



Veiðimálastofnum  
Intitute of Freshwater Fisheries

Klórslýs í Varmá í Ölfusi í  
nóvember 2007  
og áhrif þess á fisk

Magnús Jóhannsson  
Tryggvi Þórðarson,  
Benóný Jónsson

Janúar 2008, VMST/08002



HÁSKÓLASETRID Í HVERAGERÐI

# Klórslýs í Varmá í Ölfusi í nóvember 2007 og áhrif þess á fisk

Janúar 2008, VMST/08002

Rannsóknin var unnin fyrir Hveragerðisbæ

**Veiðimálastofnum Suðurlandsdeild**  
Austurvegur 1, 800 Selfoss, Netf: [sudurlandsdeild@veidimal.is](mailto:sudurlandsdeild@veidimal.is)  
**Háskólasetrið í Hveragerði**  
Reykjum, Ölfusi, netf: [setrid@nedrias.is](mailto:setrid@nedrias.is)

## Efnisyfirlit

	Bls.
Ágrip.....	1
Inngangur.....	3
Klórslýsið.....	3
Efnafræði klórs.....	7
Staðhættir.....	10
Fiskar og veiði.....	12
Rannsóknaraðferðir.....	14
Seiðarannsóknir.....	14
Fiskdauði.....	14
Niðurstöður.....	14
Seiðarannsóknir.....	14
Dauðir fiskar sem fundust.....	17
Umræður.....	19
Heimildir.....	24



# Ágrip

Skýrsla þessi fjallar um klórmengunarslys sem varð í Varmá í Ölfusi 30. nóvember 2007 og rannsóknir á áhrifum þess á fisk í ánni. Mengunarslysið varð með þeim hætti að óblandaður klór rann í ána frá Sundlauginni í Laugarskarði í Hveragerði. Talið er að magnið hafi verið um 1.050 lítrar. Slysið varð með þeim hætti að krani sem er á hlið klórgeymisins alveg niður við botninn losnaði af. Geymirinn stóð í fiskikari utan dyra. Niður við botn fiskikarsins var op fyrir skrúfaðan tappa sem ekki var í þegar óhappið varð. Talið er að klórinn hafi runnið frá geyminum á laugarsvæðið og þaðan til árinna eftir farvegi afrennslis frá sundlauginni. Þar sem lítið er vitað um rennsli árinna þegar slysið varð og hve langan tíma það tók fyrir klórinn að renna í ána er ekki hægt með neinni vissu að segja hver upphafsstyrkur klórsins var í ánni. Miðað við að rennsli árinna hafi verið 2 m<sup>3</sup>/s, sem er tæplega meðalrennsli og að það hafi tekið klórinn á bilinu 16 til 20 mínútur að renna í ána, hefur upphafsstyrkur klórsins í Varmá eftir fulla blöndun verið á bilinu 69-86 mg/l, sem er a.m.k. nokkur þúsund sinnum meiri styrkur en drepur flesta fiska á skömmum tíma. Klórmengunarslysið í Varmá hefur því að öllum líkindum haft mikil áhrif á lífríki árinna. Svo virðist sem seiði og stærri fiskur hafi drepist á a.m.k. 4 til 5 km kafla í ánni. Hve mikið drapst af fiski er hins vegar óþekkt og erfitt að áætla, ekki síst vegna þess að meira en 3 dagar liðu frá því að óhappið varð þar til vart varð við dauða fiska. Höfundum er kunnugt um að 35 fiskar hafi fundist dauðir. Reikna má með að fiskdauði hafi verið umtalsvert meiri. Urriðar voru 88 % af dauðum fiskum sem fundust. Þegar mengunin átti sér stað voru urriðar af öllum þroskastigum í ánni allt frá hrognastigi upp í fisk í hrygningu. Þetta olli því að urriðar af öllum stærðum og aldri urðu fyrir menguninni. Aldursgreining sýndi að urriðar af a.m.k. tíu árgöngum hafa drepist í mengunarslysinu. Seiðarannsóknir á samtals 840 m<sup>2</sup> á um tveggja km kafla strax neðan við mengunarstað gáfu einungis tvö urriðaseiði en níu ála. Alla þessa fiska var að finna þar sem gætti innstreymis af jarðhitavatni sem getur hafa haldið lífi í fiskunum. veiðar á móts við bæinn Velli, sem er um 1,5 km neðan innrennsli mengunarinnar, gaf ekkert seiði. Árið 1999 var þéttleiki urriðaseiða þar 41 seiði/100 m<sup>2</sup>. Telja verður líklegt að seiði á þessum kafla árinna hafi mikið til drepist við klórlekann.

Rafveiði á grófgrýttu svæði við steinbrú á mótis við bæinn Þúfu, sem er um 3,9 km neðan mengunarstaðar, gaf urriðaseiði en í mjög lágum þéttleika, eða 7,0 seiði/100 m<sup>2</sup> og um 500 m neðar fannst vottur af urriðaseiðum. Á þessu svæði virðist því eitthvað hafa lifað mengunina af, trúlega vegna þynningaráhrifa og niðurbrots á klórnum. Í lok skýrslunnar eru settar fram tillögur um rannsóknir til að meta frekar áhrif klórmengunarinnar og hver staða fiskstofna árinna er. Þar er lagt til að komið verði upp fiskteljara í ánni, frekari rannsóknir gerðar á seiðabúskap og gert mat á búsvæðum árinna. Á meðan frekari upplýsingar um fiskmagn í ánni liggja ekki fyrir er lagt til að veiði verði ekki stunduð í ánni á komandi vori. Ráðleggingar varðandi haustveiði 2008 þurfa að byggja á frekari upplýsingum um fiskmagn og er þá sérstaklega horft til fiskteljara í því samhengi. Niðurstöður rannsóknar á áhrifum mengunarinnar á smádýralíf verður birt í sérstakri skýrslu.

# Inngangur

Skýrsla þessi fjallar um rannsóknir á áhrifum klórmengunar á lífríki Varmár í Ölfusi sem varð aðfaranótt 30. nóvember 2007 en þá runnu um það bil 1.050 lítrar af óblönduðum klór í ána frá Sundlauginni í Laugarskarði í Hveragerði. Rannsóknin var unnin að beiðni Hveragerðisbæjar. Megintilgangur hennar var að kanna hvaða áhrif mengunin hefði haft á fiska og smádýralíf í ánni. Vettvangsvinna og fyrsta sýnataka fór fram dagana 5. til 11. desember 2007. Niðurstöður rannsókna á áhrifum mengunarinnar á smádýralíf verður birt í sérstakri skýrslu.

Einu fiskrannsóknirnar sem áður höfðu farið fram á fiskstofnum Varmár voru gerðar árið 1999. Megintilgangur þeirra var að kanna útbreiðslu fiska, hvaða tegundir var að finna og lífsskilyrði þeirra á vatnasvæðinu (Magnús Jóhannsson 2000). Gerðar voru athuganir á áhrifum mengunar á dýralíf í ánni árin 1977 og 1979 (Gísli M. Gíslason 1980) en engar rannsóknir hafa verið gerðar síðar á smádýralífi hennar. Efna- og gerlarannsóknir voru gerðar í ánni árin 1972 og 1973 (Halldór Ármannsson ofl. 1973, Sigurjón Rist 1974) og af Hollustuvernd ríkisins árin 1987 (Gunnar Steinn Jónsson 1988), 1989 og 1990 (Gunnar Steinn Jónsson 1990). Nokkrar fleiri mengunarathuganir hafa verið gerðar (sjá Björn Guðbrandur Jónsson 1984). Á árunum 2001 til 2002 voru gerðar rannsóknir á vatnsgæðum árinna. Fylgst var með saurkólí og efnaþáttum á þremur stöðum í Varmá (Tryggvi Þórðarson 2003). Athuganir þessar hafa sýnt að efna- og gerlamengun hefur verið talsverð í Varmá. Með tilkomu skólphreinsistöðvar í Hveragerði árið 2002 hefur mengunarálag árinna minnkað verulega og einnig árið 2004 þegar starfrækslu ullarþvottastöðvar í bænum var hætt og starfsemin flutt á Blönduós.

## Klórslýsið

Aðfaranótt föstudagsins 30. nóvember 2007 rann klór úr fullum klórgeymi sundlaugarinnar í Laugaskarði í Varmá. Klórgeymir sundlaugarinnar hafði verið fylltur daginn áður og er talið að á honum hafi verið um 1.050 lítrar af 15% klór (natríumhýpóklórít). Geymirinn stóð í fiskikari utan dyra um 1-2 m frá húsveggnum neðst í brekkunni ofan við sundlaugarhúsið. Niður við botn fiskikarsins var op fyrir skrúfaðan tappa sem ekki var í þegar óhappið varð. Grafið hefði verið rými fyrir karið

niður á berggrunn sem myndaði þarna um hálf metra stál í átt að húsinu. Ofan á berginu var jarðvegur beggja vegna geymisins og fyrir aftan hann. Mikill vatnsagi var ofan af berginu allt í kringum og undan kerinu sem geymirinn var í. Vatnsrennslið gæti hafa verið um 1 - 2 sekúndulítrar. Þetta vatn átti sér eingöngu undankomuleið undir plankagirðingu sem afmarkaði sundlaugasvæðið og inn á sundlaugabakkann á milli hússins og austasta heita pottsins. Þar fór mest af því ofan í niðurfall en hluti þess rann áfram niður tröppurnar niður að sundlauginni og þar í laugarennuna. Þar sem um gegnumrennslissundlaug er að ræða (laug í C flokki skv. rgl. nr. 457/1998 um hollustuhætti á sund- og baðstöðum) rann vatnið beint út í stuttan farveg frárennslisvatns frá sundlauginni og þaðan í ána.

