

LÍFFRÆÐISTOFNUN HÁSKÓLANS
FJÖLRIT NR. 72

Samhengi botngerðar og botndýra í
Laxá í S. Þingeyjarsýslu

*Jón S. Ólafsson, Árni Einarsson,
Gísli Már Gíslason og Yann Kolbeinsson*

Unnið fyrir Landsvirkjun

LV-2004/116

Reykjavík 2004

Efnisyfirlit

ÚTDRÁTTUR.....	1
ABSTRACT	2
1. INNGANGUR	3
2. AÐFERÐIR.....	4
2.1 Sýnatökur og mælingar.....	4
2.2 Úrvinnsla.....	5
2.3 Umhverfispættir.....	9
3. NIÐURSTÖÐUR	13
3.1 Þéttleiki og fjölbreytileiki botndýra.....	13
3.2 Samsetning fánunnar	22
3.3 Samhengi umhverfis og botndýra.....	26
Latneskt heiti.....	28
4. UMRÆÐA	30
5. ÞAKKIR.....	33
6. HEIMILDIR.....	34

ÚTDRÁTTUR

Eitt af meginmarkmiðum þessa verkefnis var að svara því hvort um beint samhengi væri að ræða milli samfélagsgerða botndýra og botngerðar í Laxá í Suður Þingeyjarsýslu. Sýni voru tekin á þremur stöðum í ánni af fernskonar undirlagi á hverjum stað. Botngerðirnar voru grjót, mól, sandur og slý. Fjölpáttahnitun var beitt til að flokka dýrasamfélögin. Botngerð réð mestu um tegundasamsetningu dýra, en staðsetning hafði lítið að segja. Straumhraði réð miklu, sem vænta mátti, en botngerð er háð straumhraða.

Heildarþéttleiki botndýra var langmestur á steinunum á öllum rannsóknasvæðunum. Í steinabúsvæðinu var langmestur þéttleiki botndýra á Þverá, en mun minni þéttleiki var bæði á Hrauni og við Hólmavað. Mestur þéttleikinn á malarsvæðum var við Hólmavað, tæplega helmingi færri einstaklingar á flatareiningu fundust í Laxá við Hraun og um þriðjungur þess þéttleika sem var við Hólmavað fannst við Þverá. Í sandbúsvæðinu var þéttleiki botndýra áþekkur því sem var í malarbúsvæðunum (nokkur þúsund á fermetra). Þéttleiki var minnstur í Laxá við Hraun, en var svo áþekkur á hinum tveimur rannsóknasvæðunum. Þéttleiki á slýi miðaðist við þyngd (g þurrvigt slýs) þess en ekki flatareiningu. Þéttleiki botndýra á slýi var langmestur við Þverá og var aðeins brot af því sem þar mældist á hinum tveimur svæðunum. Í öllum tilfellum var mjög mikill breytileiki í þéttleika botndýra milli einstakra sýna.

Niðurstöðurnar eru í góðu samræmi við niðurstöður erlendra sambærilegra rannsókna, sem sýnt hafa fram að búsvæði, einkum á smáum skala (örbúsvæði) skýra mestan hluta þess breytileika sem sést í tegundasamsetningu botndýra.

ABSTRACT

The aim of the study was to correlate habitat types in the River Laxá, North - East Iceland, and the density and diversity of the benthic fauna. Four different substrates were sampled on three locations in the river (Thverá, Hraun and Hólmavád). The substrate types rocks, gravel, sand and filamentous algae (*Cladophora* sp.). Of the variables measured the type of substrate explained the most of the variation in species composition. Another determining variable was stream velocity. Density of benthic invertebrates was greatest on stones at all study areas. It was greatest at Thverá, but lower at Hraun and Hólmavád.

Highest density of benthic invertebrates in gravel habitat was recorded at Hólmavád, but only about half the density was found at Hraun and Thverá. At the sandy bottom similar invertebrate density was found as in the gravel (a few thousand per m²). The density was lowest at Hraun, but was similar at the other two sampling sites. The density for the green alga *Cladophora* sp was estimated per weight (g dw m⁻²). It was highest at Thverá, but only a small fraction of that was measured at the two other sampling sites.

1. INNGANGUR

Að beiðni Landsvirkjunar tóku Líffræðistofnun Háskólans og Náttúrurannsóknastöðin við Mývatn að sér að rannsaka samband botngerða og botndýra í Laxá í Suður Þingeyjarsýslu (í Aðaldal og Laxárdal) samkvæmt verksamningi frá 30. júní 2003. Verkefnið er hluti viðameiri rannsóknar á Laxá í tengslum við mat á umhverfisáhrifum af fyrirhugaðri hækkun á stíflu ofan Brúa í Laxárgljúfrum.

Samband botngerðar og útbreiðslu smádýra í straumvötnum hefur verið rannsakað talsvert (Schmid 1993, Ruse 1994, Gogerino o. fl. 1995, Wallace og Webster 1996, Pardo og Armitage 1997, Beisel o. fl. 1998, Vinson og Hawkins 1998, Tokeshi og Schmid 2002). Hins vegar hafa engar slíkar rannsóknir farið fram hér á landi. Rannsóknir á tengslum útbreiðslu laxfiska og botngerðar hefur þó verið gefinn nokkur gaumur (Þórólfur Antonsson 2000, Elín Ragnheiður Guðnadóttir 2002).

Upplýsingar um botndýr í Laxá eru þrátt fyrir þetta allítarlegar, einkum upplýsingar um lífsferla og framleiðslu botndýra. Í rannsókn Claus Lindegaard (1979) er að finna mikilvægar upplýsingar um útbreiðslu einstakra tegunda/hópa botndýra í Laxá. Síðar bættust við rannsóknir Gísla Más o. fl. á framleiðslu botndýra, einkum bitmýs og upplýsingar um lífsferla mismunandi skordýrahópa sem nýta sér Laxá sem búsvæði (Gísli Már Gíslason 1985, 1991, 1994, Gísli Már Gíslason og Arnþór Garðarsson, 1988, 2004, Gísli Már Gíslason o. fl. 1995).

Megin markmið þessa rannsóknarhluta er að lýsa magni og samsetningu botndýrafánunnar í Laxá, með tilliti til mismunandi botngerðar við núverandi aðstæður, þar sem líklegt er að botndýralíf mótist fyrst og fremst af botngerð og fæðu.

Megin rannsóknarspurningin er hvert er sambengi milli botngerðar og botndýralífs?

Í rannsókninni var einkum byggt á uppbyggingu botndýrasamfélaga og tengslum þeirra við umhverfisþætti, en minni áhersla var lögð á þéttleika einstakra tegunda eða hópa.

2. AÐFERÐIR

2.1 Sýnatökur og mælingar

Sýnatökur fóru fram 3. og 6. september 2003, á tveimur stöðum í Laxá í Aðaldal (Hraun og Hólmavað) og á einum stað ofan virkjunar í Laxá í Laxárdal (Þverá) (1. og 2. mynd). Miðað var við að sýni væru tekin úr mismunandi búsvæðum sem einkenndust af fjórum botngerðum: Af steinum, úr möl, úr sandi og af botnföstum slýgróðri. Til að ná sem marktækustum mælingum fyrir hverja búsvæðagerð var miðað við að taka 10 sýni úr hverri. Sýni voru tekin á tilviljunarkenndan hátt innan hvernar búsvæðagerðar. Háfi með 125 μm riðnu neti var haldið neðan við sýnatökustað á meðan sýni var tekið, sem fangaði dýr sem losnuðu þegar sýnið var tekið upp úr vatninu.

Steinasýni voru tekin á þann hátt að hver steinn var settur í fötu með síuðu vatni og hann skrúbbaður rækilega til að losa áföst dýr. Þess var vandlega gætt að hreinsa vel úr glufum og sprungum á steinunum. Að því loknu var steinninn lagður ofan á pappír, eins og hann hafði legið á árbotninum, og ofanvarp hans (útlínur) dregnar á blaðið. Þetta var gert til að hægt væri að meta þéttleika miðað við flatareiningu. Sýnið, sem samanstóð af því sem hreinsað var af hverjum steini, var síað í gegnum 125 μm riða sigti og komið fyrir í plastkrukku.

Malarsýnin voru tekin þannig að 25x25 cm ramma var komið fyrir á hverjum sýnatökustað sem valinn var á handahófskenndan hátt, háfi var haldið neðan við rammann á meðan rótað var í mölinni í 30 sek. Það sem í háfinn kom var sett í 10 lítra fötu með síuðu vatni, hrært var í sýninu og hellt ofan af mölinni í 125 μm riða sigti. Þetta var endurtekið fimm sinnum fyrir hvert sýni og loks var sýnið skolað úr sigtinu í plastkrukku.

Sandsýnin voru tekin á sama hátt og malarsýnin og af jafnstórum botnfleti.

Slýsýni voru tekin þannig að háfi var haldið neðan við hvern sýnatökustað og fimm slýbrúskar slitnir upp af botninum.

Öll sýnin voru sett í 70% etanóllausn í lok sýnatökudags. Við hvern sýnatökustað var straumhraði mældur með SonTek/YSI doppler straumhraðamæli (FlowTracker Handheld ADV (Acoustic Doppler Velocimeter)), miðað var við að mæla 3-5 cm frá botni í 40 sek. hverju sinni. Dýpi var mælt við hvern sýnatökustað. Botngerð var lýst á hverju svæði, á

sniðum yfir ána (sjá Árna Einarsson o.fl. 2004). Á hverju sýnatökusvæði var vatnshiti, rafleiðni, sýrustig og súrefnismettun vatnsins mæld með YSI 6600 fjölnema.

2.2 Úrvinnsla

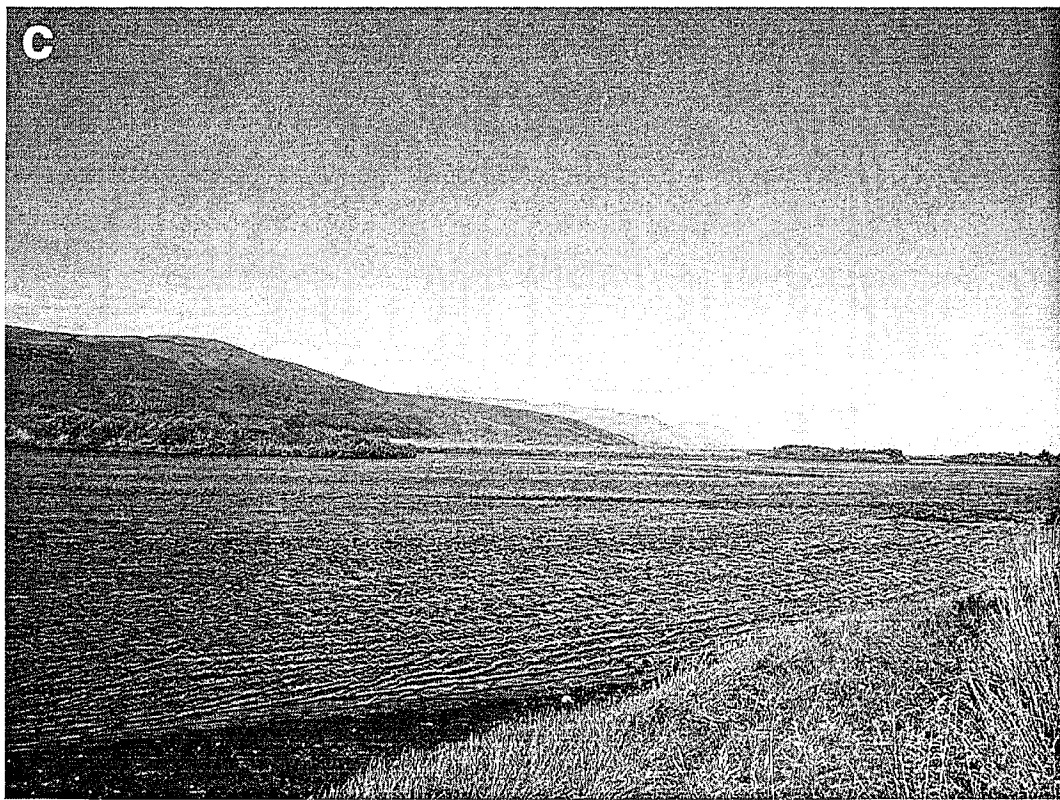
Sýnaúrvinnslu var skipt í tvo hluta, í fyrstu voru öll dýr týnd úr hverju sýni, þau talin og greind nema lirfur rykmýsins. Seinni hluti úrvinnslunnar beindist að því að greina rykmýslirfur, en þær er ekki hægt að greina af öryggi nema við mikla stækkun í smásjá. Þar sem þetta er einna tímafrekasti hluti úrvinnslunnar var miðað við að taka hlutsýni af lirfunum, og var ætíð miðað við að greindir væru a.m.k. 200 einstaklingar úr hverri búsvæðagerð innan hvers rannsóknarsvæðis, svo fremi sem nægjanlegur fjöldi fannst. Alls voru greindar 2593 rykmýslirfur til tegunda eða ættkvísla. Flestir greiningalyklar fyrir rykmýslirfur ná bara til einkenna sem sjást á síðustu tveimur lirfustigunum (þriðja og fjórða), því var erfitt að greina hluta af þeim lirfum sem söfnuðust, og voru á fyrsta eða öðru lirfustigi. Þéttleiki rykmýs í hverju sýni var reiknaður út frá hlutfalli hvernar tegundar eða hóps í heildarsýninu. Fjöldi dýra sem fannst á steinum, í mól og sandi var umreiknaður í fjölda á fermetra til hægðarauka við samanburð. Þetta var hinsvegar ekki hægt fyrir þann fjölda dýra sem fannst á slýi, því var miðað við fjölda á þyngd slýs (g þurrvigt). Eftir að öll dýr höfðu verið fjarlægð úr slýinu var það skolað, þurrkað og vegið.

