

Kaflí 10: Hönnun og hreinsun á frárennsli

Sveinbjörn Oddsson, Aðalbjörg Birna Guttormsdóttir, Ólafur Ögmundarson og Valdimar Ingi Gunnarsson

Efnisyfirlit

10.1 LAGA- OG REGLUGERÐAUMHVERFI... 143

- 10.1.1 LOSUN NÆRINGAREFNA FRÁ FISKELDIS-STÖÐVUM 143
- 10.1.2 HVERJAR ERU KRÖFURNAR SAMKVÆMT ÍSLENSKUM LÖGUM OG REGLUGERÐUM? 143

10.2 GRUGGHREINSUN, ÞYKKING OG GEYMSLA 145

- 10.2.1 SETTJARNIR 145
- 10.2.2 VIKURSIUR 147
- 10.2.3 ÞYKKING OG GEYMSLA 149

10.3 NÝTING Á LÍFRÆNUM ÚRGANGI..... 150

- 10.3.1 TÆKIFÆRI TIL VERÐMÆTASÖPUNAR 150
- 10.3.2 HUGSANLEGAR LEIÐIR TIL NÝTINGAR ÚRGANGS..... 150

10.4 FJARLÆGING NÆRINGAREFNA - VOTLENDI 151

- 10.4.1 VOTLENDI 151
- 10.4.2 HELSTU KOSTIR TILBÚINS VOTLENDIS..... 152
- 10.4.2 HUGSANLEGIR ANNMARKAR 153

10.5 FJARLÆGING NÆRINGAREFNA - AQUAPONIC..... 153

- 10.5.1 AQUAPONIC 153
- 10.5.2 HELSTU AÐFERÐIR 154
- 10.5.3 HELSTU ÓKOSTIR AQUAPONICS..... 155

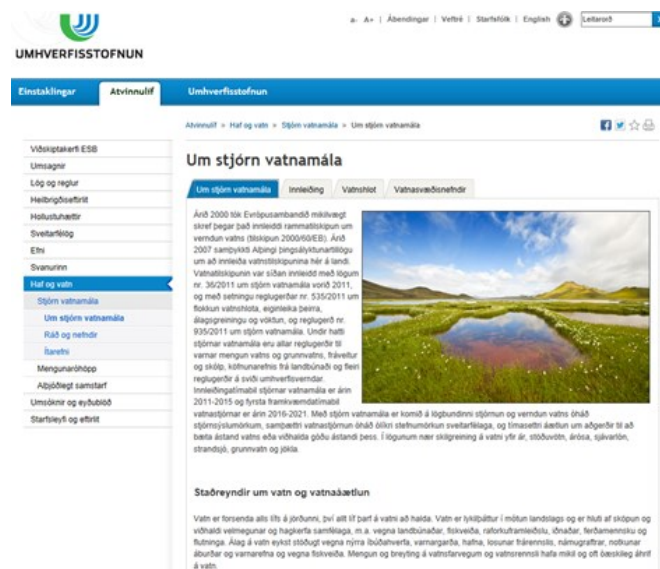
10.6 NIÐURSTÖÐUR OG TILLÖGUR 156

- 10.5.1 GRUGGHREINSUN, ÞYKKING OG GEYMSLA 156
- 10.5.2 NÝTING Á LÍFRÆNUM ÚRGANGI 156
- 10.5.3 FJARLÆGING NÆRINGAREFNA..... 157

10.1 Laga- og reglugerðaumhverfi

10.1.1 Losun næringarefna frá fiskeldisstöðvum

Margs konar fiskeldi fer fram á Íslandi, bæði eldi í landsstöðvum og í sjókvíum. Mengunaráhrif fiskeldis snúa að miklu leyti að losun næringarefna í vatn eða sjó og getur þessi mengun valdið umtalsverðum skaða ef ekki er hugað rétt að málum. Hægt er að mæla mengun beint frá landsstöðvum en hafa þarf í huga að



Mynd 10.1. Heimasíða Umhverfisstofnunar um stjórn vatnamála (www.ust.is/atvinnulif/haf-og-vatn/stjorn-vatnamala/um-stjorn-vatnamala/).

umhverfisaðstaður geta verið mjög misjafnar á hverjum stað sem hefur áhrif á dreifingu efna og áhrif þeirra á umhverfið. Umhverfissvöktun er því mjög mikilvægur þáttur í eftirliti með fiskeldi. Mikilvægt er að setja fram skilvirkar mæliaðferðir og setja viðmiðunarmörk sem eru mælanleg þannig að árangur sé tryggður. Í drögum að stöðuskýrslu fyrir vatnasvæði Íslands sem kynnt var árið 2012 af Umhverfisstofnun, kemur fram að helsta mengunarálag á vatn á Íslandi er af völdum óhreinsaðs skólps frá þéttbýlisstöðum en annað helsta álag á vatn er líklega losun lífrænna efna frá fiskeldi og fiskvinnslum og efnalosun vegna jarðvarmavirkjana, soppmeðhöndlunar, gamalla urðunarstaða og slippasvæða (Umhverfisstofnun 2012).

10.1.2 Hverjar eru kröfurnar samkvæmt íslenskum lögum og reglugerðum?

Umhverfisstofnun gefur út starfsleyfi fyrir fiskeldi sem eru 200 tonn eða stærri. Starfsleyfi fyrir minni fiskeldi eru gefin út af heilbrigðiseftirliti sveitarfélaganna. Umrædd starfsleyfi snúa að mengun sem skilgreind er í lögum um hollustuhætti og mengunarnir. Þar er mengun skilgreind á eftirfarandi hátt: „Með mengun er átt við það þegar örverur, efni og efnasambönd og

Tafla 10.1. Laga- og reglugerðaumhverfi varðandi losun úrgangs frá landeldisstöðvum.

- Lög 36/2011 um stjórn vatnamála
- Lög nr. 7/1998 um hollustuhætti og mengunarvarnir
- Reglugerð 798/1999 um fráveitur og skólp
- Reglugerð 796/1999 um varnir gegn mengun vatns
- Reglugerð nr. 797/1999 um varnir gegn mengun grunnvatns.
- Reglugerð nr. 935/2011 um stjórn vatnamála
- Reglugerð nr. 785/1999 um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun
- Reglugerð nr. 799/1999 um meðhöndlun seyru
- Reglugerð nr. 737/2003 um meðhöndlun úrgangs
- Reglugerð 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun.

eðlisfræðilegir þættir valda óæskilegum og skaðlegum áhrifum á heilsufar almennings, röskun lífríkis eða óhreinun lofta, láðs eða lagar. Mengun tekur einnig til ólyktar, hávaða, titrings, geislunar og varmaflæðis og ýmissa óæskilegra eðlisfræðilegra þátta“.

Í starfsleyfum fyrir fiskelda er horft til eftirfarandi þátta sem eiga sér stoð í íslenskum lögum og reglugerðum:

Losun úrgangs

Við hreinsun svifagna skal leiða frárennslis í setþró eða annan sambærilegan búnað sem síar eða fellir út svifagnir sem fast efni þ.e. seyru. Setþró skal hönnuð þannig að auðvelt sé að ná seyrunni úr henni og skal tæmd árlega eða áður en safnrými fyllist. Óheimilt er að losa seyru í yfirborðsvatn. Seyra sem fellur til við meðhöndlun og hreinsun skal nýta ef kostur er. Seyru skal fargað á þann hátt að umhverfið verði ekki fyrir skaða af völdum hennar í samræmi við reglugerðir þar af lútandi.

Efnalosun

Losun mengandi efna í ferskvatn takmarkast af eftirfarandi mörkum:

- Fosfór: 7 kg P / framleitt tonn.
- Köfnunarefni: 60 kg N / framleitt tonn.

Ef fyrir liggur fullnægjandi úttekt á því hversu mikla mengun viðtaki þolir getur Umhverfisstofnun heimilað rýmri mörk eða sett þrengri mörk en hér greinir.

Óheimilt er að losa önnur efni sem talin eru upp í listum I og II í viðauka reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. Einnig er óheimilt að losa efni sem hafa eiturvirkni, þrávirkni eða safnast upp í lífverum og efni sem tilheyra efnaflokkum þar sem losunarmörk

hafa ekki verið ákvörðuð.

Rekstraraðili fiskeldis skal sjá til þess að vatnsgæðum í viðtaka hraki ekki vegna eldisins og fiskeldi má ekki valda fækkun tegunda í lífríki.

Efnainnihald viðtaka

Þar sem fráveituvatn er leitt í á eða vatn skal eftirfarandi gilda 1 m frá útrás:

- Hámarkshitabreyting af völdum frárennslis: 2°C.
- Lágmark súrefnismettunar: 70%.
- Sýrustig, pH 6-9. Hámarksbreyting á sýrustigi vegna frárennslis: 0,5.
- Ammoníak, minna en 0,025 mg/l.
- Súrefnisnotkun BOD₅: hæst 4 mg O₂/l eða hæst COD: 20 mg/l.
- HOCL: hæst 0,004 mg/l.
- Oliur og fitur: olíubrák má ekki sjást.
- Hámarksaukning á svifögnum vegna frárennslis: 2 mg/l.

Frágangur við útrás

Rekstraraðila er skylt að sjá um að frágangur við útrás þar sem fráveituvatn er leitt í á eða vatn sé þannig að ekki sjást:

- Set eða útfellingar.
- Þekjur af rotverum (bakteríur eða sveppir).
- Fita eða froða.
- Sorp eða aðrir aðskotahlutir.
- Efni sem valda óþægilegri lykt, lit eða gruggi.

Verði vart við uppsöfnun mengandi efna í nágrenni við útrás frárennslis skal rekstraraðili tilkynna eftirlitsaðila það þegar í stað.

Dauður fiskur

Rekstraraðili skal hafa útbúnað sem fangar dauðan fisk úr stöðinni og úr frárennslisvatni. Ganga skal frá lífrænum úrgangi í þétt lokuð ílát eða gáma. Skemmt hráefni og sýktur fiskur skal urðast á viðurkenndum urðunarstað fyrir lífrænan úrgang eða sendur til viðurkenndrar eyðingar.

