



**Aðlögun lífríkis í Varmá í Mosfellsbæ að  
minnkandi mengun.  
Samanburður árána 1977-9 og 2010**

Sif Ólafsdóttir



Líf- og umhverfisvísindadeild  
**Háskóli Íslands**  
2010

# **Aðlögun lífríkis í Varmá í Mosfellsbæ að minnkandi mengun. Samanburður árána 1977-9 og 2010**

Sif Ólafsdóttir

12 eininga ritgerð sem er hluti af  
*Baccalaureus Scientiarum* gráðu í Líffræði

Leiðbeinandi  
Gísli Már Gíslason

Líf- og umhverfisvísindadeild  
Verkfræði- og náttúruvísindasvið  
Háskóli Íslands  
Reykjavík, maí 2010

Aðlögun lífríkis í Varmá í Mosfellsbæ að minnkandi mengun. Samanburður áráanna 1977-9 og 2010

Aðlögun lífríkis í Varmá í Mosfellsbæ.

12 eininga ritgerð sem er hluti af *Baccalaureus Scientiarum* gráðu í Líffræði

Höfundarréttur © 2010 Sif Ólafsdóttir

Öll réttindi áskilin

Líf- og umhverfisvísindadeild  
Verkfræði- og náttúruvísindasvið  
Háskóli Íslands  
Askja, Sturlugötu 7  
101 Reykjavík

Sími: 525 4000

Skráningarupplýsingar:

Sif Ólafsdóttir, 2010, Aðlögun lífríkis í Varmá í Mosfellsbæ að minnkandi mengun. Samanburður áráanna 177-9 og 2010, BS ritgerð, Líf- og umhverfisvísindadeild, Háskóli Íslands, 19 bls.

# Aðlögun lífríkis í Varmá í Mosfellsbæ að minnkandi mengun.

Samanburður áráanna 1977-9 og 2010



Álafoss. Ljósni: Sif Ólafsdóttir.

**Leiðbeinandi: Gísli Már Gíslason**

**Sif Ólafsdóttir**  
Skaftahlíð 10, 105 Rvk  
gsm:691-5457  
sio12@hi.is

## EFNISYFIRLIT

	bls.
1. ÚTDRÁTTUR.....	2
2. ABSTRACT.....	2
3. INNGANGUR.....	3
4. STAÐHÆTTIR.....	5
5. SAGA VARMÁR Í MOSFELLSBÆ.....	5
6. AÐFERÐIR.....	7
7. NIÐURSTÖÐUR.....	9
8. ÁLYKTANIR.....	14
9. ÞAKKIR.....	17
10. HEIMILDIR.....	18
11. VIÐAUKI.....	19

## ÚTDRÁTTUR

### **Aðlögun lífríkis í Varmá í Mosfellsbæ að minnkandi mengun. Samanburður áráanna 1977-9 og 2010**

Ísland er fámennt og strjálbýlt og því er mengun vatna minna vandamál þar en í öðrum löndum.. Um allan heim er verið að draga úr mengun en aðeins fá vötn eru algerlega ósnortin af mannavöldum. Þau sem eru ennþá ósnortin eru aðallega fjallavötn og vötn á þeim stöðum þar sem er lítill mannfjöldi, eins og á Íslandi. Hryggleysingjar geta sagt okkur mikið um uppbyggingu mengaðra vatna og hvort mengunaráhrifa gætir ennþá. Eftir rannsókn í Varmá í Mosfellsbæ 1977 og 1979 kom í ljós að róttækar breytingar þurfti til að Varmá yrði ekki skólpráveita fyrir þéttbýlið. Undanfarin ár hefur verið unnið að hreinsun hennar. Niðurstöður þessara rannsókna á vatnadýrum sýnir að lífræn mengun hefur minnkað verulega í ánni síðustu þrjá áratugi, en enn gætir hennar að nokkru leyti. Fjölbreytileiki botndýra minnkar niður eftir ánni þar sem hún rennur um þéttbýlið og framhjá hæsnaþúi, en áhrif mengunar eru minni en þau voru fyrir 30 árum.

## ABSTRACT

### **Adaptation of the biota of the River Varmá in Mosfellsbaer, SW Iceland, to reduced pollution. Comparison between 1977-9 and 2010.**

Few people live in Iceland and its population is sparse. Water pollution is therefore less of a problem than elsewhere. Iceland is known for being one of the cleanest countries in the world. Water pollution is being reduced all around the world, but only a few lakes are completely untouched by man. Those that are still intact are mainly situated where the population density is low and in high mountain lakes and rivers as in Iceland. Research on invertebrates can tell us much about if pollution still affects the community in the river and the adaptation of the biota, even if the pollution is no longer present and cannot be measured. Conservation management has been applied on the River called Varmá in Mosfellsbaer which runs through urban areas. It was clear that radical changes were necessary after results of water pollution were shown to be considerable in research conducted in 1977 and 1979. They showed that Varmá would develop into an open sewage canal if nothing would be done. The conservation management has now been ongoing for many years and the research

on the water biota in Varmá showed that the organic pollution has been reduced significantly in the last three decades. However, it is still present and invertebrate diversity declines downstream, as the river runs through the urban area and passes a chicken farm

## INNGANGUR

Ein mikilvægasta auðlind Íslands er vatn og notagildi þess er margvíslegt. Vatn er nýtt m.a. til neyslu, fæðuframléiðslu, frárennslis og til orkuframléiðslu. Vatn er undirstaða alls lífs og því væri óskynsamlegt að ráðstafa vatni án þess að gera tillit til vistkerfislegra afleiðinga. Því ætti vistfræðileg sjónarmið að móta ákvörðun um vernd vatna, þeim sjónarmiðum fer svo oft saman við hagsmuni, fæðuframléiðslu og lífsnautnar, en stangast aftur á móti við hagsmuni orkuframléiðslu, iðnaðar og skólþveitna (Arnþór Garðarsson 1979). Íslendingar eru fámennir og búa flestir við sjó, því er ekki mikið um menguð vatnsföll á Íslandi. Aðeins um 2,5% Íslendinga lifa í þéttbýli með afrennslis í ár (Gísli Már Gíslason 2009). Í bókinni „Biology of Polluted Waters“ sem kom út árið 1960 eftir Noel Hynes, er mengun útskýrð sem líffræðilegt fyrirbæri þar sem áhrif þess verður fyrst og fremst á lífverur, en út um allan heim er algengt að sjá að litlir lækir og vötn hafa verið notuð til skólþlosunar, en það er ekki fyrr en á síðasta áratug sem alþjóðasamfélagið fór að taka á þessum vanda. Síðan þá hafa verið miklar framfarir í mengunarvörnum og verstu árnar eru nú mun hreinni en áður. Hryggleysingjar eru hluti af vistkerfi í ám og vötnum en til að geta verndað hryggleysingja þarf að vita nákvæmlega vistfræðilegar þarfir tegundar eins og þá þætti sem gætu takmarkað þá, en fáar rannsóknir hafa verið gerðar á verndun vatnahryggleysingja (Maitland & Morgan 1997). Stórir hryggleysingjar sýna greinilega svörun við lífrænni mengun, og því sjást áhrifin hjá heilu hópunum frekar en einstaka tegundum. Þegar mengun er aftur á móti væg verður þessi munur milli tegunda mikilvægur. Þegar vatn er mengað eykst álagið á vistkerfið þar sem t.d. mengun vegna skólþlosunar eykur styrk lífrænna efna, við það minnkar súrefnisstyrkur við aukna súrefnisþörf. Ef heitu vatni er síðan bætt við, eykst mengun lífrænu efnanna ennþá meira, þar sem meiri hraði oxunar veldur meiri framléiðslu koltvíoxíð og nálgast þar með súrefnisþolmörk fiska og hryggleysingja. Áhrif vægrar mengunar yrði vart sýnilegt, eins og vöxtur skólþsvepps eða mjög mikið fall í súrefnisstyrk vatnsins. En þó að hægt væri að greina það með ítarlegri rannsókn nálægt útfallinu, hverfa þessi áhrif eftir stutta vegalengd frá því. Væg mengun hefur þó líffræðilegar