Töluleg úrvinnsla miðaðist við hlutföll algengustu hópa, magn dýra miðað við flatareiningu eða þurrvigt slýs. Tegundaaufgi (e: *taxa richness*) byggir á fjölda tegunda eða annarra flokkunareininga óháð hlutfallslegum fjölda þeirra. Fjölbreytni (e: *diversity*), þar sem stuðst er við Simsons fjölbreytnistuðul (Magurran 2004) tekur hinsvegar tillit til algengi hvernar flokkunareiningar í sýninu og gefur því e.t.v. réttari mynd af samfélagsgerðinni en sé aðeins miðað við tegundaaufgi eina sér. Fjölbreytnistuðullinn miðast við gildi á milli 0 og 1, því hærri gildi því meiri fjölbreytni. Fervikagreiningar (ANOVA eða Kruskal Wallis) voru notaðar til að prófa tilgátur tengdar mun á milli búsvæðagerða eða á milli svæða innan sömu búsvæðagerða. Frekari prófanir voru gerðar með Tukey fyrir ANOVA, Dunn's eða Student-Newman-Keuls fyrir Kruskal Wallis (Systat 9.0 og SigmaStat 2.0). Til að finna tengsl búsvæðagerða og svæða var stuðst við klasagreiningu (*Hierarchical Clustering*, Systat 9) þar sem hlutfall dýrategunda var lagður til grundvallar. Skyldleiki búsvæða var metinn með því að reikna út samsvörun á

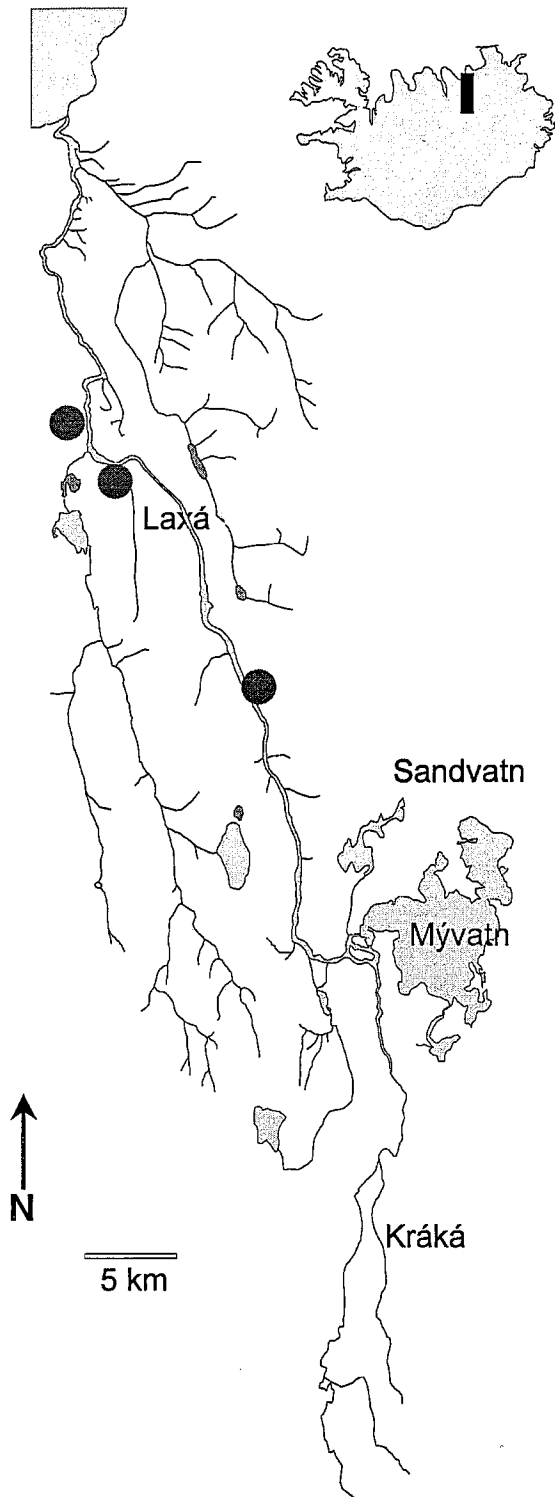
hlutfalli mismunandi tegundahópa, notaður var Pearsons fylgnistuðull að frádregnu tölugildinu 1. Höfuðþáttagreining (PCA; *Principal Components Analysis*) og *Redundancy Analysis* (RDA) voru notaðar til að greina tengsl umhverfispáttá og tegunda eða hópa botndýra (ter Braak og Šmilauer 2002, Leps og Šmilauer 2003). Hlutfall mismunandi tegunda eða tegundahópa var lagt til grundvallar við greiningarnar.



1. mynd a. Laxá í Suður-Pingeyjarsýslu, Þverá (Ljósmynd. Jón S. Ólafsson).



I. mynd b-c. Laxá í Suður-Pingeyjarsýslu, b) Hraun og c) Hólmavað (Ljósm. Jón S. Ólafsson).



2. mynd. Laxá í Suður-Fingeyjarsýslu. Sýnatökusvæðin eru merkt inn á myndina með rauðum deplum, syðst er Þverá, þá Hraun og nyrst er Hólmavað.

2.3 Umhverfispættir

Sýnatökustöðvar voru 3, við Þverá (viðmiðunarpunktur: UMT 28W 0392344, 7303026, WGS 84, Hraun (UMT 28W 0391653, 7302731, WGS 84) og við Hólmavað (UMT 28W 0390616, 7306301, WGS 84). Á öllum stöðum rennur Laxá á hraunbotninum sem myndaðist í hrauntröðinni þegar Laxárhraun yngra rann fyrir 2.300 árum. Aftur á móti er misjafnt hve mikið af grjóti, möl og sandi liggur á hraunbotninum. Rof í bökkum árinna var lítið sem ekkert og þeir voru að jafnaði grónir að vatnsborði.

Breidd árinna á Þverá er um 300 m og voru um 20 m milli athuganastaða. Á Þverá var hlutfall einstakra botngerða mismunandi milli svæða á stöðinni. Steinar voru frá 10-85%, möl frá 0-90% og sandur frá 5-50%. Réðst þetta nokkuð af straumhraða yfir ána. Undir þessu var fastur hraunbotn og á einum stað þakti hann 80 % botnsins. Dýpi var frá 18 til 70 cm, straumhraði frá 12 – 85 cm s⁻¹. Á þessum svæðum óx grænþörungurinn *Cladophora* sp. 20-70 þekja, kísilþörungurinn *Didymosphenia geminata* 0-5% og bláþörungurinn *Nostoc* sp. 0-10%

Á Hrauni voru sýni tekin milli Engeyjar að austan (nærri áföst landi) og hólma úti í á, sem liggur norðvestan Engeyjar, nærri vesturbakka. Voru valin þrjú snið, yfir kílinn sem skilur að land og Engey að norðanverðu, austurodda hólman og við vesturodda hólman að norðanverðu. Á sniðinu við kílinn var sandur 100% og *Cladophora* sp. 50-90%. Dýpi var 25-45 cm og straumhraði var um 20 cm s⁻¹. Á sniðinu við austurenda hólman var breytilegri botn, steinar þöktu 10-50%, möl 0-5% og sandur 50-90%. Þráðnykra (*Potamogeton filiformis*) hafði 0-5% þekju og *Cladophora* sp. 10-80%. Dýpi var 30-90 cm og straumhraði var 41-63 cm s⁻¹. Á sniðinu milli Engeyjar og vesturenda hólman voru steinar 0-90%, möl 0-25% og sandur 25-100%. Dýpi var 20-90cm og straumhraði 41-70 cm s⁻¹. Slýið *Cladophora* sp. þakti 0-80%, og lónasóley (*Ranunculus trichophyllus*) 0-10%.

Á Hólmavaði var kortlagt við vaðið og við Sjónarhól. Við vaðið var grjót 0-30%, möl 0-90% og sandur vottur til 100%. Slý (*Cladophora* sp.) var með 0-30% þekju og sást á flestum svæðum og vottur var af þráðnykru og haustbrúðu (*Callitriche hermaphroditica*) á sandbotni með bökkum og slorpungum (*Nostoc* sp.) á malarbotni. Dýpi var 25-80 cm og straumhraði 47-82 cm s⁻¹. Við Sjónarhól, þar sem áin var 96 m á breidd, var sendinn

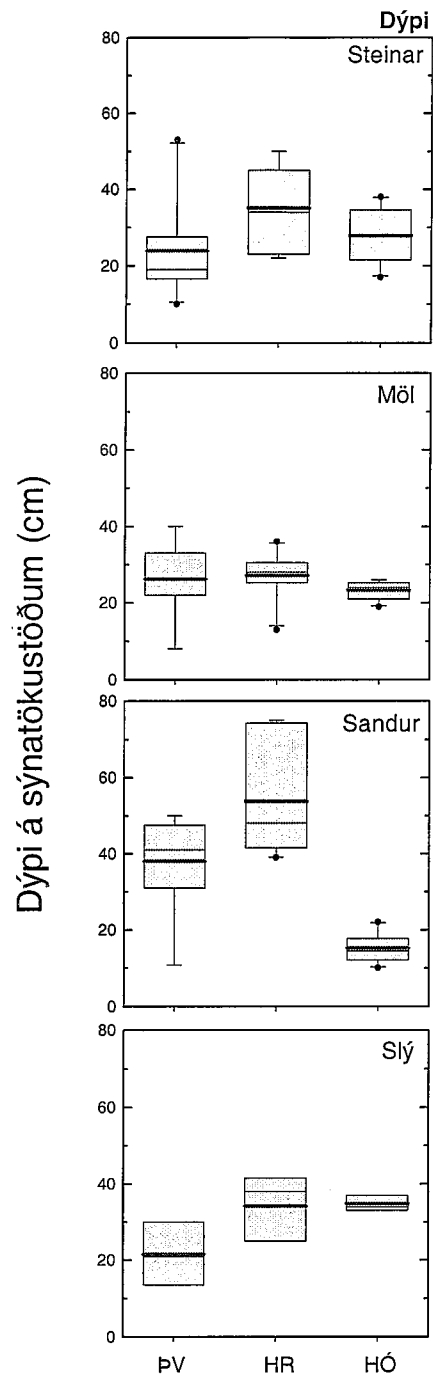
botn. Á einstökum svæðum þöktu steinar 0-50%, mól 0-90% og sandur vottur til 90%. Dýpi á sniðinu var 30-75 cm og straumhraði 31-87 cm s⁻¹. Gróður einkenndist af slýi (*Cladophora* sp.), þekja var 5-70% og vottur var af þráðnykru á einu svæði.

