

# Fyrstu skref við mat á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum

Vatnsformfræðilegar breytingar á straum- og stöðuvötnum  
á virkjanasvæðum







**Umhverfisstofnun**

Suðurlandsbraut 24, 108 Reykjavík, Iceland

Sími / Phone: +354 591 2000

Veffang / Webpage: <http://www.ust.is>

Útgáfunúmer: **UST-2020:09**

**Höfundar:**

Eydís S. Eiríksdóttir, Hafrannsóknarstofnun

Gerður Stefánsdóttir, Veðurstofa Íslands

Kristján Geirsson, Orkustofnun

Sunna B. Ragnarsdóttir, Náttúrufræðistofnun Ísland

# Efnisyfirlit

<b>Efnisyfirlit</b> .....	<b>I</b>
<b>Myndaskrá</b> .....	<b>II</b>
<b>Töfluskrá</b> .....	<b>II</b>
<b>Formáli</b> .....	<b>III</b>
<b>1 Inngangur</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Forsendur</b> .....	<b>3</b>
2.1 Manngerð og mikið breytt vatnshlot í Noregi.....	6
2.2 Aðstæður á Íslandi .....	6
<b>3 Aðferðir</b> .....	<b>8</b>
3.1 Manngerð vatnshlot .....	9
3.2 Mikið breytt straumvatnshlot .....	10
A. Inngrip meðfram árfarvegi (langsníð).....	13
B: Inngrip þvert á árfarveg (þversníð). .....	14
C: Breytingar í árfarvegi .....	15
D: Breytingar á vatnafari .....	16
E: Svifausbreytingar .....	17
3.2.1 Heildarmat á vatnsformfræðilegum breytingum í straumvötnum – einkunnagjöf.....	18
3.3 Mikið breytt stöðuvötn.....	19
<b>4 Niðurstöður</b> .....	<b>21</b>
4.1 Manngerð vatnshlot .....	21
4.2 Mikið breytt straumvatnshlot .....	22
4.3 Mikið breytt stöðuvötn.....	25
<b>5 Lokaorð</b> .....	<b>26</b>
<b>Heimildir</b> .....	<b>28</b>
<b>Viðauki 1. Skipunarbréf</b> .....	<b>30</b>
<b>Viðauki 2. Straumvatnshlot</b> .....	<b>31</b>
Straumvatnshlot þar sem áhrif af virkjanaframkvæmdum eru mikil á vatnsformfræði; einkunn frá 1,5–2,5 .....	31
Straumvatnshlot þar sem áhrif af virkjanaframkvæmdum eru nokkur á vatnsformfræði; einkunn frá 2,5–3,5 .....	33
<b>Viðauki 3. Stöðuvötn/lón</b> .....	<b>34</b>
Þjórsár–Tungnaárvæðið.....	34
Blönduvirkjun .....	35
Kárahnjúkavirkjun .....	36
Mjólkársvirkjun .....	36
<b>Viðauki 4</b> .....	<b>37</b>
1.4. Identification of Pressures.....	37
<b>Viðauki 5</b> .....	<b>38</b>
1.5. Assessment of Impact .....	38

## Myndaskrá

Mynd 1. Flokkun vatnshlota eftir vistfræðilegu ástandi þeirra. ....	2
Mynd 2. Tillaga að aðferð við tilnefningu á mikið breyttum og manngerðum vatnshlotum. ....	4
Mynd 3. Nálgun við bráðabirgða tilnefningu á mikið breyttum og manngerðum vatnshlotum. ....	8
Mynd 4. Veituskurður Sigölduvirkjunar á milli Krókslóns og Hrauneyjalóns. ....	9
Mynd 5. Sporðöldulón var myndað með stíflu í Köldukvísl árið 2014. ....	11
Mynd 6. Samband búsvæðagerða og straumvatnsflokka. ....	15
Mynd 7. Rýni sem fall af aurstyrk. ....	20

## Töfluskrá

Tafla 1. Tilnefning vatnshlota. ....	5
Tafla 2. Virkjanir til umfjöllunar. ....	7
Tafla 3. Flokkunarviðmið við mat á vatnsformfræðilegum breytingum í straumvatni. ....	12
Tafla 4. Matseinkunn fyrir vatnsformfræðilegar breytingar straumvatna. ....	19
Tafla 5. Manngerð vatnshlot á virkjunarsvæðum. ....	21
Tafla 6. Mat á vatnsformfræðilegum breytingum í straumvatnshlotum. ....	23
Tafla 7. Listi yfir vatnshlot sem fengu einkunn undir 3,5. ....	24
Tafla 8. Listi yfir stöðuvatnshlot sem hafa orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum af mannavöldum. ....	25

## Formáli

Samkvæmt 13. gr. laga nr. 36/2011 um stjórn vatnamála ber Umhverfisstofnun að meta hvort vatnshlot teljist manngert eða mikið breytt. Haustið 2018 setti stofnunin á laggirnar vinnuhóp sem vinna skyldi annars vegar að mótun aðferða til þess að meta manngerð og mikið breytt vatnshlot með vísan til leiðbeininga Evrópusambandsins og annarra gagna sem unnin hafa verið í þessu skyni, og hins vegar að leggja fram fyrstu tillögu að lista yfir manngerð og mikið breytt vatnshlot á Íslandi (sjá skipunarbréf í viðauka 1). Hópurinn var skipaður fulltrúum tilnefndum af Orkustofnun, Veðurstofu Íslands, Hafrannsóknastofnun og Náttúrufræðistofnun Íslands.

Tilnefndir voru:

Katrín Sóley Bjarnadóttir leiddi hópinn fyrir hönd Umhverfisstofnunar  
Eydís S. Eiríksdóttir fyrir hönd Hafrannsóknarstofnunar  
Gerður Stefánsdóttir fyrir hönd Veðurstofu Íslands  
Kristján Geirsson fyrir hönd Orkustofnunar  
Sunna B. Ragnarsdóttir fyrir hönd Náttúrufræðistofnunar Íslands

Í fyrstu skrefum innleiðingar á flóknum aðferðum og verkferlum er farsælt að marka verkefninu skýran ramma, byggja á góðri fagþekkingu og nýta þekkingu og reynslu þeirra sem þegar hafa gengið í gegnum slíka innleiðingu, ef kostur er. Áherslur og afmörkun byggir á leiðbeiningaskjali vatnatilskipunar Evrópusambandsins nr. 4: *Identification and Designation of Heavily Modified and Artificial Water Bodies* af Working Group 2.2 – HMWB (WFD CIS 2003a). Auk þess liggur fyrir leiðbeiningaskjal um aðferðir við skilgreiningu á viðmiðunargildum (vistmegin, e. *ecological potential*) fyrir mikið breytt vatnshlot (WFD CIS 2019).

Norðmenn hafa stutt vinnuhópinn dygglega. Í janúar 2019 bauð Umhverfisstofnun Noregs (Miljödirektoratret) hópnum, í skipulagða tveggja daga kynningu á nýjustu nálgun á aðferðum tengdum vatnsformfræðilegum breytingum (Harby o.fl. 2018, Bakken et.al. 2019). Auk þess fékk hópurinn kynningu hjá Orkustofnun Noregs (Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE).

Talsverðan undirbúning þarf til þess að skilgreina með viðunandi hætti þau vatnshlot sem teljast mikið breytt, bæði vegna úrvinnslu grunngagna og dreifingu gagnanna og vegna þróunar og mats á aðferðarfræði. Því var ákveðið að einskorða vinnuna á þessu frumstigi við áhrif af vatnsaflsvirkjunum, en þær eru einn helsti álagsþátturinn á yfirborðsvatni á Íslandi. Það er sambærileg nálgun og gerð var í Svíþjóð. Almenn er ætlað að álag vegna t.d. varnargarða, fyrirstaða og brúarmannvirkja vegi almennt ekki eins þungt hér á landi og víða annars staðar. Frekari samræmingu og meiri úrvinnslu gagna þarf til þess að meta álag vegna þeirra. Sama á við um framræslu lands og áhrif þeirra á ástand og gæði vatns.

Skýrslan er fyrsta skref við skilgreiningu á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum á Íslandi og inniheldur lýsingar á aðferðum til að meta vatnsformfræðilegar breytingar á vatnshlotum á virkjanasvæðum. Auk þess inniheldur skýrslan lista yfir vatnshlot sem hafa orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum og gætu talist manngerð eða mikið breytt.

# 1 Inngangur

Árið 2011 samþykkti Alþingi lög um stjórn vatnamála (nr. 36/2011) sem miða að því að vernda vatn og vistkerfi þess, hindra frekari rýrnun vatnsgæða og bæta ástand vatnavistkerfa til þess að vatn njóti heildstæðrar verndar. Jafnframt er lögunum ætlað að stuðla að sjálfbærri nýtingu vatns og langtímavernd vatnsauðlindarinnar. Lögin ná yfir yfirborðsvatn, grunnvatn, árósavatn og strandsjó auk þeirra vistkerfa sem eru háð ástandi þeirra og stöðu s.s. mýrlendi. Lögin, auk reglugerða nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun og nr. 935/2011 um stjórn vatnamála, innleiddu aðgerðaramma Evrópusambandsins sem fram kemur í Vatnatilskipun Evrópusambandsins (tilskipun Evrópuráðsins og -þingsins 2000/60/EB) og tengdum tilskipunum (2006/118/EB, 2008/105/EB og 2009/90/EB).

Í því skyni að uppfylla megin markmið laganna ber stjórnvöldum að safna saman fjölbreyttum upplýsingum um eiginleika og einkenni vatns og áhrifum manna á ástand þess. Setja skal fram lýsingu á álagi, halda skrá yfir vernduð og viðkvæm svæði sem tengjast vatnsbúskap, skipuleggja vöktun vatns og vatnsgæða og aðgerðir sem miða að því að viðhalda eða bæta ástand vatns. Þessar upplýsingar skulu kynntar almenningi og birtar í heildstæðri vatnaáætlun sem síðan er endurskoðuð á sex ára fresti. Nauðsynlegt er að flokka vatn í mismunandi gerðir straum- og stöðuvatna ef eiginleikar þeirra eru ólíkir, og skilgreina viðmiðunaraðstæður hvað varðar lífríki og eðlisefnafræði. Ýmsar skýrslur hafa verið unnar vegna innleiðingar laganna og er þær að finna á vefsíðunni vatn.is og á heimsvæðum fagstofnanna.

Í lögunum eru skilgreind mörg nýyrði sem nauðsynlegt er að tileinka sér til að fá yfirsýn yfir málefnið. Nokkur hugtök eru skýrð í textaboxi 1 hér til hliðar en auk þess vísast til umfjöllunar þar um síðar í þessari skýrslu.

Vatnshlot stendur fyrir „*einingu vatns, svo sem allt það vatn sem er að finna í stöðuvatni, á eða strandsjó*“. Eitt vatnsfall getur verið samsett úr mörgum vatnshlotum vegna mismunandi eiginleika, aðstæðna eða áhrifa og mögulegs álags sem áin verður fyrir frá upptökum til ósa.

Eftir að vatnshlot hafa verið afmörkuð og flokkuð í gerðir hefst vinna við að meta „vistfræðilegt ástand“ þeirra út frá skilgreindum viðmiðum laganna og viðhlýtandi reglugerðum. Vinnan byggir á leiðbeiningum sem hinir ýmsu vinnuhópar á vegum Evrópusambandsins hafa unnið og gefið út, svokölluð CIS leiðbeiningarit frá ESB (e. *Common implementation strategies*).

Nýting vatns eða aðrar athafnir mannsins geta haft umtalsverð áhrif á gæði eða ástand straumvatns, stöðuvatna, grunnvatns eða strandsjós með bæði beinum og óbeinum hætti t.d. vegna vatnstöku, landbúnaðar, mengandi starfsemi, vegagerðar, vatnsafsvirkjana eða annarra framkvæmda. Ástand lífríkisins þar sem umtalsvert álag er til staðar getur verið nokkuð ólíkt því lífríki sem annars væri ríkjandi við náttúrulegar aðstæður.

Meginkrafa vatnatilskipunar Evrópusambandsins og laga um stjórn vatnamála er að þar sem vatnshlot uppfylla ekki gæðaviðmið vistfræðilegs ástands, þ.e. falla í flokkana „ekki viðunandi“, „slakt“ eða „lélegt“, ber að skipuleggja aðgerðir til úrbóta sem miða að því að ná ásættanlegum gæðum (sjá nánar á mynd 1). Í þeim tilvikum

## Textabox 1: Skilgreiningar

*Vatnshlot:* Eining vatns, svo sem allt það vatn sem er að finna í stöðuvatni, á eða strandsjó.

*Vistfræðilegt ástand:* Ástand lífríkis í vatnshloti samkvæmt skilgreindri gæðaflokkun í mjög gott, gott, ekki viðunandi, slakt og lélegt.

*Mikið breytt vatnshlot:*  
Yfirborðsvatnshlot sem hefur tekið verulegum breytingum af mannavöldum og uppfyllir ekki viðmið um gott vistfræðilegt ástand.


*Mannert vatnshlot:*  
Yfirborðsvatnshlot sem hefur verið búið til á svæði þar sem umtalsvert (e. significant) yfirborðsvatn var ekki áður til staðar.

*Vistmegin:* Ástand lífríkis í manngerðu eða mikið breyttu vatnshloti samkvæmt gæðaflokkun í besta vistmegin, gott vistmegin og ekki viðunandi vistmegin.

*Vatnsformfræðilegir eiginleikar vatnshlots:* Vatnsmagn vatnshlots og breytingar á rennsli og vatnsborði ásamt gerð og undirlagi botns og eðlisefnafræðilegum þáttum vatnshlotsins.

sem nauðsynlegar mótvægisáðgerðir til þess að vatnshlot næði að uppfylla viðmið um gott vistfræðilegt ástand myndu hafa umtalsverð og skaðleg áhrif á þætti sem eru samfélagslega mikilvægir og þegar úrbætur eru ekki tæknilega framkvæmanlegar eða kostnaður úr hófi fram, getur viðkomandi stjórnvald, hér á landi Umhverfisstofnun, skilgreint slíkt yfirborðsvatnshlot sem mikið breytt vatnshlot (e. *Heavily Modified Water Body – HMWB*).

Litamerking	Ástand	Aðgerðir
Blátt	Mjög gott	Náttúrulegt
Grænt	Gott ástand	Gott vistfræðilegt ástand
Gult	Ekki viðunandi	Aðgerða þörf
Appelsínugult	Slakt	Aðgerða þörf
Rautt	Lélegt	Aðgerða þörf



Mynd 1. Flokkun vatnshlota eftir vistfræðilegu ástandi þeirra, litamerking á kortum og krafa um aðgerðir. Mynd byggð á töflu 1 í reglugerð nr. 535/2011.

Mannert vatnshlot er skilgreint með nokkuð öðrum hætti innan stjórnar vatnamála en okkur er almennt tamt og getur því valdið misskilningi. Í vatnatilskipun Evrópusambandsins sem og í lögum um stjórn vatnamála teljast manngerð vatnshlot einungis þau vatnshlot sem verða til, sem bein afleiðing af framkvæmdum, á stað þar sem ekki var til staðar umtalsvert (e. *significant*) yfirborðsvatn fyrir, sjá nánari umfjöllun í kafla 3.1. Þetta stangast á við hefðbundna notkun þessa hugtaks hér á landi, t.d. myndu margir telja uppistöðulón manngerð en þau eru í flestum tilfellum staðsett þar sem fyrir var stöðu- eða straumvatnshlot þrátt fyrir að lögun þeirra eða afmörkun hafi verið breytt af manna völdum. Veituskurðir eru einna skýrustu dæmin um manngerð vatnshlot hér á landi en þeir liggja oft um landsvæði þar sem ekkert vatn var áður til staðar.

Líkt og tilgreint er í formála er þessi skýrsla lögð fram sem afurð af fyrsta hluta verkefnis um skilgreiningu manngerðra og mikið breyttra vatnshlota á Íslandi. Mikilvægt var að gera matið eins áþreifanlegt og mælanlegt og kostur er þannig að afmörkun og umræða væru fagleg og skýr. Í skýrslunni eru settar fram tillögur að aðferðarfræði á vatnsformfræðilegum breytingum á straum- og stöðuvatnshlotum á virkjanasvæðum og lagðar fram forsendur til greininga á manngerðum vatnshlotum. Fyrsta skilyrði þess að mögulegt sé að skilgreina vatnshlot sem mikið breytt er að það hafi orðið fyrir umtalsverðum breytingum á vatnsformfræði.

Skýrslan er þannig upp byggð að fyrst er farið yfir forsendur á skilgreiningu á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum. Í lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011 er engin skilgreining á því hvað teljast vera umtalsverðar vatnsformfræðilegar breytingar. Sú vinna sem hér er kynnt miðar að því að hægt verði að skilgreina þau viðmið. Í þessari skýrslu er lögð fram tillaga að aðferðarfræði við greiningu á vatnsformfræðilegum breytingum á straum- og stöðuvötnum. Aðferðarfræðin er notuð til þess að meta helstu vatnshlot sem ætla má að hafi orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum og hvaða vatnshlot þurfa að fara í frekara mat á vistfræðilegu ástandi miðað við niðurstöður greiningarinnar. Kynntar eru niðurstöður greiningarinnar og þau vatnshlot sem orðið hafa fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum eru gefin upp í töflum í viðeigandi köflum. Í lokin er farið yfir nauðsynleg næstu skref í verkferlinu.



## 2 Forsendur

Í þessum kafla verður farið yfir lagalegar skilgreiningar og það verklag sem lagt er til í leiðbeiningum ESB og aðlögun hennar og aðlögun þess héraðs.

Í reglugerð nr. 535/2011, um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun, er mikið breytt vatnshlot skilgreint sem „yfirborðsvatnshlot sem hefur tekið verulegum breytingum af mannavöldum og hefur ekki gott [vistfræðilegt ástand]“.<sup>1</sup> Manngert vatnshlot er skilgreint sem „vatnshlot sem hefur orðið til vegna athafna manna“. Fjallað er nánar um skilyrði þessarar flokkunar í 12. gr. reglugerðarinnar:

Umhverfisstofnun skal ákveða hvort vatnshlot sé manngert eða mikið breytt. Vatnshlot flokkast sem manngert eða mikið breytt séu eftirfarandi skilyrði til staðar:

- a) þegar nauðsynlegar breytingar á vatnsformfræðilegum eiginleikum vatnshlots, til þess að gott vistfræðilegt ástand náist, myndu hafa umtalsverð og skaðleg áhrif á:
  - i. umhverfið í heild,
  - ii. siglingar, hafnir eða afþreyingaraðstöðu,
  - iii. starfsemi sem hefur í för með sér geymslu, flutning og hjáveitu vatns, t.d. neysluvatnsmiðlun, orkuvinnslu eða áveitu,
  - iv. stjórnun vatnshæðar og rennslis, flóðavarnir, framræslu eða
  - v. önnur sjálfbær umsvif jafn mikilvæg og hin framangreindu,
- b) þegar ekki verður bætt úr framangreindum áhrifum vegna þess að það er ekki tæknilega framkvæmanlegt eða vegna þess að kostnaður við að gera það með öðrum og umhverfissvænni aðferðum er talinn úr hófi fram.

Umhverfisstofnun skal, í samráði við fagaðila, ákvarða ástand manngerðra eða mikið breyttra vatnshlota, sbr. ákvæði 1.2.5 í III. viðauka. Vatnshlot flokkast ekki sem manngert eða mikið breytt ef það nær góðu vistfræðilegu ástandi.

