

Vistfræðilegt ástand vatnshlota á áhrifasvæði fyrirhugaðrar Geitdalsárvirkjunar -og mat á ástandi eftir virkjun

Erlín Emma Jóhannsdóttir
Unnið fyrir Mannvit

 NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS		
Skýrsla nr: NA-240254	Dags: Mars 2024	Dreifing: Lokuð
Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill): Vistfræðilegt ástand vatnshlota á áhrifasvæði fyrirhugaðrar Geitdalsárvirkjunar -og mat á ástandi eftir virkjun		Síðufjöldi: 18
Ljósmynd á forsiðu:		Fjöldi viðauka: 0
Höfundar: Erlín Emma Jóhannsdóttir		
Unnið fyrir: Mannvit (nú COWI)		
Mannvit verkfræðistofa óskaði eftir því að Náttúrustofa Austurlands gerði mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota sem eru á áhrifasvæði fyrirhugaðrar Geitdalsárvirkjunar í Múlapingi. Einnig var óskað eftir því að gert yrði mat á hvort og þá hvaða breytingar yrðu á vatnshlotunum ef fyrirhuguð Geitdalsárvirkjun verður byggð. Framkvæmd við Geitdalsárvirkjun gerir ráð fyrir að áin verði stífluð og um 0,3 km² lón myndist neðan við ármót Geitdalsár og Ytri-Sauðár innarlega í Geitdal. Rennslisbreytingar verða á um 6 km löngum kafla, frá stíflu að stöðvarhúsi. Geitdalsá er skipt upp í tvö vatnshlot Geitdalsá 2 og Geitdalsá 1. Neðan við Geitdalsá 1 er svo vatnshlotið Grímsá 2. Öll vatnshlotin eru af vatnagerð RL1 sem eru straumvötn á láglendi á eldri berggrunni landsins með litlum áhrifum vatna eða votlendis á vatnasviði. Sumarið 2019 rannsakaði Náttúrustofa Austurlands gróður, fuglalíf og lífríki í ám og vötnum vegna fyrirhugaðra framkvæmda og byggja útreikningar á vistfræðilegu ástandi vatnshlotanna fyrir virkjun að hluta á þeim rannsóknum, en auk þess á heimildavinnu. Við mat á vatnsformfræðilegu ástandi fyrir virkjun var skimað eftir því hvort álag af manna völdum væri á vatnshlotin. Útreikningar á vatnsformfræði eftir virkjun byggir á spágildum og er hér í fyrsta sinn sem slíkir útreikningar eru gerðir á framkvæmd sem ekki hefur farið fram, því verður að taka niðurstöðunum með fyrirvara. Niðurstöður útreikninga á vistfræðilegu ástandi vatnshlotanna fyrir virkjun leiddu í ljós að ástandið var <i>mjög gott</i> og er líkt og má búast við í náttúrulegum og öröskuðum vatnshlotum af sömu vatnagerð. Skimun á vatnsformfræði vatnshlotanna sýndi einnig að ástand Geitdalsár 2 og Geitdalsár 1 var <i>mjög gott</i> þar sem ekkert eða lítið álag er á vatnshlotin af manna völdum. Ekki var lagt mat á vatnsformfræðilegt ástand Grímsá 2 þar sem áin er þegar virkjuð (Grímsárvirkjun). Niðurstöður útreikninga, með spágildum, á vatnsformfræði Geitdalsá 2 eftir fyrirhugaða virkjun í Geitdal sýndi að vatnshlotið fellur mögulega um einn flokk með tilkomu virkjunarinnar, úr <i>mjög góðu</i> ástandi niður í <i>gott</i> vatnsformfræðilegt ástand. Helstu breytingar á vatnsformfræði í Geitdalsá 2 er stífla í árfarveginum og rennslisbreytingar í ánni neðan hennar. Ekki er hægt að segja til um hvaða áhrif þessar breytingar hafa á vistfræðilegt ástand vatnshlotsins nema með vöktun á líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum þáttum. Niðurstöður á útreikningum á vatnsformfræði Geitdalsá 1 áætla að ástandið haldist óbreytt eftir fyrirhugaða virkjun, eða <i>mjög gott</i> miðað við áætluð gildi á breyttu rennsli. Gera má ráð fyrir að áhrif á vistfræðilegt ástand vatnshlota minnki eftir því sem neðar dregur í árkerfið bæði vegna þess að þá hefur þorrinn af vatninu sem notað er í raforkuframleiðsluna skilað sér aftur í farveginum og einnig er fjöldi lækja og þveráa á svæðinu sem skila. Ekki er hægt að segja til um hvaða áhrif þessar breytingar hafa á vistfræðilegt ástand í Geitdalsá 1 og Grímsá 2 nema með vöktun á líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum þáttum.		
Lykilorð: Geitdalsárvirkjun, vatnshlot, Geitdalsá 2, Geitdalsá 1, Grímsá 2, vistfræðilegt ástand, vatnsformfræði		ISSN 2547-7447 (rafræn útgáfa)
Yfirlit: KÁ		ISBN 978-9935-543-04-2 (rafræn útgáfa)

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit.....	3
Myndaskrá.....	4
Töfluskrá.....	4
Inngangur	5
Aðferðir	7
Niðurstöður og umræður	11
<i>Mat á núverandi vistfræðilegu ástandi vatnshlota á áhrifasvæði Geitdalsárvirkjunar</i>	<i>11</i>
<i>Möguleg áhrif fyrirhugaðrar Geitdalsárvirkjunar á vistfræðilegt ástand vatnshlota.....</i>	<i>14</i>
Lokaorð.....	15
Heimildir	16

Myndaskrá

1. mynd. Skipting straumvatnsins Geitdalsá/Grímsá upp í vatnshlot og sýnatökustaðir vegna lífríkisrannsókna árið 2019 í vatnshlotunum (Bakgrunnskort og landupplýsingar: Samsýn, 2023; Veðurstofa Íslands, 2024). 6
2. mynd. Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) er reiknað út frá hlutfalli milli mældra gilda og viðmiðunargilda. Niðurstöðurnar eru settar fram sem tölugildi með litakóða þar sem 1 (blátt) endurspeglar mjög gott (náttúrulegt) ástand og 0 (rautt) endurspeglar lélegt ástand (mynd fengin úr Eydís Salome Eiríksdóttir, o.fl., 2020). 8