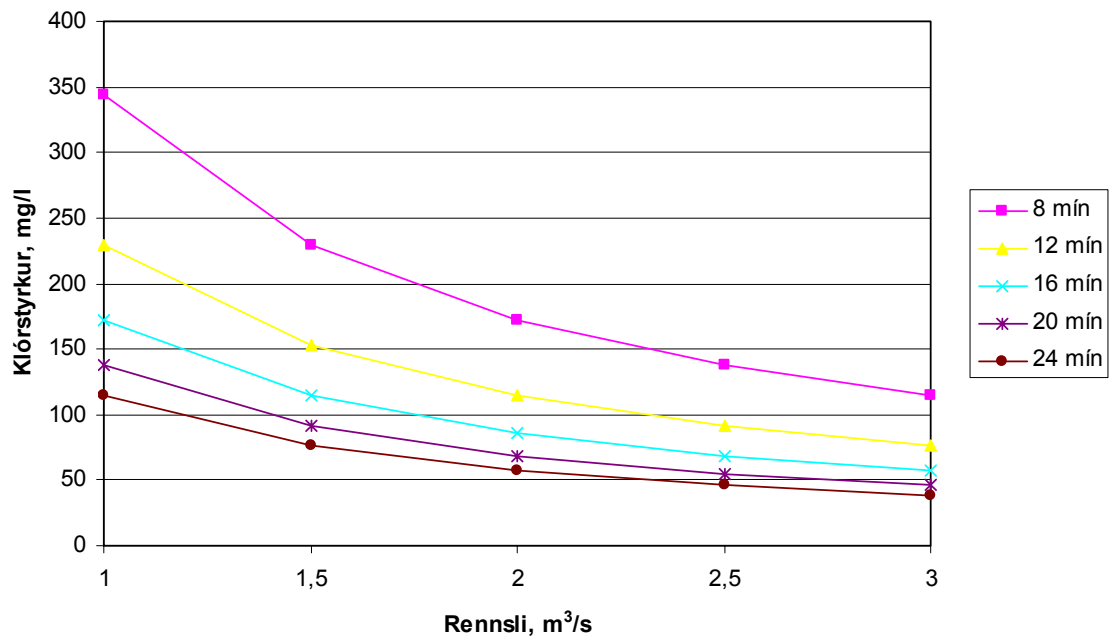
Á vatnasviði Varmár var mjög hvasst nóttina sem slysið varð og hitastig var rétt undir frostmarki í fjallendinu en aðeins yfir frostmarki í byggð. Samkvæmt veðurstöð Landbúnaðarháskólans var lofthiti á Reykjum á sama tíma 1 - 2°C en skv. mæliniðurstöðum á vefsíðu Veðurstofunnar var lofthiti þá -1 – 0 °C á Ölkelduhálsi. Framan af nóttu var vindur á Reykjum 8 – 12 m/s og hviður upp undir 20 m/s en undir morgun hvessti talsvert (um 20 m/s) og náðu hviður þá upp undir 30 m/s. Lítilsháttar úrkoma var að Reykjum frá því seint um kvöldið þann 29. nóvember og fram undir kl. um 4 þessa nótt en á Ölkelduhálsi frá kl. 22. þann 29. til kl 7 um morguninn. (uppl. frá Veðurstofu Íslands). Heildarúrkoma á Ölkelduhálsi á þessum tíma var 3,9 mm. Þann 30. nóvember var Helligheiði lokað fram eftir degi vegna hálfu og hvassviðris.

Ekkert bendir til að veðrið á þessum tíma hafi getað valdið teljandi aukningu í rennsli Varmár.

Slysið varð með þeim hætti að krani sem er á hlið klórgeymisins alveg niður við botninn losnaði af. Múffan sem hélt krananum var mikið tærð og gegnumsprungin. Talið er því líklegt að kraninn hafi losnað í einu vetfangi og hafi allt runnið úr geyminum í einu. Tilraun sem gerð var með samskonar geymi sem fylltur hafði verið af vatni leiddi í ljós að það tók fullan geyminn eingöngu 7 mínútur að tæmast eftir að kraninn var fjarlægður. Gera má ráð fyrir að fiskikarið sem geymirinn var í hafi eitthvað lengt þann tíma sem klórinn var að renna niður en varla mikið því opið á kerinu var heldur víðara en opið sem kraninn var í. Eftir að út úr karinu var komið hefur fyrrnefndur vatnsagi séð um að klórinn hefur borist án mikillar viðdvalar áfram í ána.

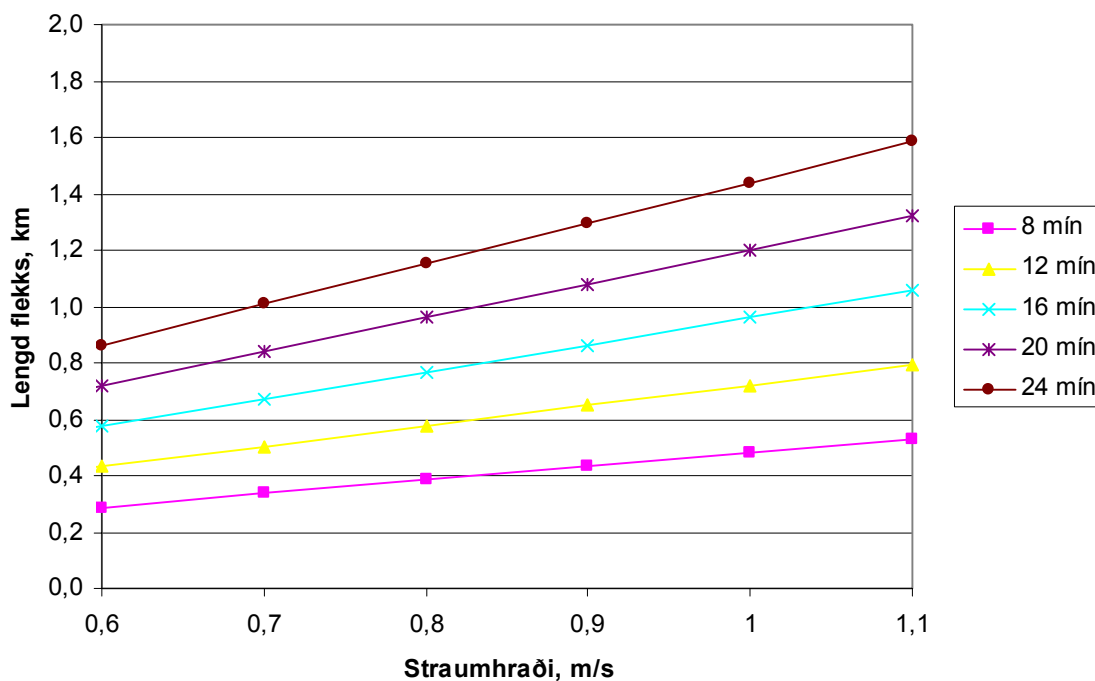
Samkvæmt upplýsingum frá seljanda klórsins eru 157,5 g af klór í hverjum lítra. Í 1.050 l eru því 165.375 g. Auk tímans sem það tók klórinn að renna í ána skiptir rennsli árinna máli þegar áætla á upphafsstyrk klórsins í ánni. Rennslisstöð er hinsvegar ekki á Varmá svo ekki er vitað hvert rennslið var á þeim tíma sem klórinn rann í ána. Um þær mundir sem mengunarslysið varð var kuldatíð og nokkuð stöðugt veðurfar og rennsli því líklega einnig stöðugt. Því má ætla að rennslið hafi ekki verið yfir meðalrennsli árinna sem er 2,2 m<sup>3</sup>/l. Líklegra er talið að rennslið hefi verið eitthvað undir meðalrennsli, hugsanlega á bilinu 1,8 – 2,2 m<sup>3</sup>/s. Vegna þess hve lítið er vitað um rennsli árinna og tímann sem það tók klórinn að renna í ána er ekki hægt að segja um það með neinni vissu hver upphafsstyrkur klórsins var í ánni. Á 1. mynd eru sýndir nokkrir möguleikar á upphafsstyrknum miðað við mismunandi rennslistíma klórsins og rennsli í ánni. Vel sést á myndinni hve mikil óvissa er um upphafsstyrkinn. Þannig hefði upphafsstyrkurinn verið 38 mg/l ef rennsli Varmár hefur verið 3 m<sup>3</sup>/s og rennslistími klórsins í ána 24 mínútur en 345 mg/l ef rennsli Varmár hefur verið 1 m<sup>3</sup>/s og tíminn sem það tók klórinn að renna í ána 8 mínútur. Líklegt rennsli í Varmá er talið geta hafa verið 2 m<sup>3</sup>/sek og líklegur rennslistími klórsins 16 - 20 mínútur sem gefur upphafsstyrk klórs á bilinu 69 – 86 mg/l. Gera má ráð fyrir að í upphafi og undir lok tímans sem klórinn rann í ána hafi vatnsaginn þynnt klórinn talsvert og upphafsstyrkur hans í ánni alveg í byrjun og í lokin því verið eitthvað minni. Miðað við sama rennslistíma hefur þá upphafsstyrkurinn á miðjum rennslistímanum verið örlítið meiri en að ofan greinir.





1. mynd. Reiknaður upphafsstyrkur klórsins í Varmá miðað við mismunandi forsendur, þ.e. tímann sem það tók klórinn að renna í ána og rennslið í ánni þegar það gerðist.