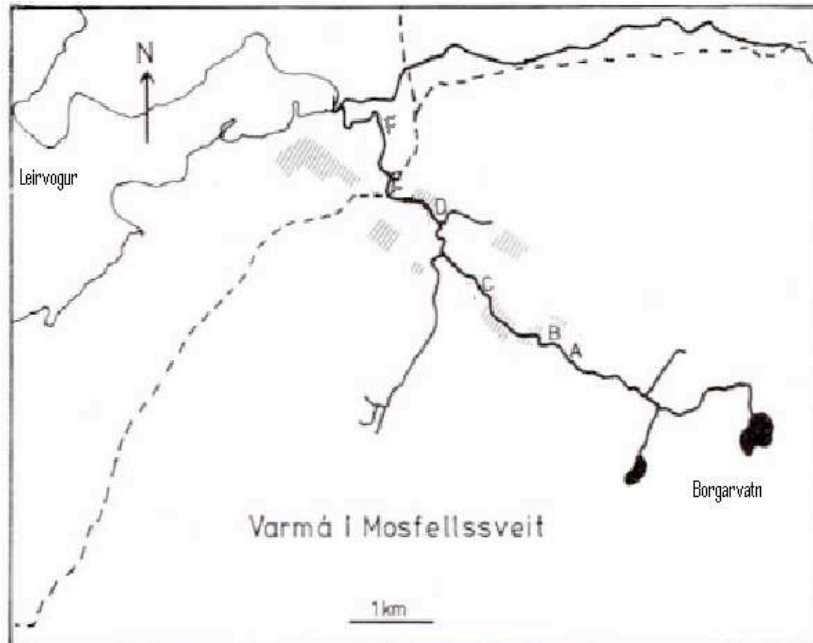
afleiðingar sem hægt er að greina í mun meiri fjarlægð. Með rannsókn á hryggleysingjum er hægt að greina þessa lífrænu mengun og rannsaka áhrif mengunar þó að mengunarefni séu löngu runnin til sjávar (Hynes 1960).

Íslensk vatnakerfi eru flokkuð eftir berggrunni og landslagi en þessir þættir skipta miklu máli í að ákvarða lífríki vatnanna. Vatnasvið á Íslandi eru að mestu með lítinn gróður á hálendi en með mýrar og heiðar á láglandi. Dýrasamfélög í íslenskum ám mótast af eðli vatnasviðs og efnafræði vatns. Efnasamsetning og næring straumvatna ræðst einkum af jarðfræðilegum þáttum, landslagi og gróðri á vatnasviðinu. Þetta virðist ákvarða þéttleika og fjölbreytileika hryggleysingja (Hákon Aðalsteinsson og Gísli Már Gíslason 1998). Afurðamestu ár landsins eru lindár með stöðuvötn nærri upptökum. Mestu máli skiptir hversu mikil framleiðsla er í stöðuvötnunum, sem skilar sér síðan í árnar sem lífrænt rek (Arnpór Garðarsson 1979). Til að meta lífríkisforsendur er auðveldast að mæla leiðni, sem mælir styrk uppleystra ólífrænna efna, ef ekki er ástæða til að ætla að styrkur einstakra efna skipti máli (Hákon Aðalsteinsson og Gísli Már Gíslason 1998). Rennsli lindáa tekur yfirleitt litlum breytingum milli árstíða og ára. Ekki telst óalgengt að langtímabreytingar á ársmeðalrennsli séu um 20% (Árni Snorrason 1990). Ísland er eldfjallaeyja og liggur á gosbeltinu. Á Íslandi finnast því einnig varmvötn en til þeirra heyra m.a. varmár og laugar en mörgum varmvötnum hefur verið raskað (Arnpór Garðarsson 1979). Það sem einkennir varmár er að þær eru volgar allan ársins hring vegna jarðhitans og því mjög frjósamar miðað við íslenskar aðstæður (Gísli Már Gíslason 1980). Dæmi um varmá er t.d. Varmá í Mosfellsbæ sem ber nafn sitt af hveravatni sem rann í hana áður fyrr. En Varmá í Mosfellsbæ er ein af þeim varmám sem hefur tapað sérstöðu sinni í náttúrunni, vegna stöðugra dælinga af heitu vatni upp úr miðri síðustu öld, með þeim afleiðingum að hverir og laugar hafa þornað upp. Við þetta hefur efnasamsetning, rennsli og hitastig árinna breyst. Einnig liggur áin í gegnum þéttbýli og hefur orðið fórnarlamb skólplösunar, hita- og efnamengunar. Því hefur undanfarin ár farið fram uppbygging svo að minna berist af mengun út í Varmá í Mosfellsbæ, m.a. með nýjum skólplögnum fjarri ánni. Markmiðið er því með þessari rannsókn að bera saman ástand Varmár samkvæmt niðurstöðum Gísla og samverkamanna 1977-9 og nú árið 2010, með sömu áherslum og gert var fyrir 33 árum. Unnið hefur verið markvisst að hreinsun Varmár samkvæmt skýrslu heilbrigðiseftirlits Kjósarsvæðis 2003. Því vil ég meta hvort breytingar hafi orðið á



dýrasamfélögum í ánni. Einnig vil ég finna þar helstu mengunarvalda í dag og hvað hefur verið gert til að vernda Varmá í Mosfellsbæ.

## STAÐHÆTTIR



**1. mynd.** Varmá og þverár í Mosfellsbæ frá upptökum til árósa. Bókstafir A-F tákna stöðvar þar sem sýnataka og mælingar fóru fram (mynd er tekin úr samanburðarskýrslu Gísla Más Gíslasonar (1980)),

Varmá er um 15 km löng og á upptök sín í Bjarnarvatni (259 m.y.s) suðaustur af Reykjadal, milli Þverfells og Torfdalshryggs. Nokkrir lækir og ár renna í Varmá, þar á meðal lækur úr Borgarvatni. Varmá rennur norðaustur um Reykjadal í gegnum Mosfellsbæinn og mætir Köldukvísl við árósa fyrir neðan hesthúsin og fellur svo þaðan til sjávar í Leirvoginn (Gísli Már Gíslason 1980). Varmá í Mosfellsbæ telst til lindáa með dragáreinkennum þar sem áin liggur á grágrýtissvæði sem er að finna beggja vegna gosbeltisins. Berggrunnurinn er allþéttur og tekur því minna af náttúrulegum efnum úr berginu á leið sinni í ána en ef um lekt berg væri að ræða (Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis, 2003).

