

Vatnsformfræðilegir gæðarættir straum- og stöðuvatna Tillaga að gæða- og matspáttum

Skýrsla til Umhverfisstofnunar
September 2021



Forsíðumynd: Hvítá (tær) og Núpsá (gruggug) sameinast í Núpshyl (Tvílitahyl) og mynda Núpsvötn.
Ljósmynd: Svava Björk Þorláksdóttir.

Vatnsformfræðilegir gæðapættir
straum- og stöðuvatna
Tillaga að gæða- og matspáttum
Skýrsla til Umhverfisstofnunar
September 2021

Gerður Stefánsdóttir
Svava Björk Þorláksdóttir
Tinna Þórarinsdóttir
Morgane Priet-Mahéo

Skýrsla nr. VÍ 2021-006	Dags. September 2021	ISSN 1670-8261	Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/> Skilmálar:
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtíll: Vatnsformfræðilegir gæðapættir straum- og stöðuvatna Tillaga að gæða- og matsþáttum Skýrsla til Umhverfisstofnunar september 2021			Upplag: Rafrænt Fjöldi síðna: 59 Framkvæmdastjóri sviðs: Jórunn Harðardóttir
Höfundar: Gerður Stefánsdóttir, Svava Björk Þorláksdóttir, Tinna Þórarinsdóttir og Morgane Priet-Mahéo			Verkefnisstjóri: Gerður Stefánsdóttir Verknúmer: 4605
Gerð skýrslu/verkstig:			Málsnúmer: 2021-0180
Unnið fyrir: Umhverfisstofnun			
Samvinnuaðilar:			
Útdráttur: Í skýrslunni eru lagðir til gæðapættir straum- og stöðuvatna vegna stjórnar vatnamála. Aðstæður hér á landi eru nokkuð sérstakar á Evrópuvísu m.a. vegna umfangs jökulvatns og grunnvatns hér á landi sem og breytileika í eiginleikum berggrunnins. Mikil líkindi eru við vatnafar í Noregi og er því að talsverðu leyti tekið mið af framlagðri tillögu Noregs um mat á vatnsformfræðilegum gæðapáttum, en þar hefur m.a. verið gerð mikilvæg greining á því hvaða vatnsformfræðilegu gæðapættir hafa áhrif á vistfræðilegar aðstæður. Við úrvinnsluna er byggt er á fyrri greiningum og gögnum Veðurstofu Íslands auk þess sem gagna var aflað frá öðrum stofnunum og fagaðilum. Hvað varðar straumvötn er áhersla lögð á matsþætti er varða vatnsbúskap og formfræði ár auk svifaurs í jökulvötnum. Hvað varðar stöðuvötn er lögð áhersla á vatnsbúskap og formfræði við mat bergvatns stöðuvatna en í jökulvatni er áhersla á vatnsbúskap og samfellu. Bent er á mikilvægi þess að vinna að öflun gagna um áhrif álags á grunnvatnstöðu.			
Lykilorð: vatnsformfræði, vatnsbúskapur, rennslishættir, samfella, formfræði, farvegir, stíflur, miðlunaráhrif, svifaur, botngerð, tengsl við grunnvatn, gæðapættir			Undirskrift framkvæmdastjóra sviðs: Undirskrift verkefnisstjóra: Yfirfarið af: SG

Efnisyfirlit

1	Inngangur.....	5
1.1	Vatnsformfræðilegir gæðapættir.....	6
2	Gæðapættir straumvatna	9
2.1	Vatnsbúskapur	9
2.1.1	Rennslishættir og dægursveiflur	10
2.1.2	Tengsl við grunnvatn	18
2.2	Samfella ár.....	20
2.2.1	Flóðvarnargarðar og rofvarnargarðar.....	20
2.2.2	Gróður á bökkum.....	22
2.2.3	Hindranir/stíflur í farvegi.....	22
2.2.4	Uppskipting farvega.....	24
2.2.5	Lónaáhrif.....	24
2.2.6	Uppistöðuáhrif/miðlunaráhrif.....	25
2.2.7	Mannvirki önnur en stíflur.....	25
2.2.8	Svifaur.....	28
2.3	Formfræðilegir gæðapættir	31
2.3.1	Niðurgroftur árinna.....	31
2.3.2	Efnistaka	32
2.3.3	Straumvatnsflokkar.....	32
2.3.4	Botngerð	33
2.4	Tillaga að gæðapáttum straumvatna á Íslandi	34
3	Gæðapættir stöðuvatna	37
3.1	Mat á mikið breyttum stöðuvatnshlotum vegna virkjanaáhrifa.....	38
3.2	Gæðapættir stöðuvatna í Noregi	38
3.2.1	Vatnsbúskapur	39
3.2.2	Samfella stöðuvatna/lóna.....	43
3.2.3	Formfræði	44
3.3	Tillaga að gæðapáttum stöðuvatna og lóna	45
4	Niðurstöður.....	48
4.1	Straumvötn	48
4.1.1	Bergvatnsár	48
4.1.2	Jökulár.....	49
4.2	Stöðuvötn.....	50
4.2.1	Bergvatns stöðuvötn	50
4.2.2	Jökulvötn.....	50
5	Heimildir	51
	Viðauki I.....	55
	Viðauki II	56
	Viðauki III	58

1 Inngangur

Vatn er ein mikilvægasta auðlind jarðar og forsenda alls lífs á jörðinni. Flestir náttúrlegir ferlar byggja á því að til staðar sé aðgengi að nægu vatni af ásættanlegum gæðum. Virkni og starfsemi vistkerfa er samofin vatnshringrásinni sem er forsenda heilbrigðs ástands, framvindu vistkerfa og tryggir viðhald líffræðilegrar fjölbreytni. Samfélög manna byggja lífsafkomu sína á þeirri fjölbreyttu þjónustu sem vistkerfin veita, svo sem miðlun og hreinsun vatns og er það grundvallar forsenda hagkerfa manns og náttúru. Vatnatilskipun Evrópusambandsins (Vatnatilskipun Evrópu, 2000/60/EB) er fyrsti lagarammi og stefnumörkun til þess að tryggja gott ástand vatns í Evrópu. Um er að ræða lagaramma sem byggir á því að nota vistfræðilega þætti til þess að meta ástand vatns. Með lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011 og reglugerðum nr. 535/2011 og 935/2011 er vatnatilskipun Evrópusambandsins innleidd í íslenska löggjöf. Innan ramma laganna er verklag og afmarkanir skilgreindar og byggir öll vinna við innleiðinguna á þeim forsendum sem þar eru settar fram. Umhverfisstofnun hefur umsjón með framkvæmd innleiðingar vatnatilskipunarinnar hér á landi.

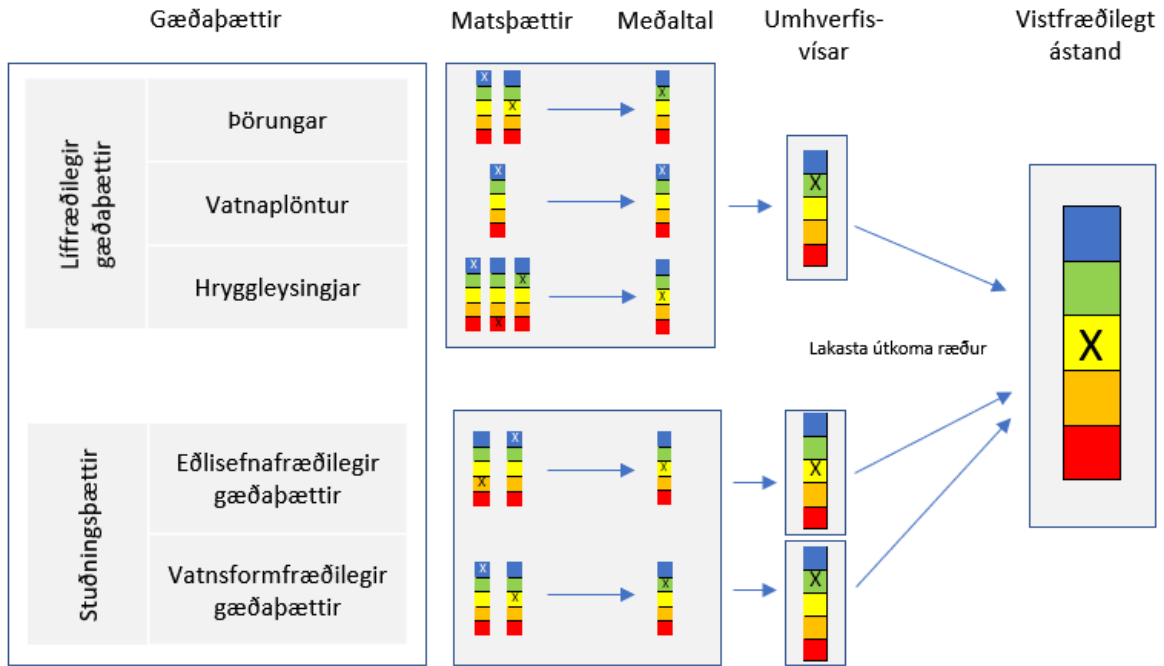
Í nýlegri skýrslu Umhverfisstofnunar Evrópu (e: European Environment Agency; EEA) er farið yfir ástand og álag á vatn í Evrópu út frá nýjustu gagnaskilum Evrópusambandsríkja er varðar ástand vatns (Kampa o.fl., 2020). Í skýrslunni kemur fram að um 44% skilgreindra yfirborðsvatnshlota eru í góðu eða mjög góðu vistfræðilegu ástandi. Þá kemur einnig fram að tveir álagsþættir eru umtalsvert algengari en aðrir álagsþættir með hliðsjón af fjölda vatnshlota. Vatnsformfræðilegt álag er algengast, á um 34% vatnshlota og þar á eftir kemur álag frá dreifðum uppsprettum, einkum frá landbúnaði og loftborinni mengun, á 33% vatnshlota. Fjöldi vatnshlota undir álagi frá punktuppsprettum (15%) og vatnstöku (11%) er talsvert lægri. Líklegt er að vatnsformfræðilegt álag sé helsta álagið á vatn hér á landi og því mikilvægt að huga vel að vatnsformfræðilegu álagi og áhrifum þess á vistfræði vatnshlota.

Rennsli er megin drifkraftur þeirra ferla sem móta eðlisfræðilegar aðstæður í vatnsföllum og mikilvægur mótandi þáttur hvað varðar samsetningu ríkjandi vistkerfis þeirra (Greimel o.fl., 2018). Rennslissveiflur skipta miklu máli fyrir lífslíkur og viðkomu vatnalífvera þar sem þær hafa þróast og aðlagast vissum náttúrulegum aðstæðum umhverfisins (Poff et al. 1997; Bunn & Arthington, 2002). Þó svo að lífverurnar hafi almennt aðlagast náttúrulegum sveiflum, geta náttúrulegar aðstæður hins vegar haft neikvæð áhrif á vistfræði viðkomandi svæðis, sérstaklega þegar straumbungi (e. intensity of flow) er óvanalega mikill eða tímasetning atburða er óvanaleg (Unfer et al., 2011; Nagrodski et al., 2012). Sama á við um um álag vegna mannlegra inngripa sem orsaka umtalsverð frávik frá náttúrulegum aðstæðum og geta því valdið ýmist skammtíma eða óafturkræfum breytingum á þeim vistkerfum sem eru til staðar.

Afmörkun verkefnis og nálgun

Samkvæmt rammatilskipun Evrópusambandsins skal fastsetja vatnsformfræðileg skilyrði fyrir hverja vatnagerð (Liður 1.3. í II. viðauka vatnatilskipunarinnar, 2000/60/EC). Samkvæmt reglugerð nr. 935/2011 hefur Veðurstofa Íslands samræmingarhlutverk hvað varðar vatnsformfræðilega þætti straum- og stöðuvatna. Nú þegar hafa verið birtar skýrslur um afmörkun vatnshlota, gerðargreiningu vatnshlota sem og líffræðilega og eðlisefnafræðilega gæðaðætti yfirborðsvatns. Skýrslur fagaðila og aðrar upplýsingar er varða innleiðingu stjórnar vatnamála, er að finna á vefsíðu Umhverfisstofnunar og vefsíðunni vatn.is.

Tilgangur þessarar skýrslu er að leggja til og færa rök fyrir vali þeirra vatnsformfræðilegu gæðaðátta sem nota má til að gefa sem best mat á ástandi vatnshlota. Viðmiðunarástand vatnshlota miðast við náttúrulegar eða því sem næst náttúrulegar aðstæður í hverri vatnagerð.



Mynd 1. Framlögð tillaga að aðferðafræði við mat á vistfræðilegu gæðahlutfalli fyrir stöðuvatnshlot. Myndin er sett fram í skýrslunni Vistfræðileg viðmið við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna á Íslandi (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020a) og byggð á mynd 3.5 í Direktoratsgruppen Vandirektivet, 2018.

Við val á gæðabáttum er mikilvægt að þeir gefi sem best mat á áhrifum þess álags sem er til staðar hérlendis og hvernig það tengist vistfræðilegum eiginleikum vatnshlotsins. Vöktunin verði þannig markviss og gefi sem besta mynd af ástandi vatnshlota. Í framhaldinu þarf að meta hvernig frávik frá náttúrulegum aðstæðum hefur áhrif á líffræðilegar og eðlisefnafræðilegar aðstæður.

Í skýrslunni Vistfræðileg viðmið við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna á Íslandi (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020a) er farið nokkuð nákvæmlega yfir skilgreiningar og notkun þeirra við framsettar tillögur að líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum gæðabáttum. Flokkun vistfræðilegra gæða- og matsþátta verður sett fram í samræmi við þær skilgreiningar sem settar eru fram í þeirri skýrslu (Mynd 1).

Úrvinnsla verkefnisins er verkhluti í verkefnasamningi Veðurstofu Íslands við Umhverfisstofnun á samningstímabilinu 2018–2020. Í samningnum kemur fram að ekki skuli nota vatnsformfræðilega gæðabætti sem hluta af lýsingu á mjög góðu vistfræðilegu ástandi (náttúrulegu ástandi) vatnshlota í þessum fyrsta vatnahring sem Ísland tekur þátt í, þ.e. vöktunartímabilið frá 2022–2027. Vinna við vatnsformfræðilega gæðabætti á þessu samningstímabili skuli miða við að þeir verði hluti af ástandsflokkunarkerfinu í næsta vatnahring. Jafnframt kemur fram að ekki skuli vinna með fleiri en tvo gæðabætti í þessum vatnahring. Að þessu sinni er því lögð áhersla á að skoða þá þætti sem eiga best við það álag sem er til staðar hér á landi, þar sem gögn eru tiltæk og úrvinnsla gagna tiltölulega auðveld.

1.1 Vatnsformfræðilegir gæðapættir

Í 3. gr. laga um stjórn vatnamála og reglugerð nr. 535/2011 eru vatnsformfræðilegir eiginleikar vatnshlots skilgreindir sem: vatnsmagn vatnshlots og breytingar á rennsli og vatnsborði ásamt gerð og undirlagi botns og eðlisefnafræðilegum þáttum vatnshlotsins. Eðlisefnafræðilegir þættir eru ekki taldir til vatnsformfræðilegra gæðapátta í tilskipun Evrópusambandsins.

Samkvæmt grein 1.1. í III viðauka reglugerðar nr. 535/2011, skal meta vatnsformfræðilega eiginleika straumvatnshlota með þremur gæðapáttum en vatnsformfræðilega eiginleika stöðuvatnshlota skal meta með tveimur gæðapáttum (Tafla 1). Undir hverjum gæðapætti eru skv. reglugerðinni, 0–3 umhverfisþættir/breytur sem þarf að hafa í huga við slíkt mat. Vatnsformfræðilegir eiginleikar vatnshlota eru þannig metnir með mismunandi mælibreytum sem eru oftast háðar því hvaða eiginleikar og áhrifaþættir skipta máli á hverjum stað.

Þess ber að geta að í reglugerð nr. 535/2011 er hugtakið matsþáttur ekki skilgreint, en engu að síður er nauðsynlegt að hafa hugtak til að tilgreina þá þætti sem notaðir eru til að meta ástandið undir hverjum gæðapætti. Í skýrslu fagstofnana hvað varðar vistfræðileg viðmið við ástands-flokkun straumvatna (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020a) var hugtakið matsþættir því lagt til og verður hér notað til samræmis (Mynd 1). Þeim matsþáttum sem til umfjöllunar eru í þessari skýrslu er því ætlað að meta ástand undir hverjum gæðapætti á mælanlegan hátt og endurspegla þannig stöðu mismunandi umhverfisþátta eða breyta undir hverjum gæðapætti skv. töflu 1.

Tafla 1. Gæðapættir og umhverfisþættir í samræmi við vatnatilskipun Evrópusambandsins, lög um stjórn vatnamála og viðhlítandi reglugerð nr. 535/2011.

Straumvötn		Stöðuvötn	
Gæðapáttur	Umhverfisþáttur/breyta	Gæðapáttur	Umhverfisþáttur/breyta
Vatnsbúskapur	Vatnsmagn og straumhraði Tengsl við grunnvatn	Vatnsbúskapur	Vatnsmagn og straumhraði Viðstöðutími Tengsl við grunnvatn
Samfella ár			
Formfræðileg skilyrði	Breytileiki í dýpt og breidd ár Kornastærð og gerð árfarvegjar Gerð árbakka	Formfræðileg skilyrði	Breytileiki í dýpt Kornastærð og gerð vatnsbotns Gerð vatnsbakka

Þess má geta að sumir þeirra matsþátta, sem hér er fjallað um í næstu köflum byggjast í raun á mati á þeim þáttum sem geta valdið umtalsverðu álagi s.s. álagshvötum. Á þetta einkum við hvað varðar gæðapáttinn samfella vatnshlota. Þessi nálgun er gerð til einföldunar en ef byggja á alfarið á hefðbundnum vatnsformfræðilegum mælingum fyrir viðkomandi gæðapætti yrði verkefnið afar flókið, miklar mælingar þyrfti til og verkefnið ekki eins markvisst eða afmarkað. Almennt er skilgreining matsþátta sem notaðir eru fyrir vatnsformfræðilegt ástandsmat komin stutt á veg innan Evrópusambandsins. Noregur og Spánn hafa lagt til aðferðafræði þar sem hefðbundnar mælibreytur rennslis eru notaðar við mat á gæðapættinum vatnsbúskap¹ en þegar meta á samfellu ár er lagt til að nota frekar þá nálgun að meta breytingar og álagshvata á þeim stöðum þar sem um mannleg inngrip er ræða (González del Tánago o.fl., 2015; Harby o.fl., 2018). Hvað varðar formfræðileg skilyrði er einnig æskilegt að beina sjónum að þeim svæðum þar sem álag er til staðar.

Nú þegar hefur verið unnið að mati á vatnsformfræðilegum gæðapáttum í tengslum við mat á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020). Við

¹ Í lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011 er hugtakið vatnabúskapur skilgreint en heldur algengara er að nota orðið vatnsbúskapur yfir þetta hugtak. Verður það gert eftirleiðis í skýrslu þessari.

greiningu manngerðra og mikið breyttra vatnshlota var við greiningu straumvatnshlota notuð kerfisbundin flokkunarfræði sem byggð er á aðferðafræði Norðmanna (Harby o.fl., 2018) að viðbættum matsþættinum svifaursbreytingar (sjá viðauka I). Eðlilegt er að fylgja þeirri nálgun þannig að samræmi sé í aðferðarfræðinni. Í þessari samantekt er jafnframt kynnt ný kerfisbundin nálgun Norðmanna hvað varðar gæða- og matsþætti stöðuvatna (Bakken o.fl., 2019) og lagt til að byggja á veigamestu þáttum sem þar koma fram við greiningu vatnsformfræðilegs álags í stöðuvötnum og lónum hér á landi.

Í III viðauka reglugerðar nr. 535 (liðir 1.2.1 og 1.2.2) er farið nánar í skilgreiningar á mjög góðu, góðu og ekki viðunandi vistfræðilegu ástandi stöðuvatna og hvaða þættir eru undir hinum mismunandi vatnsformfræðilegu gæðaþáttum. Vatnsformfræðilegir gæðaþættir eru, ásamt eðlisefnafræðilegum gæðaþáttum, hugsaðir til stuðnings við líffræðilega gæðaþætti. Þannig geta góð vatnsformfræðileg skilyrði, þ.e. óraskaður vatnsbúskapur, samfella og formfræðileg skilyrði, bent til þess að lífríki sé í góðu ástandi.

Til þess að straumvatnshlot geti verið skilgreint í mjög góðu ástandi þarf ástand vatnshlotsins að vera eftirfarandi:

Vatnsbúskapur: Vatnsmagn og straumpungi og tengsl sem af því hljótast við grunnvatn endurspeglar algjörlega eða nánast það sem vænta mætti við óraskaðar aðstæður.

Samfella ár: Samfella árinnað raskast ekki af starfsemi manna og far vatnalífvera og flutningur sets eru eðlileg.

Formfræðileg skilyrði: Árfarvegamyndun, breytileiki í dýpt og breidd, straumhraði, aðstæður að því er varðar undirlag og bæði gerð og ástand árbakkasvæða eru algjörlega eða nánast eins og vænta mætti við óraskaðar aðstæður.

Til þess að stöðuvatnshlot geti verið skilgreint í mjög góðu ástandi þarf ástand vatnshlotsins að vera eftirfarandi:

Vatnasvið: Vatnsmagn og straumhraði, vatnshæð, viðstöðutími og tengsl við grunnvatn sem af því hljótast, endurspeglar algjörlega eða nánast það sem vænta mætti við óraskaðar aðstæður.

Formfræðilegar aðstæður: Breytileiki í dýpt stöðuvatns, magn og gerð undirlagsins og bæði gerð og ástand árbakkasvæða eru algjörlega eða nánast eins og vænta mætti við óraskaðar aðstæður.

Í þessari skýrslu eru lagðar fram tillögur að vatnsformfræðilegum gæða- og matsþáttum straum- og stöðuvatna hérlendis. Í köflum tvö og þrjú verður farið yfir þá matsþætti sem lagðir eru til í norsku skýrslunni, þá gæðaþætti sem liggja til grundvallar í íslenska lagarammanum sem og mat á hvort þeir nái utan um þær breytingar sem hafa umtalsvert vægi á ástand vatns hér á landi. Við matið er tekið mið af fyrirbyggjandi þekkingu og vægi þeirra í samhengi við aðra líffræðilega og eðlisefnafræðilega mats- og gæðaþætti. Í kafla fjögur er farið yfir tillögur að gæða- og matsþáttum straum- og stöðuvatna á Íslandi.

2 Vatnsformfræðilegir gæðaðættir straumvatna

Samkvæmt lagaramma stjórnar vatnamála eru gæðaðættir straumvatna 1) vatnsbúskapur, 2) samfella ár og 3) formfræðileg skilyrði. Í þessum kafla verður fjallað um viðkomandi gæðaðætti og mögulega matsþætti þar undir. Í umfjölluninni verður að mestu byggt á þeim matsþáttum sem lagðir eru til í norsku aðferðarfræðinni (Harby o.fl., 2018). Norðmenn hafa greint og prófað þá matsþætti með faglegum hætti og með hliðsjón af áhrifum þeirra á líffræðilega gæðaðætti.

Í skýrslu um manngerð og mikið breytt vatnshlot (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020) má sjá yfirlit yfir þá matsþætti sem falla undir gæðaðætti straumvatna, eins og áður sagði að mestu samkvæmt aðferðafræði Norðmanna.

Aðferðafræði og úrvinnsla

Kerfisbundin nálgun Norðmanna byggir annarsvegar á breytingu rennslishátta (flokkar D1 og D2 í töflu í viðauka 1) og hins vegar á matsþáttum sem hafa áhrif á vatnsformfræði miðað við rennslisleið vatnsfarvegarins, s.s. þvert á árfarveg, meðfram árfarveginum og í árfarveginum/ánni (flokkar A, B og C í töflu í viðauka 1). Í töflu 2 eru matsþættir Norðmanna settir fram og jafnframt tengdir við gæðaðætti skv. lögum um stjórn vatnamála þ.e. vatnafar, samfelli árfarvegar og formfræði.

Við skilgreiningu á vatnsformfræðilegum gæðaðættum straumvatna er lagt til að byggja á þeim grunni sem Norðmenn hafa þegar lagt til (Harby o.fl., 2018). Aðstæður hér á landi eru að mörgu leyti svipaðar hvað varðar vatnafar og rennslishætti en þó eru áhrif grunnvatns mun umfangsmeiri hér en í Noregi. Skoða þarf áhrif þess nánar á síðari stigum. Í ljósi þess að Umhverfisstofnun hefur óskað eftir því að einungis verði notaðir tveir gæðaðættir við mat á vatnsformfræðilegu álagi er mikilvægt að setja greininguna fram með viðkomandi gæðaðættum, en slíkt er ekki skilgreint með beinum hætti í norsku aðferðarfræðinni, greiningin er sett fram í töflu 2.

Nýting á jökulám vegna vatnsaflvirkjana er umtalsverð hér á landi, því er afar mikilvægt að meta þá eiginleika vatnsfallsins sem breytast hvað mest og hafa áhrif á þá vistgerð sem til staðar er í viðkomandi vatnshloti. Í ljósi þess er því lagt til viðbótar matsþátturinn svifaursbreytingar eins og gert var í skýrslu um manngerð og mikið breytt vatnshlot (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020).

2.1 Vatnsbúskapur

Í lögum um stjórn vatnamála er vatnsbúskapur skilgreindur út frá vatnsmagni, straumþunga og tengslum við grunnvatn. Í undirkafla 2.1.1 er fjallað um vatnsmagn og straumþunga í víðara samhengi undir rennslisháttum og dægursveiflum en í undirkafla 2.1.2 um tengsl við grunnvatn. Í þessari samantekt er jöfnum höndum notað orðið vatnsbúskapur og rennslishættir án þess að gerður sé greinarmunur á merkingu orðanna. Eins og komið hefur fram er farið nokkuð ítarlega yfir matsþætti sem falla undir rennslishætti í skýrslu um manngerð og mikið breytt vatnshlot (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020) og eins hefur verið gefin út greinargerð um vatnsformfræðilega gæðaðætti — yfirlit yfir úrvinnslumöguleika (Gerður Stefánsdóttir & Davíð Egilson, 2014). Í þessari umfjöllun er því byggt ofan á fyrri vinnu með áherslu á skoðun rennslishátta út frá straumvatnagerðum, tiltækum gögnum og framsetningu þeirra.

Tafla 2. Matsþættir norsku greiningarinnar og þeir gæðaðættir samkvæmt lögum nr. 36/2011 um stjórn vatnamála og viðhlítandi reglugerð nr. 535/2011 sem liggja til grundvallar. Hér eru matsþættir úr norsku aðferðarfræðinni flokkaðir eftir gæðaðáttum samkvæmt íslenska lagarammanum.

Nálgun		Matsþáttur	Gæðaðættir		
			Vatnsbúskapur / Rennlishættir	Samfella ár	Formfræði
A	Langsnið	Flóðvarnargarðar		X	
		Rofvarnargarðar		X	
		Gróður á bökkum		X	
		Niðurgröftur árinna			X
B	Þversnið	Stíflur í farvegi		X	
		Uppskipting farvegar		X	
		Lónaáhrif		X	
		Uppistöðuáhrif		X	
C	Í ánni	Efnistaka			X
		Mannvirki önnur en stíflur		X	
		Straumvatnsflokkar			X
		Botngerð			X
D1	Rennlishættir	Heildarrennsli	X		
		Lágrennsli sumar	X		
		Lágrennsli vetur	X		
		Tíðni 1 árs flóða	X		
		Tíðni 10 ára flóða	X		
D2	Dægur-sveiflur	Skammtíma rennslisbreytingar (peaking)	X		
		Hraði rennslisbreytinga	X		
		Purrkun farvegar vegna rennslisbreytinga	X		
E	Svifaur	Svifaursbreytingar		X	

Vissulega geta í sjálfu sér margir matsþættir fræðilega séð fallið undir fleiri en einn gæðaðátt en í aðferðarfræði sem þessari er nauðsynlegt að fella hvern matsþátt undir einn gæðaðátt til einföldunar.