Meðhöndlun úrgangs og spilliefna ásamt umgengni um mengandi efni

Rekstraraðila er skylt að ganga frá olíubirgðum, olíuúrgangi, eiturefnum og hættulegum efnum þannig að ekki sé hætt á því að þau berist út í umhverfið. Fylgja skal ákvæðum reglugerðar um varnir gegn olíumengun frá starfsemi í landi. Ekki er heimilt að farga neins konar úrgangi um niðurföll.

Draga skal skipulega úr myndun úrgangs og ef kostur er þá skal koma úrgangi til endurvinnslu eða endurnýtingar. Spilliefnum og lyfjaafgöngum skal komið til viðurkenndrar spilliefnamóttöku.

Á öllu athafnasvæði fiskeldisstöðvar skal gæta fyllsta

hreinlætis í samræmi við kröfur eftirlitsaðila.

10.1.3 Hvers er að vænta með nýjum tilskipunum?

Árið 2000 tók Evrópusambandið mikilvægt skref þegar það innleiddi rammtilskipun um verndun vatns (tilskipun 2000/60/EB). Árið 2007 samþykkti Alþingi þingsályktunartillögu um að innleiða vatnatilskipunina hér á landi. Vatnatilskipunin var síðan innleidd með lögum nr. 36/2011 um stjórn vatnamála vorið 2011, og með setningu reglugerðar nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun, og reglugerð nr. 935/2011 um stjórn vatnamála. Lögin um stjórn vatnamála mynda því ramma yfir margar reglugerðir á sviði umhverfismála. Þær helstu eru:

- Reglugerð um neysluvatn, varnir gegn mengun vatns.
- Reglugerð um varnir gegn mengun grunnvatns.
- Reglugerð um fráveitur og skólp.
- Reglugerð um meðhöndlun seyr.
- Reglugerð um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun.
- Reglugerð um varnir gegn mengun vatns af völdum köfnunarefnissambanda frá landbúnaði og öðrum atvinnurekstri.
- Reglugerð um mengunarvarnaeftirlit.

Markmið laganna er að vernda vatn og vistkerfi þess, hindra frekari rýrnun vatnsgæða og bæta ástand vatnavistkerfa til þess að vatn njóti heildstæðrar verndar.

Í samræmi við löggjöf um stjórn vatnamála skal allt vatn ná umhverfismarkmiðum um gott vistfræðilegt og efnafræðilegt ástand fyrir lok árs 2021. Vægari umhverfismarkmið má setja ef ógerlegt eða óhóflega dýrt er að ná góðu ástandi, þó með því skilyrði að ástand vatns versni ekki frekar (sbr. 16. gr. laga um stjórn vatnamála).

Skilgreining á vistfræðilegu ástandi nær til vatnaflóru og –fánu, næringarefnainnihalds, þátta eins og seltu og hitastigs, efnamengunar, vatnsmagns, vatnsrennslis, vatnsdýpis og lögunar vatnsfarvegjar.

Innleiðing vatnatilskipunarinnar er því mikilvægt skref í áttina að því að einfalda og samræma íslenskt regluverk þegar kemur að verndun vatns og vistkerfa þess.

10.2 Grugghreinsun, þykking og geymsla

10.2.1 Settjarnir

Settjarnir – hvað er settjörn?

Settjörn er manngerð tjörn sem tekur á móti menguðu vatni. Hlutverk settjarna er að hreinsa mengunarefni áður en þau fara út í vötn, ár eða sjó. Í einföldu máli

virka settjarnir á þann hátt að þær skilja agnir frá vatni. Agnir sem eru þyngri en vatn setjast á botninn en léttari efni eins og olía flýtur ofan á vatninu. Settjarnir eru fyrst og fremst notaðar í þrennum tilgangi:

- Hreinsun ofanvatns með setfalli.
- Jöfnun á rennslistoppum.
- Til að fanga mengun og koma í veg fyrir mengunarslys.

Settjarnir eru tæknilega einfaldar og þurfa nær enga orku til reksturs, auk þess eru þær ódýrar í smíði.

Uppbygging settjarna

Til þess að settjarnir virki vel til að hreinsa frárennslisvatn er mikilvægt að þær séu rétt hannaðar. Til eru margar útfærslur á settjörnum og fara útfærslurnar eftir aðstæðum á hverjum stað fyrir sig.

Settjörnum er skipt í fjögur svæði, innstreymissvæði, fellisvæði, seyrubotn og frárennslissvæði. Við kjörskilyrði þarf viðstöðutími í tjörninni að vera jafn falltíma agnar sem byrjar fallið við yfirborð vatns við innstreymisenda fellihluta og endar við frárennslisenda fellihlutans (kafli 5). Því skiptir miklu máli hversu hægt/hratt rennsli vatns er í settjörnunum. Því lengri tíma sem það tekur vatnið að flæða því betur sökkva agnirnar. Einnig skiptir máli að fá góða viðstöðu í botninum á tjörninni.

Flutningur vatns inn og út úr settjörnum verður að vera með þeim hætti að engir iðustraumar nái að myndast á fellisvæði hennar. Ef iðustreymi sést í settjörn er líklegt að virkni hennar sé lítil.

Fellitjarnir voru upprunalega hannaðar fyrir skólphreinsistöðvar. Hönnunarforsendur sem notaðar eru fyrir slíkar stöðvar er ekki hægt að yfirfæra á fiskeldisvatn, vegna annarskonar samsetningar skólpsins.

Til þess að minnka líkurnar á að vatn settjarna hafi áhrif á umhverfið er hægt að vera með undirlag. Ýmislegt getur verið notað s.s. dúkur, leir, möl eða steypur grunnur. Jafnframt geta settjarnir verið grafnir skurðir eða steyp ker með tromlusíum.

Lögun hefur einnig mikið að segja, en hringlaga tjarnir virðast koma best út.

Fjarlæging á gruggi – settjarnir

Reglulega þarf að hreinsa bæði yfirborð og botnfall tjarnanna og er það gert með dælubílum eða setinu er mokað upp með gröfum.

Í starfsleyfum er yfirleitt kveðið á um að hreinsa eigi settjarnir einu sinni á ári. Bent er á að hægt er að miða við að tíðni tæmingar miðist við virkni settjarnarinnar hverju sinni. Þegar mæligildi ákveðinna efna í

frárennsli settjarnar eru komin að viðmiðunarmörkum verði tjörnin tæmd og hreinsuð.

Settjarnir og fiskeldi

Jarðtjarnir hafa verið notaðar í nokkrum fiskeldisstöðvum hér á landi um árabil. Jarðtjarnir eru almennt taldar besti valkosturinn ef landrými er nægilegt. Jarðvegur þarf að vera þéttur til að vatn flæði ekki inn og út úr jarðtjörninni. Þegar jarðtjörn er tæmd getur átt sér stað mikið upprót gruggagna sem berst út í viðtakann. Til að koma í veg fyrir það þarf að vera hægt að stöðva fyrir innrennsli og frárennsli í tjörnina á meðan á hreinsun stendur t.d. með notkun þrepaskiptrar tjarnar. Mest uppsöfnun af lífrænu efni verður í efstu tjörninni. Frárennslinu er beint niður í næstu tjörn á meðan úrgangur er fjarlægður og efsta tjörnin er þurrkuð. Allar tjarnir eru tæmdar með þessum hætti – eftir þörfum. Fáar mælingar hafa verið gerðar sem staðfesta virkni jarðtjarna.

Á Íslandi hefur verið algengt að útbúa mjög stórar jarðvegstjarnir sem frárennsli úr fiskeldisstöðvum 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 sekúndulítra þurfi tvo fermetra og við 500 l/s þarf flatarmál settjarnarinnar að vera 1.000 m².

Dæmi um settjörn á Íslandi má finna í fiskeldisstöðinni Hólalax (mynd 10.2). Þar er vatnið frá kerum leitt úr þeim í 200 m² fellitjörn og síðan í gegnum tvær raðtengdar settjarnir, 7000 m² og 14.000 m². Að lokum er vatninu veitt út í viðtaka. Samanlagt rúmtak tjarnanna er um 25 þús. rúmmetrar, dvalartími í settjörnum í Hólalaxi er um 28 klst. og er hæðarmunur í tjörnunum og mól í botninum.

Hvaða kröfur ættum við að setja okkur þegar kemur að því að velja hönnun á settjörnum?

Í dag er hvergi fjallað um settjarnir í íslensku regluverki. Í þeirri vinnu sem nú fer fram við stjórn vatnamála á Íslandi er þó möguleiki á að setja skýrar reglur og kröfur um settjarnir.

Eins og fram hefur komið þá geta settjarnir verið með margskonar uppbyggingu og er mikilvægt að velja þá hönnun sem skilar bestum árangri. Mismunandi kröfur eru um uppbyggingu í fiskeldum erlendis, en eftirfarandi atriði er gott að hafa í huga þegar kemur að því að velja leiðir hér á landi:

- Settjarnir ættu að vera staðsettar á jarðfræðilega stöðugum svæðum a.m.k 15 metra frá ám eða öðru yfirborðsvatni.
- Settjarnir eiga að vera staðsettar þar sem grunnvatn lekur sem minnst inn í þær og er t.d. bent á að hægt sé að fódra þær með leir.
- Settjarnir skulu hannaðar af viðurkenndum sérfræðingum í samræmi við þær aðferðir sem eru



Mynd 10.2. Yfirlit yfir settjarnir hjá Hólalaxi (Kortaskjá Landmælinga Íslands).

viðurkenndar í þessum fræðum.

- Nokkrar tjarnir í röð eru skilvirkari en ein stór tjörn.
- Settjarnir eiga að vera hannaðar þannig að lengd þeirra sé meiri en vídd 2:1 hlutfall.
- Öryggisýfirfall skal ávallt vera til staðar.
- Settjarnir skulu vera vaktaðar og tæmdar áður en þær fyllast. Talað er um að þegar þær ná u.þ.b. 2/3 af fyllingu þá skulu þær tæmdar.