Á grundvelli mælinga sem gerðar voru á straumhraða í Varmá árin 2001 og 2002, við svipað rennsli ( $0,9 - 2,75 \text{ m}^3/\text{s}$ ) og gera má ráð fyrir að hafi verið ýtrustu mörk þegar slysið varð má ætla að meðalstraumhraði þegar klórinn rann í ána hafi verið á bilinu  $0,5 - 1,0 \text{ m/s}$ . Út frá þessu og tímanum sem það tók klórinn að renna í ána má áætla lengd þess flekks sem klórinn myndar í upphafi (2. mynd). Miðað við sömu forsendur og að ofan um tímann sem það tók klórinn að renna í ána, 16 -20 mínútur og ef meðalstraumhraði í ánni hefur verið  $0,6 \text{ m/s}$  hefur klórflekkurinn verið um  $0,6 - 0,7 \text{ km}$  langur. Ætla verður þó að talsverð þynning hafi átt sér stað til endana á flekknum sem þá hefur lengst eftir því sem neðar dró jafnframt því sem klórstyrkurinn efst og neðst í flekknum hefur enn minnkað. Þessu til viðbótar má ætla að í aðalálnum þar sem straumur er hraður hafi vatn í flekknum haft mikinn styrk fyrst í stað en eftir að klórinn hætti að renna í ána hafi tiltölulega hreint vatn fljótlega tekið við þar á meðan minni styrkur við bakkana hefur sennilega haldist eitthvað lengur.



2 mynd. Reiknuð lengd klórflekks miðað við mismunandi straumhraða og lengd þess tíma sem það tók klórinn að renna í ána.

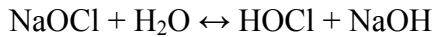
## Efnafræði klórs

Í þessum kafla er aðallega stuðst við bókina Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants (G.C. White 1992) varðandi efnafræði klórs.

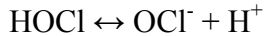
Klórinn sem notaður er til sóttþreinsunar á sundlaugavatninu í Sundlauginni Laugaskarði er natríumhýpóklórít (15%) en það form mun vera einráðandi hjá sundlaugum á Íslandi. Þetta er samskonar klór og seldur er í smávöruverslunum og kallast þá bleikiklór. Natríumhýpóklórít er framleitt með því að blanda klórgasi ( $\text{Cl}_2$ ) í sterkan lausn vítissóta ( $\text{NaOH}$ ). Natríumhýpóklórítlausnin er því mjög basísk. Efnajafnan fyrir myndunina er:



Í klórlausninni er ofgnótt af lút ( $\text{NaOH}$ ) þannig að klórinn er allur í formi natríumhýpóklóríts ( $\text{NaOCl}$ ).  $\text{NaOCl}$  er salt af veikri sýru sem klofnar skv. efnajöfnunni:



Jafnvægisjafna veiku sýrunnar er skrifuð svona:



Við hátt pH er aðallega  $\text{OCl}^-$  til staðar en við lágt pH aðallega HOCl. Bæði  $\text{OCl}^-$ -jónin og HOCl-sameindin eru sterkir oxarar. HOCl sameindin er 80 sinnum virkara eitur en  $\text{OCl}^-$ -jónin (Gabriel Bitton 1999) líklega vegna þess hve hún líkist vatnssameindinni en það gerir henni sennilega auðvelt með að fara í gegn um frumuveggi. Við pH á milli 6,5 og 8,5 eru bæði HOCl og  $\text{OCl}^-$  til staðar. Á sama árstíma árið 2002 var pH í Varmá 8,2, lofthiti um  $-4^\circ\text{C}$  og vatnshiti 5 -  $6^\circ\text{C}$ . Ætla má að aðstæður hafi ekki verið ósvipaðar þegar klórslysið varð, kannski eilítið hlýrra. Við þessar aðstæður hefði um 26 % klórsins verið sem HOCl en hafi pH hækkað í ánni eftir blöndun lútsins við árvatnið hefði hlutfallið verið eitthvað lægra.

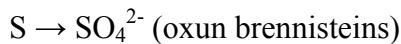
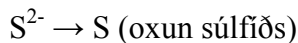
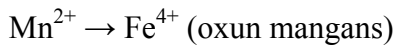
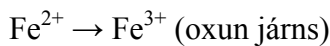
Eftir að klórinn blandaðist árvatninu hefur strax byrjað að draga úr eitur- og oxunaráhrifum hans. Hefur það gerst við efnahvörf hans við ýmiss efni í ánni, m.a. lífræn efni, köfnunarefnissambönd, vetnissúlfið og fl. Styrkur frís klórs hefur þar með minnkað en bundins klórs aukist.

Klór hvarfast við lífrænar efnasameindir, m.a. DNA, RNA, fitusýruhópa, kólesteról og eggjahvítuefni og myndar fjölbreyttar gerðir klórkolefnisefnasambanda en þeirra algengastir eru trihalometanar. Lokaafurðir þessara efnahvarfa eru  $\text{CO}_2$  og  $\text{Cl}^-$ .

Ólífræn mónóklóramín ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ ), díklóramín ( $\text{NHCl}_2$ ) og triklóramín ( $\text{NCl}_3$ ) myndast við efnahvarf klórs og ammóníaks. Mónóklóramín viðhalda bakteríudrepani eiginleikum sínum í um 30 – 40 mín en hvarfast þá við lífrænt klóramín og missa þennan eiginleika. Díklóramín hafa um helmingi meiri bakteríudrepani eiginleika en mónóklóramín og triklóramín hefur einnig talsverða bakteríudrepani eiginleika. Klóramín þurfa lengri tíma til að virka en klórinn (HOCl og  $\text{OCl}^-$ ). Leysni triklóramíns í vatni er fremur lítil og hefur það því væntanlega rokið fljótt úr árvatninu. Þessi efnahvörf stýrast að talsverðu leyti af pH en einnig hitastigi en þegar það er hátt ganga efnahvörfin

hraðar. Hraðast ganga þau við pH 7 – 8 og mælast þá í mínútum en utan þessa bils í allt upp í klukkustundir. Til að ná svokölluðu “breakpoint” stigi þar sem efnahvörf þessi ganga alla leið þarf 1,5 mól af klór á móti 1 móli ammóníaks. Það jafngildir 7,6 mg klórs á móti hverju mg ammóníaks. Í reynd þarf klórstyrkur að vera yfir 8,5 mg/l og pH undir 8,5 til að breakpoint stig náist (American Water Works Association 2006). Lokaafurðir efnahvarfanna eru köfnunarefnisgas (N<sub>2</sub>), níturat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Cl<sup>-</sup> og tríklóramín.

Meðal ólífrænu efnahvarfanna eru þessi (American Water Works Association 2006):



Við framleiðslu og sérstaklega geymslu klórs verður einnig til lítilsháttar klórat (ClO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sem einnig er sterkur oxari. Klórat er eitrað ýmsum vatnalífverum (D. J. Vanwijk & T. H. Hutchinson 1995). Þar sem nýbúið var að fylla á klórgeyminn og klórinn því væntanlega nýframeiddur er ekki gert ráð fyrir að mikið af klórnum hafi verið í formi klórats.

Eituráhrif klórsins á frumur geta verið margskonar, m.a. truflun á gegndræpni frumuhimnu, eyðilegging kjarnsýra og ensíma og hindrun á öndun. Eituráhrifin aukast eftir því sem hitastig vatnsins er hærra auk þess sem þau eru háð klórstyrk, pH og tímanum sem klórinn fær að virka.

Í Varmá er mikið af lífrænu efni bæði föstu efni og uppleystu. Árið 2001 mældist lífrænt kolefni (TOC) í ánni 6 mg/l ofan við Hveragerðisbæ á sama árstíma og klórslysið varð en ammóníak (NH<sub>3</sub>-N) var þá undir greiningarmörkum (<6,7 µg/l). Við það að renna framhjá útrás skólpstöðvarinnar í Hveragerði rétt neðan við Suðurlandsveg hefur klórmengað vatnið einnig blandast lífrænu efni og ammóníaki frá hreinsuðu skólpi. Á grundvelli meðaltala úr eftirlitsmælingum í stöðinni (Háskólasetrið í Hveragerði 2005, 2006) má ætla að styrkur lífræns kolefnis (TOC) í hreinsuðu skólpinu hafi verið um 7,1 mg/l og ammóníaks (NH<sub>4</sub>-N) á bilinu 3,6 mg/l. Meðalrennsli skólpsins frá stöðinni er