2.1.1 Rennlishættir og dægursveiflur

Rennlishættir vatnsfalla eru háðir samspili ýmissa þátta, s.s. veðurfars, berggrunns, landslags, landgerðar og tengsla við grunnvatn. Rennlishættir eru þannig ólíkir milli straumvatna eftir aðstæðum á hverjum stað en straumvötn eru gjarnan flokkuð eftir uppruna (Guðmundur Kjartansson, 1945) og eftir því hvernig þau bregðast við úrkomu og miðla henni (Freysteinn Sigurðsson o.fl., 2006). Í sinni einföldustu mynd er jafnan talað annars vegar um bergvatnsár sem dragár og lindár og hins vegar um jökulár. Lýsing á viðmiðunaraðstæðum straum- og stöðuvatna á Íslandi var lögð fram á upphafsdögum stjórnar vatnamála (Gerður Stefánsdóttir &

Halla Margrét Jóhannesdóttir, 2013) auk síðari aðlögunar með viðbótar vatnagerð RL4 (Eydis Salome Eiríksdóttir o.fl., 2019). Í skýrslunum er eiginleikum mismunandi flokka straumvatna skv. skilgreiningu gerðarflokkunar lýst, þ. á m. rennslisháttum (sjá flokkun straumvatna í töflu 3). Fram kemur í skýrslu Harby o.fl. (2018) að nauðsynlegt sé að lýsa eðlisrænum ferlum (e. physical process) vatnsfalla til þess að skilja áhrif breytinga á vatnsformfræðilega þætti. Því er eðlilegt að skoða rennslishætti sem og aðra mögulega matsþætti vatnsformfræðilegra gæðapátta með tilliti til lýsinga á eiginleikum straumvatnagerða.

Tafla 3: Gerðargreining íslenskra straumvatna eftir eiginleikum (Eydis Salome Eiríksdóttir o.fl., 2019). Bergvatnsár eru flokkaðar eftir því hvort árnar eru á hálendi eða láglandi (miðað við 600 m h.y.s.), aldri berggrunns og þekju vatna og votlendis á vatnasviði. Jökulárnar eru skilgreindar sem einn flokkur án tillits til annarra breytilegra þátta.

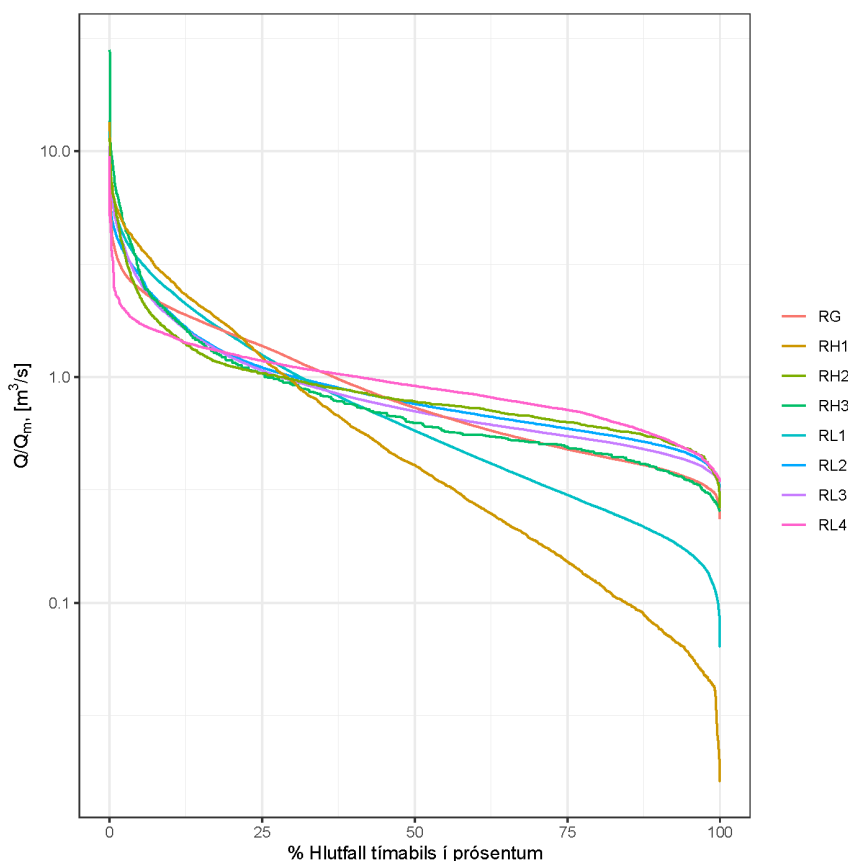
	Gerð	Lýsing	Hlutfall (%)*
Láglandi	RL1	Bergvatn á berggrunni $\geq 3,3$ m.á., lítil áhr. af vatni & votlendi á vatnasviði	35
	RL2	Bergvatn á berggrunni $<3,3$ m.á	22
	RL3	Bergvatn undir áhrifum af vatni og votlendi á vatnasviði	21
	RL4	Bergvatn á setlögum frá nútíma	2
Hálendi	RH1	Bergvatn á berggrunni $\geq 3,3$ m.á., lítil áhr. af vatni & votlendi á vatnasviði	2
	RH2	Bergvatn á berggrunni $<3,3$ m.á	5
	RH3	Bergvatn undir áhrifum af vatni og votlendi á vatnasviði	1
	RG	Jökulvatn	12
		Samtals	100

* Hlutfall í hverri vatnagerð af heildarfjölda vatnshlota

Rennslishættir milli straumvatnagerða

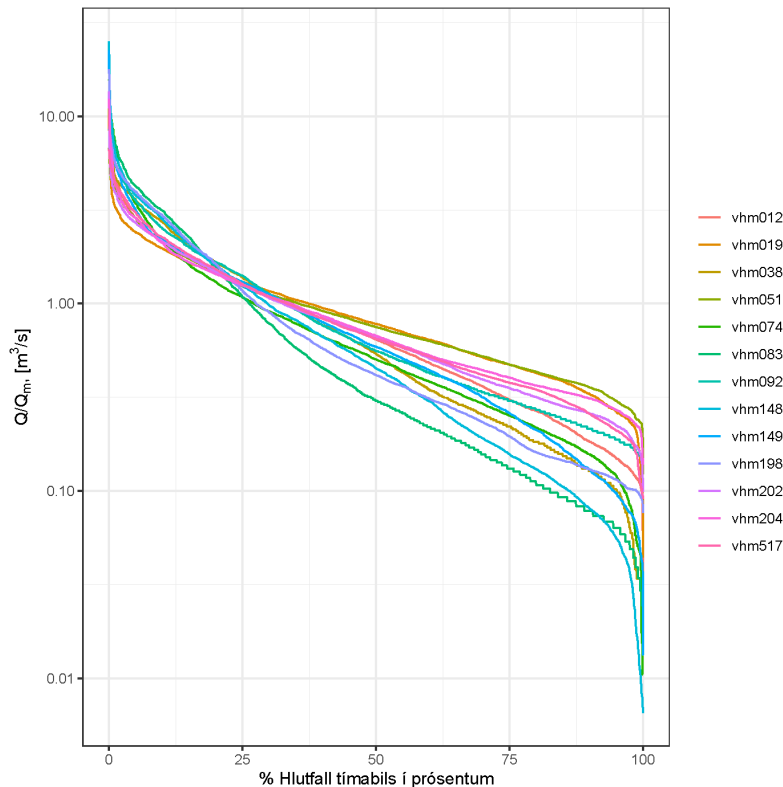
Gagnlegt er að skoða rennslishætti ólíkra straumvatnagerða til þess að gera grein fyrir breytileika rennslishátta. Rennslishætti má meta t.d. út frá ársrennslis, lágrennslis og flóðum jafnt í tíma sem og rúmi. Á mynd 2 má sjá langæislínur (e. Flow Duration Curve) mismunandi vatnagerða straumvatns. Langæislínur segja til um breytileika rennslis með því að gefa upplýsingar um það yfir hversu stórt hlutfall tímabils rennslis er af ákveðinni stærð eða hærra. Í raun sýnir hver punktur í langæislínu hvaða líkur eru á að rennslis sé af ákveðinni stærð, eða þaðan af meira, í viðkomandi vatnsfalli. Langæislínur eru ýmist reiknaðar fyrir hvert vatnsár eða yfir lengri tíma. Hæsta rennslis á langæislínunni gefur vísbendingu um hlutfallslega stærð algengra flóða en það lægsta gefur vísbendingu um hlut grunnrennslis.

Langæislínurnar eru hér reiknaðar sem meðaltal út frá 10 ára rennslisgögnum nokkurra vatnshlota innan tiltekinnar gerðar straumvatns (í viðauka II má sjá á hvaða gögnum langæislínurnar byggja). Til að einfalda samanburð eru langæislínurnar staðlaðar með því að deila með meðalrennslis miðgildisársins. Almennt eru langæislínur lindáa flatar þar sem þær dragast hvorki niður með lágrennslis né upp með flóðum enda rennslis þeirra fremur stöðugt. Dragár koma hins vegar fram með sterkan breytileika og því er meiri halli á þeim langæislínum. Langæislínur jökuláa eru gjarnan þarna á milli, með meiri breytileika en lindárnar, en minni breytileika en dragárnar.



Mynd 2. Langæislínur íslenskra straumvatnagerða. Jökulár (RG), straumvötn á láglendi (RL) og straumvötn á hálendi (RH). Nánari framsetning á eiginleikum hvernar straumvatnagerðar er í töflu 3.

Á mynd 2 má sjá að langæislínur vatnagerðanna RH1 og RL1 sýna hvað mestan breytileika í rennslisháttum meðal straumvatnagerðanna. Þessar tvær gerðir eru bergvatnsár á eldri berggrunni ($\geq 3,3$ millj. ára) án áhrifa af vötnum og votlendi og einkennast af skjótri svörun úrkomu og leysinga á oft á tíðum litlum vatnasviðum þar sem meðalársrennsli er lítið. Á þurrkatímabilum getur lágrennsli orðið mjög lágt en flóðtoppar aftur á móti mjög miklir í mikilli úrkomu þar sem mest öll úrkoma rennur af yfirborði vatnasviðsins og lítill hluti hennar seytlar niður í berggrunn/jarðveg. Þetta er þó háð aðstæðum s.s. þykkt og eiginleikum jarðvegs og vistkerfa á hverjum stað. Langæislína RL4 er ólík langæislínum RH1 og RL1 (Mynd 2). Í vatnagerð RL4 eru bergvatnsár á láglendi, á sendnum botni, sem renna af vatnasviðum sem hafa meira en 40% þekju setlaga frá nútíma (< 10.000 ára). Árnar byggja á lindarvatni og er vatnsrennsli því nokkuð stöðugt. Þarna á milli liggur langæislína jökuláa (RG) með meiri breytileika en ár með sterkan lindarþátt en minni breytileika en dæmigerðar dragár, þ.e dragár án rennslisjöfnunaráhrifa af vötnum og votlendi. Sambærilega aðgreiningu vatnsfalla eftir rennslisháttum þeirra má sjá í greinargerð Gunnars Orra Gröndal (2004). Eiginleikagreining sem þessi getur aðstoðað við mat á rennslisháttum vatnasviða þar sem engar rennslismælingar liggja til grundvallar. Þrátt fyrir að hér sé birt ein langæislína fyrir hverja gerð straumvatnagerðanna (Mynd 2) þá er rétt að geta þess að breytileiki innan hvernar gerðar er þó nokkur, t.d. innan RL1 eins og sjá má á mynd 3.

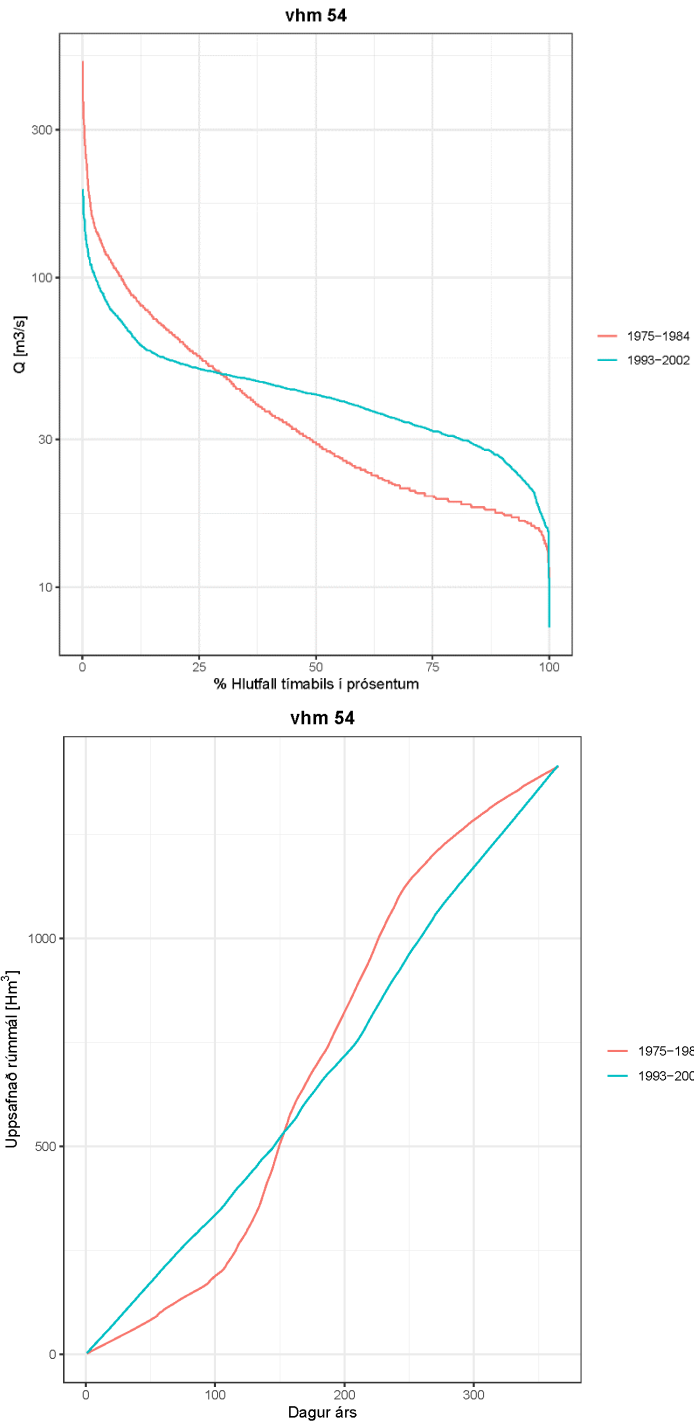


Mynd 3. Langæislinur nokkurra vatnsfalla sem falla undir straumvatnagerðina R11. Sjá má hvaða vatnsfalli vatnshæðarmælarnir tilheyra í Viðauka II.

Út frá breytileika rennslishátta er líklegt að áhrif álags á rennslishætti sé ólíkt á milli straumvatnagerða. Með þessu er t.d. átt við að jöfnun rennslis yfir árið hafi ekki sömu áhrif á vatnsföll sem venjulega hafa jafnt rennsli eins og á þau sem hafa mikinn breytileika. Ef miðað er við að nota sambærilega töflu og notuð var við mat á vatnsformfræðilegum breytingum í straumvatni á virkjanasvæðum á Íslandi (sjá töflu í viðauka I) er því mælt með að nota breytilegt vægi eftir því undir hvaða straumvatnagerð viðkomandi vatnshlot fellur.

Dæmi um álag á rennslishætti

Þegar litið er til álags á rennslishætti hérlendis, hafa virkjunarframkvæmdir valdið miklu álagi á tiltekin vatnshlot. Augljósar breytingar má til að mynda sjá í rennslisgögnum Blöndu (vatnshæðarmæli 54) þar sem skoðuð eru gögn yfir 10 ára tímabil bæði fyrir og eftir virkjun. Á mynd 4 (efri mynd) má sjá á langæislinum hvernig rennsli eftir virkjun sýnir lækkun rennslis-toppa eða flóða en að mestu hærra rennsli að öðru leyti. Neðri myndin sýnir 10 ára meðaltals massalínurit sem lýsir árstíðarbundinni breytingu rennslis fyrir og eftir virkjun. Sjá má að á tímabilinu eftir virkjun er rennsli að meðaltali hærra fyrri part árs (u.þ.b. fyrstu 150 dagana) en svo lægra seinni part ársins. Rennslið færir því á milli árstíða miðað við það sem var fyrir virkjun og breyting rennslishátta eftir virkjun kemur fram í jafnara rennsli á báðum myndum. Til að magntaka breytingar sem þessar er t.d. hægt að reikna saman þá matsþætti sem nefndir eru í flokki D1 í Viðauka I. Auk þess er gagnlegt að birta langæislinur og massalínurit vatnshlota til þess að gefa yfirlit yfir almenna rennslishætti sem gefa til kynna um hvers konar vatnsfall er að ræða, einkum ef dæmigerðar langæislinur og massalínurit ákveðinna straumvatnagerða eru notaðar til að spá fyrir um líklega rennslishætti á ómældum vatnasviðum. Frekari umfjöllun um notkun langæisla og massalínurita við túlkun og greiningu rennslishátta má finna í greinargerð um vatnsformfræðilega gæðþætti — yfirlit yfir úrvinnslumöguleika (Gerður Stefánsdóttir & Davíð Egilson, 2014) og í greinargerð Gunnars Orra Gröndal (2004).



Mynd 4. Breyting rennslíshátta eftir virkjun Blöndu skv. skoðun gagna úr vatnshæðarmæli 54. Rauðu línurnar sýna tímabil fyrir virkjun en þær bláu eftir virkjun. Myndin fyrir ofan sýnir langæislínur en fyrir neðan má sjá massalínurit.

Rétt er að geta þess að náttúrulegur breytileiki rennslíshátta er umtalsverður og því er nauðsynlegt að mat á áhrifum álags á rennslíshætti byggji á gögnum sem spanna nægilega langt tímabil sem endurspeglar náttúrulegan breytileika.

Tengsl við aðra gæðapætti sem þegar hafa verið samþykktir

Í skýrslu Evrópsku Umhverfisstofnunarinnar kemur fram að miðlun rennslis getur haft veruleg neikvæð áhrif á fiska og hryggleysingja (EEA, 2019). Í skýrslu Harby o.fl. (2020) eru einnig tilgreind sérstaklega möguleg áhrif lágrennslisbreytinga og flóðabreytinga. Lágrennslis yfir vetrartíma getur dregið úr ásættanlegum búsvæðum og aukið álag vegna ísingar / ísamyndunar. Lækkun vatnsborðs getur aukið hættu á að farvegur þorni upp og að áhrifa frosts gæti hjá hrognum og botndýrum. Lágrennslis yfir sumartíma getur á svipaðan hátt dregið úr aðgengi að búsvæðum, orsakað hærri vatnshita og lægri súrefnismettun t.d. þegar vatn verður nær kyrrstætt. Fiskar og seiði þeirra gætu einnig verið auðveldari bráð t.d. fyrir fiska eða jafnvel endað á þurrum svæðum. Ef álag á vatnshlot verður til þess að flóð minnka eða þau verða sjaldgæfari, þá getur það einnig haft áhrif á vistkerfið. Flóð geta skolað út finefni úr botni farvega og samkvæmt Forseth og Harby (2013) getur minnkun flóða til lengri tíma haft í för með sér skert gæði búsvæða. Það er því ljóst að tengsl við aðra gæðapætti eru til staðar en brýnt er að greina nánar tengingu þeirra á milli. Í næstu skrefum verkefnisins er því nauðsynlegt að skoða frekar samspil vatnsbúskapar og rennslishátta við þá líffræðilegu og eðlisefnafræðilegu gæðapætti sem þegar hafa verið samþykktir hér á landi.

Vatnsbúskapur sem vatnsformfræðilegur gæðapáttur

Breytingar á vatnsbúskap eða rennslisháttum hafa sterk áhrif á vatnsformfræðileg ferli þar sem tiltækt vatn segir í raun til um formfræðilegar og vistfræðilegar aðstæður innan vatnshlota. Ljóst er að vatnsbúskapur, þ.e.a.s. rennslishættir eða breytingar á vatnafari, eru þannig stór áhrifapáttur innan vatnsformfræðilegra gæðapátta straumvatna og því erfitt að líta fram hjá honum við val þeirra gæðapátta sem lagðir eru til fyrir straumvötn. Enn fremur hafa rennslishættir og vatnsbúskapur mikil og bein áhrif á marga aðra matsþætti sem fjallað er um í þessari skýrslu. Þannig tengist t.d. vatnsmagn og breytingar á stærð og tíðni flóða rofmeð og setsöfnun og þættir líkt og lónaáhrif, uppistöðuáhrif og breytingar á svifaur koma oftast en ekki einnig fram í rennslisháttum. Því má segja að rennslishættir séu nokkurs konar grundvallaratriði þegar kemur að því að leggja fram vatnsformfræðilega gæðapætti og er því nauðsynlegt að mæla vatnshæð og meta rennslis svo unnt sé að fá yfirlit yfir rennslishætti ólíkra straumvatna.

Matsþættir vatnsbúskaps

Þeir matsþættir vatnsbúskaps sem lagðir eru til samkvæmt norsku aðferðafræðinni og hér er einkum litið til, eru flokkaðir í tvo flokka, rennslishætti (D1) og dægursveiflur (D2) (Tafla 2). Þessir flokkar endurspeglar það sem fellur undir vatnsmagn og straumþunga samkvæmt töflu 1 en fjalla í raun ekki um tengsl við grunnvatn, nema að litlu leyti og þá óbeint. Því er fjallað sérstaklega um tengsl við grunnvatn í kafla 2.1.2. Matsþættir í flokki D1 meta álag út frá breytingum á heildarrennslis, lækkun á flóðatíðni 1 árs og 10 ára flóða og út frá árstíðabundnum lágrennslisbreytingum. Matsþættir í flokki D2 meta álag út frá snöggum rennslisbreytingum (e. hydropeaking) með þáttunum skammtíma rennslisbreytingar, hraði rennslisbreytinga og breytingar á flatarmáli farvega undir vatni. Eins og áður hefur komið fram má finna frekari upplýsingar um matsþættina í skýrslu um manngerð og mikið breytt vatnshlot (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020) en hér er stiklað á stóru hvað varðar meginefni hvers matsþáttar. Hér á eftir fylgir lýsing á þeim matsþáttum sem Norðmenn nota hvað varðar vatnsbúskap og er skilgreining á flokkun ástands út frá þessum matsþáttum að finna í viðauka I.

Heildarrennslis á ársgrundvelli. Matsþátturinn metur breytingu á vatnsmagni á ársgrundvelli. Borið er saman árlegt miðgildi² rennslis yfir lágmark 10 ára tímabil, fyrir og eftir mannlega

² Í skýrslu um manngerð og mikið breytt vatnshlot (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020) er talað um meðaltal en í norsku skýrslunni um miðgildi.

íhlutun. Nauðsynleg gögn eru rennsli í daglegri tímaupplausn. Miðað er við að nota mælt rennsli þar sem það er tiltækt en að öðrum kosti er hægt að byggja á líkanreiknuðum rennslisröðum.

Lágrennsli sumar og vetur. Hlutfallsleg minnkun á lágrennsli er reiknuð með því að bera saman lægsta miðgildi yfir 7 daga tímabil á hverju ári fyrir sumar (apríl-september) og vetur (október-mars), fyrir og eftir mannlega íhlutun. Nauðsynleg gögn eru mælt eða reiknað rennsli í daglegri tímaupplausn. Ekki er tilgreind lágmarkslengd tímaraða en eðlilegt er að líta til svipaðra gagna og notuð eru fyrir mat á heildarrennsli sem skulu byggja á 10 ára rennslisröðum fyrir og eftir mannlega íhlutun. Samkvæmt norsku aðferðafræðinni er einnig hægt að miða við Q95 í stað lægsta miðgildis 7 daga rennslis. Með Q95 er átt við að 95% tímans er rennslið hærra en viðkomandi gildi. Miðað er við að nota mælt rennsli þar sem það er tiltækt en að öðrum kosti er hægt að byggja á líkanreiknuðum rennslisröðum. Samkvæmt norsku aðferðafræðinni eru settir upp flokkar sem sýna breytingar hvers matsþáttar innan sumars og veturs, sjá töflu 4. Miðað er við að leggja mat á minnkun lágrennslis en ef til aukningar lágrennslis kemur skal leggja faglegt mat á það í hvaða flokk þær breytingar falla.

Tafla 4. Breytingar á lágrennsli yfir vetrar- og sumartíma. Viðmiðunarmörk byggja á umfangi breytinganna.

Breytingar	Breyting yfir vetrartíma	Breyting yfir sumartíma
Náttúrulegar	Lítil aukning*, 0-5% minnkun lágrennslis	Lítil aukning*, 0-10% minnkun lágrennslis
Litlar	5-10% minnkun lágrennslis	10-20% minnkun lágrennslis
Hóflugar	10-30% minnkun lágrennslis	20-40% minnkun lágrennslis
Miklar	30-50% minnkun lágrennslis	40-60% minnkun lágrennslis
Mjög miklar	Meira en 50% minnkun lágrennslis	Meira en 60% minnkun lágrennslis

*Ef til aukningar kemur skal leggja faglegt mat á það í hvaða flokk þær breytingar falla

Tíðni flóða, 1 árs og 10 ára endurkomutími. Mat á stærð flóða með tiltekinn endurkomutíma er fundinn með svonefndri flóðagreiningu. Með matsþættinum er greint hvort að flóð með tiltekinn endurkomutíma (annars vegar 1 ár og hins vegar 10 ár) komi sjaldnar fram eftir mannlega íhlutun. Flóðagreiningar rennslismældra vatnsfalla eru tiltækar á Veðurstofu Íslands (Hilmar Björn Hróðmarsson & Tinna Þórarinsdóttir, 2018; Hilmar Björn Hróðmarsson, 2010; Hilmar Björn Hróðmarsson o.fl., 2009) en í öðrum vatnsföllum þarf að reiða sig á líkanreiknað rennsli og vinna flóðagreiningar út frá því. Flóðagreiningar mældra rennslisraða byggjast á gildum í hárrí tímaupplausn (svokölluðum augnabliksgildum) en ef nota á líkanreiknuð gögn er oftast um að ræða dagsmeðaltöl. Í norsku aðferðafræðinni kemur ekki fram lágmarkslengd tímaraða en ljóst er að eftir því sem rennslisraðirnar eru lengri þeim mun áreiðanlegra verður mat á stærð flóða með tiltekinn endurkomutíma og krefst því matsþátturinn rennslisraða sem ná að lágmarki yfir nokkurra ára tímabil.

Skammtíma rennslisbreytingar (hydro-peaking). Lagt er mat á öra rennslisbreytingu með því að reikna hlutfall milli há- og lágrennslis. Í aðferðafræði Norðmanna er notast við forrit sem heitir COSH-Tool (Sauterleute & Charmasson, 2014). Nauðsynleg gögn eru rennslisgögn í a.m.k. klukkustundargildum en helst í 15 mínútna gildum eða enn finni upplausn og þurfa að ná að lágmarki yfir árs tímabil. Þar sem um er að ræða breytingar á rennsli vegna rennslisstjórnunar í kringum vatnsaflsvirkjanir má gera ráð fyrir að aðgengi að gögnum til notkunar fyrir þennan matsþátt sé nokkuð gott.

Hraði rennslisbreytinga. Þessi matsþáttur er nátengdur skammtíma rennslisbreytingum og er einnig metinn með forritinu COSH-Tool (Sauterleute & Charmasson, 2014) með því að greina

öra minnkun eða aukningu rennslis út frá breytingu á vatnshæð (í cm) á tímaeiningu. Matsþátturinn byggist á notkun sambærilegs gagnasetts og fyrir skammtímarennslisbreytingar, þ.e.a.s. vatnshæð með 15 mínútna eða finni upplausn en lágmarks lengd tímaraðar er ekki tilgreind. Gert er ráð fyrir svipaði lágmarks lengd tímaraðar og í tilfelli skammtíma rennslisbreytinga, eða að lágmarki eins árs tímabil.

Þurrkun farvega vegna rennslisbreytinga. Í þessum þætti er lagt mat á breytingu flatarmáls undir vatni með mælingum eða straumfræðilegum líkanreikningum vegna örra rennslisbreytinga. Enn eru til skoðunar breytingar með öra minnkun eða aukningu rennslis í huga og hlutfall flatarmáls (í prósentum) reiknað miðað við há- og lágrennslis. Matsþátturinn krefst ekki einungis gagnagreiningar á tiltækum gögnum heldur þarf einnig að búa til gagnasettið út frá mælingum eða straumfræðilegum líkanreikningum og er þátturinn því talinn heldur flókinn í vinnslu.

