

Margaret J. Filardo, Ph.D.
2434 NE 45th Ave
Portland, Oregon 97213
USA
Margaret.Filardo@gmail.com

[Íslensk þýðing]

30. maí 2023

[...]

Í því sem hér fer á eftir koma fram athugasemdir mínar varðandi áhrif vatnsaflsvirkjana á fiskistofna í neðri hluta Þjórsár, til að byrja með Hvammsvirkjun, sem er yfirvofandi. Athugasemdir mínar eru byggðar á þriggja áratuga reynslu minni sem sérfræðings við Fish Passage Center [Fiskvegamiðstöðinni í Portland, Oregon] þar sem ég stundaði rannsóknir á áhrifum af rekstri vatnsaflsvirkjana á fiskistofna í Kólumbíufljóti og Snákafljóti [í norðvesturfylkjum Bandaríkjanna].

Vatnsföll eru gríðarlega mikilvæg og fjölbreytt vistkerfi. Straumvatn tengir saman landsvæði með því að veita vatni, seti, lífverum og næringarefnum til flóðsléttna, árósa og allt fram til sjávar. Hæfni vatnsfalla til að viðhalda líffræðilegum fjölbreytileika og veita margháttaða vistkerfisþjónustu er háð því hvernig náttúrulegum farvegum þeirra og tengslum er viðhaldið (Thieme o.fl., 2021).

Töluvert liggur fyrir af gögnum um mat á árangri mótvægisáðgerða sem miða að því að fiskar komist lífs af þrátt fyrir vatnsaflsvirkjanir. Niðurstaðan er að þessar áðgerðir ná sjaldan þeim árangri að viðhalda náttúrulegri hrygningu og sjálfbærni laxastofna. Þekking liggur fyrir um virkni mótvægisáðgerða í Kólumbíufljóti og öðrum vatnakerfum. Miðað við þá reynslu verður að gjalda varhug við hinum allt of bjartsýnu ályktunum sem settar eru fram um árangur mótvægisáðgerða sem ráðgerðar eru í tilviki Hvammsvirkjunar.

Þau vandamál sem vatnsaflsvirkjanir og rekstur þeirra skapa, eru stórfelld og víðtæk. Afleiðingarnar á laxastofninn í Þjórsá og mögulega á vistkerfi og líffræðilegan fjölbreytileika alls svæðisins eru áhyggjuefni. Áform um byggingu fleiri vatnsaflsvirkjana ætti því að taka til alvarlegrar og gagn Gerrar endurskoðunar, en nefna má að á svæðum eins og við Kólumbíufljót er um þessar mundir verið að hugleiða niðurrif stíflna vatnsaflsvirkjana í stórum stíl í því augnamiði að endurheimta laxastofna í útrýmingarhættu.

Ég hef einkum eftirfarandi að athuga við áformin:

- **Ólíklegt er að fyrirliggjandi tillaga um seiðaveitu myndi tryggja þá afkomu seiða sem áætlanir gera ráð fyrir. Seiðaveita mun ekki koma í veg fyrir hnignun fiskistofna Þjórsár.**
- **Ályktanir sem dregnar eru af öðrum stíflum um ætlaðan árangur seiðaveitu við Hvammsvirkjun eiga ekki við. Ekki er hægt að sjá fyrir atferli fiska.**
- **Greiningarnar taka ekki til allra fisktegunda Þjórsár og ekki er tekið tillit til mismunandi lífsferils fiska (e. *iteroparity*, ísl. *endurtekin hrygning*).**