Töfluskrá

- Tafla 1. Staðsetning sýnatökustöðva í þremur vatnshlotum frá rannsóknum árið 2015 og 2019. 8
- Tafla 2. Matsþættir og mörk flokka við útreikninga á vatnsformfræði bergvatnsáa (tafla fengin úr Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023) 10
- Tafla 3. Einkunnarkvarði sem notaður er til að meta vatnsformfræðilegt ástand vatnshlota (tafla endurgerð úr Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023). 10
- Tafla 4. Niðurstöður matsþátta og útreikningar á samræmdu vistfræðilegu gæðahlutfalli (nEQR) frá gögnum sem aflað var í Geitdalsá 1 árið 2015 (Jón S. Ólafsson o.fl, 2017; Hafrannsóknastofnun óbirt gögn) og Geitdalsá 2 , Geitdalsá 1 og Grímsá árið 2019 (Kristín Ágústsdóttir o.fl., 2019). Skammstöfunin EM þýðir að matsþáttur var ekki mældur. Litakóði ástandsflokkunar út frá nEQR blátt=mjög gott ástand, grænt=gott ástand. 12
- Tafla 5. Meðalþéttleiki og hlutfallslegur þéttleiki (%) hryggleysingja í þremur vatnshlotum á áhrifasvæði Geitdalsárvirkjunar gögn frá árinu 2019 (Kristín Ágústsdóttir o.fl., 2019). Tegund er merkt með stjörnu (*) ef hún er skilgreind sem vísitegund (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020). 13
- Tafla 6. Matsþættir og einkunn sem gefnar voru til útreikninga á vatnsformfræði Geitdalsá 2 og Geitdalsá 1 eftir fyrirhugaða Geitdalsárvirkjun. 14
- Tafla 7. Niðurstaða útreikninga (spá) á vatnsformfræðilegu ástandi vatnshlota ef fyrirhuguð Geitdalsárvirkjun verður að veruleika. 14

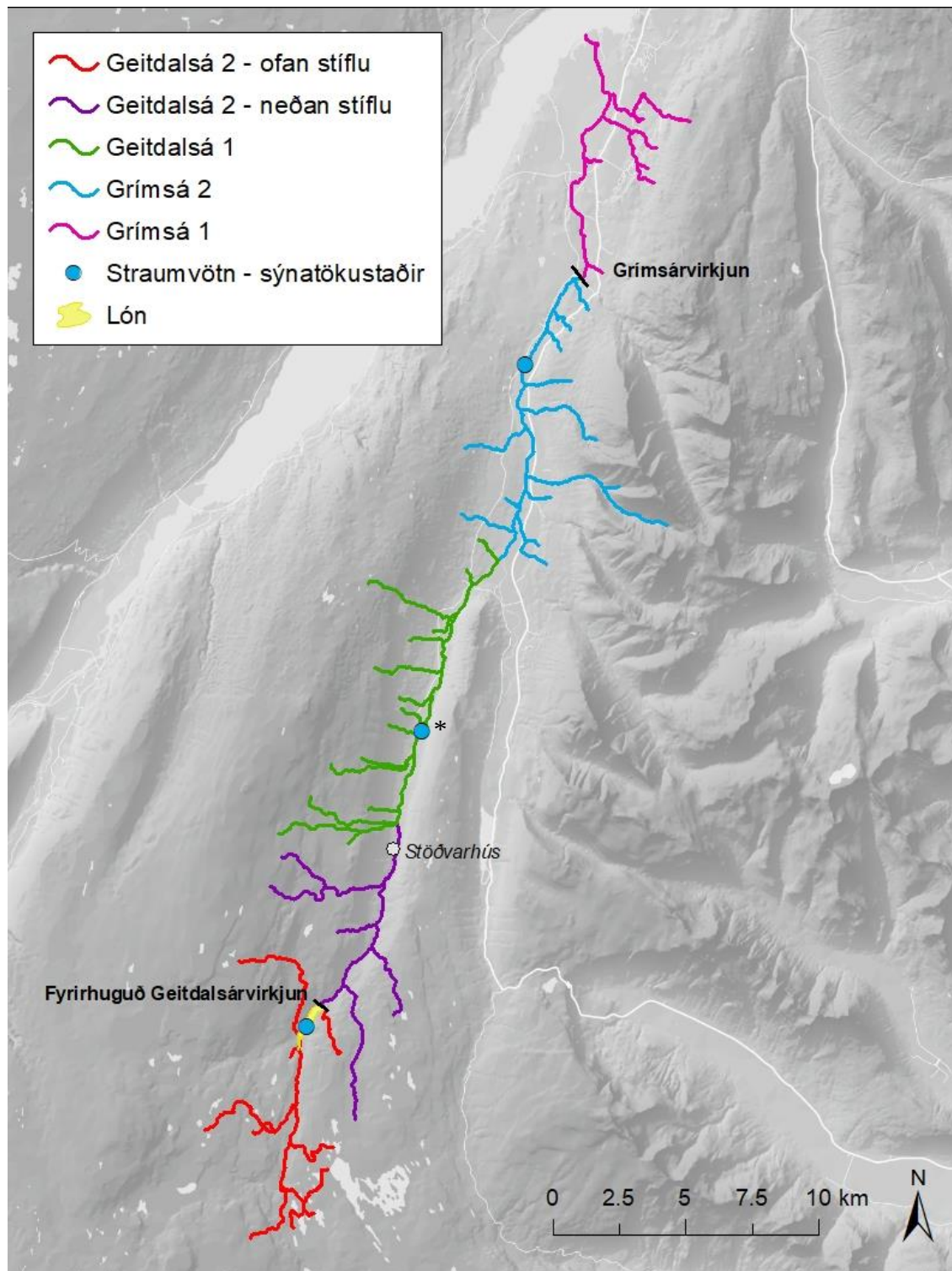
Inngangur

Mannvit verkfræðistofa óskaði eftir því að Náttúrustofa Austurlands gerði mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota sem eru á áhrifasvæði fyrirhugaðrar Geitdalsárvirkjunar. Einnig var óskað eftir því að unnið yrði mat á hvort og þá hvaða breytingar yrðu á vatnshlotunum ef fyrirhuguð Geitdalsárvirkjun verður byggð.

Framkvæmd við Geitdalsárvirkjun gerir ráð fyrir að áin verði stífluð og um 0,3 km² lón myndist neðan við ármót Geitdalsár og Ytri-Sauðár innanlega í Geitdal með tilheyrandi rennslisbreytingum á um 6 km löngum kafla (1. mynd).

Geitdalsá er skipt upp í tvö vatnshlot þ.e. Geitdalsá 2 (102-1082-R) og Geitdalsá 1 (102-1184-R). Vatnshlotin falla bæði undir vatnagerð RL1 en það eru straumvötn á láglandi (h.y.s. <600m) á eldri berggrunni landsins með litlum áhrifum vatna eða votlendis á vatnasviði (<12%) (1. mynd) (Stjórn vatnamála 2024a; 2024b). Hluti Geitdalsár 2 er þó í meiri hæð en 600 m. Neðan þingmúla sameinast Geitdalsá Múlaá og heitir þá Grímsá sem er skipt upp í 2 vatnshlot Grímsá 2 (102-112-R) ofan Grímsárvirkjunar og Grímsá 1 (102-1150-R) neðan virkjunar (Stjórn vatnamála, 2024d) (1. mynd). Grímsárvirkjun var reist árið 1957 og hefur stífla verið í ánni síðan. Ódádavötn (102-1328-L) sem er vatnaklasi á hálendinu inn af Skriðdal voru stífluð samhliða Grímsárvirkjun og hafa verið notuð til vatnsmiðlunar fyrir virkjunina en afrennsli vatnanna er að hluta til í Geitdalsá 2 (1. mynd). Fyrirhuguð Geitdalsárvirkjun mun hafa í för með sér stíflugerð og skerðingu á náttúrulegu rennsli á hluta vatnsholtsins Geitdalsá 2, eða frá inntakslóni sem er áætlað við ármót Geitdalsár og Ytri-Sauðár og að stöðvarhúsi sem er um 6 km neðar (Mannvit, 2019).