Í skýrslunni um manngerð- og mikið breytt vatnshlot (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020) er matsþáttum sem varða dægursveiflur (D2) sleppt þar sem ólíklegt er talið að hér á landi valdi dægursveiflur því að vatnshlot teljist mikið breytt. Þessar skammtíma breytingar eiga sér einkum stað í tengslum við vatnsaflsvirkjanir og samspil þeirra við uppistöðulón og geta haft form- og vistfræðileg áhrif (EEA, 2019). Rennslisveiflur vegna mannglegrar íhlutunnar s.s. virkjana geta haft áhrif á framvindu vistkerfa s.s. uppeldisskilyrði laxfiska og fæðuframboð (Magnús Jóhannsson o.fl., 2001). Sem dæmi má nefna sýndu rannsóknir á lífríki í Sogi að ef lágrennslis fer niður fyrir tilskilin viðmiðunarmörk í ákveðinn tíma hefur það neikvæð áhrif á afkomu hrognna og seiða. Mörkin miðast við 65 m³/s sem er um 60% af ársmeðalrennslis Sogsins (Magnús Jóhannsson o.fl., 2007). Í skýrslunni er bent á að almennt eru snöggar ónáttúrulegar rennslisveiflur taldar verstar fyrir afkomu seiða. Reikna má með að neðan frárennslisrása virkjana verði skerðing á uppeldisvæðum seiða og benda rannsóknir til að sveiflurnar hafi haft neikvæð áhrif á þéttleika laxaseiða á fyrsta og öðru ári, bæði vegna breytts straumlags og vegna fyrirvaralausra, ónáttúrulegra rennslisveiflna en áhrifin ráðast mikið af því hve miklar og snöggar breytingarnar eru (Magnús Jóhannsson o.fl., 2001; Magnús Jóhannsson o.fl., 2011). Markvisst hefur verið dregið úr slíkum sveiflum hin síðari ár þó hraði breytinga á rennslis og vatnshæð sé í einhverjum tilvikum nokkuð meiri en leiðbeiningar gera ráð fyrir (Magnús Jóhannsson o.fl., 2011; Auður Atladóttir o.fl., 2019). Út frá þessum upplýsingum má telja eðlilegt að vakta dægursveiflur hér á landi þar sem þær geta haft neikvæð áhrif á vistkerfi straumvatna sé þeim ekki stýrt með viðunandi hætti, þrátt fyrir að þau séu á öðrum skala og nái ekki því umfangi að vatnshlotin flokkist mikið breytt a.m.k. eins og þeim er háttað í dag.

Aðrir vísar rennslishátta voru reifaðir í greinargerð um vatnsformfræðilega gæðapætti – yfirlit yfir úrvinnslumöguleika (Gerður Stefánsdóttir & Davíð Egilson, 2014). Hér verður ekki fjallað um þá frekar þar sem lagt er upp með að nota aðferðafræði Norðmanna til að byrja með við mat á vatnsformfræðilegum gæðapáttum. Þó er bent á að gagnlegt sé að nýta langæislínur og massalínurit við greiningu rennslishátta eins og hér hefur komið fram, en hvort það beri að nýta þær upplýsingar sem matsþætti þarf að greina eftir því sem verkefninu vindur fram. Bæði langæislínur og massalínurit byggjast á dagsmeðaltölum rennslis og því er aðeins lítilsháttar gagnavinna fólgin í þess háttar úrvinnslu en kanna þarf hverju þær upplýsingar bæta við matsþættina sem lagðir eru til í norsku aðferðafræðinni.

Tiltæk gögn og gagnavinnsla

Til þess að unnt sé að greina rennslishætti þarf að reiða sig á mælingar en Veðurstofa Íslands rekur vatnshæðarmæla vítt og breitt um landið. Í byrjun árs 2021 voru á níunda tug vatnshæðarmæla í virkum rekstri í mælakerfi Veðurstofunnar. Mælarnir skrá vatnsborðsbreytingar og með reglulegum rennslismælingum og gerð rennslislykla fyrir vatnsföllin er hægt að meta rennslis á hverjum tíma. Frá því að reglubundnar vatnamælingar hófust árið 1947 hefur mikill fjöldi mælinga verið gerður víða um land. Farið var að stunda vatnshæðarmælingar fyrir þann tíma,

fyrst með kvarðaálesturum í ám en seinna með síritandi mælitækjum. Vatnshæðargögn eru til fyrir mörg vatnsföll, sum staðar er um að ræða langar og samfelldar tímaraðir er spanna áratugi aftur í tímann og eru ennþá í rekstri en annarstaðar hafa mælingar staðið yfir tímabundið en þó skilað góðum gögnum sem ættu að nýtast vel í vinnu við mat á rennslisháttum.

Almennt liggja fyrir góð rennslisgögn hvað varðar straumvatn á virkjanasvæðum. Nokkuð vantar þó upp á gögn frá því áður en virkjanir voru byggðar hvað varðar elstu virkjanir, til að mynda virkjanir í Sogi og Laxá í Aðaldal. Minna er til af rennslisgögnum til þess að meta aðstæður þar sem um að ræða staðbundið álag sem og vegna dreifðrar mengunar. Vöktun viðmiðunarvatnshlota ætti að gefa skýrari mynd þegar fram í sækir

Þar sem mælingar eru ekki tiltækar er hægt að líkanreikna rennsli með vatnafarslíkönunum. Þess ber þó að geta að eftir því sem nákvæmari gagna er krafist er varðar tímaupplausn, þeim mun nauðsynlegri verða mælingar og má því gera ráð fyrir að erfitt sé að líkanreikna aðra matsþætti vatnsbúskaps en þá sem eru í sólarhringsupplausn (flokkur D1). Gæðum líkanreiknaðra gagna hefur þó fleygt fram á undanförunum árum og má hugsa sér að þau nýtist á margvíslegan hátt inn í þessa vinnu, ekki einungis sem hreint rennslismat heldur einnig sem mat á mörkum milli álags af mannavöldum og náttúrulegs breytileika í rennslisháttum. Gagnavinnsla rennslishátta er misþung eftir því hvort um er að ræða mældar eða líkanreiknaðar rennslisraðir en í öllum tilfellum ætti að vera hægt að nálgast nauðsynlegar upplýsingar ýmist með mælingum, líkanreikningum eða jafnvel nálgun rennslishátta út frá gerðum straumvatna og tiltækum veður- og landfræðilegum upplýsingum.

2.1.2 Tengsl við grunnvatn

Tengsl vatnshlota við votlendi og flóðasléttur skipta umtalsverðu máli fyrir heildstæða og óraskaða eiginleika vatnavistkerfa. Evrópskar rannsóknir hafa sýnt að 70–90% flóðaslétta (floodplains) hefur verið raskað á síðustu 20 árum (EEA, 2019) en slík svæði eru í miklum tengslum við árfarvegi og einkennast m.a. af fjölbreyttu votlendi. Meginástæður þess eru flóðavarnir og afmörkun/þrenging á farvegi árinna (e. river straightening) og þannig eru tengsl árinna við flóðsléttu rofin. Einnig eru áhrif vegna landbúnaðar og þéttbýlismyndunar (e. urbanisation).

Í tillögum Norðmanna við mat á vatnsformfræðilegum þáttum er einungis að hluta til tekið mið af samskiptum flóðaslétta við vatnsfallið, s.s. hvernig slík tengsl raskast með flóðvarnargörðum en vel er fjallað um þann þátt og hvernig hann er metinn í kafla 3.2.1.

Hinn megináhrifaþátturinn héraendis er framræsing votlendis sem er umfangsmikil eins og sjá má í skurðakortavefsjá Landbúnaðarháskóla Íslands en þar hefur verið unnið að hnitun á skurðakerfi landsins (<https://skurdakortlagning.lbhi.is/>). Eins og sjá má í vefsíðunni er þéttleiki skurðabekjunnar umtalsverður hér á landi og þá sérstaklega á þeim svæðum þar sem votlendi er til staðar á láglandi (Mynd 5). Heildarlengd skurða sem grafnir hafa verið í tengslum við landbúnað eru um 34 þúsund km (Samráðshópur um endurheimt votlendis, 2016; Fanney Ósk Gísladóttir o.fl., 2007). Fyrstu skurðirnir voru að mestu vegna áveituframkvæmda, t.d. Flóa- og Skeiðaáveitur, en að megninu til er um framræsluskurði að ræða (Sólveig Ólafsdóttir, 2013). Nokkur óvissa er um upprunalega stærð votlendis hér á landi en hún hefur verið áætluð á bilinu 9.000 – 10.300 km² (Ólafur Arnalds & Jón Guðmundsson 2020). Talið er að um 4.200 km² upprunalegs votlendis hafi verið framræst eða á bilinu 40–46% alls votlendis hafi verið ræst fram. Til viðbótar þessu má ætla að um 60.000 km af svokölluðum kílræsum hafi verið bætt við (Ólafur Arnalds o.fl., 2016; Fanney Ósk Gísladóttir o.fl., 2010). Hlutfall framræsingar er mun hærra á láglandi, en ætla má að 70% votlendis neðan 200 m hæðarlínu hafi verið ræst fram (Samráðshópur um endurheimt votlendis, 2016). Ætla má að einungis um 570 km² framræsts votlendis sé nýtt til jarðræktar í dag (Samráðshópur um endurheimt votlendis, 2016).



Mynd 5. Mynd úr skurðakortavefsjá LbhÍ [<https://skurdakortlagning.lbhi.is/>].

Framræsing hefur áhrif á eiginleika votlendisins og það vistkerfi sem þar þrífst sem og aðliggjandi vatnshlot. Auk þess að hafa áhrif á vatnafar, s.s. grunnvatnsstöðu og rennslihætti, hefur framræsingin áhrif á bæði eðlisefnafræðilega eiginleika og lífríki sem þar þrífst. Íslenskur mýrarjarðvegur er að miklu leyti lífrænt efni sem auk þess inniheldur hátt hlutfall steinefna vegna eldgosa og áfoks (Sólveig Ólafsdóttir, 2013; Ólafur Arnalds o.fl., 2016). Við framræingu breytist umhverfi votlendis verulega og ýmis lífræn efni og málmambönd fá framrás úr jarðvegi og í vatn og síru- og oxunarstig votlendis og vatns breytist. Rannsóknir sýna að framræsing votlendis er ein helsta orsök lækkaðs sýrustigs (pH) í vatnshlotum sem eru í tengslum við viðkomandi áhrifasvæði (Áström o.fl., 2004) en sýrustig og súrefnisaðstæður (e. redox) eru þær breytur sem hafa hvað mest áhrif á leysni og hegðun málmambanda í umhverfinu (Gower et al., 1994; Sigurður Reynir Gíslason o.fl., 1998; de Paiva Magalhães o.fl., 2015; EPA's, 2007). Aukinn framburður lífrænna agna getur einnig haft umtalsverð áhrif á það vistkerfi sem hann berst í, allt eftir aðstæðum á hverjum stað. Þekkt er að talsverð umhverfisáhrif geta verið til staðar við umfangsmikla framræingu (Madsen, 2004; Kim Iversen & Martin H. Larsen, 2019). Framræsing eykur aðgengi súrefnis að áður loftfirrtum aðstæðum sem veldur því að ýmis efni breyta um fasa, vatnið sýrist og efni sem eru bundin í mýrum losna út í umhverfið og haldast uppleyst meðan sýrustig er tiltölulega lágt. Dæmi um slíkt er uppleyst tvígilt járn (Fe^{2+}) sem skolast úr jarðveginum og getur haft eituráhrif á lífverur. Járníð helst uppleyst við súrar aðstæður en við slíkar aðstæður er þekkt að það setjist á tálkn fiska og geti valdið dauða. Járníð fellur út sem rauðlituð járnefnasambönd ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) þegar pH hækkar við súrefnisríkar aðstæður og er slíkur mýrarrauði vel þekktur í skurðum og tjörnum hér á landi. Við slíkar aðstæður minnkar sjóndýpi og mýrarrauðinn þekur botn og plöntur. Smádyr og fiskar þrífast illa við slíkar aðstæður og geta þær haft áhrif á búsvæði og hrygningu (Madsen, 2004; Kim Iversen & Martin H. Larsen, 2019). Hringrás og umbreyting járnsmáa hefur mikil áhrif m.a. á framleiðni vatnakerfa, bindingu og losun kolefna og næringarefna s.s. fosförs og niturs og hringrás ýmissa málmambanda (Kappler o.fl., 2021). Ýmis önnur efni geta einnig borist út í umhverfið við framræingu á mýrum t.d. önnur málmambönd s.s. ál, blý sem og önnur mengandi efni ef þau eru til staðar en fiskar eru mjög viðkvæmir fyrir málmjónum (Háskólinn á Hólum o.fl., 1998). Mikilvægt er að huga að

umfangi framræsingar og mögulegu álagi þar sem framræsing er umtalsverð frá svæðum sem innihalda mikið magn járnsmá sem bundið er við súrefnisfirrtar aðstæður eins og í votlendi á Suður- og Vesturlandi.

Ljóst er að tengsl við grunnvatn og þar með áhrif framræslu á votlendi er mikilvægur matsþáttur sem ætla má að hafi mikil áhrif á vatnaumhverfi á láglandi. Hins vegar eru gögn og upplýsingar hvað þetta varðar s.s. grunnvatnsstaða og áhrif þess efnis sem berst frá votlendi ekki eins vel þekkt og æskilegt væri. Því er lagt til að geyma þennan matsþátt í þessum vatnahring. Til framtíðar er þó nauðsynlegt að meta umfang þess og áhrif þess á vatnafar, eðlisefnafræðilega eiginleika vatnshlota og grunnvatnsstöðu. Eins og áður hefur komið fram er þó fjallað sérstaklega um flóðvarnargarða, sem einnig geta haft áhrif á tengsl við grunnvatn, í kafla 2.2.1.

Í norsku aðferðafræðinni er ekki lagt beint mat á tengsl við grunnvatnshlot og áhrif álags á grunnvatnsstöðu. Á stórum svæðum hérlendis er votlendi ríkjandi og umfangsmikið skurðakerfi raskar grunnvatnsstöðu, breytir rennslisháttum sem og eðlisefnafræðilegum aðstæðum vatnshlota á þessum svæðum. Eins og staðan er í dag er vatnsstaða og rennslishættir á þessum svæðum lítt þekkt en gott yfirlit er til yfir skurðakefju landsins (<https://skurdakortlagning.lbhi.is/>). Í ljósi þess hve umfangsmikil vinna er eftir hvað varðar gögn og úrvinnslu þeirra er ekki lagt til að þessi matsþáttur verði hluti af núverandi vöktun/úrvinnslu. Mjög mikilvægt er þó að leggjast í vinnu við að skoða grunnvatnsstöðu og framræslu hér á landi, áhrif á rennslishætti, eðlisefnafræðilega eiginleika og vistfræði þessara svæða.

2.2 Samfella ár

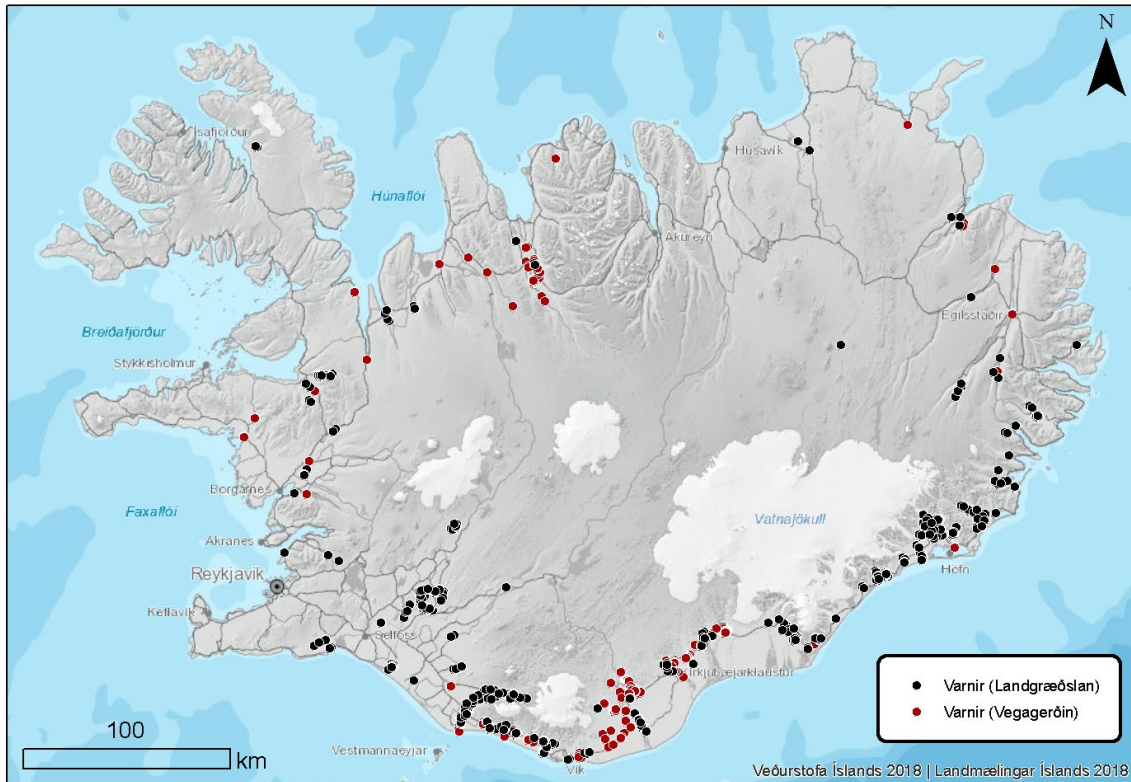
Við óraskað, náttúrulegt ástand eru ár í eðli sínu samfelld eining. Þær lífverur sem það geta, ferðast um án takmarkana, næringarefni berast í og um vatnið og samband við aðliggjandi flóðasléttur er í náttúrulegu ástandi. Þegar röskun verður á þessari samfellu, t.d. með hindrunum í farvegi, gerir það að verkum að m.a. lífverur og ýmiskonar efni, lífræn og ólífræn, hætta mögulega að berast til svæða sem áður nutu góðs af þeim auk þess sem tengsl við grunnvatn geta breyst. Þrengingar eða umbreytingar á farvegi, s.s. varnargarðar, geta einnig haft umtalsverð áhrif á vatnsformfræðilega eiginleika og þar af leiðandi á þær vistfræðilegu aðstæður sem eru til staðar. Hér á eftir verður fjallað um nokkra þá þætti sem geta haft áhrif á samfellu áa.

2.2.1 Flóðvarnargarðar og rofvarnargarðar

Fjallað verður um þessa tvo matsþætti hér í sama kafla en á þeim er samt sem áður stigsmunur.

Flóðvarnir eru samkvæmt tillögu Norðmanna skilgreindar sem garðar meðfram árfarvegi sem eru hærri en náttúrulegur farvegur vatnsfallsins. Þær hindra að vatn geti runnið inn á ákveðin svæði og takmarka því fyrri útbreiðslu og náttúruleg tengsl árinna við aðliggjandi vistkerfi á landi. Þannig raskast náttúruleg þróun árfarvegjar sem hefur áhrif á flóðasléttu og vatnafræðilega eiginleika árinna s.s. staðbundna rennslishætti, setflutninga og gróðurfar.

Rofvarnir við árbakka og fyrirstöður eru hins vegar skilgreindar sem þær varnir sem eru lægri en náttúruleg hæð vatnsbakka og rýfur því ekki samskipti árinna við flóðasléttuna í flóðum. Í báðum tilfellum var aðferðin við mat á áhrifum varnargarða sú að reikna hversu stórt hlutfall lengd varnargarðanna af heildar lengd vatnshlota. Á mynd 6 má sjá staðsetningu rof- og flóðvarnargarða á landinu og í töflu 5 er yfirlit yfir hlutfall varnargarða, miðað við heildar lengd vatnshlota, í hverri vatnagerð.



Mynd 6. Staðsetning rof- og flóðvarnargarða á landinu (samkvæmt gögnum frá Vegagerðinni og Landgræðslunni 2020).

Tafla 5. Yfirlit yfir umfang varnargarða í mismunandi gerðum vatnshlota, byggt á gögnum frá Landgræðslunni og Vegagerðinni.

Varnargarðar				
Vatnagerð	Lengd vatnshlota (km)	Lengd varnargarða (km)	Hlutfall varnargarða í hverri gerð	Hlutfall varnargarða af lengd vatnshlota
RG	2213	143	69%	6,4%
RL1	635	20	10%	3,2%
RL2	623	30	15%	4,9%
RL3	901	10	5%	1,1%
RL4	147	3	1%	2,0%
RH1	-	-	-	-
RH2	-	-	-	-
RH3	-	-	-	-

Samkvæmt kortagrunnum frá Vegagerðinni og Landgræðslunni hafa jökulár stærstan hluta varnargarða af vatnagerðum sem til athugunar eru. Í þeim grunnum eru engir skráðir varnargarðar við hálendisvatnshlot RH1, RH2 og RH3. Hins vegar eru varnargarðar á hálendi í sambandi við virkjanaframkvæmdir og vegagerð tengdum þeim og voru þær metnar í skýrslu um manngerð- og mikið breytt vatnshlot (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020). Hlutfallstölur

sem fást við útreikninga, þ.e. annars vegar hversu stór hluti af heildar lengd vatnshlota hafa varnargarða á bökkum og hins vegar hvernig varnargarðar dreifast á hverja vatnagerð, eru svo notaðar til að gefa vatnagerðum einkunn í þeim tilgangi að meta gæði. Hafa ber í huga að þrátt fyrir að hlutfall varnargarða af heildarlengd vatnshlota sé almennt lágt þá eru einstök vatnsföll sem verða fyrir verulegum áhrifum af völdum varnargarða, sjá viðmið í viðauka I. Því er æskilegt að skoða einstök vatnshlot frekar þegar farið verður í nánari greiningu. Eins og fram kemur hér á undan eru til nokkuð yfirgripsmikil gögn um staðsetningu varnargarða hér á landi sem og yfirlit yfir áætlaða varnargarða. Heildstæðustu gögnin eru frá Landgræðslunni og Vegagerðinni og hafa þær stofnanir veitt aðgang að þeim gögnum, þó með þeim fyrirvara að ekki er um endanleg og fullunnin gögn að ræða. Þau gefa þó afar góða yfirsýn. Hins vegar er ekki í öllum tilfellum skýr greinarmunur gerður á hvaða garðar falla undir svonefnda varnargarða eða rofvarnargarða samkvæmt þeirri skilgreiningu sem lögð er fram í norsku skýrslunni.

Samkvæmt norsku nálgunninni skiptir máli hvar varnargarðar eru staðsettir, þ.e. fjarlægð varnargarða frá vatnshloti sem um ræðir. Ef varnargarðar er staðsettir fjær vatnshloti hefur vatn meira frelsi til að renna um flóðasléttuna þegar svo ber undir. Því teljast þeir varnargarðar sem fjær eru hafa minni áhrif á vatnshlotið og vistkerfi flóðaslétta en þeir sem eru staðsettir nær og hefta flæði um þær og/eða beina því í ákveðna farvegi (Harby o.fl., 2018). Ef litið er til aðstæðna hér á landi og þeirrar staðreyndar að flóð- og rofvarnargarðar eru langsamlega algengastir í jökulám þarf að taka tillit til sérstakra eiginleika þeirra vatnsfalla. Jökulár flæmast iðulega um sínar flóðsléttur og geta því á einum tímupunkti runnið upp við varnargarða en á öðrum tíma fjarri þeim. Því getur reynst nokkuð snúið að gefa áhrifunum einkunnir þegar ástandið er eins breytilegt og raun ber vitni.

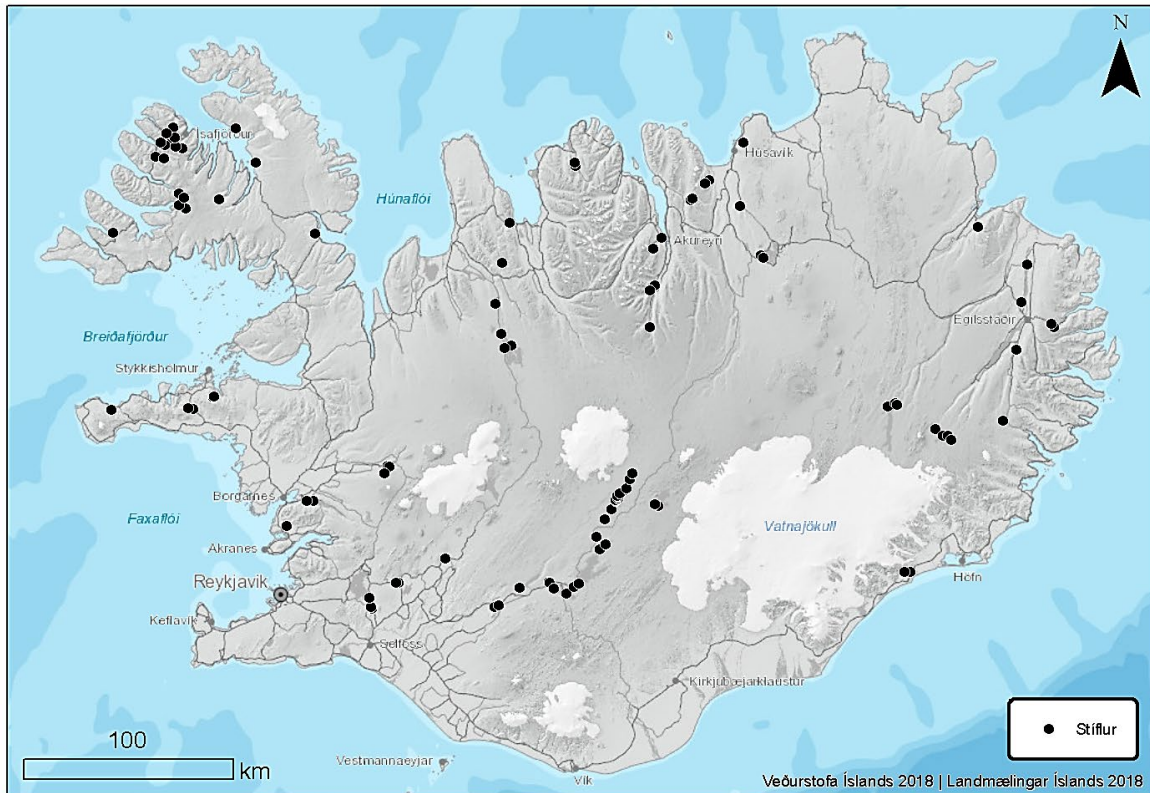
2.2.2 Gróður á bökkum

Í norsku greinargerðinni miðast matsþátturinn gróður á bökkum við hágróður sem vex meðfram árfarvegum sem er að jafnaði hærri en 1 meter og er að jafnaði manngerður. Markmið matsþáttarins er m.a. að meta skuggaáhrif, hindrun á náttúrulegum breytingum á farveginum og áhrif plöntuleifa á vatnshlots en laufblöð sem er mikilvæg orkuauðlind fyrir botndýr í vatnsföllum víða um heiminn. Hins vegar verður að horfa til þess að á Íslandi er gróður af þessu tagi óalgengur meðfram ám og því ekki litið á þennan gæðapátt sem mikilvægan á þessu stigi málsins. Því verður ekki fjallað nákvæmlega um samband bakkagróðurs við vatnshlot að þessu sinni.

Gróðurfar hér á landi einkennist af lágvöxnum plöntum og er því undir því 1 m viðmiði sem lagt er til. Vissulega hefur náttúrulegur gróður sem er lægri en 1 meter áhrif á náttúrlegar aðstæður s.s. vatnsstöðu, stöðugleika árbakka sem og auknu hrífi sem hægir á útbreiðslu flóða. Komi í ljós að vatnsformfræðilegar breytingar hafi umtalsverð áhrif á ástand árbakka og þannig vistfræði vatnshlota er mikilvægt að huga nánar að því og hvernig best er að nálgast slíkt mat innan ramma stjórnar vatnamála.

