki ýta saur og fóðurleifum með sundhreyfingum sínum í sama mæli og stærri fiskur (Anon. 1998; Summerfelt o.fl. 2000).

Meira niðurbrot á lífrænum ögnum

Saur og fóðurleifar eru lengur að berst út úr lengdarstraumskari en hringlaga kari. Það ásamt sundhreyfingum fisksins er þess valdandi að saur og fóðurleifum brotna í meira mæli niður í smærri agnir og erfiðara verður að hreinsa þær úr vatninu (tafla 5.4). Þetta er sérlega neikvætt í hringrásarkerfum þar sem mikilvægt er að halda lífrænum ögnum í vatninu í lágmarki til að tryggja sem best virkni lífhreinsa (Wester 1994; Mortensen 2006).

Stytta tíma lífrænna agna í kari

Til að draga úr þeim tíma sem gruggagnir eru í karinu er hægt að vera með setþrær með tiltölulega stuttu millibili (kaflí 5.4.2) og draga þannig úr niðurbroti agna. Fjarlægðin á milli setþróa miðast þá við að gruggagnir nái að stórum hluta að falla til botns. Það skal þó haft í huga að við aukinn þéttleika mynda fiskarnir meiri iðustraum (turbulence) sem getur valdið því að agnirnar í vatninu haldist lengur svíflægar (Masaló 2008).

5.3 Fjarlæging á gruggi í hringlaga kari

5.3.1 Samsett frárennsli

Tilgangurinn með samsettu frárennsli

Með því að nota samsett frárennsli er hægt að fá stóran hluta gruggagna út um eitt frárennsli og út um annað tiltölulega hreint vatn sem jafnvel er hægt að nýta aftur án frekari meðhöndlunar. Þegar megnið af gruggögnum er tekið út um annað frárennslið er hægt að nýta hreinsibúnað með minni afköst. Stöðug losun á úrgangi úr kari dregur einnig úr að saur fisksins brotni niður og leysist upp. Talið er að þetta sé einn af bestu kostum hringlaga kara fram yfir lengdarstraumskör (Anon 2010).

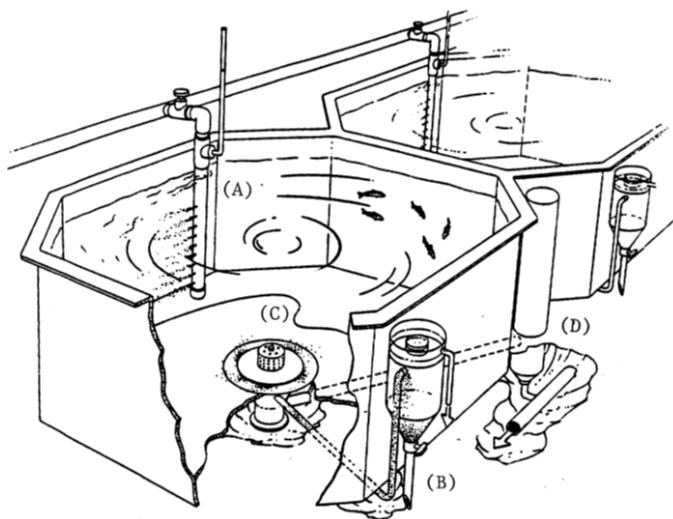
Tvöfalt frárennsli

Hér er um að ræða kar með turn og rist niður við botn. Í turninum upp við yfirborð er tekið tiltölulega hreint

Tafla 5.4. Mikilvægt við hönnun lengdarstraumskara til að lágmarka niðurbrot lífrænna agna.

Til að minnka niðurbrot á saur og fóðurleifum er mikilvægt að hafa til viðmiðunar við hönnun og rekstur lengdarstraumskara (Brinker og Rösch 2005):

- Koma í veg fyrir að iðustraumur myndist í karinu, hvort sem það er vegna rangrar hönnunar eða vegna framkvæmda.
- Aukið dýpi í lengdarstraumskari eykur niðurbrot lífrænna agna.
- Forðast að það myndist „dauð svæði“ þar sem gruggagnir setjast, liggja óhreyfðar í lengri tíma og leysast upp.
- Fóðra fiskinn í yfirborðinu og forðast mikið umrót sérstaklega neðarlega í karinu.
- Stærsti fiskurinn skal hafður neðst í lengdarstraumskarinu.
- Hafa sem stýðstu vegalengd fá milli setþróa og frárennslis að hreinsibúnaði utan karsins.

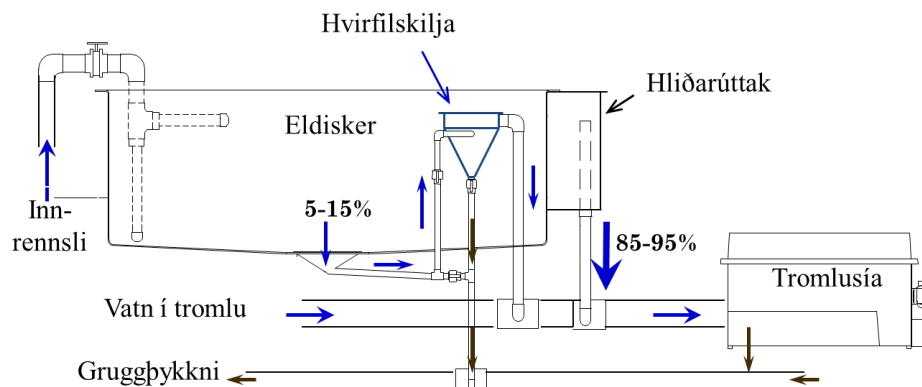


Mynd 5.6. Kar með tvöföldu miðjufrárennsli (grugggildru) og skilju (ECO-TRAP). A. Innstreymishólkur. B. Skilja sem tekur við gruggögnum úr þrængri frárennslislögninni með megnið af lífrænu ögnunum. C. Sverari frárennslislögnin þar sem megnið af vatninu fer út úr karinu. D. Hæðarstýring fyrir karið (Heimild: AquaOptima).

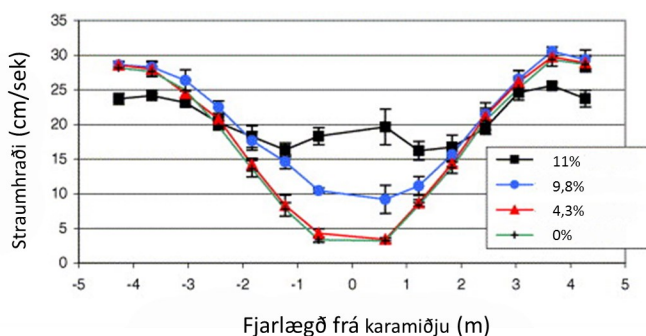
vatn en gruggagnirnar fara að stærstum hluta út um frárennsli í botni karsins. Með því að taka um 50% af vatninu út um botnristina á 190 m³ kari með laxaseiðum og leiða það inn í hvirfiskilju var áætlað að fjarlægt væri um 63% af saur sem fiskurinn gaf frá sér (Couturier o.fl. 2009).

Tvöfalt miðjufrárennsli (grugggildra)

Hér er um að ræða miðjufrárennsli með tveimur frárennslislögnum. Megnið af vatninu með tiltölulega lítið af gruggögnum fer út um turnfrárennsli í gegnum sverari lögnina og þaðan í frekari hreinsun, oft tromlusiu eða í endurnotkun án hreinsunar. Megnið af gruggögnunum sogast undir disk sem er rétt yfir botni karsins og þaðan út um mjórri lögn yfir í skilju sem höfð er fast upp við karið (mynd 5.6). Heiti á grugggildrunni og skiljunni er ECO-TRAP og er



Mynd 5.7. Kar með hliðarúttaki (Cornell Dual-Drain) ásamt tengingu við hvirfilskilja og tromlusíu (Ebeling og Vinci 2011).



Mynd 5.8. Straumhraði í 150 m³ kari miðað við mismunandi magn af vatni (0-11%) sem tekið er út um miðjufrárennsli (Davidson og Summerfelt 2004).

Tafla 5.5. Tími sem tekur fôðurköggla að fara út úr 150 m³ kari miðað við mismunandi rennsli út um miðjufrárennsli (Davidson og Summerfelt 2004).

Vatnsrennsli út um miðjufrárennsli	L/mín á m ² botnflatar	Tími sem tekur fôður að fara út um frárennsli (mín)
11,0%	7,9	1,5
9,8%	7,1	2,03
4,3%	3,1	Fór ekki út

einkaleyfisvernduð hönnun (www.aquaoptima.com).

Í gegnum grugggildruna er tekið 5% í litlum körum og 2-3% í stærri körum af heildarrennsli í karið. Grugggildrun hafa mikið verið notuð í minni körum og vitað er að þær virka vel í körum upp í 300 m³ (Schei og Fosseng 2008). Í skiljunni eru fjarlægt allt að 90% gruggagna eða jafnvel meira (kafla 5.5.2). Þegar tekið er tillit til alls vatnsins þ.e.a.s. einnig það sem fer út um turnfrárennsli er a.m.k. fjarlægt 50% af öllum lífrænum ögnum í vatninu (Solbakken o.fl. 2005).