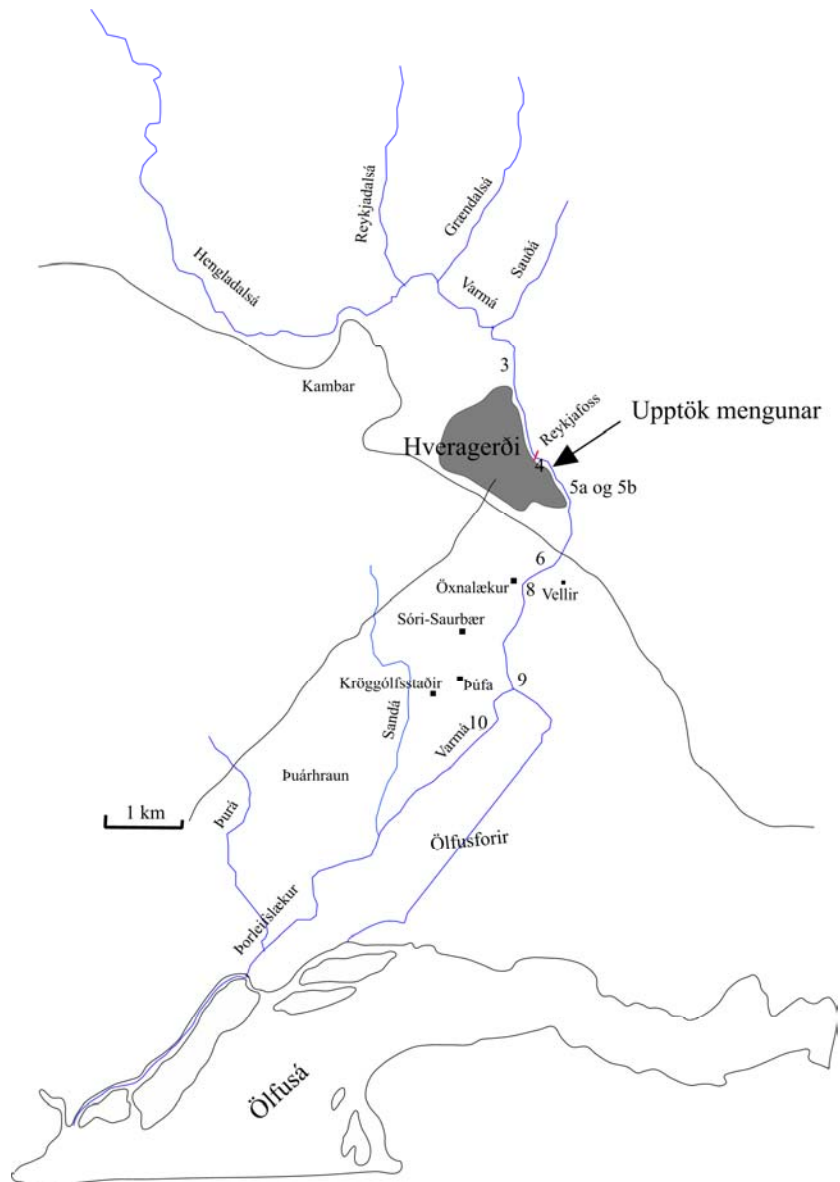
111 m<sup>3</sup>/klst sem jafngildir 31 l/s. Miðað við sömu forsendur og að ofan um rennsli í Varmá (2 m<sup>3</sup>/s) hefur styrkur þessara efna frá skólpsstöðinni eftir blöndun jafngilt allt að um 0,11 mg/l af lífrænu kolefni og 0,05 mg/l af ammóníaki. Við það hlutfall klórs og ammóníak sem hefur verið í ánni á þessum tíma hefur hver sameind ammóníaks getað hvarfast við 3 frumeindir klórs. Hvert mg ammóníaks (NH<sub>4</sub>) hefur því strax bundið 6,7 mg af hypóklórítí sem líklega hefur breyst tiltölulega hratt í fyrrnefndar lokaafurðir niðurbrotsins þar sem klórstyrkur hefur sennilega enn verið vel nægjanlegur til þess. Hvorki liggur fyrir styrkur tvígilds járn, tvígilds mangans, súlfíðs eða brennisteins í ánni né skólpinu svo ekki er hægt að áætla áhrif þeirra til minnkunar óbundna klórsins. Óbundinn klór hefur einnig hvarfast við lífrænt kolefni en hver kolefnissameind getur mest bundið 4 klórfrumeindir. Að meðtöldu lífrænu kolefni frá skólpinu gætu þessi efnahvörf minnkað klórinn í ánni í hæsta lagi um 72 mg/l en efnahvörfin eru hinsvegar talsvert hægari en þegar klór hvarfast við ammóníak og erfitt að magnsetja þau (American Water Works Association 2006). Þeim hefur væntanlega ekki verið lokið þegar klórinn var kominn út í ós Ölfusár. Ekki er því gert ráð fyrir að þessi uppleystu efni í ánni og skólpinu hafi getað dregið mjög mikið úr klórstyrknum í ánni. Stærsti hluti lífræns kolefnis í ánni er þó væntanlega í formi botnlæga baktería og þörungna ásamt botndýra svo að í heildina gæti klórstyrkurinn hafa minnkað talsvert áður en ósnum var náð en hve mikið er óvíst.

Mörg þeirra efnasambanda klórs sem myndast við þessar aðstæður hafa einhver eituráhrif en mismikil. Vegna hinnar flóknu efnafræði klórsins í vatni og skorts á upplýsingum um raunverulegan upphafsstyrk klórsins í ánni er því ekki hægt að meta eiginleg eitrunaráhrif. Eitrunaráhrifin verða aðeins metin með beinum vistfræðilegum aðferðum á grundvelli þéttleika og stofnstærðar lífvera bæði ofan og neðan útlosunarstaðar klórsins eða með samanburði við þekkingu á stöðunni í ánni frá liðnum árum.

## Staðhættir

Varmá á upptök sín í Hengladölum og nefnist þar Hengladalsá. Þar fellur hún mjög brött niður að Helligsheiði en þar rennur hún um fremur flatt land (3. mynd) og eru bakkar lágir.

Við Kamba verður halli meiri og áin rennur þar í gljúfri um fossa og flúðir. Varmá verður til þar sem sameinast Hengladalsá, Reykjadalssá, Grændalsá og Sauðá (3. mynd). Varmá rennur um Hveragerði og þar er Reykjafoss sem er talsverð hindrun fyrir göngufisk en er líklega fiskgengur (3. mynd). Eftir að Varmá hefur sameinast Sandá, neðan við bæinn Kröggólfsstaði, nefnist hún Þorleifslækur sem rennur í Ölfusá um 6 km



3. mynd. Yfirlitsmynd yfir vatnasvæði Varmár, númer rafveiðistaða eru merkt inná.

frá sjó. Neðan Saurbæja rennur áin um allmikið flatlendi, Ölfusforir. Á móts við bæinn Þúfu fellur kvísl úr ánni um grafinn skurð til austurs um Ölfusforir. Rennsli til skurðarins var minnkað með fyrirhleðslu fyrir nokkrum árum eftir ábendingu Veiðimálastofnunar.

Varmá er um 25 km að lengd og vatnsvið hennar er um 115 km<sup>2</sup>. Fiskgengi hluti árinna er líklega um 15 km. Hún dregur nafn sitt af heitu vatni sem rennur í hana á Hengilssvæðinu, í Reykjadal og Grensdal og í og við Hveragerði. Varmá telst dragá með lindaréinkennum (Sigurjón Rist 1990). Rennsli hennar er því breytilegt en er að jafnaði um 2,2 m<sup>3</sup>/sek en lágmarksrennsli getur orðið allt um 0,5 m<sup>3</sup>/sek en hámarkið 10 m<sup>3</sup>/sek (Smári Þorvaldsson 1995). Jarðhitaáhrif er víða að finna í vatnakerfinu og er því hitastig Varmár og sumra lækja sem í hana renna oft yfir umhverfishita. Vegna jarðhitaáhrifa er Varmá efnarík og rafleiðni hennar hefur mælst frá 193,4 til 337 µS/cm (Tryggvi Þórðarson 2003).

Varmá rennur um Hveragerðisbæ og dreifða byggð í Ölfusi. Mengun er frá byggðinni bæði skólpmengun og mengun frá atvinnurekstri (Gísli Már Gíslason 1980, Gunnar Steinn Jónsson 1988 og 1990, Tryggvi Þórðarson 2003). Nokkrar fiskeldisstöðvar eru í rekstri neðarlega á vatnasvæðinu en afrennsli frá slíkri starfsemi getur valdið lífrænni mengun. Með tilkomu skólphreinsistöðvar í Hveragerði árið 2002 og eftir að rekstri ullarþvottastöðvar var hætt árið 2004 minnkaði mengunarálag árinna verulega.

## Fiskar og veiði

Lífsskilyrði fyrir fiska eru breytileg innan og milli vatnakerfa en þau ráðast m. a. af frjósemi og hitastigi árvatnsins og endurspeglast gjarna í fæðuframboði. Umhverfisþættir sem hafa hvað mest áhrif á lífsskilyrði laxfiska í straumvatni eru botngerð, vatnsdýpi, straumlag og rýni (sjóndýpi) árvatnsins. Hitafar, næringarefnainnihald vatnsins og viðstöðutími þess skipta einnig miklu máli. Rafleiðni er mælikvarði á magn uppleystra efna í vatni. Nota má rafleiðnimælingar til að meta efnainnihald vatns en nær línulegt samband er á milli rafleiðni og magns uppleystra salta (efnamagns) í vatni (Sigurður Guðjónsson 1990). Efnainnihald vatns ræðst af magni salta í úrkomu, útskolun efna úr

bergi og jarðvegi og mengun. Rafleiðni úrkomu inn til landsins er gjarna á bilinu 10-25  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en rafleiðni í íslenskum ám getur verið frá 20 – 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en er sjaldnast hærri.