- Hugsanleg áhrif loftslagsbreytinga á svæðinu eru ekki tekin með í reikninginn. Breytingar á hitastigi, sem leiða til breytinga á rennslisháttum, gætu haft djúpstæð áhrif samfara hlýnun sjávar.
- Framlögð tillaga um að seiðaveita sé höfð opin í um einn mánuð ár hvert til að aðstoða seiði við niðurgöngu er líklega ófullnægjandi til þess að viðhalda viðhlítandi erfðafræðilegum fjölbreytileika fiskistofna. Erfðafræðileg fjölbreytni er forsenda þess að fiskistofn standi af sér álag vegna umhverfisbreytinga.
- Við mat á afkomu laxastofnsins hefur ekki verið tekið tillit til þeirra áhrifa sem mjög grunnt vatn á þriggja kílómetra löngum kafla í [náttúrulegum] farvegi Þjórsár neðan við stíflu Hvammsvirkjunar myndi hafa á laxaseiði.
- Fyrir laxaseiða um stíflumannvirki getur leitt til álags sem veldur ótímabærum dauða síðar á lífsferlinum (e. *delayed mortality*).
- Stíflur og virkjunarlón lengja þann tíma sem það tekur gönguseiði að ná til sjávar.
- Lífslíkur í sjó skipta miklu fyrir afkomu laxastofna en segja þó ekki alla söguna.
- Hnignun fiskistofna í Þjórsá varðar ekki einungis Þjórsá sjálfa. Heildaráhrif á líffræðilegan fjölbreytileika svæðisins eru virt að vettugi.

Meginniðurstaða mín er, með hliðsjón af mikilvægi laxastofnsins í Þjórsá fyrir laxastofna Íslands í heild og í ljósi mögulegra áhrifa loftslagsbreytinga, **að bygging Hvammsvirkjunar myndi stefna laxastofnum árinna, og mögulega vistkerfi þeirra og svæðisbundnum líffræðilegum fjölbreytileika, í stórfellda hættu.**

Virðingarfyllt,

Margaret J. Filardo Ph.D.
Fiskifræðingur

Samantekt athugasemda vegna áhrifa áformaðrar Hvammsvirkjunar á afkomu fiska

Ítarlega var farið yfir þau atriði sem feitletruð eru hér, með bréfum Fish Passage Center 2011, 2013, 2014 og 2016 til Orra Vigfússonar heitins hjá Verndarsjóði villtra laxastofna, NASF. Eftirfarandi er í meginatriðum samantekt á efni þeirra minnisblaða.

Ólíklegt er að fyrirbyggjandi tillaga um seiðaveitu myndi tryggja þá afkomu seiða sem áætlanir gera ráð fyrir. Seiðaveita mun ekki koma í veg fyrir hnignun fiskistofna Þjórsár.

Mat það sem lagt hefur verið á afkomu og farsæla niðurgöngu seiða í Hvammsvirkjun er ofmat. Það er mikil bjartsýni að gera ráð fyrir svo góðri afkomu seiða sem fara um Kaplan hverfla. Það vatnsmagn og flæði sem á að fara í gegnum seiðaveituna er ekki nægilegt miðað við reynsluna af þeim kerfum sem notuð eru í vatnsfallsvirkjunum í Kólumbíufljóti. Nægilegt magn gagna liggur fyrir til að halda því fram að sjaldan sé unnt að draga úr áhrifum vatnsfallsvirkjana svo náttúruleg hrygning sjálfbærra stofna viðhaldist. Sýnt hefur verið fram á að það minnkar lífslíkur seiða á fyrsta ári í sjó að hafa farið um seiðaveitur eða í gegnum virkjun á leið sinni til sjávar. Þar af leiðandi er ekki jafn líklegt og ella að þau snúi aftur sem fullvaxnir laxar (Haeseker o.fl., 2012; Petrosky og Schaller, 2010; Tuomikoski o.fl., 2010; minnisblöð Fish Passage Center 6. október 2010, 19. janúar 2011 og 14. júlí 2011; Schaller og Petrosky, 2007). Að þessu hefur ekki verið hugað í tilfalli Hvammsvirkjunar.

Ályktanir sem dregnar eru af öðrum stíflum um ætlaðan árangur seiðaveitu við Hvammsvirkjun eiga ekki við. Ekki er hægt að sjá fyrir atferli fiska.