Umhverfisstofnun Bretlands setur m.a. eftirfarandi atriði fram í leiðbeiningum sínum um settjarnir

- Mengaða vatnið þarf að vera nógu lengi í tjörninni til að agnir nái að setjast. Hægt er að reikna út hversu lengi það tekur fyrir agnir að setjast.
- Hafa flæðið í tjörnina sem hægst en stöðugt.
- 2 til 3 settjarnir í röð virka best.
- Vakta þarf reglulega hversu mikið af efnum er að fara út í umhverfið.

Kostir og ókostir settjarna

Helstu kostir settjarna eru að þær eru einfaldar og ódýrar í smíði og nær engnar orku er þörf til að reka þær. Ókostir eru að þær eru plássfrekar, þær taka auk þess við frekar litlu vatni á flatareiningu og hreinsa ekki út smáar agnir (<100 µm).

Þar að auki hefur sýnt sig að settjarnir hafa ekki alltaf verið reglulega tæmdar, gruggagnir hafa því brotnað niður og uppleyst næringarefni borist með vatninu út úr tjörninni. Grugg situr í kerfinu uns það er hreinsað út en ef lengri tími líður er hætt við að enduruppleysing eigi sér stað og jafnvel hætta á myndun óæskilegra niðurbrotsefna. Hér á landi hafa verið í notkun stórar jarðtjarnir sem aldrei (eða sjaldan) hafa verið tæmdar.

Helstu ókostir steyptra og dúklagðra settjarna er aukinn stofnkostnaður og viðhald mannvirkjanna en helstu kostir eru þeir að tæming verður auðveldari en í jarðtjörnum.

10.2.2 Vikursíur

Efni í agnásíur

Grús eða mól hefur lengi verið notuð til að sía inntaksvatn fyrir fiskeldisstöðvar einkum þar sem vatnið er tekið úr ám eða stöðuvötnum. Í einhverjum mæli hefur grús einnig verið notuð til að sía



Mynd 10.3. Vikursteinn
(www.gsi.is/ir.htm).



Mynd 10.4. Þaninn leir
(www.filtralite.com).



Mynd 10.5. Agnásíur í skólphreinsistöð
(www.directindustry.com).



Mynd 10.6. Hreinsun síu með bakflæði
(www.directindustry.com)

og gefur mikið yfirborð á hvern rúmmetra vikurs (mynd 10.3). Vikur er með hrjúft yfirborð og fangar því vel agnir í vatninu. Þaninn leir er efni sem svipar mjög til vikurs (mynd 10.4). Þetta efni er mikið notað hvort heldur er sem agnasia eða lífhreinsir (www.filtralite.com).

Smáskala vikursíur eru víða notaðar erlendis en minna er um stórvirkar síur sem ráða við frárennslisvatn frá stórum fiskeldisstöðvum. Líklega ræður fjarlægð frá vikurnámum þar einhverju um. Á Íslandi er vikurinn aftur á móti mjög víða að finna og því tiltölulega auðvelt að nálgast hann án mikillar fyrirhafnar eða kostnaðar. Vikurinn hefur marga eiginleika og kosti fram yfir grús sem gerir hann að enn áhugaverðarði kosti sem vert er að kanna betur.

Uppbygging á agnasiu

Agnásiur eru algengar m.a. sem hluti af skólphreinsistöðvum (mynd 10.5). Vatnið kemur inn í yfirborðinu og fer niður í gegnum síuna og eftir standa óhreinindi sem síast úr vatninu. Við hreinsun er lofti eða háþrýstivatni dælt upp um síuefnið og á milli þrónna er hól sem yfirfallið með gruggögnunum fer ofan í (mynd 10.6). Svona hreinsistöð er að sjálfsögðu ekki á færi fiskeldisstöðva að setja upp en nýta má hugmyndafræðina við útfærslu á hönnun til að hreinsa frárennsli frá eldiststöðvum.

Reynsla af vikursíum og uppbygging

Árlax í Kelduhverfi er eina fiskeldisstöðin hér á landi sem hefur reynt að hreinsa frárennslið með vikursíu. Vikursían virkaði vel í upphafi, en síður þegar frá leið (Benedikt Kristjánsson, munnl. heimild).

Gerð var tilraun með vikursíu árið 2007 sem hluti af B.S verkefni Sveinbjörns Oddssonar í umhverfisfræðum við Háskólann á Akureyri. Vikurinn var notaður til að grófsía vatn frá fiskeldi og var hluti af loftdrifnu endurnýtingarkerfi (mynd 10.8).

Vikursían var þriggja hólfa kassi, 40 cm á breidd, 130 cm langur og 40 cm djúpur (mynd 10.8). Kassinn var u.þ.b. 1/6 af áætlaðri fullri stærð vikursíu. Um 2 cm frá botni hvers hólfs var rist sem vikurinn hvíldi á en undir ristinni voru loftsteinar til að blása lofti undir binginn. Vatnið var látið streyma ofan frá inn í fyrsta hólfið og niður í binginn. Þaðan fór vatnið upp með skilrími og svo aftur niður í gegnum næsta hólfið og síðan það þriðja. Megnið af óhreinindunum settist í efstu 5 – 10 cm síunnar. Steinarnir voru 3 – 4 cm í þvermál í fyrsta og öðru hólfi en 1 – 2 cm í því þriðja (mynd 10.9). Vikurbingurinn var u.þ.b. 20 cm þykkur og vatnsborðið fyrir ofan hann um 15 cm.

Hugmyndin með hólfin þrjú var að fyrstu hólfin tvö tækju stærstu gruggagnirnar en það síðasta það sem finna væri. Einnig bauð þetta upp á að skipta mátti út

vikri í einu hólfi án þess að það hefði mikil áhrif á bakteríuvirkni síunnar.

Loftblásturinn virkaði mjög vel til að hræra upp í síunni og losa gruggagnir frá vikursteinunum. Þegar slökkt var á loftblæstrinum féllu steinarnir strax til botns en gruggagnir voru sviflægar um stund í vatninu ofan við steinana. Strax og loftblásturinn hætti var opnuð hliðarrás og hólfið tæmt niður að bingnum og þannig skolaðist setið út. Best var að blása vikurinn a.m.k. tvisvar á dag til að hreinsa hann en einnig til að losa um steinana. Ef láðist að hreinsa í 2 - 3 daga þéttist bingurinn mikið og varð kekkjóttur þannig að loftið fór upp um rásir í bingnum en hrærði ekki upp í honum.

Helstu eiginleikar vikurs

Óvirkt efni: Vikurinn er að mestu leyti óvirkur þ.e.a.s. gefur frá sé sáralítið af efnum og þrátt fyrir að vera afurð eldgosa þá gefur hann ekki frá sér flúor.

Mikið holurými: U.þ.b. 80-85% rúmmáls vikurs er holurými sem gerir hann mjög léttan auk þess að yfirborð er mikið miðað við rúmmál og því kjörin sem ásætufni fyrir niturbakteríur.

Hrjúft yfirborð: Vikur er með óregluleg lögun og hrjúft yfirborð sem er kjörið til að fanga fast efni í frænnslisvatninu.

Lítið þrýstifall: Vikur er léttur og opinn og er því lítið þrýstifall við vatnsflæði í gegnum hann, að því tilskyldu að honum sé haldið sæmilega hreinum. Hann hentar því vel í kerfi sem byggja á sjálfrennandi vatni og/eða þar sem reynt er að halda dælingu í lágmarki.

Bindur næringarefni: Komið hefur í ljós að vikurinn bindur næringarefni, einkum fosfór, köfnunaefni og níturat. Ekki er vitað hversu mikið tiltekið rúmmál vikurs bindur af næringarefnum og hversu fast hann bindur þau. Áður en vikur er notaður sem rótarbeðsefni í gróðurhúsum þarf fyrst að metta hann með næringarefnum svo hann taki þau ekki úr ræktunrvökvanum. Þetta er gert þannig að vikurinn er látinn liggja í sterkri næringarefnalausn í a.m.k. viku.

Dregur úr lyktarmengun: Vikurinn virðist draga í sig og binda lyktarefni sem cyanobakteríur gefa frá sér og getur valdið því að óæskilegt aukabragð verður af fiski sem alin í endurnýttu vatni. Vegna þessa er vikur gjarnan notaður til að hreinsa bragðvont drykkjarvatn. Að sama skapi er vikur notaður til að sía úr drykkjarvatni óæskileg efni svo sem þungmálma (www.tesspumice.com).

Hárpípukraftur: Vikurinn getur að einhverju leyti vökvað sig sjálfur þ.e. flytur vatn með hárpípukrafti upp í gegnum binginn og helst þannig rakur. Þetta er mikilvægur eiginleiki varðandi lífvænleika baktería og þar með virkni vikursins sem lífhreinsis.

Ódýr lausn: Vikur er víða að finna á eldvirka svæði landsins og fyrirtækið Jarðefnaiðnaður í Þorlákshöfn flytur hann til útlanda í stórum stíl. Þar er hægt að kaupa hann flokkaðan í ýmsar stærðir á vægu verði. Gera má ráð fyrir því að helsti kostnaður við notkun

vikurs verði flutnings-
kostnaður.
Hægt er að
útbúa einfaldar
og ódýrar þrær
og tengja við
loftblásara, en
síðan er
mönnum í sjálfs
vald sett hversu
mikil sjálf-
stýring er tengd
við hreinsikerfið.



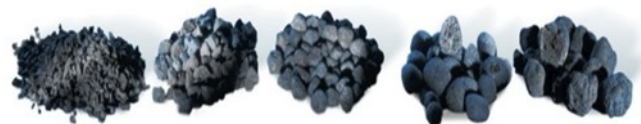
Mynd 10.7. Vikursía
(www.tesspumice.com).

