

Vatnsformfræðilegir gæðarættir – yfirlit yfir úrvinnslumöguleika

Gerður Stefánsdóttir, Veðurstofu Íslands
Davíð Egilson, Veðurstofu Íslands

Greinargerð nr.: GSt/DE/2014-02	Dags.: Febrúar 2014	Dreifing: Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/>
		Skilmálar:
Heiti greinargerðar: Vatnsformfræðilegir gæðapættir – yfirlit yfir úrvinnslu- möguleika		Upplag: 15 Fjöldi síðna: 28
		Framkvæmdastjóri sviðs: Jórunn Harðardóttir
Höfundar: Gerður Stefánsdóttir og Davíð Egilson		Verkefnisstjóri: Gerður Stefánsdóttir
		Verknúmer: 4605
Gerð greinargerðar/verkstig: Verklokaskýrsla 2013		Málsnúmer: 2011-203
Unnið fyrir: Umhverfisstofnun		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Ýmsir vatnsformfræðilegir þættir koma til greina við úrvinnslu á gæðapáttum vegna stjórnar vatnamála. Í samantektinni er fjallað um skilgreiningu vatnsformfræðilegra breyta samkvæmt stjórn vatnamála og möguleg áhrif vatnsformfræðilegra breyta á vistkerfi. Farið er yfir aðferðafræði við rennslisgreiningu straumvatna og gefin dæmi um rennslisvísa sem hægt er að nota til að skilja betur eiginleika og uppruna þeirra og nota við ákvörðun gæðapátta. Lögð er áhersla á að þættir til skoðunar byggji á fyrirliggjandi gögnum og framtíðar áherslum við vatnamælingar. Niðurstöður eru bornar saman við tillögu að gerðargreiningu vegna stjórnar vatnamála. Fjallað er stuttlega eiginleika við greiningu stöðuvatna, einkum viðstöðutíma sem líklega hefur talsverð áhrif á vistkerfi þeirra.		
Lykilorð: Stjórn vatnamála, vatnatilskipun, rennsli, vatnsformfræði, gæðapættir, rennslisþættir, rennslisvísir, straumvötn, stöðuvötn, vatnsbúskapur, aðfallsferlar, vatnshlot, viðstöðutími, Umhverfisstofnun.		Undirskrift framkvæmdastjóra sviðs: 
		Undirskrift verkefnisstjóra:
		Yfirfarið af: JHa

Efnisyfirlit

1	Inngangur.....	7
2	Vatnsformfræðilegir þættir.....	7
3	Vatnsbúskapur – almennt	9
3.1	Rennslisgreining – straumvötn.....	9
3.1.1	Langæislína	10
3.1.2	Massalínurit	13
3.2	Rennslisvísar	14
3.2.1	Grunnrennslisvísir (baseflow index)	14
3.2.2	Aðfallsgreining, lágrennslí.	15
3.3	Tengsl rennslisvísa við gerðir.....	18
4	Rennslí – stöðuvötn	21
4.1	Viðstöðutími vatns	21
4.2	Vatnsborðssveiflur.....	22
5	Lokaorð	22
6	Heimildir	24
7	Viðauki	26

Myndaskrá

Mynd 1. Rennslisraðir straumvatna með mismunandi rennsliseiginleika.....	10
Mynd 2. Langæislína Hjaltadalsár 1956–2013.....	11
Mynd 3. Langæislínur hvers vatnsárs fyrir Djúpa í Fljótshverfi.....	11
Mynd 4. Langæislínur vatnfalla með mismunandi rennsliseiginleika..	12
Mynd 5. Massalínurit sem sýnir mismunandi flokka vatnshlota.....	13
Mynd 6. Mismunandi skilatími vatns eftir eiginleikum vatnasviði.....	14
Mynd 7. Grunnrennslisvísir vatnasviða nokkurra vatnsfalla (VÍ gögn í handriti).....	15
Mynd 8. Dæmi um fallandakúrfur við mælingu á lágrennslis (Gregor & Malík, 2012).	15
Mynd 9. Aðferðafræði við aðfallsgreiningu.....	16
Mynd 10. Hlutfall rennslis af meðalrennslis eftir 25 daga þurrð á völdum vatnasviðum.	18
Mynd 11. Samanburður á rennslisvísnum og greiningu í gerðir.....	19
Mynd 12. Tengsl hlutfalls uppsafnaðs rennslis vatns yfir stöðugu rennslis.	20
Mynd 13. Klasagreining vatnsfalla eftir hlutfallsmörkum	21