## SAGA VARMÁR Í MOSFELLSBÆ

Fyrir árið 1930 þegar byggð var fámenn, rann skólp og frárennsli húsa í rotþrær, sem var síðan notað til áburðar. Á þeim tíma var vatn sótt í Varmá til heimilisnota og þvottur var stundaður í ánni. Áll (*Anguilla anguilla*) og urriði (*Salmo trutta*) gengu í ána. Eftir 1930 jókst lífræn mengun verulega, sérstaklega á

stríðsárunum eftir að breski herinn settist að við Varmá og hefur sú mengun aukist jafnt og þétt síðan með aukinni byggð og var mengunin orðin veruleg eftir 1960. Gísli M. Gíslason prófessor í vatnalíffræði rannsakaði ásamt nemendum sínum árið 1977 og 1979 “áhrif mengunar á dýralíf í Varmám“, á þeim tíma þegar skólþ rann í Varmá í Mosfellssveit frá 700 manna byggð. Álafoss ullarverksmiðjan sem hóf störf 1896 hleypti öllu frárennsli beint í ána, að auki hóf hitavita Reykjavíkur boranir sínar í Reykjadal árið 1933 og í kjölfarið var dælustöð komið upp við Varmá þar sem heitu vatni hefur síðan verið veitt í ána öðru hverju og valdið töluverðri hitamengun. Það var ljóst að aukin byggð hafði aukna mengun í för með sér. Gísli M. Gíslason (1980) ályktar í rannsóknarniðurstöðu sinni að varmárnar eru í þeim flokki sem mesta áherslu ætti að leggja á að vernda. Bæði Varmá í Mosfellsbæ og Varmá í Ölfusi renna í gegnum þéttbýli og hafa því miklar breytingar og mengun átt sér stað í þeim á seinustu áratugum með aukinni byggð og iðnaði.

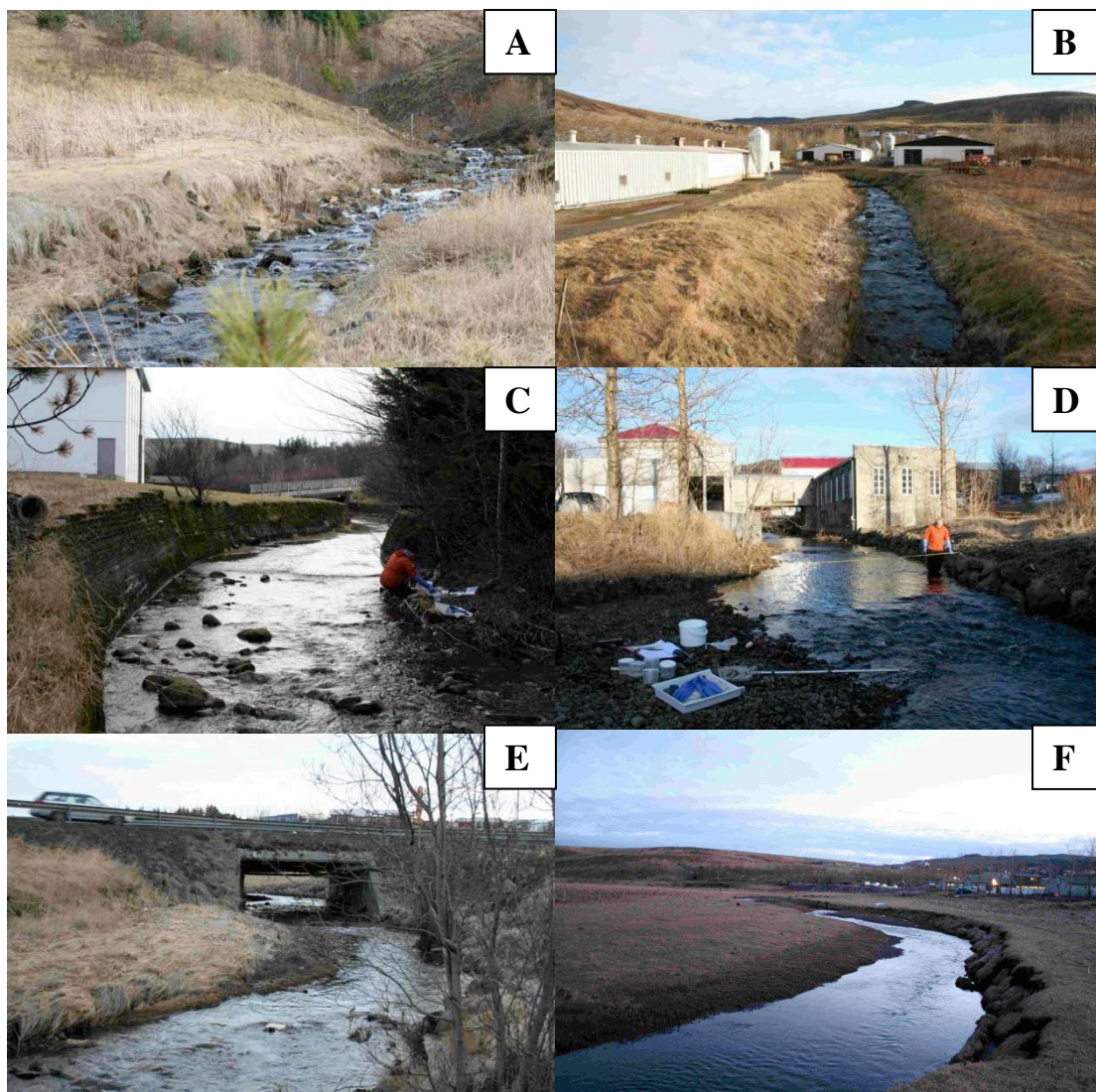
Þó að Varmá í Mosfellsbæ hafi tapað sérstöðu sinni, þá vex í árósum hennar mjög sérstætt plöntusamfélag og því svæði gæti stafað hættu af mengun þegar flóð koma í árnar. Leggja verður því sérstaka áherslu á að áin mengist ekki frekar. Þó ekki verði hægt að breyta þeim í sitt upprunalega form, þá er hægt að viðhalda lífríkinu og koma í veg fyrir að aðalhlutverkið verði opið skólþræsi (Gísli Már Gíslason, 1980).

Árið 1999 var sett fram reglugerð, nr. 796 um varnir gegn mengun vatns. Þar er lagt til að setja skuli langtíma markmið fyrir vötn í því skyni að varðveita náttúrulegt ástand þeirra. Í framhaldi af þessu tók heilbrigðiseftirlitið við og gerði mat á Varmá í Mosfellsbæ 2001-2004. Þar var lagt mat á náttúrulegt og raunverulegt ástand Varmár og áin flokkuð í mengunarflokka í samræmi við reglugerðina. Fyrirkomulag um vöktun ána var komið á og lögð voru langtímamarkmið. Mikil mengun var í ánni og voru því niðurstöður heilbrigðiseftirlitsins að þær aðgerir sem myndu skila skjótum árangri felast í stöðvun á skólþlosun í ánum, hvort sem er frá bæjarveitunni eða einstökum húsum og fyrirtækjum en ákveðið var að hætta að veita skólþi úr skólþveitu Mosfellsbæjar í Varmá 2004. Málmamengun var þó ekki mikil en þrátt fyrir aðgerðir þá myndi álagið á ána hinsvegar halda áfram að aukast með auknum umsvifum og auknu hlutfalli þétttra flata eins og yfirborði gatna, t.d. malbiksslit, málmar og olíuefni. Því var lagt fram að draga þyrfti makvisst úr magni ofanvatns á þeim svæðum sem byggð kæmi. Endurmat var gert 2004 og 2009. (heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæði, 2003). Samkvæmt munnlegum upplýsingum frá Sigurði Guðmundsyni sem hefur yfirumsjón með dælustöðvum Reykjavíkur og nágrennis staðfesti að ekki

hefur heitt vatn lekið út frá dælustöð Mosfellsbæjar sem liggur við Varmá síðustu ár (Orkuveita Reykjavíkur).