Gífurleg áhætta fylgir því að yfirfæra reynslu af seiðaveitu í einni vatnsaflsvirkjun yfir á aðra. Sú hugmynd að byggja seiðaveitu með yfirfalli fyrir niðurgöngu seiðanna [í Hvammsvirkjun] er byggð á kerfi sem notað er í Wellsvirkjuninni í Kólumbíufljótinu. Hönnun Wellsvirkjunarinnar er einstök að því leyti að yfirfall og hverflar eru samsett eining þar sem yfirfallið/seiðafleytan situr beint ofan á hverflunum [í farvegi árinna]. Áformað fyrirkomulag seiðafleytu í Hvammsvirkjun er ólíkt því sem notað er í Wellsvirkjuninni. Hvammsvirkjun er hönnuð þannig að vatni er veitt í þrýstipípum úr inntakslóni að stöðvarhúsi (e. *penstock project*) og skilað aftur út í farveg árinna meira en 3 km neðan virkjunar. Gert er ráð fyrir að hluti vatnsins fari um seiðafleytu til að vernda laxaseiði. Í Wellsvirkjuninni streymir allt vatn beint að stíflunni og yfirföllunum, en í Hvammsvirkjun er rennsli inn í stöðvarhúsið (áætlað 352 m³/sek) tekið rétt ofan og til hliðar við stífluna. Rennsli um vatnshverflana yrði um það bil tífalt áætlaðs rennslis um seiðaveituna/yfirfallið á þeim tíma sem seiði eiga að ganga niður (um 35 m³/sek). Þetta er mikilvægt að hafa í huga vegna þess að niðurgönguseiði hafa tilhneigingu til að fylgja sterkasta straumnum.

Greiningarnar taka ekki til allra fisktegunda Þjórsár og ekki er tekið tillit til mismunandi lífsferils fiska (e. *iteroparity*, ísl. *endurtekin hrygning*).

Ekki er gert ráð fyrir, eða lagðar til mótvægisáðgerðir fyrir þá fiska sem hrygna oft en einu sinni á æviskeiði sínu í vatnakerfi Þjórsár. Ekki er heldur hugað að göngum annarra fisktegunda en lax. Í Kólumbíufljóti hrygnir sjógenginn regnbogasilungur (e. *steelhead trout*) oft en einu sinni. Þar hefur verið komið fyrir fiskstigum fyrir uppgöngu fiska, en ekkert er gert til að hjálpa þeim fiskum [sem eru búnir að hrygna] að ganga niður til sjávar. Þar af leiðandi fara þeir flestir í

gegnum hverflana og eru afföllin mikil. Hlutfall endurgöngufiska í Snákafljóti er það lægsta sem þekkt er fyrir sjógengna regnbogasilunga. Mikilvægt er að benda á þetta því fiskar sem ganga oftar en einu sinni hrygna yfirleitt stærri eggjum, og endurtekin hrygning bætir möguleika stofnsins til að stækka og dafna. Slíkur lífsferill viðheldur mikilvægum erfðafjölbreytileika sem stuðlar að góðri afkomu stofnsins.

Hugsanleg áhrif loftslagsbreytinga á svæðinu eru ekki tekin með í reikninginn. Breytingar á hitastigi, sem leiða til breytinga á rennslisháttum, gætu haft djúpstæð áhrif samfara hlýnun sjávar.

Ekki hefur verið minnst á loftslagsbreytingar sem mögulegan áhrifavald í göngumynstri fiska og afkomu þeirra á mismunandi stigum lífsferilsins. Breytingar í ám og hafi vegna hækkandi hitastigs og áhrif þeirra á laxastofna þarf að taka með í reikninginn. Breytingar á aðstæðum í inntakslóni og vatnsmagn neðan virkjunar geta haft neikvæð áhrif á bæði hitastig og rennsli árinna. Ekki er tekið tillit til loftslagsbreytinga og áhrifa þeirra á vatnakerfið og gönguferil fiska í virkjunaráformum.