Tvær rannsóknir hafa farið fram á vatnalífriki í Geitdalsá/Grímsá svo vitað sé. Sú fyrri var gerð árið 2015 af Hafrannsóknastofnun í vatnshlotinu Geitdalsá 1 á einum stað (Tafla 1 og 1. mynd) og var hún gerð í tengslum við vöktun á áhrifum Holuhraungossins á lífríki í vatni (Jón S. Ólafsson, Guðni Guðbergsson, Ingi Rúnar Jónsson, Eydís Salome Eiríksdóttir, Jónína H. Ólafsdóttir og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, 2017). Seinni rannsóknin fór fram árið 2019 í Geitdalsá og Grímsá með það að markmiði að lýsa grunnástandi vatnalífríkisins á svæðinu vegna fyrirhugaðrar Geitdalsárvirkjunar (Kristín Ágústsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Rán Þórarinsdóttir, Halldór W. Stefánsson, Skarphéðinn G. Þórisson og Erlín E. Jóhannsdóttir, 2023). Sýnatökustöðvar voru í vatnshlotunum Geitdalsá 2, Geitdalsá 1 (á sama stað og árið 2015) og Grímsá 2 (1. mynd og Tafla 1).



1. mynd. Skipting straumvatnsins Geitdalsá/Grímsá upp í vatnshlot og sýnatökustaðir vegna lífríkisrannsókna árið 2015 (stjörnumerkt) og 2019 í vatnshlotunum (Bakgrunnskort og landupplýsingar: Samsýn, 2023; Veðurstofa Íslands, 2024).

Í reglugerð um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun (nr. 535/2011) kemur fram að eitt af markmiðum reglugerðarinnar er að tryggja gott vistfræðilegt ástand vatnshlota. Skilgreindir hafa verið líffræðilegir, eðlisefnafræðilegir og vatnsformfræðilegir

gæðapættir í straum- og stöðuvötnum sem horfa skal til þegar vistfræðilegt ástand vatnshlota er metið.

Líffræðilegir gæðapættir í straumvötnum eru hryggleysingar (tegundaauðgi, fjölbreytni og jafndreifni), púpuhamir rykmýs, blaðgræna α og fiskur. Auk þess hafa verið skilgreindar vísi- tegundir hryggleysinga fyrir straum- og stöðuvötn af tiltekinni vatnagerð, en samsetning hryggleysinga getur sagt til um hvort einhver röskun er á búsvæði þeirra. Eðlisefnafræðilegir og vatnsformfræðilegir þættir gefa síðan upplýsingar um eiginleika vatnshlotsins og eru notaðir til stuðnings við líffræðilegu gæðapættina. Eðlisefnafræðilegu þættirnir eru: rafleiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$) vatns, súrnunarástand (pH-gildi og basavirkni (meq/l)) og næringarefnaástand vatns (PO_4 , NO_3 , NH_4). Vatnsformfræðilegu þættirnir eru: vatnsbúskapur/rennslishættir og samfella áa (Umhverfisstofnun og Stjórn vatnamála, 2022).

Útbúið hefur verið flokkunarkerfi til að meta ástand vatnshlota fyrir hryggleysinga og blaðgrænu α (Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Fjóla Rut Svavarsdóttir og Svava Björk Þorláksdóttir, 2020) og gerð hefur verið tillaga að ástands- flokkunarkerfi fyrir fisk (Eydís Salome Eiríksdóttir og Ingi Rúnar Jónsson, 2023). Einnig hefur verið gerð tillaga að ástandsflokkunarkerfi fyrir vatnsformfræðilega gæðapætti sem lýsa mjög góðu ástandi (Svava Björk Þorláksdóttir, Eydís Salome Eiríksdóttir, Þóra Hrafnisdóttir og Tinna Þórarinsdóttir, 2023).

Markmið þessarar greinagerðar er að lýsa vistfræðilegu ástandi ofangreindra vatnshlota í dag með þeim leiðbeiningum og viðmiðum sem gefin hafa verið út og að meta hvort og þá hvaða áhrif fyrirhuguð Geitdalsárvirkjun hefur á vatnshlotin með tilliti til vistfræðilegs ástands.

Gögn og aðferðir

Við mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlotsins Geitdalsá 1 voru notaðar niðurstöður mælinga á eðlisefnaþáttum frá rannsóknunum árið 2015 (Jón S. Ólafsson o.fl, 2017). Rafleiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$), hiti ($^{\circ}\text{C}$) og pH-gildi árvatnsins var mælt mánaðarlega frá maí til september alls fimm sinnum á einum stað (1. mynd og Tafla 1). Þá var basavirkni mæld einu sinni í september og sýnum til mælinga á næringarefnum (PO_4 , NO_3 , NH_4) var safnað í júlí og september. Niðurstöður mælinga á næringarefnum lágu ekki fyrir þegar skýrslan kom út en voru til í gagnagrunni Hafrannsóknastofnunar og fengust með góðfúslegu leyfi þaðan (Hafrannsóknastofnun óbirt gögn, fengin í tölvupósti þann 7. febrúar 2024 frá Eydísi Salome Eiríksdóttur jarðefnafræðingi hjá Hafrannsóknastofnun). Nánari lýsing á aðferðum við söfnun sýna og mælingar má sjá í skýrslu Hafrannsóknastofnunar (Jón S. Ólafsson o.fl., 2017).

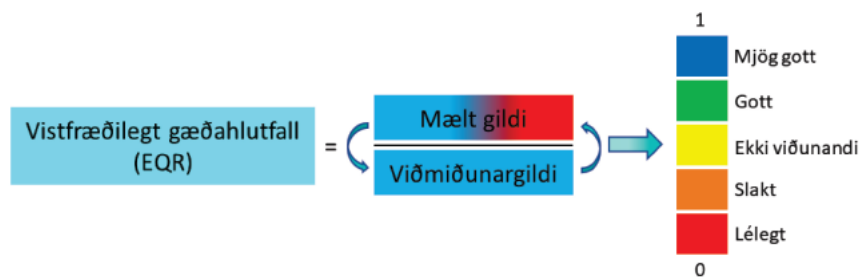
Í rannsóknunum árið 2019 var sýnum af botnhryggleysingjum (steina, spark og reksýni), safnað í eitt skipti í ágúst/september á árbotni úr vatnshlotunum Geitdalsá 2, Geitdalsá 1 og Grímsá 2 (1. mynd og Tafla 1). Samhliða því voru gerðar mælingar á blaðgrænu α á steinum og rafveitt var í öllum vatnshlotunum til að kanna tilvist fisks í vatnakerfinu. Rafleiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$), hiti ($^{\circ}\text{C}$) og pH-gildi árvatnsins var mælt í öllum vatnshlotunum í eitt skipti. Nánari lýsing á aðferðum við mælingar og söfnun sýna má finna í skýrslu Náttúrustofu Austurlands (Kristín Ágústsdóttir o.fl, 2023).