Í dag árið 2010 er heildar fjöldi íbúa í Mosfellsbæ um 8.500 en var tæplega 3000 árið 1980 samkvæmt Hagstofu Íslands. Byggð við á getur valdið röskun á lífsamfélagi hennar, en þó nokkurn tíma getur tekið lífverur að setjast aftur að á þeim stöðum sem þær hafa þurft að hörfa frá vegna mengunar. Með rannsókn á lífverusamfélagi í og við á, er hægt að rannsaka áhrif mengunar þó að mengunarefni séu löngu runnin til sjávar eins og kemur fram í áður nefndri rannsókn “áhrif mengun á dýralíf í varmám” eftir Gísli M. Gíslason (1980).

## AÐFERÐIR



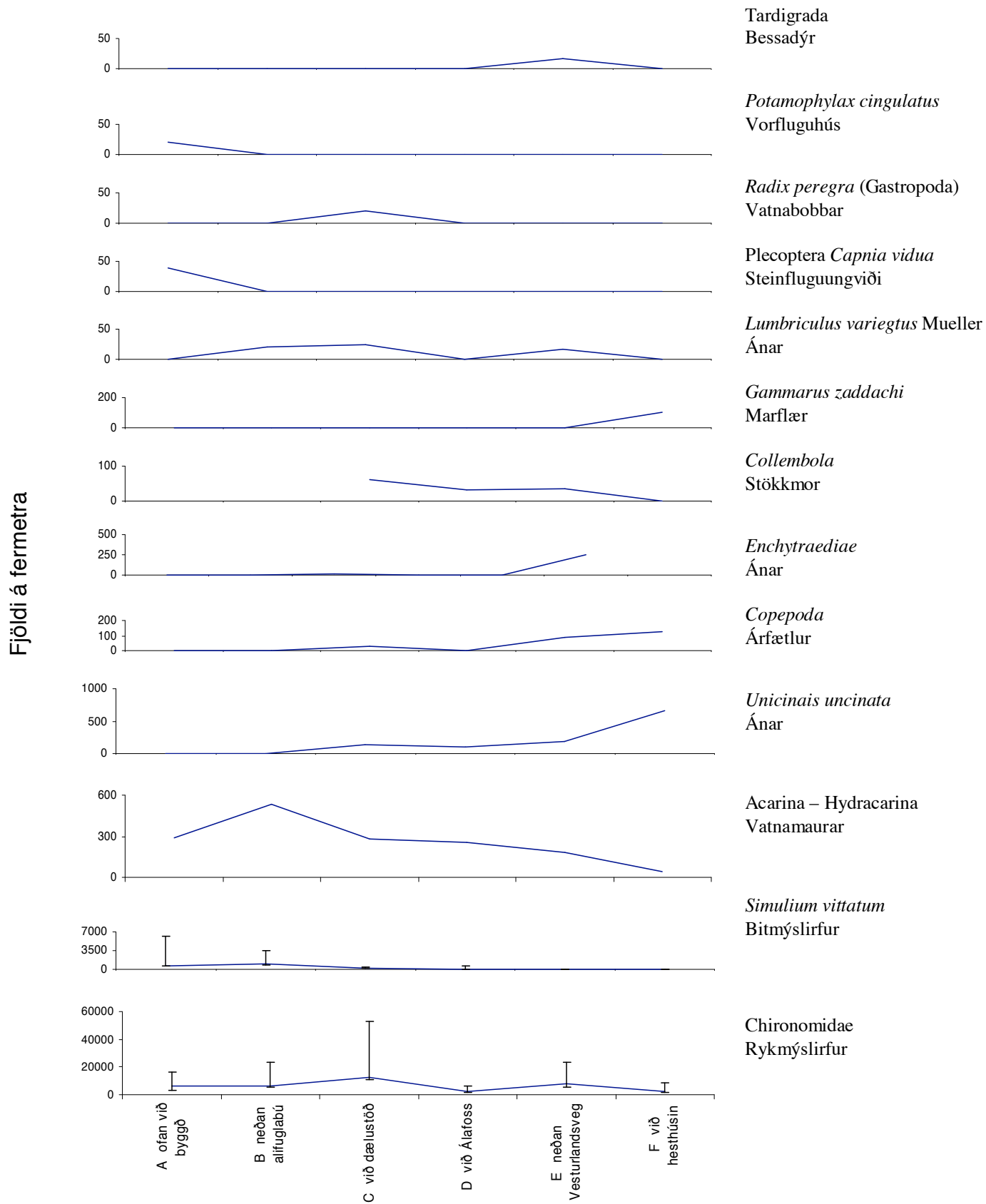
2. mynd. Myndir A-F sýna þær stöðvar þar sem sýnataka og mælingar fóru fram í Varmá Mosfellsbæ (ljósmyndað, 16. febrúar 2010). Ljósma: Sif Ólafsdóttir.

Sýnataka fór fram 16. 02. 2010 í Varmá í Mosfellsbæ (6 stöðvar). Stöð A ofan byggðar (hnit; 64°9,196'N, 21°39,121'W), stöð B n eðan alifuglabús (hnit; 64°9,312'N, 21°39,507'W), stöð C við dælustöð (hnit; 64°9,650'N, 21°40,100'W), stöð D við Álafoss (hnit; 64°9,988'N, 21°40,748'W), stöð E neðan Vesturlandsvegur (hnit 64°10,088'N, 21°41,080'W), stöð F við hesthúsin ( hnit; 64°10,583'N, 21°41,665'W). Enn var frost í jörðu og lofthiti við frostmark, léttskýjað og sól. Á hverri stöð voru eftirfarandi mælingar gerðar; breidd straumvatns mæld, dýpi og straumhraði mældur á 0,5 m bili þvert yfir farveginn. Tekin voru steinasýni, þar sem 5 steinar á hverri stöð voru valdir af handahófi. Ofanvarp steinanna var mælt til að finna flatarmál þeirra. Við sýnatöku var háfi haldið fyrir neðan þann stein sem valinn hafði verið, þannig að það sem datt af steininum féll í háfinn. Hverjum steini var komið fyrir í 10L fötu ásamt innihaldi háfsins, þar var steinninn skrúbbaður til að ná lífverunum af. Straumhraði og dýpi var mælt við hvern stein. Hitastig var mælt á hverri stöð, leiðni og sýrustig var mælt á hverri stöð með sondu. Sýnið úr fötunni var sigtað í gegnum 250  $\mu$ m sigti og sett í sýnakrukku ásamt merkimiða og 70% etanól bætt á sýnið. Almenn lýsing var svo skráð af hverjum sýnatökustað og nánasta umhverfi. Einstaklingar hvernar tegundar voru taldir undir víðsjá og dýrin greind til tegunda með aðstoð greiningarlykla og handbóka. Til viðbótar var gróður frá steinasýnum þurrkaður og vigtaður. Ekki var mögulegt að gera efnagreiningu, en niðurstöður eru fengnar úr skýrslum heilbrigðiseftirlits Kjósarsvæðis (sjá aðferðir við efnagreiningu í skýrslum frá 2003, 2007 og óútgefnar niðurstöður frá 2009, áætlað að komi út 2010). Eðlis- og efnagreiningar fara fram við árósa Varmár. Við úrvinnslu á fjölda dýrategunda í Varmá voru skekkjumörk reiknuð með 95% öryggismörkum, þar sem logaritmi +1 var tekinn af gögnunum og umbreytt til að fá normaldreifð gögn og meðaltal antilogaritmi – 1 af meðaltalinu (Elliott, J.M. 1979). CCA hnitun (*Canonical Correspondence Analyses*) í R-forriti var beytt á gögnin, þar sem hnitun var gerð með völdum umhverfispáttum til að prófa tilgátur um hvaða umhverfisbreytur gæti verið ráðandi í tegundasamsetningu á hverri stöð og milli stöðva niður með ánni. Líffræðilegur fjölbreytileiki var metinn á hverri stöð með Shannon stuðli;  $H' = -\sum p_i \ln p_i$  þar sem  $p_i$  = hlutfall hvernar tegundar reiknað út frá  $n_i/N$ ,  $n_i$  = fjöldi einstaklinga innan tegundar og  $N$  = heildarfjöldi (Anna E. Magurran 2007).