2.2.3 Hindranir/stíflur í farvegi

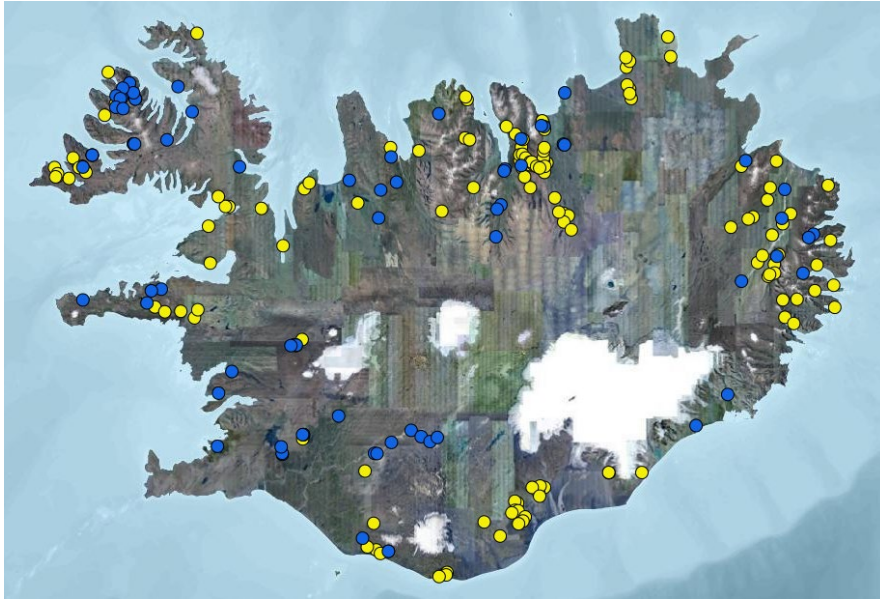
Þegar náttúruleg samfella vatnsfalla er brotin upp með hindrunum, oftast nær einhverskonar stíflum, getur það haft margvísleg áhrif. Slíkar hindranir geta haft veruleg áhrif á far (göngur) fiska sem og annarra lífvera upp og niður farvegi (Sandlund o.fl., 2013) og gera það oft að verkum að sá hluti vatnshlotsins sem er ofan hindrunarinnar verður óaðgengilegur. Þrátt fyrir að hindranir hafi mikil áhrif á lífríki þá hafa þær einnig mikil áhrif á vatnsformfræðilega þætti eins og t.d. rennslishætti, setflutninga, flutning á uppleystum efnum og næringarefnum svo eitthvað sé nefnt. Upplýsingar um stíflur eru aðgengilegar í gögnum frá Orkustofnun og má sjá staðsetningu þeirra á mynd 7.



Mynd 7. Staðsetning stífla á landinu (gögn frá Orkustofnun, 2020).

Í áður útgefinni skýrslu um mat á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020) eru áhrif af stíflum stærri virkjana metin þannig að lengd árinna ofan stíflunnar er reiknuð sem hlutfall af heildarlengd vatnshlots. Einkunn er svo gefin út frá hlutfallstölu sem fæst út úr þeim reikningum. Þegar fram líða stundir er eðlilegt að hugað verði að virkjunum sem minni eru. Áhrif minni virkjana eru vissulega í einhverjum tilfellum óveruleg en meiri í öðrum. Mynd 8 sýnir gróflega hvernig vatnsaflsvirkjanir dreifast um landið og fellur sú þekja ágætlega saman við mynd 7 sem sýnir stíflur á landinu. Þó skal hafa í huga að sumum stærri virkjunum fylgja fleiri uppistöðulón og þar með einnig stíflur. Við frekari vinnu við mat á álagi frá stíflum gæti verið áhugavert að taka inn í myndina almennt umfang af áhrifum sem minni virkjanir hafa á þá gæðabætti sem ákvarðaðir hafa verið. Má gera ráð fyrir að áhrifin séu mjög mismunandi eftir aðstæðum og umfangi hverju sinni, hvar röskun verður á vatnasviðinu með tilliti til stærðar og eiginleika vatnasviðsins í heild, dreifingu búsvæða á vatnasviðinu o.s.frv. Einnig skal hafa í huga hvort að aflagðar virkjanir hafi áhrif þar sem mannvirki hafa mögulega ekki verið fjarlægð og hafa því enn áhrif á umhverfi sitt. Dæmi um slíkt er t.d. Árbæjarstífla sem nýverið var lögð af þannig að ekki er lengur um lón að ræða en þrenging árfarvegur enn til staðar.

Til staðar er gott yfirlit yfir stíflur hér á landi. Orkustofnun heldur úti gagnagrunni yfir staðsetningu vel flestra vatnsaflsvirkjana hér á landi (Mynd 8). Líklegt er að afla þurfi frekari gagna um smávirkanir sem taldar eru skipta máli. Unnið verður að því verkefni í næsta verkefnafasa undir Stjórn vatnamála.



Mynd 8. Staðsetning skráðra vatnsaflsvirkjana (bláir hringir) og heimavirkjana (gulir hringir) miðað við árið 2014 (Heimild: Kortasjá Orkustofnunar).

2.2.4 Uppskipting farvega

Uppskipting farvega er algeng í vatnshlotum víða um Evrópu og er þar vísað til ýmiskonar hindrana af mannavöldum sem settar hafa verið upp og hafa áhrif á bæði vistkerfið, t.d. í gegnum tap á búsvæðum og rof á fari lífvera, sem og á formfræðilega þætti t.d. með áhrifum á rennslishætti og áhrifum á setflutninga auk áhrifa á gæði vatnsins almennt. Hvort sem um er að ræða eina stóra hindrun sem skiptir upp farvegi vatnshlots eða margar minni hindranir sem hver um sig hefur lítil áhrif, geta heildaráhrifin orðið veruleg (EEA, 2020). Þannig getur hver hindrun sem skiptir upp farveginum haft áhrif á flóðsléttur og strandsvæði bæði ofan og neðan hennar, t.d. komast fiskar ekki upp fyrir hindrunina eins og áður, en fyrir neðan hindrunina verður breyting á t.d. rennslisháttum, setflutningum og flutningi á næringarefnum (Jones o.fl., 2019). Hér á landi er uppskipting farvega mest í tengslum við virkjanaframkvæmdir og var fjallað um þennan áhrifaþátt í skýrslu um mat á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020). Norðmenn hafa nálgast þessa skilgreiningu á þann hátt að deila fjölda hindrana í farvegi upp í heildarlengd vatnshlotsins og gefa einkunn í kjölfarið. Sú nálgun var einnig notuð hér á landi í mati á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum.

2.2.5 Lónaáhrif

Stíflur og aðrar hindranir í farvegum hafa jafnan mikil áhrif á rennslismynstur og vistkerfi ofan og neðan þeirrar hindrunar sem um ræðir hverju sinni. Þannig breytist eðli vatnshlotsins í sumum tilfellum úr rennandi vatni í stöðuvatn þar sem vatnsstaða er að jafnaði mjög breytileg, með tilheyrandi áhrifum. Allar aðstæður breytast s.s. rennslishættir, viðstöðutími, eðlisefnafræðilegir eiginleikar vatnshlotsins og vistfræðileg skilyrði s.s. búsvæði lífvera. Myndun lóna og rennslisbreytingar geta haft margvísleg áhrif á lífríki straumvatns. Við gerð lóna í farvegi breytist lífvist verulega, búsvæði fyrir seiði laxfiska raskast, hrygningarstaðir leggjast af, botndýrum fækkar og tegundasamsetning þeirra breytist og rýrir því svæðið til uppeldis (Magnús Jóhannsson o.fl., 2001). Líklegt er að lón myndi göngutöf fyrir seiði á leið til sjávar sem getur valdið auknum afföllum (Magnús Jóhannsson o.fl., 2001). Áhrif ofan hindrunar geta verið mjög mismunandi, allt frá nokkrum metrum og upp í marga kílómetra, allt eftir stærðargráðu hverju sinni. Auk

áhrifa ofan stíflu hafa þær mikil áhrif á rennslishætti neðan stíflu og geta þannig breytt rennslis- háttum verulega s.s. árlegum flóðum og geta í sumum tilfellum tekið þau alveg í burtu.

Í skýrslu um mat á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020) var aðferðin til að meta áhrifasvæði lóna sú að meta lengd þeirra ofan stíflu í hlutfallslegu samhengi við heildarlend vatnshlots og einkunn gefin út frá því. Sú nálgun byggir á aðferð Norðmanna. Að jafnaði er frekar gott aðgengi er að slíkum gögnum út frá loftmyndum.

Þegar fram líða stundir væri nauðsynlegt að skoða stíflur og/eða aðrar hindranir í farvegi í tengslum við minni virkjanaframkvæmdir. Ætla má að einhver áhrif séu af lónum þeirra virkjana þrátt fyrir að vera almennt mun minni og væntanlega í einhverjum tilfellum eru áhrifin mögulega óveruleg.

2.2.6 Uppistöðuáhrif/miðlunaráhrif

Stíflur og aðrar hindranir vegna miðlunar vatns hafa mikil áhrif á vatnshlotið neðan hindrunar- innar, t.d. á rennslishætti, setflutninga, styrk næringarefna og lífrænna efna. Ef litið er til Noregs þá notuðu þau í fyrstu atrennu verkefnisins svokallað miðlunarhlutfall (no: reguleringsgrad) sem miðar við að meta hversu stór hluti af árlegu rennsli vatns og framburðar safnast upp ofan hindrunar/stíflu (Harby o.fl., 2018). Í endurskoðun á þessari aðferð var hins vegar ákveðið að nota einnig fjarlægð frá hindrun/stíflu til að meta áhrif hennar.

Reikna má með að neðan frárennslisrásar virkjana verði skerðing á búsvæðum fiska og uppeldissvæðum seiða vegna breytts straumlags og ónáttúrulegra rennslisveiflna en áhrifin ráðast mikið af því hve miklar og snöggar breytingarnar eru (Magnús Jóhannsson o.fl., 2001).

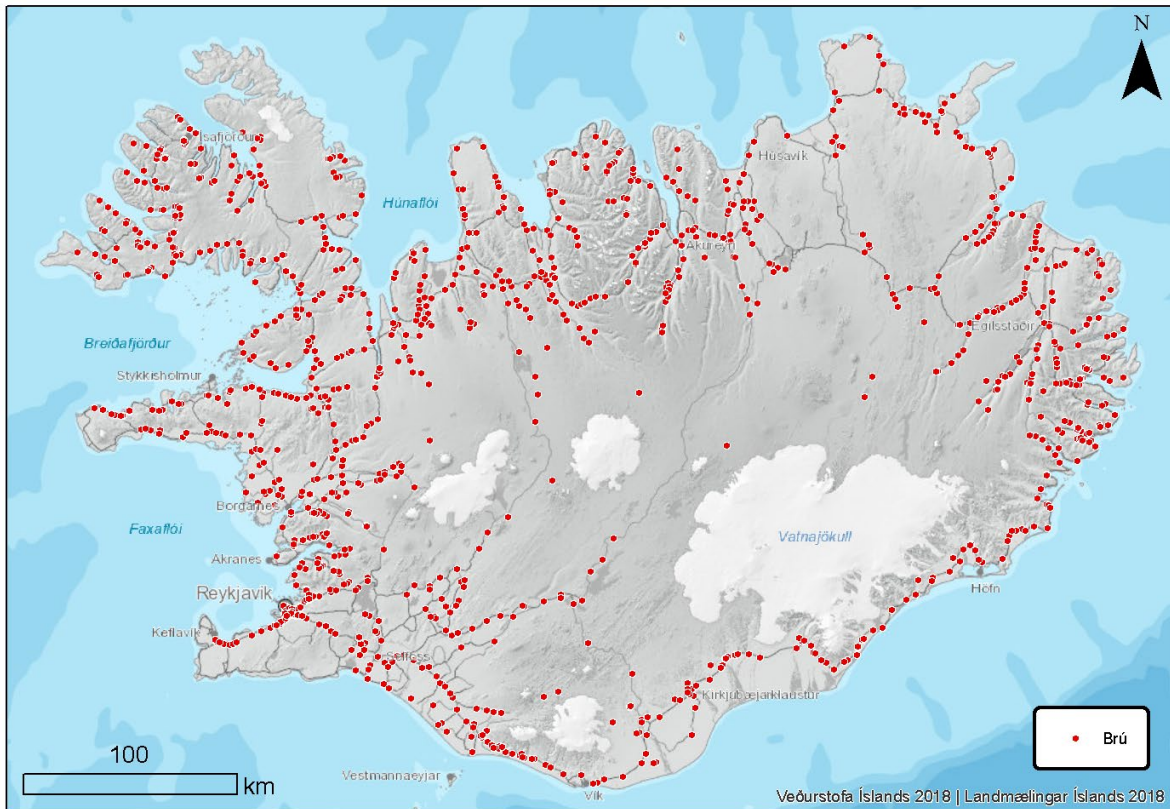
Líkt og með áhrifum í liðum 3.2.3 og 3.2.5. þá væri til bóta að skoða þennan þátt betur og þá einnig með tilliti til minni virkjanaframkvæmda þar sem miðlunar gætir. Mismunandi er hversu mikil hún er og geta áhrifin því verið frá því að vera óveruleg til mögulega umtalsverðra áhrifa þar sem t.d. farvegur þornar hluta úr ári.

Nokkuð góðar upplýsingar virðast vera til um þennan matsþátt og því ætti að vera vel mögulegt að taka saman frekari gögn fyrir minni virkjanir í ljósi þess að ekki var unnið með þær við mat á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020).

2.2.7 Mannvirki önnur en stíflur

Brýr og ræsi eru meðal þeirra mannvirkja sem falla í þennan flokk og geta haft áhrif á samfellu árinna með tilliti til straumfræði, setflutninga og eðlilegt far lífvera milli vatnshlota s.s. göngu fiska. Mannvirki s.s. brýr og ræsi geta haft áhrif á vatnsformfræðilegar aðstæður með því að afmarka og þrengja farveg straumvatna og hafa þannig áhrif á setferla og náttúrulega framvindu þeirra. Jökulár hér á landi eru einstakar á evrópska vísu og geta mannvirki s.s. brýr og ræsi einnig takmarkað náttúrulega útbreiðslu þeirra.

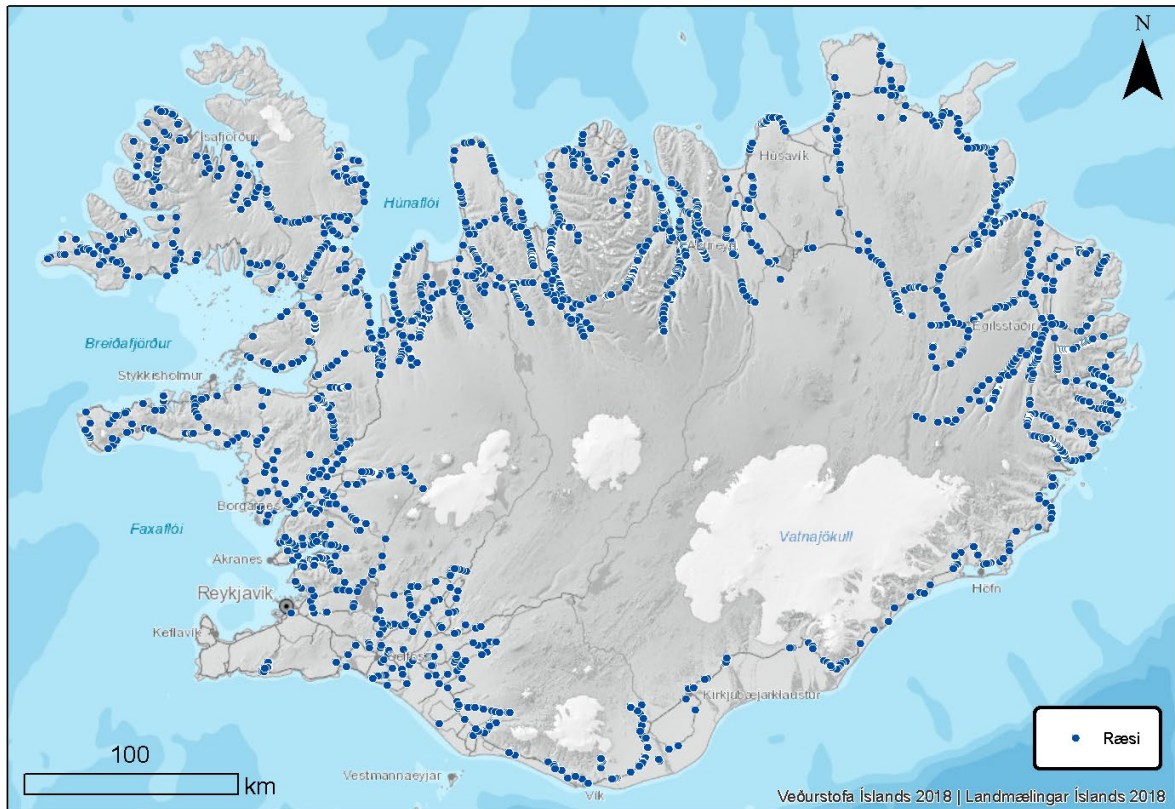
Samkvæmt fyrirliggjandi upplýsingum eru tæplega 20.000 brýr og um 13.000 ræsi skráð á landinu og er dreifing þeirra misjöfn milli vatnagerða (Mynd 9 og 10). Þess ber að geta að þessar tölur eiga við um öll ræsi, einnig þau sem eru utan vatnsfarvega, en unnið er að því að afmarka þau ræsi sem tengjast vatnagrunni Veðurstofunnar. Samkvæmt úttekt Norðmanna (Glover o.fl., 2009) valda vegafarmkvæmdir sjaldan því að vatnhlot teljist mikið breytt vegna þess hve afmörkuð framkvæmdir er miðað við stærð vatnshlots. Hins vegar geta slíkar breytingar valdið staðbundnu og árstíðarbundnu álagi.



Mynd 9. Staðsetning brúa á landinu (gögn frá Vegagerðinni, 2020).

Eins og sjá má í töflu 6 er sett fram fyrsta tillaga að áhrifasvæðum brúa og ræsa. Með því móti er mögulegt að meta hversu stórt svæði af heildarlengd vatnshlotanna verður fyrir áhrifum. Ef litið er til brúa þá er miðað við tvær lengdir af áhrifasvæðum í þessari fyrstu nálgun, mikilvægt er að byrja með einfaldri nálgun t.d. tvö viðmið fyrir stærð áhrifasvæðis. Þetta verður unnið í samráði við fagaðila og í samræmi við það sem aðrar þjóðir hafa reynslu af (fyrsta nálgun er annars vegar 10 m og hins vegar 100 m). Þessi viðmið er æskilegt að ræða við fagaðila og meta í samráði við Norðmenn. Ef þessar tölur eru notaðar fyrir áhrifasvæði brúnna má sjá að áhrif þeirra eru ekki mikil eða að öllu jöfnu um og undir 1% af heildarlengdinni.

Hafa skal í huga að þegar áhrifasvæði brúa eru metin er oft mikill breytileiki. Þannig geta áhrifin farið frá því að vera mjög lítil þegar brú er lögð yfir þrönga farvegi þar sem stöplar standa ekki úti í ánni og lítil sem engin röskun verður á straumhraða eða hæð farvegarins til þess að vera mjög mikil þegar brýr eru settar yfir vatnsföll sem renna t.d. um aura/sanda, stöplar standa í straumi og mögulegar grjótvörnir hafa áhrif. Hönnun brúa héraendis miðast við 100 ára flóð (Vegagerðin, 2018) og rýmd brúa því almennt þannig að hún hefur ekki umtalsverð áhrif á straumhraða, uppsöfnun eða niðurgroft árinna og þannig t.d. far fiska. Samkvæmt rannsókn á áhrifum brúa og ræsa á ferðir ferskvatnsfiska og búsvæði þeirra á þremur svæðum á NV landi höfðu brýrnar sem slíkar lítil áhrif á vatnafar (Guðmundur Guðbrandson o.fl., 2005). Áhrif á búsvæði er einkum af vegfyllingum en dæmi um slíkt er að þó nokkuð af búsvæðum tapaðist vegna vegfyllingar við brú yfir Norðurá í Skagafirði.



Mynd 10. Dreifing ræsa á landinu skv. gögnum frá Vegagerðinni 2020.

Líkt og brýrnar hafa ræsi mjög mismunandi mikil áhrif á samfellu árinna eftir því hveðrar gerðar þau eru, t.d. steipt, stálhólkur eða stokkar, eftir því hvernig botninn í þeim er og eftir því hvernig þau eru sett upp. Þannig geta þau farið frá því að hafa tiltölulega lítil áhrif þegar vatn rennur um þau óhindrað og án hæðarbreytinga til þess að hafa veruleg áhrif þegar þau brjóta upp samfellu árinna vegna hæðarbreytinga og geta því t.d. komið í veg fyrir að fiskar komist um þau. Í þeim tilfellum þar sem far fiskar raskast vegna ræsanna eru áhrifin mikil („alger“) ofan þeirra. Í áðurnefndri rannsókn Guðmundar og félaga (2005) hindruðu ræsi ferðir fullorðinna laxfiska í 40% tilfella og í 83% tilfella far seiða/annarra tegunda en laxfiska. Þessi hlutföll voru mjög svipuð á milli svæða. Algengasta ástæða þess að fullorðnir laxfiskar komust ekki um ræsi, var of lítið meðaldýpi í ræsunum (36% tilfella). Hins vegar var algengasta orsök þess að laxfiskaseiði og aðrar tegundir fiska kæmst ekki upp ræsi of hár straumhraði (54% tilvika). Stokkar skáru sig talsvert úr, því hlutfall ófiskgengra stokka var mjög hátt, 75% fyrir fullorðinna laxfiska og 100% fyrir seiði/aðrar tegundir, ef öll svæðin voru tekin saman.

Í töflu 6 er sett fram hugmynd af því hvernig hægt er að meta áhrif frá slíkum mannvirkjum, byggt á aðferðafræði Norðmanna (Harby o.fl., 2018). Í aðferðafræðinni er gert ráð fyrir að áætla þurfi áhrifasvæði mannvirkis en áætla má að áhrifasvæði frá brúm og ræsnum sé misjafnlega stórt eftir aðstæðum hverju sinni, svo sem berggrunninum og þar með vatnagerðinni.

Tafla 6. Yfirlit yfir heildarlengd og fjölda vatnshlota af hverri vatnagerð þar sem brýr eða ræsi eru til staðar og mat á stærð áhrifasvæðis (Heimild: Vegagerðin og Landgræðslan). Fyrsta tillaga er að miða við 10 m og 100 m áhrifasvæði vegna brúa en áhrifasvæði ræsa miðast við 100 m og 1 km. Þessi viðmið þarfnast frekari skoðunar.

Vatna-gerð	Brýr					Ræsi				
	Lengd vatnshlota (km)	Fjöldi brúa	Hlutfall brúa í gerð	Hlutfall af lengd vatnshlots ef 10 m áhrifasvæði	Hlutfall af lengd vatnshlots ef 100 m áhrifasvæði	Lengd vantshlota (km)	Fjöldi ræsa	Hlutfall ræsa í gerð	Hlutfall af lengd vatnshlots ef 100 m áhrifasvæði	Hlutfall af lengd vatnshlots ef 1 km áhrifasvæði
RG	4436	114	11%	0,1%	0,7%	1954	130	8%	0,9%	9,1%
RL1	5779	410	41%	0,1%	0,6%	3429	581	38%	3,3%	33,4%
RL2	3260	198	20%	0,0%	0,2%	2501	298	19%	0,1%	1,4%
RL3	5349	255	25%	0,0%	0,3%	4009	461	30%	1,0%	9,9%
RL4	479	23	2%	0,1%	1,3%	558	49	3%	2,0%	19,8%
RH1	157	8	1%	0,1%	1,3%	35	9	1%	1,6%	16,1%
RH2	284	3	0%	0,1%	0,8%	170	2	0%	1,7%	16,6%
RH3	37	1	0%	0,1%	0,6%	92	9	1%	1,1%	10,9%

2.2.8 Svifaur

Set og setflutningar eru eitt af grundvallaratriðum og órjúfanlegur þáttur í formfræði áa, stöðuvatna, árósa og strandsvæða. Einnig er set lífsnauðsynlegur hlekkur í vistkerfum þar sem það stuðlar að lífvænlegum búsvæðum auk þess að sjá plöntum, fiskum og öðru lífríki fyrir nauðsynlegum næringarefnum, ekki einungis í ánum sjálfum heldur einnig á árósa- og strandsvæðum (EEA, 2020). Jöklar eru eitt af megin einkennum Íslands og frá þeim renna ár sem alla jafna einkennast af miklum aurburði og miklum rennslisbreytingum bæði á ársgrundvelli og einnig innan sólarhrings yfir sumartímann. Árnar hafa mikil áhrif á landslag og landmótun í farvegi sínum og við ósa (Aagot V. Óskarsdóttir, 2011).

Breytilegir rennslisráttir jökuláa hafa mikil áhrif og vex t.d. burðargeta og rof máttur í veldisfalli með auknu rennsli og þar af leiðandi framburður þeirra á sandi og leir (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2014). Sú vatnagerð sem jökulárnar telja til, er frábrugðin því sem miðað er við í öðrum Evrópulöndum, en er verulega mikilvæg hér á landi. Um 12% allra vatnshlota eru í jökulárvatnagerðinni og allar stærstu vatnsaflsvirkjanir landsins byggja að mestum hluta á jökulám ólíkt því sem þekktist t.d. í Noregi.

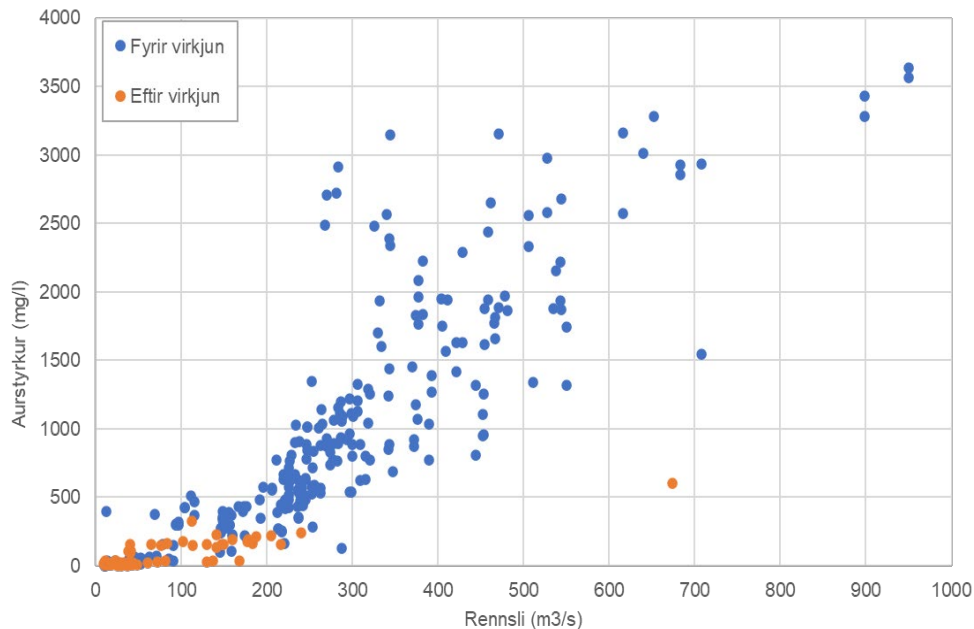
Við vinnu vegna vistgerðartilskipunar Evrópusambandsins var nokkrum vistgerðum bætt við sem sér íslenskum vistgerðum og teljast íslenskar jökulár ein þeirra vistgerða (Jón Gunnar Ottósson o.fl., 2016). Þó er vistgerðin jökulár (V2.8) talin hafa lágt verndargildi. Bent er á að tegundafábreytni einkenni árnar og segja má að út frá líffræðilegu sjónarmiði hafi árnar lítið verndargildi sem slíkar sem og vistgerðin jökulvötn (V1.7). Hins vegar hefur vistgerðin jöklar hátt verndargildi og eru jöklar á lista Bernarsamningsins frá 2014 yfir vistgerðir sem þarfnast verndar. Þá má einnig benda á að jökulár hafa mikil áhrif á landmótun og landslag.