Tafla 1. Staðsetning sýnatökustöðva í þremur vatnshlotum frá rannsóknum árið 2015 og 2019.

Dags	Vatnshlot	Nr.	Hnit		
			Lat	lon	h.y.s
2015*	Geitdalsá 1	102-1082-R	64.99025	-14.68668	147
20.9.2019	Geitdalsá 2	102-1082-R	64.89344	-14.79306	438
12.9.2019	Geitdalsá 1	102-1184-R	64.99032	-14.68509	147
23.8.2019	Grímsá 2	102-1112-R	65.110701	-14.58320	90

* Jón S. Ólafsson o.fl., 2017

Út frá ofangreindum líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum þáttum sem aflað var árið 2015 og 2019 í vatnshlotunum var reiknað út svo kallað vistfræðilegt gæðahlutfall (e. Ecological quality ratio; EQR). EQR er staðlað gildi sem er hlutfallið á milli mældra tölulegra gilda úr rannsókn/vöktun fyrir viðkomandi gæðapátt og viðmiðunargildi viðkomandi gæðapáttar af tiltekinni vatnagerð, RL1 í þessu tilfelli (2. mynd). Niðurstöðurnar eru settar fram sem tölugildi á bilinu 0 til 1, þar sem 1 endurspeglar mjög gott (náttúrulegt ástand) og 0 sem endurspeglar versta ástand (Eydís Samole Eiríksdóttir o.fl., 2020). Í þeim tilfellum þar sem mæld gildi eru hærri en viðmiðunargildi þá reiknast gæðahlutfall þeirra hærri en 1 og er gildið þá sett sem 1 (Eydís Salome Eiríksdóttir, o.fl., 2020).



2. mynd. Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) er reiknað út frá hlutfalli milli mældra gilda og viðmiðunargilda. Niðurstöðurnar eru settar fram sem tölugildi með litakóða þar sem 1 (blátt) endurspeglar mjög gott (náttúrulegt) ástand og 0 (rautt) endurspeglar lélegt ástand (mynd fengin úr Eydís Salome Eiríksdóttir, o.fl., 2020).

Einnig var reiknað út svokallað samræmt vistfræðilegt gæðahlutfall (e. normalized ecological quality ratio, nEQR) en það var gert til að geta tekið meðaltal af útreiknuðum gildum út frá tegundaauðgi, Hill-shannon fjölbreytni og jafndreifni fyrir hryggleysingja en sameining matsþátta getur dregið úr hættu á rangri ástandsflokkun og eykur öryggi ástandsmatsins.

Jafnan til að reikna út nEQR er eftirfarandi og er fengin úr skýrslu Hafrannsóknastofnunar (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020):

$$nEQR = \left[\left(\frac{EQR - EQR_{neðri}}{EQR_{efri} - EQR_{neðri}} \right) * 0,2 \right] + nEQR_{neðri}$$

Þar sem

EQR er vistfræðilegt gæðahlutfall reiknað út frá niðurstöðum mælinga og viðmiðunargildi viðkomandi gæðabáttar,

$EQR_{neðri}$ er neðri mörk þess ástandsflokks sem viðkomandi vatnshlot fellur í miðað við reiknað EQR ,

EQR_{efri} er efri mörk þess ástandsflokks sem viðkomandi vatnshlot fellur í miðað við reiknað EQR ,

$nEQR_{neðri}$ er neðri mörk á samræmdum vistfræðilegum ástandsflokkum (*mjög gott* 0,8; *gott* 0,6; *ekki viðumandi* 0,4; *slakt* 0,2 og *lélegt* 0).

Ekki var raunhæft að nota laxfiska til ástandsflokkunar vatnshlotanna, þar sem engin seiði veiddust í Geitdalsá 2 þar sem virkjun er fyrirhuguð. Auk þess þurfa að liggja fyrir langtímagagnaraðir bæði út frá veiðitölum og seiðapétteleika við mat á ástandi fisks í straumvötnum (Eydís Salome Eiríksdóttir og Ingi Rúnar Jónsson, 2023).

Við mat á vatnsformfræðilegu ástandi vatnshlotanna var horft til nálgunar á aðferðum tengdum vatnsformfræðilegum breytingum sem eru í þróun hér á landi (Eydís S. Eiríksdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Kristján Geirsson og Sunna B. Ragnarsdóttir, 2020; Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023) og eru byggðar á norskum aðferðum (Harby, o.fl., 2018; Harby, o.fl., 2020). Hafa verður í huga hér að þessar aðferðir hafa fyrst of fremst verið prófaðar hér á landi til að meta vatnsformfræðilegar breytingar í straumvötnum sem þegar hafa verið raskaðar á áhrifasvæðum stórra virkjana sem eru stærri en 10 MW (Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023). Hér var gerð tilraun til að meta mögulegar breytingar á vatnsformfræði vatnshlota sem verða fyrir áhrifum af byggingu fyrirhugaðrar Geitdaslár virkjun út frá þessum aðferðum.

Aðferðin miðar að því að vatnshlotin séu skimuð í fyrstu og því svarað hvort álag er á vatnsformfræði þeirra. Ef svarið er nei þá er gert ráð fyrir að vatnsformfræði viðkomandi vatnshlots sé náttúrulegt og endurspegli þar með *mjög gott* vatnsformfræðilegt ástand (sjá mynd bls 25 í: Svava Björk Þorláksdóttir, o.fl., 2023). Ef svarið er hins vegar já þá er nánar kannað hvaða þættir verða fyrir breytingum og hversu miklum. Gæðabáttunum er skipt niður í matsþætti og hverjum matsþætti gefin einkunn eftir því hversu miklar breytingarnar eru (Tafla 2). Matsþáttur A er álag á langsnið s.s. eins og varnargarðar eða önnur mannvirki sem liggja samsíða straumvatninu, B er álag þvert á straumvatn eins og stíflur og áhrif út frá þeim, C eru önnur mannvirki og D1 eru breytingar á rennslisháttum (Tafla 2).

Loks er reiknuð út heildareinkunn fyrir alla matsþættina fyrir viðkomandi vatnshlot sem til skoðunar er með jöfnu sem hefur verið mótuð fyrir bergvatnsár (Svava Björk Þorláksdóttir, o.fl., 2023; Gerður Stefánsdóttir, Svava Björk Þorláksdóttir, Tinna Þórarinsdóttir og Morgane Priet-Mahéo, 2021):

$$\text{Vatnsformfræði bergvatnsáa} = ((A+B+C)/3+D1)*1/2$$

Við mat á mögulegum vatnsformfræðilegum breytingum á vatnshlot sem verða fyrir áhrifum fyrirhugaðrar Geitdalsárvirkjunar var aflað upplýsinga úr matsskýrslu (matsþættir A og C) (Mannvit 2019) og frá Mannviti (Haukur Einarsson, tölvupóstur þann 1. febrúar 2024). Fyrir matsþátt B var einnig aflað upplýsinga úr Matsskýrslu (Mannvit 2019) en auk þess var vatnavefsjaín (Stjórn vatnamála, 2023a; 2023b) notuð til að fá heildarlengd vatnshlota. Einnig

var lengd árfarveganna ofan og neðan fyrirhugaðrar stíflu reiknuð út í forritinu ArcMap út frá gögnum sem fengust frá Veðurstofu Íslands (2024).