Með „umhverfið í heild“ (liður i) er átt við náttúrulegt eða manngert umhverfi t.d. forn- og menningarminjar, landslag og sérstaka landmótun og svæði og/eða dýrategundir sem hafa verið vernduð. Liður v) önnur sjálfbær umsvif jafn mikilvæg og hin framangreindu geta t.d. verið iðnaður, orkuöflun með öðrum orkugjöfum en vatnsafla (sem er tilgreind undir lið iv) og samgöngur á landi (WFD CIS 2018).

Forsendur fyrir ákvörðun á að vatnshlot skuli skilgreint sem mikið breytt eru því þrjár:

- a) að vatnshlotið hafi orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum af manna völdum, en með því er m.a. átt við að breytingar hafi orðið á vatnsmagni, vatnsborði eða rennslis vatnshlots. Einnig hvort að breytingar hafi orðið á gerð og undirlagi botns.
- b) að áhrifin af a) eru það mikil að vatnshlotið uppfyllir ekki viðmið um gott vistfræðilegt ástand,
- c) að ekki er talið mögulegt að ná fram markmiðum nýtingar með breyttu fyrirkomulagi, né að nauðsynlegar mótvægisáðgerðir til að bæta vistfræðilegt ástand vatnshlotsins séu raunhæfar og/ eða framkvæmanlegar.

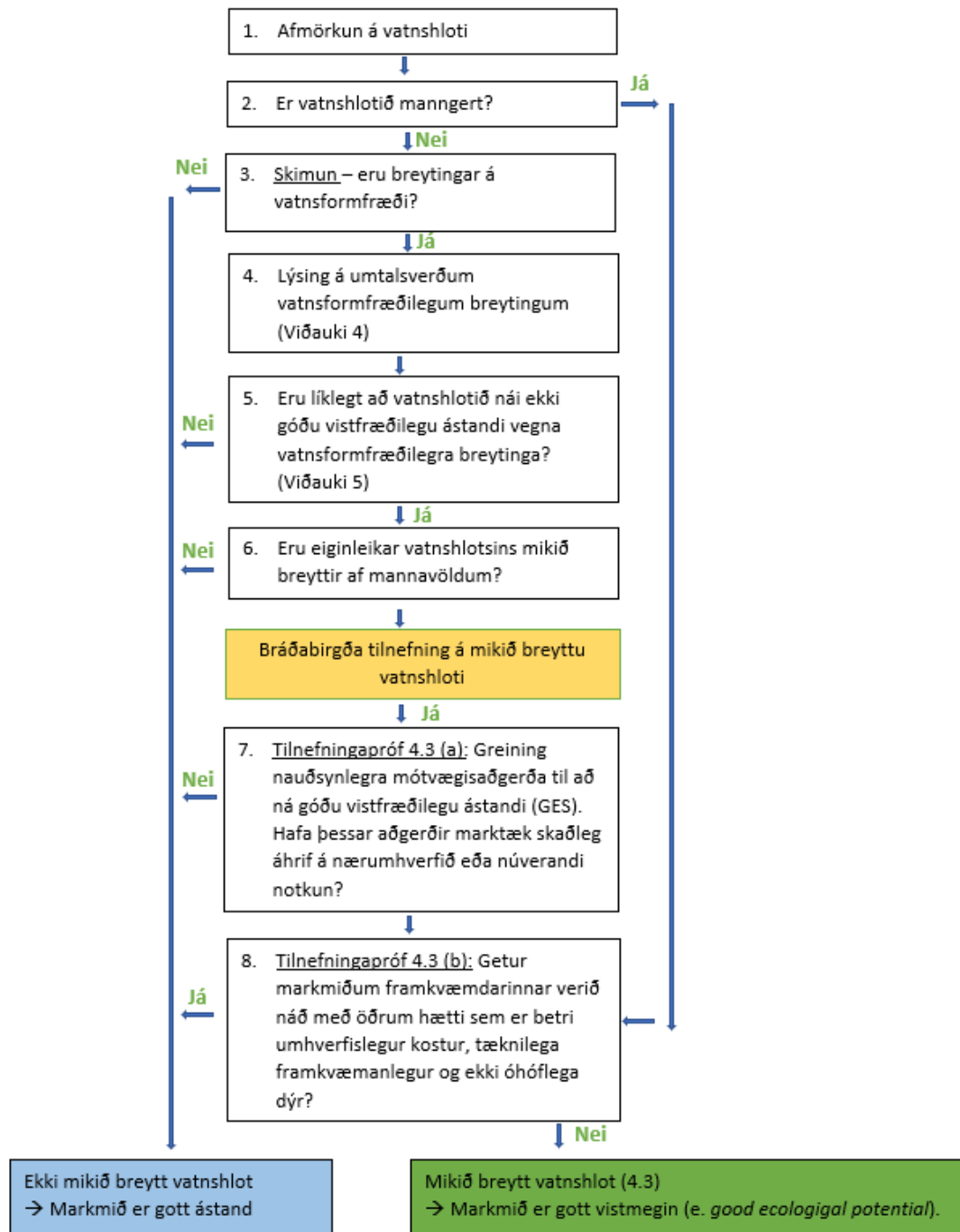
Með því að skilgreina vatnshlot sem manngert eða mikið breytt er því búið að taka það út úr hinum almenna flokki vatnshlota (sjá mynd 2) og því eru viðmið um umhverfismarkmið önnur en fyrir náttúrulega vatnshlotið sem upphaflega var til staðar. Ekki er lengur miðað við vistfræðilegt ástand (e. *ecological status*) heldur svokallað vistmegin (e. *ecological potential*) (sjá textabox 1) og stefnt skal að því að ástand þeirra vatnshlota sem eru skilgreind sem manngerð eða mikið breytt, uppfylli að

---

<sup>1</sup> Í lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011 stendur *vistmegin* en það er ekki í samræmi við það sem kemur fram í Vatnatilskipun (Stjórnartíðindi Evrópusambandsins, 2011) því leitast skal við að mikið breytt vatnshlot nái góðu vistmegin. Gott vistfræðilegt ástand á hins vegar við um vatnshlot sem ekki hafa orðið fyrir verulegum breytingum af mannavöldum.

lágmarki „gott vistmegin“. Nánari afmörkun á skilyrðum og viðmiðunum um vistmegin manngerðra og mikið breyttra vatnshlota er sýnd í töflu 1.2.5 í III. viðauka reglugerðar nr. 535/2011.

Við tilnefningu vatnshlota sem manngerð eða mikið breytt ber stjórnvöldum að byggja á fyrirfram skilgreindum aðferðum. Árið 2003 gaf vinnuhópur ESB um manngerð og mikið breytt vatnshlot (*Working Group 2.2 – HMWB (WFD CIS 2003a)*) út leiðbeiningarit nr. 4: *Identification and Designation of Heavily Modified and Artificial Water Bodies*. Tilgangur með útgáfu ritsins er að mynda sameiginlegan grunn að aðferðarferðarfræðilegri nálgun fyrir aðildarríki Evrópusambandsins við skilgreiningu vatnshlota sem manngerð eða mikið breytt. Í leiðbeiningaritinu er lögð til nálgun sem byggir á átta grunn skrefum sem nota á til að skera úr um hvort vatnshlot getur flokkast sem manngert eða mikið breytt (mynd 2).



Mynd 2. Tillaga að aðferð við tilnefningu á mikið breyttum og manngerðum vatnshlotum (WFD CIS 2019).

Mynd 2 byggir á leiðbeiningunum Evrópusambandsins (WFD CIS 2019) en það samræmist ekki alveg íslensku lögnum að því leyti að lögin taka fram að vatnshlot sem ná góðu vistfræðilegu ástandi eigi ekki að flokkast sem mikið breytt en í leiðbeiningarritinu er mati á vistfræðilegu ástandi sleppt.

Að meginstofni má flokka tilnefningarliðina í þrjá verkhluta I - III. Verkhloti I (skref 1–5) er almenn greining sem er notuð til að afmarka vatnshlot, greina einkenni þeirra og meta hvort breytingar hafi orðið á vatnsformfræðilegum eiginleikum þeirra. Verkhloti II (skref 6), er aðeins framkvæmt fyrir þau vatnshlot sem til greina kemur að verði skilgreind sem mikið breytt. Þetta skref felur í sér mat á umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum á vatnshlotinu. Eftir það mat liggur fyrir bráðabirgðalisti yfir vatnshlot sem til greina kemur að skilgreina sem mikið breytt. Síðasti hlutinn (skref 7 og 8) felur í sér sértæk tilnefningarpróf á þeim vatnshlotum sem tilgreind eru á bráðabirgðalistanum og sem ákvarða endanlega útkomu fyrir hvert vatnshlot fyrir sig. Sjá nánari útskýringu í töflu 1.

Tafla 1. Tilnefning vatnshlota í flokkinn Mikið breytt vatnshlot fer fram í átta skrefum (WFD CIS 2003a).

Skref í tilnefningarprófi	Skýring
1. Afmörkun á vatnshloti.	Liðurinn er hluti af undirbúningsvinnu samkvæmt lögum um stjórn vatnamála (Bogi B. Björnsson o.fl. 2013; WFD CIS 2003b).
2. Er vatnshlotið manngert?	Skilgreiningin nær yfir vatnshlot sem hafa orðið til vegna athafna mannsins. Í leiðbeiningariti No. 4 um manngerð og mikið breytt vatnshlot (WFD CIS2003a) er vatnshlot skilgreint sem manngert yfirborðsvatnshlot á svæði þar sem umtalsvert (e. <i>significant</i> ) yfirborðsvatn var ekki áður til staðar. Skilgreina má manngerð vatnshlot á votlendum svæðum og þar sem litlar tjarnir eða lækir voru áður.
3. Skimun. Eru breytingar á vatnsformfræðinni?	Hluti af álagsgreiningu sem þarf að fara fram á öllum vatnshlotum (Jóhanna B. Weissshappel o.fl. 2013). Skimunarferlið er hugsað til þess að finna vatnshlot sem ekki koma til greina sem mikið breytt vatnshlot. Þetta á einnig við vatnshlot sem munu líklega ekki ná góðu vistfræðilegu ástandi (GES: Good Environmental Status), en hafa ekki orðið fyrir breytingum á vatnsformfræði af mannavöldum.
4. Lýsing á umtalsverðum breytingum á vatnsformfræði (Viðauki 2).	Þau vatnshlot sem eru afmörkuð við skimun í skrefi 3, þarf að skoða nánar og lýsa vatnsformfræðilegu álagi af mannavöldum og áhrifum af því. Skref nr. 4 er hluti af greiningu á eiginleikum á yfirborðsvatnshlotum sem er skylda samkvæmt grein 5(1) í tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins 2000/60/EB.  Álagsgreiningin felur í sér auðkenningu og lýsingu á: a) Megin notkun vatnshlotsins: <ul style="list-style-type: none"> <li>• siglingar, hafnir eða afþreyingaraðstaða</li> <li>• starfsemi sem hefur í för með sér geymslu, flutning og hjáveitu vatns, t.d. neysluvatnsmiðlun, orkuvinnslu eða áveitu</li> <li>• flóðavarnir, framræsla</li> <li>• önnur sjálfbær umsvif jafnmikilvæg og hin framangreindu.</li> </ul> b) Umtalsverðu álagi af mannavöldum (Viðauki 4) c) Umtalsverðu áhrif þessa álags á vatnsformfræði (Viðauki 5)
5. Mun vatnshlotið ekki ná góðu vistfræðilegu ástandi vegna vatnsformfræðilegra breytinga?	Nota skal upplýsingar úr álagsgreiningu auk fyrirbyggjandi gagna úr umhverfissvöktun til að meta líkurnar á því að yfirborðsvatnshlot geti ekki náð umhverfismarkmiðum tilskipunarinnar (Viðauki 5) vegna vatnsformfræðilegra breytinga.
6. Er vatnshlotið verulega mikið breytt af mannavöldum?	Þetta skref er aðeins framkvæmt fyrir þau vatnshlot sem til greina koma sem manngerð eða mikið breytt. Skrefið er mat á marktækum breytingum á formfræði og vatnafari vatnshlotsins.

7. Tilnefningar próf 4.3 (a):	Skilgreina þarf mótvægisáðgerðir sem eru nauðsynlegar til að ná góðu vistfræðilegu ástandi (GES) og skoða þarf hvort þessar áðgerðir hafi umtalsverð skaðleg áhrif á nærumhverfið eða tilgreinda notkun vatnshlotsins.
8. Tilnefningar próf 4.3 (b):	Er hægt að ná fram markmiði þeirra framkvæmda eða annarra athafna, sem ollu manngerðum breytingum á vatnshlotinu, með öðrum hætti sem er betri umhverfislegur kostur, tæknilega framkvæmanlegur og ekki óhóflega dýr?

Aðildarríki Evrópusambandsins hafa nú lokið tveimur svokölluðum vatnahringjum, og þannig tveimur umferðum að tilnefningum manngerðra og mikið breyttra vatnshlota (vatnaáætlun), sbr. 13. gr. vatnatilskipunar og IV. kafla laga um stjórn vatnamála. Við yfirferð á þeim áðferðum sem hefur verið beitt í aðildarlöndunum kemur í ljós að þrátt fyrir þau viðmið sem sett eru fram í leiðbeiningarritinu (WFD CIS 2003a) er niðurstaðan afar ólík milli landa. Skiptir þar augljóslega máli mismunandi aðstæður og sýn einstakra aðildarríkja. Noregur hefur farið í gegnum einn vatnahring og vinnur nú að umferð númer tvö. Í tengslum við endurskoðunarferli vatnaáætlunar í Noregi hefur áðferðum við greiningu og mat á mikið breyttum vatnshlotum verið endurskoðuð frá grunni (sjá kafla 2.1).

Að aflokinni yfirferð yfir stöðu mála í hinum ýmsu ríkjum var það niðurstaða vinnuhópsins að styðjast við endurskoðaða áðferð Norðmanna. Er það ekki síst í ljósi þess mikla samstarfs sem stjórnvöld þessara ríkja viðhafa við framkvæmd vatnatilskipunarinnar og með vísan til þess að vatnafar Noregs er einna líkast íslenskum aðstæðum af aðildarríkjunum. Þá eru umhverfi og álag í Noregi að mörgu leyti sambærilegt við íslenskar aðstæður og vatnsformfræðilegt álag oft á tíðum af sömu ástæðum.

## 2.1 Manngerð og mikið breytt vatnshlot í Noregi

Einn hluti af fjölþættum undirbúningi við framkvæmd vatnatilskipunar í Noregi var útgáfa leiðbeininga varðandi tilnefningu og viðmið fyrir mikið breytt vatnshlot (Nerbø, 2014). Út frá þeirri áðferð sem þá var lögð til grundvallar, voru árið 2016 samþykktar fyrstu vatnaáætlanir fyrir tímabilið 2016-2021. Samanlagt voru 3232 af alls 25.958 vatnshlotum straum- og stöðuvatna tilnefnd sem mikið breytt vatnshlot, eða rúmlega 12% vatnshlota Noregs (Water Information System for Europe, WISE WFD database). Ekkert vatnshlot í Noregi var talið falla undir skilgreiningu sem manngert.

Í ljósi umræðu og gagnrýni á viðmið norskra stjórnvalda um manngerð og mikið breytt vatnshlot hefur Umhverfisstofnun Noregs (Miljødirektoratet) á síðustu árum unnið að umfangsmikilli endurskoðun og þróun á áðferðarfræði til þess að greina og meta vatnsformfræðilegar breytingar af mannavöldum í straum- og stöðuvatnshlotum, m.a. til að skilgreina vatnshlot sem teljast mættu mikið breytt (Harby o.fl. 2018; Bakken o.fl. 2019). Munu næstu skil Noregs byggja á þessum nýju forsendum.

Það er mat hópsins að endurskoðuð nálgun Norðmanna að skilgreiningu mikið breyttra vatnshlota falli vel að viðmiðum og forsendum hérlendis. Aðstæður eru að mörgu leyti sambærilegar, flokkunin er fremur einföld og byggir að mestu á gögnum sem eru aðgengileg hérlendis. Einnig eru forsendur og viðmið skýr sem nauðsynlegt er til þess að sameiginlegur skilningur og sem best sátt verði um nálgunina.

## 2.2 Aðstæður á Íslandi

Orsakir þess að ríki skilgreina vatnshlot sem mikið breytt eða manngerð eru mismunandi og geta verið tengdar náttúrufarslegum, samfélagslegum og menningarlegum einkennum viðkomandi landa og þeirri starfsemi sem þar á sér stað. Álag á vatn er það samofið byggð og hagsæld ríkja að endurheimt góðs vistfræðilegs ástands í öllum vatnshlotum er ekki alltaf möguleg miðað við núverandi stöðu. Til þess að svo verði þarf að þróa úrbætur og áðferðarfræði sem vonandi mun tryggja sjálfbærari og vistvænni nýtingu þegar fram í sækir.

Í heildina séð er ástand yfirborðsvatns á Íslandi almennt talið gott en þó má finna staðbundið álag og í ýmsum tilvikum hafa framkvæmdir og rekstur leitt af sér breytingar á vatnsformfræði og vistfræði. Álag vegna mengandi starfsemi er að jafnaði fremur staðbundin hér á landi. Framkvæmdir við ár, vötn og strandsjó tengjast einkum fimm áhrifaþáttum, þ.e. vatnsaflsvirkjunum, samgöngum (s.s. vegir, brýr, þveranir, hafnir), flóðavörnum, vörnum gegn landbroti (t.d. strandrof, ágangur vatnsfalla á gróðurlendi) og landbúnaði (t.d. framræsluskurðir).

Til samanburðar eru vatnsaflsvirkjanir stærsti einstaki þátturinn sem veldur slíkum vatnsformfræðilegum breytingum í Noregi, Svíþjóð og Finnlandi (WISE-WFD database). Í Evrópu er 13% vatnshlota almennt skilgreind sem mikið breytt og 4% sem manngerð. Um 30% áróslota (e. *transitional waters*), 14% straumvatna og 10% stöðuvatna eru skilgreind sem mikið breytt vatnshlot (EEA Report, 2018). Helstu ástæður fyrir því að vatnshlotin eru skilgreind sem mikið breytt vatnshlot í Evrópu er framræsla lands, mannvirkjagerð, landbúnaður, vatnsaflsvirkjanir, stýring vatns og flóðavarnir. Um 6% stöðuvatna og um 4% straumvatna eru skilgreind sem manngerð en einungis örfá áróslot sem og strandsjávahlot (EEA Report, 2018).

Vegna umfangs verkefnisins hefur verið ákveðið að í fyrstu umferð verði vinnan afmörkuð við þau vatnshlot sem hafa orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum af völdum vatnsaflsvirkjana. Flestar og stærstu vatnsaflsvirkjanir Íslands byggja á 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 snjóa byrjar að leysa, og þau fyllast yfirleitt að hausti og þá fer vatn á yfirfall í farveg vatnsfalla neðar á vatnasviðinu. Vatn safnast jafnt og þétt fyrir í lónum frá vori og fram eftir sumri, þegar afrennsli vegna snjó- og jökulbráðar er mikið og úrkoma skilar sér af vatnasviðinu í heild. Afrennsli af landi er minna að hausti og vetri og þá gengur á vatnsforðann í lónum landsins og vatnsborð þeirra lækkar.

Vegna þessa er vatnsborð í lónum oft mjög breytilegt og getur það haft mikil áhrif á það lífríki sem þar getur þrífist. Þetta getur einnig valdið álagi á lífríki sem þrífst í vatnsföllum neðan lóna en vatnsmagn neðan uppistöðulóna er talsvert breytt, minna rennsli að vori og sumri, meðan lónin fyllast, en getur orðið þó nokkuð að hausti þegar lónin eru full og vatn rennur af yfirfalli niður farveginn. Aðstæður í straumvatni eru aðrar eftir virkjun en fyrir, bæði hvað varðar rennslishætti og framburð árinna og álagið getur verið það mikið að sjálfbært viðhald vistkerfisins raskast.