Vatnshiti var frekar hár, 10-12 °C, sem endurspeglast líklega af lofthita dagana fyrir sýnatökur. Leiðni var sömuleiðis nokkuð há, sem er ekkert óeðlilegt fyrir lindá eins og Laxá er. Eins og við var að búast var súrefnismettun í árvatninu um eða yfir 100%. Þrátt fyrir að áin renni víða í lygnum, þar sem sýnin voru tekin, eru ekki nein merki um súrefnisskort vegna rotnunar eða öndunar lífvera. Sýrustig árvatnsins var nokkuð hátt, sem líklega má skýra með mikilli frumframleiðslu ofar í vistkerfinu s.s. í Mývatni, sem leiðir CO₂ lækkar.

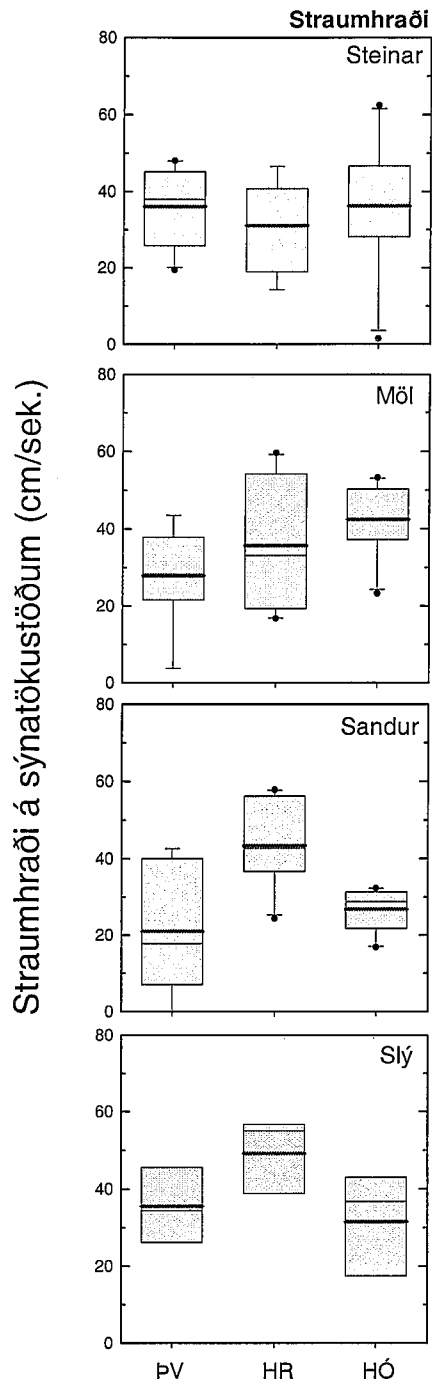
1. tafla. Upplýsingar um hita, leiðni, súrefnismettun og sýrustig vatns á þeim svæðum sem sýni voru tekin í Laxá 3. og 6. september 2003.

	Þverá	Hraun	Hólmavað
Dagsetning	06.09.2003	03.09.2003	06.09.2003
Tími sýnatöku	11:38 - 11:43	17:51	17:31 - 17:38
Hiti (°C)	9,8	12,5	11,3
Leiðni (μS/cm v. 25°C)	163,6	159,0	153,1
Súrefnismettun (%)	106,6	134,1	114,9
Sýrustig	8,9	9,3	9,2

Dýpi við sýnatökustaði var nokkuð mismunandi, allt frá 8 cm í 90 cm þar sem dýpst var. Að meðaltali var það þó svipað milli sýnatökusvæða og ekki var tölfræðilega marktækur munur þar á nema þar sem sandbotn var ($F_{2,26} = 28,99$, $P < 0,001$), við Hólmavað var grynnt en dýpst við Hraun (3. mynd). Straumhraðinn, eins og hann var mældur 3-5 cm ofan við botn, var mjög líkur innan sömu botngerðar milli svæða, ekki var um tölfræðilega marktækan mun þar á nema á svæðum með sandbotn ($F_{2,26} = 9,6$, $P < 0,001$) (4. mynd).



3. mynd. Dýpi við hvern sýnatökustað. Grennri línan í kössunum sýnir miðgildi og sú gildari meðaltal, útjaðrar kassana sýna efri og neðri fjórðungsmörk, lóðréttu línurnar sýna þau mörk sem 90% gagnanna liggja innan og punktarnir sýna útgildi. PV: Þverá, HR: Hraun og HÓ: Hólmavað.



4. mynd. Straumhraði (cm/sek.) við hvern sýnatökustað. Grennri línan í kössunum sýnir miðgildi og sú gildari meðaltal, útjaðrar kassana sýna efri og neðri fjórðungsmörk, lóðréttu línurnar sýna þau mörk sem 90% gagnanna liggja innan og punktarnir sýna útgildi. ÞV: Þverá, HR: Hraun og HÓ: Hólmavað.

3. NIÐURSTÖÐUR

3.1 Þéttleiki og fjölbreytileiki botndýra

Tegundaauðgi botndýra byggir einungis á fjölda flokkunareininga (tegunda eða hópa) sem fundust, en þar er ekki tekið mið af hversu algeng hver flokkunareining var hlutfallslega. Langmesta tegundaauðgi botndýra var í sýnum sem tekin voru af steinum eða úr mól (16 – 16,6), en mun minni á sandbotni og í slýi, eða að meðaltali á milli 11,7 og 13,3 (5. mynd). Á öllum rannsóknasvæðunum var mjög marktækur munur á milli þeirra fjögurra búsvæðagerða sem rannsakaðar voru (Þverá; $F_{3,29} = 8,55$, $P < 0,001$, Hraun; $F_{3,30} = 23,73$, $P < 0,001$ og Hólmavað; $F_{3,31} = 9,87$, $P < 0,001$). Ekki reyndist marktækur munur á milli steina- og malarbúsvæða annars vegar og sand- og slýbúsvæða hins vegar (Tukey; $P > 0,05$).

Sé tekið mið af hlutfallslegum fjölda hvernar flokkunareiningar í sýnunum og reiknaður fjölbreytnistuðull (Simpsons D; sjá Magurran 2004) kemur í ljós að í sumum tilfellum er fjölbreytni botndýra síst minni á sandsvæðum en það sem mældist á steinum, þetta á við um Þverá og Hólmavað (6. mynd). Í öllum tilfellum var fjölbreytni botndýra mest í malarbúsvæði (Þverá; 0,87, Hraun; 0,83 og Hólmavað; 0,81). Fjölbreytnin var hinsvegar ætíð lægst í slýinu (Þverá; 0,58, Hraun; 0,64 og Hólmavað; 0,64) (6. mynd). Við samanburð á fjölbreytni botndýrasamfélaga á mismunandi botngerðum innan rannsóknasvæða fékkst hliðstæð mynd og lýst hefur verið áður fyrir tegundaauðgina, það er að munurinn í fjölbreytni á milli svæða var í öllum tilfellum tölfræðilega marktækur.

Heildarþéttleiki botndýra var langmestur á steinum á öllum rannsóknasvæðunum. Þó ber að hafa í huga að ekki var möguleiki að beita sömu sýnatökuaðferðum í þeim fjórum búsvæðagerðum sem rannsakaðar voru. Því er erfitt um samanburð þar á milli og þjónar litlum tilgangi að beita tölfræði á þéttleikagögnin, enda ekki eitt af markmiðum þessa verkefnis. Sýnatökur úr malar- og sandbúsvæði voru eins, þannig að þar væri hugsanlega grundvöllur fyrir samanburð. Í steinabúsvæðinu var langmestur þéttleiki botndýra á Þverá, en mun minni þéttleiki var bæði á Hrauni og við Hólmavað (7. mynd). Fyrir malarbúsvæðið snerist þetta hinsvegar við, þar var mestur þéttleikinn við Hólmavað, tæplega helmingi færri einstaklingar á flatareiningu fundust í Laxá við Hraun og um

Þriðjungur þess þéttleika sem var við Hólmavað fannst við Þverá (7. mynd). Í sandbúsvæðinu var þéttleiki botndýra áþekkur því sem var í malarbúsvæðunum (fáein þúsund á fermetra). Þéttleiki var minnstur í Laxá við Hraun, en var svo áþekkur á hinum tveimur rannsóknasvæðunum (7. mynd). Slýbúsvæðið var ekki miðað við flatareiningu, heldur þyngd (grömm þurrviggt slýs), þannig að hér er engan veginn hægt að hafa til hliðsjónar þéttleikatölur úr hinum búsvæðunum. Þéttleiki botndýra á slýi var langmestur við Þverá og var aðeins brot af því sem þar mældist á hinum tveimur svæðunum (7. mynd). Í öllum tilfellum var mjög mikill breytileiki í þéttleika botndýra milli einstakra sýna, í mörgum tilfellum gat þessi breytileiki verið allt að þúsundfaldur.

Hér verður gerð frekari grein fyrir þéttleika algengustu tegunda eða hópa smádýra, einkum skordýra. Smæstu dýrunum s.s. þráðormum, liðormum og sumum krabbadýrum verður gefinn minni gaumur hér en t.d. skordýrum sem skýrist af: 1) líklegt er að ormarnir hafi tapast að einhverju leyti við sigtun og geymslu sýnanna (liðorma þarf til að mynda að festa í formalíni til að þeir varðveitist heilir) og 2) líklegt er að sum þessara dýra, einkum krabbadýra hafi borist í ána úr Mývatni eða stóru flóunum í Laxá, t.d. vatnsflær sem helst er að finna á lygnum svæðum.

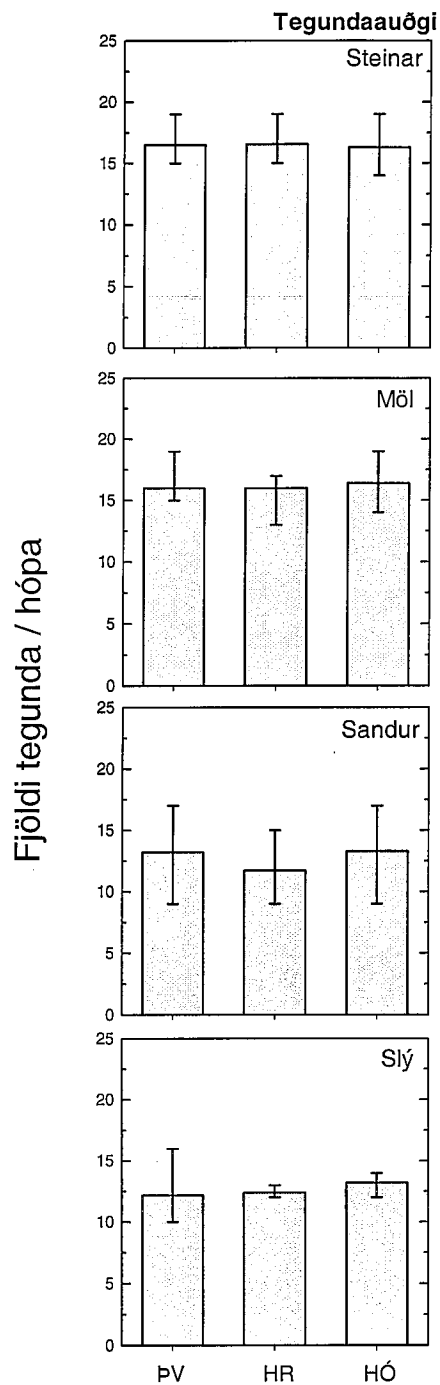
Bitmýið var annar algengasti hópur botndýra á steinunum, en þar náði hlutfall þess um fjórðungi af heildarþéttleika botndýra. Þéttleiki þess var mestur á Þverá (243.988 einstakl./m²) en helmingi minni á rannsóknasvæðunum í Aðaldal (2. tafla a-c). Þéttleiki bitmýsins var lítill, bæði á malarbotni og í sandinum í samanburði við það sem fannst á steinunum. Í slýinu var þéttleiki bitmýsins mestur við Þverá, en aðeins fjórðungur eða fimmtungur af þeim þéttleika í Laxá við Hraun og Hólmavað (2. tafla a-c).