Gerð var ítarleg greining á vægi áhrifaþátta vegna vatnsformfræðilegra breytinga í manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum vegna virkjana (Katrín Sóley Bjarnadóttir, 2020). Ef jökulár eru skoðaðar sérstaklega kemur í ljós að samkvæmt gefinni meðaleinkunn (tafla 7) eru mestu áhrif inngrípa vegna breytinga í rennslisáttum (meðaleinkunn 3.1) og vegna svifaursbreytinga (meðaleinkunn 2.5). Þessir matsþættir falla undir vatnsformfræðilega gæðapáttinn vatnsbúskap (rennslisrátti) og samfellu ár (svifaursbreytingar). Þetta leggur áherslu á mikilvægi þessara þátta við álagsgreiningu og mat jökulá. Einnig þarf að huga að áhrifum sets í bergvatnsám þar sem jökulvatn hefur verið leitt inn vegna mannglegrar íhlutunar.

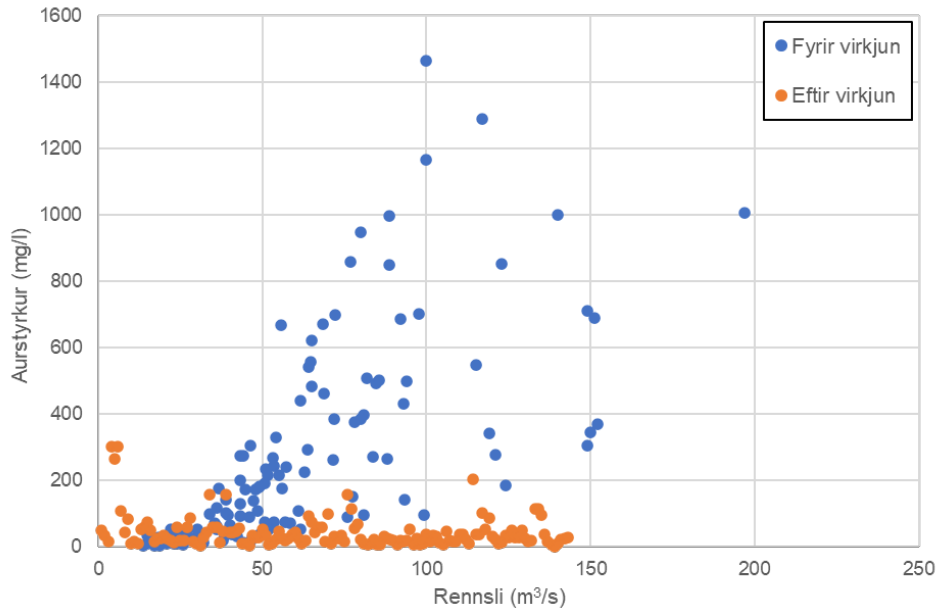
Tafla 7. Mat á vægi mismunandi áhrifaþátta miðað við áhrifastefnu á árfarveg úr skýrslu vegna manngerðra og mikið breyttra vatnshlota (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020).

Áhrifaþáttur	Meðaleinkunn
A. Með árfarvegi (langsníð)	4,5
B. Þvert á árfarveg (þversníð)	3,5
C. Í vatnsfarveginum	4,3
D1. Rennslishættir	3,1
E. Svifausbreytingar	2,5

Í kjölfar virkjanaframkvæmda verða áhrif oft mikil á efnisflutninga straumvatna. Áhrifin af núverandi virkjunum í jökulám á Íslandi eru einna mest á framburð svifaus og á árstíðarbundið rennsli ána. Flutningur svifaus til sjávar hefur áhrif á eiginleika vatnsins, m.a. á rýni, eiginleika farvegarins og þannig efnaflæði, landmótun við ósa og ásýnd almennt. Að jafnaði minnkar svifaur í straumvatni í kjölfar virkjanaframkvæmda þar sem aurinn sest til í lónum á virkjana-svæðum (Myndir 11 og 12). Í einhverjum tilfellum hefur á, sem áður var jökulá allt til ósa, orðið nánast alveg tær jafnvel stóran hluta úr árinu þegar framleiðni er hvað mest. Aukning á svifaur í kjölfar virkjanaframkvæmda er ekki algeng nema helst ef jökulvatni hefur verið veitt í bergvatn eða þar sem meira gruggugum jökulám hefur verið veitt í minna gruggugar jökulár. Sem dæmi um þetta er Jökulsá á Dal sem stífluð var við Kárahnjúka og vatnið þaðan fært í vatnsaflsvirkjun í Fljótssdal og rennur þaðan í Lagarfljót (Mynd 11).

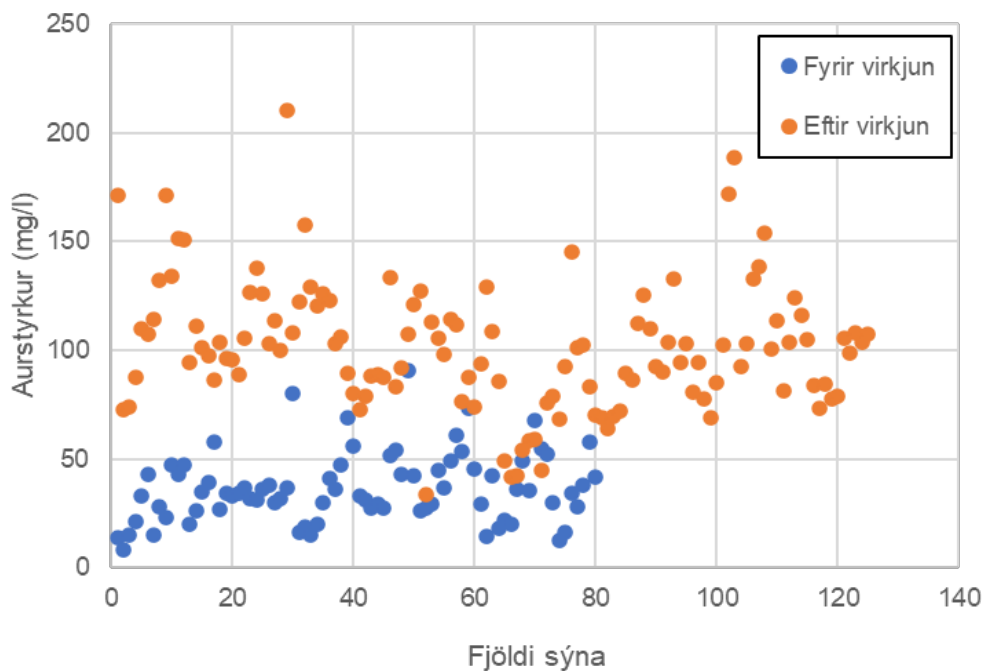


Mynd 11. Breytingar á svifausstyrk í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga fyrir og eftir virkjanaframkvæmdir.



Mynd 12. Breytingar á svifaurssstyrk í Blöndu við Löngumýri fyrir og eftir virkjanaframkvæmdir.

Ekki er til mikið af mælingum í þeim tilfellum þar sem svifaur hefur aukist í vatnshloti í kjölfar virkjana en gögn eru til frá svifaurssýnatöku í Lagarfljóti við Egilsstaði (Mynd 13). Af myndinni má sjá að aurstyrkur í Lagarfljóti hefur aukist talsvert eftir að sýnataka hófst þar árið 2007 eftir að hlé hafði verið gert á henni meðan á virkjanaframkvæmdum stóð. Vissulega er Lagarfljót flokkað sem stöðuvatnshlot en breytinguna má engu að síður sjá á þessari mynd.



Mynd 13. Aurstyrkur í Lagarfljóti. Breytingar á aurstyrk fyrir og eftir að vatni var veitt frá vatnasviði Jökulsár á Dal yfir á vatnasvið Jökulsár í Fljótsdal sem rennur svo í Lagarfljót.

Talsvert er til af gögnum um magn og kornastæð svifauris í gagnagrunni Veðurstofu Íslands. Mjög stór hluti þeirra er úr jökulám og þá oft tengt virkjanahugmyndum en einnig hafa verið tekin sýni úr öðrum vatnagerðum. Hins vegar er dreifing sýnanna á ársgrundvelli oft ójöfn.

Hafa skal í huga að hér er eingöngu talað um svifaur og breytingar honum tengdar en vissulega ferðast einnig efni með botninum, þ.e. skriðaurinn. Ekki er tekið sérstakt tillit til hans í þessari umfjöllun þar sem hann er í flestum tilfellum aðeins lítill hluti af heildarframburði í ám. Í þeim fáu jökulám þar sem tekin hafa verið svif- og skriðaurssýni samhliða kemur í ljós að framburður skriðauris er almennt um og innan við 10% af heildarframburði og jafnvel niður í 1% (Jórunn Harðardóttir o.fl., 2003, 2004a & 2004b; Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2013). Rannsóknir sem farið hafa fram á skriðaurisflutningi eru jafnframt mjög takmarkaðar, þ.e. hafa yfirleitt staðið yfir í stuttan tíma og náð til fárra vatnsfalla. Því er eingöngu talað um svifaur í þessu samhengi.

Vöktun á svifaursbreytingum

Hingað til hafa mælingar og mat á svifaur einkum farið fram í gegn um sýnatöku á vettvangi og greiningu kornastærðar og heildarmassa á rannsóknarstofu. Tilraunir hafa verið gerðar með gruggmæla sem sagt geta um magn svifauris í vatni en sú aðferð hefur ekki náð fótfestu. Fjarkönnunartækni hefur á undanförunum árum og áratugum fleygt fram og ekki útilokað að hægt sé að vakta breytingar á svifaursbreytingar með slíkri tækni. Tilraunir hafa verið gerðar (Peterson, K. o.fl., 2018) í þeim tilgangi að gera líkön sem byggja á gervihnattamyndum og þeim vettvangsmælingum sem gerðar hafa verið á setflutningum í straumvötnum. Ekki er útilokað að í framtíðinni verði hægt að nýta slíka tækni hér á landi til viðtækari vöktunar á svifaur.

2.3 Formfræðilegir gæðapættir

Formfræðilegir þættir varða gerð og undirlag árfarvegjar, gerð bakkasvæðis og breytileika í dýpt og breidd árinna samkvæmt lögum um stjórn vatnamála (Tafla 1).

Formfræðilegir eiginleikar og rof hefur frá náttúrunnar hendi áhrif alls staðar í farveginum, frá upptökum til árósa. Inngrip sem verður í það náttúrulega ferli sem til staðar er getur haft mikil áhrif, ekki aðeins á þeim afmarkaða stað sem inngripið er heldur bæði upp og niður með farveginum.

Formfræðilegir eiginleikar vatnsfalla hafa bein áhrif á setflutninga. Hvers konar breytingar á þessum eiginleikum geta raskað jafnvægi setsins sem til staðar er og í kjölfarið breytt verulega rofmynstri vatnsfalla sem undir slíku álagi eru. Þegar botngerð vatnsfalla er raskað, eins og í tilfelli efnistöku, getur það breytt straumfari og haft keðjuverkandi áhrif þannig að frekara rof verður á botninum sem síðan getur haft áhrif á botngerð árinna, bakkasvæði og flóðasléttur með rofi á bökkum (Greimel, F. o.fl., 2018). Hér á eftir verður farið yfir þá formfræðilegu þætti sem skilgreindir eru samkvæmt aðferðafræði Norðmanna (Harby o.fl., 2018).

2.3.1 Niðurgroftur árinna

Niðurgroftur árfarvega er undir eðlilegum kringumstæðum þannig að á ákveðnum svæðum grafa ár sig niður en hlaða undir sig á öðrum stöðum. Þegar röskun verður á þessu náttúrulega ferli, sem setflutningurinn er, getur orðið mikið rof á stuttum tíma sem gjörbreytir öllum aðstæðum í farveginum en að öllu jöfnu gerist þetta hægt í náttúrulegu ferli (Harby et al., 2018). Annars staðar í heiminum er niðurgroftur algengur t.d. í tengslum við dýpkun skipgengra áa. Þegar botnsetinu er raskað eða það fjarlæggt hefur það bæði áhrif á vistkerfið sem þar hefur þrífist sem og vatnsformfræðilega eiginleika sem verða þegar straumlag breytist (European Commission, 2006). Þegar botninum er raskað þyrlast fínt efni upp úr honum, berst niður með ánni og sest til á öðrum stöðum neðar í árfarveginum. Einnig geta mengandi efni losnað úr botnlagi við slíka röskun með alvarlegum afleiðingum (Manap and Voulvoulis, 2016). Eitt af því sem hafa verður

í huga þegar niðurgröftur á sér stað í vatnshloti er tímaspönn hans, þ.e. hvort um er að ræða skammtíma breytingar eða langvarandi áhrif og þá hvort breytingarnar séu mögulega afturkræfar með sérstökum aðgerðum. Afleiðingar niðurgrافتar geta verið margvíslegar, þar á meðal breytingar á straumfræðilegum eiginleikum sem geta aukið líkur á rofi úr bökkum. Mikill niðurgröftur getur einnig haft áhrif á grunnvatnsborð sem og yfirborðsvatn á aðliggjandi flóðasléttum. Búsvæði á botni niðurgrafinna áa eyðileggjast eða verða óstöðugri sem kemur í veg fyrir myndun nýrra búsvæða.

Hér á landi er einkum hægt að hugsa sér að niðurgröftur og þar af leiðandi tilfærsla á efni verði vegna breytinga í farveginum svo sem vegna breyttra vatnsformlegra aðstæðna sem skapast af tilkomu varnargarða eða annarra framkvæmda, t.d. vegna brúargerðar eða efnistöku. Í þeim tilfellum þar sem setframburður minnkar, t.d. þegar ár eru stíflaðar vegna virkjanaframkvæmda, hefur áin meiri rofmátt neðar í farveginum og getur farið að grafa sig niður í botninn þar sem áður var setmyndun.

2.3.2 Efnistaka

Efnistaka og ýmiskonar tilflutningur á efni í árfarvegum getur haft umtalsverð áhrif á bæði rennslishætti og formfræði árinna. Einkum á þetta við um eiginleika árbotnsins og getur áhrifanna gætt bæði neðan þess staðar sem hefur verið undir álagi, en einnig ofan hans (Kondolf, 1994, 1997; Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020, Sigurður Óskar Helgason o.fl., 2020). Efnistaka í farveginum kemur einnig finna efni á hreyfingu og raskar því setjafnvægi sem fyrir er og veldur því að vatnið verður gruggugra. Efnistaka getur líka orðið til þess að farvegir stíflast að hluta sem getur haft áhrif á tengsl við grunnvatn og einnig tengsl við flóðsléttu árinna (Boudaghpour & Hashemi Monfared, 2008; EEA, 2020). Skoðaðar voru upplýsingar um námur og ástand þeirra í gögnum sem fengust af vefsíðunni www.namur.is. Þar er námum skipt niður í nokkra flokka, þ.e. ófrágengnar, hálffrágengnar, frágengnar, frágengnar með vottun og ekki skráðar. Nauðsynlegt er að skoða þessi gögn frekar ef nota á þau við mat á vatnsformfræðilegum gæðapáttum. Í því felst m.a. að tengja staðsetningu náma við vatnshlot til að hægt sé að greina þær námur sem staðsettar eru innan áhrifasvæðis nærliggjandi vatnshlota frá námum sem ekki hafa áhrif á vatn.

Námur eru upp að einhverju marki skráðar og þau gögn aðgengileg eins og minnst var á hér að ofan. Hvort þær upplýsingar gefi heildstæða mynd af magni, ástandi og stöðu, s.s. hvort námurnar geti verið opnaðar aftur, þyrfti að skoða betur fyrir frekari úrvinnslu. Æskilegt væri einnig að meta hvort sú skráning sem þegar er til staðar nái yfir stærstan hluta námatöku eða hvort mögulega hluti náma sé hvergi skráðar.

2.3.3 Straumvatnsflokkar

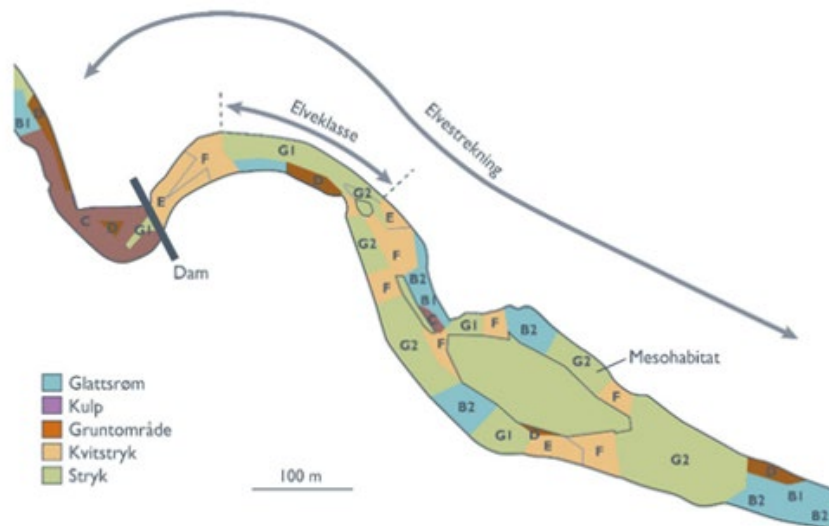
Eins og fram kemur í skýrslu um manngerð og mikið breytt vatnshlot (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020) má flokka straumvatn eftir eðlisfræðilegum eiginleikum, þ.e. stærð yfirborðsbylgna, halla farvegar, vatnshraða og dýpis (Mynd 14). Straumvatnsflokkar eru mjög háðir rennsli og því er talið nauðsynlegt að meta þá við meðalrennsli á hverjum stað. Þessi straumvatnsflokkun er síðan notuð sem óbein greining á búsvæðum (mesohabitat) fyrir lífverur, þ.e. hvaða búsvæði eru líkleg miðað við þá eðlisfræðilegu þætti sem eru til staðar (Forseth & Harby, 2013; Harby et al., 2018).

Straumvatnsflokkar	Búsvæði	Vatnsyfirborð	Halli farvegar ¹	Vatnshraði ²	Vatnsdýpi ³
Hægstraumur	A+B1+B2	Slétt	Nokkur	Striður	Grunnt/djúpt
Hylur	C	Slétt	Nokkur	Hægur	Djúpt
Grunnsvæði	D	Slétt	Nokkur	Hægur	Grunnt/djúpt
Flúðir	E+F	Iður/röst	Talsverður	Striður	Djúpt/grunnt
Brot	H+G1+G2	Iður/röst	Talsverður	Striður	Grunnt/djúpt

¹Nokkur < 4% < Talsverður

²Hægur < 0,5 m/s < Striður

³Grunnt < 70 cm < Djúpt



Mynd 14. Samband straumvatnsflokka og búsvæði (mynd byggð á Forseth & Harby, 2013).

Þannig eru búsvæði flokkuð í 10 hópa eftir því hvernig samspil hinna fjögurra eðlisfræðilegu þátta er á hverjum stað sem metinn er. Með mannlegu inngripi sem verður t.d. þegar vatnsföll eru stífluð verða oftast miklar breytingar í rennslisháttum og þar með á straumvatnsflokkunum sem gefur til kynna að búsvæði hafi raskast í kjölfarið.

Suma þessara mælikvarða er auðvelt að nágast s.s. halla farvega en aðra þarf að meta með faglegu mati í hverri á fyrir sig. Ekki er ljóst hvort og þá hversu mikið af gögnum er til um sambærilega flokkun hér á landi og því erfitt að meta hvort þessi matsþáttur sé fýsilegur til notkunar að svo stöddu. Lagt er til að geyma þennan þátt að svo stöddu. Þetta er þó mikilvægur þáttur þegar fram í sækir í verkefninu.

2.3.4 Botngerð

Eiginleikar botngerðarinnar hafa veruleg áhrif á ýmsa þætti, þ.á.m. á flutning sets um botninn, samband árinna við flóðasléttuna umhverfis og einnig samband við grunnvatn og formfræði árfarvegarins. Ef botninn er grófur veldur það auknum óróa og iðusteymi í ánni en ef botninn er hulinn finna efni minnkar það viðnám hans og straumhraðinn í ánni verður meiri (Campbell et al., 2005). Botngerðin hefur einnig áhrif á það hvers konar líf þrífst þar og skapar t.d. búsvæði fyrir hryggleysingja og fiska á ýmsum þroskastigum (Forseth & Harby, 2013; Harby et al., 2018). Þegar breytingar verða í farveginum t.d. í kjölfar virkjanaframkvæmda veldur það oft talsverðum breytingum á rennslisháttum, t.d. tíðni flóða, og framburði sets sem getur breytt bú- og hrygningarsvæðum fiska, aðgengi botnvera að súrefni og breytt fæðuaðgengi lífvera á hverjum stað.

Tillaga í norsku skýrslunni (Harby o.fl., 2018) byggir á skýrslu Foreset og Harby (2013) þar sem metið er aðgengi að skjóli milli steina sem er mikilvægt fyrir afkomu fiska, einkum seiða. Skjól var skilgreint í þrjá flokka, þ.e. 2–5 cm, 5–10 cm og >10 cm. Í skýrslu um mat á mikið breyttum

vatnshlotum vegna vatnsaflsvirkjana var gert gróflegt mat á botngerð út frá sérfræðimati, byggt á þekkingu á rennslisháttum straumvatna fyrir og eftir framkvæmdir á vatnasviðunum. Hér á landi eru heimildir um botngerðarmat straumvatna ekki umfangsmiklar á landsvísu. Birtar hafa verið skýrslur um botngerðarmat fyrir á þriðja tug straumvatna eða um 2% vatnshlota (t.d. Sigurður Már Einarsson & Ásta Kristín Guðmundsdóttir, 2016, 2018; Magnús Jóhannsson & Benóný Jónsson, 2012; Finnur Ingimarsson & Haraldur R. Ingvason, 2018; Magnús Jóhannsson o.fl., 2001). Botngerðarmatið byggir á aðferðarfræði sem lögð var til af Veiðimálastofnun (Þórólfur Antonsson, 2000) og miðar að því að meta búsvæði fyrir laxfiska sem þróuð var á Veiðimálastofnun. Þær ár sem hafa verið metnar tilheyra frekar afmörkuðum hópi vatnagerða enn sem komið er. Árnar eru flestar mikilvægar laxveiðiár, þær eru allar á láglandi (miðað við þá skilgreiningu sem notuð er við stjórn vatnamála, <600 m) og spanna einungis þrjár gerðir óraskaðra vatnshlota og meiri hluti þeirra er á eldri berggrunni (~76%). Af þeim eru flestar undir áhrifum af miklu votlendi á vatnasviði, gerð RL3 (~63%). Til að fá heildstæðari mynd af botngerð í t.d. mismunandi vatnagerðum þyrfti að líkindum að fara í frekari rannsóknir og/eða úrvinnslu. Lagt er til að geyma þennan þátt að svo stöddu. Þetta er þó mikilvægur þáttur þegar fram í sækir í verkefninu.

2.4 Tillaga að gæðapáttum straumvatna á Íslandi

Heildstæð greining vatnsformfræðilegra þátta bergvatns- og jökuláa og forgangsröðun vöktunarþátta var unnin í samræmi við ósk Umhverfisstofnunar um að leggja áherslu á tvo gæðapætti. Í norsku greinargerðinni (Harby o.fl., 2018) var við val á matsþáttum lögð áhersla á að framlagðir vatnsformfræðilegir gæða- og matsþættir væru raunverulegir og mikilvægir áhrifaþættir hvað varðar vistfræðilegt ástand vatnshlota. Lagt er til að byggja á norsku matsþáttunum í ljósi fenginnar reynslu þeirra, vinnu við endurskoðun þeirra og vegna þess hve aðstæður hvað varðar álag og umhverfi eru sambærilegar milli landanna að viðbættum þáttum er varða jökulvötn sem er ekki er hluti af norsku greiningunni. Hér fyrir neðan er hver og einn þáttur ræddur stuttlega og að lokum sett fram forgangsröðun sem byggir á mati á gögnum og vægi matsþáttanna í hverri vatnagerð.

Nauðsynlegt er að hægt sé að nálgast upplýsingar um þá gæðapætti sem valdir eru á nokkuð skýran hátt. Sumir matsþáttanna innan þeirrar aðferðafræði sem hér er notuð og byggir á aðferðafræði Norðmanna (Harby o.fl., 2018) eru settir fram á þann hátt að hægt er að áætla áhrif þeirra, t.d. með áhrifasvæðum í tilfelli brúa og ræsa. Aðra þarf hreint og beint að mæla eða rannsaka. Í tilfelli *vatnsbúskaps* þá er hægt er að reiða sig á mælingar þar sem þær eru tiltækar en í öðrum tilfellum er hægt að nota vatnafarslíkön til að áætla rennslis. Matsþættir sem falla undir flokk D1 eru að mestu metnir út frá dagsmeðaltölum rennslis. Segja má að þar sem matið byggir á sama gagnasetti sé ekki ástæða til þess að vinsa einn þátt frekar en annan út þar sem úrvinnsla þeirra samtímis er ekki íþyngjandi. Hvað varðar skammtíma rennslisbreytingar og hraða rennslisbreytinga þá byggja þeir matsþættir á gögnum í hærri tímaupplausn og því ljóst að einungis beinar mælingar duga til ef nota á þá sem matsþætti. Hins vegar má segja að þeir þættir séu mjög tengdir virkjanaframkvæmdum en rennslismælingar fylgja þess háttar framkvæmdum og má því ætla að hægt sé að nálgast gögnin þegar þess þarf. Þurrkun farvega er eini þátturinn af matsþáttum norsku aðferðafræðinnar sem lýsa vatnsbúskap eða rennslisháttum og byggir ekki einungis á rennslisupplýsingum. Matsþátturinn lýsir snöggum breytingum á flatarmáli farvega undir vatni og krefst meiri gagnavinnslu en hinir matsþættirnir undir gæðapætti vatnsbúskaps. Eins og áður hefur komið fram þarfnast matsþátturinn tengsl við grunnvatnshlot frekari þróunar til þess að raunhæft sé að innleiða hann að svo stöddu.

Hvað varðar gæðapáttinn *samfella ár* sést að hver og einn matspáttanna mælir mikilvæg áhrif á samfellu vatnshlota. Ýmiskonar hindranir í árfarvegum sem takmarka eða koma alveg í veg fyrir eðlilegt far lífvera, næringarefna og svifaurs dregur úr gæðum vatns og lífríkis, bæði ofan og neðan hindrananna. Sterk tengsl eru á milli samfellu vatnshlota annars vegar og rennslishátta hins vegar þar sem rennsliseiginleikar spila stór hlutverk í að skapa ákjósanlegt umhverfi fyrir lífverur og flytja næringarefni. Þegar hindranir eru settar í árfarvegi raskast það jafnvægi sem lífríkið hefur aðlagast og getur það haft varanleg áhrif meðan hindrunin er til staðar.

Gæðapátturinn *formfræði* segir til um formfræðilegar breytingar vegna inngrípa mannsins. Um er að ræða mikilvæga þætti sem meta eðlisbreytingar á aðstæðum í farvegi sem m.a. hafa áhrif á búsvæði lífvera í viðkomandi straumvatni.

Forgangur

Lokaniðurstaða byggir á forgangsmati fyrir annars vegar bergvatnsár og hins vegar jökulár. Niðurstöður eru birtar í töflu 8. Við úrvinnsluna eru metin gæði gagna þ.e. aðgengi, áreiðanleiki og hversu flókið úrvinnsluferlið er. Að lokum er reiknað út meðaltal liðanna mat á gögnum og vægi vatnagerða sem tilheyra bergvatnsám. Niðurstaðan gefur hugmynd að forgangsröðun mismunandi matspáttanna innan hvers vatnsformfræðilegs gæðapáttar (Tafla 8). Tekið er mið af núverandi álagi og dreifingu þess í þeim tilfellum sem það á við. Í grunninn er þó forgangsröðun Norðmanna höfð til hliðsjónar og einungis vikið frá henni þar sem aðstæður hér á landi gefa tilefni til s.s. vegna vægi votlendis eða berggrunns. Einkunnakerfið byggir á fimmskala einkunnargjöf þar sem einkunnin 5 endurspeglar hæsta mat og hæsta vægi fyrir viðkomandi matspátt. Þannig merkir einkunnin 5 í aðgengileika, áreiðanleika og úrvinnslu gagna að um sé að ræða gott aðgengi að gögnum, áreiðanleg gögn og einfalda úrvinnslu. Einkunnin 5 í vægi merkir að tiltekinn matspáttur er talinn mikilvægur fyrir viðkomandi vatnagerð. Miðað er við að æskilegt væri að afla gagna og vakta þá þætti sem fá forgang yfir 3,5 í einkunn (rautt í töflu). Þessar tölur verða eðli máls samkvæmt endurskoðaðar þegar úrvinnsla, gagnaöflun og reynsla hefur mótað betri mynd af álagi og vægi.