## NIÐURSTÖÐUR

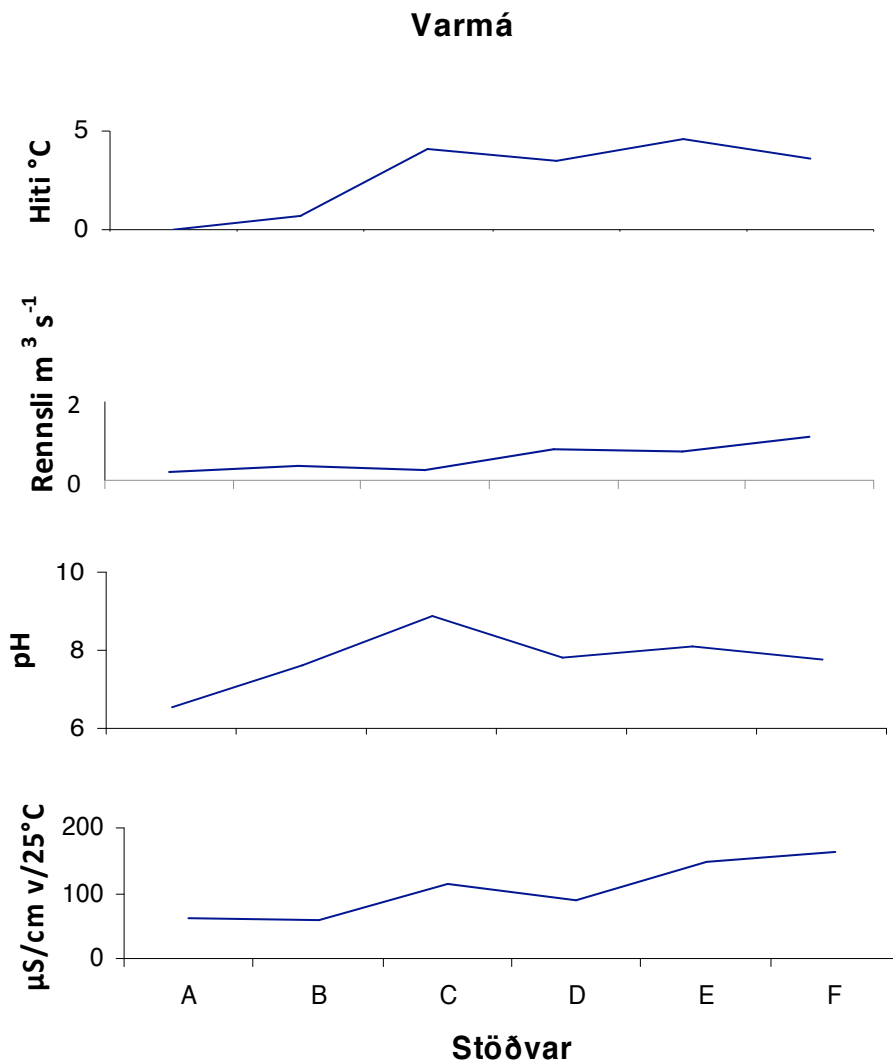
Við hverja stöð voru rykmýslirfur (*Chironomidae*) í lang mestu magni, en þær voru um 87,4% af öllum dýrum úr sýnunum, næst mest var af bitmýslirfum (*Simulium vittatum*) eða 4,2%, svo vatnamaurum (*Acarina – Hydracarina*) um 3,7% og af ánategundinni *Unicinais uncinata* 2,6%. Aðrar tegundir voru undir 1%. Mestur þéttleiki var við stöð C (við dælustöðina) eða um 12.869 dýr á fermetra og minnstur á stöð D við Álafoss eða um 2.860 dýr á fermetra. Við stöð E (neðan Vesturlandsveg) var 8.408 dýr á fermetra, við stöð B (neðan alifuglabú) var um 8.038 dýr á fermetra, við stöð A (ofan byggð) var 6.878 dýr á fermetra og við stöð F (við hesthúsin) var um 3.258 dýr á fermetra.

## Varmá



**3. mynd.** Dreifing fjölda dýra á fermetra niður eftir Varmá 16.ferbúar 2010. Öryggismörk eru sett fyrir rykmýslirfur (*Chironomidae*) og bitmýslirfur (*simulium vittatum*). Með skýrslunni fylgir viðauki, þar sem öryggismörk fyrir allar tegundirnar koma fram.

Rykmýslirfur (*Chironomidae*) fundust í svipuðu magni í allri ánni (3. mynd), en breytileiki var mikill í þéttleika og því ekki hægt að greina mun á milli stöðva.. Bitmýslirfur (*Simulium vittatum*) fjölga neðan alifuglabús en fækka verulega við dælustöð og hverfur við vesturlandsveg og árósa. Mest var af vatnamaurum (*Hydracarina*) fyrir neðan alifuglabú en fækka síðan þegar neðar dregur eftir ánni. Áni (*Unicinais uncinata*) fannst ekki fyrr en við dælustöð og náði hápunkti við árósa neðan hesthúsanna. Aðrir ánar sem fundust í ánni voru *Enchytraediae* hann var að finna við dælustöð en lang mest var af honum við hesthúsin og *Lumbriculus variegatus* fannst fyrir neðan alifuglabú, dælustöð og vesturlandsveg. Efst í ánni ofan byggðar var að finna vorfluguhús (Trichoptera: *Potamophylax cingulatus*) og steinflugulirfur (Plecoptera: *Capnia vidua*), vatnabobbar (*Radix peregra* *Gastropoda*) fundust aðeins við dælustöðina, ein tegund marflóa (*Gammarus zaddachi*) við árósa og bessadýr (Tardigrada) neðan við Vesturlandsveg. Árfætlur (*Copepoda*) fundust við dælustöð, Vesturlandsveg og mest við árósa. Einnig var eitthvað um stökkmor neðan við dælustöð, Álafoss og vesturlandsveg.