Ein algengasta rykmýstegundin var *Eukiefferiella minor*. Lirfur þessarar tegundar sýndu svipaða tilhneigingu og lirfur bitmýsins, það er fundust í miklum mæli á steinum og slýi, en í minna mæli í möl og sandi (2. tafla a-c). Mestur var þéttleiki *E. minor* við Þverá, hins vegar var þéttleiki þessarar tegundar við Hraun og Hólmavað aðeins um eða innan við þriðjungur af þeim þéttleika sem sást við Þverá (2. tafla a-c).

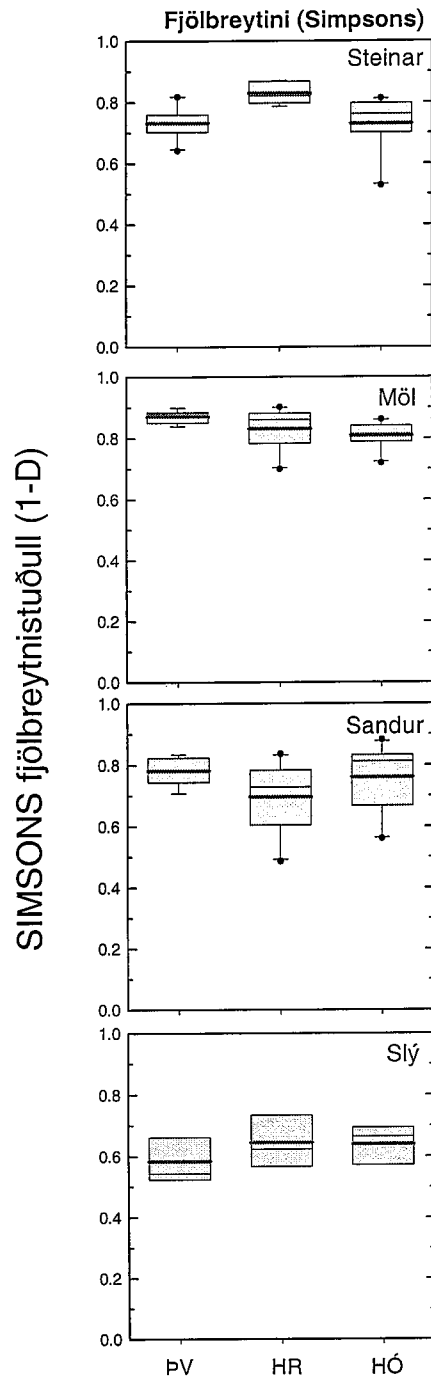
Tegundir innan rykmýsættkvíslarinnar *Orthocladius* voru einnig algengar, einkum á steinum og í slýi á öllum þremur rannsóknasvæðunum (2. tafla a-c). Mögulegt var að greina þrjár mismunandi tegundir þessarar ættkvíslar, *Orthocladius (O.) frigidus*, *Orthocladius (O.) oblidens* og *Orthocladius (P.) consobrinus*. Af þeim var fyrstnefnda tegundin að jafnaði algengust. Mjög stór hluti lirfanna var síðan ekki hægt að greina til tegunda þar sem þær voru á 1. lirfustigi, en greiningalyklar fyrir það lirfustig eru ekki tiltækir.

Rykmý innan ættkvíslarinnar *Paracladopelma* fannst oftast á malar- og sandbotni, en kom þó fyrir á steinum við Hraun og Hólmavað (2. tafla a-c). Engar *Paracladopelma* lirfur fundust í slýinu. Ekki er vitað með vissu hvort hér var að ræða um eina eða fleiri tegundir.

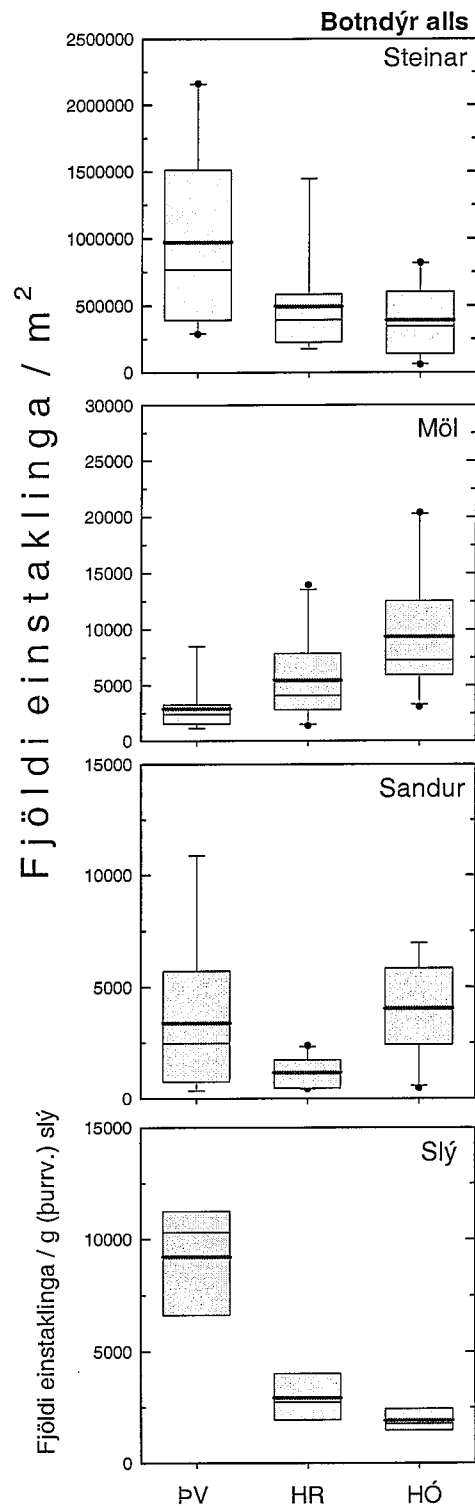
Rykmýsættkvíslin *Micropsectra* fannst í töluverðum þéttleika á öllum botngerðunum fjórum. Á sandbotni og í slýi voru þó oft sýni án lirfa þessarar ættkvíslar. Mestur var þéttleikinn á steinum við Þverá (187.897 einst./m²) en um helmingi minni þéttleiki lirfa fannst á steinum við Hraun og Hólmavað (2. tafla a-c).



5. mynd. Fjöldi tegunda eða hópa á hverjum sýnatökustað. Súlurnar sýna meðaltalsgildi og lóðréttu línurnar hæsta og lægsta gildi hvers svæðis. ÞV: Þverá, HR: Hraun og HÓ: Hólmavað.



6. mynd. Fjölbreytni botndýra, byggt á Simpsons fjölbreytni (Magurran 2004), í fjórum mismunandi búsvæðagerðum á þremur svæðum í Laxá S. Þingeyjarsýslu. Því hærri sem gildin eru, því meiri fjölbreytni. Grennri línan í kössunum sýnir miðgildi og sú gildari meðaltal, útjaðrar kassana sýna efri og neðri fjórðungsmörk, lóðréttu línurnar sýna þau mörk sem 90% gagnanna liggja innan og punktarnir sýna útgildi. ÞV: Þverá, HR: Hraun og HÓ: Hólmavað.



7. mynd. Heildarþéttleiki botndýra á hverjum sýnatökustað í Laxá. Grennri línan í kössunum sýnir miðgildi og sú gildari meðaltal, útjaðrar kassana sýna efri og neðri fjórðungsmörk, lóðréttu línurnar sýna þau mörk sem 90% gagnanna liggja innan og punktarnir sýna útgildi. PV: Þverá, HR: Hraun og HÓ: Hólmavað. Athugið að kvarðarnir á lóðréttu ásunum eru mismunandi.

2. tafla a. Þéttleiki allra greindra botndýra af fjórurum botngerðum í Laxá við Þverá í Laxárdal 6. september 2003. Fyrir steina-, malar- og sandsýni miðast þéttleikinn við fjölda á fermetra, fyrir slýsyn miðast þéttleikinn við fjölda dýra þyngdareiningu slýs (g þurrvigt). Gefin eru upp meðaltöl, lægsta og hæsta gildi á hverjum söfnunarsað auk staðalfráviks (sd).

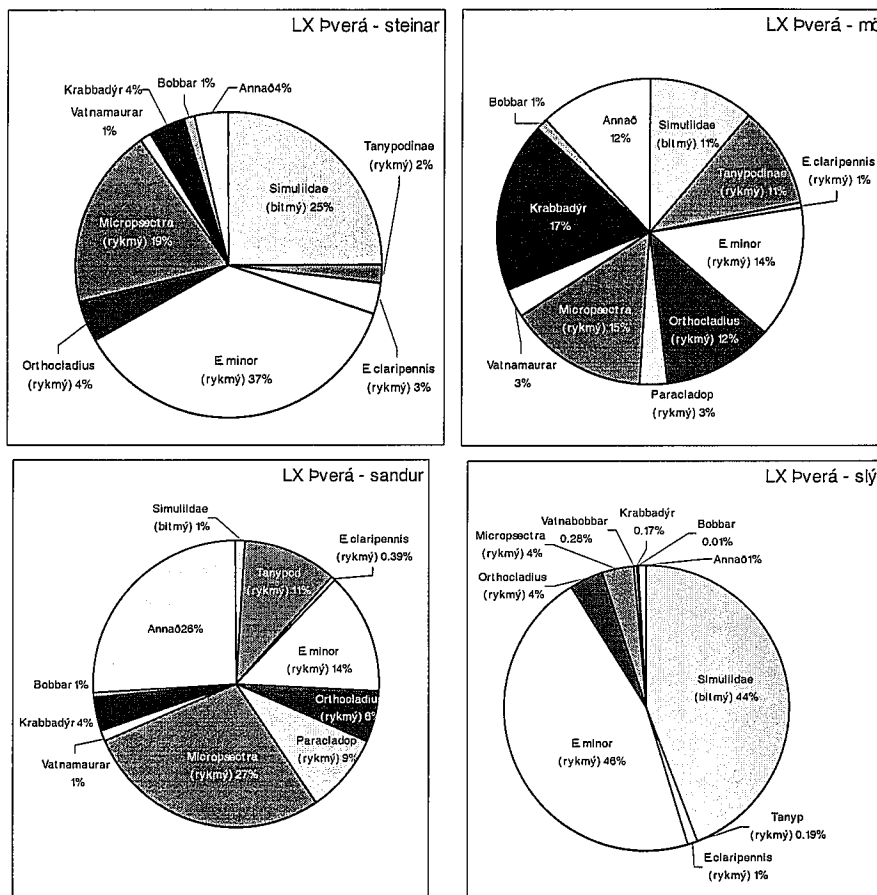
	STEINN			MÖL			SANDUR			SLÝ					
	meðalt.	lægst	hæst sd	meðalt.	lægst	hæst sd	meðalt.	lægst	hæst sd	meðalt.	lægst	hæst sd			
Hölyur	2235	0	10286	3211	23	0	80	24	7	0	48	16	0	0	0
Þrábormar	15577	3964	46957	12583	164	64	304	102	427	0	1232	444	9	0	36
Lindýr	17	0	167	53	0	0	0	0	4	0	32	11	0	0	0
"	12737	1081	39167	12853	37	0	80	27	25	0	112	42	1	0	6
Liðormar	4349	0	18406	5584	78	16	176	57	334	16	1712	536	3	0	14
Bessadýr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krabbadýr	9279	0	41143	13190	162	32	384	114	57	0	176	63	0	0	0
"	26270	2213	113143	35289	341	80	768	238	32	0	112	45	16	0	32
Cladocera	0	0	0	0	20	0	112	38	43	0	144	63	0	0	0
Ostracoda	11417	1441	28696	8608	89	16	224	65	32	0	112	47	26	0	55
Acarina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Collembola	410	0	3934	1239	14	0	128	43	0	0	0	0	0	0	0
Plecoptera	261	0	2609	825	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thysanoptera	176	0	596	223	4	0	32	11	5	0	48	16	0	0	0
Trichoptera	1891	0	7869	2970	5	0	32	11	5	0	32	11	3	0	16
Diptera (Tvívængjur)	0	0	0	0	2	0	16	5	0	0	0	0	0	0	0
Dicranota	4468	360	15000	4041	11	0	96	32	5	0	16	8	38	0	67
Empididae	1075	0	5217	2165	2	0	16	5	2	0	16	5	0	0	0
Linnophora sp.	243988	17957	829565	229591	325	176	624	153	34	0	160	52	4066	986	6507
Sirulilidae (Bítmý)	2604	0	7826	3207	0	0	0	0	4	0	32	11	8	0	41
Chironomidae (Fvkrný) pupur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	85
Tanypodinae (Ráinný)	0	0	0	0	4	0	33	11	0	0	0	0	0	0	0
Ablabesmyia sp.	9903	0	45771	15535	236	0	1655	535	60	0	418	140	0	0	0
Arctopelopia sp.	8124	0	56348	18663	76	0	276	95	307	0	1376	434	0	0	0
Macropelopia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diametinae (Kulmý)	0	0	0	0	5	0	49	16	46	0	418	139	0	0	0
Orthocladinae (Bogmý; aðallega 1. instar)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetocladus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eukiefferiella claripennis	32225	0	256500	79714	16	0	67	25	13	0	118	39	84	0	298
Eukiefferiella minor	353361	102360	845217	251501	403	53	1103	330	469	0	2088	734	4238	1966	5461
Orthocladus frigidus	4569	0	25216	9697	94	0	276	98	0	0	0	0	49	0	245
Orthocladus obfidens	0	0	0	0	32	0	233	78	0	0	0	0	76	0	256
Orthocladus sp.	38409	0	183086	61139	216	49	828	248	195	0	550	195	227	122	342
Pogonocladus consobrinus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rheocricotopus effusus	1024	0	10236	3237	37	0	276	92	46	0	418	139	20	0	99
Paracitopelma sp.	0	0	0	0	90	0	400	131	306	0	947	336	0	0	0
Microsectra sp.	187897	37036	769500	217428	428	67	2483	780	943	0	4593	1536	336	0	1282
BOTNDYR ALLS	972268	287319	2161667	705686	2914	1168	8512	2259	3401	352	10864	3558	9217	4986	11548