Vatnsbúskapur: Í bergvatnsám fá sex matsþættir hærri forgang en 3,5. Hæsta forgang fá matsþættirnir heildarrennsli, lágrennsli sumar, tíðni tíu ára flóða og hraði rennslisbreytinga. Í kjölfar þeirra eru lágrennsli að vetri og tíðni 1 árs flóða. Framlagðir matsþættir byggja að mestu á sama gagnasetti og eru því í raun ekki íþyngjandi í vinnslu né framkvæmd svo lengi sem gögnin eru aðgengileg.

Þegar litið er til jökulánna eru 5 matsþættir sem fá forgang hærri en 3,5 og eru þeir raunar allir yfir 4. Um er að ræða alla sömu matsættina og hjá bergvatnsánum ef frá er talinn hraði rennslisbreytinga. Þar sem jökulár eru sérstök vatnagerð fyrir Ísland eru þær ekki sambærilegar við mat Norðmanna en byggja þó á sama grunni í varðandi matsþættina.

Samfella ár. Samtals sex matsþættir ná einkunninni 3,5 eða herra (Tafla 8). Hæst skora stíflur í farvegi, og lónaáhrif, því næst koma flóðavarnargarðar, rofvarnargarðar auk svifaursbreytinga í jökulánum.

Þeir matsþættir sem skora hæst í *bergvatnsám* eru stíflur í farvegi og lónaáhrif sem fá fullt hús stiga og fast á hæla þeirra er uppskipting farvega með einkunnina 4 og svo uppistöðuáhrif með 3,5. Allir eru þessir þættir tengdir í því samhengi sem þekkt er hér á landi og einkum varðandi virkjanafarmkvæmdir sem þó eru ekki eins algengar í bergvatnsám og jökulám. Flóðvarnargarðar eru einnig með einkunn 3,5. Rofvarnargarðar fá lægri einkunn í ljósi þess að þeir rjúfa ekki tengsl við flóðasléttu með sambærilegum hætti og flóðavarnargarðar. Þeir gætu þó skipt máli einkum í gerðum RL1 og RL2. Auðvelt ætti að vera að greina þessa þætti samhliða og meta nánar á síðari stigum.

Tafla 8. Lokaniðurstaða og forgangsröðun fyrir annars vegar bergvatnsár og hins vegar jökulár, þ.e. mat á gögnum og vægi hvers þáttar í mismunandi vatnagerðum. Meðaltal gagna og vægis gefur mynd af forgangsröðun matsþátta innan hvers vatnsformfræðilegs gæðapáttar (na = á ekki við).

Gæðapáttur	Matsþáttur	Mat á gögnum				Vægi í bergvatnsám						Vægi jökulár		
		Aðgengil. gagna	Áreiðanl. gagna	Úrvinnsla	Vægi gagna	RL1/RH1	RL2/RH2	RL3/RH3	RL4	Meðalt. RL/RH	Forgangur RL/RH	RG	Forgangur RG	
A	Vatnsbúskapur/ Rennisliháttir	Heildarrennsli	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,0	5	5,0
		Lágrennsli sumar	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,0	5	5,0
		Lágrennsli vetur	5	4	5	4,7	5	5	5	5	5	4,8	5	4,8
		Tíðni 1 árs flóða	5	5	5	5	3	3	3	3	3	4,0	5	5,0
		Tíðni 10 ára flóða	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,0	5	5,0
		Skammtíma rennislisbreytingar	5	5	4	4,7	2	2	2	2	2	3,3	1	2,8
		Hraði rennislisbreytinga	5	5	5	5,0	5	5	5	5	5	5,0	1	3,0
		Purkkun farvegjar vegna rennislisbreytinga	2	3	2	2,3	3	3	3	3	3	2,7	1	1,7
B	Samfella ár	Flóðvarnargarðar	4	4	4	4,0	4	4	2	2	3	3,5	5	4,5
		Rofvarnargarðar	4	4	4	4,0	3	3	1	1	2	3,0	2	3,0
		Mannvirki önnur en stíflur	4	3	3	3,3	4	4	5	2	3,75	3,5	2	2,7
		Stíflur í farvegi	5	5	5	5,0	5	5	5	5	5	5,0	5	5,0
		Uppskipting farvegjar	5	5	5	5,0	3	3	3	3	3	4,0	5	5,0
		Lónaáhrif	5	5	5	5,0	5	5	5	5	5	5,0	5	5,0
		Uppistöðuáhrif	5	5	5	5,0	2	2	2	2	2	3,5	5	5,0
		Svifaursbreytingar	3	5	3	3,7	na	na	na	na	na	na	5	4,3
C	Formfræðileg skilyrði	Efnistaka	2	2	2	2,0	2	2	3	2	2,25	2,1	1	1,5
		Straumvatnsflokkar*	1	4	2	2,3	4	4	4	2	3,5	2,9	1	1,7
		Botngerð	1	4	4	3,0	3	3	3	2	2,75	2,9	1	2,0
		Niðurgröftur árinna	1	2	2	1,7	3	3	5	1	3	2,3	3	2,3

Þeir matsþættir jökuláa sem skora hæst og fá einkunn 5 eru stíflur í farvegi, uppskipting farvega, lónaáhrif og uppistöðuáhrif. Allir eru þessir matsþættir tengdir virkjanaframkvæmdum sem eru einkum í jökulám á Íslandi og því mikilvægir í mati á samfellu áa. Flóð- og rofvarnargarðar fá einkunn 4,5 þar sem þeir eru mikilvægir í að halda jökulám í ákveðnum farvegum t.d. til að beina þeim undir brýr og til að verja land.

Svifaur er einstakur matsþáttur fyrir jökulár. Svifaursbreytingar sem hluti af gæðapættinum „samfella ár“ fær einkunnina 4,3 í þessari einkunnagjöf. Svifaursbreytingar eru miklar í kjölfar virkjanaframkvæmda þegar ár eru stíflaðar og grófari hluti svifaursins sem sest til í uppistöðulónum hefur því áhrif á landmótun neðan hindrana og á flutning næringarefna. Talsvert er til af gögnum um svifaur í jökulám en oft eru þessi gögn árstíðabundin, þ.e. mun meira er til af gögnum yfir sumartímann en að vetri til.

Samkvæmt niðurstöðum gagna er varða gæðapætti straumvatna eru það matsþættir undir vatnsbúskap og samfellu ár sem skora hæst og er því lagt til að á fyrstu stigum innleiðingar verði lögð áhersla á þá gæða- og matsþætti sem fá einkunn 3,5 eða hærra fyrir bergvatnsár annars vegar og jökulár hins vegar (Tafla 8). Töflur með yfirliti yfir framlagðar tillögur gæða- og matsþátta vegna straumvatna eru í kafla 4.1, töflur 10 og 11.

3. Vatnsformfræðilegir gæðapættir stöðuvatna

Samkvæmt lagaramma stjórnar vatnamála, byggt á vatnatilskipun Evrópusambandsins, eru gæðapættir stöðuvatna 1) vatnsbúskapur og 2) formfræðileg skilyrði. Ekki gert ráð fyrir að gæðapátturinn samfella eigi við um stöðuvötn og lón. Í þessum kafla verður að mestu byggt á þeim matsþáttum sem lagðir eru til í norsku aðferðarfræðinni (Bakken o.fl., 2019). Norðmenn gera hins vegar jafnframt ráð fyrir gæðapættinum samfelli í stöðuvötnum og lónum og verður því einnig fjallað um þann þátt hér. Stöðuvötn og lón eru að jafnaði samhangandi heild straum- og stöðuvatna og mynda þannig órjúfanlega heild og því má telja eðlilegt að gæðapátturinn samfella skipti þar nokkru eins og í straumvötnum. Nánar er fjallað um norsku aðferðarfræðina í kafla 4.2.

Ef tekið er mið af umfangi er helsta álag á stöðuvötn hérlendis vegna vatnsaflvirkjana, mengun af dreifðum uppruna og í einhverjum tilvikum vegagerð þar sem strandsvæðum er raskað.

Álag vegna vatnsaflvirkjana er ólíkt eftir því um hverskonar vatnsaflsvirkjanir er að ræða og tengist það mikið vatnagerð. Vatnsaflvirkjanir í jökulám byggja að jafnaði á stórum rennslisstýrðum uppistöðulónum þar sem vatni er safnað saman til þess að tryggja nægan vatnsforða á ársgrundvelli og ásættanlega svörun þegar eftirspurn eftir rafmagni er mikil. Vatnsborð lónanna er lægst að vori, rétt áður en snjó byrjar að leysa og þau fyllast yfirleitt að hausti og þá fer vatn á yfirfalli í farvegi vatnsfalla neðar á vatnasviðinu. Því er um nokkuð miklar breytingar á rennsliseiginleikum að ræða. Vegna þessa er vatnsborð í lónum oft mjög breytilegt og getur það haft mikil áhrif á það lífríki sem þar getur þrífist.

Álag á bergvatnsstöðuvötn á hálendi er einkum vegna vatnsaflsvirkjana. Þó nokkur vötn hafa breyst úr tærum bergvatns stöðuvötnum í jökulvötn eða þeim breytt í lón. Dæmi um slík vötn eru Þórisvatn á Þjórsársvæðinu, Folavatn á Kárahnjúkasvæðinu og Þrístikluvatn á Blöndusvæðinu. Þau eru flest á lista yfir mögulega mikið breytt vatnshlot (HMWB) og mun vistmegin þeirra væntanlega metið með tilliti til aðstæðna í jökulvötnum. Bergvatns stöðuvötn á láglandi sem nýtt eru til orkuframleiðslu eru oftast rennslisstýrð að einverju marki en umfang stíflna og rennslisstýring eru hérlendis almennt mun umfangsminni en þar sem sérstök uppistöðulón hafa verið mynduð og þar sem jökulvatni er veitt inn í vötn með ríkjandi bergvatnseiginleikum. Dæmi um slík vötn eru Þingvallavatn, Úlfljótsvatn, Mývatn og Skorradalsvatn.

3.1 Mat á mikið breyttum stöðuvatnshlotum vegna virkjanaáhrifa

Í skýrslunni um manngerð og mikið breytt vatnshlot (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020) var stuðst við afmarkaða greiningu og miðað við fjóra flokka (sjá liði 1-4 hér fyrir neðan). Í þeirri skýrslu var sjónum aðeins beint að ákveðnum hópi vatnshlota, þeim sem teljast manngerð og/eða mikið breytt (HMWB) vegna vatnsaflsvirkjana. Í þessari greiningu er markmiðið hins vegar að ná yfirsýn yfir allt vatn.

Eins og fram kemur í skýrslunni um manngerð og mikið breytt vatnshlot byggðu fyrstu þrjú flokkarnir á síðustu vatnaáætlun Norðmanna auk þess sem fjórðu forsendunni var bætt við vegna þeirrar sérstöðu sem jökulvötn hafa á Íslandi. Samkvæmt greiningunni hafa umtalsverðar vatnsformfræðilegar breytingar orðið á stöðuvatni á Íslandi ef eitt af eftirfarandi á við:

- 1 straumvötnum hefur verið breytt í stöðuvötn sem eru stærri en 0,5 km²
- 2 vatnsstaða stöðuvatna/lóna hefur breyst meira en nemur 10 m
- 3 árlegar breytingar á vatnshæð eru meira en 3 metrar á milli há- og lágstöðu vatns í stöðuvatni/lóni vegna miðlunar á vatni
- 4 jökulvatni hefur verið veitt í stöðuvatn sem áður var tært bergvatn.

Þetta er ásættanleg nálgun við greiningu á mikið breyttum vatnshlotum (HMWB) sem afmarkast af nú þekktum aðstæðum og áhrifum vegna vatnsaflsvirkjana hérlendis en nær ekki til víðtækara álagsmats, breytinga til lengri tíma og til þess að greina og meta ástandsflokka. Sem dæmi má nefna að mikið breytt vatnshlot gæti einnig orðið til vegna takmörkunar á jökulvatni sem áður var til staðar. Hér er því lagt upp með að skoða fleiri matsþætti en þá sem nefndir eru hér að ofan við mat á vatnsformfræðilegum gæðapáttum stöðuvatna.

3.2 Gæðapættir stöðuvatna í Noregi

Norðmenn hafa nýverið lagt fram endurskoðaða tillögu að vatnsformfræðilegu flokkunarkerfi fyrir stöðuvötn í Noregi (Bakken o.fl., 2019). Endurskoðunin byggir m.a. á prófun eldri tillögu þar sem tekið er mið af öllum lónum og vötnum, aðgengi að gögnum og tæknilegum fýsileika. Ísland getur að mörgu leyti samsað sig við aðstæður í Noregi þó svo að á því séu undantekningar en umfang jökuláa, grunnvatns og votlendis er að líkum talsvert meira hér á landi.

Endurskoðuð aðferðafræði Norðmanna á flokkun vatnsformfræðilegra þátta í stöðuvötnum og lónum byggir á 17 vatnsformfræðilegum þáttum í stað 30 þátta í fyrri tillögu (Bakken o.fl., 2019). Gæðapættirnir endurspeglar breytingar í vatnsformfræði en eru jafnframt taldir vistfræðilega mikilvægir. Endurskoðunin byggði einnig á því að raunhæft væri að afla viðkomandi gagna.

Matsþættir og mælibreytur sem Norðmenn hafa lagt til við mat á stöðuvötnum og lónum eru sett fram í töflu 9 (Bakken o.fl., 2019). Í skýrslu Norðmanna er jafnframt metið hvort breytan miðast við náttúrulegt ástand eða umfang stýringar einnig er lagt mat á mikilvægi breytunnar. Suma matsþætti er mögulegt að reikna með vatnafræðilegum líkönum eða meta með notkun á kortagrunnum s.s. dýptarkortum (e. bathymetric maps).

Tafla 9. Matsþættir og mælibreytur sem Norðmenn hafa lagt til við mat á stöðuvötnum og lónum (Bakken o.fl., 2019). Í skýrslu Norðmanna er jafnframt metið hvort breytan miðast við náttúrulegt ástand eða umfang stýringar, sem og mikilvægi breytunnar í heildarmynd vatnsformfræðilegra breytinga.

Nr	Gæðapáttur	Matsþáttur	Mæli-eining	Náttúrulegt	Stýring	Áætlað HYMO mikilvægi
1	Vatnsbúskapur	Árlegt innrennsli	%	X		3
2		Breytingar á vatnsstöðu	m	X	X	3
3		Heildar rúmmálsbreytingar	%	X		3
4		Viðstöðutími	%	X		2
5		Breyting á tímasetningu á upphafi vatnssöfnunar	dagar	X		2
6		Breyting á tímasetningu á upphafi tæmingar	dagar	X		2
7		Vatnsstöðubreytingar við hæstu vatnsstöðu	%	X		3
8		Vatnsstöðubreytingar við lægstu vatnsstöðu	%	X		3
9		Skammtíma breytingar í vatnsstöðu (dagar)	m/dag	X	X	2
10		Skammtíma breytingar í vatnsstöðu (vika)	m/viku	X	X	2
11		Hlutfallslegar vatnsborðssveiflur	%		X	1
12	Samfella	Hindranir ofan til á vatnasviði sem hindra setferla	%	X		1
13		Tap á hliðlægum tengslum við vatnsbakka	%	X		3
14		Breytingar á gróðurfari vatnsbakka	%	X		3
15	Formfræði	Flatamál sem fer á þurrt	%		X	3
16		Fjörusvæði sem fara á þurrt (littoral zone)	%		X	3
17		Breytingar á eiginleikum botngerðar	%	X		1

Hér fyrir neðan er fjallað um þá matsþætti sem falla undir mismunandi gæðapætti og byggja að mestu á þeim þáttum sem Norðmenn hafa lagt fram og metið sem mikilvægar breytur.

3.2.1 Vatnsbúskapur

3.2.1.1 Árlegt innrennsli

Metin er breyting á árlegu innrennsli miðað við óraskaðar aðstæður þar sem lagt er mat á tilflutning vatns milli vatnasviða vegna mannglegrar íhlutunar /stjórnunar. Í þessum matsþætti er gert ráð fyrir því að árlegt innrennsli breytist vegna færslu vatns milli vatnasviða vegna vatnsstjórnunar (e. water regulation). Útreikningar byggja á því að reikna út flatarmál þeirra hlutvatnasviða sem flutt eru af (A_o) og inn á (A_i) náttúrulegt eða upphaflegt vatnasvið stöðuvatnsins sem um ræðir. Með því að nota skilgreininguna stærð hlutvatnasviðs er gert ráð fyrir því að árlegt afrennsli af hverju hlutvatnasviði sé í réttu hlutfalli við stærð þess. Þannig er breyting á árlegu innrennsli metin með því að reikna heildarstærð hlutvatnasviða sem eru færð inn á vatnasviðið og stærð þeirra hlutvatnasviða sem færð eru út af vatnasviðinu dregin frá og útkoman borin saman við upphaflega stærð vatnasviðsins.

Flutt vatnasvið (A_T) er því mat á breytingu á árlegu innrennsli og er reiknað út frá jöfnunni:

$$A_T = \frac{\sum_{i=1}^n A_{Ii} - \sum_{i=1}^n A_{O_i}}{A_c} * 100 \quad \text{Jafna 1}$$

A_T : Flutt vatnasvið (%)

A_I : stærð hlutvatnasviðs sem fært er inn á nýtt vatnasvið [km^2]

A_O : stærð hlutvatnasviðs sem fjarlæggt er úr vatnasviði [km^2]

A_c : Upphafleg stærð vatnasviðsins [km^2]

Ef breytingar eru undir 20% flokkast ástand vatnshlotsins því sem næst náttúrulegt en ef þær eru meiri en 50% er talið að vatnshlot sé mikið breytt.

Almennt er ekki mjög algengt að mikið sé um flutninga á vatni milli vatnasviða eða vatnshlota hérlendis og því þarf að skoða nánar hvort þessi matsþáttur henti. Tilfærslur milli vatnasviða eru þó þekktar, t.d. hefur vatn verið flutt milli vatnasviða í tengslum við Kárahnjúkavirkjun. Þar sem matsþátturinn byggir á mati á stærð hlutvatnasviða er talið tiltölulega einfalt að nálgast nauðsynleg gögn og úrvinnsla ekki flókin.

3.2.1.2 Breytingar á vatnsstöðu

Reiknaður er munur á hæstu stýrðu vatnsstöðu (HRWL) og lægstu stýrðu vatnsstöðu (LRWL), mælt í metrum. Þennan matsþátt er frekar auðvelt að reikna út. Miðað er við að ef breytingin er minni en 3 m sé vatnið því sem næst náttúrulegt en ef hún er meiri en 10 metrar er um mikið breytt vatnshlot að ræða. Í þessu tilfalli er ekki miðað við vatnsstöðu fyrir virkjun og því um mælikvarða á umfangi stýringar að ræða. Aðgengi að gögnum ætti að vera nokkuð auðsótt og úrvinnsla ekki flókin.

3.2.1.3 Heildar rúmmálsbreytingar

Hlutfallsleg breyting á rúmmáli vatns borið saman við upphaflegt náttúrulegt ástand. Matsþátturinn er reiknaður með jöfnu 2:

$$V_C = \frac{V_A - V_B}{V_B} * 100 \quad \text{Jafna 2}$$

V_C : heildar rúmmálsbreyting [%]

V_A : Rúmmál eftir rennslisstýringu í hæstu forðastöðu [e. supply level] [milljón m^3]

V_B : Rúmmál fyrir rennslisstýringu [milljón m^3]

Þetta er því mat á mismun á rúmmáli fyrir og eftir rennslisstýringu, sem hlutfall af heildar rúmmáli áður en stýring hófst. Breyting minni en 10% telst vera því sem næst náttúruleg en ef breytingin fer yfir 30% er vatnshlotið flokkað sem mikið breytt.

Þessi matsþáttur lýsir ágætlega umfangi þeirra breytinga sem verða við stíflun og myndun uppistöðulóna. Aðgengi að gögnum ætti að vera nokkuð auðsótt og úrvinnsla ekki flókin.

3.2.1.4 Viðstöðutími

Hlutfallsleg breyting á viðstöðutíma stöðuvatna miðað við náttúrulegar aðstæður. Endurspeglar töf á afrennsli sem hefur áhrif á aðstæður í stöðuvatni/lóni og þannig rennsli neðar á vatnasviðinu.

Viðstöðutími vatna hefur áhrif á þá efnahringrás sem á sér stað í vatni, framleiðni þess og setsöfnun. Áhrifin eru háð eiginleikum þess vatns sem berst til stöðuvatnsins, efnainnihaldi, lífrænu reki og svifaur. Þekkt er að stöðuvötn á vatnasviði auka lífrænt rek og hafa því áhrif á framleiðni þeirra vatnsfalla sem úr þeim renna. Hækkun vatnsborðs Úlfjótsvatn vegna virkjunar við Ljósafoss hefur aukið viðstöðu vatnsins (Magnús Jóhannsson o.fl., 2007). Þar kemur fram

að því miður liggja ekki fyrir rannsóknir sem staðfesta ástand fiskistofna og annars lífríkis Úlfljótsvatns fyrir virkjanir en þó er ljóst að miklar breytingar hafa orðið á fiskistofnun vatnsins eftir Sogsvirkjanir. Áður var talsvert af stórri bleikju í vatninu en nær alveg tók fyrir þessa veiði eftir að Efra Sog var virkjað (1995). Mjög lítið virðist nú af urriða í vatninu en líklegt er að virkjanir hafi valdið eyðileggingu á hrygningar- og uppeldisskilyrðum urriðans m.a. vegna breyttra aðstæðna s.s. að straumvatn breytist í kyrrstæðara vatn. Líklega er erfitt er að greina á milli áhrifa virkjana ofan og neðan við vatnið en báðir þættir hafa umtalsverð áhrif á aðstæður í vatninu.

Þar sem jökulvatn rennur í stöðuvötn og lón er að jafnaði umtalsvert magn af svifaur. Hann dregur úr sjóndýpi sem nauðsynlegt er þörungum til frumframleiðni og þannig lífrænni framleiðslu (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2001). Jökulaurinn fellur hægt og rólega til á botni og getur aukið setmyndun á botni umtalsvert, oft á tíðum til vansa fyrir það lífríki sem þrífst á botni vatnanna og minnkar möguleika lífríkis til þess að dafna. Skilyrði lífríkis í Lagarfljóti rýrna þegar rennsli eykst og rýni minnkar með auknum svifaur sem berst úr Háslóni (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2001; Ingi Rúnar Jónsson o.fl., 2017; Ingi Rúnar Jónsson & Friðþjófur Árnason, 2018). Aukning svifaurs er einnig talin rýra gönguskilyrði fiska um Lagarfljót. Með aukinni viðstöðu vatns í Háslóni dregur að líkindum úr flutningi næringarefna í sjó fram af vatnasviði Jökulsár á Dal ásamt vatnasviði Lagarfljóts (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2001).

Viðstöðutími er mikilvægur þáttur til þess að meta t.d. álagsþol viðtaka og hversu auðveldlega mengun sest til í viðkomandi vatnshloti.

Til þess að reikna út viðstöðutíma þarf innrennsli og rýmd vatnsins að vera þekkt. Almenn er þetta nokkuð vel þekkt þar sem umfangsmikið álag er vegna t.d. vatnsaflsvirkjana. Rýmd stöðuvatna er minna þekkt en þó er nokkuð til af gögnum m.a. vegna vistgerðarverkefnis Náttúrufræðistofnunar Íslands en einnig eru til eldri gögn frá vatnamælingum Orkustofnunar t.d. Sigurjóns Rist (1975) um dýptarmælingar á stöðuvötnum.

3.2.1.5 Breyting á tímasetningu á upphafi vatnssöfnunar / tæmingar

Þessum matsþætti var breytt frá því sem upphaflega var lagt til í norsku aðferðarfræðinni frá 2018 (Bakken o.fl., 2018). Í nýrri nálgun er lagt til að nota breytileika í dagsetningu á upphafi vatnssöfnunar og tæmingar fyrir og eftir virkjun (Bakken o.fl., 2019). Breyting sem er innan við 10 dagar er flokkuð sem því sem næst náttúruleg en lengri en 20 dagar er skilgreint sem mikið breytt vatnshlot. Almenn er munurinn meiri hvað varðar dagsetningu tæmingar, sem dæmi um það hófst tæming í Selbusjøen í Noregi 76 dögum síðar eftir breytingar en áður hafði þekkt. Fylling er oft á tíðum háðari veðurfarslegum aðstæðum, einkum hvenær bráðnun hefst.

Þar sem tilbúin stöðuvötn hér á landi, sem nær alfarið tengjast virkjanaframkvæmdum, eru oft staðsett þar sem ekki voru stöðuvötn til staðar fyrir virkjun er ekki raunhæft að bera saman fyllingar/tæmingartíma. Mögulega væri hægt að mæla innrennsli sem og sjá hvenær t.d. leysing að vori byrjar og áætla út frá því hvenær fylling hefði byrjað. Í þeim tilvikum þar sem stöðuvatn var til staðar fyrir breytingu en vatnsborð hefur hækkað í kjölfar framkvæmda, er hægt að bera saman mælingar fyrir og eftir ef mælingar hafa verið gerðar fyrir virkjun. Þessir þættir skipta sennilega mestu máli í grunnnum stöðuvötnum eða vötnum með stór grunnsvæði. Skoða þarf þennan þátt betur og hversu miklu máli hann skiptir hérlendis og því er ekki lagt til að nota hann sem matsþátt að þessu sinni. Sama á við í kafla 3.2.1.6.

3.2.1.6 Vatnssstöðubreytingar við upphaf vatnssöfnunar/ tæmingar fyrir og eftir breytingar

Árstíðarbundin breyting á hæstu vatnssstöðu / lægstu vatnssstöðu gefin sem mismunur milli náttúrulegrar vatnssstöðu og raunverulegrar vatnssstöðu á viðkomandi degi (Liðir 7–8 í töflu 9). Þessum matsþætti hefur í Noregi einnig verið breytt frá upphaflegri tillögu. Miðað er við að meta

vatnsstöðuna þá daga sem vatnið byrjar að fyllast/tæmast bæði fyrir og eftir að breyting átti sér stað. Breyting minni en 10% er metin sem því sem næst náttúruleg og breyting meiri en 30% er metin sem mikið breytt.

Jafnan sem notuð er til að reikna hlutfallslegar breytingar er:

$$\text{Vatnshæðarbreytingar} = \frac{(h_a - h_b)}{(h_b)} * 100 \quad \text{Jafna 3}$$

h_a : vatnshæð við upphaf tæmingar og vatnssöfnunar, eftir breytingar

h_b : vatnshæð við upphaf tæmingar og vatnssöfnunar, fyrir breytingar

Sama á við hér og í lið 3.2.1.5 þar sem tilbúin stöðuvötn/lón hér á landi eru oft staðsett þar sem ekki voru stöðuvötn áður og á þessi matsþáttur í þeim tilfellum ekki við. Ef stöðuvatn var hins vegar til staðar fyrir breytingu er úrvinnsla á þessum matsþætti einföld ef gögn liggja fyrir um vatnshæð fyrir og eftir breytingar.

3.2.1.7 Skammtíma breytingar í vatnsstöðu (dagar/vikur)

Vatnsborðssveiflur í metrum á dag (Liður 9 í töflu 9). Matsþátturinn er hluti af flokkunarkerfinu til þess að greina mögulegar vatnafræðilegar breytingar vegna skammtíma sveiflna í vatnshæð (hydropeaking) og rekstri milli daga. Hraðar og tíðar breytingar á vatnsstöðu munu að öllum líkindum hafa áhrif bæði beint á vistkerfið sem og aðra eðlisfræðilega þætti s.s. rof á strandlínu. Þannig er algildi (e. absolute value) vatnshæðarbreytinga frá degi til dags reiknað og 90% hlutfallsmörk reiknuð út frá því (10% gildanna eru jöfn eða hærri viðkomandi vatnssveiflu). Með því að nota algildi, er áætlað að ekki skipti máli hvort vatnsstaða fari hækkandi eða lækkandi og áhrifin metin sambærileg. Gildi undir 0,5 m þýðir því sem næst náttúrulegt ástand og yfir 1 m bendir til þess að vatnshlotið sé mikið breytt.