Í þessu fyrsta skrefi er horft til virkjana stærri en 10 MW að uppsettu afl og fylgir sem slík afmörkun virkjana sem falla sjálfkrafa í flokk A skv. 1. viðauka laga nr. 106/2000 um mat á umhverfisáhrifum og eru því ávallt matsskyldar, og falla undir ákvæði laga nr. 48/2011, um verndar- og orkunýtingaráætlun (rammaáætlun). Einnig voru skoðaðar virkjanir nátengdar þeim sem féllu undir fyrrgreinda flokkun (d. Laxárstöð I og II) eða þar sem samanlagt afl virkjana sem nýta sama straumvatn er 10 MW eða meira (Mjólkársvirkjanir I, II og III). Í töflu 2 eru taldar upp þær virkjanir sem hér um ræðir og uppsett afl þeirra.

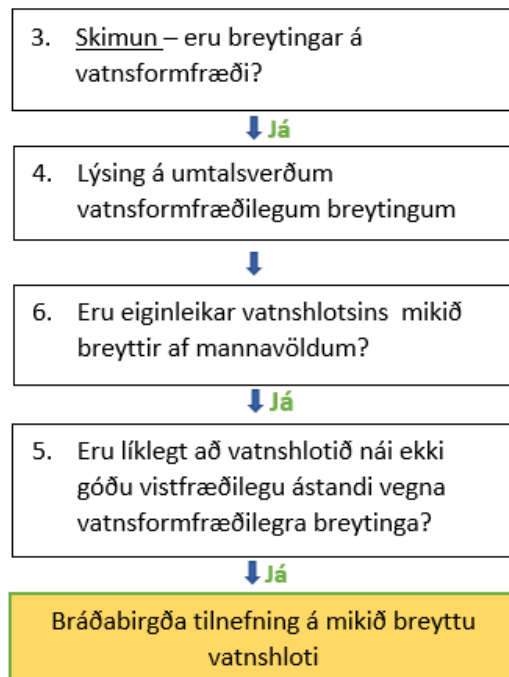
Tafla 2. Virkjanir til umfjöllunar (Orkustofnun, 2018)

Nafn	Uppsett afl [kW]	Nafn	Uppsett afl [kW]
Blönduvirkjun	180.000	Mjólká 1	3.000
Búðarháls	120.000	Mjólká 2	7.000
Búrfellsvirkjun	310.000	Mjólká 3	1.200
Búrfellsvirkjun II stækkun	100.000	Sigalda	200.000
Hrauneyjafossvirkjun	280.000	Sogsv. - Írafossstöð	47.800
Kárahnjúkavirkjun	690.000	Sogsv. - Ljósafossstöð	15.300
Lagarfossvirkjun	27.200	Sogsv. - Steingrímsstöð	30.000
Laxárstöð I	4.000	Sultartangavirkjun	130.000
Laxárstöð II	8.576	Vatnsfellsvirkjun	110.000
Laxárstöð III	14.100		

### 3 Aðferðir

Skilgreining á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum þarf að byggja á fyrirfram ákveðnum aðferðum. Vinnuhópurinn hefur í grunninn fylgt aðferðafræði sem greint er frá í leiðbeiningum ESB (WFD CIS 2019; sjá mynd 2). Fyrsta skrefið samkvæmt leiðbeiningunum er að skipta vatnsföllum og miðlunarlónum upp í vatnshlot og úthluta hverju þeirra sértæku númeri. Það hefur þegar verið gert (Bogi B. Björnsson o.fl. 2013). Í öðru skrefi skal skilgreina manngerð vatnshlot. Í þriðja skrefinu skal greina hvort vatnshlot hafi orðið fyrir einhverjum vatnsformfræðilegum breytingum og í fjórða skrefinu skal lýsa þeim umtalsverðu vatnsformfræðilegu breytingum sem hafa orðið á vatnshlotunum.

Í þessum kafla er gerð grein fyrir þeim aðferðum sem vinnuhópurinn hefur notað til að meta vatnsformfræðilegar breytingar vegna vatnsaflsvirkjanna á Íslandi. Þess ber að geta að vinnuhópurinn hefur breytt lítillega út frá því sem tilgreint er í leiðbeiningarriti ESB (WFD CIS 2019; sjá mynd 2) að því leyti að skref 6 er tekið upp fyrir skref 5 (mynd 3). Ástæðan fyrir því er sú að hægt er að svara spurningu í lið 6 eftir að mat á vatnsformfræðilegum breytingum hefur farið fram. Í kjölfarið þarf svo að meta hvort þau vatnshlot sem hafa orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum, muni ná góðu vistfræðilegu ástandi eða ekki. Geri þau það ekki verða þau tilnefnd til bráðabirgða sem mikið breytt vatnshlot (mynd 3).



Mynd 3. Nálgun við bráðabirgða tilnefningu á mikið breyttum og manngerðum vatnshlotum á Íslandi (breytt frá WFD CIS 2019 – sjá Mynd 2).

Vinnan fór þannig fram að fyrst var gerður listi yfir vatnshlot straum- og stöðuvatna sem eru á helstu virkjanasvæðum á Íslandi (Tafla 2). Áhrif framkvæmda á viðkomandi vatnshlot voru metin samkvæmt aðferðum sem lýst er í köflum 3.1 - 3.3, og flokkað eftir því hvort um var að ræða manngerð vatnshlot, mikið breytt straumvötn eða mikið breytt stöðuvötn. Niðurstaða þeirrar vinnu er að finna í kafla 4.

Leggja ber áherslu á að aðferðafræðin sem hér er kynnt og notuð til að meta umtalsverðar vatnsformfræðilegar breytingar sem hafa áhrif á vistgerðareinkenni vatns, er sett fram til umræðu og rýni. Sama má segja um þau vatnshlot sem mögulega gætu verið skilgreind sem manngerð eða mikið breytt samkvæmt mati á vatnsformfræðilegum breytingum sem byggir á þeim aðferðum sem hér er lýst.

### 3.1 Manngerð vatnshlot

Líkt og vikið er að í kafla 1 er manngert vatnshlot skilgreint í 3. gr. laga um stjórn vatnamála sem vatnshlot sem hefur orðið til vegna athafna manna. Nánari afmörkun á hugtakinu *manngert vatnshlot* er að finna í leiðbeiningariti Vatnatilskipunar nr. 4 (WFD CIS, 2003a) þar sem manngert vatnshlot er skilgreint sem yfirborðsvatnshlot sem hefur verið búið til á svæði þar sem umtalsvert yfirborðsvatn var ekki til staðar áður. Dæmi um manngerð vatnshlot samkvæmt þessari afmörkun eru m.a. áveituskurðir, manngerðar tjarnir, hafnir, inntaks- og uppistöðulón vatnsaflsvirkjana (þar sem ekki var vatn áður) og vatnshlot sem búið voru til fyrir tilstilli manna fyrir á öldum. Hins vegar falla vatnshlot sem hafa breytt um vatnagerð vegna framkvæmda og vatnshlot sem hefur verið veitt í annan farveg ekki undir þessa skilgreiningu (sjá mynd Mynd 5 um mikið breytt vatnshlot).

Vinnuhópurinn hefur haft að leiðarljósi aðferðir sem hafa nýverið verið þróaðar í Noregi. Hins vegar er ekki hægt að horfa til þeirra þegar kemur að skilgreiningu á manngerðum vatnshlotum því að norsk stjórnvöld skilgreindu ekkert vatnshlot sem manngert í Noregi í fyrstu vatnaáætlun þeirra. Því verður þó breytt fyrir næstu skil (Jo Halleraker, munnlegar upplýsingar, janúar 2019).

Vinnuhópurinn hefur miðað við að hægt sé að skilgreina manngerð vatnshlot þar sem ekki var straumeða stöðuvatn sem náði þeirri stærðargráðu sem þarf til flokkunar í vatnshlot. Einnig eru til staðar manngerð vatnshlot sem ein og sér ná ekki lágmarksstærð vatnshlota en eru tenging milli skilgreindra vatnshlota. Við mat á manngerðum vatnshlotum voru loftmyndir og kort af þeim virkjunarsvæðum sem talin eru upp í töflu Tafla 2 skoðuð. Horft var til þeirra vatnshlota á virkjunarsvæðunum sem hafa orðið til af mannavöldum þar sem ekkert skilgreint vatnshlot hefði verið til staðar áður. Notuð voru kort og loftmyndir af mismunandi aldri, fyrir og eftir breytingar af mannavöldum (map.is; lmi.is).



Mynd 4. Veituskurður Sigölduvirkjunar á milli Krókslóns og Hrauneyjalóns (103-970-R) er gott dæmi um manngert vatnshlot.

Manngerð vatnshlot eru oft mjög afmörkuð og skera sig þannig úr hvað varðar formgerð. Manngerð straumvatnshlot er oftast auðvelt að greina á loftmyndum, þau skera sig úr í landslagi t.d. sem beinir, djúpir skurðir með bratta bakka (Mynd 4). Til samanburðar sýnir mynd 5 vatnshlot sem hefur orðið fyrir miklum vatnsformfræðilegum breytingum og uppfyllir frumskilyrði skilgreiningar sem mikið breytt vatnshlot. Eftir skoðun loftmynda var gerður listi með þeim vatnshlotum á virkjanasvæðum sem eru greinilega manngerð. Einnig voru vatnshlot skráð sem manngerð ef stærstur hluti þeirra (>60% að flatarmáli) var greinilega grafinn inn í læk sem fyrir var (sjá Tafla 5 yfir skráð manngerð vatnshlot).

Rétt er að taka fram að jafnvel þó að vatnshlot falli undir framangreinda skilgreiningu og afmörkun sem manngert vatnshlot er ekki sjálfgefið að það sé skilgreint sem slíkt. Ef ástand vatnshlotsins uppfyllir umhverfisviðmið um gott vistfræðilegt ástand (sjá kafla 2) eða ef talið er gerlegt að ná góðu vistfræðilegu ástandi í vatnshlotinu er litið á það sem náttúrulegt vatnshlot og það meðhöndlað sem slíkt. Vatnshlot getur einnig verið skilgreint sem náttúrulegt í þeim tilfellum þar sem langt er síðan það var búið til, er undir litlu sem engu álagi og/eða það er óþekktanlegt frá náttúrulegum vatnshlotum.

### 3.2 Mikið breytt straumvatnshlot

Mikið breytt vatnshlot er skilgreint sem yfirborðsvatnshlot sem hefur tekið verulegum breytingum af mannavöldum og uppfyllir ekki viðmið um gott vistfræðilegt ástand (lög um stjórn vatnamála nr. 36/2011; mynd 5). Sú aðferð sem hér er lögð fram til að meta vatnsformfræði straumvatnshlota á virkjunarsvæðum á Íslandi byggir á sambærilegri vinnu sem lýst er í nýlegri skýrslu Harby o.fl. (2018) sem unnin var fyrir Umhverfisstofnun Noregs. Vinnuhópurinn hefur lagt nokkra vinnu í að meta hina endurskoðuðu norsku aðferðarfræði, mögulega aðlögun hennar að íslenskum aðstæðum og hvernig niðurstöður skuli metnar. Ekki er talin ástæða til að tilgreina nákvæmlega hér hvernig aðferðafræði Norðmanna er uppbyggð en þess er þó getið hvenær sú aðferðafræði sem hópurinn styðst við vísar í meginatriðum frá upphaflegri gerð og útskýrt hver ástæða er fyrir því. Jafnframt vísast til ítarlegri lýsinga í skýrslu Harby o.fl. (2018) um mat á vatnsformfræðilegum breytingum á straumvatni.

Hafa ber í huga að staða þekkingar um marga náttúrufarsþætti er önnur í Noregi en hérlendis. Fyrir suma þætti eru gögn og matsþættir um íslensk straumvötn þegar aðgengileg. Aðrir þættir þurfa nokkra undirbúningsvinnu og hefur vinnuhópurinn nýtt sér sérfræðiþekkingu þar sem gögn eru fátækleg. Fyrirliggjandi gögnum var safnað saman með það að markmiði að meta hvaða vatnshlot hefðu orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum og ættu samkvæmt því erindi á frumlista yfir mikið breytt vatnshlot.

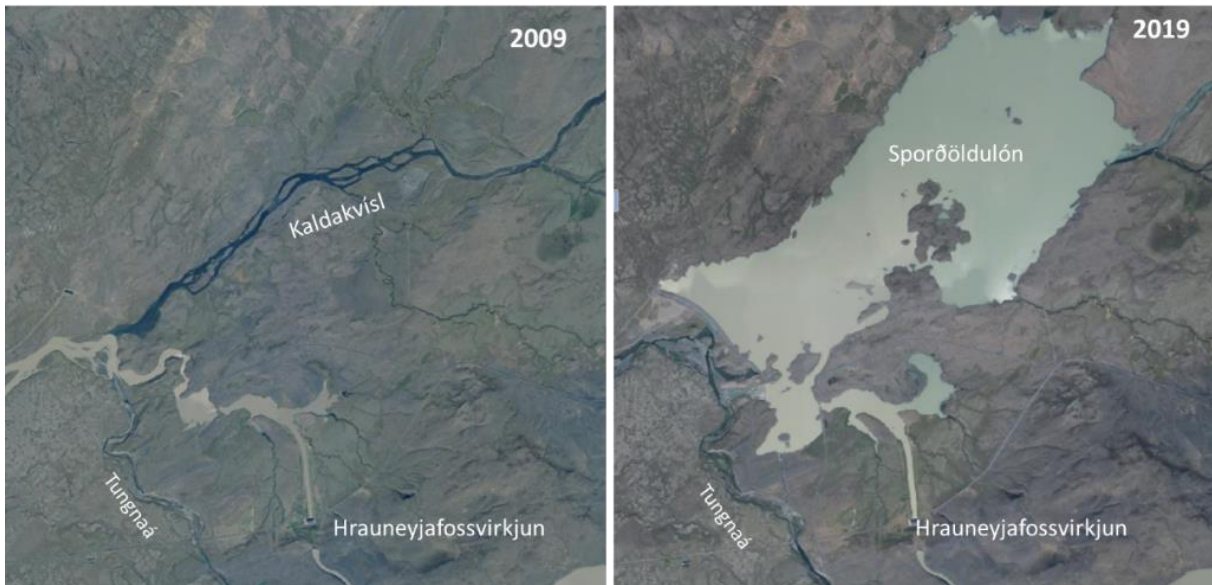
Aðferðin sem vinnuhópurinn leggur til byggir á kerfisbundinni flokkun á formfræði og rennslisháttum straumvatna og er skipt í fimm megin áhrifaþætti:

- A. Inngrip meðfram árfarvegi (langsnið)
- B. Inngrip þvert á árfarveg (þversnið)
- C. Breytingar í árfarveginum
- D. Breytingar á vatnafari
  - D1. Rennslishættir
  - D2. Dægursveiflur
- E. Svifaursbreytingar

Settir eru fram vísar fyrir hvern áhrifaþátt og er vísunum skipt upp í kvarða með fimm flokkum til þess að meta vatnsformfræði straumvatnanna (sjá nánar töflu 3).

Í þessum kafla eru nánari útskýringar á forsendum og viðmiðum matsþátta og hvernig vinnuhópurinn hefur unnið úr þeim. Einnig er sett fram aðferð til að vega hvern þátt og reikna út loka flokkun með tilliti til allra þátta vatnsformfræðinnar sem notaðir eru til að meta breytingar af mannavöldum.





*Mynd 5. Sporðöldulón var myndað með stíflu í Köldukvísl árið 2014. Í það safnast vatn úr útfalli Hrauneyjafossvirkjunar og Köldukvísl. Þetta er dæmi um mikið breytt vatnshlot þar sem straumvatni var breytt í lón. Þar sem þarna var vatn fyrir fellur þetta nýja vatnshlot undir skilgreiningu um mikið breytt vatnshlot fremur en manngert.*

Tafla 3. Flokkunarviðmið við mat á vatnsformfræðilegum breytingum í straumvatni á Íslandi. Byggt á Harby o.fl. (2018). Skýringar á tölum sem birtast í töflunni eru í kafla 3.2 (A–E).

Áhrifapáttur	Vísir	Mælikvarði á breytingar	Vægi	Mörk flokka				
				Náttúrulegt	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	30-60	65-80	>80
	Rofvarnargarðar	Hversu stór hluti árinna? (%)	3	<5	5-33	35-50	50-80	>80
	Gróður á bökkum	Hágróður við árfarveg (%)	0	<10	10-33	33-50	50-75	>75
	Niðurgröftur árinna	Meðaldýpkun farvegarins (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	0,5-0,4	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. Rennishættir	Heildarrennsli	Breyting á heildarrennsli (%)	3	<15	15-30	30-50	50-95	>95
	Lágrennsli sumar	7 daga lágrennsli jún-sept (m.v. óbreytt) (%)	2	<10	10-20	20-40	40-60	>60
	Lágrennsli vetur	7 daga lágrennsli 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 rennslibreytingar (peaking)	Hlutföll á milli há- og lágrennslis	1	<1,5	1,5-3	3-5	5-10	>10
	Hraði rennslibreytinga	Lækkunarhraði cm/klst	3	<5	5-13	13-20	20-30	>30
	Þurrkun farvegar vegna rennslibreytinga	Hlutfallsleg minnkun farvegar undir vatni (%)	2	>5	5-10	10-20	20-30	>30
E.	Svifaursbreytingar**	Hlutfallsleg minnkun svifaurs		<10	10-25	25-50	50-80	>80

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

\*\*Áhrif vegna aukningar svifaurs voru metin með sérfæðilíti

## A. Inngríp meðfram árfarvegi (langsníð)

Inngrip meðfram árbökkum raskar náttúrulegu ferli vatnsfalla og þróun árfarvegar þvert á rennslisstefnu. Þessi þáttur er metinn út frá hlutfallslegri lengd inngrípsins miðað við lengd viðkomandi vatnshlots. Eftirfarandi fjórir vísar liggja að baki þessum matsþætti:

- i. **Flóðavarnir og garðar** sem hindra náttúrulegar breytingar á árfarveginum og hafa áhrif á tengsl árinna við flóðsléttu. Þegar á kemur af brattlendi niður á sléttu dregur úr straumhraða hennar og set sem áin hefur flutt með sér fellur til botns, allt eftir rennslisháttum á hverjum stað og orsakar breyttar aðstæður. Einkenni slíkra straumvatna er að áin dreifir úr sér eða fellur í bugðum um sléttlendið og myndar flóðsléttur. Flóðavarnir, garðar og aðrar fyrirstöður meðfram árfarveginum og sem eru hærri en náttúrulegur farvegur vatnsfallsins hindra að vatn getur farið inn á ákveðin svæði og takmarka þannig fyrri útbreiðslu árinna og hindrar náttúruleg tengsl árinna við aðliggjandi landvistkerfi. Við það raskast náttúruleg þróun og viðhald árfarvegar, breytir eiginleikum vatnshlotsins og áhrifa gætir á fyrrum flóðsléttu. Með aukinni fjarlægð flóðvarna frá árfarvegi dregur úr reiknuðum áhrifum þeirra, ef flóðavörnin er lengra frá vatnsfarvegi en sem nemur breidd hans telst hún ekki hafa vægi í útreikningum. Ef flóðavörnin er fjær ábakka en nemur hálfri breidd vatnsfarvegar er vægi hennar margfaldað með 0,5 enn nær er vægið 1. Áhrif af flóðavörnum og görðum var metin út frá greiningu á loftmyndum (Imi.is og map.is) og einkunn gefin í samræmi við hlutfall þess af heildarlengd vatnshlotanna (Tafla 3).
- ii. **Rofvarnir árbakka og fyrirstöður** eru skilgreindar sem manngerðar varnir lægri en náttúruleg hæð árbakka en sem hafa áhrif á mótun árfarvegar án þess að hindra samskipti við flóðsléttu í flóðum. Áhrifin eru einkum vatnafræðileg og hafa svæðisbundin áhrif á rennslishætti, setflutninga og gróðurfar árfarvega. Áhrif af rofvörnum var metin út frá greiningu á loftmyndum (Imi.is og map.is) og einkunn gefin sem hlutfall af heildarlengd vatnshlotanna.
- iii. **Gróður á árbakka.** Í þeim tilvikum sem gróður (einkum tré og runnar) vex meðfram árbakka getur það haft áhrif á tengsl straumvatnsins við nærliggjandi umhverfi og aðstæður í vatnshlotinu. Að jafnaði er miðað við æðri gróður sem er hærri en 1 metri og hefur þannig skuggaáhrif, takmarkar náttúrulega breytingu farvegar og hefur áhrif á losun sets og næringarefna úr jarðveginum, auk þess sem plöntuleifar eru mikilvæg orkuauðlind fyrir botndýr víða um heim. Þetta er hins vegar ekki mikilvægur þáttur á Íslandi. Bæði er að hér finnast fáar botndýrategundir sem brjóta niður plöntuleifar og skuggamyndun vegna gróðurs er ekki algeng meðfram jökulám og öðrum virkjuðum vatnsföllum sem eru til umfjöllunar hér. Við mat á vatnsformfræðilegu ástandi íslenskra straumvatnshlota á virkjunarsvæðum var því ákveðið að sleppa greiningu á hágróðri á árbakka (sjá töflu 3). Vinnuhópurinn leggur þó ekki til að þessi vísir verði fjarlægður úr greiningartöflunni á þessu stigi þar sem ekki hefur verið metið gildi hans fyrir aðra álagsþætti.
- iv. **Breyting á niðurgreftri.** Við náttúrulegar aðstæður grafa ár sig niður á ákveðnum svæðum en hlaða undir sig á öðrum. Þetta er að jafnaði mjög hægt og stigvaxandi ferli nema einhver breyting verði á rofmætti árinna. Breytingar á árfarvegi (m.a. með framkvæmdum i-iii) raska náttúrulegu ferli og þróun árfarvegar, geta leitt af sér breytingu á vatnafræðilegu ástandi og þannig orsakað aukinn niðurgroft og dýpi. Oftast verður áin beinni sem iðulega leiðir til þess að byggð og starfsemi flyst nær ánni en ella hefði orðið, jafnvel inn á flóðsléttu þeirra. Það getur valdið auknu tjónmætti vegna flóða. Breyting á niðurgreftri var metin út frá loftmyndum og sérfræðiþekkingu sem er byggð á upplýsingum á setframburði og lögun farvega fyrir og eftir virkjun.

## B: Inngrip þvert á árfarveg (þversnið).

Ýmsar lífverur, lífræn og ólífræn efni (set, grugg, uppleyst efni, þ.m.t. næringarefni) og margvíslegir eðlis- og efnafræðilegir þættir berast með straumi niður eftir árfarveginum auk þess sem fiskar og ýmsar aðrar lífverur eru háð því að geta ferðast upp og niður vatnsföll. Manngerð inngrip og ýmiss konar hindranir, s.s. stíflur, þröskuldar og annað sem þverar ána í heild sinni, hafa áhrif á samfellu vatnsfallsins og breyta vatnsformfræðilegum og líffræðilegum aðstæðum þess. Með slíku inngripi er náttúrulegum ferlum raskað. Í því skyni að meta áhrif þessara þátta hafa verið leiddar út reiknijöfnur sem byggja annað hvort á því hve stór hluti vatnsfalls hefur orðið fyrir áhrifum ellegar fjölda hindrana innan vatnshlots.

- i. **Áhrif hindrana í farvegi** (*no: barriereffekt = BE*). Stíflun vatnsfalls eða önnur sambærileg hindrun hefur einkum áhrif á far (göngur) fiska en einnig ýmissa annarra lífvera upp og niður árfarveg (Sandlund et al. 2013). Sömuleiðis breytast vatnsformfræðilegar aðstæður sem geta breytt flutningi á lífverum og ögnum og haft áhrif á margvíslega efnafræðilega þætti vatnsins. Vísirinn BE er mælikvarði á hversu stór hluti vatnsfalls er í takmörkuðum samskiptum við aðra hluta vatnsfallsins vegna mannglegra inngripa og er byggður á lengd farvegar frá ósi upp að fyrstu hindrun/stíflu ( $L_{rest}$ ) miðað við heildarlengd vatnsfallsins ( $L$ ). Áhrif hindrana í farvegi vatnsfalls eru reiknuð samkvæmt jöfnu 1:

$$BE = 1 - (L_{rest}/L) \quad \text{jafna 1}$$

- ii. **Uppskipting vatnsfalls** (*no: fragmenteringsgrad = FG*). Endurtekið rof á náttúrulegum rennslisáttum vegna manngerðra inngripa hefur áhrif á vatnsformfræðileg einkenni vatnsfalls og ferli sem stýrast af þeim. Með vísinum FG er tilgreint umfang uppskiptingar vatnsfalls/farvegar vegna fjölda manngerðra hindrana eða stíflna ( $N$ ) miðað við heildarlengd náttúrulega vatnsfallsins ( $L$ ) (Sandlund o.fl. 2018). Uppskipting vatnsfalls er reiknuð samkvæmt jöfnu 2:

$$FG = 1 - \frac{L}{(N+1)L} = \frac{1}{N+1} \quad \text{jafna 2}$$

- iii. **Lónaáhrif**. Stíflur, hindranir og þveranir sem breyta rennslismynstri vatnsfalls úr straumvatnshloti í stöðuvatnshlot (lón) hafa mótandi áhrif á vistkerfi ofan við inngripið og breytast þá búsvæðin í samræmi við það. Slíkt ástand getur verið frá nokkrum metrum upp í marga kílómetra ofan við stífluna. Almennt má segja að eftir því sem lónið er stærra verða afleiðingar þessa umfangsmeiri. Aðstæður á slíku svæði geta verið breytilegar eftir árstíð, rennsli og vegna viðkomandi starfsemi en hér er lagt til að miðað sé við hefðbundið rennslisástand eða meðalrennsli við mælinguna. Við mat á áhrifum uppistöðulóna er reiknuð hlutfallsleg lengd farvegar sem er undir áhrifum af stíflu (lengd lóns) miðað við heildarlengd vatnsfallsins.
- iv. **Miðlunaráhrif**. Stíflur og hindranir vegna miðlunar vatns hafa áhrif á vatnsfall neðan við viðkomandi hindrun, m.a. á rennsli og framburð s.s. setflutning, styrk næringarefna og lífræns efnis. Í fyrstu atrennu völdu Norðmenn að nota miðlunarhlutfall (*no: reglueringsgrad*) til að meta áhrif neðan hindrana en það tilgreinir hversu stór hluti af árlegu rennsli vatns og framburðar safnast fyrir ofan stíflu/hindrun. Miðað er við mælingar sem gerðar eru neðarlega í viðkomandi vatnshloti. (Harby o.fl. 2018). Í drögum að endurskoðaðri skýrslu frá Harby og félögum (óbirt) kemur hins vegar fram að stefnt sé að því að nota fjarlægð frá næstu stíflu sem mat á áhrifum stíflna á straumvatnið. Vinnuhópurinn valdi að nota hlutfall miðlaðs vatns og ársmeðalrennslis virkjaðra straumvatna fyrir virkjun. Miðlunaráhrif meta aðeins áhrif á rennsli en meta ekki breytingar á aurburð straumvatna vegna virkjanna. Mat á áhrifum virkjana á aurburð straumvatna eru metin sérstaklega í lið E.

### C: Breytingar í árfarvegi

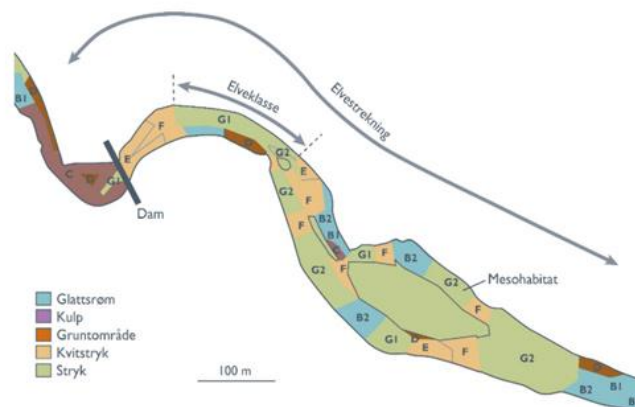
- i. **Brottnám og tilfærsla efnis.** Efnistaka og margvíslegur tilflutningur á efni í árfarvegi getur breytt bæði rennsli og formfræði árinna og raskað setjafnvægi hennar. Áhrifin eru einkum á eiginleika árbotsins og geta þau komið fram bæði ofan og neðan við þann stað sem verður fyrir slíku inngrípi. Matið byggir á hlutfallslegu áhrifasvæði framkvæmda miðað við heildarlengd vatnsfallsins. Notaðar voru upplýsingar um staðsetningar á námum (namur.is) og greiningu á umfangi þeirra út frá loftmyndum (lmi.is og map.is), reiknað út frá hlutfallslegu flatarmáli námanna miðað við stærð farvegar. Áhrif þess voru metin samkvæmt töflu Tafla 3.
- ii. **Mannvirki og fyrirstöður í árfarvegi.** Þetta geta verið margvísleg manngerð inngríp í árfarvegi sem hafa áhrif á rennslisátt og búsvæði lífvera. Dæmi um mannvirki í ám eru brúarstólpar, ræsi, þröskuldar, enduruppröðun steina, leiðigarðar, veitugarðar, fiskvegir og rofvarnir í botni farvega. Mannvirki eru gerð í mismunandi tilgangi og þau geta haft ólík áhrif á vatnsaflsfræði straumvatna. Mannvirki sem byggð eru til að auka rennsli auka einnig rof og setflutning á meðan þröskuldar í farvegum hindra setflutninga. Brúarstólpar geta í sumum tilfellum leitt til söfnunar á ís sem getur valdið ísskriði og aukið botnskriði í ám. Enduruppröðun steina í farvegi getur haft vistfræðilega virkni sem tengist breytilegum aðstæðum í ám sem áður voru einsleitar. Líftími mannvirkja er mismunandi og vara áhrif sumra þeirra stutt (endurröðun steina, litlir þröskuldar) en önnur eru varanleg (brúarstólpar, stærri þröskuldar, ræsi). Einnig hafa sumar framkvæmdir mjög staðbundin áhrif á meðan önnur hafa víðtækari áhrif. Hönnun mannvirkjana hefur umtalsverð áhrif á þetta, ekki einungis umfang eða stærð mannvirkisins. Sem dæmi má nefna að ræsi undir veg getur alfarið takmarkað fiskgengd, það geta þröskuldar einnig gert. Gert var fyrsta mat á umfangi brúa, ræsa, leiðigarða og fiskvega og var það metið út frá loftmyndum og áhrif þeirra voru metin m.t.t. lengd vatnshlots. Áhrif þess voru metin samkvæmt töflu 3. Frekari greiningar er þörf á þeim gögnum sem eru til staðar þegar fram í sækir, einkum við greiningu á öðrum álagsþáttum s.s. samgögnum, landbúnaði og rofvörnum.
- iii. **Straumvatnsflokkar.** Hægt er að flokka straumvatn eftir eðlisfræðilegum aðstæðum; rennslisáttum, dýpi, halla farvegar og stærð yfirborðsbylgja í vatnsflaumnum. Með þessu móti er vatnafarslegur fjölbreytileiki straumvatna metinn, sem er óbein greining á búsvæðum (mesohabitat). Notuð er tafla frá Forseth og Harby (2013) til þess að meta straumvatnsflokka út frá eðlisfræðilegum eiginleikum og greiningu búsvæða fengin í samræmi við það (mynd 6).

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

<sup>1</sup>Nokkur < 4% < Talsverður

<sup>2</sup>Hægur < 0,5 m/s < Stríður

<sup>3</sup>Grunnt < 70 cm < Djúpt



Mynd 6. Samband búsvæðagerða og straumvatnsflokka (frá Forseth og Harby 2013).

Aðferðarfræðin gerir ráð fyrir að eðlisfræðilegir eiginleikar straumvatna séu kortlagðir miðað við dæmigerðar rennslisaðstæður eða meðalrennsli. Samkvæmt Harby o.fl. (2018) má gera ráð fyrir fimm straumvatnsflokkum í ám þar sem halli farvega er meiri en 1%. Flokkunin byggir á halla farvegar, vatnsdýpi og rennlishraða og er flokkunum lýst eftir rennlisháttum og lögun farvegar; svæði með ríkjandi lagstreymi, hyljir, grunnsvæði, flúðir, brattari flúðir/fossar. Rennsli, halli og lögun farvega stjórna að mestu leyti þeim búsvæðum sem finna má á hverju svæði. Nauðsynlegt er að hafa upplýsingar um rennlishætti og halla farvega fyrir og eftir breytingar til að geta metið áhrif þeirra á vatnsfallið. Við þetta fyrsta mat á straumvatnsflokkun var stuðst við sérfræðimat byggt á greiningum loftmynda, þekkingu á halla farvega og rennlisháttum straumvatnanna.

- iv. **Botngerð.** Samband er á milli rennslis vatnsfalla og framburðar þeirra og vex burðargeta vatnsfalla mikið með auknu rennsli. Rennsli hefur áhrif á rofgetu og setframburð vatnsfalla, uppsöfnun á fingerðu efni í farvegum og búsvæði fyrir botndýr og fisk. Minnkun rennslis hefur í för með sér uppsöfnun á fingerðu seti í árfarvegi sem myndað getur þétt, einangrandi lag á botni sem takmarkar tengsl straumvatnsins við grunnvatn. Breyttar aðstæður í árfarvegum, s.s. stærð og tíðni flóða og setframburður, hafa áhrif á vatnsföll og farvegi þeirra og geta m.a. breytt bú- og hrygningarsvæðum fiska, aðgengi botnlífvera að súrefni sem og fæðuframboði á hverjum stað. Sérfræðimat var notað til að meta breytingar á botngerð straumvatna. Það var byggt á þekkingu á rennlisháttum straumvatna fyrir og eftir framkvæmdir á vatnasviðunum. Aðallega var horft til tveggja þátta; a) tíðni flóða fyrir og eftir virkjun en flóðin eru mikilvægur þáttur í náttúrulegum ferlum innan farvega s.s. hreinsun farvega og viðhald búsvæða og b) meðalársrennsli þar sem það stjórnar því hve stór hluti farvega er undir vatni að meðaltali yfir árið. Einkunn var gefin samkvæmt töflu 3 en ekki var gert eiginlegt mat á fjölda flokka (no. skjulklasse) fyrir og eftir framkvæmdir heldur var aðeins lagt mat á afstæðar breytingar á þeim út frá ofangeindum þáttum, tíðni flóða og meðalársrennsli.

#### *D: Breytingar á vatnafari (D1 og D2)*

Breytingar á vatnafari geta haft mikil áhrif á vatnsformfræði straumvatna sem og vistfræðilegar aðstæður í og umhverfis árfarveginn. Hér er vísað til breytinga á heildarrennsli vatnsfallsins t.d. vegna tilfærslu vatns milli straumvanta og vatnasviða. Áhrifin geta skilað sér í breyttu lágrennsli, breyttu rennslismynstri innan ársins, stærð og tíðni flóða (ásamt tímasetningu flóðs) og á náttúrulegar skammtíabreytingar á rennsli s.s. dægursveiflur. Vísar sem byggja á rennlisháttum straumvatna hafa verið notaðir til að meta áhrif manngerðra breytinga á rennsli straumvatna (Richter et al. 1996, Poff et al. 2010). Upplýsingar um dagsmeðalrennsli straumvatna voru fengnar frá Veðurstofu Íslands með leyfi frá Landsvirkjun og Orkusölnunni (Veðurstofa Íslands, 2019) ásamt gögnum sem var aflað beint frá Landsvirkjun (Landsvirkjun 2016). Forritið IHA 7 (The Nature Conservancy) var notað til að draga fram upplýsingar um rennlishætti straumvatnanna út frá dagsmeðalrennsli (ársmeðalrennsli, lágrennsli að sumri og vetri, auk tíðni 1-árs og 10-ára flóða) fyrir þátt D.

- i. **Heildarrennsli á ársgrundvelli.** Vatnsmagn og rennsli straumvatna stjórna því hve stór hluti farvega er undir vatni sem aftur á móti hefur áhrif á búsvæði þeirra og vistkerfi. Veiting vatns framhjá farvegi, t.d. vegna áveitu eða milli inntaksmannvirkja og stöðvarhúsa vatnsaflsvirkjana, getur leitt af sér miklar breytingar á rennsli. Neðan við virkjunarsvæði er alla jafna lítil breyting á árlegu heildarrennsli nema að tilfærsla hafi orðið milli vatnsfalla. Gildi vísis reiknast út frá hlutfallslegri breytingu á ársmeðalrennsli eftir virkjun miðað við óraskað ársmeðalrennsli.
- ii. **Lágrennsli.** Rennslisstjórnun, t.d. í tengslum við raforkuframleiðslu, og önnur nýting vatns hefur margvísleg áhrif á rennlishætti vatnsfalls. Stíflun vatnsfalla getur til dæmis valdið minnkun rennslis í farvegum eða hluta farvega. Annars staðar getur miðlun og jöfnun rennslis dregið úr hámarksrennsli en aukið lágrennsli. Lágrennsli að sumri og/eða vetri eru oft á tíðum þeir vatnsformfræðilegu þættir sem eru takmarkandi fyrir vistkerfi í straumvatni. Á köldum landssvæðum getur lágrennsli að vetri verið meira takmarkandi fyrir lífríkið heldur en lágrennsli að sumri. Á hlýrri svæðum hefur lágrennsli að sumri yfirleitt meiri áhrif á lífríki en

að vetri. Við mat á þessum þætti var skoðað hlutfall lágrennslis eftir virkjun miðað við óraskað rennslis, annars vegar að sumri og hins vegar að vetri.