Fyrir matsþátt D1 voru áætlaðar rennslisbreytingar eftir virkjun fyrir neðan stíflu í vatns-hlotunum Geitdalsá 2 og Geitdalsá 1 (Jón Bergur Helgason Véla- og orkutæknifræðingur, gögn fengin í tölvupósti þann 26. febrúar 2024).

Við útreikninga á lokaeinkunn var tekið meðaltal af matsþáttum B (4 þættir) og matsþáttum D1 (5 þættir). Lokaeinkunn fékkst svo með jöfnu sem gefin er upp hér að ofan.

Tafla 2. Matsþættir og mörk flokka við útreikninga á vatnsformfræði bergvatnsáa (tafla fengin úr Svava Björk Þorlákssdóttir o.fl., 2023).

Gæðabáttur	Áhrifabáttur	Mörk flokka						
		Matsþáttur	Mælikvarði á breytingar	Náttúrulegt	Lítil áhrif	Nokkur áhrif	Mikil áhrif	Mjög mikil áhrif
Einkunnagjöf			5	4	3	2	1	
Samfella ár	A	Varnargarðar	Hversu stór hluti árinna? (%)	<10	10–30	30–65	65–80	>80
	B	Stíflur í farvegi	Barriereffect (Sandlund o.fl., 2013)	<0,2	0,2–0,4	0,4–0,6	0,6–0,8	>0,8
		Uppskipting farvegjar	Fragmenteringsgrad (Sandlund o.fl., 2013)	<0,5	0,5–0,65	0,65–0,8	0,8–0,83	>0,83
		Lónaáhrif	Hlutfall farvegjar ofan stíflu undir áhrifum af stíflu	<10	10–30	30–50	50–80	>80
		Uppistöðuáhrif	Fjarlægð að fyrstu hindrun (km)	Engin hindrun	>50 km	10–50 km	2–10 km	<2 km
	C	Mannvirki önnur en stíflur *	Hversu stór hluti árinna er undir áhrifum? (%)	<5	5–33	33–50	50–80	>80
	E	Svifaursbreytingar **	Hlutfallsleg minnkun svifaurs	<10	10–25	25–50	50–80	>80
Vatnsbúskapur/Rennslisbættir	D1	Heildarrennslí	Breyting á heildarrennslí (%)	<15	15–30	30–50	50–95	>95
		Lágrennslí sumar	7 daga lágrennslí jún–sept (miðað við óbreytt) (%)	<10	10–20	20–40	40–60	>60
		Lágrennslí vetur	7 daga lágrennslí nóv–mars (miðað við óbreytt) (%)	<5	5–10	10–30	30–50	>50
		Tíðni 1 árs flóða	Breyting á endurkomuhlutfalli	engin breyting	5–10 ár	sjaldnar en á 10 ára fresti		
		Tíðni 10 ára flóða	Breyting á endurkomuhlutfalli	ekki sjaldnar en á 15 ára fresti	15–30 ár	sjaldnar en á 30 ára fresti		
	D2	Skammtíma rennslisbreytingar (peaking) *	Hlutföll á milli há- og lágrennslis	<1,5	1,5–3	3–5	5–10	>10
		Hraði rennslisbreytinga *	Lækkunarhraði (cm/klst.)	<5	5–13	13–20	20–30	>30

* Á aðeins við um bergvatnsár. ** Á aðeins við um jökulár.

Út frá reiknuðum gildum fæst einkunn sem er frá 5,00 sem er *mjög gott* ástand og lýsir náttúrulegu eða lítt röskuðum vatnsholum niður í 1,00 sem er *lélegt* ástand (Tafla 3).

Tafla 3. Einkunnarkvarði sem notaður er til að meta vatnsformfræðilegt ástand vatnshlota (tafla endurgerð úr Svava Björk Þorlákssdóttir o.fl., 2023).

Einkunn	Ástand
5,00 – 4,21	Mjög gott
4,20 – 3,41	Gott
3,40 – 2,61	Ekki viðunandi
2,60 – 1,81	Slakt
1,80 – 1,00	Lélegt

Einungis var metið vatnsformfræðilegt ástand Geitdalsá 2 og Geitdalsá 1 þar sem Grímsá 2 er þegar undir áhrifum virkjunar.

Niðurstöður og umræður

Mat á núverandi vistfræðilegu ástandi vatnshlota á áhrifasvæði Geitdalsárvirkjunar

Meðaltal samræmds vistfræðilegs ástands (nEQR) fyrir hryggleysingja var 1 eða *mjög gott* í öllum vatnshlotum sem voru til skoðunar (Tafla 4). Tegundasamsetning, tegundaauði, Hill-Shannon fjölbreytnistuðull (N_1) og jafndreifni (E) var eins og búast má við í óröskuðum ám af sömu vatnagerð. Tegundaauði var svipuð á öllum stöðum en Hill-Shannon fjölbreytnistuðull og jafndreifni var lægst í Geitdalsá 2 en sú sama í Geitdalsá 1 og Grímsá 2 (Tafla 4).

Allar vísitæguindir hryggleysingja sem skilgreindar hafa verið fyrir vatnagerð RL1 fundust í öllum vatnshlotunum en það voru rykmýstegundirnar *Diamesa bertrami*, *Eukiefferiella minor*, *E. claripennis*, *Micropsectra* sp., *Orthocladus frigidus*, og *Thienemanniella* sp. Í töflu 5 má finna tegundalista yfir botnhryggleysingja sem fundust í vatnshlotunum og liggja að baki útreikningum á tegundaauði, Hill-Shannon fjölbreytnistuðli og jafndreifni.

Samræmt vistfræðilegt gæðahlutfall (nEQR) fyrir blaðgræna *a* var einnig 1 eða *mjög gott* í öllum vatnshlotum og eins og búast má við í óröskuðum ám af vatnagerðinni RL1. Blaðgræna *a* mældist hæst í Grímsá 2 eða $0,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ en sú sama í Geitdalsá 2 og Geitdalsá 1 ($0,1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$). Gildin í Geitdalsá 1 árið 2015 voru þau sömu og mældust árið 2019 en aðferðafræðin var þó önnur við mælingarnar (Tafla 4).

Útreikningar á nEQR fyrir eðlisfræðilega matsþætti leiddi í ljós að vistfræðilegt ástand Geitdalsár 1 var *mjög gott* (1,0) fyrir rafleiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH-gildi og basavirkni og fyrir rafleiðni og pH-gildi í vatnshlotinu í Geitdalsá 2. Í Grímsá 2 var vistfræðilegt ástand einnig *mjög gott* fyrir rafleiðni en pH-gildið mældist 6,6 og reiknaðist nEQR 0,70 sem lýsir *góðu* vistfræðilegu ástandi hvað pH-gildi varðar, en gildin fyrir gott ástand spanna bilið frá 0,6 til 0,8. Fyrir næringarefnin fosfór, ammoníak og níturat sem mæld voru í Geitdalsá 1 árið 2015 reiknaðist nEQR 1,0 sem lýsir *mjög góðu* vistfræðilegu ástandi (Tafla 4).