Íslenskt, náttúrulegt hráefni: Það spillir ekki að um er að ræða nánast óþrjótandi, náttúrulegt efni úr íslenskri náttúru. Þetta getur skipt máli í lífrænu eða vistvænu vottunarferli. Vikurinn er nýtanlegt hráefni við förgun svo sem rótarbeðsefni í gróðurhúsum og undirlag undir túnþökur. Einnig getur hann verið hluti af votlendis útfærslu enda náttúrulegt efni og því ekki mengun í náttúrunni.

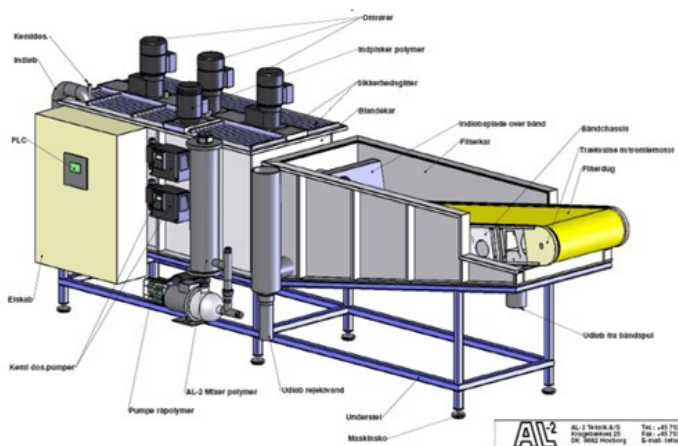
Lífhreinsir: Þó að það sé ekki megin tilgangurinn með vikursíu þá skaðar það ekki að hann virkar einnig sem lífhreinsir. Notkun vikurs sem agnasíu getur því dregið verulega úr magni köfnunarefnasambanda í frænnslinu.



Mynd 10.8. Þriggja hólfa kassi sem vikursía í tilraunarverkefni (Ljósmynd: Sveinbjörn Oddsson).



Mynd 10.9. Mismunandi stærð af steinum eins og notaðir eru í Filtralite síuum (www.envi-pur.cz).



Mynd 10.10. Al-2 Teknik A/S.

Helstu ókostir vikurs

Rúmmálsfrek lausn: Vikursíur taka mikið rými ef miðað er við t.d. tromlusíur. Þær þurfa því helst að vera utandýra. Gera þarf ráð fyrir því að vikursía sem á að anna frárennsli upp á u.þ.b. 100 l/sek þurfi að vera a.m.k. 15-20 m að flatarmáli eða 7-10 m³.

Tæming: Það þarf að skipta vikrinum út reglulega og setja nýjan í staðinn. Þetta á einkum við ef halda á virkni hans sem lífhreinsis í hámarki. Einnig molnar talsvert niður og það þarf að bæta í skarðið. Þetta kallar á talsverða flutninga til og frá og getur verið mjög óhagkvæmt fyrir þær stöðvar sem eru fjærst vikurnámum. Ef vikurinn reynist vel í ræktun ýmiskonar er góður möguleiki á því að slíkir notendur taki þátt í kostnaði við kaup á vikri og flutning hans. Hugsanlega má skola vikurinn vel utan síunar og nota síðan oft en einu sinni til að draga úr þörf á nýjum vikri.

Molnar: Eins og áður sagði þarf að gera ráð fyrir að vikurinn molni eitthvað niður, einkum ef hann er reglulega (oft á dag) látinn þeytast um við skolun í bakflæði. Þetta er ein ástæða þess að vikur hefur þótt óhentugur í hringrásarkerfum fyrir smáfisk því vikurmulningur getur auðveldlega borist í lagnakerfið og í sjálf kerin. Það þarf að taka tillit til þessa við hönnun vikursíu og ætti ekki að vera erfitt að útfæra



Mynd 10.11. Belgur úr gegndræpum jarðvegsdúk
(www.graniteenvironmental.com).

hreinsun á mulningi því hann er mun eðlisþyngri en vikurmolararnir. Einnig er hætt við að við skolon missi vikurinn smátt og smátt hið hrjúfa yfirborð sem annars einkennir hann.

10.2.3 Þykking og geymsla

Forhreinsun (þykking)

Hanna þarf eldisstöðvarnar þannig að sem mest af úrganginum falli út í eldisferlinu og að þar hefjist þykkingin (kaflí 5). Við þykkingu gruggagna hvort sem það er í sjálfu karinu eða í hreinsibúnaði utan við karið eykst þurrefnisinnihaldið og auðveldar það þykkingu á frárennslisvatni í eldisstöðinni.

Beltasiur

Beltasíur þykkja seyruna og jafnvel þurrka hana þannig að hægt er að flytja þurrefnið langar leiðir. Þetta er dýr tækjabúnaður sem er væntanlega ekki á færi smærri stöðva.

Beltasíur virka þannig að blandað er felliefnum í seyruna til að föstu efnin hlaupi í kekki. Seyrunni er síðan dælt á gegndræpt færiband en lofttæmi öðrum megin við bandið dregur vatnið úr vökvanum (mynd 10.10). Sumar gerðir beltasía eru einnig með þurrkara sem þurrka seyruna enn frekar.

Hægt er að útbúa færanlegar beltasiur til að samnýta og flytja á milli staða. Þá væri seyran geymt í útjaðri eða utan við eldisstöðina þannig að ekki yrði möguleiki á smiti milli stöðva.

Blanda þarf felliefnum í setið svo beltasían virki. Það eru til lífræn felliefni eins og til dæmis kartöflu sterkja.

Belgur úr gegndræpum jarðvegsdúk

Belgur úr gegndræpum jarðvegsdúk (Geotextile Dewatering Tube) er notaður til að þykkja og geyma seyr. Belgurinn er úr gegndræpu polypropylene eða polyester efni (mynd 10.11). Ekki er gert ráð fyrir að belgurinn sé fluttur um set en á meðan talsvert af vatni er ennþá í seyrinni er hægt að dæla úr þeim og flytja vatnsblandað seyr í burtu. Annars er allt vatnið látið síga úr belgnum með tíð og tíma og hann ýmist urðaður eða þurr seyra nýtt sem áburður (kaflí 10.3.2).

Þegar vatninu er dælt í belginn er blandað saman við það felliefnum (polimerum) þannig að föstu efnin hlaupa í kekki. Þetta gerir það að verkum að hægt er að hafa stærri göt á belgnum sem auðveldar vatninu að flæða út úr honum.

Geymsla og flutningur

Gera þarf ráð fyrir því að seyran sé geymd á eldisstað um lengri eða skemmri tíma. Ef nota á seyrana til áburðar þarf að geyma hann yfir vetrarmánuðina nema um ylækt sé að ræða. Þetta kallar á verulegt

geymslurými.

Hægt er að safna seyrinni saman í þar til gerðar þær líkt og gert er við t.d. svínabú. Þærnar verða að vera lokaðar til að forðast sjón- og lyktarmengun og einnig til að halda fugli í burtu. Belgur úr gegndræpu jarðvegsdúki er góð leið til að geyma seyrina en einnig þurrka hana.

Vegna kostnaðar við flutning á seyrum verður að reyna að farga henni eða nýta sem næst eldinu. Til að draga úr flutningskostnaði er hægt að þurrka seyrina.

10.3 Nýting á lífrænum úrgangi

10.3.1 Tækifæri til verðmætasköpunar

Auknar kröfur

Krafan um nýtingu aukahráefna er alltaf að aukast auk þess sem eftirlit og skilyrði um meðhöndlun þeirra verður sífellt strangari. Það á við um fiskeldi líkt og annan iðnað.

Frárennsli frá fiskeldisstöðvum í viðkvæma viðtaka eru sérstaklega undir smásjánni, svo sem litlar ár eða stöðuvötn, en áhætta vegna aukinnar lífrænnar auðgunar er minni þegar frárennsli rennur t.d. í vatnsmeiri ár. Þó ber að geta að um frárennsli í ferskvatn gilda ákveðin lög og reglur sem fjallað er um í kafla 10.1. Eldisstöðvar með affall í sjó þurfa ekki að hreinsa úrgang úr frárennsli að eins miklu leyti og ef viðtakinn er viðkvæmur (minni ár eða stöðuvötn), en óhætt er að fullyrða að þær kröfur muni aukast í framtíðinni, m.a. vegna Vatnatilskipunarinnar sem verið er að innleiða í íslensku lagaumhverfi (Tilskipun 2000; Lúdvík Bergvinsson o.fl. 2008).

Nýting á úrgangi og markaðssetning

Það sem helst hefur drifið eldismenn til að huga að frárennslinu eru auknar lagalegar kröfur, auk þess sem sumir kaupendur hafa þrýst á aukin úrræði eða vottanir sem eldisfyrirtæki hafa innleitt fyrir sitt eldi. Staðlar sumra vottanna setja kröfur um hvað gert er við frárennsli áður en það fer úr stöðinni, og setja þ.a.l. sem skilyrði að allur eldisferillinn sé keyrður út frá sjálfbærnimarkmiðum, líka hvernig frárennsli er meðhöndlað.

Tækifærin í úrganginum

Ef til vill fylgja ekki einungis kvaðir með aukinni hreinsun frárennslis, heldur líka tækifæri. Ný tekjustreymi gætu myndast fyrir fyrirtæki þegar aukin eftirspurn eftir hágæða lífrænu hráefni eykst ár frá ári. Losun úrgangs í dag kostar framleiðendur ekki mikið, en sá kostnaður mun aukast í framtíðinni, líkt og á við um förgun á sorpi, og því mun í framtíðinni myndast hvati hjá eldismönnum til að hugsa um úrgang sem

tækifæri til aukinnar nýtingar þess hráefnis sem til fellur í.

Þær hugmyndir sem kynntar verða hér á eftir gefa yfirlit yfir hvað hægt er að gera við lífrænt efni í frárennsli fiskeldisstöðva, en eru kannski ekki allar raunhæfar við núverandi aðstæður. Við þetta má bæta að víðast hvar þar sem unnið er markvisst að söfnun lífrænna efna úr frárennsli frá fiskeldisstöðvum notast menn við fulla endurnýtingu (RAS). Við fulla endurnýtingu er lítið frárennsli frá eldisstöðvum, í samanburði við gegnumstreymiskerfi, og er því einfaldara en þegar um mikið magn af vatni er að ræða og söfnun því flóknari og dýrari vegna aukins tæknibúnaðar.