Töfluskrá

Tafla 1. Helstu vatnsformfræðilegu og eðlisefnafræðilegu þættir til greiningar á vistgerð straum- og stöðuvatna	8
Tafla 2. Aðfallsferlar, rennslis eftir 25 daga þurrð og upphaflegt rúmtal grunnvatns í grunnvatnsgeymum	17

1 Inngangur

Í samræmi við lög um stjórn vatnamála (36/2011) og reglugerðum þar að lútandi (535/2011, 935/2011) fól Umhverfisstofnun Veðurstofu Íslands að greina tiltæk gögn um vatnsformfræðilega eiginleika ferskvatnshlota og mögulegar leiðir til að greina áhrif þeirra á gerð og eiginleika vistkerfa. Slík greining er nauðsynleg til að afmarka þá gæðapætti sem koma til greina við mat á ástandi vatnshlota.

Veðurstofan annast margþættar mælingar er varða vatnafræðilega, vatnsformfræðilega og eðlisefnafræðilega eiginleika vatns í tengslum við hlutverk sitt er lýtur að vatnafræðilegum rannsóknum og rannsóknum á vatnsauðlindinni. Markmið verkefnisins sem hér er kynnt er að skoða heildstætt hvaða tiltæku gögn nýtast í vinnu við stjórn vatnamála og hvernig er best að vinna úr þeim gögnum.

Ýmis gagnaöflun er unnin að staðaldri s.s. rennslismælingar, aurburðarmælingar og ýmsar eðlisefnafræðilegar mælingar. Undanfarin 2–4 ár hefur Veðurstofan skoðað ýmsa vatnsformfræðilega þætti með viðtækari hætti en áður hefur verið gert (t.d. Philippe Crochet, 2013; Irene W. Lugten, 2013). Sú vinna tengist að hluta til öðrum verkefnum sem falla undir lögboðið hlutverk hennar eða hún hefur tekið að sér sem verktaki. Þó að þessi vinna teljist ekki til verkefnavinnu við framkvæmd laga *nr. 36 2011 um stjórn vatnamála* er ákveðna samlegð að finna þar sem stjórn vatnamála hefur notið ákveðins vinnuframlags og niðurstaðna úr öðrum verkefnum. Í ljósi þess að draga á úr vinnu við framkvæmd laganna á komandi ári var talið rétt að gera nokkuð ítarlega grein fyrir stöðu mála og hugmyndum um framhald vinnunnar.

Í vinnuskjali þessu er hugtakið vatnsformfræðilegir gæðapættir notað yfir öll gögn og mælingar sem varða hefðbundnar vatnamælingar sem alla jafna myndu kallast vatnafræðilegar eða eðlisfræðilegar mælingar. Þetta er í samræmi við notkun þessara hugtaka í lögum og reglugerðum um stjórn vatnamála. Vonum við að þessi einföldun komi ekki að sök.

Lokamarkmið með verkefninu er að finna samræmda gæðapætti vegna líffræðilegra, eðlisefnafræðilegra og vatnsformfræðilegra þátta flokkunar á vistfræðilegu ástandi vatns.