2. tafla b. Þéttleiki allra greindra botndýra af fjórjum botngerðum í Laxá við Hraun í Aðaldal 3. september 2003. Fyrir steina-, malar- og sandsýni miðast þéttleikinn við fjölda á fermetra, fyrir slýsýnin miðast þéttleikinn við fjölda dýra á þyngdareiningu slýs (g þurrvigt). Gefin eru upp meðaltöl, lægsta og hæsta gildi á hverjum söfnunarsað auk staðalfráviks (sd).

	HRAUN			STEINN			MÖL			SANDUR			SLÝ			
	meðalt.	lægst	hæst	meðalt.	lægst	hæst	meðalt.	lægst	hæst	meðalt.	lægst	hæst	meðalt.	lægst	hæst	sd
Höldyr	124	0	667	252	30	0	64	22	0	0	0	0	0	0	6	2
Þráðormar	13034	0	62158	19157	482	256	992	271	194	16	448	142	194	0	42	18
Lindýr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
"	10760	2697	19556	6585	58	0	144	49	2	0	16	5	2	0	0	0
Liðormar	3870	0	12669	4594	181	32	608	178	216	48	624	174	216	33	4	27
Bessadýr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krabbadýr	7247	0	28489	8540	139	48	352	90	24	0	80	29	24	7	0	12
"	10455	1798	39652	12127	243	128	544	137	14	0	48	16	14	44	17	26
"	111	0	774	260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
Ostracoda	24497	6334	61017	19258	171	32	704	193	8	0	16	8	8	19	3	19
Áttfællumaurar	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	16	5	2	0	0	0
Stökkmor	0	0	0	0	3	0	32	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Skordýr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
"	343	0	2000	645	3	0	16	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Thysanoptera	161	0	774	320	2	0	16	5	10	0	48	15	10	0	0	0
Diptera (Tívængjur)	0	0	0	0	2	0	16	5	0	0	0	0	0	0	0	0
"	930	0	2878	1048	3	0	32	10	2	0	16	5	2	7	2	13
Empididae	378	0	1623	489	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limnophora sp.	123629	17528	488136	143574	1701	240	4816	1709	379	0	1680	578	379	1387	372	930
Simuliidae (Blitmý)	2514	0	12542	4121	0	0	0	0	13	0	48	18	13	14	7	9
Chironomidae (Rykmy) þúpur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tanypodinae (Rámmý)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ablabesmyia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arctopelopia sp.	20473	0	81356	25352	237	0	532	186	20	0	96	35	20	6	0	12
Macropelopia sp.	3383	0	18810	6351	12	0	100	32	2	0	25	8	2	0	0	0
Diamesinae (Kulmý)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Orthocladiinae (Bogmý; aðallega 1. instar)	2155	0	14528	4911	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	12
Chaetocladius sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eukiefferella claripennis	7626	0	40678	13432	128	0	883	271	2	0	16	5	2	24	0	26
Eukiefferella minor	74768	0	284746	89026	572	60	2648	789	70	0	273	96	70	1010	525	364
Orthocladius frigidus	9647	0	36190	15440	86	0	441	146	2	0	16	5	2	0	0	0
Orthocladius oblitens	2576	0	18810	6257	55	0	151	56	9	0	50	17	9	67	44	26
Orthocladius sp.	67404	4867	172547	61827	596	179	956	276	74	0	280	86	74	209	81	117
Pogonocladius consobrinus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rheocricotopus effusus	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	16	5	0	0	0	0
Paracladopelma sp.	9071	0	40678	14204	64	0	369	113	114	48	320	90	114	0	0	0
Microspectra sp.	98264	21882	325424	90850	692	60	3089	886	17	0	73	26	17	103	0	206
BOTNDÝR ALLS	493421	176296	1445085	390352	5461	1376	13952	3900	1174	432	2384	679	1174	2949	1955	1111

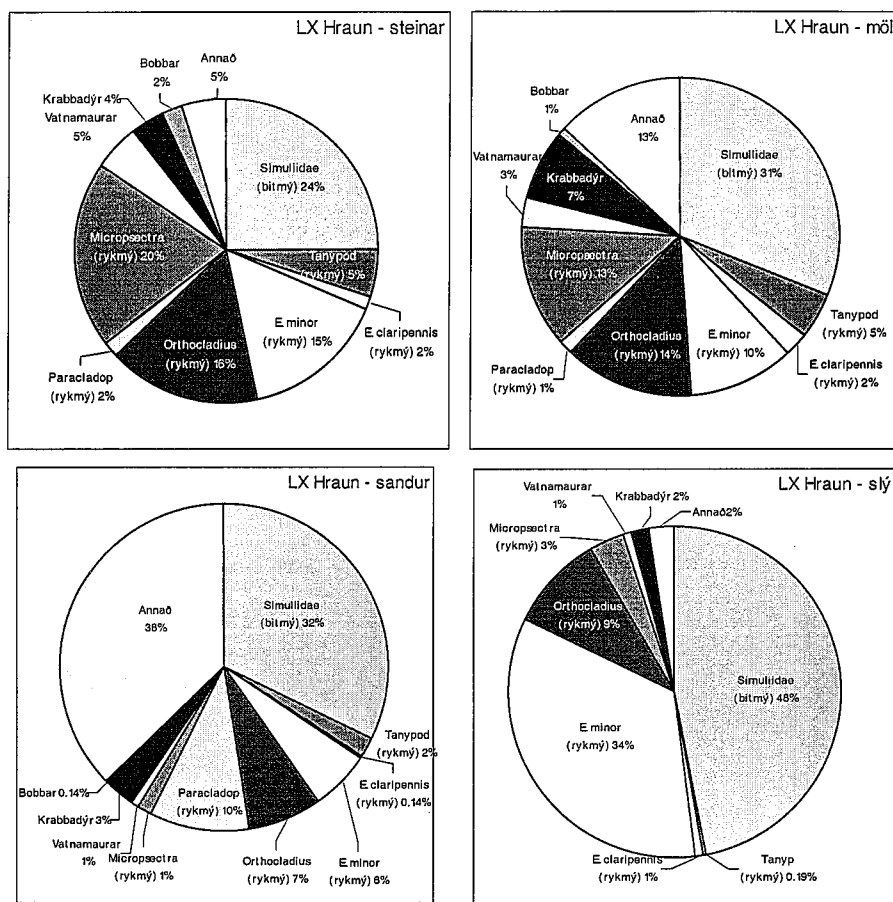
3.2 Samsetning fánunnar

Þverá; á steinum var bitmý (*Simuliidae*, líklega að mestu *Simulium vittatum*), rykmýstegundin *Eukiefferiella minor* og rykmýsættkvíslin *Microsepectra* í mestum mæli, samtals 81% af heild (8. mynd). Í mölinni var hlutfall einstakra tegunda/hópa mun jafnara en á steinum, rúmlega tveir þriðju fánunnar tilheyrðu bitmýi og rykmýi (8. mynd). Í sandinum voru *Microsepectra* og önnur dýr (“Annað”) ráðandi, sem einkum voru liðormar. Á slýinu var bitmý og rykmýstegundin *E. minor* ráðandi, með 90% af heildar hlutdeild botndýra. Það er eftirtektarvert að hlutur rykmýsættkvíslarinnar *Paracladopelma* var nokkuð áberandi bæði á malar- og sandbotni en kom vart fyrir á steinum eða í slýinu (8. mynd).



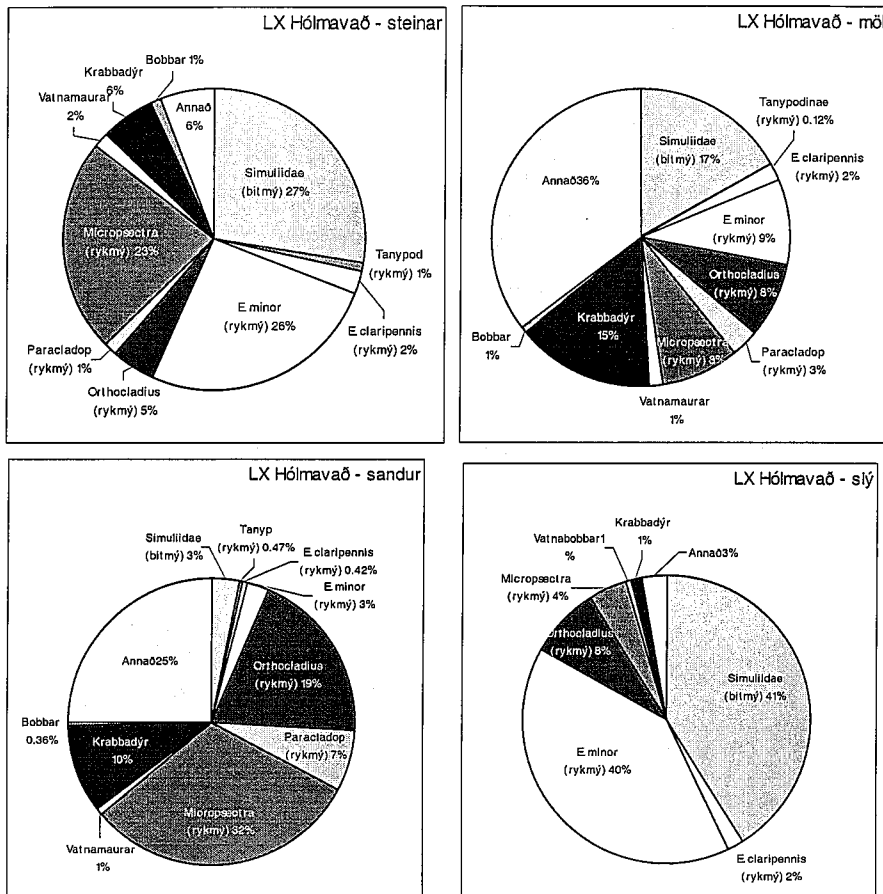
8. mynd. Hlutföll mismunandi botndýrahópa í Laxá í Laxárdal við Þverá á fjórum botngerðum, hlutdeild hvers hóps er gefin í prósentum. Útskýringar á skammstöfunum sem notaðar eru í skýfiritunum, Tanypod: Ránmý, Paracladop: Paracladopelma, Annað: Ýmis önnur botndýr.