Vatnsborðssveiflur í metrum á viku (Liður 10 í töflu 9). Mælingar eru sambærilegar og í lið 10 en nú er miðað við algildi á viku. Mæligildið sem nota á er 90% hlutfallsmörk alls mismunar. Þarna er heldur ekki talið skipta máli hvort um aukningu eða lækkun er að ræða. Þessi þáttur hefur áhrif á eðlisfræðilega ferla s.s. ísingu og rof. Breytingar minni en 1 m telst því sem næst náttúrulegt ástand en yfir 3 m sem mikið breytt.

Þar sem gögn um vatnshæð eru tiltæk fyrir og eftir mannlega íhlutun er úrvinnsla á matsþáttunum (Liðir 9 og 10) einföld.

3.2.1.8 Hlutfallslegar vatnsborðssveiflur

Hlutfallslegar vatnsborðssveiflur (Liður 11 í töflu 9) eru skilgreindar sem mismunur milli hæstu og lægstu vatnsstöðu deilt með meðaldýpi. Með þessum þætti er mögulegt að greina á milli áhrifa sambærilegrar stýringar eftir því hvort vatnið er grunnt eða djúpt. Ef breytingarnar eru undir 10% er talið að vatnið sé því sem næst náttúrulegt en yfir 20% er það mikið breytt. Þessi matsþáttur lýsir vægi rennslisstjórnunar.

Mjög miklar vatnsborðssveiflur hafa í för með sér að lífsskilyrði verða afar óhagstæð flestum vatnadýrum m.a. fiska, bæði á lónbotninum og í fjörunni á sveiflusvæðinu (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2001) og talið að lífríki í Háslóni verði mjög rýrt vegna mikilla vatnsborðssveiflna, gruggs og lágs vatnhita.

Ef gögn um vatnshæð og meðaldýpi í stöðuvötnum eru tiltæk er úrvinnsla á matsþáttinum einföld.

3.2.1.9 Tengsl við grunnvatn

Matsþátturinn tengsl við grunnvatn er ekki hluti þeirra matsþátta sem Norðmenn leggja til vegna vatnsformfræðilegra gæðapátta varðandi vatnabúskap enda hagar öðruvísi til hjá þeim.

Vatnsaflsvirkjanir hér á landi byggja nokkuð á sterkum grunnvatnsþætti og geta haft áhrif á írennsli vatns til grunnvatnshlota (Davíð Egilson & Gerður Stefánsdóttir, 2014). Sem dæmi má nefna er vel þekkt að á Þjórsár-Tungnaársvæðinu hafa miðlunarlón haft áhrif á grunnvatnssstöðuna þar. Grunnvatnshæðin og lindarrennsli þar endurspeglar nokkuð ákveðið vatnssstöðu í lónunum á hverjum tíma. Bent er á í skýrslu Hilmars Malmquist og félaga (2001) að ef Sauðárstíflu verður valinn staður skv. upprunalegri hugmynd kunni rennsli í Laugarvallaá að breytast m.a. vegna breyttrar grunnvatnssstöðu af völdum Háslóns og getur slíkt haft neikvæð áhrif á lífríki. Einnig geti rennsli grunnvatns ofan í farveg Jöklu á láglandi aukist.

Skoða þarf vel hvaða gögn eru til hvað varðar þennan þátt og hvernig er best að meta aðstæður í ljósi þess að um mikilvægan þátt er að ræða. Ekki er lagt til að þessi matsþáttur verði hluti af vatnsformfræðilegum gæðaðætti að svo stöddu.

3.2.2 Samfella stöðuvatna/lóna

3.2.2.1 Hindranir ofan til á vatnasviði sem hafa áhrif á setferla

Hlutfall svæða ofar í vatnasviði sem lokast vegna manngerðra hindrana miðað við náttúrulegar aðstæður. Markmið þessa matsþáttar er að greina hvort manngerðar hindranir takmarka flutning sets. Til þess að meta þennan þátt er skoðað hvort stíflur eru til staðar ofan til á vatnasviði stöðuvatnsins sem hindra tengsl milli búsvæða. Talið er að allar stíflur séu hindranir þó að til staðar séu fiskfarvegir sem gera far fiska mögulegt. Reiknað er hlutvatnasvið sem lokast af og borið saman við stærð vatnasviðsins í heild. Útreikningar byggja á eftirfarandi jöfnu:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n A_{Di}}{A_C} * 100 \quad \text{Jafna 4}$$

B: Hlutfall vatnasviðs undir áhrifum af hindrunum [%]
 A_D: Flatamál hlutvatnasviðs afmarkað af hindrunum [km²]
 A_C: Vatnasvið stöðvatns / lóns [km²]

Jafnan endurspeglar það hlutfall af vatnasviðinu sem er undir áhrifum af hindrunum. Því hærra sem hlutfallið er því stærra er áhrifasvæðið. Ef áhrifin eru 10% telst flokkunin því sem næst náttúruleg og yfir 50% er vatnshlotið flokkað sem mikið breytt.

Stíflur og aðrar hindranir í farvegum hafa jafnan mikil áhrif á rennslismynstur og vistkerfi ofan þeirrar hindrunar sem um ræðir hverju sinni. Allar aðstæður breytast s.s. rennslishættir, viðstöðutími, eðlisefnafræðilegir eiginleikar vatnshlotsins og vistfræðileg skilyrði s.s. búsvæði lífvera. Í bergvatnsám takmarka hindranir ofan til á vatnasviði lífrænt rek, en lífrænt rek úr vötnum er að miklu leyti undirstaða lífríkis (Magnús Jóhannesson o.fl., 2007). Lífrænt rek er ekki einn af þeim eðlisefnafræðilegu gæðaðættum sem hafa verið lagðir til af fagstofnunum (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2019). Æskilegt væri að skoða vandlega hvort ekki væri vert að bæta þeim matsþætti við. Slíkt myndi væntanlega ekki hafa aukinn kostnað í för með sér vegna sýnatöku og kostnaður við greiningar myndi að líkum ekki aukast umtalsvert.

Mögulegt ætti að vera að afla gagna til að reikna hversu stórt hlutfall af vatnasviði er undir áhrifum af hindrunum svo lengi sem gögn um hindranir eru aðgengileg og áreiðanleg. Setburður jökuláa hefur umtalsverð áhrif á það umhverfi sem verður til staðar í lónum og stöðuvötnum og hefur umtalsverð áhrif á aðstæður s.s. búsvæði lífvera.

3.2.2.2 Tap á tengslum við vatnsbakka

Þessi matsþáttur er mælikvarði á hlutfalli vatnsbakka með rofvörnum. Strandlengjan getur verið umbreytt, t.d. með fyrirhleðslum, rofvörnum og flóðavörnum. Strandlengjan miðast við hæstu vatnssstöðu. Ef manngerðar fyrirstöður s.s. flóða- og rofvarnir eru minni en 20% af heildarlengd

strandlengjunnar telst vatnshlotið áætlað því sem næst náttúrulegt en ef lengd þeirra er yfir 50% er það metið sem mikið breytt.

Mat á þessum þætti er aðferðarfræðilega auðvelt en sennilega vantar í mörgum tilfellum gögn til að meta slíkt. Því getur verið flókið að túlka niðurstöðuna miðað við staðhætti hér á landi. Þekkt er að þegar gróður og votlendi fer undir virkjanir eykst framleiðni oft fyrstu árin sem byggir á því lífræna efni sem fellur til vegna röskunar á umhverfinu. Einnig gæti orðið einhver losun þungmálma við það að gróður og jarðvegur fer á kaf (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2001; Madsen, 2004; Iversen & Larsen, 2019) en fjallað er um slík áhrif umbreytinga á oxunarstigi í kafla 2.1.2 er varðar tengsl við grunnvatn.

3.2.2.3. Breytingar á gróðurfari á vatnsbakka

Þessi matsþáttur metur hversu mikið vatnsbakkinn hefur breyst miðað við náttúrulegar aðstæður og er mældur meðfram allri strandlengjunni. Ástand vatna þar sem minna en 20% af gróðurfari á vatnsbakka hefur tapast telst gott en ef niðurstaðan er yfir 50% telst vatnshlotið mikið breytt.

Sennilega er ekki til mikið af gögnum hvað þennan þátt varðar en skoða þarf það frekar.

3.2.3 Formfræði

3.2.3.1 Flatarmál sem fer á þurrt

Þessi þáttur er skilgreindur sem það svæði sem fer á þurrt vegna rennslisstýringar og er reiknað út frá hæstu vatnsstöðu og lægstu vatnsstöðu. Útreikningar byggja á dýptarkortum af vatninu og lýsa hversu stórt flatarmál (varpað í lárétt yfirborð) fer á þurrt þegar vatnshæð fer úr hæstu í lægstu stöðu. Þetta gildi er ekki reiknað út frá aðstæðum fyrir stýringu heldur hvernig því er stjórnað og lýsir þessi matsþáttur þannig vægi stjórnunarinnar (e. severity of the regulation).

Til þess að leggja mat á þennan þátt er flatarmálið reiknað frá hæstu og lægstu stöðu út frá kortum. Niðurstöður sem eru lægri en 10% eru metnar sem því sem næst náttúrulegt ástand og hærri en 20% eru vatnshlotin metin sem mikið breytt. Stærð svæðis sem þornar upp getur haft mikil áhrif á vistfræði vatna sem og sjónræn áhrif. Á Íslandi geta slík svæði einnig haft mikil áhrif á landrof / landfok.

Líklegt er að til séu gögn hvað þennan þátt varðar og almennt er um mikilsverðar upplýsingar að ræða. Lón hér á landi eru flest umfangsmikil og mörg hver frekar grunn, einkum við ströndina. Rof og áhrif þess geta því verið töluverð.

3.2.3.2 Fjörusvæði sem fer á þurrt (littoral zone)

Þessi matsþáttur er notaður til að meta hversu stór hluti fjörusvæðisins (littoral zone) fer á þurrt vegna stjórnunar á vatnsstöðu. Efri mörk fjörusvæðis afmarkast af hæstu stýrðu vatnsstöðu (HRWL) og neðri mörk miðast við sjóndýpi (secchi depth) við HRWL. Til útreikninga þarf að vita flatarmál við hæstu vatnsstöðu, lægstu vatnsstöðu og neðri mörk fjörusvæðis.

$$L = \frac{A_H - A_L}{A_H - A_{Lit}} * 100 \quad \text{Jafna 5}$$

L : Fjörusvæði sem fer á þurrt [%]

A_H : Flatarmál vatns við hæstu vatnsstöðu HRWL [km²]

A_L : Flatarmál við lægstu vatnsstöðu LRWL [km²]

A_{Lit} : Flatarmál við neðri mörk fjörusvæðis [km²]

Fjörusvæði sem fer á þurrt hefur umtalsverð áhrif á það vistkerfi sem er til staðar sérstaklega ef litið er til bergvatnsvistkerfa þar sem gróður hefði við náttúrulegar aðstæður tækifæri til að þróast. Vatnsborðssveiflur eru taldar hafa mikil áhrif á aðstæður í viðkomandi vötnum og vistkerfið í heild (Magnús Jóhannesson o.fl., 2007). Ýmis gögn eru til hvað þetta varðar, t.d. var tegundasamsetning gróðurs á fjörusvæðum (littoral zone) stöðuvatna kortlagt við vistgerða-kortlagningu Náttúrufræðistofnunar Íslands (Jón Gunnar Ottósson, 2016).

3.2.3.3 Breytingar á eiginleikum botngerða

Þessi matsþáttur er til þess að meta umfang og breytingar á botngerða með skilgreindum vistfræðilegum eiginleikum. Slíkt botngerðarmat hefur verið gert fyrir einstaka svæði en er ekki til á landsvísu fyrir mismunandi gerðir stöðuvatna/lóna. Aðstæður er enn fremur oft á tíðum sér íslenskar vegna vægis lindarvatns, jökulvatns og eiginleika berggrunnsins og verða því gögn erlendis frá ekki auðveldlega nýtt. Þarna er hins vegar um afar mikilvægar upplýsingar að ræða þegar fram í sækir. Ekki eru taldar forsendur til þess að mæla með þessum matsþætti að svo stöddu.

3.3 Tillaga að gæðapáttum stöðuvatna og lóna

Heildstæð greining vatnsformfræðilegra þátta stöðuvatna og lóna og forgangsröðun vöktunarþátta var unnin í samræmi við ósk Umhverfisstofnunar um að leggja áherslu á tvo gæðapætti. Í norsku greinargerðinni (Bakken o.fl., 2019) var lögð áhersla á að framlagðir vatnsformfræðilegir gæða- og matsþættir væru raunverulegir og mikilvægir áhrifaþættir hvað varðar vistfræðilegt ástand vatnshlota. Að svo stöddu er lagt til að byggja okkar greiningu að mestu á þeim matsþáttum sem lagðir eru til í norsku aðferðarfræðinni og þar sem innlend gögn eru aðgengileg í dag. Er það gert í ljósi fenginnar reynslu Norðmanna af notkun þeirra, nýlegu endurmati þeirra og vegna þess hve aðstæður hvað varðar álag og umhverfi eru sambærilegar milli landanna. Til viðbótar er lagt til að bæta við matsþætti varðandi svifaur í ljósi þess hversu mikið vægi jökulvatn hefur við framleiðslu hér á landi. Það er sambærilegt við lið fjögur sem notaður var við mat á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020) en þó er lagt til að miðað sé við breytingu á svifaur í viðkomandi vatnshloti, þ.e. bæði mögulega aukningu og minnkun í svifaur. Hér fyrir neðan er hver og einn þáttur ræddur stuttlega og að lokum sett fram forgangsröðun sem byggir á mati á gögnum og vægi gæða- og matsþáttanna í hverri vatnagerð.

Hvað varðar gæðapáttinn *vatnsbúskap* og viðeigandi matsþætti liggja almennt fyrir góð gögn hvað varðar lón og stöðuvötn á virkjanasvæðum og þar sem rennslisstýring er til staðar. Úrvinnsla gagna er að jafnaði ekki flókin þar sem rennslisgögn eru til staðar og fjöldi matsþátta segir því ekki til um þyngd úrvinnslunnar hvað þennan gæðapátt varðar. Þar sem rennslisgögn eru ekki til staðar er í mörgum tilfellum hægt að nota líkanreikninga til þess að meta vatnsbúskap en sú vinna er tímafreakari og gæti verið um nokkra óvissu að ræða á yngri berggrunni og þar sem áhrif grunnvatns eru umtalsverð. Með frekari gögnum vegna vöktunar á viðmiðunarvatnshlotum stjórnar vatnamála ætti sú úrvinnsla að styrkjast með tímanum. Ekki er miðað við að matsþátturinn tengsl við grunnvatn verði notaður að svo stöddu en mikilvægt er að ígrunda aðferðarfræði og nálgun hvað það varðar enda um mikilvæga auðlind að ræða.

Hvað varðar matsþætti sem falla undir gæðapáttinn *samfella ár* er mikilvægt að meta áhrif hindrana ofan til á vatnasviði s.s. framburð á lífrænu- og ólífrænu efni sem berst til stöðuvatna og lóna. Slíkt hefur áhrif á næringarefnaástand viðkomandi vatnshlots sem og eðlisfræðilegar aðstæður í viðkomandi vatnshloti. Samkvæmt endurskoðaðri aðferðafræði munu Norðmenn byggja á þremur gæðapáttum þ.e. vatnsbúskap, formfræði og samfellu sem eru sambærilegir gæðapáttum straumvatns. Samkvæmt íslenska lagarammanum og vatnatilskipun Evrópu-sambandsins er samfella ekki hluti af gæðapáttum stöðuvatna. Það er í raun óeðlilegt þar sem að stöðuvötn eru jafn háð tengslum við þá vatnafræðilegu og formfræðilegu aðstæður /breytingar sem verða ofar og neðar á vatnasviðinu. Sem dæmi má nefna þá eru hindranir ein af megin ástæðum / forsendum uppistöðulóna og þannig veruleg röskun á samfellu og þar með þeim aðstæðum sem til staðar eru. Í tillögu Norðmanna er ekki lagt til að meta áhrif neðan við stöðuvötn og lón. Í ljósi þess að hérlendis hafa hindranir neðan við viðkomandi stöðuvatn umtalsverð áhrif væri eðlilegt að bæta þeim matsþætti við. Lagt er til að samfella sé samþykkt sem gæðapáttur fyrir stöðuvötn og metnar séu hindranir bæði ofan og neðan við viðkomandi jökulvatnshlot.

Hvað varðar gæðapætti undir formfræði skiptir það miklu máli hvaða áhrif vatnsborðsveiflur hafa á lífríki, einkum hvaða svæði fara á þurrt sem og breytingar á eiginleikum botngerðar.

Forgangur

Eftir yfirferð og mat á þeim 17 matsþáttum sem segja til um vatnsformfræðilegt ástand í stöðuvötnum/lónum er lögð til forgangsröðun matsþátta fyrir jökulvötn annars vegar og bergvatn hins vegar. Að svo stöddu var ákveðið að meta vægi mismunandi þátta fyrir annars vegar bergvatns stöðuvötn og hins vegar jökulvötn og var vægið metið út frá sérfræðiáliti og forgangsröðun Norðmanna. Það var gert í ljósi þess að þekking og yfirsýn yfir þessa þætti er almennt minni hérlendis fyrir stöðuvötn en fyrir straumvötn. Í töflu 10 eru settar fram tillögur að því hvaða gæðapættir ættu einna best við til þess að lýsa aðstæðum og þar með álagi í jökul- og bergvatni á Íslandi.

Einkunnakerfið byggir á fimm skala einkunnagjöf þar sem einkunnin 5 endurspeglar hæsta vægi fyrir viðkomandi matsþátt og þannig mestan forgang. Miðað var við að þættir sem lagt er til að verði notaðir fái 4 eða hærra í einkunn. Þessar tölur verða eðli máls samkvæmt endurskoðaðar þegar úrvinnsla, gagnaöflun og reynsla hefur mótað betri mynd af álagi og vægi.

Vatnsbúskapur: Í stöðuvötnum fá matsþættirnir, árlegt innrennsli, breyting á vatnsstöðu, heildar rúmmálsbreytingar og vatnsstöðubreytingar við hæstu og lægstu vatnsstöðu hæstu einkunn fyrir bæði jökulvötn og bergvatns stöðuvötn, auk þess fær viðstöðutími hæstu einkunn í bergvatns stöðuvötnum. Framlagðir matsþættir byggja að mestu á sama gagnasetti og gögn að jafnaði aðgengileg þar sem álag er til staðar.

Samfella: Lagt er til að gæðapátturinn samfella verði notaður í jökulvötnum en ekki bergvatns stöðuvötnum að svo stöddu í ljósi áherslna um að nota einungis tvo gæðapætti í fyrstu nálgun vegna vatnsformfræðilegra þátta. Hæstu einkunn innan jökulvatna fær matsþátturinn hindranir ofantil á vatnasviði sem hindra setferla. Æskilegt væri að bæta við matsþættinum hindranir neðanvert á vatnasviði til þess að meta söfnun á svifaur og er það hér með lagt til.

Formfræði: Lagt er til að gæðapátturinn formfræði verði notaður í bergvatns stöðuvötnum en ekki jökulvötnum að svo stöddu í ljósi áherslna um að nota einungis tvo gæðapætti í fyrstu nálgun vegna vatnsformfræðilegra þátta. Þeir matsþættir sem fengu hæstu einkunn innan bergvatns eru flatarmál og fjörusvæði sem fara á þurrt.

Tafla 10. Matsþættir og mælibreytur sem Norðmenn hafa lagt til við mat á stöðuvötnum og lónum (Bakken o.fl., 2019) og tenging þeirra við skilgreinda gæðapætti samkvæmt reglugerð nr. 535/2011. Metið er hvaða matsþættir eru sérstaklega mikilvægir fyrir ástandsmat jökulvatna og bergvatns miðað við núverandi stöðu þekkingar.

Gæðapáttur	Matsþáttur	Vægi bergvatn	Vægi jökulvötn	
A	Vatnsbúskapur / Rennishættir	Árlegt innrennsli	5	5
		Breytingar á vatnsstöðu	5	5
		Heildar rúmmálsbreytingar	5	5
		Viðstöðutími	5	2
		Breyting á tímasetningu á upphafi vatnssöfnunar	3	3
		Breyting á tímasetningu á upphafi vatnstæmingar	3	3
		Vatnsstöðubreytingar við hæstu vatnsstöðu	5	5
		Vatnsstöðubreytingar við lægstu vatnsstöðu	5	5
		Skammtíma breytingar í vatnsstöðu (dagar)	3	3
		Skammtíma breytingar í vatnsstöðu (vika)	3	3
		Hlutfallslegar vatnsborðssveiflur	2	2
B	Samfella	Tap á tengslum við vatnsbakka	4	2
		Breytingar á gróðurfari vatnsbakka	4	2
		Hindrandir ofantil á vatnasviði sem hindra setferla	3	4
C	Formfræði	Flatamál sem fer á þurrt (ath orðalag)	5	2
		Fjörusvæði sem fara á þurrt (littoral)	5	2
		Breytingar á eiginleikum /gæði botngerðar	3	1

Samkvæmt niðurstöðum er varða gæðapætti stöðuvatna eru það matsþættir undir vatnsbúskap og samfellu ár sem skora hæst hvað varðar jökulvötn en vatnsbúskap og formfræði hvað varðar bergvatns stöðuvötn. Lagt er til að á fyrstu stigum innleiðingar verði lögð áhersla á þá matsþætti sem fá einkunnina 4 eða hærra (Tafla 10) í vatnsbúskap og formfræði fyrir bergvatns stöðuvötn og í vatnsbúskap og samfellu fyrir jökulvötn.

Töflur með yfirliti yfir framlagðar tillögur gæða- og matsþátta vegna stöðuvatna eru í kafla 4.2, töflur 13 og 14.

Þættir til frekari skoðunar

Almennt má segja að í ofangreinda matsþætti vanti áhrif hindrana neðan við lón sem hafa t.d. áhrif á tengsl lífríkis milli vatnshlota s.s. far fiska upp í lón og þaðan áfram upp í þær ár sem þeim tengjast og það lífræna rek sem tryggir lífsviðurværi lífvera og ræður stigi frumframleiðni í vötnunum. Dæmi um það eru að hindranir neðan við lón hafa áhrif á uppeldis- og hrygningarsvæði hvað varðar laxfiska auk þess sem það hefur áhrif á far til sjávar sem hefði áhrif á viðkomu laxa og sjóbirtingsstofna (Magnús Jóhannesson o.fl., 2001). Lón yrðu líklega göngutöf fyrir seiði á leið til sjávar sem getur valdið auknum afföllum þeirra. Einnig er mikilvægt að hafa í huga skerðingu búsvæða og fæðusvæða fiska vegna myndunar lóna. Gerð lóna fækkar að jafnaði botndýrum og tegundasamsetning þeirra breytist.

Lagskipting og straumar (e. internal waves) eru einnig þættir sem skoða þyrfti t.d. í djúpum vötnum, þar sem þær geta haft bein áhrif á ferli næringarefna og súrefnis og þar með valdið hættu á ofauðgun eða súrefnisþurrð. Þar sem ár af ólíkum uppruna mætast verður straumfræði flókin og á það við um bæði lagskiptingu vegna hitastigs og aurburðar (og mögulega leiðni). Á Íslandi getur lagskipting í vötnum verið háð bæði hitastigi og flæði svifaus vegna veikrar lagskiptingar þar sem eðlismassi vatns er í hámarki (hitastig er nálægt 4°C). Í doktorsritgerð Priet-Mahéo (2019) var Lögurinn rannsakaður og kom þar fram að setagnir sem Jökulsá í Fljótsdal ber með sér í Löginn geti breytt eðlisþyngd vatnssúlunnar sem veldur viðsnúnum hitastigli. Einnig kom fram að áhrif aukins innstreymis jökulvatns á hringrásina í vatninu og þar með á lagskiptinguna eru veruleg. Hitaáhrif voru einn af þeim 30 upphaflegu matsþáttum sem Norðmenn höfðu lagt til en fallið frá þegar matsþáttum var fækkað niður í 17. Bentu þeir á að um mikilvægar upplýsingar væri að ræða en byggði á tiltölulega flóknum útreikningum. Vert er að skoða þennan þátt vandlega til framtíðar þar sem að aðstæður hér á landi bæta óneitanlega við vægi áhrifaþáttarins þar sem vatni með mjög mismunandi eiginleika er á tíðum blandað saman í tilfelli jökul- og bergvatns.

4. Niðurstöður

Niðurstöður þeirra gæða- og matsþátta sem lagðir eru til í þessu fyrsta mati eru settar fram í formi taflna til þess að auðvelda yfirsýn (Töflur 11–14). Í viðauka III er búið að tengja saman þá gæða- og matsþætti sem hér eru lagðir til, við þá umhverfisþætti/breytur sem lög um stjórn vatnamála og viðhlítandi reglugerð nr. 535/2011 gerir ráð fyrir.

Talið er að eftirfarandi niðurstöður svari nokkuð vel því sem lagarammi stjórnar vatnamála gerir kröfu til (Tafla 1) og markmiðum vatnatilskipunar Evrópusambandsins þ.e. vöktun mikilvægra umhverfisþátta sem hafa áhrif á ástand vatns og vatnsgæði og mat á álagi, tekið mið af þeim forsendum sem verkefninu eru settar um forgangsöröðun í þessari fyrstu vegferð verkefnisins.

Hvað varðar straumvötn er áhersla lögð á matsþætti er varða vatnsbúskap og formfræði ár. Ekki eru til bein gögn hvað varðar áhrif á grunnvatnsstöðu og því er lagt til að geyma þann þátt að svo stöddu. Svifaur er sérstakur matsþáttur í jökulvötnum. Mikilvægt er að vinna að öflun gagna um áhrif álags á grunnvatnsstöðu.

Hvað varðar stöðuvötn er við mat bergvatns stöðuvatna lögð áhersla á vatnsbúskap og formfræði en í jökulvatni er áhersla á vatnbúskap og samfellu. Jafnframt er mikilvægt að vinna að öflun gagna um áhrif álags á grunnvatnsstöðu.

4.1 Straumvötn

4.1.1 Bergvatnsár

Yfirlit yfir framlagðar tillögur að vatnsformfræðilegum gæða- og matsþáttum fyrir bergvatnsár. Athuga þarf að ef um tilflutning á jökulvatni í bergvatn er að ræða, þarf að meta áhrif af svifaur á viðkomandi vatnshlot.

Tafla 11. Tillaga að vatnsformfræðilegum gæða- og matsþáttum allra gerða bergvatnsáa miðað við mat á gæðum gagna og vægi fyrir bergvatnsgerðir straumvatna.

Gæðaþáttur	Matsþáttur
Vatnsbúskapur/ Rennlishættir	Heildarrennsli
	Lágrennsli sumar
	Lágrennsli vetur
	Tíðni 1 árs flóða
	Tíðni 10 ára flóða
	Skammtíma rennslisbreytingar
	Hraði rennslisbreytinga
Samfella ár	Flóðvarnargarðar
	Mannvirki önnur en stíflur
	Stíflur í farvegi
	Uppskipting farvegjar
	Lónaáhrif
	Uppistöðuáhrif

4.1.2 Jökulár

Yfirlit yfir framlagðar tillögur að vatnsformfræðilegum gæða- og matsþáttum fyrir jökulár.

Tafla 12. Tillaga að vatnsformfræðilegum gæða- og matsþáttum jökuláa miðað við mat á gæðum gagna og vægi fyrir vatnagerðina jökulvatn (RG).

Gæðaþáttur	Matsþáttur
Vatnsbúskapur/ Rennlishættir	Heildarrennsli
	Lágrennsli sumar
	Lágrennsli vetur
	Tíðni 1 árs flóða
	Tíðni 10 ára flóða
Samfella ár	Flóðvarnargarðar
	Stíflur í farvegi
	Uppskipting farvegjar
	Lónaáhrif
	Uppistöðuáhrif
	Svífaursbreytingar

4.2 Stöðuvötn

4.2.1 Bergvatns stöðuvötn

Yfirlit yfir framlagðar tillögur að vatnsformfræðilegum gæða- og matsþáttum fyrir stöðuvötn sem einkennast af ríkjandi bergvatni.

Tafla 13. Tillaga að vatnsformfræðilegum gæða- og matsþáttum bergvatns stöðuvatna miðað við áætlað vægi.