2 Vatnsformfræðilegir þættir

Ýmsir vatnsformfræðilegir þættir hafa áhrif á þau skilyrði sem eru til staðar í vatnakerfum og geta haft úrslitaáhrif á ríkjandi vistgerð. Sem dæmi má nefna hafa rennslishættir mikil áhrif á þau skilyrði sem eru til staðar fyrir vatnagróður, vöxt og viðgang sviflægra og botnlægra þörunga sem og umhverfi og viðkomu hryggleysingja og annarra dýra. Rennslishættir, uppruni vatns og aðstæður í umhverfinu hafa áhrif á mikilvæga þætti eins og botngerð, næringarefnaaðstæður, uppsöfnun efnis, rýni vatnsins og straumfræði þess. Það er því mikilvægt og áhugavert að afla frekari vitneskju um hvaða þættir hafa áhrif útbreiðslu lífvera og þá ríkjandi vistgerð sem verður til staðar.

Í viðauka 3 með reglugerð um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun (535/2011) eru tilgreindir ýmsir eðlisefnafræðilegir og vatnsformfræðilegir þættir sem mögulegir áhrifavaldar á vistgerð straum- og stöðuvatna (tafla 1). Nánari upplýsingar

um mögulega gæðapætti er einnig að finna í viðauka 1. Mikilvægt er að hafa huga að þetta er ekki endanlegur listi, aðrir útskýrandi þættir koma einnig til greina.

Tafla 1. Helstu vatnsformfræðilegir og eðlisefnafræðilegir þættir sem koma til greina við greiningar á vistgerð straum- og stöðuvatna.

Svið	Gæðapáttur (Quality element)
Vatnsformfræði	Vatnsbúskapur
	Samfella ár
	Formfræðilegar aðstæður
Eðlisefnafræði	Gegnsæi / Tærleiki / Secchi dýpi
	Hitaaðstæður
	Súrefnisaðstæður
	Leiðni
	Selta
	pH
	Næringarefnaástand

Við greiningu er einnig nauðsynlegt að hafa í huga að sumir þessara eiginleika geta haft mismunandi áhrif eftir árstíma. Þannig þarf að skoða suma þætti á ársgrundvelli en aðrir hafa einkum áhrif á ákveðnu tímabili, t.d. tímabil sem hafa afgerandi áhrif á vöxt eða viðgang einkennistegunda.

Ýmsir þættir koma til greina sem mögulegir gæðapættir. Flest vatnsformfræðileg gögn Veðurstofunnar varða rennsli, vatnshæð og vatnsmagn og því er lögð sérstök áhersla á mótandi áhrif þeirra og hvernig hægt er að nálgast sem mestar upplýsingar úr þeim gögnum. Hins vegar er gerð grein fyrir flestum eðlisefnafræðilegu þáttunum í öðrum skýrslum sem fylgja með verklokaskýrslu Veðurstofunnar 2013 (Gerður Stefánsdóttir o.fl., 2014). Aurburðargögn voru notuð sem lýsir til að afmarka straumvötn með ríkjandi jökulþátt en hugsanlegt er að nota þau gögn enn frekar til greiningar. Upplýsingar um formfræðilegar aðstæður mikils hluta vatnsfalla eru ekki til á aðgengilegu formi enn sem komið er, en hægt er að vinna þær úr stafrænum gögnum og myndum. Sú úrvinnsla mun þó mótast nokkuð af því hvað kemur fram þegar vatnsformfræðilegu og líffræðilegu gögnin verða samkeyrð. Mikilvægt er að undirbúa slíka úrvinnslu vel áður en hafist er handa, enda er gagnamagnið mikið og margs konar breytur sem koma til álita.

Eigi að fá heildstæða mynd af ríkjandi vistfræði í hverju vatnshloti er nauðsynlegt að skoða hvort tengsl og samræmi vatnsformfræðilegra þátta við þá líffræðilegu þætti sem verið er að kanna séu fyrir hendi.

Auk þess sem vatnsformfræðilegir þættir eru mótandi þáttur hvað varðar vistfræðilegar aðstæður, þá er þekking á vatnsformfræðilegum þáttum einnig mikilvæg við mat á áhrifum breytinga á rennslisháttum vegna mannglegra umsvifa. Mannleg umsvif hafa oft á tíðum umtalsverð áhrif á rennslishætti og eiginleika vatns. Með hliðsjón af því er sérstaklega

mikilvægt að greina tengslasamband vatnsformfræðilegra og líffræðilegra þátta sem hafa kunna að hafa mótandi áhrif á vistgerð vatns.