- iii. **Stærð og tíðni flóða.** Miðlun og rennslisstjórnun breyta stærð flóða, tíðni þeirra og hversu lengi þau vara. Breytingar á þessu hafa áhrif á eðli og eiginleika straumvatna. Flóð geta grafið upp botninn og skolað út fínefni og þannig breytt aðstæðum. Slíkt getur haft áhrif á hverskonar lífríki getur verið til staðar og þannig breytt vistfræðilegum aðstæðum vatnshlotsins sem og haft áhrif á samskipti við annað umhverfi s.s. flóðasléttu. Ein leið til að meta áhrifin er að kortleggja breytingarnar s.s. búsvæði. Flestar rannsóknir benda til þess að náttúrleg flóð með 10 ára endurtekningu skipti miklu máli fyrir viðhald botnsins og er þau því talin mikilvæg flóðastærð til að viðhalda ríkjandi aðstæðum fyrir það lífríki sem hefur aðlagast í hverju vatnsfalli. Árleg flóð, t.d. vegna leysinga eða úrkomu, eru einnig mikilvæg til að viðhalda eiginleikum þeirra vistkerfa sem eru til staðar. Til þess að geta metið þetta er nauðsynlegt að hafa tímaraðir með rennslisgildum og er öryggi gagnanna háð tímalengd gagnanna. Upplýsingar um tíðni flóða voru fengnar með greiningu á gögnum um dagsmeðalrennslis vatnsfallanna fyrir og eftir virkjun. Við mat á vatnsformfræðilegum breytingum er stuðst við einkunnagjöf sem byggir á tíðni flóða fyrir og eftir virkjun. Einkunnin lækkar eftir því sem tíðni flóða minnkar eftir framkvæmdir. Miðað er við flóðastærð sem áður varð á 1 árs og 10 ára fresti (tafla 3) Aukning á tíðni flóða s.s. vegna tilfærslu vatns inn á vatnsvið eða mistaka í rekstri vatnsaflsvirkjana eru neikvæð fyrir lífríki vatnsfallanna. Aukning á rennslis var hins vegar ekki matsþáttur við mat á vatnsformfræðilegum breytingum í þessari úttekt.
- iv. **Dægursveifur / skammtímabreytingar (D2)** (hydro-peaking) í rennslis og vatnsstöðu. Í sumum vatnshlotum er breytileiki rennslis það ör að nauðsynlegt er að skoða breytingar út frá mjög fínni upplausn á rennslisgögnum (10–15 mín). Svo örar rennslisbreytingar verða einkum vegna vatnsaflsvirkjana þegar verið er að svara breytilegri þörf notenda á rafmagni. Áhrifa af dægursveiflum er einkum að vænta í virkjuðum lindám hér á landi þar sem lífríki er aðlagð að jöfnu rennslis lindáanna. Sýnt hefur verið fram á að snöggar útleysingar vatns í Sogsvirkjunum hafa neikvæð áhrif á afkomu laxaseiða (Magnús Jóhannsson o.fl. 2011). Við mat á vatnsformfræðilegu ástandi voru dægursveiflur í rennslis virkjuðu lindáanna, Laxár og Sogs, metnar. Matið byggði á dagsmeðalrennslis og leiddi í ljós að dægursveiflur ( $m^3/dag$ ) eru almennt litlar. Rennslisbreytingar í Sogi vegna rennslisstjórnunar minnkuðu mikið á árunum 1970 til 1995, úr  $10 m^3/d$  í um  $3 m^3/d$ . Dægursveiflum í rennslis var því sleppt við matið þar sem þær bentu ekki til umfangsmikilla vatnsformfræðilegra breytinga. Líklegt er að mat á dægursveiflum í virkjuðum jökulám og dragám verði mikilvægara eftir því sem raforkuframleiðsla með vindmyllum verður meiri því þá munu vatnsaflsvirkjanir framleiða rafmagn á móts við vindmyllurnar með tilheyrandi aukningu á rennslisstyrkingu.

### *E: Svifaursbreytingar*

Stærstu vatnsaflsvirkjanir landsins byggja að meginhluta til á jökulám, ólíkt því sem er í Noregi. Af núverandi virkjunum í jökulám á Íslandi eru áhrifin einna mest á framburð svifaur og árstíðabundið rennslis ána af öllum þeim vísnum sem notaðir eru við matið. Framburður svifaur til sjávar hefur m.a. áhrif á eiginleika vatnsins s.s. efnasamsetningu og rýni, eiginleika farvegsins, landmótun við ósa og hluti af ásýnd landsins. Í ljósi þessa var bætt við vísu sem tekur á beinum áhrifum framkvæmda á framburð svifaur. Að jafnaði minnkar svifaur í straumvatni vegna virkjanaframkvæmda þar sem svifaur sest til í lónum á virkjanasvæðinu. Í sumum tilfellum er á sem áður var jökulá allt til ósa orðin tær og eiginleikar hennar nær því að vera bergvatn yfir sumarmánuðina. Svifaursaun er ekki eins algeng í tengslum við virkjunarframkvæmdir, nema þar sem jökulvatni er veitt í bergvatn (t.d. Kvíslaveita á Þjórsársvæðinu) og þar sem mjög grugguðu vatni er veitt í minna gruggugar jökulár (t.d. Jökulsá í Fljótsdal 1). Upplýsingar um framburð svifaur eru úr birtum skýrslum og greinum (Haukur Tómasson 1982; Svanur Pálsson 1999; Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2015; Esther Hlíðar Jensen o.fl. 2016; Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2017). Einkunnir vegna minnkunar á svifaur eru gefnar upp í töflu 3. Sérfræðimat var notað fyrir þau vatnshlot sem ekki voru til gögn um rennslis og var það byggt á

upplýsingum úr öðrum vatnshlotum í sama straumvatni. Áhrif af svifausaukningu vegna framkvæmda voru metin með sérfræðialíti.

### 3.2.1 Heildarmat á vatnsformfræðilegum breytingum í straumvötnum – útreikningar og einkunnagjöf

**Útreikningar og möguleg nálgun:** Mat á vatnsformfræðilegum breytingum vatnshlota byggir á fimm megin áhrifaþáttum á eðlisbreytingar vatnshlotana (tafla 3). Áhrifaþættir A–C segja til um breytingar á formgerð árfarvega, þáttur D segir til um breytingar á rennslisháttum og þáttur E segir til um hvort breytingar verða á framburði svifaus.

Hver áhrifaþáttur byggir á einum eða fleiri vísnum. Hverjum vísi er gefið vægi eftir þeim heildaráhrifum sem hann hefur, og er það notað til að reikna vegna meðaleinkunn hvers þáttar. Hverjum vísi er gefin einkunn á bilinu 1–5, þar sem 1 er mjög mikið frávik og 5 er náttúrulegt ástand (sjá töflu 3).

Meðaleinkunn fyrir áhrifaþátt, A–E, er reiknuð með jöfnu 3. Einkunnir hvers áhrifaþáttar er svo hægt að sameina í eina heildareinkunn sem ætti að endurspeglar álagið á vatnshlotið. Aðferð Harby og félaga (2018) miðar við að vatnsformfræði straumvatna sé flokkuð út frá samanlögðum einkunnum áhrifaþáttar D (rennsli) og meðaleinkunn áhrifaþátta A–C (formgerð) (sbr. jafna 4). Niðurstöður úr þeim útreikningum er svo hægt að meta með tilliti til töflu 4 þar sem gefin er upp fimm flokka kvarði til mats á vatnsformfræðilegu ástandi straumvatnshlota.

$$\text{Vegin meðaleinkunn} = \Sigma \left( \frac{(\text{gildi} \cdot \text{vægi})}{\text{heildarvægi fyrir hvern þátt}} \right) \quad \text{jafna 3}$$

Í skýrslu Harby og félaga (2018) er bent á nokkrar mismunandi aðferðir til að meta vatnsformfræðilegar breytingar. Til dæmis er hægt að láta alla þættina sem lýsa formgerð (A, B, C), hafa jafn mikið vægi og rennslisþátturinn (D). Það hefði þó þann ókost að þá hefði mat á formgerð þrefalt vægi á við rennsli. Einnig væri mögulegt að láta mat á vatnsformfræðilegum breytingum byggja á þeim flokki sem fengi verstu útkomuna matið (e. *one out – all out*). Það á t.d. við þegar framkvæmdir valda mjög miklum breytingum á rennsli (D1) en ekki svo miklar á formfræði (A–C), svo sem gerstíflun vegna virkjana. Við matið þarf að horfa til áreiðanleika gagna og hugsanlega vega gögnin eftir því hve áreiðanleg þau eru t.d. með því að skipta vægi gagna í þrjá flokka: áreiðanlegt (x1), nokkuð áreiðanlegt (x 2/3) og slakt (x 1/3).

**Mat á vatnshlotum á virkjanasvæðum á Íslandi:** Gögnum um hvern áhrifaþátt var safnað saman í töflu og var hverjum þætti gefin einkunn í hlutfalli við þær breytingar sem orðið höfðu á vatnshlotunum samkvæmt töflu 3. Vinnuhópurinn valdi nota þrjár aðferðir við mat á vatnsformfræðilegum breytingum í virkjuðum lindám, jökulám og dragám (jöfnur 4–6). Mat á vatnsformfræðilegum breytingum í virkjuðum lindám er byggt á jöfnu 4, sem er eins og í Harby o.fl. (2018) sem metur breytingar á formfræði (liðir A–C) og rennsli (liður D1). Sú nálgun þótti hins ekki ná utan um þær vatnsformfræðilegu breytingar sem verða við virkjun jökuláa þar sem hún metur ekki þær breytingar sem verða á aurburði jökuláa við virkjun. Því var mati á svifausbreytingum bætt við mat á vatnsformfræðilegum breytingum jökuláa (liður E í jöfnu 5). Þriðja aðferðin var notuð til að meta breytingar á vatnsformfræði virkjaðra dragáa en virkjanir í dragám hafa oft mjög mikil áhrif á rennsli en minni áhrif á aðra þætti. Því ákvað vinnuhópurinn að meta vatnsformfræðilegar breytingar vegna virkjana í dragám aðeins út frá áhrifum á rennsli (liður D1) þar sem oft var um að ræða gerstíflun þeirra og uppburkun á stórum hlutum farvega (jafna 6).



$$HyMo = \left( \frac{(A+B+C)}{3} + D1 \right) * \frac{1}{2} \quad \text{jafna 4}$$

$$HyMo = \left( \frac{(A+B+C)}{3} + D1 + E \right) * \frac{1}{3} \quad \text{jafna 5}$$

$$HyMo = D1 \quad \text{jafna 6}$$

Vegin meðaleinkunn var reiknuð fyrir hvern áhrifaþátt, A–E, samkvæmt töflu 3 og loks heildareinkunn fyrir vatnsformfræðilegar breytingar í vatnshlotunum samkvæmt jöfnu 4 (fyrir lindár) eða jöfnu 5 (fyrir jökulár). Vatnsformfræðilegar breytingar í virkjuðum dragám voru hins vegar aðeins metnar út frá rennslisbreytingum (jafna 6).

Matseinkunnin getur hæst verið 5 (náttúrulegt ástand) og lægst 1 (mjög mikið breytt ástand). Einkunnin skiptir vatnsformfræði virkjaðra vatnshlota upp í fimm flokka kvarða sem gefinn er upp í töflu 5 og gefur vísbendinar um þær breytingar sem orðið hafa á vatnshlotum vegna framkvæmda.

*Tafla 4. Matseinkunn fyrir vatnsformfræðilegar breytingar straumvatna skiptist upp í fimm flokka kvarða sem endurspeglar breytingar af mannavöldum*

Einkunn	Ástand
4,51-5,00	Náttúrulegt
3,51-4,50	Lítill áhrif
2,51-3,50	Nokkur áhrif
1,51-2,50	Mikil áhrif
1,00-1,50	Mjög mikil áhrif

Eins og fram hefur komið má flokka þau vatnshlot sem hafa orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum og ná ekki góðu vistfræðilegu ástandi sem mikið breytt vatnshlot.

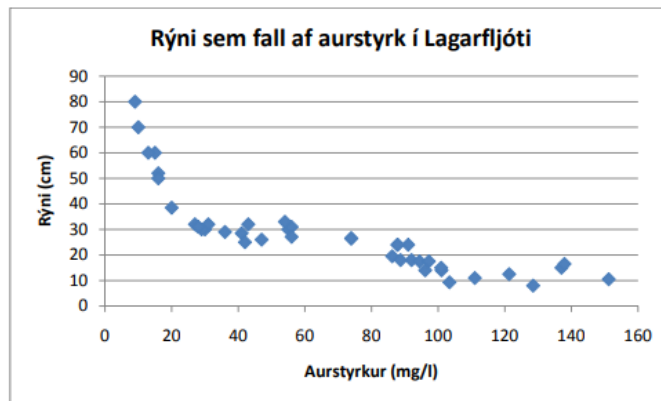
Ekki hefur verið skilgreint í lögum um stjórn vatnamála hvað teljast vera umtalsverðar vatnsformfræðilegar breytingar. Vinnuhópurinn telur að það geti átt við vatnshlot sem hafa orðið fyrir „mjög miklum áhrifum“ eða „miklum áhrifum“ á vatnsformfræði vegna framkvæmda á vatnasviði (einkunn <2,5 í töflu 4). Hins vegar telur vinnuhópurinn að það sé einnig nauðsynlegt að skoða hvort lífríki vatnshlota sem hafa orðið fyrir „nokkrum áhrifum“ vegna framkvæmda á vatnasviði sé raskað vegna vatnsformfræðilegra breytinga (einkunn 2,5–3,5 í töflu 4). Listi yfir þau vatnshlot sem fengu einkunn lægri en 3,5 eru talin upp í töflu 7 í kafla 4.2 og lýsing á þeim er í viðauka 2.

### 3.3 Mikið breytt stöðuvötn

Líkt og við mat á vatnsformfræðilegu ástandi straumvatna var horft til aðferða sem notaðar hafa verið í Noregi við mat á breytingum á vatnsformfræði stöðuvatna. Í síðustu vatnaáætlun sinni skilgreindu Norðmenn mikið breytt stöðuvatnshlot eftir þremur forsendum (liðir 1–3 í upptalningunni hér að neðan) sem geta nýst við að greina umtalsverðar vatnsformfræðilegar breytingar í stöðuvötnum á Íslandi. Auk þess hefur einni forsendu verið bætt við mat á því hvaða stöðuvötn geta talist mikið breytt og varðar það þá sérstöðu sem jökulvötn hafa á Íslandi. Samkvæmt því hafa umtalsverðar vatnsformfræðilegar breytingar orðið á stöðuvatni á Íslandi ef eitt af eftirfarandi á við:

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

Breytingar af þessu tagi hafa mikil áhrif á vistfræði vatnshlotsins og það lífríki sem er til staðar. Fyrstu þrjár forsendurnar eru þær sömu og notaðar hafa verið í Noregi og sú fjórða er viðbót við það til að ná utan um íslenskar aðstæður. Ljóst er að grugg í vatni hefur mikil áhrif á aðstæður í vatnshlotinu m.a. það hve langt sólarljós nær niður í vatnsbolinn (rýni), eiginleika botnsins og efnafræði og þannig vistfræði vatnshlotsins. Þetta hefur mikil áhrif á lífríki, bæði frumframleiðendur, hryggleysingja og fiska. Mælingar á sambandi aurstyrks og rýnis sýnir að rýni minnkar hratt þegar aurstyrkur vex úr 10 til 20 mg/l en við frekari aukningu á svifaur minnkar rýni hægar (Hákon Aðalsteinsson 2010). Sé jökulvatni veitt í tært stöðuvatn breytast aðstæður fyrir lífríki í vatninu því mjög hratt (mynd 7).



Mynd 7. Rýni sem fall af aurstyrk. Samband aurstyrks og rýnis við aurstyrk undir 15 mg/l er byggt á mælingum í Þórisvatni og Hvítárvatni en við hærri aurstyrk í Lagarfljóti (mynd frá Hákon Aðalsteinsyni, 2010).

Norðmenn birtu nýlega endurskoðaða aðferð við að meta vatnsformfræðilegar breytingar í stöðuvötnum (Bakken o.fl. 2019). Aðferðin byggir á breytingum á mörgum þáttum sem endurspeglar ástand ofan og í stöðuvötnum/lónum. Alls er um að ræða 17 matsþætti sem meta ástand í farvegum ofanvið og í stöðuvötnum/lónum. Þeir byggja á upplýsingum um innrennsli í vötn, hlutfall farvega ofan við stöðuvötn/lón sem eru undir áhrifum af stíflum, breytingum á vatnsborði og viðstöðutíma, dagsetningu þegar vötnin eru í efstu- og neðstu stöðu, tilfærslu vatns milli farvega og vatnasviða og fleiru. Þessi nýja aðferð er ekki notuð að þessu sinni við fyrsta mat á vatnsformfræðilegum breytingum í stöðuvötnum á Íslandi. Þær breytingar sem virkjunarframkvæmdir hafa haft á stöðuvötn/lón á þeim virkjunarsvæðum eru yfirleitt mjög umfangsmiklar og forsendur 1–4 sem fjallað er um hér að ofan ná vel yfir breytingarnar. Hinsvegar er mikilvægt að safna nauðsynlegum upplýsingum fyrir stöðuvötn/lón sem hafa orðið fyrir minna afgerandi vatnsformfræðilegum breytingum svo hægt sé að nota aðferð Bakken o.fl. (2019) til að meta vatnsformfræðilega eiginleika þeirra við vistfræðilega ástandsflokkun vatnshlota samkvæmt lögum nr. 36/2011, um stjórn vatnamála, og reglugerð 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun.

## 4 Niðurstöður

Hér er teknar saman niðurstöður á greiningu þeirra vatnshlota sem eru manngerð eða hafa orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum vegna vatnsaflsvirkjana á Íslandi, samkvæmt þeirri aðferðarfræði sem hér er lögð til. Mikilvægt er að hafa í huga að um er að ræða fyrstu nálgun. Vatnshlotin fara á bráðabirgðalista yfir manngerð og mikið breytt vatnshlot (mynd 2). Á síðari stigum þarf að meta hvert vistfræðilegt ástand þessara vatnshlota er og hvort og þá hversu mikið þau víkja frá góðu vistfræðilegu ástandi. Náí þau ekki a.m.k. góðu vistfræðilegu ástandi má skilgreina þau endanlega sem mikið breytt vatnshlot.

### 4.1 Manngerð vatnshlot

Manngerð vatnshlot eru þau sem eru mynduð vegna framkvæmda og ekkert vatn var fyrir sem náði stærðarmörkum til að geta talist sem vatnshlot. Ef vatnshlot er að stærstum hluta manngert, eða > 60% af flatarmáli hlotsins, flokkast það sem slíkt, t.d. þar sem langir skurðir hafa verið grafnir úr lónum inn í næstu læki sem eru minni hluti vatnshlotsins.

Samkvæmt þessari skilgreiningu falla 15 vatnshlot í þennan flokk og eru þau staðsett á virkjanasvæðum Þjórsár–Tungnaár, Blöndu og Kárahnjúkavirkjunar (tafla 5). Ekkert manngert vatnshlot er á virkjunarsvæðum Laxárvirkjunar, Sogsvirkjana eða Mjólkárviðvirðingavirkjana. Vatnshlotin eru öll veituskurðir sem grafnir hafa verið til að færa vatn í og úr lónum. Þau eru ólík öðrum vatnshlotum þar sem þau hafa mjög afmarkaða drætti, eru beinir skurðir sem oft eru djúpir með bratta bakka (Mynd 4).

Manngerðu vatnshlotin í töflu 5 eru öll skilgreind sem straumvatn (e. *River*) í vatnagáttinni, táknað með R í númeri vatnshlotanna. Heildarfjöldi ferskvatnshlota á yfirborði á Íslandi er 2245, þannig að manngerð vatnshlot eru 0,67 % af heildarfjöldanum.