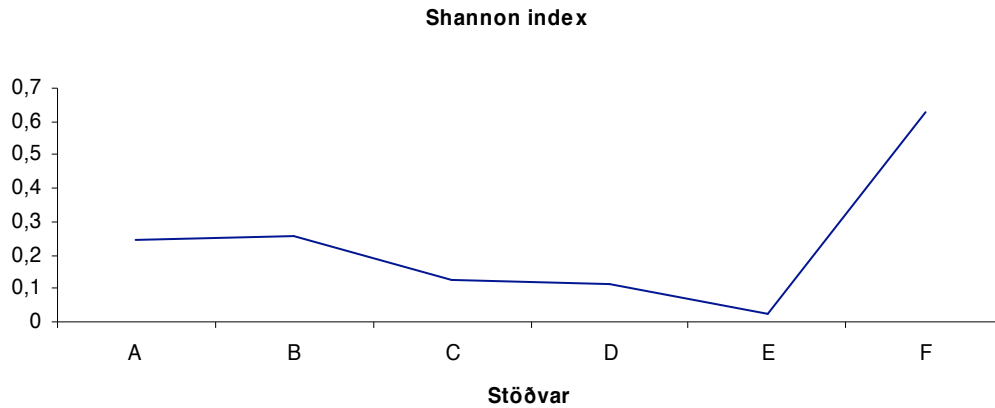


**4 mynd.** Efna og eðlisfræði breytingar sem eiga sér stað niður eftir Varmá þann 16.02.2010.

Eðlis- og efnafræðilegir þættir breyttust niður eftir ánni (mynd 4). Hiti var talsvert jafn yfir ánni, en lægsti hiti mældist á efstu stöðvum rétt ofan byggðar eða um 0°C. Hitinn hækkði við dælustöðina í 4,1°C og aftur við Vesturlandsveg í 4,5°C, en þar rann 16,3°C heitt vatn (afrennsli af gervigrasvellinum (Þorsteinn Narfason 2010, munnlegar upplýsingar)), sýni voru tekin fyrir ofan afrennslið. Rennslið var einnig frekar jafnt en á 3 mynd má sjá að aukning var á rennsli eða úr 0,2m<sup>3</sup>/s ofan byggðar í 1,1 m<sup>3</sup>/s við árósa, bæði varð aukning rennslis við Álafoss og við árósa en þar kemur afrennsli frá hesthúsunum í ána. Sýrustig og leiðni jukust með hita, mesta hækkun sýrustigs var við dælustöð 8,86 pH en lægst við árósa 6,52 pH. Leiðnin var 63 µS/cm v/25°C fyrir ofan byggð og lækkaði í 58 µS/cm v/25°C við alifuglabúið þar sem hún er lægst, jókst í 113 µS/cm v/25°C við dælu stöð og lækkaði í 88 µS/cm v/25°C við Álafoss, jókst svo aftur við Vesturlandsveg í 147 µS/cm v/25°C og náði hámarki við hesthúsið þar sem leiðnin var 164 µS/cm v/25°C.



Pegar gögn voru skoðuð með Canoca Corespondance Analysis (CCA) í R-forriti var lítill sem engin fylgni á milli umhverfisbreyta (leiðni, pH, rennsli, hita, dýpt, breidd og gróðri) og tegundadreifingu.



5 mynd. Shannon stuðull ( $H'$ ) var reiknaður fyrir hverja stöð fyrir sig og lýsir fjölbreytileika tegunda niður eftir ánni. Því hærra sem  $H'$  stuðullinn er, því meiri er fjölbreytileikinn.

Við mat á fjölbreytileika með Shannon stuðlinum má sjá að líffræðilegur fjölbreytileiki var mestur neðst í ánni eða um 0,63, hann lækkaði við dælustöðina úr 0,26 í 0,13, en lækkaði svo verulega við vesturlandsveg í 0,03 (5 mynd).

**Tafla 1.** Niðurstöður eðlis- og efnamælinga í febrúar 2001, 2004 og 2009 frá heilbrigðiseftirliti (sjá skýrslur frá heilbrigðiseftirliti Kjósarsvæðis 2003, 2005 og væntanlegt 2010).

Staðsetning	Varmá			náttúrulegt ástand	Athugasemdir
	2009	2004	2001		
Ár	2009	2004	2001		
Mánuður	2	2	2		
Dagur	23	17	5		
Hiti °C	2,4	-	0,6		
pH	7,94	-	8,26		
Leiðni $\mu\text{S}/\text{cm}$ $v/25^\circ\text{C}$	293	-	154		
Heildar_P $\mu\text{g}/\text{l}$	19	23,6	127	<20	Uppfyllt
PO4_P $\mu\text{g}/\text{l}$	11	5,6	56,5	<10	nánast
Heildar-N_TNb $\mu\text{g}/\text{l}$	252	270	995	<300	Uppfyllt
NH4_N $\mu\text{g}/\text{l}$	30	63,3	275	<10	
TOC mg/l (heildar lífrænt kolefni)	1,7	2,43	4,13	<3	Uppfyllt
Cu $\mu\text{g}/\text{l}$	1,6	-	2,29	<=3	Uppfyllt
Zn $\mu\text{g}/\text{l}$	5,4	-	4,38	<=20	Uppfyllt
Cd $\mu\text{g}/\text{l}$	0,005	-	0,014	<=0,1	Uppfyllt
Pb $\mu\text{g}/\text{l}$	0,15	-	0,273	<=0,2	Uppfyllt
Cr $\mu\text{g}/\text{l}$	0,66	-	1,71	<=5	Uppfyllt
Ni $\mu\text{g}/\text{l}$	0,6	-	1,13	<=0,7	Uppfyllt

As $\mu\text{g/l}$	0,51	-	0,181	$\leq 0,4$	nánast
<b>saurkólí 100ml</b>		810	16000	$< 14$	

Breyting varð milli ára í eðlis- og efnagreiningu heilbrigðiseftirlitsins (tafla 1). Gildi lækkuðu milli ára og nálgast náttúrulegt ástand. Þetta gefur innsýn í hvernig tekist hefur til við að hreinsa ána. Hægt er að sjá ársskýrslur til frekari athugunar í upprunalegu skýrslunum (sjá Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis 2003 og 2007).

## ÁLYKTANIR

Eðlis- og efnaeiginleikar straumvatna geta sagt okkur hvernig lífverusamfélög þrífast á hverjum stað fyrir sig (Jón S. Ólafsson ofl. 2006) og nánari athugun á lífverusamfélögum getur sýnt okkur áhrif mengunar og aðlögun við uppbyggingu mengaðra



5 mynd. Varmá við vesturlandsveg, horft í átt að Esju. Ljóm: Sif Ólafsdóttir.

vatna. Samkvæmt niðurstöðum eru áhrif mengunar ennþá til staðar þó hreinsun hennar er langt á veg komin. Aðal mengunarvaldar í Varmá voru hita-, efna og skólpmengun (Gísli Már Gíslason 1980). Ullarþvottur við Álafoss verksmiðjuna hætti 1986, verksmiðjan varð gjaldþrota 1991 og Ístex tók við af ullarverksmiðjunni. Efnamengun frá Ístex hætti alveg þegar tenging við skólþveituna varð árið 2003 og nú rennur aðeins kælivatn í ána sem ætti ekki að hafa nein áhrif (Guðjón Kristinsson 2010 framkvæmdarstjóri Ístex, munnlegar upplýsingar). Samkvæmt niðurstöðum var lítið af vatnadýrum og fjölbreytileika tegunda við Álafoss, en árið 1977 og 1979 hurfu næstum öll dýr af svæðinu völdum efnamengunar samkvæmt samanburðaskýrslu.