Hraun; Bitmý, *E. minor*, *Orthocladius* auk *Micropsectra* voru ráðandi á steinum, samtals 75% af heildar hlutdeild botndýra (9. mynd). Á malarbotni voru þessir sömu hópar með 68% hlutdeild. Meira var af krabbadýrum og liðormum á malarbotni en á grjótbotni. Á sandbotninum var samfélagið mun einsleitara, þar sem bitmý og liðormar voru í miklum meirihluta. Á slýinu var samfélagsmunstrið svipað því sem það var á slýinu við Þverá, með bitmýið og *E. minor* ríkjandi, samtals 82% af öllum botndýrunum (9. mynd). Líkt og við Þverá var *Paracladopelma* alláberandi, einkum í sandinum, en í minna mæli í mölinni.



9. mynd. Hlutföll mismunandi botndýrahópa í Laxá í Aðaldal við Hraun á fjórum mismunandi botngerðum, hlutdeild hvers hóps er gefin í prósentum. Útskýringar á skammstöfunum sem notaðar eru í skífuritunum, Tanypod: Ránmý, Paracladop: *Paracladopelma*, Annað: Ýmis önnur botndýr.

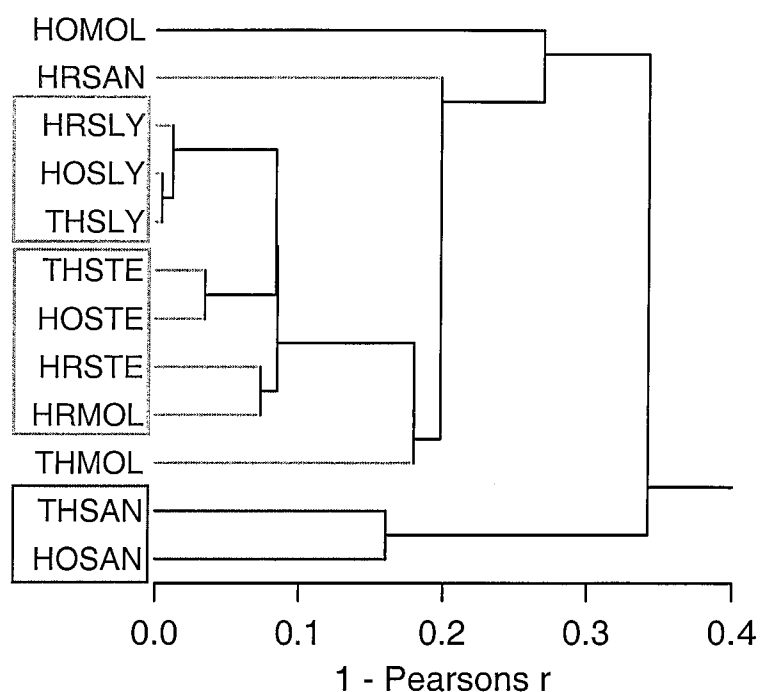
Hólmavað; Bitmý, *E. minor* og *Micropsectra* voru ríkjandi botndýr á steinum við Hólmavað með samtals 76% allra botndýra (10. mynd). Aðrir botndýrahópar voru innan við 10% af heildarfjölda. Á malarbotninum var nokkru jafnari dreifing milli einstakra botndýrahópa, en þar voru, bitmý og krabbadýr einna mest áberandi (18, 17 og 15%). Á sandbotninum var hlutur *Micropsectra*, *Orthocladius*, krabbadýra, liðorma og þráðorma mest áberandi, samtals 83%. Í slýinu, var bitmý og *E. minor* algerlega ríkjandi, með samtals 81% hlut allra botndýra (10. mynd). *Paracladopelma* var sem fyrr helst að finna á malar- og sandbotni, en einnig á steinunum.



10. mynd. Hlutföll mismunandi botndýrahópa í Laxá í Aðaldal við Hólmavað á fjórum mismunandi botngerðum, hlutdeild hvers hóps er gefin í prósentum. Útskýringar á skammstöfunum sem notaðar eru í skífuritunum, Tanypod: Ránmý, Paracladop: Paracladopelma, Annað: Ýmis önnur botndýr.

Hvergi var um tölfræðilegan marktækan mun að ræða ef borin var saman samsetning fánunnar fyrir sömu búsvæðagerðir á mismunandi rannsóknasvæðum. Hins vegar, var marktækur munur á milli mismunandi búsvæðagerða innan sama rannsóknasvæðis í Laxá við Þverá (Kruskal-Wallis; $H = 11,378$, $P = 0,010$), munurinn fólst einkum í því að samsetning fánunnar á slýinu var marktækt frábrugðin því sem fannst í hinum búsvæðunum (Student-Newman-Keuls; $P < 0,05$). Ekki var marktækur munur á samsetningu fánunnar milli mismunandi búsvæða við Hraun (Kruskal-Wallis; $H = 3,2$, $P = 0,362$), eða við Hólmavað (Kruskal-Wallis; $H = 5,326$, $P = 0,149$).

Sé skyldleiki einstakra búsvæða skoðaður, sést að hliðstæðar botngerðir á mismunandi svæðum raðast nálægt hver annarri eru skyldastar. Þetta á einkum við um slýið, steinana og sandinn. Skyldleiki fánunnar á malarbotninum var hinsvegar ekki eins mikill á milli mismunandi rannsóknarsvæða, til að mynda raðast sýnin af malarbotni við Hraun nálægt steinasýnunum (11. mynd).

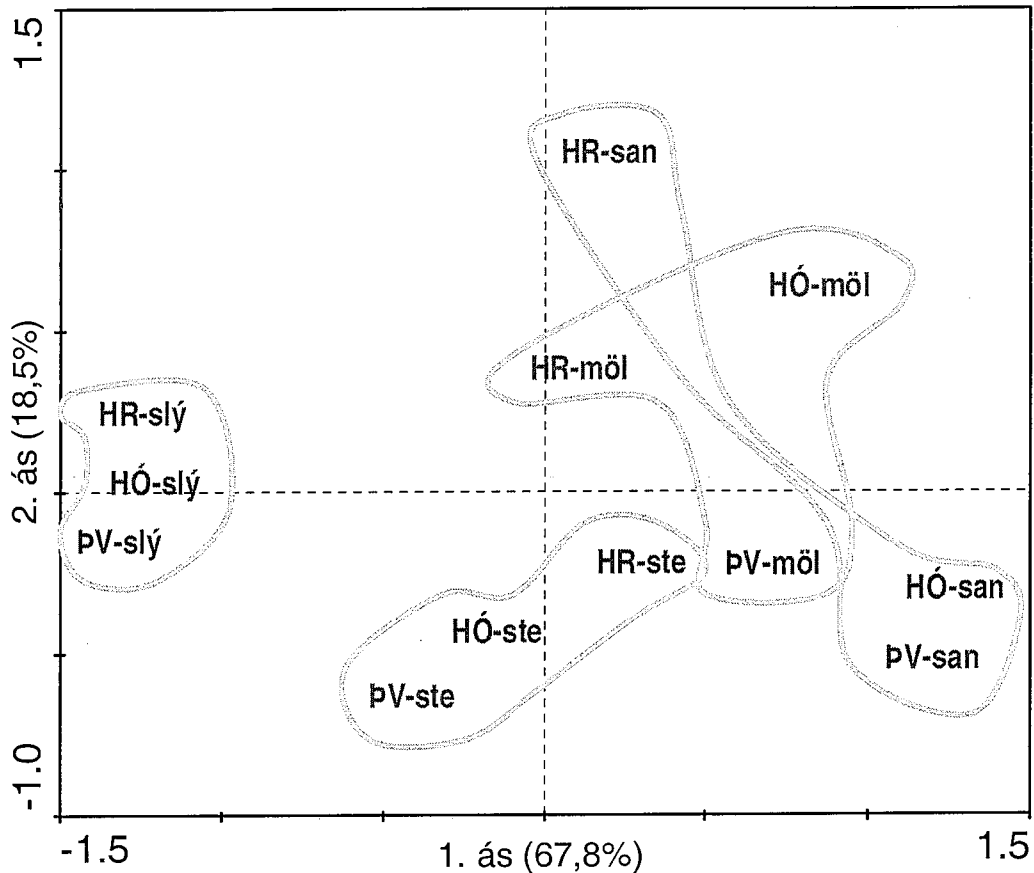


11. mynd. Skyldleikaklasar mismunandi botngerða og svæða í Laxá, byggt á hlutföllum botndýrahópa. Forskeytin TH, HR og HO merkja Þverá, Hraun og Hólmavað, MOL: Mól, SAN: Sandur, SLY: Slý og STE: Steinn. Ferningar eru dregnir utan um þau sýnatökusvæði sem skyldust eru innbyrðis.

3.3 Samhengi umhverfis og botndýra

Niðurstöður hnitunar, (e: *ordination*) þar sem lagður er til grundvallar hlutfallslegur þéttleiki botndýra í hverju búsvæði, sýna að botngerðirnar skýra mestan hluta af þeim breytileika sem sést í tegundasamsetningu en hvert hinna þriggja rannsóknasvæða er (12. mynd). Þetta sést best á 12. mynd þar sem rannsóknasvæði með slýi sem botngerð raðast lengst til vinstri á myndinni, í einn hnapp og lengst til hægri eru þau svæði sem einkenndust af sandbotni. Á milli eru síðan steinabúsvæðin og malarbúsvæðin. Það er nokkuð ljóst að fallandinn frá vinstri til hægri, samsíða 1.ás er ráðandi, en sá fallandi

skýrir samtals 67,8% breytileikans í tegundasamsetningu botndýranna í Laxá. Fallandinn á öðrum ás skýrir mun minni hluta þessa breytileika eða 18,5%. Samtals skýrðu fyrstu fjórir ásarnir 95,5% breytileikans í tegundasamsetningunni. Þar sem það er fallandi á fyrsta ás sem er að skýra meginhluta þess breytileika sem sést í tegundasamsetningu liggur beint við að álykta að mismunandi búsvæðagerðir hafi mest áhrif.