Gerð botns hefur mikla þýðingu fyrir lífsskilyrði fiska. Laxfiskar þurfa malarbotn til hrygningar og lax og urriði hrygna þar sem fara saman rennandi vatn og malarbotn. Steinar og gróður veita fiski skjól og fylgsni fyrir afræningjum jafnframt því sem gróf og fjölbreytt botngerð skapar aukið flatarmál botns og aukin búsvæði fyrir fæðudýr seiða. Útbreiðsla urriða, bleikju og lax er nátengd búsvæðavali þeirra. Tegundirnar gera mismunandi kröfur til búsvæða. Bleikja er harðger hánorræn tegund sem getur lifað á hrjóstrugum svæðum. Lax er yfirleitt ríkjandi í frjósömum ám sem hafa grófa botngerð og nokkurn straum. Urriði stendur milli bleikju og lax í búsvæðavali hvað varðar hita, straumlag, botngerð og frjósemi vatnsins. Hann getur vel alist upp á fingerðum botni þar sem skjól er af jarðvegi og/eða gróðri. Allar tegundir íslenskra laxfiska hafa sjógengna stofna sem alast upp í fersku vatni á seiðastigi. Allir laxar ganga til sjávar og dvelja þar samfelld í 1-2 ár áður en þeir ganga í ár til hrygningar. Eftir seiðastigið dvelur sjógenginn urriði (sjóbirtingur) og sjóbleikja yfir sumarmánuðina í sjó en í fersku vatni að vetrarlagi. Hluti fiska í urriðastofnum sem ganga í sjó dvelja allan sinn aldur í fersku vatni.

Á vatnasvæði Varmár eru allar tegundir íslenskra vatnafiska, urriði (*Salmo trutta*), bleikja (*Salvelinus alpinus*), lax (*Salmo salar*), áll (*Anguilla anguilla*), hornsíli (*Gasterosteus aculeatus*) og flundra (*Platichthys flesus*). Þar veiðast auk þess árlega nokkrir regnbogasilungar (*Oncorhynchus mykiss*). Tölur um veiði eru stopular en mest er veitt af urriða, sem bæði er sjógenginn og staðbundinn. Samkvæmt veiðiskýrslum var meðalstangveiði árána 2003 til 2007, 337 urriði, 50 bleikjur og innan við 2 laxar (Guðni Guðbergsson 2007 og Veiðimálastofnun óbirt gögn). Veiðifélag er um Varmá, Veiðifélag Varmár og Þorleifslækjar og var það stofnað árið 1971. Félagið leigir ána út til stangveiði og er Stangveiðifélag Reykjavíkur nú með ána á leigu. Veiðifélagið hefur í gegnum árin stundað fiskrækt og allmiklu verið sleppt af sjóbirtings- og laxaseiðum í ána, en þó ekki á síðustu árum (Magnús Jóhannsson 2000).



# Rannsóknaraðferðir

## *Seiðarannsóknir*

Rafveitt var á 8 stöðum í Varmá (3. mynd), á sex stöðum neðan mengunaruppsprettu og á tveimur stöðum ofan hennar. Efst var rafveitt við Gufudal (st. 3) og neðan við Reykjafoss (st. 4). Rafveitt var við Heilsustofnun NLFÍ (st. 5a og 5b) og móts við Velli (st. 6). Neðar var rafveitt um 200 m ofan við Fiskeldisstöð við Öxnalæk (st. 8), við steinsteypa brú á móts við Þúfu (st. 9) og á móts við Kröggólfsstaði (st. 10). Við rafveiðarnar var veitt á ákveðnum botnfleti og síðan reiknaður þéttleiki veiddra seiða á 100 m<sup>2</sup> botnflatar. Þetta gefur ekki heildarþéttleika því aðeins hluti seiða veiðist með þessari aðferð. Það fer eftir aðstæðum á viðkomandi stað og fiskstærð hversu mikill hluti veiðist. Aðferðin gefur hlutfallslega samsetningu tegunda og árganga og samanburð milli svæða og ára. Veidd seiði voru tegundagreind og lengdarmæld. Af hluta seiðanna voru teknar kvarnir og hreistur til aldursákvörðunar.

## *Fiskdauði*

Til þess að greina sýnilegt tjón á fiskstofnum vegna klórlekans var safnað upplýsingum um fiska sem fundust dauðir. Tilmælum var beint til bæjarstarfsmanna og annarra viðkomandi aðila að geyma alla dauða fiska sem kynnu að finnast og færu í gegnum hendur þeirra og koma þeim til Veiðimálastofnunar. Farið var yfir það sem safnaðist með þessum hætti og skráð hvar fiskarnir fundust ef þær upplýsingar voru til staðar. Fiskarnir voru tegundargreindir, lengdar- og þyngdarmældir ásamt því að tekin voru hreistursýni til aldursákvörðunar. Kyn og kynþroski var metinn hjá hluta fiskanna. Eftir skoðun fóru 12 fiskar til dýralæknis fisksjúkdóma til hugsanlegrar frekari rannsóknar.

# Niðurstöður

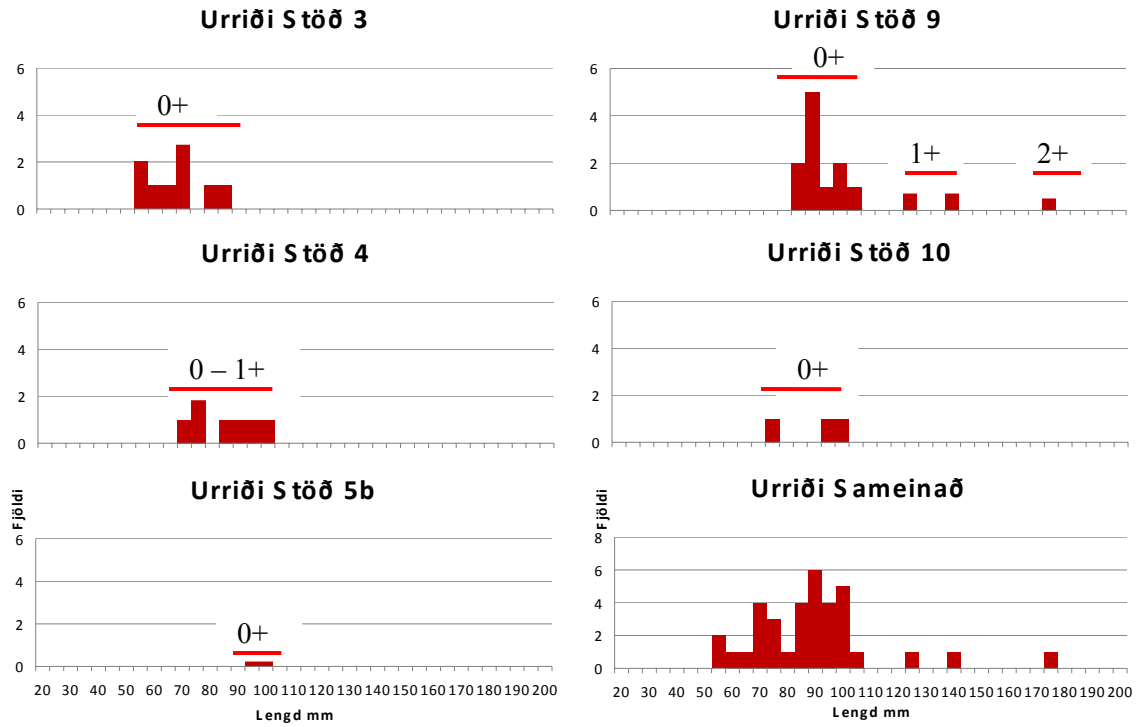
## *Seiðarannsóknir*

Í rafveiði í Gufudal (st. 3) fundust einungis sumargömul urriðaseiði og var meðallengdin 6,6 cm og vísitala seiðapéttleikans 7,9 seiði/100 m<sup>2</sup> (tafla 1 og tafla 2). Rafleiðni

árvatnsins mældist þar 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  og vatnshiti 6,2 °C. Neðan við Reykjafoss (st. 4) fundust bæði sumargömul (3,0 seiði/100 m<sup>2</sup>) og eins árs (0,5 seiði/100 m<sup>2</sup>) urriðaseiði. Báðar þessar stöðvar eru ofan mengunarstaðar (3. mynd). Rafveitt var á tveimur stöðum, á móts við heilsustofnun NLFÍ, sem er ofarlega á áhrifasvæði klórmengunarinnar, við austurbakka (st. 5a) og við vesturbakka (st. 5b). Engin veiði var við austurbakkann en við vesturbakkann fundust tvö sumargömul urriðaseiði (1,1 seiði/100 m<sup>2</sup>) og níu álar á bilinu 18,8 – 38,2 cm (5,0 álar/100 m<sup>2</sup>). Urriðaseiðin voru 9,1 – 9,6 cm (4. mynd, tafla 2). Rafleiðni mældist 211  $\mu\text{S}/\text{cm}$  og vatnshiti 8,4°C. Neðan Þjóðvegur (st. 6) var rafveitt á móts við Velli, þar fannst enginn fiskur. Neðar var rafveitt rétt ofan við fiskeldisstöðina að Öxnalæk (st. 8) og var veiði engin. Rafleiðni mældist þar 211  $\mu\text{S}/\text{cm}$  og vatnshiti 8,7°C. Þá var rafveitt á móts við býlið Þúfu (st. 9), veitt var á grófgrýttum botni við steinsteypta brú sem þar er (1. ljósmynd). Þar fundust sumargömul (7,0 seiði/100 m<sup>2</sup>), eins árs (1,3 seiði/100 m<sup>2</sup>) og tveggja ára (0,6 seiði/100 m<sup>2</sup>) urriðaseiði. Sumargömlu seiðin voru 8,3 - 10,4 cm, eins árs seiðin 12,4 – 13,8 cm og tveggja ára urriðaseiðið var 17,2 cm. Á rafveiðistaðnum fundust einnig tveir álar (1,3 álar/100 m<sup>2</sup>) á lengdarbilinu 22,2 – 29 cm. Rafleiðni árvatnsins mældist þar 225  $\mu\text{S}/\text{cm}$  og hiti 8,5 °C. Neðst var rafveitt á móts við Kröggólfsstaði (st. 10), á finum malarbotni. Þar fundust þrjú sumargömul urriðaseiði í nágrenni við skurðenda sem þarna er. Á rafveiðistaðnum fundust einnig 23 cm áll og 3,8 cm hornsíli. Þar sást til um 40 cm fisks í ánni.