3 Vatnsbúskapur – almennt

Styrkur rennslis og uppsafnaður viðstöðutími vatnsins á vatnasviði eru þættir sem geta haft umtalsverð áhrif á umhverfi straum- og stöðuvatna og vistfræðilegar aðstæður sem eru til staðar.

Hátt rennsli getur haft neikvæð áhrif á framvindu lífríkis í vatni og mismunandi áhrif eftir eiginleikum vistkerfisins hverju sinni. Við aukið rennsli gætir áhrifa svifþörunga sífellt í minna mæli, ásætubörungar og botngróður minnkar. Farið getur svo að lífsskilyrði fyrir botndýr hverfa og grófur malarbotn með botnskriði tekur við. Við slíkar aðstæður eru mælanlegir líffræðilegir þættir fáir eða jafnvel ekki til staðar. Hafa þarf í huga að vistkerfi sem þessi geta verið mikilvægur hluti íslenskrar náttúru þó ekki sé í þeim um stóra stofna æðri lífvera að ræða. Vötn sem þessi er oft ekki mögulegt að meta út frá líffræðilegum eiginleikum þar sem þau eru ekki lífvænleg en þau eru þó mikilvægur hluti af vistkerfum landsins. Þau geta m.a. verið efnarík og haft mikil áhrif á eðli- og eiginleika þeirra vatna sem þau renna í. Við lágt rennsli getur orðið uppsöfnun á fíngerðu lífrænu seti. Við slíkar aðstæður verður tilfærsla súrefnis með vatni ekki næg og/eða umsetning súrefnis verður mikil við næringarríkar aðstæður. Í slíkum tilfellum geta loftfirrðar (anaerobic) aðstæður orðir ríkjandi til lengri eða skemmri tíma. Þannig aðstæður geta haft mikil áhrif á efnaflæði vistkerfisins, hversu oft og hvenær slíkar aðstæður eru til staðar skiptir mestu fyrir framvindu vistkerfa á svæðinu. Slíkar aðstæður geta bæði verið við náttúrlegar aðstæður en einnig vegna aukinnar ákomu næringarefna eða lífræns úrgangs vegna athafna mannsins (Gerður Stefánsdóttir, 1991a, 1991b). Lífsskilyrði fyrir flestar æðri lífvera eru ekki ákjósanleg við þessar aðstæður og vöxtur og viðgangur þeirra því lítill eða enginn.