Framlögð tillaga um að seiðaveita sé höfð opin í um einn mánuð ár hvert til að aðstoða seiði við niðurgöngu er líklega ófullnægjandi til þess að viðhalda viðhlítandi erfðafræðilegum fjölbreytileika fiskistofna. Erfðafræðileg fjölbreytni er forsenda þess að fiskistofn standi af sér álag vegna umhverfisbreytinga.

Hinn takmarkaði tími sem fyrirhugað yfirfall yrði opið fyrir niðurgöngu seiða í seiðaveitu (allt að fjórar vikur) byggir á eldri rannsóknum í Þjórsá. Þessi gögn byggja á sýnatöku yfir takmörkuð tímabil. Far fiska endurspeglast í normalkúrfu (e. *bell-shaped curve*). Þrátt fyrir að flest seiðin gangi niður á fremur stuttu tímabili getur útilokun þess hluta stofnsins sem ferðast utan þess tíma, við upphaf og lok niðurgöngutímabilsins, haft afleiðingar fyrir erfðafjölbreytileika stofnsins. Erfðafræðilegur fjölbreytileiki skiptir miklu fyrir viðgang tegunda. Afar mikilvægt er að tryggja far fiska allan göngutímamann þannig að ef stofninn stendur frammi fyrir álagi vegna sjúkdóma eða annarra umhverfisþátta, svo sem rennslis- og hitabreytinga, hafi sumir einstaklingar eiginleika til þess að lifa af og fjölga sér. Slíkt tryggir að tegundir eru líklegri til að lifa af áhrif af hlýnun jarðar. Það er erfðafjölbreytileikinn sem eykur viðnámsþrótt stofnsins gagnvart áhrifum loftslagsbreytinga.

Við mat á afkomu laxastofnsins hefur ekki verið tekið tillit til þeirra áhrifa sem mjög grunnt vatn á þriggja kílómetra löngum kafla í [náttúrulegum] farvegi Þjórsár neðan við stíflu Hvammsvirkjunar myndi hafa á laxaseiði.

Staðsetning útfalls seiðaveitu og rennslishættir hafa áhrif á afföll seiða sem um seiðaveituna fara. Öll töf á niðurgöngu seiða vegna takmarkaðs rennslis og aðstæðna við útfall er líkleg til að auka afrán og dánartíðni.

Þar að auki getur veita vatns um yfirfall orsakað yfirmettun andrúmslofts (e. *atmospheric total dissolved gas (TDG) supersaturation*) í árvatninu en slíkt getur haft skaðleg áhrif á fiska. Ofmettunin getur myndað blóðtappa í blóðrás, hjarta og tálknum og valdið svokölluðum gasbólúáverkum (e. *gas bubble trauma*), sem leitt geta fiskinn til dauða. Í vatnakerfi Kólumbíufljótsins getur yfirmettun uppleystra lofttegunda verið mjög breytileg, allt að 125% án

Þess að alvarlegar afleiðingar hljóttist af, sem helgast einkum af því hversu djúpt Kólumbíufljót er. Yfirmettun lofts í vatnsúlunni er háð þrýstingi og minnkar með dýpi, þannig að syndi fiskurinn á meira dýpi dregur úr áhrifunum. Hinsvegar þarf að gæta að því, að áhrif yfirmettunar á hinum þriggja kílómetra grunna kafla neðan við stíflu Hvammsvirkjunar, áður en vatn frá frárennslisskurði virkjunarinnar skilar sér aftur í farveginn, gæti haft skaðleg áhrif á afkomu laxfiska.

För laxaseiða um stíflumannvirki getur leitt til álags sem veldur ótímabærum dauða síðar á lífsferlinum (e. *delayed mortality*).