Tafla 5. Manngerð vatnshlot á virkjanasvæðum

Númer vatnshlots	Nafn vatnshlots	Virkjunarsvæði
103-964-R	Hreysislón og veituskurðir	Þjórsár-Tungnaár
103-1285-R	Veituskurður úr Eyvindarlóni	Þjórsár-Tungnaár
103-596-R	Veituskurður úr Kvíslavatni	Þjórsár-Tungnaár
103-710-R	Veituskurður úr Stóráverslóni	Þjórsár-Tungnaár
103-699-R	Veituskurður úr Sauðafellslóni	Þjórsár-Tungnaár
103-979-R	Veituskurður úr Þórisvatni	Þjórsár-Tungnaár
103-828-R	Veituskurður úr Vatnsfellslóni	Þjórsár-Tungnaár
103-970-R	Veituleið Sigölduvirkjunar	Þjórsár-Tungnaár
103-814-R	Flutningskvísl	Þjórsár-Tungnaár
103-673-R	Frárennisskurður Sultartanga	Þjórsár-Tungnaár
103-906-R	Trjáviðarlækur	Þjórsár-Tungnaár
101-1864-R	Veituskurður úr Blöndulóni	Blanda
101-1862-R	Veituskurður úr Þrístiklu	Blanda
101-1653-R	Stuttílækur	Blanda
102-1054-R	Frárennisskurður Fljótsdalsvirkjunar	Kárahnjúkavirkjun

Ef skoðaður er fjöldi manngerðra vatnshlota hjá nágrannalöndum okkar kemur í ljós umtalsverður breytileiki. Sem dæmi má nefna þá skilgreinir Svíþjóð 15 vatnshlot (14 straumvötn og eitt stöðuvatn) sem manngerð eða 0,3% af heildarfjölda vatnshlota. Danmörk skilgreinir mun fleiri eða 356 vatnshlot (352 straumvötn og 4 stöðuvötn) eða 7,6% af heildarfjölda vatnshlota (WISE-WFD database). Eins og áður hefur verið rakið voru engin vatnshlot í Noregi flokkuð sem manngerð í fyrstu yfirferð vatnaáætlunar en nú stendur yfir endurskoðun á þeirri aðferðafræði.

## 4.2 Mikið breytt straumvatnshlot

Samkvæmt niðurstöðum greiningarinnar er algengast hérlendis að virkjunarframkvæmdir hafi mikil áhrif á rennsli ána og setframburð jökuláa, (liður D1 og E í töflu 6). Flokkunarviðmiðin sem notuð eru til greiningarinnar eru sett fram í töflu 3 í kafla 3.2. Einnig eru talsverð áhrif vegna breytinga á þversniði árinna (liður B í töflu 6). Þar er um að ræða hindranir þvert á farveg ána s.s. stíflur, uppistöðu- og miðlunarlón. Hins vegar virðast ekki vera umtalsverð áhrif vegna breytinga á langsníði ána (liður A í töflu 6) þ.e. flóða- og rofvarnir og niðurgröftur á flóðasléttu. Ástæðan fyrir því liggur líklega í því að árnar renna meira en minna í náttúrulegum farvegum sínum sem eru víðfeðmir og yfirleitt er lítið um búsetu við virkjaðar ár, sérstaklega þegar um er að ræða jökulár. Því er minni ástæða til að byggja varnargarða eða rofgarða við árfarvegina en víða erlendis þar sem búseta við straumvötn er algengari. Einnig sýnir matið að breytingar í árfarveginum sjálfum (liður C í töflu 6) virðast ekki hafa umtalsverð áhrif. Þar er um að ræða efnistöku eða mannvirki, önnur en stíflur. Ástæða þess er m.a. að almennt eru virkjaðar ár á Íslandi stórar með mikið rennsli og því hefur t.d. efnistaka hlutfallslega minni áhrif í slíkum ám en ef um lítil vatnsföll er að ræða.

Við mat á heildar áhrifum virkjanaframkvæmda á vatnsformfræði vatnsfalla er einkum stuðst við tvær reikniaðferðir. Annars vegar er hægt að gefa vatnshlotum einkunn út frá öllum matsþáttum, annað hvort meðaltal einkunnna eða vegið meðaltal þar sem þáttum er gefið misjafnt vægi. Mat á heildaráhrifum virkjanaframkvæmda nýtist best þar sem margvísleg áhrifaþættir hafa áhrif á náttúrulegt vatnafar án þess að hver áhrifaþáttur um sig hafi þar afgerandi áhrif. Þetta getur þó vanmetið áhrif framkvæmda á vatnshlot í þeim tilvikum þar sem framkvæmdirnar hafa mikil áhrif á einstaka áhrifaþætti (s.s. rennsli) en ekki aðra. Það leiðir til þess að ósnortnir áhrifaþættir hífa meðaleinkunnina upp og greiningin missir marks. Í þeim tilvikum má fara aðra leið og byggja niðurstöðu greiningar á þeim þætti sem kemur verst út við matið (e. *one out – all out*).

Í þeim straumvatnshlotum sem hér hafa verið skoðuð hafa virkjunarframkvæmdir tiltölulega lítil áhrif á tvo matsþætti af fimm (A, breytingar á langsníði og C, breytingar í farvegi) sem hífa upp heildarmatseinkunn þeirra. Þar af leiðandi verður heildarmatseinkunn tiltölulega há miðað við lægstu einkunn úr einstökum matsþáttum. Mikilvægt er að skoða ekki einungis þau vatnshlot sem fá lága heildarmatseinkunn heldur öll þau vatnshlot sem fá lága einkunn í einhverjum þætti greiningarinnar. Í kjölfarið á þessari greiningu á vatnsformfræðilegum breytingum þarf að meta lífríki og vistfræðilegt ástand þeirra vatnshlota sem hafa orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum (mynd 2). Hafi það orðið til þess að þau nái ekki markmiði um gott vistfræðilegt ástand verður hægt að skilgreina þau sem mikið breytt vatnshlot.

Samantekt þessarar greiningar á mati á vatnsformfræðilegum breytingum einstakra matsþátta (A–E) auk heildar matseinkunn má sjá í töflu 6. Í töflu 4 er matseinkunnum skipt upp í fimm flokka kvarða sem nýtist til að meta hvaða vatnshlot hafa orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum. Eins og áður hefur komið fram hefur ekki verið skilgreint í lögum um stjórn vatnamála hvað teljast vera umtalsverðar vatnsformfræðilegar breytingar. Hér er miðað við að vatnshlot sem hafa orðið fyrir „mjög miklum áhrifum“ eða „miklum áhrifum“ á vatnsformfræði vegna framkvæmda á vatnasviði (einkunn <2,5 í töflu 4) falli undir þá skilgreiningu. Einnig er nauðsynlegt að skoða hvort lífríki vatnshlota sem hafa orðið fyrir „nokkrum áhrifum“ hafi skaðast vegna vatnsformfræðilegra breytinga (einkunn 2,5–3,5 í töflu 4). Listi yfir þau vatnshlot sem fengu einkunn lægri en 3,5 eru talin upp í töflu 7 og lýsing á

þeim er í viðauka 2. Miðað var við heildareinkunn reiknaða út frá öllum áhrifaþáttum nema fyrir virkjaðar dragár þar sem miðað var við þann áhrifaþátt sem fékk lægstu einkunn (*one out–all out*). Það var einnig gert við mat vatnsformfræðilegum breytingum í Sogi 4, í yfirfallsfarvegi Steingrímsstöðvar.

Tafla 6. Mat á vatnsformfræðilegum breytingum í straumvatnshlotum á virkjanasvæðum. Einkunnagjöf er í samræmi við það sem kemur fram í töflu 4.

Vatnshlota-númer	Vatnshlot	A. Breytingar á langsníði	B. Breytingar á þversníði	C. Breytingar í farvegi	D1. Rennslisbreytingar	E. Svifauksbreytingar	Matseinkunn fyrir lindár	Matseinkunn fyrir jökulár	Lægsta einkunn
103-777-R	Þjórsá 2	4,6	2,2	2,8	1,3	1,0	1,8	1,0	
101-1861-R	Blanda 2	4,5	3,2	3,5	1,0	1,0	1,9	1,0	
103-811-R	Kaldakvísl 1	5,0	1,7	3,3	1,4	1,0	1,9	1,0	
103-894-R	Kaldakvísl 2	5,0	1,7	3,3	1,4	1,0	1,9	1,0	
103-614-R	Kaldakvísl 3	5,0	2,0	3,3	1,4	1,0	1,9	1,0	
103-1283-R	Kaldakvísl 4	5,0	2,9	3,3	1,2	1,0	2,0	1,0	
103-973-R	Tungnaá 3	5,0	1,0	3,0	1,4	2,0	2,1	1,0	
103-812-R	Tungnaá 2	5,0	1,0	3,0	1,7	2,0	2,2	1,0	
102-1088-R	Jökulsá á Dal/Brú 1 (Jökla)	4,5	4,1	5,0	1,4	1,0	2,3	1,0	
102-1140-R	Jökulsá á Dal/Brú 2 (Jökla)	4,5	4,1	5,0	1,4	1,0	2,3	1,0	
102-1857-L	Lagarfljót (Lögurinn)	5,0	2,4	5,0	3,7	1,0	2,9	1,0	
101-1674-R	Blanda 1	4,5	3,8	5,0	3,5	1,0	3,0	1,0	
102-1248-R	Jökulsá í Fljótsdal 3	5,0	3,3	5,0	4,0	2,0	3,5	2,0	
103-663-R	Þjórsá 1	4,5	3,6	4,8	4,3	2,0	3,5	2,0	
102-1176-R	Jökulsá í Fljótsdal 1	5,0	4,2	5,0	4,0	2,0	3,6	2,0	
102-1200-R	Jökulsá í Fljótsdal 2	5,0	4,2	5,0	4,0	2,0	3,6	2,0	
103-902-R	Þjórsá 3	5,0	4,4	5,0	3,3	3,0	3,7	3,0	
103-950-R	Þjórsá 4	5,0	5,0	5,0	3,3	4,0	4,1	3,3	
103-878-R	Tungnaá 4	5,0	3,8	5,0	5,0	5,0	4,9	3,8	
103-941-R	Tungnaá 5	5,0	3,8	5,0	5,0	5,0	4,9	3,8	
102-1814-R	Laxá 1	5,0	4,0	5,0	5,0	5,0	4,8	4,0	
102-1735-R	Laxá 2	5,0	4,2	5,0	5,0	5,0	4,9	4,2	
104-897-R	Sog 1	5,0	4,6	5,0	5,0	5,0	4,9	4,6	
104-778-R	Sog 2	5,0	4,6	5,0	5,0	5,0	4,9	4,6	
104-905-R	Sog 3	5,0	4,6	5,0	5,0	5,0	4,9	4,6	
103-827-R	Tungnaá 6	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
103-633-R	Kaldakvísl 5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
102-1167-R	Jökulsá í Fljótsdal 4	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
102-1203-R	Kelduá 1	5,0	4,5	5,0	3,1	4,0		3,1	
102-1254-R	Kelduá 2	5,0	4,2	4,3	2,5	4,0		2,5	
102-997-R	Kelduá 3	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0		5,0	
102-1262-R	Ytri-Sauðá og þverlækir	5,0	3,6	3,5	3,1	5,0		3,1	
102-1073-R	Grjótaá 1	5,0	3,0	3,5	3,1	5,0		3,0	
101-426-R	Mjólká	5,0	3,2	4,3	2,4	5,0		2,4	
104-974-R	Sog 4	5,0	3,7	5,0	1,4	5,0		1,4	

Tafla 7. Listi yfir þau vatnshlot sem fengu einkunn undir 3,5 við mat á vatnsformfræðilegum breytingum miðað við matseinkunn fyrir jökulár (jafna 5) og lægstu einkunn fyrir dragár og Sog 4 (jafna 6).

	Vatnshlota- númer	Vatnshlot	Matseinkunn fyrir jökulár	Lægsta einkunn
Mikil áhrif	103-777-R	Þjórsá 2	1,8	
	101-1861-R	Blanda 2	1,9	
	103-811-R	Kaldakvísl 1	1,9	
	103-894-R	Kaldakvísl 2	1,9	
	103-614-R	Kaldakvísl 3	1,9	
	103-1283-R	Kaldakvísl 4	2,0	
	103-973-R	Tungnaá 3	2,1	
	103-812-R	Tungnaá 2	2,2	
	102-1088-R	Jökulsá á Dal/Brú 1 (Jökla)	2,3	
	102-1140-R	Jökulsá á Dal/Brú 2 (Jökla)	2,3	
	101-426-R	Mjólká		2,4
	102-1254-R	Kelduá 2		2,5
	104-974-R	Sog 4		1,4
	Nokkur áhrif	101-1674-R	Blanda 1	3,0
102-1248-R		Jökulsá í Fljótsdal 3	3,5	
103-663-R		Þjórsá 1	3,5	
102-1203-R		Kelduá 1		3,1
102-1073-R		Grjótá 1		3,0

### 4.3 Mikið breytt stöðuvötn

Mat á vatnsformfræðilegum breytingum í stöðuvatnshlotum var gert samkvæmt forsendum sem gefnar eru í kafla 3.3. Alls hafa 20 stöðuvatnshlot orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum af mannavöldum samkvæmt gefnum forsendum og eru þau á virkjunarsvæðum Þjórsár-Tungnaár, Blöndu, Jökulsár á Dal og Mjólkár. Langstærstur hluti þessara stöðuvatna/lóna hafa myndast eða orðið fyrir breytingum vegna stíflugerðar í straumvötnum á virkjunarsvæðum og gegna þau oftast hlutverki miðlunar- og inntakslóna. Í sumum þeirra breytist vatnsborð mjög mikið á milli hæstu og lægstu stöðu en í öðrum vatnshlotum er vatnsborð tiltölulega stöðugt þar sem miðlun í þeim er lítil. Önnur vatnshlot hafa breytt um gerð við það að jökulvatni hefur verið veitt í stöðuvötn sem áður var bergvatn.

Engin stöðuvötn/lón á virkjanasvæðum Sogs og Laxár teljast hafa orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum. Miðlun til virkjana í þessum ám er annars vegar í Þingvallavatni og hins vegar Mývatni en miðað við þær forsendur sem notaðar voru við greininguna hafa ekki orðið miklar breytingar á vatnsformfræði þeirra. Listi yfir þau stöðuvatnshlot sem hafa orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum er að finna í töflu 8.

Tafla 8. Listi yfir stöðuvatnshlot sem hafa orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum af mannavöldum miðað við forsendur gefnar í kafla 3.3.

Númer vatnshlots	Nafn vatnshlots	Líkleg upprunaleg gerð	Gerð í vefsja	Straumvatni breytt í stöðuvatn > 0,5 km <sup>2</sup>	Munur á hæsta og lægsta vatnsborði > 3 m	Vatnshæð í stöðuvatni hefur breyst meira en 10 m	Bergvatni breytt í jökulskotið vatn
103-2077-L	Sultartangelón	RG	LG	X	X		
103-2445-L	Þjórsárlón	RG	LG	X			
103-2092-L	Kvíslavatn	RG/RH2	LG	X			X
103-2093-L	Stóraverslón	RH2	LG	X			
103-2135-L	Hrauneyjalón	RG	LG	X			
103-2162-L	Þórisvatn	LH2	LG	X	X	X	X
103-2167-L	Sauðafellslón	RG	LG	X			
103-2427-L	Eyvindarlón	RH2	LG	X			
103-2447-L	Krókslón	RG	LG	X			
103-2449-L	Vatnsfellslón	RH2	LG	X			
	Sporðöldulón	RG	LG	X			
103-2446-L	Hágöngulón	RG	LG	x	x		
101-1220-L	Blöndulón	RG	LG	X	X		
101-1216-L	Þrístikla	LL4	LG				X
101-1215-L	Smalatjörn	LL4	LG				X
101-1189-L	Austara-Friðmundarvatn	LH1	LG				x
101-1221-L	Gilsárlón	RL3	LG	x			
101-1210-L	Gilsvatn	LL2	LG				x
102-2448-L	Háslón	RG	LG	x	x		
101-754-L	Langavatn/Hólmavatn	LL3	LL3		X		

## 5 Lokaorð

Með innleiðingu vatnatilskipunar Evrópusambandsins á Íslandi með lögum 36/2011 um stjórn vatnamála var leitt í lög að vernda skuli vatn og vistkerfi þess, hindra frekari rýrnun vatnsgæða og bæta ástand vatnavistkerfa til þess að vatn njóti heildstæðrar verndar. Það er ljóst að nýting vatnsauðlindarinnar er margvísleg og í mörgum tilfellum þjóðhagslega mikilvæg, en samkvæmt lögum um stjórn vatnamála skal nýtingin vera sjálfbær og mikilvægt er að hafa langtímavernd vatnsauðlindarinnar í huga.

Ástandsflokkun vatnshlota byggist á mati á vistfræði þeirra. Megin markmið vatnatilskipunarinnar er að allt vatn nái góðu vistfræðilegu ástandi og skulu gerðar nauðsynlegar ráðstafanir til þess að svo sé. Forsenda þess að gætt sé að vernd og viðhaldi vatnsauðlindarinnar er að vatn sé nýtt á sjálfbæran hátt þannig að notkunin geti verið til langframa og í sátt við umhverfið. Við nýtingu vatnsauðlindarinnar hefur ekki alltaf verið tekið tillit til auðlindarinnar sjálfar eða þess lífríkis sem þar þrífst. Sömuleiðis hafa margvíslegar framkvæmdir og starfsemi haft áhrif á magn og gæði vatns í næsta nágrenni. Afleiðingin er að viðkomandi vatnshlot uppfyllir ekki gæðaviðmið vistfræðilegs ástands og getur fallið í flokkana „ekki viðunandi“, „slakt“ og „lélegt“. Eins og fram kemur í inngangi gerir vatnatilskipun Evrópusambandsins ráð fyrir ákveðnum undantekningum á því að vatn nái góðu vistfræðilegu ástandi þ.e. þegar nýting er samfélagslega mikilvæg og ráðstafanir til úrbóta eru ekki tæknilega framkvæmanlegar eða of kostnaðarsamar. Umfangsmikil nýting vatns getur haft í för með sér breytingar á aðstæðum vatnalífríkis sem gerir það að verkum að ekki er raunhæft að það markmið náist. Í slíkum tilfellum er mögulegt að skilgreina manngerð og mikið breytt vatnshlot, þ.e. vatnshlot sem hafa orðið fyrir það miklum breytingum af mannavöldum að það nái ekki umhverfismarkmiðum laganna um gott vistfræðilegt ástand. Með því að tilnefna vatnshlot sem manngert eða mikið breytt eru viðmið um umhverfismarkmið önnur en fyrir náttúruleg vatnshlot. Ekki er lengur miðað við vistfræðilegt ástand (e. *ecological status*) heldur svokallað vistmegin (e. *ecological potential*) og stefnt skal að því að ástand þeirra vatnshlota sem flokkast sem manngerð eða mikið breytt, uppfylli að lágmarki gott vistmegin.

Forsenda þess að vatnshlot geti verið skilgreint sem manngert vatnshlot er að búið hafi verið til vatnshlot á svæði þar sem ekki var umtalsvert vatn til staðar fyrir framkvæmdir.

Skilgreining á mikið breyttum vatnshlotum fer, í grófum dráttum, fram í nokkrum skrefum:

1. Skilgreina með faglegum hætti hvað teljist umtalsverðar vatnsformfræðilegar breytingar. Meta þarf hvaða vatnshlot falli í þennan hóp miðað við gefnar forsendur.
2. Athuga hvort þau vatnshlot sem hafa orðið fyrir umtalsverðum breytingum á vatnsformfræði nái umhverfismarkmiði laga um stjórn vatnamála um a.m.k. gott vistfræðilegt ástand.
3. Ef vatnshlotin ná ekki góðu vistfræðilegu ástandi þarf að ganga úr skugga um hvort hægt sé að bæta ástand vatnshlotsins með einhverjum mótvægisáðgerðum og/eða hvort hægt sé að ná markmiði vatnsnýtingarinnar með öðrum, tæknilega framkvæmanlegum hætti sem er betri fyrir umhverfið og ekki óhóflega kostnaðarsamur. Ef það er ekki mögulegt þá flokkast vatnshlotið sem mikið breytt.