5.3.2 Kar með hliðarúttaki

Hvernig virkar búnaðurinn?

Í hringlaga kari er einnig hægt að nota hliðarúttak og

miðjufrárennsli til að hreinsa vatnið (mynd 5.7). Stærsti hluti af vatninu sem er með lágt hlutfall af lífrænum ögnum er tekinn út um hliðarúttak og þaðan í tromlusíu (mynd 5.7) eða er endurnýtt án frekari meðhöndlunar. Út um miðjufrárennsli fer lítill hluti af heildarrennslinu en stór hluti af lífrænum ögnum þaðan upp í skilju. Í karinu er hringstreymi og lífrænar agnir safnast að miðjufrárennsli eins og talauf í bolla sem hrært er í. Mestur er straumurinn út við hliðar karsins

og minnkar eftir því sem nær kemur miðjufrárennsli. Eftir því sem minna magn af vatni er tekið út um miðjufrárennsli er straumhraðinn hægari fyrir miðju kari (mynd 5.8). Fallhraði gruggagna er lítill út við hliðar karsins þar sem straumhraðinn er mestur en eykst síðan eftir því sem nær dregur miðjufrárennsli (Davidson og Summerfelt 2004). Ef lítið magn af vatni er tekið út um miðjufrárennsli ná fôðurköggla ekki að fara út úr karinu (tafla 5.5).

Magn gruggfna út um miðjufrárennsli

Í tilraunum í 10 m³ kari þar sem 12-18% af vatninu var tekið út um miðjufrárennsli var u.þ.b. níu sinnum meira af lífrænum ögnum en í hliðarúttaki eða 17,1 mg/l á móti 2,2 mg/l (Summerfelt o.fl. 2004a). Í annarri tilraun með kar af svipaðir stærð var magn lífrænna agna 26,2 mg/l úr miðjufrárennsli á móti 2,5 mg/l úr hliðarúttaki eða 10 faldur munur. Út um miðjufrárennsli var tekið 22% af vatninu og þar fóru út tæp 60% af heildarmagni lífrænna agna (Summerfelt o.fl. 2000b). Munurinn á hlutfalli lífrænna agna í vatni frá miðjufrárennsli og hliðarúttaki var heldur lægri fyrir 150 m³ kar eða 6-7 faldur. Jafnframt var magn lífrænna agna í vatni úr hliðarúttaki heldur herra eða 3,2-4,5 mg/l (Davidson og Summerfelt 2005).

Hlutfall vatns tekið út um miðjufrárennsli

Fyrir 150 m³ er mælt með að vatnsrennsli út um miðjufrárennsli nemi 5-6 L/mín á hvern 1 m² botnflatar karsins. Hlutfall vatns sem þarf að taka út um miðjufrárennsli fer allt eftir vatnsrennslinu í karið. Til viðmiðunar þá þarf að fara 15-30% af vatninu út um miðjufrárennsli allt eftir dýpt karsins þegar miðað er við að það taki eina klukkustund að fylla karið og að það fari 5-6 L/mín út um miðjufrárennsli á hvern fermetra botnflatar kars (Davidson og Summerfelt 2004).

5.3.3 Lausnir fyrir stór eldiskör?

Þörf er á nýrri útfærslu fyrir stærri kör

Tilraunir sýna að samsett miðjufrárennsli virkar ágætlega upp að a.m.k. 300 m³ karastærð. Þegar þessi útfærsla er notuð fyrir stór kör má gera ráð fyrir miklum

svelgi fyrir miðju kari. Við það geta gruggagnir þýrlast upp við iðustreymi og lægra hlutfall agna fer undir diskinn. Viðfangsefnið er því að minnka svelgin við frárennsli. Það er t.d. hægt að gera með að hafa stjörnufrárennsli og/eða hliðarúttak. Annað viðfangsefni er að flutningsleið gruggagna að frárennsli lengist með aukinni stærð kars. Til að stytta flutningsleiðina og draga úr niðurbroti gruggagna er hægt að nota stjörnufrárennsli.

Kar með hliðarúttak og samsett miðjufrárennsli

Til að minnka vatnsflæðið út um miðjufrárennsli er hægt að vera með hliðarúttak og taka þar út megnið af vatninu í karinu. Það er síðan hægt að stjórna vatnsflæðinu í gegnum hliðarúttak og efra miðjufrárennsli til að fá góða straummyndun og sjálfhreinsun í karinu (Despres og Couturier 2006). Með þessum móti er hugsanlega hægt að minnka rennsli um miðjufrárennsli í svipað magn og er í minni kórum án hliðarúttaks. Ef gengið er út frá að 20% af vatninu fari út um miðjufrárennsli á 1.500 m³ kari þá er magnið svipað eins og þegar allt vatnsrennsli fer út um samsett miðjufrárennsli á 300 m³ kari. Kör með hliðarúttak eru að öllu jöfnu lítil og vitað er um tæplega 900 m³ kar (16 metrar í þvermál) sem er í smíðum (Summerfelt 2011). Það er því engin reynsla af því hvort hliðarúttak henti fyrir mjög stór kör (> 1.500 m³) og hvort straumfræðilegir eiginleikar karsins verði fullnægjandi.

Magnúsarstjarna

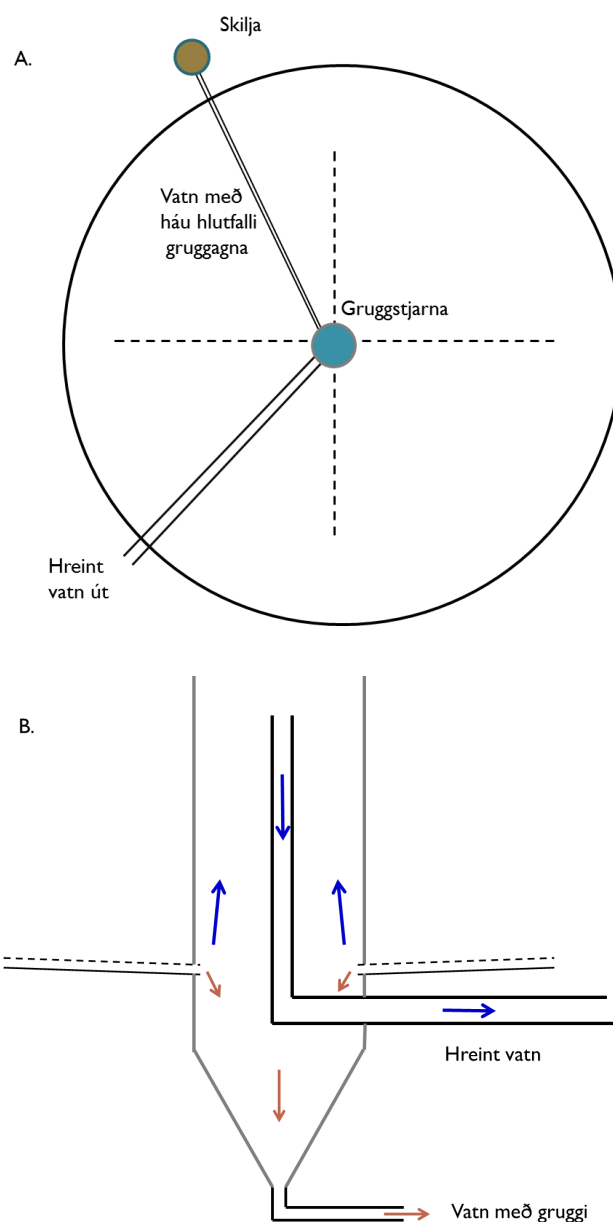
Til að auka vatnsrennsli um miðjufrárennsli án þess að mikill svelgur myndist er hægt að nota stjörnufrárennsli. Með þessu móti væri hægt að auka vatnsrennsli út um miðjufrárennsli enn frekar. Til að stytta flutningsleið gruggagna í stórum kórum væri hægt að hafa vatnslögn með raufum út frá miðjufrárennsli eins og hefur verið í eldiskörum hjá Tungusilungi og Bæjarvík í meira en tvo áratugi. Í kórum sem eru allt að 29 metrar í þvermál (mynd 5.9) er lítið vatnsrennsli en þrátt fyrir það hafa þau verið með viðunandi sjálfhreinsun. Þau vandamál sem upp hafa komið eru að raufar í vatnslögnunum hafa stíflast af mosa og möl. Eftir að vatnsinntakan var bætt var málið leyst. Fyrir miðju er hæðarstýring sem er allt að tæpir 4 m í þvermál. Í botni hæðarstýringarinnar hefur safnast grugg þar sem uppstreymi hefur ekki verið nægilegt til að lyfta gruggögnum upp í innra rörið. Það hefur því þurft að flussa reglulega úr hæðarstýringunni (Finnur Pétursson, munnl. uppl.).