Gæðaþáttur	Matsþáttur
Vatnsbúskapur / Rennslishættir	Árlegt innrennsli Breytingar á vatnsstöðu Heildar rúmmálsbreytingar Viðstöðutími Vatnsstöðubreytingar við hæstu vatnsstöðu Vatnsstöðubreytingar við lægstu vatnsstöðu
Formfræði	Flatarmál sem fer á þurrt Fjörusvæði sem fara á þurrt (littoral)

4.2.2. Jökulvötn

Yfirlit yfir framlagðar tillögur að vatnsformfræðilegum gæða- og matsþáttum fyrir stöðuvötn með ríkjandi jökulvatn.

Tafla 14. Tillaga að vatnsformfræðilegum gæða- og matsþáttum jökulvatna og bergvatna með aukinn jökulþátt, miðað við mat á gæðum gagna og vægi fyrir vatnagerðina jökulvatn (LG).

Gæðaþáttur	Matsþáttur
Vatnsbúskapur / Rennslishættir	Árlegt innrennsli Breytingar á vatnsstöðu Heildar rúmmálsbreytingar Vatnsstöðubreytingar við hæstu vatnsstöðu Vatnsstöðubreytingar við lægstu vatnsstöðu
Samfella	Hindrandir ofantil á vatnasvíði sem hindra setferla

5. Heimildir

- Aagot V. Óskarsdóttir (ritstj.) (2011). Náttúruvernd. Hvítbók löggjöf til verndar náttúru Íslands. Nefnd um endurskoðun náttúruverndarlaga. Umhverfissráðuneytið. ISBN 978-9979-839-31-6
- Åström M., Sundström R., Holmerg M. & Storberg K. (2004). pH of streams in western Finland — a perspective from the Middle Ages into the mid 21st century. *Agricultural and Food Science*.
- Auður Atladóttir, Hugrún Gunnarsdóttir & Þórhildur Guðmundsdóttir (2019). Rennslis- og vatnshæðabreytingar í Sogi neðan Írafoss 2006 - 2017 LV-2019-009
- Bakken T. H., Schönfelder L. H., Charmasson J., Alfredsen K. & Adera A. G. (2018). Outlining a hydromorphological classification system for lakes: data availability, modelling tools and comparable assessment approaches. Trondheim. ISBN 978-82-14-06906-8. SINTEF Report 2018:00768
- Bakken T.H., Beck V., Schonfelder L.H., Charmasson J., Thrane J-E., Lindholm M. & Brabrand Å. (2019). Testing and evaluation of a HYMO classification system for lakes and reservoirs. Skýrsla SINTEF Energy Research Water Resources 2019:01365
- Boudaghpour S. & Hashemi Monfared S.A. (2008). Environmental Effects of Irregular Extracting of Gravel from River Beds. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 4, 430–435
- Bunn S.E. & Arthington A.H. (2002). Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environ Manag* 30(4):492–507. doi.org/10.1007/s00267-002-2737-0
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Í Official Journal of the European Communities*, L 327, 22.12.2000, bls. 1–73. <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32000L0060> [skoðað 27.01.2021]
- EEA (2020). Drivers and pressures of selected key water management challenges – A European overview. EEA Report (in review)
- EEA (2019). Floodplains: a natural system to preserve and restore. EEA Report No 24/2019/1994.
- EPA (2007). EPA's 2007 Report on the Environment: Science Report. External Review draft. EPA/600/R-07/045
- Esther Hlíðar Jensen, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorlákssdóttir, Snorri Zófóniasson & Sigríður Magna Óskarsdóttir (2013). Heildarframburður neðri hluta Þjórsár árin 2001–2010. VÍ-2013-007, ISSN 1670-8261
- Esther Hlíðar Jensen, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorlákssdóttir & Snorri Zófóniasson (2014). Heildarframburður Hólmsár við Framgil árin 2002–2009. VÍ-2014-003.
- European Commission (2006). WFD and Hydromorphological Pressures Technical Report: Good practice in managing the ecological impacts of hydropower schemes; flood protection works; and works designed to facilitate navigation under the Water Framework Directive. Technical report
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir & Gerður Stefánsdóttir (2019). Tillögur að líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum til ástandsflökkunar straum- og stöðuvatna á Íslandi. VÍ 2019-004.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Agnes-Katharina Kreiling, Fjóla Rut Svavarsdóttir, Jón S. Ólafsson & Svava Björk Þorlákssdóttir (2020a). Vistfræðileg viðmið við ástandsflökkun straum- og stöðuvatna á Íslandi. VÍ 2020-009
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Fjóla Rut Svavarsdóttir & Svava Björk Þorlákssdóttir (2020b). Lýsing á viðmiðunaraðstæðum straum- og stöðuvatna á Íslandi. VÍ 2020-07.
- Fanney Ósk Gísladóttir, Sigmar Metúsalemsson & Hlynur Óskarsson (2007). Áhrifasvæði skurða: Greining með fjarkönnunaraðferðum. Fræðaging landbúnaðarins 4 – 2007

- Fanney Ósk Gísladóttir, Jón Guðmundsson & Sunna Áskelsdóttir (2010). Mapping and density analyses of drainage ditches in Iceland. Mapping and monitoring of Nordic Vegetation and landscapes, Conference proceedings. Í: Viten fra Skog og landskap, Ritstj. B Anders. W Dramstad, WJ Fjellstad, Publisher: Norsk Institutt for Skog og Landskap, -1/10., Pb 115, no-1431 Ás, Noregi.
- Finnur Ingimarsson & Haraldur R. Ingvason (2018). Rannsóknir á tilvist og tegundasamsetningu fiska á áhrifasæði Einbúavirkjunar í Skjálfandafljóti. Fjölrit nr. 1-18. Náttúrufræðistofa Kópavogs.
- Forseth T. & Harby A. (2013). Håndbok for miljødeseign i regulerede laksevassdrag. In 90. Norsk institutt for naturforskning (NINA). <https://brage.nina.no/nina-xmlui/handle/11250/2722688>
- Freysteinn Sigurðsson, Jóna Finndís Jónsdóttir, Stefanía Guðrún Halldórsdóttir & Þórarinn Jóhannsson (2006). Vatnafarsleg flokkun vatnasvæða á Íslandi: hvernig bregðast landsvæði við úrkomu og miðla henni? Orkustofnun, Vatnamælingar, OS-2006/013. Unnið fyrir Orkumálasvið Orkustofnunar. Reykjavík: Orkustofnun, Vatnamælingar.
- Gerður Stefánsdóttir & Davíð Egilson (2014). Vatnsformfræðilegir gæðaðættir – yfirlit yfir úrvinnslumöguleika. Veðurstofa Íslands, greinargerð, GSt/DE/2014-02. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Gerður Stefánsdóttir & Halla Margrét Jóhannesdóttir (2013), (ritsjórar). Gerðir straumvatna og stöðuvatna. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. VI-2013-002, VMST 13007.
- Glover B., Alvsvåg J., Börset E. & Wyspianska A. (2009). Belysning av problemstillinger omkring SMVF og vegtiltak. Multiconsult AS.
- González del Tánago, M, Gunell A.M., Belletti B. & García de Jalón, D. (2015). Indicators of river system hydromorphological character and dynamics: understanding current conditions and guiding sustainable river management. Aquatic Sciences 78. doi 10.1007/s00027-015-0429-0
- Gower A.M., Myers G., Kent M. & Foulkes M.E. (1994). Relationships between macroinvertebrate communities and environmental variables in metal-contaminated streams in south-west England. Freshwater Biology 32, 199-221. doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb00877.
- Greimel F., Schülting, L., Graf, W., Bondar-Kunze, E., Auer, S., Zeiringer, B. & Hauer, C. (2018). Hydropeaking Impacts and Mitigation. In: Schmutz S. & Sendzimir J. (eds) Riverine Ecosystem Management. Aquatic Ecology Series, vol 8. Springer, Cham. /doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3_5
- Guðmundur Ingi Guðbrandsson, Bjarni Jónsson, Eik Elfarsdóttir & Karl Bjarnason (2005). Áhrif brúa- og ræsagerðar á ferðir ferskvatnsfiska og búsvæði þeirra. VMST-N/0503
- Guðmundur Kjartansson (1945). Íslenzkar vatnsfallategundir. Náttúrufræðingurinn 15: 113–128.
- Gunnar Orri Gröndal (2004). Aðgreining vatnsfalla eftir rennslisáttum þeirra. Reykjavík: Vatnamælingar Orkustofnunar. Greinargerð, GOG-2004-07.
- Harby A., Bakken T. H., Dervo B. K. Gosselin M.-P., Kile M. R., Lindholm M., Sundt H. & Zinke P. (2018). Forslag til metode for klassifisering av hydromorfologisk tilstand i norske elver. SINTEF Rapport.
- Háskólinn á Hólum, Iðntæknistofnun (1998). Eldisbóndinn — Eldi bleikju. <https://old.sjavarutvegur.is/Bleikja/pdf/eldisbondinn.pdf>
- Hilmar J. Malmquist, Guðni Guðbergsson, Ingi Rúnar Jónsson, Jón S. Ólafsson, Finnur Ingimarsson, Erlín E. Jóhannesdóttir, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Sesselja G. Sigurðardóttir, Stefán Már Stefánsson, Íris Hansen & Sigurður S. Snorrason (2001). Vatnalífriki á virkjanaslóð. Unnið fyrir Náttúrufræðistofnun Íslands og Landsvirkjun. LV-2001/025
- Hilmar Björn Hróðmarsson & Tinna Þórarinsdóttir (2018). Flóð íslenskra vatnsfalla — flóðagreining rennslisraða. VÍ 2018-003.
- Hilmar Björn Hróðmarsson (2010). Flóð íslenskra vatnsfalla – flóðagreining rennslisraða. Viðbætur 2010. VÍ 2010-001.
- Hilmar Björn Hróðmarsson, Njáll Fannar Reynisson & Ólafur Freyr Gíslason (2009). Flóð íslenskra vatnsfalla – flóðagreining rennslisraða. VÍ 2009-001.

- Ingi Rúnar Jónsson & Friðþjófur Árnason (2019). Fiskirannsóknir á vatnasviði Lagarfljóts og Gilsár 2018. HV 2019-54/ LV-2019-053
- Ingi Rúnar Jónsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Jónína Herdís Ólafsdóttir & Iris Hansen (2017). Rannsóknir á hryggleysingju á fjörusteinu í Lagarfljóti 2014. LV 2017-044
- Iversen K. & Martin H. & Larsen, M.H. (2019). Overlevelse af lakseæg og blommesækýngel i okkerbelastede vandløb. Rapport fra Danmarks Center for Vildlaks — ”Den store lakseundersøgelse (SDPAS)”.
- Jones J., Börger L., Tummers K., Jones P., Lucas M., Kerr J., Kemp P., Bizzi S., Consuegra S., Marcello L., Vowles A., Belletti B., Verspoor E., van de Bund W., Gough P. & Garcia de Leaniz C. (2019). A comprehensive assessment of stream fragmentation in Great Britain. *Science of the Total Environment* 673 (2019) 756–762.
- Jón Gunnar Ottósson, Anna Sveinsdóttir & María Harðardóttir (ritstj.) (2016). Vistgerðir á Íslandi. Náttúrufræðistofnun Íslands. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 54.
- Jórunn Harðardóttir, Ásgeir Gunnarsson & Svava Björk Þorlákssdóttir (2003). Mælingar á rennsli, svifaur og skriðaur í Jökulsá á Dal árið 2002. OS-2003-001.
- Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorlákssdóttir & Bjarni Kristinsson (2004a). Niðurstöður aurburðarmælinga í Skaftá árið 2003. OS-2004-009
- Jórunn Harðardóttir & Svava Björk Þorlákssdóttir (2004b). Niðurstöður aurburðarmælinga í Jökulsá í Fljótsdal árið 2003. OS-2004-010.
- Kampa E. Völker J, Stein U. & Volker Mohaupt V. (2020). Drivers and pressures of selected key water management challenges – A European overview. EEA 2020.
- Kappler A., Bryce C., Mansor M., Lueder U., Byrne J.M. & Swanner E.D. (2021) An evolving view on biogeochemical cycling of iron. *Nat Rev Microbiol.* doi.org/10.1038/s41579-020-00502-7.
- Katrín Sóley Bjarnadóttir, Eydís Salome Eiríksdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Kristján Geirsson & Sunna B. Ragnarsdóttir (2020). Fyrstu skref við mat á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum, vatnsformfræðilegar breytingar á straum- og stöðuvötnum á virkjanasvæðum. UST-2020:09
- Kondolf G. M. (1994). Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining. *Landscape and Urban Planning*, 28(2–3), 225–243.
- Kondolf G. M. (1997). PROFILE: Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental Management*, 21(4), 533–551.
- Madsen B.L. (2004). Okker. Et vandløbsproblem, vi kan gøre noget ved. Ringkjøbing Amt, Ribe Amt, Sønderjyllands Amt, Herning Kommune, Holstebro Kommune
- Magnús Jóhannsson, Guðni Guðbergsson & Sigurður Guðjónsson (2007). Sog, lífríki þess og virkjanir. Unnið fyrir Landsvirkjun. VMST-S/96002
- Magnús Jóhannsson, Guðni Guðbergsson & Jón S. Ólafsson (2011). Lífríki Sogs. Samantekt og greining á gögnum frá árunum 1985–2008. VMST/11049; LV-2011/089.
- Magnús Jóhannsson & Benóný Jónsson. (2012). Búsvæðamat fyrir laxfiska í Tungufljóti í Biskupstungum. Veiðimálastofnun VMST/12030
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Erla Björk Örnólfsdóttir, Sigurður Guðjónsson & Ragnhildur Magnúsdóttir (2001). Rannsóknir á lífríki Þjórsár og þveráa hennar vegna virkjana neðan Búrfells. VMST-S/02001
- Nagrodski A., Raby G.D., Hasler C.T., Taylor M.K. & Cooke S.J. (2012). Fish stranding in freshwater systems: sources, consequences, and mitigation. *J Environ Manag* 103:133-41. doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.03.007
- Ólafur Arnalds, Hlynur Óskarsson, Jón Guðmundsson, Sigmundur Helgi Brink & Fanney Ó. Gísladóttir (2016). Icelandic inland wetlands: Characteristics and extent of draining. *Wetlands* 36: 759-769.

- Ólafur Arnalds & Jón Guðmundsson (2020). Loftslag, kolefni og mold. Rit LbhÍ nr. 133.
- de Paiva Magalhães D., da Costa Marques M.R., Baptista D.F. & Buss D.F. (2015). Metal bioavailability and toxicity in freshwaters. *Environ Chem Lett* 13:69-87. DPO 10.1004/s10311-015-0491-9
- Poff N.L., Allan J.D., Bain M.B., Karr J.R., Prestegard K.L., Richter B.D. & Sparks R.E., Stromberg J.C. (1997). The natural flow regime. *Bioscience* 47:769–784
- Priet-Mahéo, M. (2019). Internal dynamics of a medium-sized subarctic lake: Field measurements and numerical modeling. University of Iceland, School of Engineering and Natural Sciences, Faculty of Civil and Environmental Engineering. <https://opinvisindi.is/handle/20.500.11815/1273>
- Samráðshópur um endurheimt votlendis (2016). Endurheimt votlendis, aðgerðaáætlun. Umhverfis- og auðlindaráðuneytið.
- Sauterleute, J.F. & Charmasson, J. (2014). A computational tool for the characterisation of rapid fluctuations in flow and stage in rivers caused by hydropeaking. *Environmental Modelling & Software* 55:266-278.
- Sigurður Már Einarsson & Ásta Kristín Guðmundsdóttir. (2016). Botngerðarmat á vatnasvæði Gljúfurár í Borgarfirði. HV 2016-008. Hafrannsóknastofnun.
- Sigurður Már Einarsson & Ásta Kristín Guðmundsdóttir (2018). Botngerðarmat á vatnasvæði Hítarar á Mýrum. HV 2018-47. Hafrannsóknarstofnun.
- Sigurður Óskar Helgason & Hlynur Bárðarson (2020). Vöktun á laxfiskastofnum Norðfjarðarar í kjölfar efnistöku. Áfangaskýrsla 2019. HV 2020-21 ISSN 2298-9137. <https://www.hafogvatn.is/static/research/files/hv2020-21.pdf>
- Sigurður Reynir Gíslason, Björn Þór Guðmundsson & Eydís Salome Eiríksdóttir (1998). Efnasamsetning Elliðaáanna 1997–1998. Skýrsla Raunvísindastofnunar RH-19-98. 100 bls.
- Sigurjón Rist (1975). *Stöðuvötn*. (OS-Vatn 7503 / OS-ROD 7519). Reykjavík, Orkustofnun.
- Sólveig Ólafsdóttir (2013). Ástæður og áhrif framræslu í Mýrasýslu 1930-1990. Umhverfiseild. Landbúnaðarháskóli Íslands.
- Vegagerðin (2018). Reglur um hönnun brúa. 2. Sótt september 2021 af: [https://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/reglur_honnun_brua/\\$file/ReglurUmH%C3%B6nnunBr%C3%BAA_%C3%9Atg%C3%A1fa2_N%C3%B3vember2018.pdf](https://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/reglur_honnun_brua/$file/ReglurUmH%C3%B6nnunBr%C3%BAA_%C3%9Atg%C3%A1fa2_N%C3%B3vember2018.pdf)
- 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. Rapport M22-2013.
- Unfer G., Hauer C. & Lautsch E. (2011) The influence of hydrology on the recruitment of brown trout in an Alpine river, the Ybbs River, Austria. *Ecol Freshw Fish* 20:438–448. doi.org/10.1111/j.1600-0633.2010.00456.x
- Þórólfur Antonsson. (2000). Verklýsing fyrir mat á búsvæðum laxfiska í ám. Veðimálastofnun, skýrsla VMSTR/ 0014.

Viðauki I

Aðferðafræði Norðmanna sett fram í töfluformi (Harby o.fl., 2018). Í töflunni kemur m.a. fram vægi hvers þáttar innan hvers flokks og mörk milli ástandslokka. Þessi nálgun var einnig notuð í vinnu við greiningu á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum og frekari upplýsingar um undirþætti greiningarinnar má finna þeirri skýrslu (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020).

Áhrifaþáttur	Vísir	Mælikvarði á breytingar	Vægi	Mörk flokka				
				Nátúrulegt	Lítill áhrif	Nokkur áhrif	Mikil áhrif	Mjög mikil áhrif
	Einkunnagjöf			5	4	3	2	1
A. Langsnið	Flóðvarnargarðar	Hversu stór hluti árinna? (%)	3	<5	5-30	30-65	65-80	>80
	Rofvarnargarðar	Hversu stór hluti árinna? (%)	3	<5	5-33	33-50	50-80	>80
	Gróður á bökkum	Hágróður við árfarveg (%)	0	<10	10-33	33-50	50-75	>75
	Niðurgröftur árinna	Meðaldýpkun farvegarinnar (áin hefur grafið sig) [m]	2	<0,5		0,5-1	>1,5	
B. Þversnið	Stíflur í farvegi	Barriereffect (Sandlund et al 2013)	3	<0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	>0,8
	Uppskipting farvegar	Fragmenteringsgrad (Sandlund et al 2013)	2	<0,5	0,5-0,65	0,65-0,8	0,8-0,83	>0,83
	Lónaáhrif	Hlutfall farvegar ofan stíflu undir áhrifum af stíflu	3	<10	10-30	30-50	50-80	>80
	Uppistöðuáhrif	Miðlunaráhrif (%)	1	<20	20-50	50-100	100-200	>200
C. Í ánni	Efnistaka	Hversu stór hluti árinna er undir áhrifum? (%)	1	<5	5-33	33-50	50-80	>80
	Mannvirki önnur en stíflur	Hversu stór hluti árinna er undir áhrifum? (%)	2	<5	5-33	33-50	50-80	>80
	Straumvatnsflokkar*	Breytingar á fjölda straumvatnsflokka (Forseth og Harby 2013)	3	vantar engan flokk		vantar 1 flokk	vantar meira en 1 flokk	
	Botngerð	Breytingar á skjóli fyrir ungvíði	2	engin breyting		niður um einn flokk	niður um tvo flokka	
D1. Rennlishættir	Heildarrennslis	Breyting á heildarrennslis (%)	3	<15	15-30	30-50	50-95	>95
	Lágrennslis sumar	7 daga lágrennslis jún-sept (m.v. óbreytt) (%)	2	<10	10-20	20-40	40-60	>60
	Lágrennslis vetur	7 daga lágrennslis nóv-mars (m.v. óbreytt) (%)	3	<5	5-10	10-30	30-60	>50
	Tíðni 1 árs flóða	Breyting á endurkomuhlutfalli	1	engin breyting		5-10 ár	sjaldnar en 10 ára fresti	
	Tíðni 10 ára flóða	Breyting á endurkomuhlutfalli	3	ekki sjaldnar en á 15 ára fresti		15-30 ár	sjaldnar en á 30 ára fresti	
D2. Dægursveifur	Skammtíma rennslisbreytingar (peaking)	Hlutföll á milli há- og lágrennslis	1	<1,5	1,5-3	3-5	5-10	>10
	Hraði rennslisbreytinga	Lækkunarhraði cm/klst	3	<5	5-13	13-20	20-30	>30
	Þurrkun farvegar vegna rennslis-breytinga	Hlutfallsleg minnkun farvegar undir vatni (%)	2	>5	5-10	10-20	20-30	>30
Ei	Svífaursbreytingar**	Hlutfallsleg minnkun svífaurs		<10	10-25	25-50	50-80	>80

*Straumvatnsflokkar byggðir á fjórum þáttum: stærð yfirborðsbylgna, halla farvegar, rennslisraða og vatnsdýpi

**Áhrif vegna aukningar svífaurs voru metin með sérfræðialiti

Viðauki II

Gerð	VHM	Vatnsfall
RG	54	Blanda
	102	Jökulsá á Fjöllum, Grímsstaðir
	109	Jökulsá í Fljótsdal, Hóll
	144	Austari-Jökulsá, Skatastaðir
	145	Vestari-Jökulsá, Goðdalabrú
	150	Djúpá
	183	Skaftá, eystri grein, Kirkjubæjarklaustur
	218	Markarfljót Emstrur
	233	Kreppa, Lónshnjúkur
	235	Hvítá, Fremstaver
	166	Skaftá, Sveinstindur
	408	Sandá, Haukadalsheiði
	468	Hólmsá
	578	Selá í Skjaldfannardal
RH1	206	Fellsá, Sturluflöt
	266	Hamarsá
RH2	215	Hölkna
	250	Seyðisá, Draugháls
	269	Geldingsá
	405	Lónakvísl
RH3	165	Laugará, Snæfell
	401	Útfallið
RL1	12	Haukadalsá
	19	Dynjandisá, Dynjanda
	38	Þverá
	51	Hjaltadalsá,
	74	Laxá á Nesjum
	83	Fjarðará
	92	Bægisá
	148	Fossá í Berufirði
	149	Geithellnaá

	198	Hvalá
	202	Skötufjarðará
	204	Vatnsdalsá 1
	517	Hörgá
RL2	10	Reykjafoss
	60	Eystri-Rangá, Tungufoss
	64	Ölfusá, Selfoss
	105	Laxá, Helluvað
	116	Svartá, ofan Ullarfossbrúar
	164	Jökulsá á Dal, Brú
	185	Hólmsá
	186	Suðurá, Hófleðurshóll
	200	Fnjóská
	411	Stóra-Laxá, Stórhylur
	475	Geirlandsá, Flatarhylur
	476	Þverárvatn, Brúarhylur
RL3	26	Sandá, Flögubru
	34	Bessastaðaá, Fljótsdal, Hylvað
	43	Brúará, Dynjandi
	45	Vatnsdalsá
	48	Selá
	65	Grímsá Lundareykjadal
	68	Tungufljót, Faxi
	110	Jökulsá á Dal, Hjarðarhagi
	128	Norðurá
	486	Víðidalsá
586	Haffjarðará	
RL4	330	Eldvatn, Hnausar
	339	Grenlækur, Langanevslækur

Viðauki III

Tenging framlagðra gæða- og matsþátta við umhverfisþætti/breytur eins og þær eru settar fram í reglugerð um stjórn vatnamála nr. 535/2011. Í töflunni er merkt „X“ við þá matsþætti sem lagt er til að nota að svo stöddu. Þeir gæða- og matsþættir sem ekki er lagt til að nota að þessu sinni, í ljósi þess að einungis skal byggja á tveimur gæðaþáttum í fyrsta vatnahring samkvæmt samningi Veðurstofu Íslands og Umhverfisstofnunar, eru ómerktir.

Straumvötn					
Bergvatnsár		Tillögur*	Jökulár		Tillögur*
Gæðaþáttur	Umhverfisþáttur/breyta <i>Matsþáttur</i>		Gæðaþáttur	Umhverfisþáttur/breyta <i>Matsþáttur</i>	
Vatnsbúskapur	Vatnsmagn og straumhraði	X	Vatnsbúskapur	Vatnsmagn og straumhraði	X
	<i>Heildarrennsli</i>	X		<i>Heildarrennsli</i>	X
	<i>Lágrennsli sumar</i>	X		<i>Lágrennsli sumar</i>	X
	<i>Lágrennsli vetur</i>	X		<i>Lágrennsli vetur</i>	X
	<i>Tíðni 1 árs flóða</i>	X		<i>Tíðni 1 árs flóða</i>	X
	<i>Tíðni 10 ára flóða</i>	X		<i>Tíðni 10 ára flóða</i>	X
	<i>Skammtíma rennslisbreytingar</i>	X			
	<i>Hraði rennslisbreytinga</i>	X			
	Tengsl við grunnvatn			Tengsl við grunnvatn	
Samfella ár		X	Samfella ár		X
	<i>Stíflur í farvegi</i>	X		<i>Stíflur í farvegi</i>	X
	<i>Uppskipting farvegar</i>	X		<i>Uppskipting farvegar</i>	X
	<i>Mannvirki önnur en stíflur</i>	X		<i>Lónaáhrif</i>	X
	<i>Lónaáhrif</i>	X		<i>Uppistöðuáhrif</i>	X
	<i>Uppistöðuáhrif</i>	X		<i>Svífaursbreytingar</i>	X
Formfræðileg skilyrði	Breytileiki í dýpt og breidd ár		Formfræðileg skilyrði	Breytileiki í dýpt og breidd ár	
	Kornastærð og gerð árfarvegar			Kornastærð og gerð árfarvegar	
	Gerð árbakka			Gerð árbakka	

* Tillögur að gæðaþáttum og viðeigandi matsþáttum

Stöðuvötn					
Bergvötn			Jökulvötn		
Gæðapáttur	Umhverfispáttur/breyta	Tillögur*	Gæðapáttur	Umhverfispáttur/breyta	Tillögur*
	<i>Matspáttur</i>			<i>Matspáttur</i>	
Vatnsbúskapur	Vatnsmagn og straumhraði	X	Vatnsbúskapur	Vatnsmagn og straumhraði	X
	<i>Árlegt innrennsli</i>	X		<i>Árlegt innrennsli</i>	X
	<i>Heildar rúmmálsbreyting</i>	X		<i>Heildar rúmmálsbreyting</i>	X
	<i>Breytingar á vatnsstöðu</i>	X		<i>Breytingar á vatnsstöðu</i>	X
	<i>Vatnsstöðubreytingar við hæstu vatnsstöðu</i>	X		<i>Vatnsstöðubreytingar við hæstu vatnsstöðu</i>	X
	<i>Vatnsstöðubreytingar við lægstu vatnsstöðu</i>	X		<i>Vatnsstöðubreytingar við lægstu vatnsstöðu</i>	X
	Viðstöðutími	X		Viðstöðutími	
<i>Viðstöðutími</i>	X				
	Tengsl við grunnvatn			Tengsl við grunnvatn	
Formfræðileg skilyrði	Breytileiki í dýpt	X	Formfræðileg skilyrði	Breytileiki í dýpt	
	<i>Flatarmál sem fer á þvert</i>	X			
	<i>Breytileiki á vatnsstöðu</i>	X			
	Kornastærð og gerð vatnsbotns			Kornastærð og gerð vatnsbotns	
	Gerð vatnsbakka			Gerð vatnsbakka	
Samfella ár			Samfella ár **		X
				<i>Hindrandir ofantil á vatnasviði sem hindra setferla</i>	X

* Tillögur að gæðapáttum og viðeigandi matspáttum

** Samfella er ekki gæðapáttur skv. lögum um stjörn vatnamála. Í kafla 3.3. er lagt til að hann verði hluti af gæðapáttum jökulvatna.