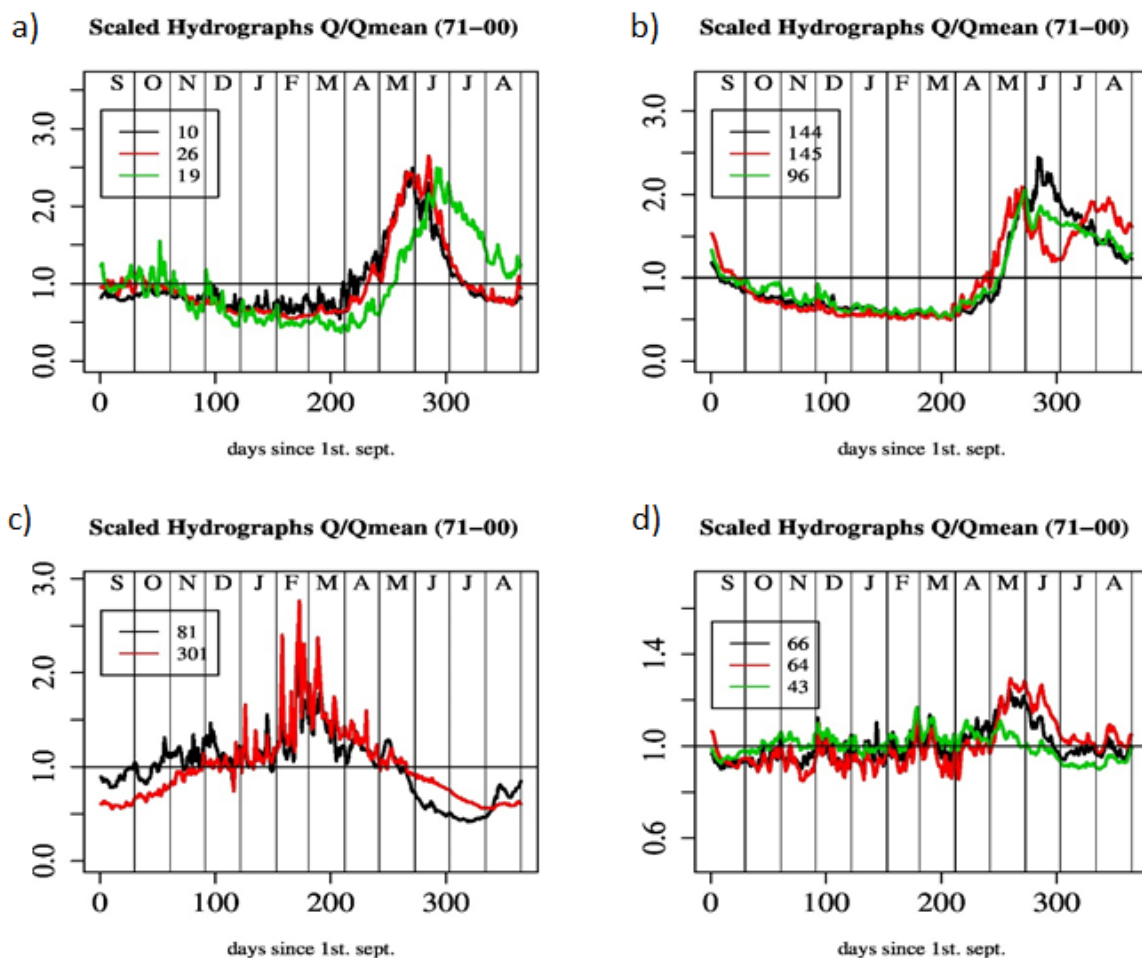
Viðstöðutími vatns á leið þess í gegnum vatnsvið og samspil þess við umhverfi og aðstæður ráða miklu hversu mikil lífræn framleiðsla er í kerfinu. Almennt má segja að vatn á yngri berggrunni sem er með ríkulegt innstreymi næringarefna úr lindarvatni er oft afar frjósamt þrátt fyrir stuttan viðstöðutíma. Styrkur næringarefna í lindarvatninu tryggir sífella endurnýjun á næringarefnum til vistkerfisins. Vatn á eldri berggrunni gæti þurft lengri viðstöðutíma í votlendi og stöðuvötnum til að auka styrk næringarefna í vatninu þannig að það nái sambærilegum styrk og vatn á yngri berggrunni. Líkur má leiða að því að viðstöðutími sé mikilvæg mælibreyta við mat á vistgerð, jafnvel gæðapáttur.

3.1 Rennslisgreining – straumvötn

Rennslishættir straumvatna eru mjög mismunandi eftir uppruna þeirra sé miðað við hina hefðbundnu flokkun í dragár, lindár og jökulár eins og sést á mynd 1. Þar sem flestar ár eru af fjölbreyttum uppruna gæti nánari rennslisgreining verið veigamikil tæki við gæðaflokkun.

Ýmsar aðferðir má nota til að meta og greina rennslishætti. Hér verður gert stuttlega grein fyrir langæislínu og massalínuriti. Unnt er að nota mun fleiri breytur eins og t.d. hvenær helmingur þess vatns sem fer um mælinn yfir árið hefur runnið fram, hvort einn eða fleiri