Umhverfisáhrif

Uppsöfnun lífrænna efna getur leitt af sér ofauðgun lífrænna efna sem valdið getur auknum þörungablóma og eru viðkvæmir viðtakar sérstaklega vandmeðfarnir. Á Íslandi er staðan þó um margt frábrugðin umhverfisaðstæðum t.d. í mið Evrópu.

Streymi lífrænna efna í viðtaka á Íslandi er margfalt minna en t.d. í stórum landbúnaðarhéraðum í Þýskalandi.

Nýting á úrgangi er m.a. háð því að lyf séu ekki notuð við eldið, enda breytir lyfjagjöf efnasamsetningunni í frárennslinu og kemur í veg fyrir „græna“ nýtingu þess.

10.3.2 Hugsanlegar leiðir til nýtingar úrgangs

Áburður

Að nota lífræn efni úr frárennsli frá fiskeldi sem áburð er ódýr leið til að eyða þeim (mynd 10.12 og 10.13). Um köfnunarefni og fosfór ríkan áburð er að ræða, sem uppfyllir þó ekki að öllu leyti köfnunarefnis- og fosfórbörf við áburðargjöf. Því fylgja hins vegar ákveðnir möguleikar, t.d. að nota hann með öðrum áburði sem gæti sparað bændum fjármuni með minnkuðum innkaupum á tilbúnum áburði. Eldið yrði einnig sjálfbærara sem nýst getur við sölu og markaðssetningu afurðanna og skilar sér e.t.v. í hærri afurðaverði (Aquatreat 2006).

Það eru ákveðnar hindranir sem þarf að yfirstíga áður en hægt er að nýta lífrænt efni sem fellur til frá eldinu. Mikil lykt fylgir svona áburðargjöf og gæti því mætt andstöðu nágranna. Hafa þarf í huga að hugsanlegt er að skorður verði lagðar við dreifingunni vegna t.d. sjúkdómahættu.

Lífðísilframleiðsla

Tilraunir hafa verið gerðar til að nýta úrgang frá fiskeldi við framleiðslu á líf-díselolíu, en mikið magn þarf við slíka framleiðslu og er því ekki vænlegur kostir nema fyrir stærri aðila. Það er þó hægt er að blanda öðrum úrgangi frá annarskonar starfsemi saman við



Mynd 10.12. Þurrkuð seyra úr gegndræpum belgi (www.uvi.edu).



Mynd 10.13. Þurrkuð seyra notuð sem áburðaeefni (www.uvi.edu).

sem gæti aukið hagræði þessarar leiðar.

Magn næringarefna í frárennsli

Frárennsli frá fiskeldisstöð með gegnumstreymi er það mikið að erfitt er að nýta það með auðveldum hætti. Til samanburðar er flæði úr endurnýtingarkerfi með 10-100 sinnum hærra hlutfall uppleystra efna í því. Innihald þungmálma má ekki vera yfir leyfilegum mörkum og mögulegt bann vegna smíðhættu er til staðar og því þyrfti töluvert eftirlit með þess konar nýtingu (Yeo o.fl. 2004; Aquatreat 2006; Martins o.fl. 2010).

Framleiðsla þörungum

Um þörungum, líkt og aðrar lífverur, gildir að þeir þurfa næringu til að vaxa. Þá næringu er að finna í töluverðum magni í lífrænum úrgangi frá fiskeldi, s.s. fosfat og köfnunarefni. Þennan möguleika þarf því að skoða betur eigi að nýta frárennslið betur, s.s. hvernig og hversu mikið þarf að hreinsa það og hver gæðin eru á þeim efnum sem til falla. Þekkingin á þörungarækt er til staðar á Íslandi og framleiðsla á þörungum á sér stað

hér á landi, s.s. hjá Mátis á Akureyri og í Bláa Lóninu. Í dag eru þörungar svo nýttir í ýmsar dýrar vörur, svo sem fæðubótarefni og snyrtivörur, og því gæti nýting efna úr frárennsli borgað sig, verði stærðarhagkvæmni náð. Þörungar eru einnig grunn fæða ýmissa eldistegunda og því gæti nýting á frárennsli verið hluti af sameldi tegunda, eins og Aquaponics, auk þess sem þörungar eru notaðir við lífdísselframleiðslu, svo tækifærin liggja víða.

Áður en hægt er að hefja framleiðslu þörungum með efnum úr frárennsli frá fiskeldi þarf að huga að ýmsum þáttum. Mikla birtu þarf við framleiðslu þörungum, sem fjölga sér með ljóstillífum. Rækta þyrfti þörungana innandyrá á Íslandi, en ekki í tjörnum líkt og hægt er erlendis, vegna lágs lofthita yfir veturinn auk þess sem rekstur framleiðslukerfa getur verið dýr og er því ekki á færi allra eldisaðila (Aquatreat 2006).

Vinnsla fosfats

Fosfat er takmörkuð auðlind en er nauðsynleg við flest alla matvælaframleiðslu. Því getur nýting verið ábatasöm til framtíðar lítið því heimsmarkaðsverð á fosfati fer ört hækkandi. Fiskur í eldi nýtir fódrið mis vel en um 50% af fosfati í fódri fer ónýtt með saur fiskisins (bleikju) en hlutfall þess í fódriinu er samt nauðsynlegt, miðað við núverandi rannsóknir, til þess að fiskurinn vaxi eins og til er ætlast.

Í dag eru ekki til hagkvæmar leiðir til að vinna fosfat úr frárennsli frá fiskeldi, og því er ekki um aðferð að ræða sem hægt er að grípa til á Íslandi í dag. Hins vegar gæti sú staða breyst ef endurnýting eykst í landeldi á Íslandi en þá, eins og áður var getið, er um minna vatnsmagn að ræða, hlutfall efna hærra og er því raunhæfari kostur við slíkar aðstæður og þ.m.t. vinnsla efna úr frárennslinu (Martins o.fl. 2010).

Að lokum, þegar fjallað er um nýtingu fosförs úr frárennsli, ber að geta að orð fódurfræðingsins Jóns Árnasonar: „Þetta er allt í fódriinu“ eiga hér við eins og svo oft áður þegar fjallað er um fiskeldi. Með því að auka og auðvelda meltanleika í fódri minnka um leið umhverfisáhrif frá fiskeldi, t.d. þegar kemur að losun á fosfór, en það hlýst með því að minnka hlutfall fosförs í fódriinu en stefnan er að vinna í því í nánustu framtíð, m.a. vegna þess hversu fosfór er orðið dýr afurð.

10.4 Fjarlægning næringarefna - Votlendi

10.4.1 Votlendi

Tilbúið votlendi

Tilbúið votlendi (Constructed Wetland) er vel þekkt og útbreidd lausn til að meðhöndla næringarrikt affallsvatn eftir að búið er að ná úr því megninu af föstu efnunum. Þessi leið er mikið notuð í Bandaríkjunum við að

meðhöndla affallsvatn frá borgum og bæjum (Stormwater) einkum þar sem ekki er um vatnsmiklar ár eða sjó til að taka við því.

Tilbúið votlendi er á tiltölulega háu tæknistigi (mynd 10.14). Skipt er um jarðveg og grús eða vikur settur í stað þess sem fyrir var. Þar með er komið vel gegndræpt rótarbeðsefni fyrir plönturnar (mynd 10.15). Dreifilagnir dreifa vatninu yfir binginn en drenlagnir undir öllu saman leiða vatnið sem síast hefur í gegn í brunn, þaðan sem hreinu vatni er síðan dælt í burtu. Í þessu tilviki felst virknin í upptöku plantnanna á næringarefnum en ekki síst í niðurbroti baktería í grúsinni.

Votlendistjarnir

Í votlendu á sér stað niðurbrot köfnunarefnis fyrir tilstilli baktería en megin virknin felst í því að gróðurinn nýtir næringarefnið til vaxtar. Það er hið háa hlutfall flatarmáls á móti rúmmáli sem er lykilatriði í virkni votlendis (mynd 10.16).

Á leið sinni í gegnum votlendið nær vatnið á náttúrulegan hátt að lofta út koltvísýringnum og súrefnismettunin kemst í jafnvægi.

Í dönsku fiskeldi er votlendi mikilvægur hluti hreinsibúnaðar sem hefur gert mörgum fyrirtækjum kleift að auka framleiðsluna verulega því magn leyfilegrar framleiðslu miðast við hversu miklu af næringarefnum stöðin sleppur út í umhverfið. Danir nota gjarnan til þessa aflagðar jarðtjarnir og frárennslið látið fara frá einni til annarra og þannig næst að láta vatnið renna langa leið áður en það berst í næstu á.

10.4.2 Helstu kostir votlendis

Áhrifaríkt

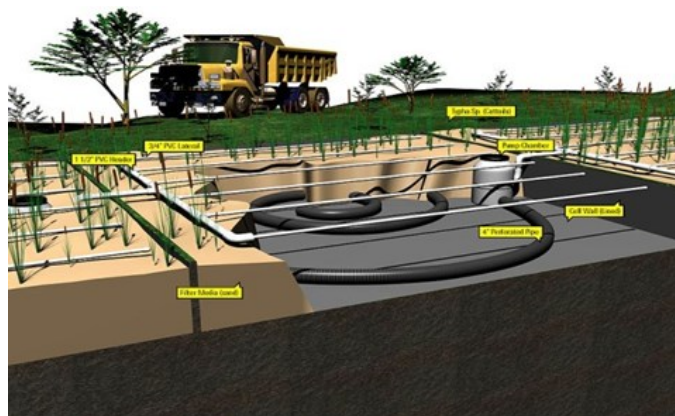
Að því gefnu að til staðar sé nægt landrými þá er hægt að útbúa votlendi sem annar því að hreinsa mikið magn af vatni. Þetta á einkum við þar sem þess er gætt að vatnið dreifist vel um votlendið og ekki síst að gróðurinn (lífmassi) sé fjarlægður reglulega.