Líkt og getið er á um í aðferðakaflanum voru næringarefni ekki mæld í rannsóknunum sem fóru fram árið 2019, en ekkert af líffræðilegu matsþáttunum benda til að vatnshlotin séu undir álagi af næringarefnaauðgun. Blaðgræna *a* og matsþættir sem reiknaðir voru út fyrir hryggleysingja eru eins og búast má við í óröskuðum ám og rykmýstegundir sem eru taldar hverfa við næringarefnaauðgun voru allar í hlutfallslega miklum þéttleika í vatnshlotunum en þær eru *Diamesa bertrami*, *Eukiefferiella minor* og *Orthocladus frigidus* (Tafla 5).

Tafla 4. Niðurstöður matsþátta og útreikningar á samræmdu vistfræðilegu gæðahlutfalli (nEQR) frá gögnum sem aflað var í Geitdalsá 1 árið 2015 (Jón S. Ólafsson o.fl., 2017; Hafrannsóknastofnun óbirt gögn) og Geitdalsá 2, Geitdalsá 1 og Grímsá árið 2019 (Kristín Ágústsdóttir o.fl., 2019). Skammstöfunin EM þýðir að matsþáttur var ekki mældur. Litakóði ástands flokkunar út frá nEQR blátt=mjög gott ástand, grænt=gott ástand.

Matsþættir		Geitdalsá 2	Geitdalsá 1	Geitdalsá 1 (2015)	Grímsá 2	Geitdalsá 2	Geitdalsá 1	Geitdalsá 1 (2015)	Grímsá 2
		Niðurstöður mælinga				nEQR			
Hrygg.	Tegundaaúðgi (N_0)	24	26		23	1.0	1.0		1.0
	Sahnnnon fjölbreytni (N_1)	5.1	10.0		10.3	1.0	1.0		1.0
	Shannon jafndreifni (E)	0.5	0.7		0.7	0.9	1.0		1.0
Meðaltal matsþátta						1.0	1.0		1.0
Botnþ.	Blaðgræna a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	0.1	0.1	0.1	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0
Eðlisþættir	Rafleiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	24.5	28.2	34.1*	34.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	pH-gildi	7.40	7.17	7.37*	6.58	1.0	0.9	1.0	0.7
	Basavirkni (meq/l)	EM	EM	0.31	EM			1.0	
Efnabættir	Fosfat (PO_4) ($\mu\text{mol}/\text{l}$)	EM	EM	0.09**	EM			1.0	
	Nítrat (NO_3) ($\mu\text{g}/\text{l}$)	EM	EM	<0.07**	EM			1.0	
	Ammóníum (NH_4) ($\mu\text{g}/\text{l}$)	EM	EM	0.50**	EM			1.0	

* Meðaltal 5 mælinga frá maí - september

**Meðaltal tveggja mælinga frá júlí og september

Í viðauka I er að finna allar mælingar á eðlisefnaþáttum í Geitdalsá 2, Geitdalsá 1 og Grímsá 2.

Tafla 5. Meðalpéttleiki og hlutfallslegur péttleiki (%) hryggleysingja í þremur vatnshlotum á áhrifasvæði Geitdalsárvirkjunar gögn frá árinu 2019 (Kristín Ágústsdóttir o.fl., 2019). Tegund er merkt með stjörnu (*) ef hún er skilgreind sem vísitægund (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020).

Vatnshlot	Geitdalsá 2		Geitdalsá 1		Grímsá 2	
	meðalt.	%	meðalt.	%	meðalt.	%
Krabbadýr (Crustacea)						
Skelkrebbs (Ostracoda)	107	0.8	129	2.3	21	0.5
Vatnaflær (Cladocera)						
Mánafló (<i>Alona affinis</i>)	91	0.7	28	0.5		
Ranafló (<i>Bosmina coregoni</i>)	32	0.2		0.0		
Kúlufló (<i>Chydorus sphaericus</i>)	87	0.6	158	2.8	14	0.3
Broddfló (<i>Macrothrix hirsuticornis</i>)	639	4.6				
(<i>Daphnia</i> sp.)	11	0.1	58	1.0		
Árfætlur (Copepoda)						
Augndýli (Cyclops)	719	5.2	130	2.3	4	0.1
Svifdýli (Diaptomus)	559	4.1	14	0.3	8	0.2
Ormdýli (Harpacticoidae)			46	0.8		
Ánar (Oligochaeta)						
Sundáanar (Naididae) ógr.	26	0.2	158	2.8	104	2.4
kviðburstungur (<i>Chaetogaster</i>)			171	3.0	62	1.4
Pottormar (Enchytraeidae)			72	1.3	20	0.5
Rykmý (Chironomidae) lifur ógr.	137	1.0				
Bogmý (Orthocladiinae) ógr.	25	0.2	88	1.5	216	5.0
<i>Eukiefferiella claripennis</i> *	26	0.2	19	0.3	42	1.0
<i>Eukiefferiella minor</i> *	504	3.7	465	8.2	946	22.0
<i>Orthocladus</i> (O.) <i>frigidus</i> *	133	1.0	142	2.5	172	4.0
<i>Orthocladus</i> (O.) <i>oblidens</i>					111	2.6
<i>Paratrichocladus</i>					97	2.3
<i>Rheocricotopus effusus</i>			178	3.1	78	1.8
<i>Thienemanniella</i> sp.*	25	0.2	488	8.6	394	9.2
Kulmý (Diamesinae) ógr.	127	0.9	71	1.3	143	3.3
<i>Diamesa bertrami/latitarsis</i> -hópur*	8246	60	2163	38.0	447	10.4
<i>Diamesa bohemani/zernyi</i> -hópur	627	4.6	567	10.0	702	16.3
<i>Pseudodiamesa</i>	639	4.6	58	1.0		
Ránmý (Tanypodinae)						
<i>Macropelopia</i>	25	0.2				
Þeymý (Chironominae) ógr.	25	0.2				
<i>Micropsectra</i> sp.*	158	1.1	180	3.2	247	5.7
<i>Paracladopelma nigrifula</i>					6	0.2
<i>Tanytarsus</i>	120	0.9				
Rykmý (Chironomidae) þúpur	297	2.2	144	2.5	221	5.1
Bitmý (Simuliidae) lifur						
<i>Simulium</i> (P.) <i>vittatum</i>	169	1.2	15	0.3	41	0.9
Önnur vatnadýr						
Flatormar (Platyhelminthes)	17	0.1	42	0.7		
Steinfluga (<i>Capnia vidua</i>)					9	0.2
Lúsmý (Ceratopogonidae)					12	0.3
Vatnamaurur (Hydracarina)	117	0.9	58	1.0	183	4.3
Strandfluga (<i>Clinocera stagnalis</i>)	88	0.6	29	0.5		
Lækjafluga (<i>Calliophrys riparia</i>)			13	0.2		
Þráðormar (Nematoda)	32	79				
Tegundir af landi						
Stökkmor (Collembola)			29	44	8	27
Skortíta (Hemiptera)			42	71		

*vísitægundir (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020)

Niðurstöður skimunar á vatnsformfræði vatnshlotanna leiddi í ljós að ekkert eða lítið álag er af manna völdum á Geitdalsá 2 og Geitdalsá 1 og fá þau því einkunnina 5,00 sem lýsir *mjög góðu* og náttúrulegu ástandi. Grímsá 2 er undir álagi Grímsárvirkjunar og er ástand þess vatnshlots óþekkt, tilgangur þessarar vinnu var ekki að meta það álag.