Óbein afföll eru þau afföll, sem verða innan vatnakerfisins og eru afleiðing af því að fiskur fer um vatnsfallsvirkjun, en mælast ekki beint við virkjunina sjálfa (e. *at-project mortality*). Það þýðir að mælingar á afkomu fisks rétt við virkjunina er í raun vanmat á afföllum seiðanna.

Til frekari skýringar þá eru seinni tíma afföll (e. *delayed mortality*) beintengd för [laxaseiða] um virkjunarmannvirki þótt þau komi fram síðar á lífsferlinum. Þeir þættir sem taldir eru geta haft áhrif á seinni tíma afföll eru: töf á að seiði nái til árósa eða sjávar (stíflur og virkjunarlón hindra för og auka ferðatíma seiðanna til sjávar innan þess þrönga tímaramma sem þau hafa); lífshættulegir áverkar eða streita vegna niðurfara um seiðaveitur, hverfla eða yfirlöng; smitsjúkdómar eða streita vegna ónáttúrulegs þéttleika seiða í seiðafleytum; og örmögnun vegna hins lengda niðurgöngutíma.

Fyrirliggjandi er talsvert af gögnum sem sýna að kóngalax (e. *Chinook salmon, Oncorhynchus tshawytscha*) hefur orðið fyrir miklum seinni tíma eða duldu afföllum í sjó vegna áhrifa af niðurgöngu til sjávar um virkjanir Kólumbíufljóts. Þessar þrekaunir seiðanna við niðurgöngu valda fjölda áverka og streituvika ásamt breyttum komutíma til sjávar, en allt eru þetta þættir sem geta útskýrt seinni tíma afföll. Að takmarka mat á áhrifum virkjanaframkvæmda eingöngu við áhrifin af för í gegnum sjálf virkjunarmannvirkin er ófullnægjandi. Sem fyrr segir, seinni tíma afföll vegna áhrifa af því að ferðast um stíflur og virkjanalón getur valdið skertum lífslíkum fisks síðar á lífsferlinum í árósum og sjó.

Stíflur og virkjunarlón lengja þann tíma sem það tekur gönguseiði að ná til sjávar.

Hjá kóngalaxinum í Snákafljóti hefur skertur rennslisraði og för um vatnsfallsstíflur verið tengdur við mun lengri tíma sem það tekur seiði að ganga til sjávar. Þetta leiðir til þess að færri seiði ljúka lífsferli sínum og ná fullum þroska, og endurkomuhlutfall seiða sem fullorðinna fiska lækkar, í samræmi við minnkandi lífslíkur í sjó. Fartími seiða mun lengjast með gerð virkjanalóna í Þjórsá, sé byggt á reynslu frá Kólumbíufljóti í Bandaríkjunum. Aukinn niðurgöngutími seiða mun minnka líkur á að fiskurinn komi aftur í ána sem fullorðinn fiskur. Þessar minnkuðu lífslíkur eru vegna minna skjóls sem seiði njóta gagnvart afræningjum, hærri hitastigs í ánni og breytinga sem verða á því hvenær seiðin komast til sjávar.

Lífslíkur í sjó skipta miklu fyrir afkomu laxastofna en segja þó ekki alla söguna.

Hlutfall seiða laxa og sjógengins regnbogasilungs sem ná að ganga til sjávar og snúa til baka til að hrygna á vatnasvæði Kólumbíufljótsins ræðst af mörgum áhrifaþáttum í lífsferli fiska í hverjum stofni. Meðal áhrifaþátta má nefna hitastig og rennslisætti meðan á niðurgöngu seiða