Gruggstjarna

Með að nýta hugmyndafræði Magnúsarstjörnu og hvirfilskilju er hægt að hanna búnað fyrir miðju kari sem hér nefnist gruggstjarna. Vatnslagnir með raufum væru tengd hvirfilskilju sem staðsett væri í miðjufrárennsli. Vatn með gruggögnum bærust með lögnunum inn í gruggstjörnuna. Gruggagnir sykkju til

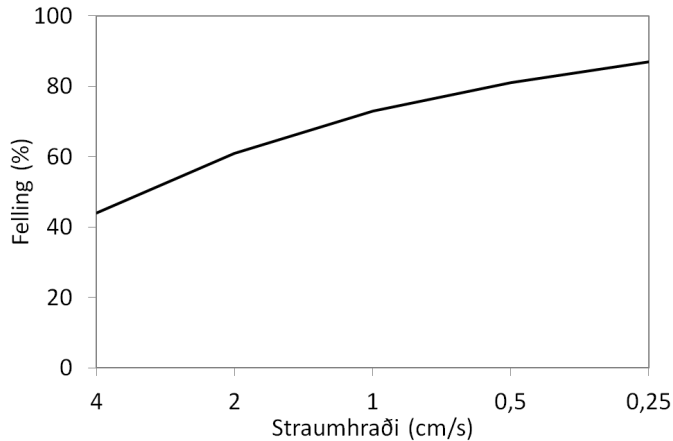
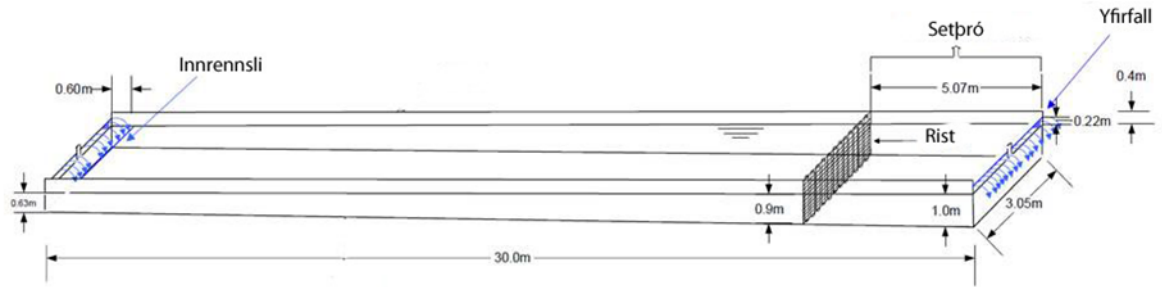


Mynd 5.9. Gamalt kar með stjörnufrárennsli í Bæjarvík í Tálknafirði. Stjörnufrárennslið samanstendur af fjórum vatnslögnum með raufum (Ljósmynd: Valdimar Ingi Gunnarsson).



Mynd 5.10. Gruggstjarna í stóru eldiskari. A. Séð ofan á karið. B. Þversnið af gruggstjörnu (Teikning: Valdimar Ingi Gunnarsson).

Mynd 5.11. Skýringarmynd af einfaldri gerð af setþró í lengdarstraumskari (Huggins o.fl. 2004).



Mynd 5.12. Áætlað hlutfall gruggagna sem botnfalla í setþró m.v. mismunandi straumhraða upp úr þrónni (Wong og Piedrahita 2000).

botns og hreinna vatn stigi upp og færur út um sverari frárennislögnina. Hægt væri að hafa neðra frárennslíð í gruggstjörnunni að neðanverðu opið og vera með sírennslí í aðra skilju utan við karið (mynd 5.10).

Í körum sem Magnúsarstjarna hefur verið reynd er tiltölulega lítið vatnsrennslí og straumhraði lítill. Gruggagnir setjast því fljótt niður á botninn og sogast niður um raufar á vatnslögnunum. Í körum sem vatnsrennslí og straumur er meiri getur verið erfiðara að ná gruggögnunum niður um raufar á vatnslögnunum og þarf eflaust að vera meiri kraftur í soginu inn í vatnslögnina.

5.4 Fjarlæging á gruggi í lengdarstraumskari

5.4.1 Setþró í enda lengdarstraumskars

Lengdarstraumskar sem fellisvæði

Líta má á lengdarstraumskar sem eitt stórt fellisvæði, agnir sökkva niður að botni karsins og berast með straumnum að frárennslí. Þegar kemur að setþrónni í enda lengdarstraumskarsins er megnið að gruggögnunum komið niður að botni karsins. Í lengdarstraumskarinu þýrlar fiskurinn upp gruggögnunum en með því að hafa svæði án fíks með að afmarka setþróna í enda karsins með rist ná agnirnar að botnfalla (mynd 5.11).

Felling

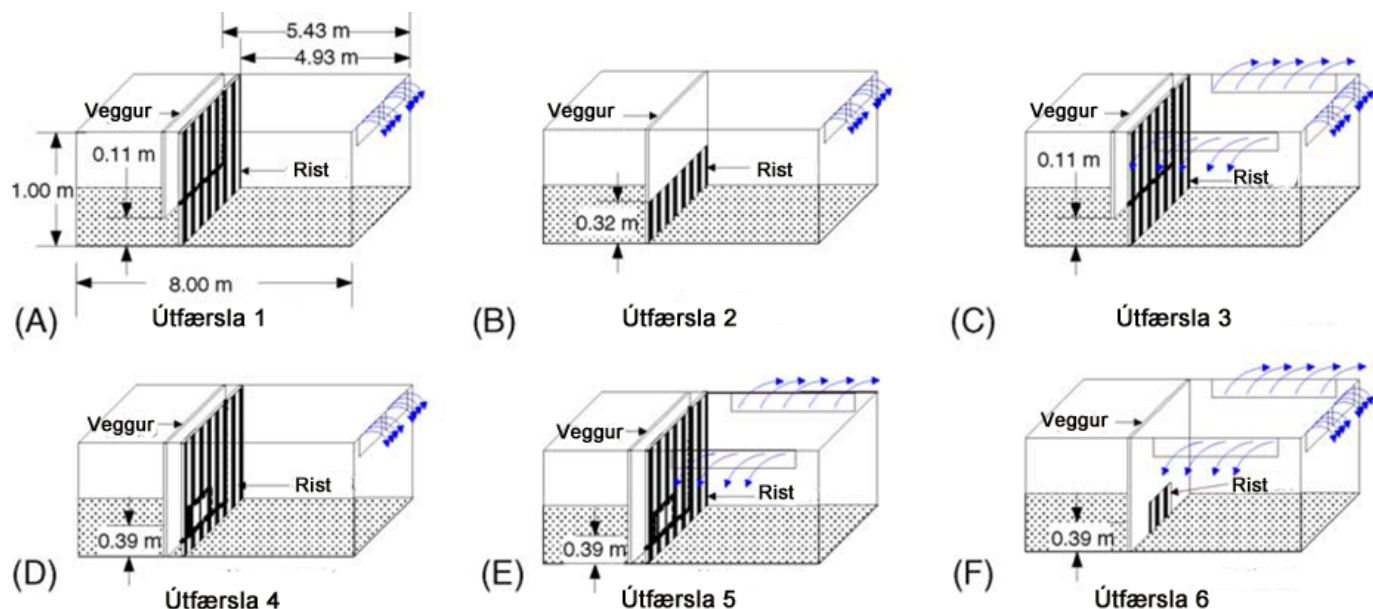
Hraði á vatni sem streymir upp úr setþrónni hefur mikil áhrif á fellingu gruggagna. Hve hátt hlutfall af gruggögnum sest á botninn fer eftir straumhraðanum og færri og stærri agnir ná að setjast eftir því sem uppstreymið upp úr setþrónni er meira. Ef straumhraðinn er 4 cm/s er áætlað að um 44% gruggagna náist úr vatninu og með því að auka flatarmál setþróarinnar og minnka straumhraðann niður í 0,5 cm/s eykst hlutfall gruggagna sem botnfalla upp í um 80% (mynd 5.12). Það skal þó haft í huga að hlutfall gruggagna sem botnfalla í setþrónni fer mikið eftir stærð þeirra og eðlisþyngd. Lægra hlutfall gruggagna botnfellur í setþrónni eftir því sem þær brotna meira niður í lengdarstraumskarinu.

Hönnun á setþró

Einfaldasta útgáfa af setþró er staðsett í enda lengdarstraumskars, svæði aðskilið frá eldishlutanum með rist og vatnið rennur út yfir kantinn á enda karsins (mynd 5.11). Til að auka hlutfall gruggagna sem botnfalla í setþrónni hafa verið gerðar tilraunir með nokkrar útfærslur í lengdarstraumskari sem er 30 m langt, 3 m á breidd og 0,9 m á dýpt. Vatnsrennslí var 58 l/s og í enda lengdarstraumskarsins var 5 metra löng setþró (mynd 5.13). Hefðbundin setþró sem aðskilinn var frá lengdarstraumskari með rist náði að fjarlægja um 82% af gruggögnum. Mesta felling gruggagna var í útfærslum E og F eða 90-91% en lókust fyrir útfærslu B og C, 81-83%. Niðurstaða þessara rannsóknar er því að best er að vatnið komi inn niður við botn á takmörkuðu svæði fyrir miðri setþró og uppstreymi vatns úr þrónni sé dreift með því að taka það út um enda og hliðar á setþrónni (Huggins o.fl. 2005).