Möguleg áhrif fyrirhugaðrar Geitdalsárvirkjunar á vistfræðilegt ástand vatnshlota

Þær forsendur sem gefnar voru fyrir útreikninga á vatnsformfræðilegu ástandi Geitdalsá 2 ef virkjun verður að veruleika (Tafla 6) gera ráð fyrir að vatnshlotið falli úr *mjög góðu* (5,00) ástandi niður í *gott ástand* (3,83) (Tafla 7) og eru það áhrifin af þversniði/stíflu (B) og breyttir rennslishættir (D1) sem vega þýngst í því að vatnshlotið falli um flokk.

Tafla 6. Matsþættir og einkunn sem gefnar voru til útreikninga á vatnsformfræði Geitdalsá 2 og Geitdalsá 1 eftir fyrirhugaða Geitdalsárvirkjun.

	Matsþáttur	Geitdalsá 2 - milli stíflu og stöðvarhúss	Geitdalsá 1 - milli stöðvarhúss og Grímsár
A	Varnargarðar	5 (engin garðar)	5 (engin garðar)
B	Stíflur í farvegi	3	5
	Uppskipting farvegar	3	5
	Lónaáhrif	3	5
	Uppistöðuáhrif	2	5
C	Mannvirki önnur en stíflur	5 (engin mannvirki)	5 (engin mannvirki)
D1	Heildarrennsli	5 (rennslisvirkjun, allt skilar sér)	5 (rennslisvirkjun, allt skilar sér)
	lágrennsli sumar	2(47%)	2(57%)
	Lágrennsli vetur	5(-11%)	5(-63%)
	Tíðni 1 árs flóða	2(29ár)	3(9.7ár)
	Tíðni 10 ára flóða	3(22.6 ár)	5(6.5 ár)

Tafla 7. Niðurstaða útreikninga (spá) á vatnsformfræðilegu ástandi vatnshlota ef fyrirhuguð Geitdalsárvirkjun verður að veruleika.

	A. Langsnið	B. Þversnið	C. Í farvegi	D1. Rennsli	Heildareinkunn
Geitdalsá 2	5	3	4	3	3,83
Geitdalsá 1	5	5	5	4	4,50
Grímsá 2	EM	EM	EM	EM	Óþekkt

Stíflur í farvegi (matsþáttur B) hafa áhrif á fiskgöngur og far annarra lífvera upp og niður árfarveginn (Sandlund o.fl., 2013). Þar sem ekki er talið að fiskur lifi í vatnshlotinu Geitdalsá 2 vegna ófiskgengra fossa verða áhrifin á far fiska engin en stíflan heftir engu að síður far hryggleysingja, framburð sets og agna niður árfarveginn sem getur haft áhrif á vistfræðilega gæðabætti neðan stíflu. Ekki er talað um í aðferðafræðinni sem stuðst er við að vægi matsþáttarins sé minni þótt vatnshlotið sé fisklaust.

Neðan við stíflu verða breytingar á rennsli árinna (matsþáttur D1) og má gera ráð fyrir að áhrifin verði nokkur (Tafla 2 og Tafla 7). Fjölmargar rannsóknir hafa sýnt að breyttir rennslishættir af manna völdum hafa nokkuð umfangsmikil og víðtæk áhrif á straumvatnsvistkerfi (t.d. Poff og Zimmerman, 2010; Poff o.fl., 1997; Zeirigner o.fl., 2018). Sem dæmi má nefna þá geta breyttir rennslishættir haft þau áhrif að tegundafjölbreytni hryggleysingja minnkar, samfélög hryggleysingja breytist þannig að viðkvæmum tegundum fækkar og aðrar gætu alveg horfið og öðrum tegundum gæti þá fjölgað í kjölfarið (Zeirigner o.fl., 2018). Einnig gæti orðið breyting á magni þörunga á árbótunum og samfélög botnþörunga raskast.

Ómögulegt er að spá fyrir um hvaða eða hvort breytingar verða á vistfræðilegu ástandi vatnshlotanna neðan stíflu í Geitdalsá nema með vöktun á líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum þáttum.

Í lóninu ofan stíflu (matspáttur B) verða breyting á tegundasamsetningu hryggleysingja. Bitmý (Simuliidae), sem er aðlagð að rennandi vatni, mun hverfa á þeim kafla og einnig verður væntanlega röskun á tegundasamsetningu rykmýs og tegundir sem aðlagðar eru að lífi í stöðuvötnum verða ríkjandi svo sem eins og dýra og plöntusvif (Benóný Jónsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, 2020). Ofan inntakslóns verður hins vegar engin breyting á vistfræðilegu ástandi vatns.

Talið er að vatnsformfræði Geitdalsá 1 breytist óverulega og að vatnhlotið haldi *mjög góðu* vatnsformfræðilegu ástandi miðað við þær forsendur sem voru gefnar þ.e. að litlar rennslisbreytingar verði í ánni og að henni verði ekki raskað á neinn hátt. Einnig er gert ráð fyrir að breyting á vatnsformfræði Grímsá 2 verði óveruleg frá því sem nú er en ekki fór fram ástandsmat á vatnsformfræði þess fyrir virkjun (Tafla 7). Ekki er hægt að spá fyrir með vissu hvert vistfræðilegt ástand Geitdalsá 1 og Grímsá 2 verður eftir virkjun nema með vöktun en gera má ráð fyrir að áhrifin minnki eftir því sem neðar dregur í vatnakerfið þar sem rennslisbreytingar verða minni en í Geitdalsá 2.

Lokaorð

Ástand allra vatnshlota sem voru til skoðunar var metið *mjög gott* eða *gott* fyrir matsþættina hryggleysingja, eðlisfræðilega og vatnsformfræðilega gæðapætti fyrir virkjun. Ekki var unnt að meta ástand fyrir efnafræðilega þætti nema í vatnshlotinu Geitdalsá 1 en það var einnig *mjög gott*.

Við byggingu Geitdalsárvirkjunar verður breyting á vatnsformfræði í Geitdalsá 2, þar sem stífla verður reist í árfarveginum, lón myndað og rennslisbreytingar verða í ánni neðan stíflu. Tilraun til útreikninga á vatnsformfræðilegu ástandi í Geitdalsá 2 eftir virkjun gerir ráð fyrir að vatnsformfræði vatnshlotsins fari úr *mjög góðu* ástandi í *gott* ástand. Breytingar á líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum þáttum má helst búast við neðan stíflu og í uppistöðulóninu. Ekki er nákvæmlega hægt að segja fyrir um hverjar breytingarnar verða nema með vöktun á líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum eftir að virkjun hefur verið reist.