Tafla 1. Vísitala þéttleika seiða eftir tegundum og aldri í rafveiðum í Varmá dagana 5. og 6. desember 2007. Stöðvar 3 og 4 eru ofan við mengunarsvæðið en aðrar neðar (sjá 1. mynd).

VATNSFALL	STAÐUR	STÖÐ NR.	VEIDDIR m <sup>2</sup>	0+	URRIÐI 1+	2+	URRIÐI SAMTALS	HORNSÍLI	ÁLL
Varmá	Gufudalur	3	114	7.9	-	-	7.9	-	-
Varmá	Reykjafoss	4	200	3	0.5	-	3.5	-	-
Varmá	NLFÍ	5a	120	-	-	-	-	-	-
Varmá	NLFÍ	5b	180	1.1	-	-	1.1	-	5.0
Varmá	Vellir	6	240	-	-	-	-	-	-
Varmá	Öxnalækur	8	300	-	-	-	-	-	-
Varmá	Brú ofan Þúfu	9	158	7.0	1.3	0.6	8.9	-	1.3
Varmá	Kröggólfsstaðir	10	720	0.4	-	-	0.4	0.1	0.1



4. mynd. Lengdardreifing urriðaseiða úr rafveiði í Varmá, 5. og 6. desember 2007.



1. ljósmynd. Rafveiðar við steinbrú á mótis við Þúfu.

Tafla 2. Meðallengd (mm), staðalfrávik og fjöldi fiska úr rafveiði í Varmá 5. og 6. desember 2007.

STÖÐ NR.	TEGUND:	URRIÐI			HORNSÍLI	ÁLL
	ALDUR, ÁR:	0+	1+	2+		
3	Meðallengd	66				
	Staðalfrávik	11				
	Fjöldi	9	0	0	0	0
4	Meðallengd	83	75			
	Staðalfrávik	11				
	Fjöldi	6	1	0	0	0
5a	Meðallengd					
	Staðalfrávik					
	Fjöldi	0	0	0	0	0
5b	Meðallengd	94				270
	Staðalfrávik	4				72
	Fjöldi	2	0	0	0	9
9	Meðallengd	91	131	172		256
	Staðalfrávik	7	10			5
	Fjöldi	11	2	1	0	2
10	Meðallengd	87			38	230
	Staðalfrávik	11				
	Fjöldi	3	0	0	1	1

### *Dauðir fiskar sem fundust*

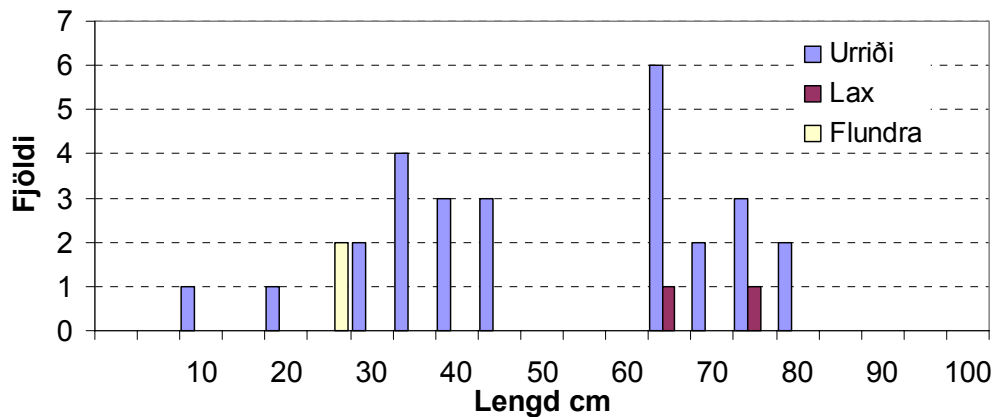
Alls er staðfest að fundist hafi 35 dauðir fiskar á botni eða við bakka Varmár, 29 urriðar, 2 laxar, 2 flundrur og 2 laxfiskar sem ekki náðist að tegundagreina (tafla 3). Fiskarnir fundust á tímabilinu frá 3. til 7. desember á svæðinu frá heilsustofnun NLFÍ og allt niður að þveránni Þurá, sem er skammt ofan þar sem Þorleifslækur fellur í Ölfusárós (3. mynd). Flestir fiskanna (24 stk) fundust á svæðinu frá þjóðvegi og niður á móts við fiskeldisstöðina að Öxnalæk. Þrjátíu og einn fiskur var tekinn til rannsóknar, 27 urriðar, 2 laxar og 2 flundrur. Lengd urriðanna var frá 7,7 til 80 cm (5,6 g til 4600 g) og aldur þeirra 25 sem unnt var að aldursgreina var frá 0 til 9 ára (5. mynd og 6. mynd). Af urriðunum reyndust 22 vera sjóbirtingar, tveir voru urriðar á seiðastigi og einn staðbundinn urriði. Sjóbirtingarnir voru frá 28,5 til 80 cm (0,3- 4,6 kg) (2. ljósmynd). Þeir höfðu dvalið eitt (1), tvö (14) og 3 ár (5) í fersku vatni sem seiði áður en þeir gengu fyrst til sjávar. Mikill meirihluti sjóbirtinganna var hrygnur eða 64 % (14) og helmingur þeirra var kynþroska. Yngstu kynþroska sjóbirtingarnir voru 4 ára. Af kynþroska

hrygnum voru þrjár hrygndar og tvær óhrygndar en komnar mjög nálægt hrygningu og fjórar búnar að losa sig við hluta hrogn. Laxfiskahrogn var eina greinanlega fæðan sem fannst við skoðun á magainnihaldi 7 ókynþroska urriða.

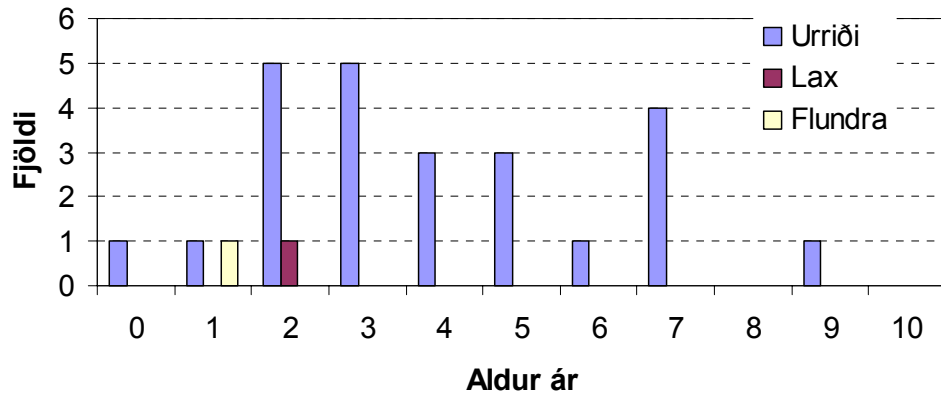
Tafla 3. Dauðir fiskar sem fundust í Varmá dagana 3. til 7. desember.

Fundarstaður	Fundardagur	Urriði	Lax	Flundra	Laxfiskur teg óákveðin
NLFÍ	5.des	2			
150 m ofan við Þjóðveg	7.des		1		
Vellir	7.des	1			
Þjóðvegur-Öxnalæk	3.des	9			
Öxnalækur	4.des	13	1		
Þúfa	6. og 7. des	4		2	
Þurárhraun	4.des				2
Samtals		29	2	2	2

Laxarnir tveir sem fundust dauðir voru, 62,5 cm úthrygnd hrygna sem hafði verið eitt ári í sjó og var líklegast af eldisuppruna og 71,8 cm hængur sem hafði verið eitt í sjó en ferskvatnsaldur hans varð ekki greindur. Hrygnan fannst 7. desember ofan þjóðvegar og var mjög vel útlítandi þegar hún fannst þótt liðin væri vika frá því klórslysið varð sem gæti bent til þess að hún væri nýdauð. Flundrurnar reyndust báðar eins árs.



5. mynd. Lengdardreifing fiska sem fundust dauðir í Varmá dagana 3. til 7. desember 2007.



6. mynd. Aldursdreifing dauðra fiska úr Varmá dagana 3. til 7. desember 2007.



2. ljósmynd. Klórdauðir fiskar úr Varmá.

## Umræður

Klór er mjög eitrað efni fyrir vatnalífverur, jafnvel í lágum styrkleika. Efnistyrkur upp á 0,02 til 0,03 mg/lítra drepur flesta fiska á tiltölulega skömmum tíma (<http://faq.thekrib.com/begin-tapwater.html>). Laxfiskar eru meðal þeirra fiska sem hvað viðkvæmastir eru fyrir klórmengun og styrkur innan við 0,01 mg/l getur valdið skjótum dauða (U.S. Environmental Protection Agency, 1985). Enn lægri styrkur getur drepð fiska á lengri tíma og/eða raskað hegðunaratferli þeirra (Jones 1988). Langtímaeitrunaráhrif geta komið fram við styrk allt niður í 0.003 mg/l

(<http://faq.thekrib.com/begin-tapwater.html>). Þekkt er að fiskur getur forðað sér undan klórmengun ef hann hefur tækifæri til þess en við háan styrk efnisins ná þeir ekki að bregðast við áður en eitúráhrifin koma fram (Jones 1988).