Framleiðir lífmassa

Í sum votlendiskerfi er plantað nytjaplöntum sem hægt er að nýta sem fóður fyrir dýr eða lífmassa í lífdísel framleiðslu. Í rauninni næst hámarks virkni þessara kerfa einungis með því að lífmassinn sem verður til sé fjarlægður reglulega og til þess að það svari kostnaði þarf að vera um nýtanlegan lífmassa að ræða.

Viðhaldsfri

Það þarf lítið að sinna þessum kerfum eftir að uppsetningu er lokið. Helst að nauðsynlegt sé að fjarlægja þann lífmassa sem verður til en ef um afurð er að ræða þá svarar það kostnaði.



Mynd 10.14. Tilbúið votlendi (www.wikipedia.org).



Mynd 10.15. Tilbúið votlendi þar sem skipt hefur verið um jarðveg og votlendið afmarkað með dúk (www.iees.ch).



Mynd 10.16. Vel afmarkað og vel gróið stórt votlendi (www.gocolumbiano.com).

Hefur góð áhrif á fuglalíf

Ein helsta röksemd fyrir endurheimt votlendis almennt er að það skapar búsvæði fyrir ýmsar fuglategundir, hvort tveggja er varðar fæðuframboð og til hreiðurgerðar. Einnig getur aukin fæðudýraframleiðsla í votlendu sem rennur í ár og læki aukið fiskgengd við affallið.

Tilbúið votlendi getur tengst hugmyndfræðinni um endurheimt votlendis sem mjög hefur verið að ryðja sér



Mynd 10.17. Gott dæmi um hvernig votlendi með tjörnum hefur verið lagað að landslaginu (www.mda.state.mn.us).

til rúms undanfarið. Það er til mikils að vinna ef hægt er að láta fara saman endurheimt gamals votlendis og þess sem þarf til hreinsunar eldisvökva.

Veiðitjarnir

Hægt væri að hanna votlendis tjarnirnar þannig að þær leyfðu að í þær væru settar fiskur til stangveiði. Slíkt gæti aukið velvilja þeirra sem næst búa t.d. sumarhúsa eigenda eða orðið tekjustofn fyrir bændur.

Ferðapjónustu bændur gætu gert votlendið að aðdráttarafli fyrir ferðamenn hvort heldur er til stangveiði, fuglaskoðunar eða almennar útivistar. Þannig mætti deila kostnaði við gerð votlendisins og vanda betur til frágangs og hönnunar en annars væri ef aðeins einn aðili þarf að bera straum af öllum kostnaði (mynd 10.17).

Ódýr lausn

Votlendi getur verið ódýr lausn þar sem aðstæður eru heppilegar. Þetta á sérstaklega við ef um er að ræða það sem nefnt var hér að framan varðandi það að endurvekja og þar með endurheimta gamalt votlendi.

Hægt að tengja við vikursíur

Áður en frárennslið fer út í votlendið þarf að ná sem mestu af föstu efnunum úr því. Vikursíur gætu komið sér vel í tengslum við votlendi því vikurinn er náttúrulegt efni og því í góðu lagi ef notaður vikur skolast út í kerfið. Hægt er einnig að hanna vikursíurnar inn í votlendið þannig að aflagðar síur fái að verða hluti af votlendinu og hverfi smátt og smátt inn í gróðurinn.

Gefur jákvæða umhverfisímynd

Tilbúið votlendi í tengslum við fiskeldi gefur því jákvæða umhverfisímynd fellur vel að vistvænni ímynd fyrirtækja. Hvort tveggja getur komið sér vel í öllu umsóknarferli er varðar nýsmíði eða stækkun stöðva og auðveldað framgang slíkra mála. Jákvæð umhverfisímynd getu síðan auðveldað til muna sölu á

afurðum og jafnvel gefið af sér hærra verð fyrir framleiðsluna.

10.4.2 Hugsanlegir annmarkar

Útheimtir mikið land

Vegna þess hve votlendistjarnir kalla á mikið landrými er ljóst að þær hentar ekki alls staðar. Margar stöðvar hafa ekki verið staðsettar með þessi mál í huga og því er einfaldlega ekki svigrúm til að koma votlendistjörnum fyrir. Þó er hægt að komast af með minna svæði ef virkni þess er aukið með að byggja upp tilbúið votlendi.

Sjónmengun

Ef ekki er vandað til verka við uppsetningu votlendis gæti það orðið þyrnir í augum nágranna. Með aðstoð landslags arkitekta ætti að vera hægt að ganga þannig frá hlutunum að votlendið verði jafnvel til prýði í umhverfinu.

Virkni að vetrarlagi

Augljóst er að íslenskur vetur slær verulega á virkni votlendiskerfa þó svo að hitinn í eldisvökvanum hjálpi þar eitthvað upp á. Þó svo að plöntur hætti að taka upp næringarefni þá heldur virkni baktería áfram. Helst þyrfti að fjarlægja sem mest af þeim gróðri sem vaxið hefur yfir sumarið ef hægt er að koma því við.

Hætt er við því að stór hluti uppleystra næringarefna sem berst í votlendið að vetrarlagi fari óhindrað áfram út í viðtakan. Til mótvægis er að á þeim tíma er upptaka næringarefna í ám sáralítill þannig að megnið af næringarefnum berst til sjávar.

Sjúkdómar

Gera þarf ráð fyrir því að votlendið geti viðhaldið sjúkdómsvaldandi bakteríum eða a.m.k. yrði gróðrarstía fyrir sníkjudýr. Halda þarf því votlendinu utan við athafnarsvæði eldisins.

Skordýr

Votlendið yrði kjörlandi fyrir mýflugur og því yrði eins og við á varðandi sjúkdómahættu að koma votlendinu fyrir eins langt frá fiskeldinu og mannabústöðum, eins og kostur er.

10.5 Fjarlæging næringarefna - Aquaponic

10.5.1 Aquaponic

Hvað er Aquaponics?

Hugtakið „Aquaponics“ kemur út samsetningu orðana „Aquaculture“ eða almennt eldi vatnadýra og „Hydroponics“ það að rækta plöntur í vatni með eða án rótarbeðsefna (Anon. 2011).

Talsverð reynsla er komin á stórskala hydroponics ræktun og hún er víða stunduð. Garðyrkjubændur hér í landi hafa tileinkað sér þessa tækni og nota í gróðurhúsum og þá gjarnan með vikur eða steinull sem rótarbeðsefni. Allri næringarefnaþörf plantnanna er þá fullnægt með íblöndun í vatnið sem plönturnar eru vökvaðar með. Reynslan af þessum kerfum hefur nýst við hönnun á Aquaponics kerfunum (mynd 10.18).

„Aquaponics“ stuðlar að hringrás næringarefna líkt og því sem gerist í náttúrunni. Það sem lagt er til grundvallar er að næringarefnin í frárennslinu frá fiskeldinu séu verðmæti sem ber að nýta.

Þessi kerfi eru orðin mjög algeng á meðal áhugamanna en lítið er enn sem komið er um stórskala kerfi. Í nær öllum tilfellum er um að ræðar samþættingu fiskeldis og plönturæktar og jafnvel þannig að plönturnar fljóti í eldistönkunum (mynd 10.19).

Hvers vegna Aquaponic?

Mikið magn næringarefna svo sem fosförs og köfnunarefnis berst frá fiskeldinu. Ef frárennslíð frá stöðvunum fer í viðkvæma viðtaka s.s. vatnslitlar ár eða stöðuvötn getur magn næringarefna haft hamlandi áhrif á stækkunarmöguleika stöðvanna eða komið í veg fyrir að þær fái að rísa. Einnig má sjá fyrir sér aðstæður þar sem að magn næringarefna er komið yfir leyfileg mörk. Þá væri hægt að nota Aquaponics tæknina til að koma styrk næringarefnana undir hámarksgildin þó svo að ekki væri um fullkomna hreinsun að ræða.

Hægt er að binda verulegan hluta næringarefnanna í plönturæktinni. Það getur því verið eftir einhverju að slægjast fyrir fiskeldið að fá grænmetisræktendur til að setja upp starfsemi sína nálægt eldinu og nýta næringarefnin í frárennslinu. Plönturnar nýta um 50 – 60 % af næringarefnunum í frárennslisvatninu en það fer eftir plöntutegundum. Það sem gæti laðað að grænmetisræktendur og/eða gert plönturækt að áhugaverðum kosti fyrir eldisfyrirtækin sjálf, er eftirfarandi:

- Verð á áburðarefnum fer hækkandi og einnig er fyrirsjáanlegur skortur á fosfór í framtíðinni. Það er því eðlilegt að kanna hvort ekki megi á ábatasaman hátt nýta þau næringarefni sem falla til í fiskeldinu.
- Plönturæktin fær ókeypis áburð þó svo að einhverjum næringarefnum verði að bæta við.
- Allur vatnstökukostnaður fellur að mestu leyti á fiskeldið.
- Einnig verður til mikið magn CO₂ í eldinu sem hægt er að nýta í gróðurrræktinni.
- Ef vatnsræktin er innan vébanda fiskeldisins má segja að fleiri stöðum sé komið undir þann rekstur.
- Grænn stimpill gæti gert afurðir fiskeldisins verðmeiri og auðseljanlegri. Fiskeldisafurðir á Íslandi verða að skapa sér sérstöðu á mörkuðum erlendis og seljast á hærri verðum en gengur og



Mynd 10.18. Aquaponic (www.localfoodcleveland.org).



Mynd 10.19. Plöntur fljótandi í eldiskerjum (www.aquaponics.blog.ct.com).

gerist.