Gert er ráð fyrir að allt vatn sem notað var til raforkuframleiðslu muni skila sér aftur í ána um 6 km neðan við stífluna og að rennslisbreytingar í Geitdalsá 1 og Grímsá 2 verða litlar. Tilraun til útreikninga á vatnsformfræðilegu ástandi í Geitdalsá 1 eftir virkjun sýndi að vatnsformfræðilegt ástand vatnshlotsins helst óbreytt, eða *mjög gott* eftir virkjun. Ekki er nákvæmlega hægt að segja fyrir um hverjar breytingarnar verða nema með vöktun á líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum eftir að virkjun hefur verið reist.

Heimildir

- Benóný Jónsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir (2020). *Vatnalífsrannsóknir í Þórisvatni 2017 og 2018*. Hafnarfjörður: Hafrannsóknastofnun.
- Eydís Salome Eiríksdóttir og Ingi Rúnar Jónsson (2023). *Laxfiskar sem gæðapáttur við ástandsflökkunferskvatns á Íslandi*. Unnið fyrir Umhverfisstofnun og Stjórn vatnamála. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Eydís S. Eiríksdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Kristján Geirsson og Sunna B. Ragnarsdóttir (2020). *Fyrstu skref við mat á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum. Vatnsformfræðilegar breytingar á straum- og stöðuvötnum á virkjanasvæðum*. Reykjavík: Stjórn Vatnamála.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Fjóla Rut Svavarsdóttir og Svava Björk Þorláksdóttir (2020). *Lýsing á viðmiðunaraðstæðum straum- og stöðuvatna á Íslandi*. Skýrsla til Umhverfisstofnunar. Leiðrétt útgáfa nóvember 2022. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Gerður Stefánsdóttir, Svava Björk Þorláksdóttir, Tinna Þórarinsdóttir og Morgane Priet-Mahéo (2021). *Vatnsformfræðilegir gæðapættir straum- og stöðuvatna. Tillaga að gæða- og matspáttum*. Skýrsla til Umhverfisstofnunar. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Jón S. Ólafsson, Guðni Guðbergsson, Ingi Rúnar Jónsson, Eydís Salome Eiríksdóttir, Jónína H. Ólafsdóttir og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir (2017). *Áhrif Holuhraungossins á vatnalíf á Norðaustur- og Austurlandi*. Bls 73-85 í: Bjarni Diðrik Sigurðsson og Gerður Stefánsdóttir (ritstj): *Áhrif Holuhraungossins á umhverfi og heilsu*. Landbúnaðarháskóli Íslands og Veðurstofa Íslands <https://www.vedur.is/um-vi/frettir/ahrif-gossins-i-holuhrauni-a-umhverfi-og-heilsu>
- Harby, A., Bakken, T.H., Dervo, B., Gosselin, M.-P., Kile, M.R., Lindholm, M., Sundt, H. & Zinke, P. (2018). Forslag til metode for klassifisering av hydromorfologisk tilstand i norske elver. Skýrsla Sintef Energi AS, Vannressurser, 2018:00482. 67 bls.
- Harby, A., Bakken, T.H., Hansen, B.T., Lindholm, M., Museth, J., Schönfelder, L.H., & Zinke, P. (2020). Hydromorfologisk klassifisering av elver og økologisk relevans - testing av metode. Skýrsla Sintef Energi AS, Vannressurser, 2020:01246. 82 bls.
- Kristín Ágústsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Rán Þórarinsdóttir, Halldór W. Stefánsson, Skarphéðinn G. Þórisson og Erlín E. Jóhannsdóttir (2023). *Geitdalsárvirkjun. Gróður, fuglar, hreindýr og vatnalíf*. Unnið fyrir Mannvit. Neskaupstað: Náttúrustofa Austurlands.
- Mannvit (2019). *Geitdalsárvirkjun ehf. Allt að 9,9 MW virkjun í Geitdalsá í Múlapingi*. Mat á umhverfisáhrifum. Matsáætlun. Reykjavík: Mannvit.
- Umhverfisstofnun og Stjórn vatnamála (2022). *Vatnaáætlun Íslands 2022 – 2027*. Reykjavík: Umhverfisstofnun.
- Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E. og Stromberg, J.C. (1997). The natural flow regime. *BioScience* 47: 769–784.
- Poff, N.L. og Zimmerman, J.K.H. (2010). Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology* 55: 194–205. DOI:10.1111/j.1365-2427.2009.02272.x.
- Sandlund, O.T., Bergan, M.A., Brabrand, A., Diserud, O.H., Fjeldstad, H., Gausen, D., Halleraker, J.H., Haugen, T., Hegge, O., Helland, I.P., Hesthagen, T., Nost, T. & Pulg, U. (2013). Vannforskriften og fisk – forslag til klassifiseringssystem. Miljødirektoratet, Rapport M22-2013. 59 bls.
- Stjórn vatnamála (2024a). *Geitdalsá 2*. Skoðað þann 17. janúar 2024 á: <https://vatnavefsja.vedur.is/#/waterbody/102-1082-R>
- Stjórn vatnamála (2024b). *Geitdalsá 1*. Skoðað þann 17. janúar 2024 á: <https://vatnavefsja.vedur.is/#/waterbody/102-1184-R>
- Stjórn vatnamála (2024c). *Grímsá 2*. Skoðað þann 17. janúar 2024 á: <https://vatnavefsja.vedur.is/#/waterbody/102-1112-R>
- Stjórn vatnamála (2024d). *Grímsá 1*. Skoðað þann 17. janúar 2024 á: <https://vatnavefsja.vedur.is/#/waterbody/102-1150-R>
- Svava Björk Þorláksdóttir, Eydís Salome Eiríksdóttir, Þóra Hrafnisdóttir og Tinna Þórarinsdóttir (2023). *Aðferðir við mat á mjög góðu vatnsformfræðilegu ástandi straum- og stöðuvatna*. Unnið fyrir Umhverfisstofnun. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Veðurstofa Íslands (2024). *Vatnavefsja, landupplýsingar 2024_01_25_gogn_f og vatnamal\stjvm_vatnshlot_v2021_isn93*. Sótt í janúar 2024 á [arcgis on luk.vedur.is](http://arcgis.on.luk.vedur.is)
- Veðurstofa Íslands (2024). *Vatnavefsja, landupplýsingar 2024_01_25_gogn_f og vatnamal\stjvm_vatnshlot_v2021_isn93*. Sótt í janúar 2024 á [arcgis on luk.vedur.is](http://arcgis.on.luk.vedur.is)
- Zeiringer, B., Seliger, C., Greimel, F. & Schmutz, S. (2018). River hydrology, flow alteration, and environmental flow. Bls. 67–89 í: Schmutz, S. & Sendzimir, J. (ritstj.). *Riverine Ecosystem Management*. Science for

governing towards a sustainable future. Aquatic Ecology Series 8. Springer Cham. DOI:
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3>.

Þórólfur Antonsson, Leó A. Guðmundsson, Ingi Rúnar Jónsson og Guðmunda Björg Þórðardóttir (2014). *Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Laxfiskar í straumvötnum*. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. VMST/14007, 26 bls.

NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Bakkavegi 5 • 740 Neskaupstaður • Sími 477-1774 • Netfang: na@na.is
Tjarnarbraut 39B • 700 Egilsstaðir • Veffang: www.na.is