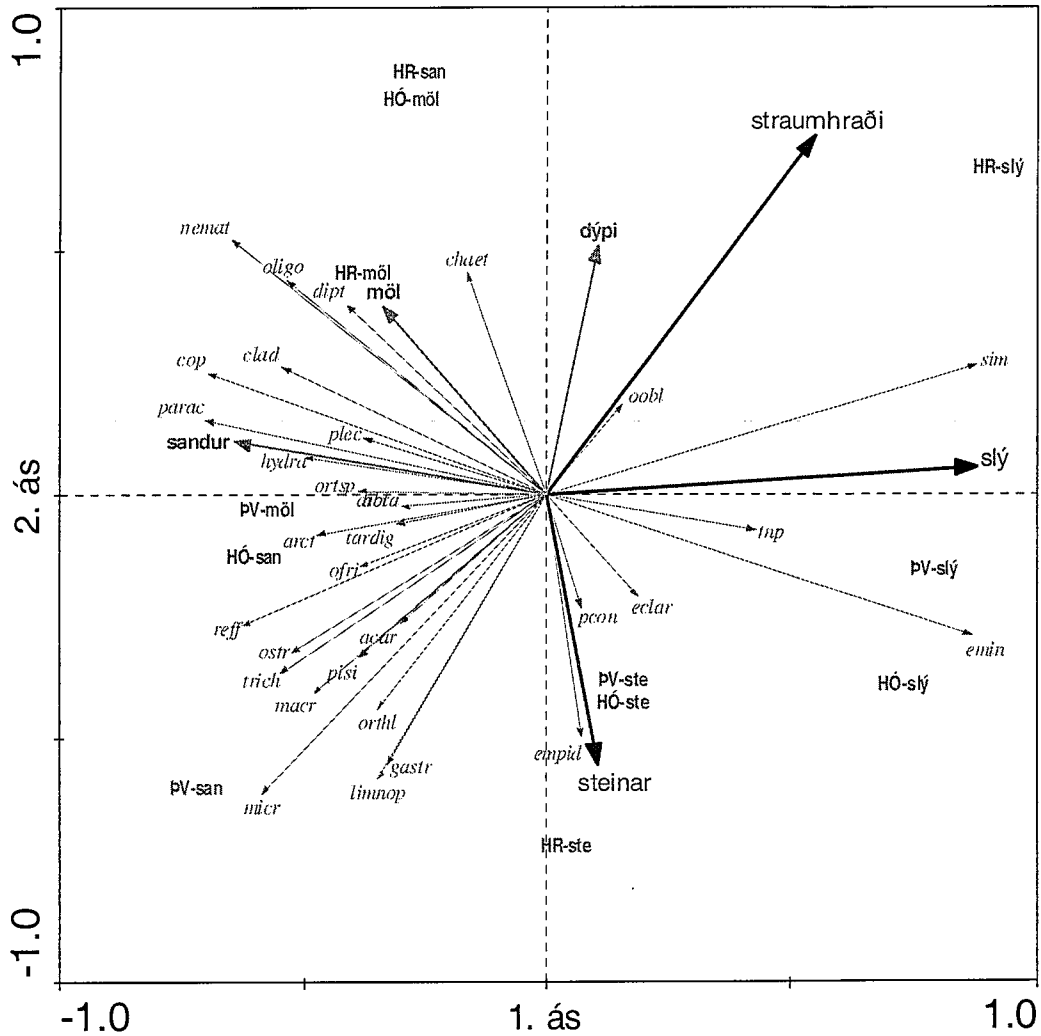
12. mynd. Niðurstöður höfuðþáttagreiningar (PCA) á röðun sýnatökusvæða með tilliti til samsetningar fánunnar. Greiningin byggir á hlutföllum mismunandi botndýrahópa. Forskeytin PV, HR og HÓ merkja Þverá, Hraun og Hólmavað, á malarbotni (möl), sandbotni (san), á slýi (slý) og á steinum (ste). Dregin er lína utan um samsvarandi búsvæðagerðir.

3. tafla. Upplýsingar um skammstafanir á tegundum eða hópum sem vísað er til á 13. mynd.

Skammstöfun	Latneskt heiti	Flokkunareining og íslenskt heiti
hydra	<i>Hydra</i> sp.	Ættkvísl armla
nemat	Nematoda	Fylking þráðorma
pisi	<i>Pisidium</i> sp.	Ættkvísl ertuskelja
gastr	Gastropoda	Flokkur snigla (bobbar)
oligo	Oligochaeta	Flokkur ána
tardig	Tardigrada	Fylking bessadýra
cop	Copepoda	Flokkur árfætlna - krabbadýr
clad	Cladocera	Ættbálkur vatnsflóa - krabbadýr
ostr	Ostracoda	Flokkur skelkrabba - krabbadýr
acar	Acarina	Ættbálkur áttfætlumaura
plec	Plecoptera	Ættbálkur steinflugna
trich	Trichoptera	Ættbálkur vorflugna
empid	Empididae	Ætt bredda
limnop	<i>Limnophora</i> sp.	Ættkvísl lækjarflugu
dicra	<i>Dicranota</i> sp.	Ættkvísl innan tvívængja
dipt	Ógreind diptera	Ógreind tvívængja
sim	Simuliidae	Ætt bitmýs
tnp	Tanypodinae (Ránmý)	Undirætt ránmýs - rykmý
abla	<i>Ablabesmyia</i> sp.	Ættkvísl ránmýs - rykmý
arct	<i>Arctopelopia</i> sp.	Ættkvísl ránmýs - rykmý
macr	<i>Macropelopia</i> sp.	Ættkvísl ránmýs - rykmý
diam	<i>Diamesa</i> sp.	Ættkvísl kulmýs - rykmý
orthl	Orthoclaadiinae (aðallega 1. instar)	Undirætt bogmýs - rykmý
chaet	<i>Chaetocladius</i> sp.	Ættkvísl bogmýs - rykmý
eclar	<i>Eukiefferiella claripennis</i>	Tegund bogmýs - rykmý
emin	<i>Eukiefferiella minor</i>	Tegund bogmýs - rykmý
ofri	<i>Orthocladus frigidus</i>	Tegund bogmýs - rykmý
oobl	<i>Orthocladus oblidens</i>	Tegund bogmýs - rykmý
ortsp	<i>Orthocladus</i> sp.	Ættkvísl bogmýs - rykmý
pcon	<i>Pogonocladus consobrinus</i>	Tegund bogmýs - rykmý
reff	<i>Rheocricotopus effusus</i>	Tegund bogmýs - rykmý
parac	<i>Paracladopelma</i> sp.	Ættkvísl þeymýs - rykmý
micr	<i>Micropsectra</i> sp.	Ættkvísl þeymýs - rykmý

Í frekari hnitun, þar sem tekið er tillit til umhverfisþátta var notast við *redundancy analysis* (RDA), þar sem dreifing gagnanna hneigðist til að vera línuleg (Leps og Šmilauer 2003). Alls voru 6 umhverfisþættir teknir með (13. mynd). Tveir þeirra voru mældir þ. e. dýpi og straumhraði og fjórir byggðust á búsvæðagerð þ. e. steinar, mól, sandur og slý. Þar sem engar mælingar lágu að baki síðastnefndu fjögurra umhverfisþáttanna var tilvist þeirra kóðuð sem “*dummy variables*” í greiningunni, sem merkir að “1” var notað ef ákv. búsvæðagerð var til staðar annars “0”. Af þeim sex umhverfisþáttum sem prófaðir voru í hnituninni með Monte Carlo umröðunum (499 umraðanir), höfðu þrír þættir marktæk áhrif sem skýringabreytur í heildarlíkaninu. Þeir voru: Straumhraði, steinar og slý (Monte Carlo; $P < 0,02$). Ef áhrif hveirrar breytu er

skoðað óháð öðrum (“*marginal effect*”, sjá ter Braak og Šmilauer 2002) sést að mestan skýringarmátt (þ.e. þær breytur sem skýra mest af þeim breytileika sem fram kemur í tegundasamsetningu botndýra) hafa botngerðirnar: Slý, sandur og möl og síðan straumur. En þegar dæmið er skoðað í heild, þá getur ein breyta sem valin er í “*forward selection*” leitt til þess að vægi annarra breyta minnkar, sem kemur fram í því að vægi sand- og malarbúsvæða minnkar þegar slý- og steinabúsvæðin eru valin inn í heildarlíkanið.



13. mynd. Niðurstöður redundancy analysis (RDA) á röðun mismunandi tegunda eða botndýrahópa með tilliti til umhverfispáttanna. Greiningin byggir á hlutföllum mismunandi botndýrahópa. Bláar örvar vísa til þeirra umhverfispáttanna sem höfðu marktæk áhrif í að skýra tegundasamsetningu botndýrar gráar örvar eru umhverfisstærðir sem ekki reyndust marktækar, grænar örvar vísa í þá átt að kjörsviði fyrir viðkomandi tegund/hóp, rannsóknasvæði og botngerð er ritað með rauðu. Sjá 3. töflu til frekari útskýringa á skammstöfunum.

4. UMRÆÐA

Samhengi botngerðar og dýralífs á botni er einn af mörgum vistþáttum sem nauðsynlegt er að hafa vitneskju um þegar meta skal áhrif stífluhækkunar í Laxárgljúfrum á lífríki árinna. Sú rannsókn sem hér er greint frá sýnir að dýralíf á botni Laxár er nátengt botngerð árinna, en hún er mest háð straumhraða og framboði lausra efna (fyrst og fremst sands og lífrænna efna) sem berast í ána. Með hjálp þeirra ganga sem nú liggja fyrir, er unnt að sjá að nokkru fyrir þær breytingar sem verða á samfélögum árinna ef botngerð breytist, t.d. vegna heftingar sandrennslis í ánni. Þrjú þættir til viðbótar skipta höfuðmáli. Í fyrsta lagi hversu mikilla breytinga er að vænta á botngerð árinna af manna völdum. Í öðru lagi hve mikil framleiðsla dýra er á mismunandi botngerðum og í þriðja lagi hvernig sú framleiðsla skilar sér til þeirra dýrastofna sem mest verndargildi hafa, laxfiska og fugla.

Breytingar á botngerð í kjölfar stífluhækkunar í Laxárgljúfrum hefur enn ekki verið metin. Á það bæði við um umfang breytinganna og tímann sem það tekur ána að ná nýju jafnvægi. Þó er ljóst að breytingin yrði á þann veg að grjótt- og malarbotn myndi aukast á kostnað sandbotns. Um breytingar á slýgróðri verður ekkert fullyrt því að ekki er vitað hvað ræður vexti hans. Framleiðsla botndýra hefur ekki verið mæld í neðanverðri Laxá. Allgóðar mælingar eru til af grjóttbotni í efri hlutanum, þ. á m. Þverá, en þær verða trauðla heimfærðar upp á neðri hlutann vegna þess hve framleiðsla efri hlutans er háð fjarlægð frá Mývatni (Gísli Már Gíslason 1994). Þéttleikatölur botndýra að hausti geta gefið vísbendinu um framleiðslu botngerðanna, en það er þó varasamt vegna þess hve sýnatökuaðferðir eru mismunandi. Steinabúsvæðið virðist hafa langmestan þéttleika dýra. Spurningin er hvort telja megi öruggt að aukið flatarmál grjóttbotns muni leiða til meiri framleiðslu botndýra í ánni. Það er ekki víst, og fer eftir því hvort botndýrin nærast á svifögnum eða botnþörungum. Vera má að núverandi flatarmál grjóttbotns sé nægilega stórt fyrir þann bitmýsstofn sem getur þrífist á svifögnunum í árvatninu. Svifagnirnar séu þannig takmarkandi þáttur en ekki botnflatarmálið. Ef svo er mun aukning grjóttbotns ekki skila aukinni framleiðslu, en framleiðslan mun líklega flytjast eitthvað ofar í ána og dreifast meira. Þetta á við um bitmýið, sem er sú dýrategund sem mest síar fæðu úr árvatninu. Öðru máli gegnir um rykmýið. Mikið er af rykmýslirfum á steinunum og má gera ráð fyrir því að þær lifi á frumframleiðslu árinna sjálfrar, þ.e. smáþörungum sem

vaxa á grjótinu. Að því gefnu að grjótbótin framleiði meira af þörungum en aðrar botngerðir mun framleiðsla rykmýs í ánni að öllum líkindum aukast ef hlutfall grjótbótis stækkar.

Þá er komið að þeirri spurningu hvernig breytt smádýrasamsetning muni skila sér í framleiðslu fiska. Rannsóknir á fæðuvali laxfiska í neðanverðri ánni eru enn af skorum skammti. Þó var gerð athugun á fæðu urriða- og laxaseiða í Laxá í Aðaldal haustið 2000 (Guðrún Finnbogadóttir 2001, Eik Elfarsdóttir 2001). Seiðin voru aðeins veidd á grjót- og malarbotni. Sýnir hún ljóslega að laxaseiði átu mest bitmýslirfur, mun meira en hlutfall þeirra á botni (fjórum árum seinna) gefur tilefni til að ætla, en rykmýslirfur voru einnig þýðingarmiklar. Sniglar (bobbar) voru einnig mikið étnir. Rykmýið var ekki tegundagreint, svo að samanburður við botnsýnin er erfiðleikum bundinn. Urriðaseiði átu mikið af bitmýslirfum, en ekki mikið af rykmýslirfum. Fæða þeirra var þó áberandi mikið smákrabbadýr og mýpúpur, sem eru á reki í ánni. Rétt er að ítreka nauðsyn þess að kanna fæðusamsetningu seiða á fleiri árstímum.