Losun á gruggögnum

Einfaldasta gerð af setþró í enda lengdarstraumskars er með flötum botni án frárennslis (mynd 5.11). Með reglulegu millibili eru gruggagnir sogaðar upp úr setþrónni. Í þeim tilvikum sem frárennslí er á setþrónni er reglulega flussað úr henni og jafnframt sópað til að ná öllu gruggi (Anon 1998). Þessar útfærslur eru mannaflsfrekar (tafla 5.6) hefur því verið leitað annarra lausna til að auðvelda tæmingu á gruggögnum úr setþró.



Mynd 5.13. Mismunandi útfærslur af setþró í enda lengdarstraumskars (Huggins o.fl. 2005).

Tafla 5.6. Kostir og ókostir við grugghreinsun í enda lengdarstraumskars.

Kostir

- Einfalt, tiltölulega ódýrt og lítið sem ekkert viðhald á búnaði
- Virkar vel í enda lengdarstraumskars

Ókostir

- Tekur mikið rými
- Erfitt og mannaflsfrekt að losa úrgang úr setþró
- Fjarlægir aðeins agnir stærri en 100 μ m

Tafla 5.7. Kostir og ókostir við grugghreinsun með trektum og V-rennum.

Kostir

- Einfalt og lítið sem ekkert viðhald á búnaði
- Virkar vel í lengdarstraumskari og hægt að setja í eldri gerðir

Ókostir

- Tiltölulega dýr lausn
- Fjarlægir aðeins agnir stærri en 100 μ m

5.4.2 Trektar og V-rennur

Trektar

Til að auðvelda losun á gruggi í setþróum hafa verið útbúnar trektar. Í Danmörku er miðað við að trektin sé 1x1 metri í flatarmál, einn metri á dýpt og úr enda hennar er 110 mm rör tengt safnröri (mynd 5.14). Hallinn á trektinni er 70° sem tryggir að hún nái að tæma sig þegar losað er úr henni. Trektarnar ná þvert yfir karið og eru smíðaðar úr PEL plasti, trefjaplasti eða rústfríu járn. Í frárennslisopið er haft rör sem nær upp fyrir vatnsborð og er því lyft upp þegar tæma á grugg úr keilunni. Önnur útfærsla er tappi með bandi sem toga er í þegar tæma á gruggið úr trektinni (Anon. 2008). Kosturinn við þessa útfærslu er að vinna við losun er lítil, en ókosturinn er að hún er tiltölulega dýr (tafla 5.7). Eins og fyrir hefðbundnar setþró þá eru trektarnar staðsettar fyrir aftan rist með reglulegu millibili í lengdarstraumskarinu (mynd 5.15). Í einu lengdarstraumskari geta því verið nokkrar raðir af trektum.

V-rennur

Annað form á setþró í dönsku landeldi eru V-rennur sem lagaðar eru þvert yfir lengdarstraumskarið (mynd 5.16). Neðst á V-rennunni eru göt tengd röri sem er undir. V-rennan er tæmd öll samtímist með að opna fyrir safnrörið undir rennunni og er því losunin auðveldari en með notkun trekta (Anon. 2008).

Í lengdarstraumskari þar sem vatnsrennslíð er einsleitt þvert yfir karið virka trektar og V-rennan sem rúmmálsaukning, vatnshraðinn fellur og agnir falla til botns. Vatnshraðinn eykst síðan aftur þegar komið er fram hjá trektinni/V-rennunni.



Mynd 5.14. Trektar sem notuð er í landeldi í Danmörku til að safna gruggögnum í lengdarstraumskörum (Ljósmynd: Søren Jøker Trachsel).



Mynd 5.15. Setþró og loftun í lengdarstraumskari í danskri landeldisstöð. Rörin ganga niður í trektina og er lyft upp þegar tæma á gruggagnir úr henni (Ljósmynd: Jóhann Geirsson).



Mynd 5.16. V-renna til að safna gruggögnum sem notuð er í lengdarstraumskörum í Danmörku (Heimild: Dansk Akvakultur).

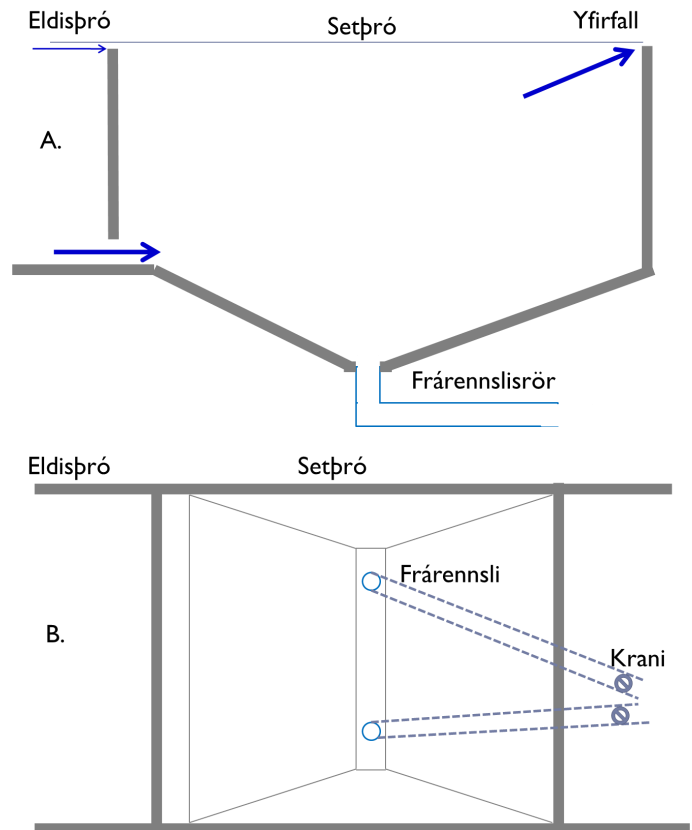
Haukamýrarútfærslan

Hjá Fiskeldinu Haukamýri er safnþróin í enda lengdarstraumskarsins. Safnþróin er vísir að V-rennu en hallinn er mun minni eða 35° til að halda niðri kostnaði. Setþróin er 6 x 7 metrar, öll steipt og niður úr henni ganga tvær frárennislagnir. Megnið af vatninu kemur að neðanverðu inn í setþrónnu, en lítill hluti efst til að fíta og annar úrgangur sem flýtur í yfirborðinu geti borist út úr karinu (mynd 5.17). Á báðum frárennislögunum er hafður krani og þannig hægt að hafa sírennsli eða opna kranann að fullu og flussa úr setþrónni.

5.4.3 Setþró með sírennsli

Kostir og ókostur að vera með sírennsli

Í flestum tilfellum er gruggögnum og fôðurleifum safnað í setþró og hún tæmd með reglulegu millibili. Kostur við þessa útfærslu er að lítið magn af vatni tapast og að það sem tekið er út úr safnþrónni er með háu hlutfalli af gruggögnum (tafla 5.8). Búnaðurinn sem notaður er til að framleiða gruggþykki þarf því ekki að vera mjög afkastamikill og kostnaður vegna kaupa og reksturs á honum því tiltölulega lítill.



Mynd 5.17. Útfærsla á setþró í enda lengdarstraumskars hjá Fiskeldinu Haukamýri. A. Þversnið af setþró. B. Séð ofan á setþró (Teikning: Valdimar Ingi Gunnarsson).

Kosturinn við að hafa sírennsli er að gruggagnirnar eru fjarlægðar fyrr úr karinu og minna er um að þær brotni niður og leysist upp. Jafnframt er vinnan minni þar sem það þarf ekki reglulega að losa setþrónnu. Með því að vera með sírennsli þarf í raun ekki setþró þar sem gruggagnir og fôðurleifar fara jafnóðum út úr karinu. Búnaðurinn getur því verið veigaminni og ódýrari en þegar safna þarf gruggi og geyma í setþró. Ókosturinn við að vera með sírennsli er að meira vatn tapast og það þarf öflugari hreinsibúnað til að fjarlægja gruggagnir.

Botnfrárennsli með sírennsli og hringstreymi í setþró

Gerðar hafa verið tilraunir með að hafa sömu útfærslu á frárennsli setþróar lengdarstraumskars og í hringlaga kari. Þ.e.a.s. í enda lengdarstraumskarsins er myndað hringstreymi með að hafa þvervegg með opnun við hliðarvegg þar sem vatnið streymir inn í setþróna (mynd 5.18). Við það myndast hringstreymi og hluti af vatninu fer út um miðjufrárennsli í botni karsins en megnið út um yfirfall í enda karsins. Með að taka 5-10% af vatninu út um miðjufrárennsli tókst að fjarlægja 40-50% af gruggögnunum (Wong og Piedrahita 2003a). Það er ekki vitað til að þessi útfærsla sé í notkun.