Í mengunarslysinu í Varmá er talið að um 1.050 lítrar af hreinum klór hafi runnið í ána og að lekinn hafi hugsanlega staðið yfir í um 16 - 20 mínútur. Miðað við tæplega meðalrennsli árinna (2 m<sup>3</sup>/sek.) hefur upphafsstyrkur klórs í Varmá eftir fulla blöndun verið á bilinu 69 - 86 mg/l, sem er a.m.k. nokkur þúsund sinnum meiri styrkur en drepur flesta fiska á skömmum tíma.

([http://www.pesticideinfo.org/List\\_AquireAll.jsp?Rec\\_Id=PC33637&Taxa\\_Group=Fish](http://www.pesticideinfo.org/List_AquireAll.jsp?Rec_Id=PC33637&Taxa_Group=Fish))

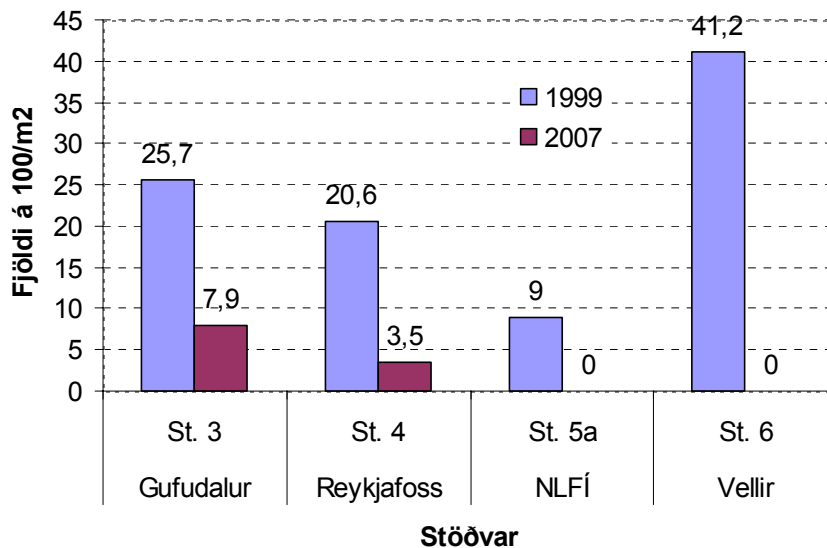
Klórmengunarslysið í Varmá hefur að öllum líkindum haft mikil áhrif á lífríki árinna. Svo virðist sem seiði og stærri fiskur hafi drepist á a.m.k. 4 til 5 km kafla í ánni, eitthvað kann að hafa lifað og forðað sér undan menguninni og þá frekar á svæðum sem fjær eru upptökum. Við aðstæður eins og voru í Varmá þar sem næsta hliðará er um 6 km neðan upptaka mengunarinnar, er hætt við að flóttinn hafi verði langur og erfiður. Dauðir fiskar fundust allt að 6 til 7 km neðan við innflæðisstað. Þeir kunna að hafa borist þangað með árvatninu og því í raun drepist ofar. Fundur tveggja dauðra flundra við steinbrú á móts við Þúfu, um 4 km neðan við mengunarstað, bendir til þess að fiskar hafi drepist svo neðarlega og líklega enn neðar. Flundra er flatfiskur sem liggur við eða er í botnlaginu (getur grafið sig í botninn) sem gerir það að verkum að hún berst illa með straumi.

Höfundum er kunnugt um að 35 fiskar hafi fundist dauðir. Hve mikið drapst alls af fiski er hins vegar óþekkt og erfitt að áætla. Reikna má með að fiskdauði hafi verið umtalsvert meiri en þeir fiskar sem fundust. Meira en 3 dagar liðu frá því að óhappið varð þar til vart varð við dauða fiska. Á þeim tíma getur fiskur hafa skolast niður ána. Þetta á einkum við seiði og smærri fisk. Fugl og aðrar hrætur kunna einnig að hafa náð dauðum fiski og fjarlæggt eða étið áður en náðist til þeirra. Athugun á kynþroskastigi fiska og fundur hrognna í maga urriðanna, bendir til þess að hrygningartími hafi staðið yfir hjá urriðunum en að hann hafi verið yfirstaðinn hjá laxi. Urriðar voru 88 % af dauðum fiskum sem fundust og náðist að greina til tegunda. Þegar mengunin átti sér stað voru urriðar af öllum þroskastigum í ánni allt frá hrognastigi upp í hrygningarfisk. Þetta olli

því að urriðar af öllum stærðum og aldri urðu fyrir menguninni. Aldursgreining sýndi að urriðar af a.m.k. tíu árgöngum hafa drepist í mengunarslysinu.

Í rafveiðunum voru urriðaseiði nær einráð meðal seiðanna en það er í samræmi við fyrri könnun sem gerð var árið 1999 (Magnús Jóhannsson 2000). Þéttleiki urriðaseiða ofan við mengunarstað var nú mun lægri en mældist þá. Á stöð 3 (Gufudalur) var hann 26 seiði/100 m<sup>2</sup> en nú 7,9 seiði/100 m<sup>2</sup>. Samsvarandi tölur fyrir stöð 4 (Reykjafoss) eru 21 seiði/100 m<sup>2</sup> og 3,5 seiði/100 m<sup>2</sup> (7. mynd). Erfitt getur verið að bera þessar tölur saman því nú var veitt við vetrarástand í ánni, í desember, en í fyrri könnun í september. Hugsanlega hafa mjög mikil flóð í ánni í lok október valdið seiðaafföllum og þannig haft áhrif á þéttleikann til minnkunar. Lágur seiðapéttleiki á efri svæðum gæti orðið takmarkandi þáttur við landnám fiska á áhrifasvæði mengunarinnar.

Seiðarannsóknir á fjórum stöðvum (stöðvar 5 til 8) á samtals 840 m<sup>2</sup> á um tveggja km kafla neðan við mengunarstað gáfu einungis tvö urriðaseiði en níu ála. Alla þessa fiska var að finna á stöð 5a þar sem gætti innstreymis af jarðhitavatni sem getur hafa haldið lífi í fiskunum. Veiðar á stöð 6, á móts við bæinn Velli, sem er um 1,5 km neðan við innrennsli klórmengunarinnar, gaf ekkert seiði. Árið 1999 var þéttleiki urriðaseiða þar 41 seiði/100m<sup>2</sup> (7. mynd).



7. mynd. Þéttleiki urriðaseiða á stöðvum 3 til 6 í Varmá árin 1999 og 2007. Stöðvar 3 og 4 eru ofan við mengunarstað en 5a og 6 neðan hans.



Telja verður líklegt að seiði á þessum kafla árinna hafi mikið til drepist við klórlekann. Rafveiði á grófgrýttu svæði við steinbrú á móts við bæinn Þúfu sem er um 3,9 km neðan mengunarstaðar gaf urriðaseiði en í mjög lágum þéttleika eða 7,0 seiði/100 m<sup>2</sup>. Um 500 m neðar fannst vottur af urriðaseiðum (0,4 seiði/100 m<sup>2</sup>). Á þessu svæði virðist því eitthvað hafa lifað mengunina af, trúlega vegna þynningaráhrifa og niðurbrots klórsins.

Hrygningartími urriða stóð yfir og hrygning laxa virtist afstaðin þegar klórslysið átti sér stað. Það gefur vonir um að eitthvað af hrognum sem grafin voru í mölinni kunni að hafa lifað af mengunina. Styrkur klórsins var hins vegar það mikill að óvíst er um það. Til viðbótar má nefna að hrogn sem verða fyrir kórmengun og lifa hana af geta skaðast þannig að þroskun þeirra verði ekki eðlileg (Morgan & Price 1978). Til að meta þetta þarf að gera seiðarannsóknir næsta vor þegar vænta má að seiðin frá hrygningu haustsins séu komin upp úr mölinni.

Um 4 km kafla í meginánni Hengladalsá-Varmá ofan við sundlaugina hefur ekki orðið fyrir áhrifum mengunar. Þessi kafla ásamt kaflanum niður fyrir bæinn Þúfu, sem er áþekktur að lengd, eru líklega mikilvægustu hrygningar- og uppeldissvæði árinna. Það er þó ekki þekkt í hvaða mæli sjóbirtingur gengur upp fyrir Reykjafoss til hrygningar en fossinn er talsverð hindrun fyrir göngufisk. Urriði hrygnir einnig og elst upp í hliðarám og lækjum sem ekki urðu fyrir menguninni.

Á þessu stigi er erfitt að meta hversu stórt skarð klórmengunin hefur höggvið í fiskstofna árinna. Ljóst er þó að stór hluti helstu hrygningarsvæða og búsvæða árinna urðu fyrir verulegum áhrifum. Jafnframt varð stór hluti hrygningarstofns urriða og geldfisks fyrir menguninni. Stangveiðitölur úr Varmá eru því miður mjög takmarkaðar og því verður erfitt að meta út frá þeim hvaða áhrif slysið hefur haft á veiðanlega hluta stofnsins. Búsvæðamat á ám og lækjum á fiskgenga hluta vatnasvæðis Varmár myndi gefa betri mynd af hlutfallslegu uppeldislegu mikilvægi þeirra svæða sem urðu fyrir menguninni. Í mati á búsvæðum eru ár, lækir og vötn metin m.t.t. gæða þeirra til seiðauppeldis. Smádýralíf, sem er undirstaða fæðu fiska í Varmá, hefur væntanlega einnig orðið fyrir barðinu á menguninni. Fiskur sem lifði af gæti því átt erfitt uppdráttar á meðan dýralífið hefur ekki jafnað sig. Urriðar í Varmá eru langlífir og hver kynslóð tekur minnst 4-5 ár. Það tekur því mörg ár fyrir stofninn að ná fyrri styrk. Fiskar af efri

svæðum árinna sem ekki urðu fyrir menguninni getar numið land á áhrifasvæðunum. Þetta á einkum við um seiði frá hrygningu haustið 2007. Vera kann að hluti urriðaseiða sem upprunnin eru úr Varmá, einkum stálpuð seiði, hafi haldið sig í uppeldi í hliðarlækjum og vötnum sem tengjast Varmá á neðri svæðum árinna. Ef svo er hafa þessi seiði sloppið við mengunarslysið.