Hitamengun hefur einnig verið stöðvuð þar sem síðustu ár hefur verið lagt aukin áhersla á að hitaveituvatn sleppi ekki í ána frá dælustöðinni (Sigurður Guðmundsson 2010, munnlegar upplýsingar). En áhrif hitamengunar var töluverð þar sem dýr hurfu áður fyrr (Gísli Már Gíslason 1980), þar sem um 80°C heitt vatn rann

af og til frá dælustöðinni og hækkaði hita árinna í allt að 30°C. Árið 1960 útskýrði Hynes áhrif hitamengunar á ferskvatnsdýrum þannig að hvert dýr hefur sinn kjörhita og þolir því mismikinn hita. Tuxen (1944) sýndi fram á að mjög fá vatnadýr þola slíkan hita og ekkert vatnadýr þolir 42°C heitt vatn. Áhrifin eru háð hversu mikinn hita áin hækkar. Flestar rykmýslirfur og mesti þéttleiki var við dælustöðina, hitinn mældist þar 4,2°C. Er það líklegast vegna þess að ef aukning hitastigs er lítil verður einungis almenn hröðun lífferla í vatninu. En ef það er stigvaxandi hiti, jafnvel um 5-10°C, þá geta orðið skýrar líffræðilegar afleiðingar.

CCA tölfræðipróf á umhverfisbreytum og dýrasamfélögum á hverri stöð gaf ekki marktæka fylgni þar á milli og sýndu fram á að lítil sem engin fylgni var með umhverfisbreytunum sem stjórna uppbyggingu samfélaga og dreifingu tegunda niður eftir ánni. Því er breytileikinn háður einhverju öðrum en mældum umhverfisþáttum. Eitthvað virðist vera að koma í ána við dælustöð, Vesturlandsveg og við hestúsin (4 mynd). Leiðnin hækkaði á þeim svæðum, auk þess hækkar sýrustigið talsvert við dælustöðina og hitinn bæði við dælustöð og Vesturlandsveg. Við dælustöð og Vesturlandsveg er mikill þéttleiki á móti litlum fjölbreytileika, sem nánast hverfur við Vesturlandsveg, aftur á móti er mjög lítil þéttleiki við hestúsin en langmesti fjölbreytileikinn.

Skólpmengun í Varmá var veruleg og má það m.a sjá á efnagreiningu heilbrigðiseftirlitsins og hvernig tekist hefur til við að stöðva losun skólps í ána (Tafla 1). Samkvæmt fyrri rannsókninni (Gísli Már Gíslason 1980) var áhrif skólpmenungar veruleg og þar kemur fram að án íhlutunar væri veruleg hætta á að áin breyttist í opið skólpræsi. Langtímaáætlun var gerð árið 2003 um hreinsun Varmár og árið 2004 var hætt að veita skólpi úr skólpveitu Mosfellsbæjar í ána samkvæmt reglugerð um varnir gegn mengun vatns frá árinu 1999. Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis hefur í samvinnu við Mosfellsbæ unnið að hreinsuninni, með áherslu á að stöðva skólplosun í ána frá byggð. Markmið er að koma Varmá í náttúrulegt ástand, þó ætlunin sé ekki að koma henni í upprunalegt horf eins og hún var fyrir 1930. Skólplosun hefur aukið álag á vistkerfið og getur minnkað súrefnisstyrk árinna. Skólpmengun hefur þar með einnig áhrif á fínu í ám, þar sem dýr virðast fjölga á þeim svæðum sem skólp er losað eða rétt neðan þeirra. Mengun sem fylgir lífrænum leifum er spurning um jafnvægi milli óhagstæðs umhverfis sem kemur fram í lágum súrefnisstyrk og hagstæðs umhverfis með aukinni fæðu (Hynes 1960). Tegundum sem lifa á lífrænum leifum fjölga gífurlega þar sem skólp rennur í ána, eins og rykmýslirfum og ánum

sem fjölgaði mikið í skólpinu frá fyrri rannsókn (Gísli Már Gíslason 1980). Hynes nefnir einnig að fjöldi dýra getur aukist á fermetra rétt neðan við skólplosun en hinsvegar á kostnað fjölbreytileikans. Ennþá eru um 21 rotþró sem ennþá hefur ekki verið tengt skólpræsakerfinu og fæstar hafa situlögn sem eyðir bakteríum (Þorsteinn Narfason 2010, munnlegar upplýsingar).

Straumvötn eru opin vistkerfi þar sem lífríki neðar í ánni ákvarðast af því sem gerist ofar (Vannote ofl. 1980). Varmáin er lindá sem kemur úr stöðuvatni eins og ég kom að áðan, en ár sem koma úr stöðuvötnum og af grónu landi fá þar með næringu sína úr lífrænu reki frá stöðuvatninu, sem mótar þar samfélög hryggleysinga sem nærast á því. Bitmý sía agnir úr vatninu, en þegar neðar dregur í ánum fer að ganga á agnirnar og hlutur rykmýslirfa eykst (Hákon Aðalsteinsson og Gísli Már Gíslason 1998). Lirfur bitmýs lifa aðeins í rennandi vatni og eru einkum að finna við straummiklar lindár, einkum þeim sem koma úr stöðuvötnum (Helgi Hallgrímsson 1990), en neikvætt fylgni var milli breidd árinna og fjölda bitmýslirfa. Auk þess er hiti og stöðugleiki talin vera einn af aðal þáttum þéttleika og fjölbreytileika tegunda (Gísli Már Gíslason og Jón S. Ólafsson 2000). Rykmýslirfur höfðu lang mestu dreifingu og mesta þéttleikann bæði 1977, 1979 og 2010. Það kom þó ekki á óvart þar sem rykmý er eitt algengasta vatnaskordýr í íslenskum vötnum, bæði straumvötnum og stöðuvötnum (Þóra Hrafnadóttir 2005). Rykmýslirfur lifa aðallega á þörungum eða rotnandi leifum. Þörungavöxtur í vistkerfum straumvatna er háður breytilegum þáttum m.a. sólarljósi, næringu, hitastigi og rennsli vatns (Stevenson R.J. 1996). Aðrar rykmýslirfutegundir lifa í botnleðju vatna þar sem lítið er af súrefni og aðrar halda sig í vatnagróðri eða á steinum. Rykmýslirfur koma einnig fyrir í ýmisskonar vötnum eins og vötnum sem eru mengaðar af lífrænum efnum (Hynes, 1960). Það sem einkennir Ísland og hánorræn svæði er að lítið berst í þær af grófgerðum lífrænum leifum, sem leiðir til þess að lítið er af botndýrum eins og vorflugum sem brjóta niður stórar lífrænar agnir. Meira er af þörungaætum eins og rykmýslirfum þar sem þörungar vaxa vel á grýttum botni í ám (Petersen ofl. 1995). Það kom samt á óvart að lítill fjöldi var af steinflugum og vorflugum efst í ánni þar sem áin er lítið snortin, en vorflugur og steinflugur voru efst í ánni 1977-9 (Gísli Már Gíslason 1980).

Einn mengunarvalda er ofanvatn frá byggð, þar sem hlutfall fastra flata eykst með byggðinni. Frá tímum fyrri rannsókna (Gísli Már Gíslason 1980) hafa heilu hverfin risið við Varmána, en skipulags- og byggingarskilmálar fyrir ný hverfi þurfa sérstaklega að leitast við að koma í veg fyrir auknar rennslissveiflur í ánni vegna

ofanvatns svo sem í rigningu eða hláku (Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis 2007). Ferskvatnsdýr þola illa sölt og lágt sýrustig (Hynes, 1960) og hverfa ef ekkert yrði gert til að koma í veg fyrir mengun frá ofanvatni úr byggð. En allt ofanvatn af ofnum og þökum frá byggð nema af helgafellslandinu, renna í Varmá (Þorsteinn Narfason 2010, munnlegar upplýsingar).