Sírennsli í setþró með trekt eða V-rennu

Til að sírennsli úr rennu eða trekt virki sem skildi þarf að vera góður halli og yfirboð tiltölulega slétt. Hve mikið vatn þarf að taka út til að tryggja nægilega

sjálfhreinsun á trektinni eða V-renninni fer væntanlega eftir útfærslu á búnaðinum. Með því að vera með hliðarinntak á trekt, sem höfð væri í keiluformi væri hægt að mynda hringstreymi og eflaust tryggja sjálfhreinsun og minnka það magn af vatni sem þyrfti að taka. Hér er þó um að ræða tiltölulega dýran búnað og full ástæða að minnka umfang hans enda ekki þörf á að vera með sérastaka þró þar sem gruggagnir eru stöðugt fjarlægðar.

Haukamýraútfærslan með sírennsli

Haukamýraútfærslan er dæmi um setþró þar sem gert er ráð fyrir að hægt sé að vera með sírennsli með tiltölulega ódýrri útgáfu af grunnri V-rennu. Lítilsháttar sírennsli er haft út um tvær frárennislagnir með að opna lítilsháttar fyrir loka. Mjög mikill sveppavöxtur er í setþrónni og þarf því að kústa hann af hliðum og botni einu sinni í viku og tekur það u.þ.b. eina klukkustund. Samtímis og setþróin er burstuð er opnað vel fyrir báða lokana og sveppir og grugg flussa út úr þrónni.

5.4.4 Einfalt sírennsli án setþróar

Kostir og ókostir

Með að hafa setþró í lengdarstraumskari tapast rými sem hægt væri að nýta til eldisins. Ef það er haft einfalt sírennsli án setþróar lækkar kostnað á hvern rúmmetra eldisrýmis (tafla 5.9). Þegar það er sírennsli er í raun ekki þörf á að hafa setþró og með að taka hana út úr hönnuninni lækkar kostnaðurinn sem gefur möguleika að vera með fleiri frárennsli í lengdarstraumskarinu. Gruggagnir velkjast þá minna um lengdarstraumskarinu og öll hreinsun verður því auðveldari.

Ókostur við þessa útfærslu eins og reyndar aðrar útfærslur í miðju lengdarstraumskari er að fôður sem sekkur til botns berst fljótt að frárennslinu. Hér gæti verið lausnin að nota flotfôður eða fôður sem sekkur mjög hægt.

Hönnun á einföldu sírennsli

Til að halda öllum kostnaði í lágmarki er einfaldlega hægt að vera með lögn með raufum í þvert yfir karið (mynd 5.19). Skorið væri í lögnina með reglulegu millibili og þess gætt að hafa hæfilega stærð á raufunum til að tryggja hraðaaukningu á gruggögnum við inntak. Sírennslið myndar sog í frárennislögninni og dregur með sér stærstu gruggagnirnar og flytur út úr karinu í skilju.

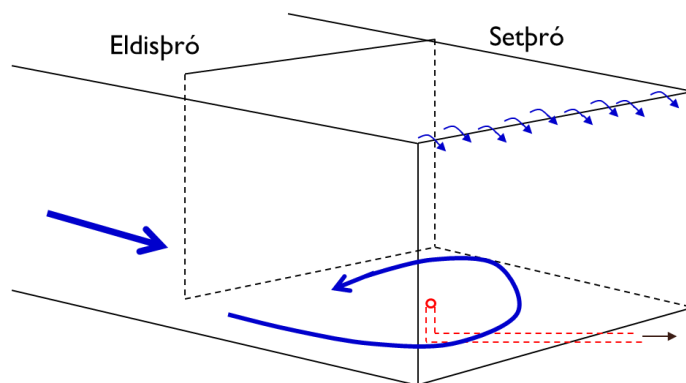
Í þessari útfærslu er ekki gert ráð fyrir ristum þannig að fiskurinn getur auðveldlega þyrlað upp gruggögnum við frárennsli. Á móti kemur að sog myndast við inntak á frárennislögninni sem að einhverju leiti vinnur á móti minni virkni en hjá setþrómm sem afmarkaðar eru með rist til að halda fiskinum frá. Mun meiri líkur eru á að þessi útfærsla virki í lengdarstraumskari en hringlag kari. Ástæðan er einfaldlega sú að í hringlaga kari er

Tafla 5.8. Kostir og ókostir þess að vera með sírennsli úr setþró lengdarstraumskars.

Kostir	Ókostir
- Gruggagnir fjarlægðar strax, minna um niðurbrot og að þær leysist upp - Minni mannaflspörf	- Meira tap á vatni - Það þarf öflugari og dýrari hreinsibúnað utan við karið

Tafla 5.9. Kostir og ókostir þess að vera með einfalda gruggsöfnun með sírennsli, án setþróar í lengdarstraumskari.

Kostir	Ókostir
- Allt rýmið nýtist til eldisins - Lægri stofnkostnaður - Einfaldari og ódýrari búnaður - Gruggagnir fjarlægðar fyrr úr karinu - Lítill mannaflspörf	- Meira tap á vatni - Það þarf öflugari og dýrari hreinsibúnað utan við karið - Meiri hætta á yfirfóðrun



Mynd 5.18. Setþró í endu lengdarstraumskars sem byggir á hringstreymi (Teikning: Valdimar Ingi Gunnarsson).

straumhraðinn mun meiri og þar þarf því meira sog til að fanga gruggagnir niður í frárennslið.

5.5 Hreinsibúnaður utan við kar

5.5.1 Setkar og settjörn

Þrjár gerðir af fellisvæðum

Nokkrar gerðir eru af fellisvæðum þar sem gruggagnir eru látnar setjast til botns og má skipta honum niður í (Fornshell 2001):

- Setþró (*Quiescent zones*); sjá kafla 5.4.
- Settjörn (*Full-flow settling*); allt vatnið frá eldisstöðinni er tekið og gruggagnir látnar botnfalla.
- Setkar (*Off-line settling*); eingögnu vatn úr setþró tekið inn og gruggagnir látnar botnfalla.

Afkastageta þessara þriggja fellisvæða er mjög mismunandi, mest fyrir setþró 9,4 L/m² botnflatar á sek og minnst fyrir settjörn 0,5 L/m² á sek (tafla 5.10).

Tafla 5.10. Viðmiðun fyrir æskilegt vatnsrennsli fyrir þrjár gerðir fellisvæða (Anon. 1998).

	m ³ /m ² á klst	L/m ² á sek
Setþró	34,0	9,4
Setkar	14,3	4,0
Settjörn	1,66	0,5

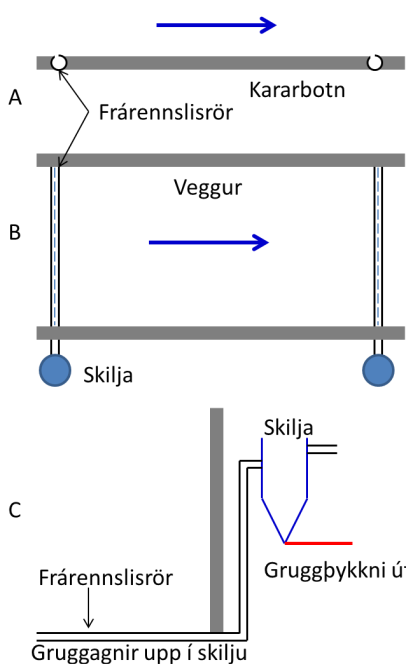
Settjörn

Á Íslandi hefur verið algengt að útbúa mjög stórar jarvegstjarnir sem frárennsli úr fiskelðisstöðvum er leitt út í. Hér er um að ræða einfalda og ódýra lausn sem hentar á svæðum þar sem landrými er mikið. Miðað er við að fyrir hvern sekúndulíttra þurfi tvo fermetra og við 500 l/s þarf flatarmál settjarnarinnar að vera 1.000 m². Að öllu jöfnu hafa settjarnir ekki verið tæmdar, gruggagnir brotnað niður og uppleyst næringarefni borist með vatninu út úr tjörninni (sjá kafla 10).

Hönnun setkara

Setkar er skipt niður í innstreymissvæði, fellisvæði, setsvæði og útstreymissvæði (mynd 5.20). Mælt er með að viðstöðutími vatns á fellisvæði sé á milli 15 – 30 mínútur og hlutfall milli lengdar og breiddar á milli 4:1 til 8:1. Dýpi skal vera meira en einn metri (Timmons o.fl. 2002). Önnur forsenda sem einnig er gengið út frá er að vatnsrennsli sé um 4 L/m² á sek (tafla 5.10).

Til að tryggja sem best virkni setkarsins þarf vatnið að kom jafnt þvert yfir karið frá innstreymissvæði yfir á



Mynd 5.19. Einföld útfærsla á grugg-söfnun í lengdarstraumskari. A. Langsnið af botni kars. B. Séð ofan á lengdarstraumskarið. C. Þversnið lengdarstraumskars (Teikning: Valdimar Ingi Gunnarsson).

fellisvæðið. Þar á milli er hafður veggur 20-30 cm breiður með afrúnuðum brúnum og er miðað við að hann ná upp frá botni sem nemur 85% af vatnshæðinni. Sama gildir fyrir útstreymissvæði að það þarf að ná þvert yfir karið (Anon 1998).