Við rannsókn á botndýrasamfélögum, einkum í straumvötnum ber að hafa í huga hversu gífurlega hnappdreifð útbreiðsla dýranna er. Þetta útbreiðslumunstur kemur m.a. fram í mjög miklum breytileika eða vikið meðaltala. Ástæður þessa eru fjölmargar t.d. er kjörbúsvæði mismunandi botndýrahópa mjög mismunandi. Sé til að mynda útbreiðsla dýranna skoðuðu á smáum skala (e: *microdistribution*) kemur í ljós að ekki er aðeins munur á milli mismunandi tegunda heldur getur útbreiðslan verið mismunandi eftir aldri og þroska dýranna (t.d. Ruse 1994). Sýnt hefur verið fram á að botngerðin er mikilvæg breyta til skýringa á útbreiðslumynstri botnlífvera. Í því sambandi má nefna mosa sem undirlags fyrir nýklaktar rykmýslirfur. Mosinn skapar til að mynda búsvæði fyrir lirlurnar og þar ná þær í fæðu s.s. þörunga og grot (Nolte 1989). Ekki er ólíklegt að slýið þjóni hliðstæðu hlutverki og mosinn. Þar með getur það veitt ýmsum lífverum hentugt undirlag, svo sem lirlum bitmýsins, sem láta sig fljóta niður straumvötn til að finna sem hagstæð búsvæði eða nýklakinn mýlirfa s.s. *E. minor*. Lirlur rykmýsins *E. minor* eru þekktar fyrir að vera seigir “landnemar” (e: *pioneer*) í straumvötnum (Jón S. Ólafsson o.fl. 1998). Grzybkowska og Dukowska (2002) fundu að *Cladophora glomerata* (slý) skapaði

kjörskilyrði á botni straumvatns í Pólandi, sem skýrði mikinn þéttleika botndýra, sérstaklega voru það rykmýslirfur af undirættinni Orthocladinae.

Niðurstöður þessarar rannsóknar sýna að þéttleiki botndýra getur verið gífurlega mikill á steinum í samanburði við malar- og sandbotn. Í því samhengi ber að hafa í huga tvö mikilvæg atriði, annars vegar eru steinar, sem örbúsvæði, mun stöðugra umhverfi heldur en mól eða sandur sem eru á sífelldri hreyfingu og hins vegar er líklegt að um töluvert ofmat sé að ræða á þéttleika steina þar sem aðeins er tekið tillit til ofanvarps en ekki rúmmáls, né heldur áferðar steinsins. Í rannsókn Hilmaris Malmquist o.fl. (2000) á samfélögum botndýra á strandsvæðum vatna á Íslandi kom í ljós sterk fylgni milli hrjúfleika steina og þéttleika annars vegar og tegundaauðgi hins vegar. Sé einungis miðað við tegundaauðgi, í þeim sýnum sem tekin voru í Laxá, þá var hún mest á steinum og á malarbotni (5. mynd), en mun minni á sandi og slýi. Sem fyrr segir, þá er ekki tekið tillit til hlutfallslegum fjölda mismunandi hópa í svo grófum samanburði sem þessum, aðeins unnið með upplýsingar hvort tegund/hópur var til staðar eða ekki. Ásættanlegri aðferð er að taka mið af vægi hvernar tegunda/hóps innan sýna með því að reikna út fjölbreytnistuðla fyrir hvert sýni s.b.r. Simpsons, Shannon eða Brillouin stuðlar (Magurran 2004). Með því að nota Simpsons fjölbreytnistuðul á gögnin úr Laxá kemur í ljós að fjölbreytnin er mest á malar og sandbotni, en einsleitnin var mest í slýinu (6. mynd). Fánan á malar- og sandbotni var nokkuð frábrugðin því sem hún var á steinum, sem meðal annars skýrist af því að hlutur *Paracladopelma* og orma var meiri á þessari botngerð heldur en fannst á steinum. Á steinum var hærra hlutfall dýra sem festa sig við undirlagið s.s. bitmýslirfur. En, bitmýslirfur voru einnig mjög áberandi hópur á slýinu, þar sem þær geta fest sig í þörungabreiðurnar. Það er eftirtektarvert hversu fábreytt búsvæði slýið er, með tvo botndýrahópa ríkjandi (bitmý og rykmýið *E. minor*). Þetta styrkir e.t.v. þá tilgátu að slýið gegni mikilvægu hlutverki sem undirlag fyrir þau botndýr sem koma fljótandi ofar úr vistkerfinu og geta ekki nýtt sér annað “fast” undirlag. Eitt af megin markmiðum þessa verkefnis var að svara því hvort um beint samhengi væri að ræða milli samfélagsgerða botndýra og botngerðar. Niðurstöðurnar bera það greinilega með sér að beint samhengi er þar á milli. Botngerðin er einn af ráðandi þáttum í að skýra þann breytileika sem sést í tegundasamsetningu milli mismunandi búsvæða og rannsóknasvæða í Laxá. Annar þáttur er straumhraði, sem skýrir mikið af þeim

breytileika sem sést í tegunda/hópasamsetningu botndýra í Laxá. Vissulega hefði verið nauðsynlegt að mæla fleiri umhverfispætti sem gætu skýrt enn frekar breytileika í samfélagsgerðum botndýra í Laxá. Hins vegar eru svo skýr og marktæk áhrif botngerðar sem skýrandi breytu að e.t.v. hefðu frekari mælingar ekki bætt miklu við. Niðurstöðurnar eru í góðu samræmi við niðurstöður erlendra sambærilegra rannsókna, sem sýnt hafa fram að búsvæðagerðir, einkum á smáum skala (örbúsvæði) skýra mestan hluta þess breytileika sem sést í tegundasamsetningu botndýra (Ruse 1993, Cogerino o.fl. 1995, Vinson og Hawkins 1998).

5. ÞAKKIR

Kærar þakkir eru færðar Karólínu Einarsdóttur fyrir margvíslega aðstoðað við úrvinnslu gagna. Enn fremur vilja höfundar þakka Hugrónu Gunnarsdóttur fyrir yfirlestur á handriti og margar gagnlegar ábendingar.

6. HEIMILDIR

- Árni Einarsson, Gísli Már Gíslason og Jón S. Ólafsson 2004. *Laxá í Suður Þingeyjarsýslu, samanburður á botngerð 1978 og 2003*. Fjölrit Líffræðistofnunar Háskólans nr. 73. 22 bls.
- Beisel, JN, P Usseglio-Polatera, S Thomas og JC Moreteau 1998. Stream community structure in relation to spatial variation: the influence of mesohabitat characteristics. *Hydrobiologia*, 389:73-88.
- Eik Elfarsdóttir 2001. *Laxaseiði (Salmo salar L.) í Laxá í Aðaldal, Mýrarkvísl og Reykjadalásá. Einnig samanburður á laxa og urriðaseiðum (Salmo trutta L.)*. Háskóli Íslands, líffræðiskor. 51 bls.
- Elín Ragnheiður Guðnadóttir 2002. *Áhrif umhverfisþátta á útbreiðslu ferskvatnsfisktegunda í Héraðsvötnunum og hliðarám þeirra*. 5 eininga rannsóknaritgerð, líffræðiskor, Háskóli Íslands.
- Gísli Már Gíslason 1985. The life cycle and production of *Simulium vittatum* Zett. in the River Laxá, NE-Iceland. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 22: 3281-3287.
- Gísli Már Gíslason 1991. Lífið í Laxá. *Náttúra Mývatns* (ritstj. Arnþór Garðarsson og Árni Einarsson). Hið íslenska náttúrufræðifélag, Reykjavík. Bls. 218-235.
- Gísli Már Gíslason 1994. River Management in Cold Regions: A case study of the River Laxá, North Iceland. Í: *Rivers Handbook* (ritstj. P. Calow og G.E. Petts), 2. bindi. Blackwell Scientific Publications, Oxford. Bls. 464-483.
- Gísli Már Gíslason og Arnþór Garðarsson 1988. Long term studies on *Simulium vittatum* Zett. (Diptera: Simuliidae) in the River Laxá, North Iceland, with particular reference to different methods used in assessing population changes. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 23: 2179-2188.
- Gísli Már Gíslason og Arnþór Garðarsson 2004. The production of chironomids and blackflies in a subarctic river. Í: *Proceedings of the 15th International Symposium on Chironomidae* (ritstj. L.C. Ferrington). (í prentun).
- Gísli Már Gíslason, Þóra Hrafnadóttir og Arnþór Garðarsson 1995. Flight periods of midges (Chironomidae and Simuliidae) in the River Laxá, N-Iceland. Í: *Chironomids: from genes to ecosystems* (ritstj. P. Cranston). CSIRO Publications, Melbourne. Bls. 133-154.
- Gogerino, L, B Cellot og M Bournaud 1995. Microhabitat diversity and associated macroinvertebrates in aquatic banks of a large European river. *Hydrobiologia*, 304:103-115.
- Guðrún Finnbogadóttir 2001. *Urriðaseiði (Salmo trutta L.) í Laxá í Aðaldal, Mýrarkvísl og Reykjadalásá. Einnig samanburður á urriða og laxaseiðum (Salmo salar L.)*. Háskóli Íslands, líffræðiskor. 41 bls.

- Grzybkowska, M og M Dukowska 2002. Communities of Chironomidae (Diptera) above and below a reservoir on a lowland river: Long-term study. *Annales Zoologici*, 52:235-247.
- Hilmar J. Malmquist, Þórólfur Antonsson, Guðni Guðbergsson, Skúli Skúlason og Sigurður S. Snorrason 2000. Biodiversity of macroinvertebrates on rocky substrate in the surf zone of Icelandic lakes. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 27: 121-127.
- Jón S. Ólafsson, Gísli Már Gíslason og Guðrún Lárusdóttir 1998. *Botndýralíf í Elliðaánum*. Rannsóknir unnar fyrir Borgarverkfræðinginn í Reykjavík og Rafmagnsveitu Reykjavíkur. Líffræðistofnun Háskólans, Fjölrit 41: 51 bls.
- Leps, J og P Smilauer 2003. *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press, England, 269 bls.
- Lindegaard, C. 1979. A survey of the macroinvertebrate fauna, with special reference to Chironomidae (Diptera) in the rivers Laxa and Kraka, northern Iceland. *Oikos* 32: 281-288.
- Magurran, AE 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, Oxford, England, 256 bls.
- Nolte, U. 1989. Chironomid communities of lotic mosses. *Acta Biol. Debr. Oecol. Hung.* 3, 249-255.
- Pardo, I og PD Armitage 1997. Species assemblages as descriptors of mesohabitats. *Hydrobiologia* 344:111-128.
- Ruse, LP 1994. Chironomid microdistribution in gravel of an English chalk river. *Freshwater Biology* 32:533-551.
- Schmid PE 1993. Random patch dynamics of larval Chironomidae (Diptera) in the bed sediments of a gravel stream. *Freshwater Biology* 30:239-255.
- ter Braak, C. J. F. og Šmilauer, P. 2002. *CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power (Ithaca NY, USA, 500 bls.
- Tokeshi, M og PE Schmid 2002. Niche division and abundance: an evolutionary perspective. *Population Ecology* 44:189-200.
- Vinson, MR og CP Hawkins 1998. Biodiversity of stream insects: Variation at local, basin, and regional scales. *Annual Review of Entomology* 43:271-293.
- Wallace, JB og JR Webster 1996. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology* 41:115-139.
- Þorkell Lindberg Þórarinnsson, Árni Einarsson, Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason 2004. *Kortlagning Laxár í Suður-Þingeyjarsýslu; könnun gerð í ágúst og September 1978*. Fjölrit Líffræðistofnunar Háskólans nr. 71. 49 bls.
- Þórólfur Antonsson 2000. *Verklýsing fyrir mat á búsvæðum seiða laxfiska í ám*. Fjölrit Veiðimálastofnunar, VMST-R/0014.