Í erindisbréfi frá Umhverfisstofnun var skipaður vinnuhópur sem var falið annars vegar að vinna að mótun aðferðarfræði og leiðbeininga er varða manngerð og mikið breytt vatnshlot með vísan til leiðbeininga Evrópusambandsins og annarra gagna sem unnin hafa verið í þessu skyni, og hins vegar að leggja fram fyrstu tillögu að lista yfir manngerð og mikið breytt vatnshlot á Íslandi sem væri byggður á þeirri aðferðafræði. Afmörkun verkefnisins miðaðist við vatnshlot sem væru undir álagi vegna vatnsaflsvirkjana.

Skýrslan er afurð vinnuhópsins og fjallar um fyrsta lið skilgreiningar á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum, sjá lið 1 hér að ofan. Lögð er fram tillaga að aðferðarfræði til þess að leggja mat á



vatnsformfræðilegar breytingar af mannavöldum. Aðferðin byggir á leiðbeiningum Evrópusambandsins og nýlega endurskoðaðri aðferðarfræði Norðmanna. Á grundvelli aðferðarinnar var gerður fyrsti tilnefningarlisti til frekari úrvinnslu á manngerðum og mikið breyttum vatnshlot á virkjanasvæðum á Íslandi.

**Manngerð vatnshlot:** Alls eru 15 vatnshlot sem skilgreind eru sem manngerð vatnshlot og eru þau öll veituskurðir á Þjórsár-Tungnaárvæðinu, Blöndusvæðinu og Kárahnjúkasvæðinu.

**Mikið breytt vatnshlot:** Samtals 19 straumvatnshlot hafa verið afmörkuð þar sem virkjunarframkvæmdir hafa haft nokkur eða mikil áhrif á vatnsformfræði þeirra. Þar af eru 13 vatnshlot þar sem vatnsformfræði hefur orðið fyrir miklum áhrifum (einkunn 1,5–2,5) og 6 vatnshlot sem hafa orðið fyrir nokkrum áhrifum (2,5–3,5). Um er að ræða vatnshlot á virkjunarsvæðum Þjórsár-Tungnaár, Blöndu, Kárahnjúka og Mjólkár.

Samtals 20 stöðuvatnshlot sem orðið hafa fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum og eru því sett á frumlista yfir mikið breytt vatnshlot. Ekkert vatnshlot á virkjunarsvæðum Laxár og Sogs hefur orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum miðað við núverandi rekstrarforsendur.

Í kjölfarið á þeirri vinnu sem kynnt er í skýrslunni er mikilvægt að stíga næstu skref við tilnefningu mikið breyttra vatnshlota. Mikilvægt er að hafa eftirfarandi þætti í huga:

- A. Aðferðarfræðin
  - i. Fá faglega umræðu og mat á veikleika og styrkleika framlagðra tillagna og mögulegar endurbætur þar á.
  - ii. Endurskoðun á aðferðarfræði og lista yfir vatnshlot í ljósi ábendinga.
- B. Ljúka mati á vatnsformfræðilegum breytingum á vatnshlotum sem kunna að vera mikið breytt vegna virkjana sem ekki voru skoðuð í þessari vinnu.
  - i. Árfarvegir þar sem hluta vatnsfalls er veitt úr náttúrulegum farvegi yfir í lón vatnsaflsvirkjana. Nokkur dæmi eru um slíkar breytingar, t.d. Svartá 1 (103-698-R), Þúfuverskvísl (103-531-R), Eyvindakvísl (103-621-R) á Þjórsárvæðinu, Innri Sauða (102-1115-R) og Desjará (102-1206-R) á Kárahnjúkasvæðinu.
  - ii. Möguleg áhrif virkjana sem eru minni en 10 MW. Þó að lög um mat á umhverfisáhrifum eigi að jafnaði einungis við um virkjanir sem geta náð 10 MW að uppsettu aflgi geta þær haft áhrif á afar stór vatnasvið og þannig nokkuð umfangsmiklar og haft áhrif á vatnsformfræði og vistfræði vatnhlota.
- C. Ljúka mati á vatnshlotum á virkjanasvæðum.
  - i. Greina hvort þau vatnshlot sem hafa orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum nái a.m.k. góðu vistfræðilegu ástandi. Þau vatnshlot sem ná góðu vistfræðilegu ástandi verða ekki skilgreind sem mikið breytt vatnshlot.
  - ii. Mat á þjóðhags- og samfélagslega mikilvægri auðlindanýtingu.
  - iii. Setja fram endanlegan lista yfir mikið breytt vatnshlot.
- D. Vinna að sambærilegri greiningu fyrir aðra álagspætti sem líklegt er að valdi mikið breyttu ástandi vatnshlota. Þar má m.a. nefna álag vegna flóðavarna og garða, vegagerðar og framræsingar.

## Heimildir

- 2000/60/EB Vatnatilskipun Evrópusambandsins. European Water Framework Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council. 23. October 2000
- 2006/118/EB, on the protection of groundwater against pollution and deterioration
- 2008/105/EB, on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council
- 2009/90/EB, on the taking-up and pursuit of the business of Insurance and Reinsurance (Solvency II)
- Bakken T.H. Beck V., Schonfelder L.H. og 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.
- Bogi B. Björnsson, Kristinn Einarsson og Linda Georgsdóttir 2013. Yfirborðs- og grunnvatnshlot. Verklagsreglur fyrir skilgreiningu vatnshlota. Greinargerð Veðurstofunnar nr. BBB/KE/LG/2013-01. 23 bls.
- European Environment Agency 2018. EEA Report No 7/2018 European waters – Assessment of status and pressures 2018. ISSN 1977-8449. Bls 90.
- Esther Hlíðar Jensen, Jórunn Harðardóttir og Sigríður Magnea Óskarsdóttir, 2016. Þjórsá – Svifaurislyklar fyrir valin tímabil. Veðurstofa Ísland Greinargerð 2016-01. 72 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorlákssdóttir, Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Rebecca A. Neely 2014. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Austurlandi XI. Gagnagrunnur Jarðvísindastofnunar og Veðurstofunnar. Skýrsla RH-05-2014. 126 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Oelkers E.H., Jórunn Harðardóttir og Sigurður Reynir Gíslason 2017. The impact of damming on riverine fluxes to the ocean: A case study from Eastern Iceland. Water Research 113, 124–138.
- Harby A., Bakken T.H., Dervo B., Gosselin M-P., Kile M. R., Lindholm M., Sundt H., Zinke P. 2018. Forslag til metode for klassifisering av hydromorfologisk tilstand i norske elver. Skýrsla Sintef nr. 2018:00482, ISBN 978-82-14-06885-6, 67 bls.
- Haukur Tómasson, 1982. Áhrif virkjunarframkvæmda á aurburð í Þjórsá. OS82044, 39 bls.
- Hákon Aðalsteinsson 2010. Grugg og gegnsæi í Lagarfljóti fyrir og eftir gangsetningu Kárahnjúkavirkjunar. LV-2010/123. 10 bls.
- Hlynur Óskarsson og Jón Guðmundsson 2008. Gróðurhúsaáhrif uppistöðulóna – rannsóknir við Gilsárlón 2003–2006. Skýrsla LV-2008/028. 142 bls.
- Hugrún Gunnarsdóttir 2016. Virkjanir og veitur á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu. Framkvæmdasaga 1965 til 2015. LV-2016-003, 23 bls.
- Jóhanna B. Weissappel, Gunnar Steinn Jónsson, Tryggvi Þórðarson, Helgi Jensson, Svanfríður Dóra Karlsdóttir, Heiðrún Guðmundsdóttir og Kristján Geirsson 2013. Stöðuskýrsla fyrir vatnasvæði Íslands. Skipting vatns í vatnshlot og mat á helsta álagi af starfsemi manna á vatn. UST-2013:11. 67 bls.
- Landsvirkjun 2016. Wiski gagnagrunnur 24.05.2016 – M00328

- Magnús Jóhannsson, Guðni Guðbergsson og Jón S. Ólafsson 2011. Lífríki Sogs. Samantekt og greining á gögnum frá árunum 1985–2008. Skýrsla Veiðimálastofnunar VMST/11049; LV-2011/089. 32 bls.
- Nerbø, Lindis (ritstjóri) 2014. Sterkt modifiserte vannforekomster: Utpeking, fastseting av miljømål og bruk av unntak. Vejleder 01:2014. 25 bls.
- Orkustofnun, 2018. Vatnsaflsvirkjanir: Leyfi og skilyrði – staðan í árslok 2017. Skýrsla OS-2018-02. 78 bls.
- Snævarr Örn Georgsson, 2016. Samspil grunnvatns og rennsli Tungnaár. Mastersritgerð við Háskóla Íslands, 71 bls.
- Stjórnartíðindi Evrópusambandsins, 2011. Tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins 2000/60/EB frá 23. október 2000 um aðgerðaramma Bandalagsins um stefnu í vatnsmálum. EES-viðbætur, 18. árgangur, 24.2.2011, ISSN 1022-9337. Bls 1–72.
- Svanur Pálsson 1999. Framburður svifaus í Blöndu. Skýrsla Vatnamælinga OS-99080. 31 bls.
- The Nature Conservancy 2009. IHA program (IHA 7):  
<https://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/Freshwater/EnvironmentalFlows/MethodsandTools/IndicatorsofhydrologicAlteration/Pages/indicators-hydrologic-alt.aspx>
- Umhverfisráðuneytið 2011. Reglugerð um stjórn vatnamála 935/2011
- Umhverfisráðuneytið 2011. Reglugerð um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun.
- Umhverfisráðuneytið 2011. Lög um stjórn vatnamála 36/2011
- Veðurstofa Íslands 2019: Gagnabanki Veðurstofu Íslands, afgreiðsla nr. 2019-09-10/01
- WFD CIS, 2003a. Guidance document no. 4. Identification and Designation of Heavily Modified and Artificial Water Bodies. 118 bls.
- WFD CIS, 2003b. Guidance document no. 2. Identification of Water Bodies. 28 bls.
- WFD CIS, 2018. Appendix to Guidance Document No. 4. Harmonised environmental requirements and emerging good practices for Heavily Modified Water Bodies. 49 bls.
- WFD CIS, 2019. Guidance No 37 - Steps for defining and assessing ecological potential for improving comparability of Heavily Modified Water Bodies. 147 bls.

# Viðauki 1. Skipunarbréf



Veðurstofa Íslands  
Bústaðavegi 7-9  
108 Reykjavík

Reykjavík 20. ágúst 2018  
UST201808-136/K.S.B.  
08.30.02

**Efni:** Tilnefning í vinnuhóp vegna vinnu við manngerð og mikið breytt vatnshlot.

Umhverfisstofnun óskar hér með eftir að Veðurstofa Íslands tilnefni fulltrúa í vinnuhóp vegna vinnu við leiðbeiningar og mat á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum.

Samkvæmt 13. gr. laga um stjórn vatnamála skal Umhverfisstofnun meta hvort vatnshlot teljist manngert eða mikið breytt.

Í fyrsta hluta verkefnisins mun vinnuhópurinn vinna eftirfarandi verkefni:

- Vinna að leiðbeiningum fyrir val á lista yfir manngerð og mikið breytt vatnshlot. Notast skal við leiðbeiningar Evrópusambandsins og önnur gögn sem unnin hafa verið í tengslum við manngerð og mikið breytt vatnshlot t.d. í Noregi.
- Vinna tillögu að lista yfir manngerð og mikið breytt vatnshlot á Íslandi.

Vinnuhópurinn verður skipaður fulltrúum frá Orkustofnun, Veðurstofu Íslands, Hafrannsóknastofnun og Náttúrufræðistofnun Íslands, auk Katrínar Sóleyjar Bjarnadóttur frá Umhverfisstofnun sem mun stýra vinnu hópsins.

Vinnuhópurinn skal skila af sér tillögu að lista yfir manngerð og mikið breytt vatnshlot á Íslandi til Umhverfisstofnunar fyrir 22. janúar 2019.

Óskað er eftir því að tilnefningin berist Umhverfisstofnun eins fljótt og kostur er, en eigi síðar en 7. september 2018.

Virðingarfyllt

---

Ólafur A. Jónsson  
sviðsstjóri

---

Katrín Sóley Bjarnadóttir  
sérfræðingur

## Viðauki 2. Straumvatnshlot

Hér á eftir fer lýsing á þeim vatnshlotum straumvatna sem hafa orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum af mannavöldum.

### **Straumvatnshlot þar sem áhrif af virkjanaframkvæmdum eru mikil á vatnsformfræði; einkunn frá 1,5–2,5**

103-777-R Þjórsá 2

Vatnshlottið Þjórsá 2 nær frá útfalli Búrfellsvirkjunar upp að Sultartangavirkjun. Farvegurinn er yfirfallsfarvegur fyrir Búrfellsvirkjun og Sultartangavirkjun og því er rennsli um hann mjög mismunandi. Rennsli um farveginn fer úr því að vera nánast ekki neitt upp í að vera fullt sumarrennsli Þjórsár á hlýjum degi. Það er því mjög öfgafullt umhverfi sem er ekki vel til þess fallið að standa undir vatnalífríki. Farvegurinn er mjög breiður enda myndaður af vatnsmiklu straumvatni þar sem rétt ofar sameinuðust Þjórsá, Kaldakvísl og Tungnaá í einum farvegi.

101-1861-R Blanda 2

Yfirfallsfarvegur fyrir Blöndulón er gamli farvegur Blöndu fyrir ofan Blöndustöð sem er nú skilgreind sem vatnshlottið Blanda 2. Þar rennur nú lítil bergvatnsá í stóru gljúfri sem mótuð var að Blöndu en vatnið er nú ættað úr hliðarám og -lækjum sem renna í gljúfrið. Þegar lónið fyllist fer yfirfallsvatnið um farveginn og breytist þá ásýnd Blöndu 2 mikið.

103-811-R Kaldakvísl 1

Kaldakvísl 1 nær frá Sporðöldulóni á Þjórsár–Tungnaásvæðinu upp ármótum við Tjaldakvísl. Rennsli er mjög skert vegna stíflu í Köldukvísl og veitingu á vatni til Þórisvatns og miðlunar úr Hágöngulóni. Það vatn sem nú rennur í farvegi Köldukvíslar 1 er bergvatn/grunnvatn stærstan hluta ársins en var jökulvatn fyrir stækkun Þórisvatns og myndun Hágöngulóns.

103-894-R Kaldakvísl 2

Kaldakvísl 2 nær frá ármótum við Tjaldakvísl upp að fossinum Nefja. Það sama á við Köldukvísl 2 og við Köldukvísl 1. Rennsli er mjög skert vegna stíflu í Köldukvísl sem myndar Hágöngulón og veitingu á vatni til Þórisvatns. Það vatn sem nú rennur í farvegi Köldukvíslar 2 er bergvatn/grunnvatn stærstan hluta ársins en var jökulvatn fyrir stækkun Þórisvatns og myndun Hágöngulóns.

103-614-R Kaldakvísl 3

Kaldakvísl 3 nær frá fossinum Nefja að Þórisósi sem er gamla útfall Þórisvatns til Köldukvíslar. Það sama á við Köldukvísl 3 og við Köldukvísl 1 og 2. Rennsli er mjög skert vegna stíflu í Köldukvísl sem myndar Hágöngulón og veitingu á vatni til Þórisvatns. Það vatn sem nú rennur í farvegi Köldukvíslar 3 er bergvatn/grunnvatn stærstan hluta ársins en var jökulvatn fyrir myndun Hágöngulóns. Þegar Hágöngulón fyllist og fer á yfirfall rennur jökulvatn um farveg Köldukvíslar. Rennsli um farveginn er því mjög mismunandi yfir árið, allt frá því að vera nánast ekkert upp í að vera fullt sumarrennsli Köldukvíslar myndun Hágöngulóns.

103-1283-R Kaldakvísl 4

Kaldakvísl 4 nær frá Sauðafellslóni upp að Hágöngulóni. Stærstan hluta ársins er nær ekkert vatn í farveginum þar sem Hágöngulónsstífla gerstíflar Köldukvísl. Kaldakvísl 4 er fyrsta vatnshlottið neðan við Hágöngulón og þar er oft lítið sem ekkert rennsli. Þegar Hágöngulón fyllist og fer á yfirfall rennur jökulvatn um farveg Köldukvíslar. Rennsli um farveginn er því mjög mismunandi yfir árið, allt frá því að vera nánast ekkert upp í að vera fullt sumarrennsli Köldukvíslar fyrir virkjun.

103-973-R Tungnaá 3

Tungnaá 3 er lítill farvegsbútur á milli Krókslóns og Hrauneyjalóns sem gegnir því hlutverki að taka við yfirfallsvatni úr Krókslóni. Þar er alltaf þó nokkuð rennsli vegna leka úr Sigöldustíflu sem myndar Krókslón og farvegurinn er því aldrei þurr.

103-812-R Tungnaá 2

Farvegur fyrir yfirfallsvatn úr Hrauneyjalóni er kallaður Tungnaá 2. Þar rennur nokkuð vatn allt árið og farvegurinn verður aldrei þurr. Stærstan hluta ársins er um bergvatn að ræða en þegar rennur á yfirfalli úr Hrauneyjarlóni fellur yfirfallsvatnið um farveginn sem fyllist þá af jökulvatni.

102-1140-R Jökulsá á Dal/Brú 2 (Jökla)

Kárahnjúkastífla var byggð til að virkja Jökulsá á Dal. Myndun Háslóns veldur því að allt jökulvatn er stíflað uppi á hálendi og farvegur Jökulsár á Dal er tómur fyrir neðan stífluna fyrir utan smávegis leka í gegn um stífluna. Rennsli neðan við ármót Reykjarár, Hrafnkelsdalsá og annarra þveráa eykst eftir því sem neðar dregur í farveginn og þá er mestmegnis um bergvatn að ræða. Rennsli og aurframburður Jökulsár á Dal er mjög skert miðað við náttúrulegt ástand. Því er ekki hægt að kalla hana jökulá lengur þar sem hún er dragá stærstan hluta ársins. Háslón fyllist síðsumars og þá streymir jökulvatn um farveginn sem gerbreytir ásýnd árinna. Yfirfallið stendur yfir í um 2–4 vikur á ári.

102-1088-R Jökulsá á Dal/Brú 1 (Jökla)

Neðan við ármót Jökulsár á Dal og Gilsár er vatnshlotið Jökulsá á Dal/Brú 1. Þar hefur töluvert af vatni þveráa runnið í farveginn. Margar tiltölulega stórar dragár renna af heiðunum beggja vegna farvegar Jökulsár á Dal og er því alltaf þó nokkurt rennsli bergvatns í farveginum. Síðsumars breytist svo ásýnd vatnsins þegar jökulvatn ryðst á yfirfalli Háslóns niður í farveginn. Það ástand stendur yfir í um 2–4 vikur á ári.

101-426-R Mjólká

Mjólká rennur úr Langavatni af Glámu niður í Borgarfjörð í Arnarfirði. Hólmavatn skammt frá Langavatni hefur verið sameinað Langavatni með skurði. Langavatn/Hólmavatn (101-754-L) er notað sem miðlunarlón fyrir Mjólkárveikjun. Rennsli Mjólkár er mikið skert þar sem meginhluta vatnsins er safnað í miðlunarlón og leitt í gegn um veikjunina. Stór hluti farvegar árinna er því nánast þurr stóran hluta ársins.