Felling setkorum

Við kjörskilyrði, þegar enginn iðustraumur (turbulence) er, þarf viðstöðutími vatns að vera jafn falltíma agna.

Þ.e.a.s. sá tími sem tekur fyrir vatnið að streyma frá innstreymisenda fellihluta að útstreymishluta fellihlutans. Hægt er að fjarlægja yfir 90% af setjanlegu gruggi með setkorum. Setkór eru algeng í landeðisstöðvum með gegnisstreymiskerfum en hreinsa vatnið ekki nægilega vel til að hægt sé að nota í hringrásarkerfum (Timmons o.fl. 2002).

Kostir og ókostir setkara

Setkór eru tæknilega einföld, nær engar orku er þörf, ódýrar í smíði og rekstri (tafla 5.11). Helsti ókostur þeirra er að þær taka við frekar litlu vatni á flatareiningu og taka því mikið rými. Jafnframt hreinsa setkór ekki út agnir sem eru smáar (< 100µm) og að grugg situr í kerfinu uns það er hreinsað út. Gruggagnir brotna því niður í smærri einingar og verða uppleysanlegar í vatninu í meira mæli eftir því sem lengur líður frá því að setkarið er tæmt (Anon 1998; Timmons o.fl. 2002).

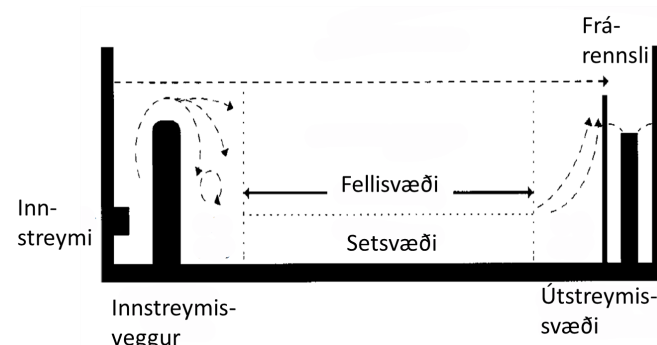
5.5.2 Hvirfilskilja

Hvernig vinnur skiljan?

Það eru til margar útfærslur af hvirfilskiljum. Innstreymið er yfirleitt ofarlega og myndar hringstreymi í skiljunni. Straumhraðinn í skiljunni minnkar eftir sem neðar er komið í trektina þar sem gruggagnir botnfalla. Hreinna vatn er síðan tekið út ofarlega á skiljunni (mynd 5.21). Með reglulegu millibili er skiljan tæmd með að opna fyrir frárennslið. Í eldri heimildum er talið að virkni hvirfilskilja byggist á hringstreymi og gruggagnir berast að miðju og niður trektina eins og telau í bolla sem hrært er í. Nýrri rannsóknir sýna að virkni hvirfilskilju byggir að mestu á fellingu þ.e.a.s. agnirnar sökkva niður og því hraðar eftir því sem eðlismassi er meiri (Veerapen o.fl. 2005).

Uppbygging

Það sem skiptir mestu máli til að fá sem bestu virkni er að standa rétt að hönnun á frárennsli, hafa hæfilega svert innstreymi og skiljuna breiða. Minna máli skiptir staðsetning innstreymis og hæð skilju. Mikilvægt er að vatnið komi ekki á of miklum hraða inn í hvirfilskiljuna en við það brotna agnirnar og virknin minnkar. Það er



Mynd 5.20. Setkar með innstreymissvæði, fellisvæði, setsvæði og útstreymissvæði (Anon 1998).

Tafla 5.11. Kostir og ókostir búnaðar sem er staðsettur utan við eldiskar og notaður er til að fjarlægja gruggagnir úr frárennslisvatni.

	Setkar	Hvirfiskilja	Svifskilja	Tromlusía	Hjólsía	Beltasía
Tæknistig/viðhald						
Afköst (L/sek á m ²)	4 ^a	3 ^b	3 ^b			
Hreinsivirkni						
Stærð gruggagna	>100 µm	>100 µm	>100 µm	>40 µm		
Agnir brotnar niður						
Upplausn agna						
Mannaflspörf						

^aAnon, 1998.. ^bDavidson og Summerfelt 2005

því mælt með sveru innstreymi (Veerapen o.fl. 2005).

Virgni

Virgni hvirfiskilja er mismunandi eftir útfærslu (Veerapen o.fl. 2005). Aðrir þættir sem hafa áhrif á virkni hvirfiskilja er magn af vatni sem keyrt er í gegnum hana. Því stærri sem skiljan er því betri er virknin (Veerapen o.fl. 2005). Virkni hvirfiskilju eykst einnig eftir því sem meira er af gruggögnum í vatninu (Bergheim o.fl. 1998; Davidson og Summerfelt 2005).

Hvirfiskiljur eru mikið notaðar til að fjarlægja gruggagnir úr frárennslisvatn frá grugggildrum. Með notkun ECO-TRAP og taka 5% af heildarvatnsrennslinu úr karinu í hvirfiskiljuna hefur tekist að fjarlægja 80% +/-16% af gruggögnum (Twarowska o.fl. 1997). Með því að taka aðeins 2 L/s eða 3,4% af heildarrennslinu úr 300 m³ kari í gegnum skiljuna hefur tekist að fjarlægja allt að 96-98% af gruggögnum (Schei og Fosseng 2008).

Hvirfiskiljur eru einnig notaðar til að hreinsa gruggagnir úr miðjufrárennslu kara með hliðarúttaki. Aðeins tókst að fjarlægja 37% af lifrænum ögnum úr vatni frá miðjufrárennslu á 150 m³ kari þegar 7-8% af vatninu var tekið þar út (Davidson og Summerfelt

2005). Hér er hlutfallið óvanalega lágt sem að einhverju leiti kann að stafa að notkun hringrásarkerfis og mikilli endurnýtingu á vatninu.

Kostir og ókostir

Kostir hvirfiskilju er að hún er einföld í uppbyggingu, lítið viðhald og mannaflspörf í lágmarki (tafla 5.11). Ókostir við skiljuna er að hún fjarlægir aðeins stórar agnir (> 100 µm) og íðstraumur brýtur gruggagnir niður í smærri agnir (Anon. 2010). Afköst hvirfiskilju eru lítil eða örfáir lítrar/s á hvern fermetra (Veerapen o.fl. 2005).

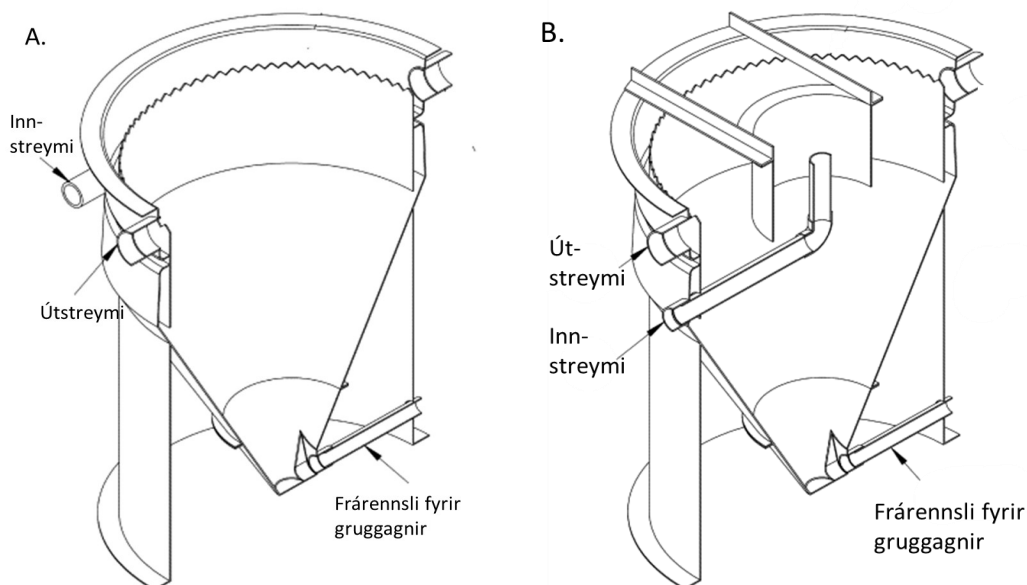
5.5.3 Svifskilja

Uppbygging

Svifskilja líkist hvirfiskilju að því leyti að þær eru svipaðar í lögun (mynd 5.21). Vatnsflæðið er aftur á móti mjög frábrugðið. Innrennslid er fyrir miðri skilju og utan um það er hólkur til að dempa vatnstreymið inn í tankinn. Að öðru leyti eru skiljurnar eins uppbyggðar (Davidson og Summerfelt 2005).