Til að meta frekar áhrifin af mengunarslysinu á fisk í Varmá þarf að gera eftirfarandi rannsóknir:

- Koma fyrir sjálfvirkum fiskteljara neðarlega í Varmá þar sem hægt verður að telja, tegundargreina og stærðarmæla fiska sem ganga í og úr Varmá.
- Gera seiðarannsóknir vorið 2008 þegar smáseiði frá hrygningu haustið 2007 hafa komið upp úr mölinni og endurtaka þær að hausti.
- Meta búsvæði á fiskgenga hluta vatnasvæðisins.

Í framhaldi er lagt til að urriðastofn árinna verði vaktaður. Þetta er mikilvægt til að meta núverandi stærð stofnsins og uppbyggingu hans og ekki síður varðandi ráðgjöf um veiðinýtingu.

*Meðan frekari upplýsingar um fiskmagn í ánni liggja ekki fyrir er að svo stöddu lagt til að veiði verði ekki stunduð í ánni á komandi vori. Ráðleggingar varðandi haustveiði 2008 þurfa að byggja á frekari upplýsingum um fiskmagn og er þá sérstaklega horft til fiskteljara í því samhengi.*

Fiskteljarinn nýtist vel til vöktunar á fiski sem kominn er af seiðastigi en seiðabúskapur árinna verður best vaktaður með árlegum rafveiðum. Við þetta mætti bæta að þegar veiðinýting hefst að nýju verði komið á öflugri skráningu á afla. Fiskræktaraðgerðir, t. d. með seiðasleppingum, geta komið til greina en það þarf að meta eftir að niðurstöður liggja fyrir af frekari rannsóknum.

Kórslysið í Varmá er ekki það eina sem orðið hefur í ám á Íslandi. Árið 1994 varð hliðstætt slys, en þó miklu umfangsminna, þegar klór lak í öryggisþró við Árbæjarlaug í Reykjavík. Klórnum var dælt upp, öryggisþróin skoluð og skolvatni hellt í niðurfall sem rann þaðan til Elliðaáanna. Talið er að sem svarar 7 l af hreinum klór hafi farið í ána (Magnús Sigurðsson munnl. uppl.). Við seiðarannsóknir í kjölfarið fundust

engin seiði á um eins km kafla niður af slysstaðnum (Þórólfur Antonsson munnl. uppl.). Fiskdauði hefur áður orðið í Varmá, m.a. í apríl og ágúst árið 1988, hugsanlega vegna frárennslis Ullarþvottastöðvarinnar (Gunnar Steinn Jónsson 1988) eða vegna klórs frá sundlauginni í Laugarskarði (Morgunblaðið 30. ágúst 1988).

Fiskstofnar og annað lífríki Varmár í Ölfusi býr við mjög sérstæðar aðstæður vegna þeirra jarðhitaáhrifa sem þar gætir. Fiskstofnarnir ásamt öðru lífríki árinna hafa því hátt verndargildi. Lífríki varmáa hefur í gegnum tíðina orðið fyrir miklum áhrifum frá athöfnum manna og er Varmá í Hveragerði engin undatekning frá því. Þar hefur margt verið fært til betri vegar og vegur þar þungt hreinsunarstöð þar sem frárennslis bæjarins er meðhöndlað. Ekki síst þess vegna er dapurlegt að þetta alvarlega umhverfisslys skyldi eiga sér stað. Klórslysið gaf tilefni til að fara vandlega yfir útbúnað klórgeymslu og allar verklagsreglur um meðhöndlun klórs við sundlauginna í Laugarskarði svo og gera nauðsynlegar úrbætur til að koma í veg fyrir að svona slys endurtaki sig. Slíkar úrbætur eru þegar í gangi. Sundlaugin er gegnumstreymislaug þannig að stöðugt rennur frá henni klór í ána. Æskilegt er að breyta því eða að öðrum kosti að hreinsa klórinn úr affallsvatninu áður en því er hleypt í ána. Þá ættu viðkomandi yfirvöld að gera heildarúttekt á þessum málum á landsvísu og sjá til þess að þau verði í lagi til frambúðar.

## Heimildir

American Water Works Association, 2006. Water Chlorination/Chloramination Practice and Principles. AWWA manual M20. 2. útgáfa. Denver, CO, American Water Works Association.

Bitton G., 1999. Wastewater Microbiology. Wiley Series in Ecological and Applied Microbiology. 2. útgáfa. New York & Toronto, A John Wiley & Sons, Inc. 578 bls.

Björn Guðbrandur Jónsson, 1984. Áhrif mengunar á nokkra efna- eðlis- og örverufræðilega þætti í Varmá í Ölfusi. 5. e. Rannsóknarverkefni við H.Í.

Gísli M. Gíslason, 1980. Áhrif mengunar á dýralíf í varmám. Náttúrufræðingurinn 50 (1): 35-45.

Guðni Guðbergsson, 2007. Lax- og silungsveiðin 2006. Veiðimálastofnun, VMST-R/07023: 27 bls.

Gunnar Steinn Jónsson, 1988. Mælingar á gerlamengun og efnainnihaldi Varmár í Ölfusi og Hveragerði, skólþró í Hveragerði. Hollustuvernd ríkisins: 22 bls.

- Gunnar Steinn Jónsson, 1990. Rannsóknir á frárennsli frá: Ullarþvottastöð Álafoss hf. og skólþpró Hveragerðisbæjar. Varmárnefnd og Hollustuvernd ríkisins: 15 bls.
- Halldór Ármannsson, Helgi F. Magnússon, Pétur Sigurðsson og Sigurjón Rist, 1973. Efnarannsókn vatns. Vatnasvið Hvítár-Ölfusár. Einnig Þjórsár við Urriðafoss 1992. Orkustofnun Vatnamælingar, Rannsóknarstofnun Iðnarðarins 8 bls.
- Háskólasetrið í Hveragerði 2005. Skólphreinsistöðin í Hveragerði. Ársskýrsla 2004. Hveragerði. Hveragerðisbær, Tækni- og umhverfismálasvið. 33 bls.
- Háskólasetrið í Hveragerði 2006. Skólphreinsistöðin í Hveragerði. Ársskýrsla 2005. Hveragerði. Hveragerðisbær, Tækni- og umhverfismálasvið. 20 bls.
- Jones, K. A. & T. J. Hara, 1988. Behavioral alternations in Artic char (*Salvelinus alpinus*) briefly exposed to sublethal chlorine levels. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 749-753.
- Magnús Jóhannsson, 2000. Fiskrannsóknir á vatnasvæði Varmár í Ölfusi árið 1999. Veiðimálastofnun, skýrsla VMST-S/00004X: 14 bls.
- Morgan, R.P.J., & R.D. Prince, 1978. Chlorine effects on larval development of Striped bass (*Morone saxatilis*), White perch (*M. americana*) and Blueback herring (*Alosa aestivalis*) Trans.Am.Fish.Soc. 107(4):636-641.
- Morgunblaðið 30. ágúst 1988. Dauðir sjóbirtingar í Varmá.
- Sigurður Guðjónsson, 1990. Classification of Icelandic watersheds and rivers to explain life history strategies of Atlantic salmon. Ph.D. thesis. Oregon Stat University, U.S.A. 136bls.
- Sigurjón Rist, 1974. Efnarannsókn vatns. Vatnasvið Hvítár-Ölfusár. Einnig Þjórsár við Urriðafoss 1993. Orkustofnun Vatnamælingar, Rannsóknarstofnun Iðnarðarins 8 bls.
- Sigurjón Rist, 1990. Vatns er þörf. Bókaútgáfa Menningarsjóðs Reykjavík: 248 bls.
- Smári Þorvaldsson, 1995. Hveragerði, Úttekt á fráveitumálum - Verkfræðileg forhönnun skólphreinsimannvirkja. Reykjavík. Alfa Verkfræðistofa hf., 78 bls.
- Tryggvi Þórðarson, 2003. Varmá, Hveragerði. Vöktun Vatnsgæða. Rannsóknar- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði: 32 bls.
- U.S. Environmental Protection Agency, 1985. Ambient water quality criteria for chlorine. EPA/440/5-84-030. Office of water regulation and standards, Washington, DC.
- Vanwijk, D. J. & T. H. Hutchinson, 1995. The Ecotoxicity of Chlorate to Aquatic Organisms: A Critical Review. Ecotoxicology and Environmental Safety 32:244.

White, G.C., 1992. The Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants. 4th Ed. útgáfa. New York, John Wiley & Sons, Inc. 1569 bls.

<http://faq.thekrib.com/begin-tapwater.html>.

[http://www.pesticideinfo.org/List\\_AquireAll.jsp?Rec\\_Id=PC33637&Taxa\\_Group=Fish](http://www.pesticideinfo.org/List_AquireAll.jsp?Rec_Id=PC33637&Taxa_Group=Fish)