stendur, bein áhrif virkjana, afföll við árósa, seinni tíma afföll (e. *delayed mortality*), aðstæður í hafi, afrán, veiði, og loks hitastig ferskvatns og rennsli við uppgöngu fullorðinna fiska. Þó að ýmsir þættir geti haft áhrif á lífslíkur fiska milli ára liggja afgerandi áhrif vatnsaflsvirkjana í augum uppi þegar borin er saman afkoma fiskistofna í mismunandi hlutum vatnasvæðisins. Í vísindagrein Storch o.fl. frá 2022 kemur fram að þeir þættir sem takmarka endurheimt mikilvægra tegunda göngufiska eru vel þekktir. Þegar litið er til stofna laxa og regnbogasilungs í vatnakerfum Snáka- og Kólumbíufljótanna, hefur fjöldi rannsókna um áratugaskeið sýnt fram á að það er ógjörningur fyrir þessa fiskistofna að ná styrk sínum vegna vatnsaflsvirkjananna í Kólumbíufljótinu (Schaller o.fl. 1999, 2014a; Haeseker o.fl. 2012; Petrosky o.fl. 2020).

Hnignun fiskistofna í Þjórsá varðar ekki einungis Þjórsá sjálfa. Heildaráhrif á líffræðilegan fjölbreytileika svæðisins eru virt að vettugi.

Ekki hefur neinn gaumur verið gefinn að því hve mikilvægur viðgangur laxastofnsins í Þjórsá er fyrir aðra íslenska laxastofna, aðra stofna Norður-Atlantshafslaxins eða fyrir aðrar tegundir lífvera. Íslenskir laxastofnar tilheyra nyrsta útbreiðslusvæði laxa. Sé litið til þess er laxinn hér líklegur til að hafa aðlagast sérstaklega að einstakri jarðfræði Íslands. Að því gefnu mynda laxastofnar á Íslandi líkast til yfirstofna laxa (e. *metapopulations*) (Hanski, 1999), þar sem stofnar eru ekki algjörlega aðskildir heldur tengjast saman í gönguferðum einstakra fiska upp og niður vatnsföll, og því er afkoma stofnanna einkar mikilvæg. Laxastofn Þjórsár er talinn vera hinn stærsti á Íslandi og þar af leiðandi eru ógnir sem að honum steðja samtímis ógnir fyrir laxastofna annars staðar á landinu og munu þær líklega hafa áhrif á viðnámsþrótt margra þeirra. Þá gætu áhrifin á hina einstöku gerð Þjórsárstofnsins stofnað Atlantshafslaxi annars staðar í hættu.

Þar að auki hafa nýlegar vísindarannsóknir varpað ljósi á mikilvæg tengsl milli laxastofna á vatnasvæði Kólumbíufljótsins, einkum kóngalax í Snákafljóti, og framtíðarhorfa staðbundins háhyrningsstofns í Kyrrahafinu, „Southern Resident Killer Whale“, sem er í útrýmingarhættu. Endurheimt heilbrigðs og sjálfbærs laxastofns í Snákafljótinu hefði því afgerandi þýðingu fyrir fæðuöflun háhyrningsins. Þetta varpar ljósi á mikilvægi kóngalaxins fyrir líffræðilegan fjölbreytileika í Kyrrahafinu undan norðvesturströnd Bandaríkjanna.

Hvorki hefur verið lagt mat á það hvað minnkandi lífvænleiki Þjórsárlaxins og annarra tegunda í ánni hefði í för með sér, né verið horft til áhrifa slíkra breytinga á líffræðilegan fjölbreytileika á Íslandi og við Íslandsstrendur.

Heimildir:

Fish Passage Center Memorandum: Delayed/latent mortality and dam passage, fish passage operations implications. October 6, 2010 <http://www.fpc.org/documents/memos/135-10.pdf>

Fish Passage Center Memorandum: Effects of passage through juvenile powerhouse bypass systems at main stem dams on the Snake and Columbia Rivers. January 19, 2011. <http://www.fpc.org/documents/memos/08-11.pdf>

Fish Passage Center Memorandum: Benefits of spill for juvenile fish passage at hydroelectric projects July 14, 2011. <http://www.fpc.org/documents/memos/102-11.pdf>

Fish Passage Center Memorandum: Summary of Comments on Performance Testing January 4, 2013. <http://www.fpc.org/documents/memos/02-13.pdf>

Fish Passage Center. Letter to Mr. Orri Vigfusson November 9, 2011.