Virgni

Virgni svifskilju virðist vera meiri en hvirfiskilju. Í samanburðartilraun á hreinsun vatns úr miðjufrárennslu (7-8% af heildarmagni) kars með hliðarúttaki var niðurstaðan að um 37% af gruggögnum voru fjarlægð í hvirfiskilju en 77% í svifskilju (Davidson og Summerfelt 2005). Mikill munur á niðurstöðum kann að einhverju leyti að skýrast af því að töluvert meira var af gruggögnum í vatninu þegar tilraunir í svifskiljunni voru framkvæmdar. Í annarri tilraun með svipaða útfærslu af svifskilju en rúmlega 10 x minna



Mynd 5.21. Hvirfiskilja (A) og svifskilja (B) (Davidson og Summerfelt 2005).

(Davidson og Summerfelt 2005).

5.5.4 Tromlusía

Hvernig vinnur tromlusía?

Tromlusíur er algengasti síubúnaður sem notaður er í fiskeldi. Vatn sem á að hreinsa kemur inn í stál tromlu með plast- eða málmöskvum sem fanga grugg- og svifagnir en vatnið fer í gegnum (mynd 5.22). Tromlan er annað hvort á stöðugri hreyfingu eða hæðarnemi setur hana af stað þegar mikið grugg hefur sest á síuna og vatnsborð hækkad. Grugg er skolaðar af síunni með sérstökum skolbúnaði (Aquaetreat 2007). Skolvatnið er vanalega á bilinu 0,2–1,5% af því vatni sem meðhöndlað er í síunni. Við eðlilegar aðstæður róterar tromlusía á 2-3 mínútna fresti. Ef það þarf að auka hraðann er þörf á viðhaldi eða afkastageta tromlunnar er ekki nægileg.

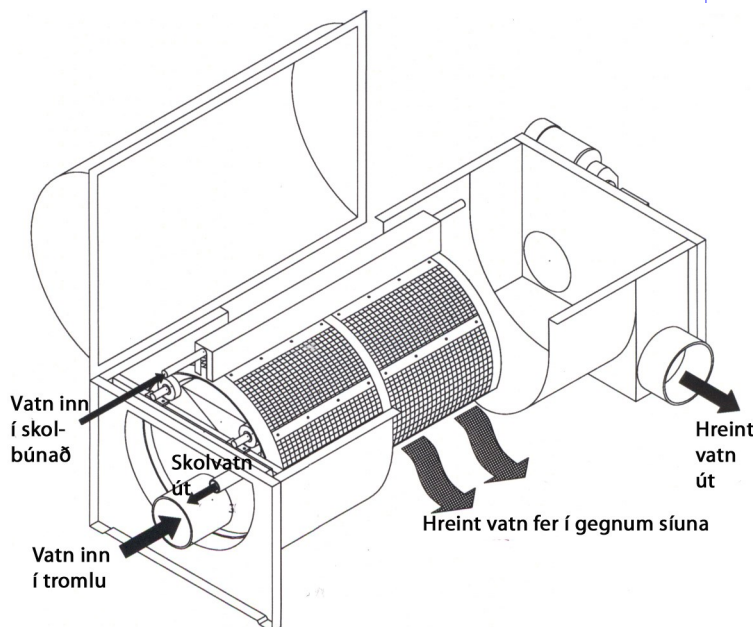
Aukinn skolunartíðni er merki um að það þörf sé á viðhaldi (Timmons o.fl. 2002).

Uppbygging

Margir framleiðendur eru á tromlusíum og er hægt að fá tromlu í brunni með hlíf ofan á, tilbúna einingu sem aðeins þarf að tengja (mynd 5.23). Einnig eru á markaðinum tromlusíur þar sem eingöngu er um að ræða tromluna sjálfa og það þarf að byggja þró utan um eða setja beint t.d. í lengdarstraumskörum eins og algengt er í Danmörku (mynd 5.24cc). Algengasta stærð á götum í síubúnaði sem notaður er í landeldi í Evrópu er 60-90 μm (Aquaetreat 2007). Afköst tromlusía eru mikil og er hægt að fá t.d. frá Hydrotech tromlu með síuflöt allt frá 0,35 m^2 upp í 22,5 m^2 (www.hydrotech.se). Afköst fara mikið eftir stærð síugata og minnka jafnframt eftir því sem meira af gruggögnum eru í vatninu (Timmons o.fl. 2002). Þær tromlur sem notaðar eru í matfiskeldi afkasta allt upp í nokkur hundruð lítum á sekúndu. Tromlusíur eru dýrar en í Danmörku er framleidd einföld útgáfa (mynd 2.24) sem er 2-3 ódýrari en Hydrotech tromlusía enda eru þær mun algengari í dönskum landeðisstöðvum (Janning o.fl. 2008).

Virkni

Virkni tromlusíu fer eftir gatastærð í síu (40-100 μm) og næst að jafnaði að fjarlægja um 30-80% af heildarmagni grugg- og svifagna úr vatninu (Timmons o.fl. 2002). Eftir því sem grugg er meira í innstreymi er virkni betri, þ.e.a.s. því skítugra sem vatnið er því herra hlutfalli nær sían að fjarlægja (mynd 5.25). Þegar magn gruggs er minna en 2,5 mg/l úr hringlaga kari fjarlægir tromlusía um 50% af grugg- og svifögnum í vatninu. Eftir því sem gruggið er meira og agnir eru stærri verður virknin meiri og getur náð að fjarlægja allt að 95% þegar 50 mg/l af gruggi er í vatninu (Aquaetreat 2007). Virkni tromlusíu er meiri þegar hreinsað er frárennsli á hringlaga kari en lengdarstraumskari eða 45



Mynd 5.22. Uppbygging tromlusíu (www.praqua.com).

vatnrennsli (0,27 l/s á móti 3,1 l/s á m^2) náðist að fjarlægja 82% gruggagna (58-92%) (Johnson og Chen 2006).

Þegar svifskilja var notuð til að þykkja skolvatn frá tromlusíu náði hún að fjarlægja úr vatninu 95% gruggagna og mynda þykkni með 9% þurrefni (Sharrer o.fl. 2010). Til að þykkja skolvatn frá tromlusíu er svifskilja hagkvæmari en beltasía, bæði með lægri stofnkostnað og rekstrarkostnað (Sharrer o.fl. 2010).

Kostir og ókostir

Kostir svifskilju eins og hvirfilskilju er að hún er einföld í uppbyggingu, lítið viðhald og mannaflspörf í lágmarki (tafla 5.11). Ókostir við skiljuna er að hún hreinsar aðeins stórar agnir (> 100 μm) og brýtur gruggagnir niður í smærri agnir (Anon. 2010). Afköst svifskilju eru lítil eða örfáir lítrar/s á hvern fermetra



Mynd 5.23. Tromlusía samföst brunni með hlíf ofan á (www.faivre.fr).

-75 % á móti 55-85% þegar notaður er sía sem er með 60 μm gatastærð (Hydrotech 2008). Ástæðan er að gruggagnir eru lengur að berast út úr lengdarstraumskari og brotna því niður í smærri agnir.

Kostir og ókostir

Kostur við tromlusíu er að þær eru afkastamiklar, taka lítið rými og geta fjarlægt svifagnir allt niður í u.þ.b. 40 μm og er með sjálfvirka hreinsun á síubúnaði (tafla 5.11). Hægt er að velja gatastærð á síu allt eftir hvað hentar í hverju tilviki (Anon. 2010). Ókosturinn er að það þarf rafmagn til að knýja tromluna áfram, búnaðurinn er flóknari og þarfnast meira eftirlits og viðhalds (Hoslier and Piggot 2009b) en t.d. skiljur.

5.5.5 Hjólasía

Uppbygging

Hjólsíur samanstanda af nokkrum hjólum með síum sem snúast í hringi. Vatnið kemur inn í einum enda hjólsíunar og fer í gegnum síu á einu hjóli yfir í það næsta og að lokum út um annan endann á síunni. Á hverju hjóli er skolbúnaður sem hreinsar grugg- og svifagnir af síunni niður í safnrennu og þaðan út úr hjólsíunni (mynd 5.26).

Kostur og ókostur

Kostur við hjólasíu er að þær eru afkastamiklar og þarfnast lítills rýmis (tafla 5.11). Ókosturinn við hjólsíu er að vatnið er lengri tíma að fara í gegn og agnir brotna því niður í meira mæli en í tromlusíu (Timmons o.fl. 2002). Hjólsíur eru dýrari og aðeins er ráðlagt að nota þær í fiskeldi þar sem rými er takmarkað fyrir hreinsibúnað (Aquaetreat 2007). Jafnframt er ókostur að það þarf meira skolvatn til að hreinsa síur á hjólsíu en tromlusíu (Ebeling og Vinci 2011).