102-1254-R Kelduá 2

Kelduá rennur úr Vesturdalsjökli í Vatnajökli. Hún var stífluð í um 14 km fjarlægð frá upptökunum og við það myndaðist Kelduárlón sem er ekki skilgreint sem vatnshlot þar sem það er undir viðmiðunarstærð fyrir stöðuvötn samkvæmt lögum um stjórn vatnamála. Við stíflun Kelduár minnkaði rennsli Kelduár 2 sem er neðan við Kelduárlón. Áin var gruggug jökulá fyrir stífluna en nú er efsti hluti hennar nánast þurr ef frá er talinn lítills háttar leki í gegn um stífluna. Farvegur Kelduár 2 er um 20 km og gera má ráð fyrir að fjórir efstu kílómetrar farvegarins sé nánast þurrir. Ýmsar hliðarár, t.d. Grjótá og Innri- og Ytri Sauðá, renna í Kelduá 2 og vex rennsli hennar niður eftir farvegi. Grjótá og Sauðá eru hins vegar stíflaðar og oft mjög vatnslitlar þannig að rennsli Kelduár 2 er alfarið háð veitingu vatns á þessum vatnasviðum.

104-974-R Sog 4

Vatnshlotið Sog 4 er neðan við stíflu Steingrímsstöðvar í útfalli Þingvallavatns og ofan við Úlfljótsvatn. Þessi farvegur Sogsins er nýttur sem yfirfall fyrir Steingrímsstöð. Áður fyrir rann þar ekkert vatn stóran hluta ársins en nú er vatni alltaf hleypt um farveginn í gegn um lokur á stíflunni. Rennlið er hins vegar mjög breytilegt og háð veðurfari og rekstri stöðvarinnar. Lágmarksrennsli um lokurnar er stýrt og er að jafnaði um 4 m<sup>3</sup>/s. Rennsli getur farið upp í fullt rennsli Sogs sem er um 100 m<sup>3</sup>/s.

### **Straumvatnshlot þar sem áhrif af virkjanaframkvæmdum eru nokkur á vatnsformfræði; einkunn frá 2,5–3,5**

101-1674-R Blanda 1

Blanda 1 kallast sá hluti Blöndu sem er neðan við Blöndustöð. Við stíflun Blöndu og myndun Blöndulóns hefur haft áhrif á rennsli og setframburð Blöndu. Rennsli er jafnara og setframburður minni en fyrir virkjun. Árstíðabundnar sveiflur í rennsli hafa einnig minnkað.

102-1248-R Jökulsá í Fljótaldal 3

Jökulsá í Fljótaldal 3 er neðan við Ufsarlón, sem er hluti af Hraunaveitu og þaðan er vatni veitt til Fljótaldalsstöðvar á sumrin á meðan vatn safnast í Háslón. Ufsarlón myndaðist þegar stífla var gerð í Jökulsá í Fljótaldal en þangað rennur einnig vatn í gegn um göng úr Sauðarlóni og Gilsarlóni. Jökulsá í Fljótaldal 3 er oft vatnslítill en þegar Ufsarlón er fullt fellur vatn um yfirfall í farveginn. Einn sinni á ári er lónastæði Ufsarlóns skolað með því að opna botnlokur lónsins og láta vatnið skola út aur sem safnast hefur fyrir yfir árið. Það er gert að hausti þegar Háslón er orðið fullt og ekki er þörf fyrir vatnið úr Ufsarlóni til að knýja Fljótaldalsvirkjun. Þá rennur mjög aurugt vatn um farveg Jökulsár í Fljótaldal 3.

103-663-R Þjórsá 1

Neðan við Búrfell fellur Þjórsá 1 um 96 km til sjávar. Á þeim hluta ársinnar er engin virkjun en rennsli hennar verður þó fyrir áhrifum af rennslisstýringu ofar á vatnasviðinu. Með auknum fjölda virkjanalóna og aukinni miðlunargetu hefur rennsli jafnast yfir árið og rennslissveiflur orðið minna áberandi. Mikið sest til af aur í lónin sem veldur því að aurburður ársinnar hefur minnkað eftir virkjun ársinnar.

102-1203-R Kelduá 1

Kelduá rennur úr Vesturdalsjökli í Vatnavökli. Hún var stífluð í um 14 km fjarlægð frá upptökunum og við það myndaðist Kelduárlón sem er ekki skilgreint sem vatnshlot þar sem það er undir viðmiðunarstærð fyrir stöðuvötn samkvæmt lögum um stjórn vatnamála. Við stíflun Kelduár og þveráa hennar (Grjótá og Sauðá) minnkaði rennsli Kelduár 1. Áhrifin eru þó minni en í Kelduá 2.

102-1073-R Grjótá 1

Við gerð Kárahnjúkavirkjunar var gerð stífla í Grjótá og vatni veitt úr henni yfir í Kelduárlón. Neðan stíflunnar er Grjótá 1 og er rennsli í farvegi hennar er mjög skert. Grjótá rennur í Kelduá og hefur veiting Grjótár því einnig áhrif á rennsli Kelduár.

102-1262-R Ytri-Sauðá og þverlækir

Ytri-Sauðá neðan Sauðárvatns var stífluð við gerð Kárahnjúkavirkjunar. Vatni er veitt úr Sauðárvatni yfir í Innri Sauðá, sem einnig var stífluð og veitt yfir í Grjótá. Vatni úr Ytri- og Innri Sauðá var svo veitt með Grjótá yfir í Kelduárlón. Rennsli er því skert í ánni, sérstaklega í farveginum beint neðan Sauðárvatns. Vatn berst inn í farveginn með þverlækjum þannig að rennsli eykst smám saman niður eftir farveginum. Ytri Sauðá neðan Sauðárvatns er um 15 km og eru líklega um 3 km farvegarins nánast þurrir stóran hluta ársins.

### Viðauki 3. Stöðuvötn/lón

Hér á eftir fer lýsing á þeim vatnshlotum stöðuvatna/lóna sem hafa orðið fyrir vatnsformfræðilegum breytingum af mannavöldum.

#### Þjórsár–Tungnaásvæðið

103-2077-L Sultartangelón

Myndast við stíflun Þjórsár neðst í Sultartanga. Lónið er 20 km<sup>2</sup> og eru vatnshæðabreytingar vegna miðlunar eru 7 m frá hæstu stöðu í lægstu stöðu. Eftir gerð Búðavirkjunar rennur vatns frá Tungnaá/Köldukvísl í gegn um Sporðöldulón til Sultatangelóns. Sultatangavirkjun var tekin í gagnið árið 1999 og eftir það hefur hún haft áhrif á rennsli Þjórsár neðan virkjunarinnar. Sultatangelón var myndað nokkrum árum fyrir en miðlun úr því hófst ekki fyrir en Sultatangastöð var tilbúin.

103-2445-L Þjórsárlón

Þjórsárlón var myndað árið 1997 í síðasta hluta framkvæmda við Kvíslaveitur. Það er myndað við stíflun efstu kvísla Þjórsár. Lónið er fyllt með jökulvatni, er 3,5 km<sup>2</sup>, með 15,2 Gl miðlunargetu. Vatn úr Þjórsárlóni fellur áfram um skurði, farvegi og lítil lón, Hreysislón og Eyvindarlón, til Kvíslavatns.

103-2427-L Eyvindarlón

Eyvindarlón er lítið lón sem er hluti af Kvíslaveitum. Þar var Eyvindarkvísl syðri stífluð breytt í stöðuvatn sem er 0,1 km<sup>2</sup> og miðlunargeta 2,7 Gl. Vatn í Eyvindarlóni er að mestu leyti komið úr Þjórsárlóni.

103-2092-L Kvíslavatn

Í Kvíslavatn renna margar bergvatnkvíslar af austurhluta vatnasviðs efri hluta Þjórsár, auk þess sem efstu kvíslum Þjórsár er miðlað í veiturnar. Í Kvíslavatni er því jökulskotið vatn sem myndaðist við stíflun straumvatna. Stærð Kvíslaveita er um 25 km<sup>2</sup> og miðlun um 150 Gl. Vatnið rennur um skurði og lítil lón yfir í Þórisvatn sem geymir mesta miðlunarvatn á svæðinu.

103-2093-L Stóraverslón/Dratthalavatn

Stóraverslón er sunnan við Kvíslavatn og er á veituleið úr Kvíslavatni yfir í Þórisvatn. Það er 2,9 km<sup>2</sup>, með 9 Gl miðlunargetu. Í lóninu er jökulvatn.

103-2167-L Sauðafellslón

Sauðafellslón er 5,2 km<sup>2</sup> og er staðsett norðan við Þórisvatn og tekur við jökulvatni úr Kvíslaveitum. Lónið er myndað við stíflu sem gerð var í Köldukvísl. Rétt ofan við lónið mætast vatn úr Kvíslaveitum (Þjórsár og austurkvíslar) og Kaldakvísl. Vatn úr Sauðafellslóni rennur til Þórisvatns. Miðlunargeta Sauðafellslóns er 22,4 Gl.

103-2446-L Hágöngulón

Hágöngulón myndaðist við stíflun Sveðju og Köldukvíslar árið 1997. Lónið er 34 km<sup>2</sup>, með 320 Gl miðlun. Gerð lónsins hefur mjög mikil áhrif á rennsli Köldukvíslar neðan stíflu þar sem rennur nú lítilsháttar af bergvatni stærstan hluta ársins, nema þegar Hágöngulón fyllist seinni hluta sumars og jökulvatn fellur um yfirfallsvirki stíflunnar. Vatni er svo veitt úr lóninu á veturna og þá rennur jökulvatn



um farveg Köldukvíslar neðan við Hágöngulón í gegn um Þórisvatn og aðrar veitur neðar á svæðinu. Mikið sest til af jökulaur í lóninu sem veldur því að mun minni aurframburður er af svæðinu.

103-2162-L Þórisvatn

Þórisvatn er stærsta stöðuvatn á Íslandi. Fyrir virkjun var Þórisvatn 70 km<sup>2</sup> en er nú allt að 88 km<sup>2</sup> þegar það er í fullt. Þórisvatn var stækkað smám saman með auknu aðrennsli frá Köldukvísl og Kvíslarveitum. Þórisvatn var tært stöðuvatn áður en Köldukvísl, og seinna hluta Þjórsár með Kvíslarveitum, var veitt í það. Miðlun í Þórisvatni er 1512 Gl og er það langmesta miðlunin á svæðinu. Flatarmál Þórisvatns fer úr 53 km<sup>2</sup> í lægstu stöðu upp í 88 km<sup>2</sup> í hæstu stöðu og vatnshæðin sveiflast yfirleitt um 13–14 m á ári en árið 2014 var mikill þurrkur og þá urðu lækkaði vatnsborð Þórisvatns um 19 m yfir árið (Snævarr Georgsson, 2016).

103-2449-L Vatnsfellslón

Úr Þórisvatni rennur vatn yfir í Vatnsfellslón sem er inntakslón Vatnsfellsvirkjunar. Lónið er 0,6 km<sup>2</sup> að stærð með 3,1 Gl miðlun. Vatnsborðsbreytingar eru óverulegar í lóninu þar sem miðlunin fer fram í Þórisvatni og Hágöngulóni.

103-2447-L Krókslón

Krókslón var myndað árið 1977 þegar Tungnaá var stífluð við Sigöldu. Auk þess var vatni frá Þórisvatni veitt til lónsins. Vatnið er notað til að knýja Sigöldustöð. Lónið er 14 km<sup>2</sup> og miðlunargeta þess er 150 Gl. Vatnsborðsbreytingar eru óverulegar í lóninu. Vatnið í lóninu er jökulvatn.

103-2135-L Hrauneyjalón

Úr Krókslóni rennur vatn um veituskurði, Sigölduvirkjun og yfirfallsfarveg til Hrauneyjalóns sem er 9 km<sup>2</sup> og hefur 34,9 Gl miðlunargetu. Vatnshæðabreytingar eru óverulegar þar sem mesta vatnsmiðlunin fer fram ofar á vatnasviðinu, í Hágöngulóni og Þórisvatni. Í Hrauneyjalóni er jökulvatn, eins og í öðrum lónum á svæðinu. Hrauneyjalón myndaðist þegar Tungnaá var stífluð rétt ofan við Hrauneyjafoss. Vatn úr lóninu knýr hverfla Hrauneyjavirkjunar.

[Vantar númer] Sporðöldulón

Jökulvatn Tungnaár sem rennur frá Hrauneyjafossvirkjun um manngerðan skurð, Flutningskvísl, inn í Sporðöldulón sem haldið eru uppi af stíflu í farvegi Flutningskvíslar og Köldukvísl. Það lón hefur ekki verið skilgreint sem vatnshlot í vatnavefsjá. Lónið er 7 km<sup>2</sup> með 26 Gl miðlunargetu. Þangað rennur einnig það bergvatn sem rennur um farveg Köldukvíslar. Vatn rennur úr Sporðöldulóni um göng um Búðarháls til Búðarhálsvirkjunar, þaðan sem það rennur í Sultartangalón.

## **Blönduvirkjun**

101-1220-L Blöndulón

Blöndulón myndaðist við stíflun Blöndu á norðanverðu hálendinu þar sem Kjalvegur kemur niður í Blöndudal. Jafnframt var Kolkukvísl stífluð en hún féll áður í Vatnsdalsá. Blöndulón er 56 km<sup>2</sup> og er þriðja stærsta stöðuvatn á Íslandi með um 412 Gl miðlunarrými. Miðlunarhæð er um 13 metrar.

101-1216-L Þrístikla

Frá Blöndulóni rennur vatn um manngerðan veituskurð yfir í Þrístiklu. Þar var fyrir stöðuvatn með bergvatni en nú er þar jökulvatn. Þrístikla hefur ekki breyst að stærð og þar er ekki um miðlun að ræða

heldur hefur breytingin aðallega stafað af því að þar var bergvatni breytt í jökulvatn sem hefur áhrif á lífríki sem þar getur þrífist.

101-1215-L Smalatjörn

Úr Þrístiklu rennur vatnið áfram um veituskurð yfir í Smalatjörn sem var lítil bergvatnstjörn áður en Blönduvirkjun tók til starfa. Stífla var gerð í farvegi Fannlækjar og Smalatjörn stækkuð. Farvegur Fannlækjar er nú alveg þurr. Nú er Smalatjörn um 0,5 km<sup>2</sup> en var minni fyrir virkjun, og þá minni en stærðarviðmið um stöðuvatnshlot skv. reglugerð 535/2011 um flokkun vatns. Smalatjörn er nú á veituleið Blönduvirkjunar og þar er nú jökulvatn.

101-1189-L Austara-Friðmundarvatn

Þriðja vatnið á veituleið Blönduvirkjunar er Austara-Friðmundarvatn. Það er um 2 km<sup>2</sup> og tók stærð þess engum breytingum vegna virkjunarinnar. Það var bergvatn en er nú jökulvatn.

101-1210-L Gilsvatn

Gilsvatn er fjórða vatnið á veituleið Blönduvirkjunar. Það er um 2 km<sup>2</sup> að stærð og tók stærð þess engum breytingum vegna virkjunarinnar. Það var bergvatn en er nú jökulvatn.

101-1221-L Gilsárlón

Úr Gilsvatni rann Gilsá sem var stífluð við gerð Blönduvirkjunar. Þá myndaðist Gilsárlón sem er inntakslón virkjunarinnar. Það er 4,3 km<sup>2</sup> að stærð en þar var ekkert stöðuvatn fyrir, heldur votlendisflá sem er nú á botni Gilsárlóns og losnar metan úr rotnandi jarðvegi (Hlynur Óskarsson og Jón Guðmundsson 2008). Farvegur Gilsár er nú að mestu leyti þurr vegna stíflumannvirkja í farveginum.

## **Kárahnjúkavirkjun**

102-2448-L Háslón

Við gerð Kárahnjúkastíflu og Desjarárstíflu myndaðist Háslón sem er 63 km<sup>2</sup> að stærð þegar það er fullt og nær 25 km frá stíflu að jökli. Miðlunarrými er 2210 Gl og vatnsborðsbreytingar geta verið allt að 65 m á milli hæstu og lægstu stöðu. Vatnið í lóninu er mjög gruggugt jökulvatn. Vatnið er notað til að knýja hverfla í Fljótsdalsstöð. Við myndun lónsins breyttist rennsli og aurframburður í einu stærsta jökulfljóti landsins, Jökulsá á Dal. Tilfærsla vatns um göng yfir í Fljótsdalsstöð og áfram í Jökulsá í Fljótsdal og Lagarfljót hefur einnig valdið miklum breytingum á rennsli og aurframburði í þeim vatnshlotum. Þar er um að ræða mestu vatnatilflutningar á landinu og þótt víðar væri leitað.

## **Mjólkárvirkin**

101-754-L Langavatn/Hólmavatn

Langavatn og Hólmavatn voru tengd saman með skurði og saman mynda þau inntaks- og miðlunarlón fyrir Mjólkárvirkin sem er 0,6 km<sup>2</sup>. Alls er geymslurými í Langavatni/Hólmavatni 3 Gl og munur á mestu og minnstu vatnshæð eru tæpir 8 metrar (Sölvi Sólbergsson/Óli Byron, 2020 persónulegar upplýsingar). Vatnið er tært og er í tæplega 500 m.y.s. Vatn er leitt úr Langavatni/Hólmavatni um pípu í stöðina sem er rétt ofan sjávarmáls og er fallhæðin því um 500.

## Viðauki 4

### 1.4. Identification of Pressures

Member States shall collect and maintain information on the type and magnitude of the significant anthropogenic pressures to which the surface water bodies in each river basin district are liable to be subject, in particular the following.

Estimation and identification of significant point source pollution, in particular by substances listed in Annex VIII, from urban, industrial, agricultural and other installations and activities, based, inter alia, on information gathered under:

- (i) Articles 15 and 17 of Directive 91/271/EEC;
- (ii) Articles 9 and 15 of Directive 96/61/EC (1);  
and for the purposes of the initial river basin management plan:
- (iii) Article 11 of Directive 76/464/EEC; and
- (iv) Directives 75/440/EC, 76/160/EEC (2), 78/659/EEC and 79/923/EEC (3).

Estimation and identification of significant diffuse source pollution, in particular by substances listed in Annex VIII, from urban, industrial, agricultural and other installations and activities; based, inter alia, on information gathered under: (i) Articles 3, 5 and 6 of Directive 91/676/EEC (4);

- (ii) Articles 7 and 17 of Directive 91/414/EEC;
- (iii) Directive 98/8/EC; and for the purposes of the first river basin management plan:
- (iv) Directives 75/440/EEC, 76/160/EEC, 76/464/EEC, 78/659/EEC and 79/923/EEC.

Estimation and identification of significant water abstraction for urban, industrial, agricultural and other uses, including seasonal variations and total annual demand, and of loss of water in distribution systems.

Estimation and identification of the impact of significant water flow regulation, including water transfer and diversion, on overall flow characteristics and water balances.

Identification of significant morphological alterations to water bodies.

Estimation and identification of other significant anthropogenic impacts on the status of surface waters.

Estimation of land use patterns, including identification of the main urban, industrial and agricultural areas and, where relevant, fisheries and forests.

## **Viðauki 5**

### **1.5. Assessment of Impact**

Member States shall carry out an assessment of the susceptibility of the surface water status of bodies to the pressures identified above.

Member States shall use the information collected above, and any other relevant information including existing environmental monitoring data, to carry out an assessment of the likelihood that surface waters bodies within the river basin district will fail to meet the environmental quality objectives set for the bodies under Article 4. Member States may utilise modelling techniques to assist in such an assessment.

For those bodies identified as being at risk of failing the environmental quality objectives, further characterisation shall, where relevant, be carried out to optimise the design of both the monitoring programmes required under Article 8, and the programmes of measures required under Article 11.