Fish Passage Center Memorandum: Letter to Mr. Orri Vigfusson. Review of Further Scientific Information on the Thjorsa River Hydro development. November 15, 2013
<https://www.fpc.org/documents/memos/130-13.pdf>

Fish Passage Center. Letter to Mr. Orri Vigfusson, March 18, 2014.

Fish Passage Center. Letter to Mr. Orri Vigfusson, January 20, 2016.

Haeseker, S.L., McCann, J.A., Tuomikoski, J., Chockley, B., 2012. Assessing freshwater and marine environmental influences on life-stage-specific survival rates of Snake River spring–summer Chinook salmon and steelhead. *Trans. Am. Fish. Soc.* 141, 121–138.

Hanski, I. 1999. *Metapopulation Ecology*. Oxford University Press.

Petrosky, C.E., og Schaller, H.A. 2010. Influence of river conditions during seaward migration and ocean conditions on survival rates of Snake River Chinook salmon and steelhead. *Ecol. Freshw. Fish*, 19(4): 520–536. doi:10.1111/j.1600-0633.

Petrosky, C.E., Schaller, H.A., Tinus, E.S., Copeland, T., Storch, A.J., 2020. Achieving productivity to recover and restore Columbia River stream-type Chinook Salmon relies on increasing smolt-to-adult survival. *N. Am. J. Fish. Manag.* 40, 789–803.

Schaller, H. A., C. E. Petrosky, og O. P. Langness. 1999. Contrasting patterns of productivity and survival rates for stream-type Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) of the Snake and Columbia rivers. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56:1031–1045.

Schaller, H., P. Wilson, S. Haeseker, C. Petrosky, E. Tinus, T. Dalton, R. Woodin, E. Weber, N. Bouwes, T. Berggren, J. McCann, S. Rassk, H. Franzoni, og P. McHugh. 2007. Comparative survival study (CSS) of PIT-tagged spring/summer Chinook and steelhead in the Columbia River basin: ten-year retrospective summary report. Report to the Bonneville Power Administration, Projects 1996-020-00 and 1994-033-00, Portland, Oregon.

Schaller, H.A. og Petrosky, C.E. 2007. Assessing hydrosystem influence on delayed mortality of Snake River stream-type chinook salmon. *N. Am. J. Fish. Manage.* 27: 810–824.
doi:10.1577/M06-083.1.

Schaller, H. A., C. E. Petrosky, og E. S. Tinus. 2014. Evaluating River management during seaward migration to recover Columbia River stream-type Chinook Salmon considering the variation in marine conditions. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 71:259–271.

Storch, A. J., H. A. Schaller, C. E. Petrosky, R. L. Vadas Jr., B. J. Clemens, G. Sprague, N. Marcado-Silva, B. Roper, M. J. Parsley, E. Bowles, R. M. Hughes, and J. A. Hesse. 2022. A review of potential conservation and fisheries benefits of breaching four dams in the lower Snake River (Washington, USA). *Water Biology and Security* [online serial] 1: 13(2):100030.

Thieme M.L. Thieme, D. Tickner, G. Grill, J.P. Carvalho, M. Goichot, J. Hartmann, J. Higgins, B. Lehner, M. Mulligan, C. Nilsson, K. Tockner, C. Zarfl og J. Opperman (2021). Navigating trade-offs between dams and river conservation. *Global Sustainability* 4, e17, 1–7.

Tuomikoski J., McCann J., Berggren T., Schaller H., Wilson P., Haeseker S., Fryer J, Petrosky C., Tinus E., Dalton T., Ehlke R. 2010. Comparative Survival Study (CSS) of PIT-tagged Spring/Summer Chinook and Summer Steelhead 2010 Annual Report.