Flestar sömu tegunda botndýra fundust í Varmá í þessari rannsókn og í þeirri fyrri fyrir 33 árum. Ofan byggða voru tegundir sem sækja í hreint ómengað vatn (vorflugur og steinflugur), en þó var ekki um sömu vorflugnategund að ræða. Áberandi er að rykmý (Chironomidae) og ánar (Oligochaeta) ná ekki sama fjölda ofan Álafoss og í fyrri rannsókn, sem sýnir að lífræn mengun hefur minnkað verulega á seinustu þremur áratugum. Auk þess er ekki nærri líflaust neðan Álafoss lengur og virðist lífríkið vera að ná sér á strik eftir að hætt var að sleppa efnum í ána frá ullarverksmiðjunni sem olli því að dýr þurftu að hörfa vegna mikillar mengunar. Þá mætti jafnvel sjá ál og urriða ganga aftur upp í ána, þó eitthvað sjáist af hornsíli. Engu að síður gætir enn mengunar, því að fjölbreytileiki lækkar niður eftir ánni og er lægstur við Vesturlandsveg (5.mynd) eins og í fyrri rannsókn.

Þrátt fyrir að Varmá er ekki lengur heit eða ákjósanleg til að stunda böð, líkt og við sundlaugastíflu Álafoss hér áður fyrr, er hægt að njóta náttúru hennar, lífríkis og fallegs umhverfis með því að fá sér göngutúr meðfram grónum bökkum þar sem vinsælar gönguleiðir er að finna.

## **ÞAKKIR**

Gísli Már Gíslason prófessor í vatnafræði og höfundur samanburðarskýrslunnar er leiðbeinandi minn í þessari rannsókn og vil ég þakka honum fyrir alla hjálpina og samstarfið, einnig Þorsteini Narfasyni hjá Heilbrigðiseftirliti Kjósarsvæðis fyrir aðstoð og upplýsingar úr efnagreiningu Varmár. Guðmundi Víði Helgasyni og Jörundi Svavarssyni fyrir aðstoð við frekari greiningu á marflóm og ánum. Hlyni Bárðarsyni og Arnari Pálssyni fyrir aðstoð við tölfræðigögn.

## HEIMILDIR

Agnar Ingólfsson. 1978. Greiningarlykill yfir stórkrauba (*Malacostraca*) í fjörum. Líffræðistofnun Háskólans. Fjölrit nr.11. Reykjavík.

Anne E. Magurran 2007. Measuring Biological Diversity. Blackwell publishing. 1-248.

Arnpór Garðarsson 1979. Vistfræðileg flokkun íslenskra vatna. Týli 9. 1-10.

Árni Snorrason 1990. Hydrological variability and general circulation of the atmosphere. XVI Nord. Hydrol. Kon. NHK-90. Orkustofnun OS-90027/VOD-02.

Gísli Már Gíslason 2009. Íslensk vötn og vatnatilskipun ESB. Fyrirlestur. Slóð: [http://www.ust.is/media/fraedsluefni/pdf-skjol//1040-Islenk\\_votn\\_og\\_vatnatilskipun\\_ESB-Gisli\\_M\\_Gislason.pdf](http://www.ust.is/media/fraedsluefni/pdf-skjol//1040-Islenk_votn_og_vatnatilskipun_ESB-Gisli_M_Gislason.pdf). Sótt. 05. apríl 2010.

Gísli Már Gíslason, Hákon Aðalsteinsson og Jón S. Ólafsson 2000. Life in Glacial and Alpine Rivers in Central Iceland in Relation to Physical and Chemical Parameters. Nordic Hydrology, 31(4/5), 411-422.

Gísli Már Gíslason. 1980. Áhrif mengunar á dýralíf í varmám. Náttúrufræðingurinn 50. 35-45.

Gísli Már Gíslason, Hákon Aðalsteinsson og Jón S. Ólafsson 1998. Animal Communities in Icelandic Rivers in Relation to Catchment Characteristics and Water Chemistry. Nordic Hydrology, 29 (2), 129-148.

Elliott, J.M. 1979. Statistical Analysis. Freshwater biological association scientific publication nr.25. 1-160.

Hákon Aðalsteinsson og Gísli Már Gíslason 1998. Áhrif landrænna þátta á líf í straumvötnum. Náttúrufræðingurinn 68. 97-112.

Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæði 2003. Flokkun vatna á Kjósarsvæði Varmá. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði.

Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæði 2007. Flokkun vatna á Kjósarsvæði Varmá Endurflokkun. Háskólasetrið í Hveragerði.

Helgi Hallgrímsson 1990. Veröld í vatninu. Námsgagnastofnun, Reykjavík. 1-231.

Hynes, H.B.N. 1960. The biology of polluted waters. Liverpool university press 1974. 1-202.

Jón S. Ólafsson, Hákon Aðalsteinsson og Gísli Már Gíslason. 2006. Vistfræði vatnsfalla á Íslandi, flokkun með tilliti til Rykmýs. Orkuþing. Reykjavík. 218-223

Maitland P.S. & Morgan. N.C. 1997. Conservation Management of Freshwater Habitats. Chapman & Hall, London. 1-233.

Petersen R.C, JR., Gísli Már Gíslason og Lena B.-M.Vought. 1995. Rivers of the Nordic countries. (ritstj. C.E. Cushing, K.W. Cummins og G.W. Minshall). *Ecosystem of the world* 22. Elsevier.Amsterdam. 295-341.

Stevenson, R. J. 1996. An introduction to algal ecology in freshwater benthic habitats. In Stevenson, R. J., Bothwell, M. L. & Lowe, R. L., *Algal Ecology*. Academic Press, San Diego, pp. 3–30.

Tuxen, S.L. 1994. The hot springs, their animal communities and their zoogeographical significance. *Zoo. Icel.* 1(11). 1-206.

Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. og Cushing, C.E., 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137.

Póra Hrafnisdóttir 2005. Diptera 2 (*Chironomidae*). *The Zoology of Iceland* 3 (48b). 1-169.

## Viðauki I. Fjöldi dýra á fermetra við hverja sýnatökustöð ásamt 95% öryggismörkum.

	A	-	+	B	-	+	C	-	+	D	-	+	E	-	+	F	-	+
<i>Tardigrada</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	12	22	0	0	0
<i>Potamophylax cingulatus</i>	20	-1	272	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gastropoda</i>	0	0	0	0	0	0	21	15	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plecoptera Capnia vidua</i>	38	-1	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lumbriculus variegatus</i> Mueller	0	0	0	19	14	25	24	-1	85	0	0	0	17	12	22	0	0	0
<i>Gammarus zaddachi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102	-1	391
<i>Collembola</i>	0	0	0	0	0	0	60	0	357	34	-1	120	34	27	41	0	0	0
<i>Enchytraediae</i>	0	0	0	0	0	0	10	6	14	0	0	0	0	0	0	247	-1	783
<i>Copepoda</i>	0	0	0	0	0	0	28	22	35	0	0	0	91	0	442	125	-1	495
<i>Unicinais uncinata</i>	0	0	0	0	0	0	133	-1	515	110	0	783	190	42	454	657	3	7516
<i>Acarina - Hydracarina</i>	288	-1	796	533	4	6160	281	3	2466	256	103	483	177	2	1291	39	31	47
<i>Simulium vittatum</i>	544	0	5680	970	139	2603	168	63	311	95	0	595	0	0	0	0	0	0
<i>Chironomidae</i>	5987	2798	10392	6515	1298	17052	12144	852	40983	2365	1104	4037	7882	2338	15810	2089	203	6299