10.5.2 Helstu aðferðir

Næringarefnafilmutekni

Næringarefnafilmu tæknin (Nutrient Film Technique) er mikið notuð í Hydroponic. Til dæmis er jarðarberjarækt í gróðurhúsum á Flúðum stunduð á þennan hátt. Ef nota á þessa tækni þarf vatnið að vera vel síað og loftað. Tæknin byggir á því að plöntunum er komið fyrir ofan við næringarvökvann en geta teygst ræturnar ofan í hann. Einn kosturinn við þessa aðferð er að hægt er að koma fyrir miklu magni plantna á hverja flatareiningu og plönturnar eru mjög aðgengilegar (mynd 10.20).

Rótarbeðsaðferðin

Hér er t.d. plöntunum plantað í vikur eða steinull sem notað er sem rótarbeðsefni (mynd 10.21). Vökvanum er dreift yfir rótarbeðsefnið og því haldið þannig röku. Einn kosturinn við rótarbeðsefnin er að þau virka einnig sem lífhreinsir þ.e.a.s brjóta köfnunarefnissambönd niður þannig að þau verði aðgengileg plöntum.

Einnig er stundum notuð svokölluð flóð og fjöru tækni (flood and drain) þar sem ílátið með rótarbeðsefninu er látið fyllast og tæmast á víxl. Þetta gerir það að verkum að rætur plantnanna og bakteríurnar í rótarbeðsefninu fá



Mynd 10.20. Næringarefnafilmu tækni
(www.aquaponicseasy.com).



Mynd 10.21. Vikur notaður sem rótarbeðsefni
(www.backyardaquaponics.com).



Mynd 10.22. Flekakerfi (www.aquaponicsinternational.com).

gott aðgengi að súrefni og CO₂ skilst út. Þessi aðferð skolar að einhverju leyti einnig út óhreinindum úr umhverfi plantnanna.

Flekakerfi

Flekakerfi byggja á því að plöntunum er komið fyrir á flekum ýmist föstum eða fljótandi í körum (mynd 10.22).

Eins og áður hefur verið nefnt er einnig mikið til af litlum kerfum þar sem plönturnar eru láttnar fljóta í eldiskörum með fiski (mynd 10.19). Slík kerfi geta aldrei orðið stór auk þess sem óhreinindi í vatninu (fóðurleifar og skítur) setjast á ræturnar og hindra upptöku næringarefna. Þar að auki getur lágur súrefnisstyrkur ef mikið er af fiski haft áhrif á súrefnisupptöku plantnanna.

Mun betri árangur hefur náðst með flekakerfi þar sem plönturnar og fiskurinn eru í aðskildum körum. Þá er vatnið frá fiskeldinu síað, látið fara í gegnum lífhreinsi og jafnvel loftað áður en það fer til plantnanna.

Þess eru einnig dæmi um að aquaponic sé tengt ferðaiðnaði. Gróðurhús, smáskala fiskeldi og afurðirnar framreiddar á staðnum sem upplifun fyrir ferðamenn.

10.5.3 Helstu ókostir aquaponic

Landrými

Vatnsræktin krefst mikils landrýmis. Ekki er fráleitt að áætla að hlutfall landrýmis á milli fiskeldisins og plönturæktarinnar sé 1 á móti 5 og 1 á móti 10 eða jafnvel enn hærra. Hlutfallið fer m.a. eftir fóðursamsetningu, fisktegund og plöntutegund sem verið er að rækta. Miðað er við 57 g af fóðri á dag á hvern m² gróðurþekju (Timmons og Ebling 2007). Ef miðað er við 100 tonna lífmassa og 1% fóðrun á dag, myndi það kalla á 17,5 km² gróðurþekju. Vatnsræktin myndi þar af leiðandi verða allsráðandi á svæðinu hvað rými varðar. Það er því til mikils að vinna að finna leiðir til að gróðuræktin nýti flatarmálið betur. Val á plöntutegundum hefir mikil áhrif á hvað hægt er að gera í þessum efnum.

Til að spara rými er hægt að hafa eldisker neðst og dæla beint úr því efst í rennuna (mynd 10.23). Þó svo að líklega sé ekki hagkvæmt að blanda fiskeldinu og gróðuræktinni saman þá mætti nota þessa hugmyndafærði til að útfæra gróðurhlutann.

Sérþekking

Umönnun plantna kallar á umfangsmikla og sérhæfða þekkingu sem er ólík fiskeldinu. Ekki er hægt að gera ráð fyrir því að sömu aðilar sinni hvoru tveggja þannig að plönturæktin þarf eins og fiskeldið að vera nógu umfangsmikið til að bera starfmann sem sinnir því eingöngu.

Lyfja og efnanotkun

Vatnsræktin takmarkar talsvert notkunar-möguleika lyfja og ýmissa efna í fiskeldinu eða gerir slíkt a.m.k. erfðara. Þetta á einkum við ef um langtíma notkun efna er að ræða því beina þarf afrennslinu frá plönturæktinni á meðan á meðferð stendur. Ef lyfi væri t.d. blandað við fóður og meðferð stæði í 10 daga yrði að keyra

vatnsræktina sem Hydroponic á meðan og slíkt myndi auka kostnað.

Lífhreinsar

Ef plönturnar eiga að geta nýtt sér köfnunarefnið í fiskeldisvatninu þarf það að oxast úr formi ammóníaks NH_4^+ í nítrít, N_2^- og síðan í nítrat N_3^- sem er það form sem plönturnar nýta sér. Þetta krefst notkunar lífhreinsa. Flestir lífhreinsar sem notaðir hafa verið í fiskeldi hingað til eru dýrir í rekstri og uppsetningu en þróunin er í átt til ódýrari lausna. Þessu til viðbótar þarf síðan að sía vatnið áður en það fer í lífhreinsinn sem enn eykur á kostnað.

Næringarefni

Affallið frá fiskeldinu inniheldur ekki öll þau efni sem plönturnar þurfa á að halda og því þarf að bæta við næringarefnum eins og gert er í hydroponic ræktun. Mikilvægt næringarefni sem ekki berst frá fiskinum er Kalíum og Calsíum. Kalíum er gjarnan bætt í vatnið á forminu kalíum hýdroxíð (KOH) og Calsíum á forminu Calsíum hýdroxíð (Ca(OH)).

10.6 Niðurstöður og tillögur

10.6.1 Grugghreinsun, þykking og geymsla

Niðurstöður (settjarnir og regluverkið)

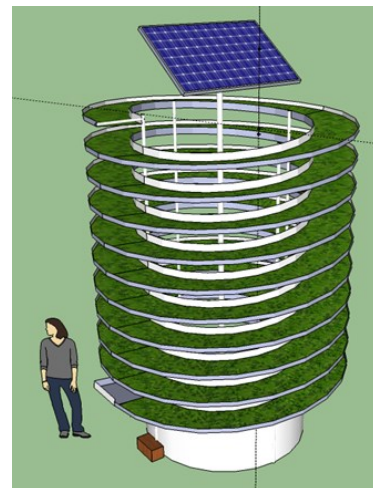
- Það getur verið mikill munur á viðtaka frárennslis settjarna. Gera þarf greinamun á kröfum um hreinsun frárennslis fiskeldisstöðva sem fer í gegnum settjarnir allt eftir því um hvernig viðtaka er að ræða og m.t.t. uppsöfnunar og/eða dreifingar næringarefna.
- Nauðsynlegt er að reglur um frárennslis og umhverfismál séu skýrar og gegnsæjar.
- Æskilegt að stjórnsýslan og eftirlit yrði einfaldað og þannig dregið úr kostnaði og fyrirhöfn við eftirlit.
- Laga og regluverk er fremur flókið og þarf að draga það saman í aðgengilegan grunn.
- Enn vantar fleiri mælanleg viðmið (s.s. fyrir frárennslis settjarna) svo hægt sé að taka upplýstar ákvarðanir.

Niðurstöður (vikursía)

- Vikurinn hefur marga eiginleika sem gera hann að áhugaverðum valkosti til grófsíunar á eldisvökva. Um er að ræða náttúrlegt óvirkt efni sem mikið er af hér á landi.
- Hann er með mikið holurými og þar af leiðandi mjög eðlisléttur. Hann bindur næringarefni, dregur úr lyktarmengun og virkar einnig sem lífhreinsir.
- Helstu ókostir eru hversu rúmfrekur hann er og einnig þarf að skipta honum út reglulega.
- Fyrir þá sem vilja byggja upp vistvæn og náttúrleg kerfi þá er vikur mjög áhugaverður valkostur.
- Reynslan hefur sýnt að vikur getur verið mjög góð

agnasía ef henni er haldið hreinni. Það þarf að hreinsa síuna reglulega, oft á dag. Það er gert með því að skjóta lofti undir vikur binginn og koma þannig róti á hann.

- Margt er enn óljóst um bæði kosti og galla vikursins og einnig hvað varðar tæknilegar úrlausnir og ljóst að einhverjar tilraunir þurfa að fara fram áður en hægt er eindregið að mæla með þessari lausn fyrir fiskeldið.



Mynd 10.23. Hillukerfi til að nýta rýmið betur (www.offgridworld.com).

Niðurstöður (þykking og geymsla)

- Belgir úr gegndræpum jarðvegsdúk geta hentað vel sem búnaður til að þykkja seyr.
- Beltasíur henta einnig vel en eru dýrari búnaður.
- Bæði belgir úr gegndræpum jarðvegsdúkum og geymsluþrær geta hentað til að geyma seyr í lengri tíma.

Tillögur

- Kanna þarf afkastagetu vikursíu.
- Hanna vikurþrær með tilliti til hreinsunar með loftblæstri og mögulega sjálfvirkni þar að lútandi.
- Kanna þarf heppilegustu stærð vikurs með tilliti til hreinsunar og nýtingar eftir förgun.
- Rannsaka virkni mettaðs vikurs sem rótarbeðsefni.
- Kanna þarf virkni vikurs sem lífhreinsi.