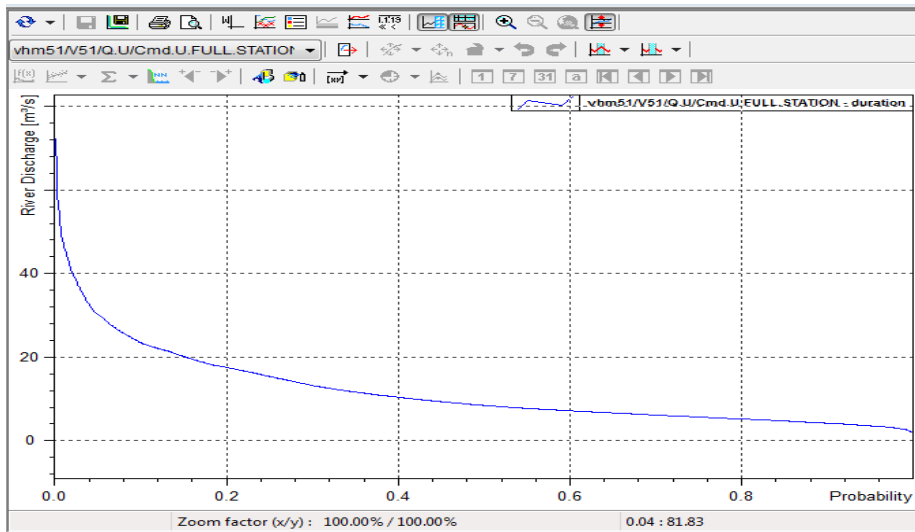
afrennslistoppar koma að jafnaði fram yfir árið, eða hvort mikið jafnaðarrennsli er í ánni (Philippe Crochet, 2013).



Mynd 1. Rennslisraðir straumvatna með mismunandi rennsliseiginleika. Raðirnar eru kvarðaðar sem hlutfall af heildarrennsli. a) Ár með dragár og lindáreinkenni; Dynjandisá, Svartá og Sandá. b) Ár með jökulþátt og lindár og dragáreinkenni; Austari- og Vestari Jökulsá og Tungnaá. c) Ár á láglandi með sterk dragáreinkenni og stýrðu rennsli; Korpa og Elliðaár. d) Ár með ríkan lindárþátt; Hvítá við Kljáfoss, Ölfusá og Brúará (Philippe Crochet, óbirt gögn).

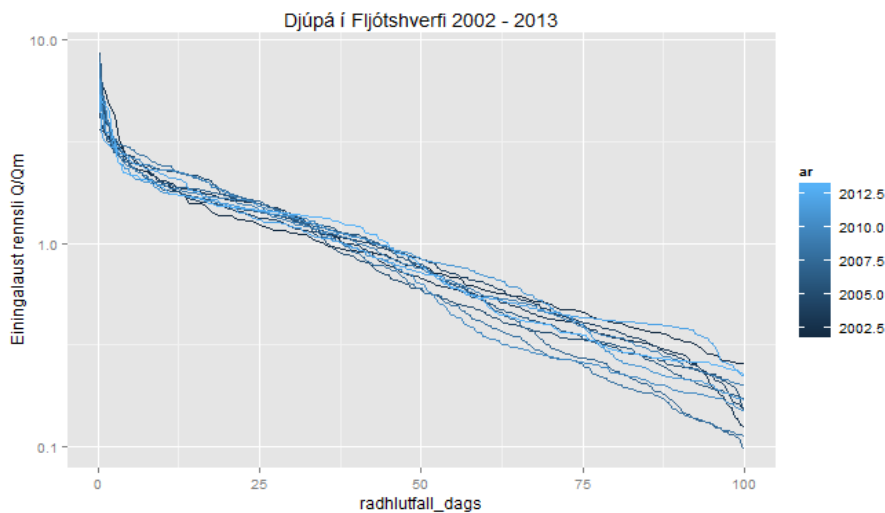
3.1.1 Langæislína

Langæislína er einn mælikvarði á breytileika rennslis. Við útreikning á langæislínum eru rennslisgögn sett fram á línuriti sem sýnir líkur á mismunandi rennsli (m^3/s) í viðkomandi vatnsfalli yfir ákveðið tímabil. Langæislínur eru ýmist reiknaðar fyrir hvert vatnsár eða yfir lengri tíma eins og gert er þegar langæislína Hjaltadalsár er reiknuð yfir 58 ára langt tímabil (mynd 2).