5.5.6 Beltasía

Uppbygging

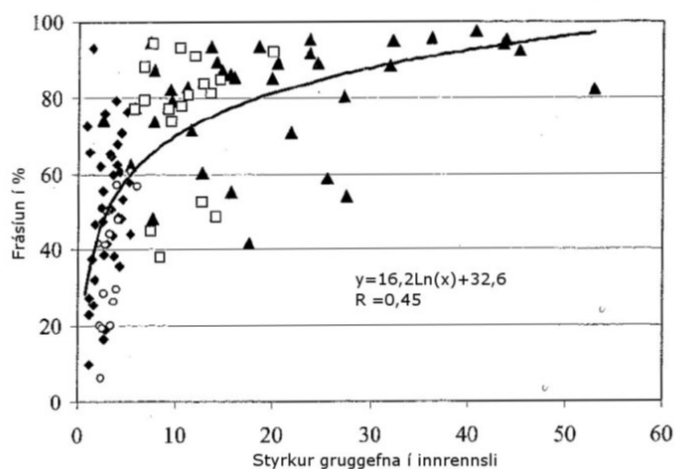
Beltasía er færiband sem samanstendur af bandi með síubúnaði sem snýst í hringi um valsa. Hægt er að stjórna hraða á bandi og breyta stærð gata á síu eftir því sem hentar í hverju tilviki. Grugg- og svifagnir sem eru stærri en götin á síunni sitja eftir á bandinu sem flytur þær upp úr vatninu. Bandið er oft með um 30° halla og gruggið losar vatn á leiðinn upp úr karinu og við það fæst þykkara gruggþykkni en næst úr tromlu- og hjólasíu (Anon. 2010). Gruggþykknið á bandinu eru síðan skolaðar af með sérstökum skolbúnaði (mynd 5.27).

Virkni

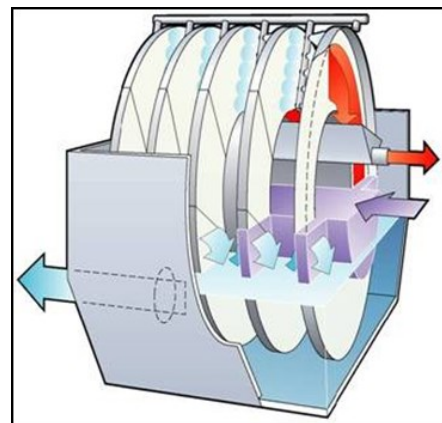
Algengast er að nota beltasíur til að búa til þykkni úr vatni sem kemur úr skilju og getur framleitt gruggþykkni sem inniheldur 8-12% þurrefni (Aquaetreat 2007) og allt upp í 20% (5-40%) þurrefnisinnihald (Schei og Fosseng 2008).



Mynd 5.24. Tromlusía ofan í lengdarstraumskari í danskri landeðisstöð (Ljósmynd: Jóhann Geirsson).

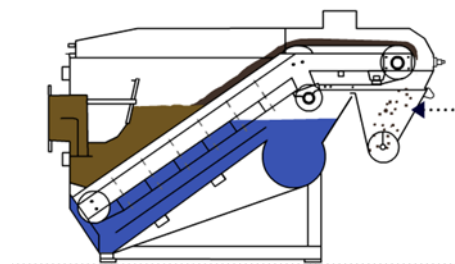


Mynd 5.25. Mælingar á virkni síunar í tromlum sem fall af styrk gruggs í frárennsli (Summerfelt 2002).



Mynd 5.26. Uppbygging hjólasíu (Hydrotech).

Mynd 5.27. Óhreint vatn (brúnt) kemur inn í endann á beltasíunni. Vatnið síast (blátt) í gegnum síu/dúk á beltinu og gruggþykkni fer upp með bandinu (www.salsnes-filter.com).



Kostir og ókostir

Beltasía er talin henta þar sem vatnsrennsli er lítið og mikið magn af grugg- og svifögnum eru í vatninu (tafla 5.11). Kostur við beltasíu er að viðhald er minna en á tromlusíu, jafnframt brýtur hún gruggagnir niður í minna mæli (Anon. 2010; Ebeling og Vinci 2011). Ókosturinn við beltasíu er að hún er afkastaminni (<50-85 L/s) en tromlu- og hjólsía og dýrari þegar miðað er við vatnsmagn sem hún hreinsar (Timmons o.fl. 2002).

5.6 Niðurstöður og tillögur**5.6.1 Hringlaga kar****Niðurstaður**

- *Samsett miðjufrárennsli:* Tiltölulega góð reynsla er komin af notkun á körum með samsettu miðjufrárennsli allt upp 300 m³. Gera má ráð fyrir að virkni samsetts miðjufrárennslis verði lakari þegar notuð eru stærri kör þegar svelgur myndast. Ástæðan er að gruggagnir þyrlist upp við iðustreymi og lægra hlutfall agna fara undir diskinn.
- *Kar með hliðarúttak:* Það er einnig kominn tiltölulega góð reynsla af körum með hliðarúttaki upp í tæp 200 m³. Minna er vitað um virkni stærri kara en í smíðum eru kör allt upp í tæpa 900 m³. Til að hafa viðunandi sjálfhreinsun í karinu þarf að taka meira vatn út um miðjufrárennsli en í neðra frárennsli á körum með samsett miðjufrárennsli. Það þarf því afkastameiri hreinsibúnað til að fjarlægja gruggagnir úr vatninu.
- *Lausnir fyrir stærri kör:* Eftir því sem körin verða stærri myndast stærri svelgur við miðjufrárennsli og iðustraumur þýrlar upp gruggögnum. Viðfangsefnið er því að minnka iðustrauminn við miðjufrárennsli. Það er t.d. hægt að gera með að taka stóran hluta af vatninu út um hliðarúttak og nota stjörnufrárennsli eða samsettu miðjufrárennsli og hliðarúttaki.

Tillögur

- Hanna og prófa kar (1.000-1.500 m³) með bæði samsett miðjufrárennsli og hliðarúttak.
- Minnka svelginn við frárennsli á stórum körum (>1.500 m³) með notkun á gruggstjörnu; það er að setja sérstaka útfærslu á stjörnufrárennsli og hvirfilskilju fyrir miðju kari. Einnig verði prófað að taka hluta af vatninu út um hliðarúttaks á karinu.

5.6.2 Lengdarstraumskar**Niðurstaður**

- *Setþró:* Mikil reynsla er af notkun setþróa sem staðsettar eru í enda lengdarstraumskars. Viðfangsefnið á síðustu árum hefur verið að bæta hönnunina og auðvelda losun úr þeim.
- *Trektir og V-rennur:* Til að stytta flutningsleið gruggagna hafa verið þróuð lengdarstraumskör með trektum/V-rennum á nokkrum stöðum í karinu.

- *Setþró með sírennsli:* Almennt eru setþrær tæmdar með reglulegu millibili. Þar sem minni áhersla er á endurnýtingu vatns getur sírennsli verið áhugaverður kostur. Hannaðar hafa verið setþrær með þessari útfærslu en reynslan er ennþá takmörkuð.
- *Sírennsli án setþróar:* Þegar um er að ræða sírennsli er ekki þörf á setþró. Þá nýtist allt rýmið í karinu til eldisins og hægt er að vera með einfaldari og ódýrari búnað til að safna gruggögnum. Það er ekki vitað til að þessi útfærsla hafi verið reynd í lengdarstraumskari.

Tillögur

- Þróa og prófa einfalda útgáfu af frárennsli með sírennsli úr lengdarstraumskari. Steypa vatnslögn í botninn, skera hæfilega stórar raufir í lögnina og tengja við skilju utan við kar.

5.6.3 Hreinsibúnaður utan við kar**Niðurstaður**

- *Setkör:* Það eru aðeins fjarlægðar stærstu gruggagnirnar (>100 µm) í setkörum. Þau eru notuð til að þykkja gruggagnir sem koma úr setþró og öðrum búnaði sem safna gruggi í lengdarstraumskörum. Þessi búnaður getur verið valkostur þar sem nægilegt rými er til staðar. Búnaðurinn hentar ekki einn og sér þar sem miklar kröfur eru gerðar um hreinsun á lífrænum ögnum.
- *Skiljur:* Bæði hvirfilskiljur og svifskiljur hafa verið notaðar með góðum árangri til að hreinsa vatn frá samsettu miðjufrárennsli og kari með hliðarúttaki. Þær hreinsa aðeins stærstu gruggagnirnar (>100 µm) og henta því ekki einar og sér í tilvikum sem miklar kröfur eru gerðar til hreinsunar á vatni.
- *Tromlusía:* Þær eru mjög afkastamiklar og henta vel þar sem magn gruggs er lítið í vatninu og þá sérstaklega við hreinsun á ögnum minni en 100 µm. Þegar miklar kröfur eru um hreinsun á lífrænum ögnum úr vatni, t.d. vegna mikilla endurnýtingar er tromlusía góður valkostur.
- *Hjólasía:* Þær eru mjög afkastamiklar og fjarlægja smáar gruggagnir en eru almennt taldar lakari valkostur en tromlusía.
- *Beltasía:* Þær eru afkastaminni en tromlusía og hjólsía og henta betur við að þykkja grugg t.d. frá skiljum og tromlusíu.

Tillögur

- Nýta niðurstöður og birtra rannsóknir við hönnun á skiljum og smíða þær hér á landi fyrir innanlandsmarkað.
- Smíða tromlusíur fyrir innanlandsmarkað eftir danskri fyrirmynd með það að markmiði að lækka kostnað.