10.6.2 Nýting á lífrænum úrgangi

Niðurstöður

- Endurnýtingarkerfi eru betur til þess fallin til að ná lífrænum úrgangi úr eldisvökva en þegar um gegnumstreymiskerfi er að ræða, þá helst með tilliti til vatnsmagn og hlutfalls lífrænna efna í honum.
- Skoða verður úrgang frá fiskeldi sem hráefni sem hægt er að nýta til verðmætasköpunar.
- Tækifæri í nýtingu úrgangs er framleiðsla á áburði, næringarefni fyrir þörungum og plöntum, fosfatsvinnslu og hráefni fyrir lífgasframleiðslu.
- Nýting á úrgangi er ekki raunhæfur kostur, fyrir eldisfyrirtæki á Íslandi í dag, nema sem hugsanlega áburðargjöf.
- Verði eldiseiningarnar hins vegar stærri í framtíðinni horfir málið e.t.v. öðruvísi við en til þess að fá úr því skorið þyrfti að gera sérstakar athuganir á því.

Tillögur

- Gera tilraunir með nýtingu úrgangs til áburðargjafar.

10.6.3 Fjarlægning næringarefna

Niðurstöður (votlendi)

- Votlendi er góður valkostur til að minnka magn næringarefna í frárennslisvatni fiskeldisstöðva og draga úr umhverfisáhrifum fiskeldis í viðkvæmum viðtökum.
- Votlendi er ódýr lausn, sem getur skapað jákvæða ímynd, auðgað dýralíf á svæðinu og tækifæri eru í að framleiða verðmætan lífmassa, efla ferðaþjónustu og endurheimta votlendissvæði.
- Ókostir votlendis er að það útheimtir mikið land og getur valdið sjónmengun ef ekki er nægilega vel staðið að uppbyggingu. Votlendi getur viðhaldið sjúkdómsvaldandi bakteríum og er einnig kjörlandi fyrir skordýr og er því æskilegt að halda því í ákveðinni fjarlægð frá eldinu.
- Að sumarlagi er virkni votlendis til hreinsunar vatnsins góð en á veturna er hún lítil. Takmörkuð upptaka næringarefna á veturna hefur að öllum líkindum ekki mikil áhrif í þeim tilvikum sem gott rennsli er til sjávar.

Niðurstöður (aquaponic)

- Aquaponic kemur eingöngu til greina í þeim

tilfellum sem nægilega mikil uppsöfnun næringarefna í eldisvökvanum á sér stað.

- Fiskeldi stefnir af meiri endurnýtingu á vatni sem getur gert aquaponic af áhugaverðari valkosti hér á landi í framtíðinni.
- Aquaponic eru orðin algeng á meðal áhugamanna en lítið er enn sem komið er um stórskala kerfi.
- Það er líklega raunhæfast að starfsemi grænmetisræktunarinnar og eldisins verði aðskilin nema um mjög smátt eldi sé að ræða.
- Aquaponic er áhugaverður kostur í þeim tilvikum sem frárennsli eldisstöðvar fer í viðkvæman viðtaka.
- Aquaponics hefur ótvírætt ímyndargildi fyrir vistvæna framleiðslu og getur skapað jákvæða umræðu um eldið.
- Rótabeðsaðferðin og næringarefnafilmuaðferðin eru þær aðferðir sem taldar eru að henti best hér á landi.
- Ókostirnir við aquaponic er að það þarf mikið landrými, agnasía og lífhreinir þurfa að vera í kerfinu sem eykur kostnað við eldið umtalsvert.

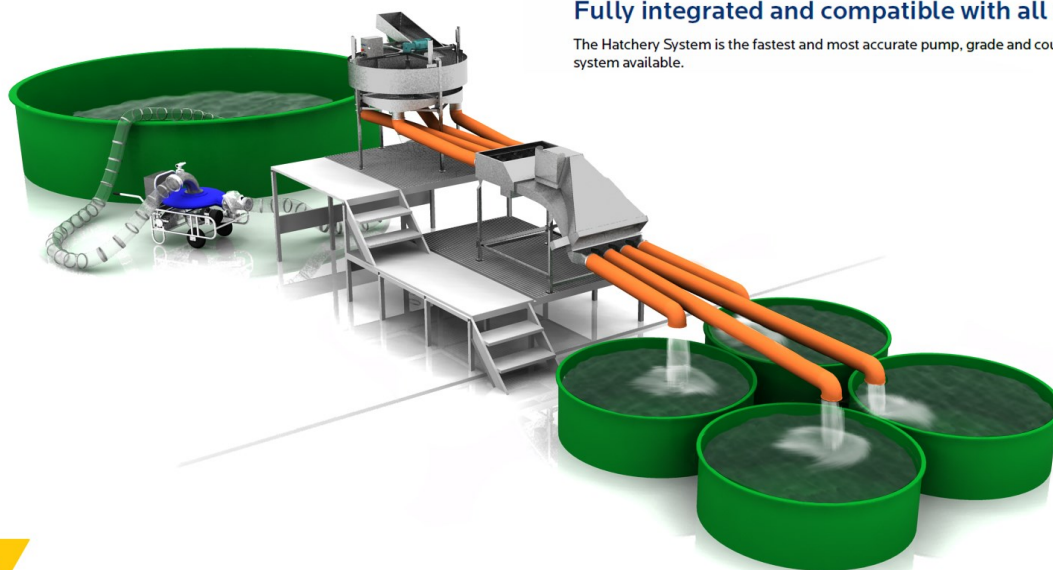
Tillögur

- Huga þarf að leiðum til að lækka kostnað við aquaponic með ódýrari agnasíum og lífhreinsum.
- Kanna þarf virkni votlendis á veturna og áhrifin á viðkvæma viðtaka.
- Kanna þarf hvort fiskeldið geti hjálpa til við endurheimt votlendis.

► Hatchery System

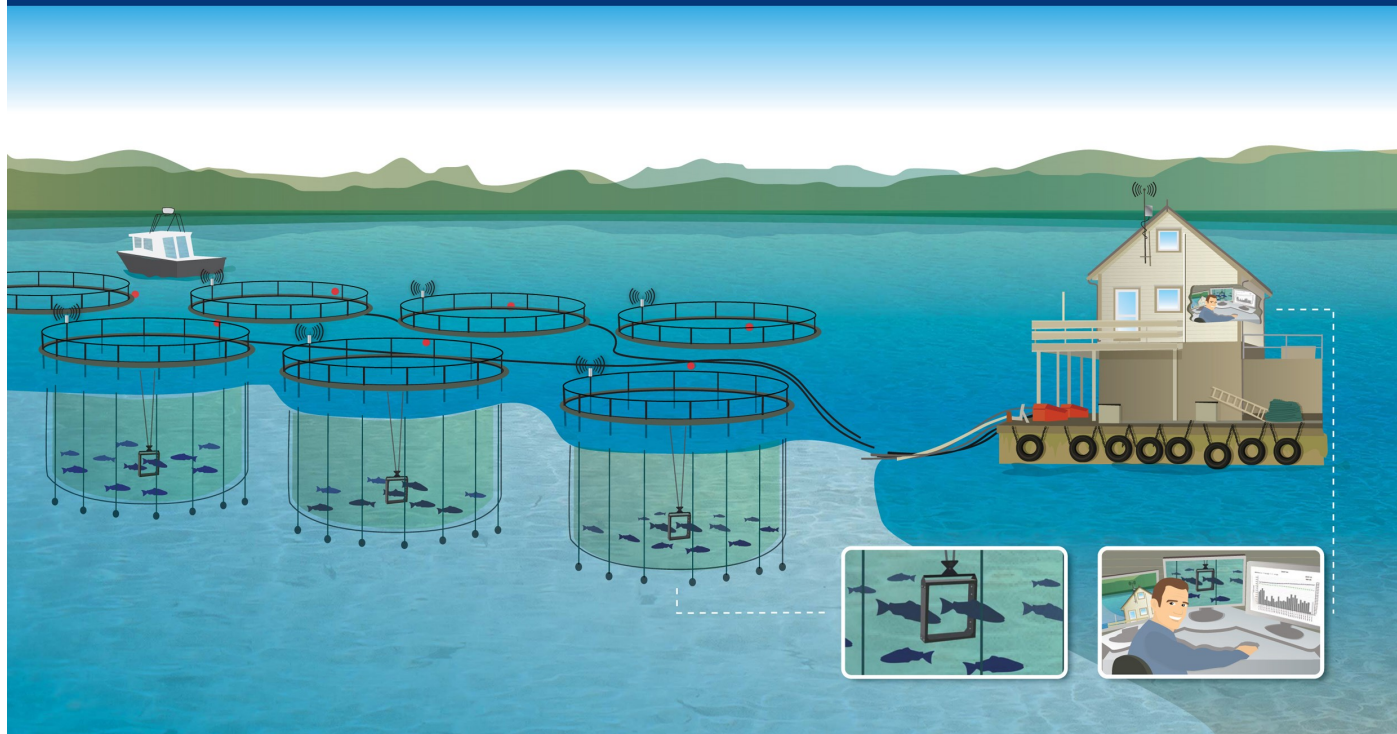
Fully integrated and compatible with all species.

The Hatchery System is the fastest and most accurate pump, grade and counting system available.



Biomass Daily

a revolution in biomass measurement



With a VAKI frame

placed permanently in each cage fish are continually measured with pinpoint accuracy. Data is transmitted wirelessly to the shore base or feed barge. For every site and every cage the daily overview of average weight, size distribution, condition-factor and fish growth is available 24hrs.

Main points

- Total overview of all the cages on a screen
- Daily size measurements from each cage
- Larger samples give more accurate average weight, size distribution and condition factor
- Daily growth over selected time period
- Automatic reporting of data and system status via VAKI based report and e-mail
- Better Information - motivation for operators
- Automated sampling
- Real time comparisons between cages and sites

Accurate data ensures optimal decisions

- Select optimum cages and dates for harvest
- Planning for the highest sales price for each time
- Appropriate delivery, better customer relations
- Lower feed conversion ratio with better utilization of feed
- Change in the growth patterns detected as soon as they occur
- Accurate reports for authority inventory management
- Optimise grading and splitting

www.vaki.is