Mynd 2. Langæislína Hjaltadalsár 1956–2013, Gögn úr úrvinnslukerfi vatnamælinga (WISKI) á Veðurstofu Íslands.

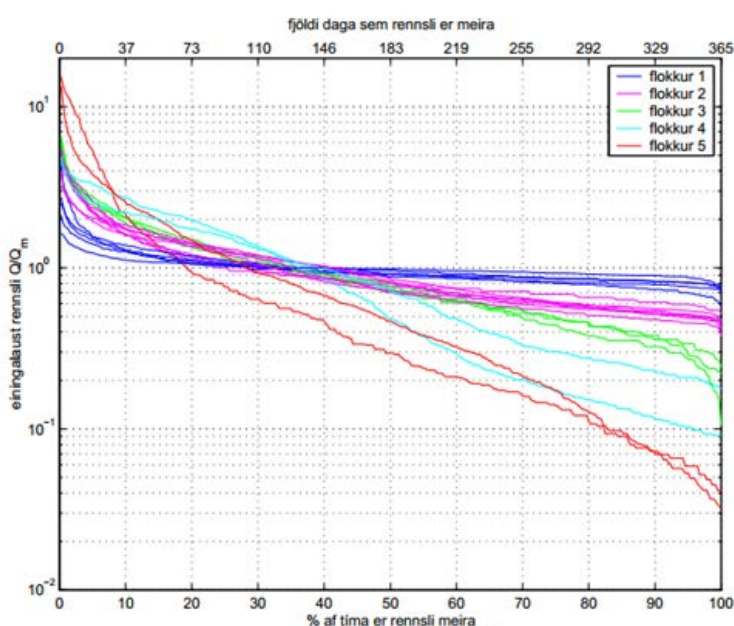
Að jafnaði er talsverður breytileiki á milli ára í rennsli eins og sést á mynd 3 þar sem langæislína er reiknuð fyrir hvert ár fyrir sig fyrir 11 ára tímabil.



Mynd 3. Langæislínur hvers vatnsárs fyrir Djúpa í Fljótshverfi.

Afar mismunandi er í hversu langan tíma rennsli hefur verið mælt í vatnsföllum hérlendis. Sum hafa einungis verið mæld í nokkur ár meðan mælingar í öðrum ná aftur til miðrar síðustu aldar. Það getur því verið hentugt við samanburð að nota skemmri tímabil eða ákveðin skilgreind tímabil, slíkt er háð hverju verkefni fyrir sig. Einnig þarf að hafa í huga hvaða áhrif langtímabreytingar s.s. breytingar í rúmtaki jökla hafa. Slíkt getur haft áhrif á hvernig unnið er með gögn ólíkra vatnsfalla og hversu langt aftur í tímann gögn eru sótt.

Við samanburð ólíkra vatnsfalla er langæislínan gerð einingalaus þannig að auðvelt sé að bera saman rennsliseiginleika vatnsfalla án tillits til vatnsmagns. Þetta er gert með því að deila með meðalrennsli miðgildisárs (mynd 4). Einkennisstærðir langæislínunnar eru notaðar til að gefa rennslisháttum viðkomandi vatnsfalls einkunn, m.a. grunnrennsli, mestu flóð og hvort rennsli sé stöðugt eða ekki. Tvær stærðir sem lesa má af langæislínunni eru notaðar til þess að gefa rennslisháttum viðkomandi vatnsfalls einkunn. Hæsta rennslið á langæislínunni, $Q/Q_m \max$, gefur vísbendingu um hlutfallslega stærð algengra flóða. Lægsta rennsli á langæislínunni, $Q/Q_m \min$, gefur vísbendingu um hlut grunnrennslis. Lögum ferlanna gefur sterka vísbendingu um einkennandi rennslishætti eins og sjá má á mynd 4. Þar eru ár með ríkjandi lindarvatni einkenndar með bláum línum, dæmigerðar jökulsár með ljósbláum og dragár með rauðum. Í greinargerð Vatnamælinga Orkustofnunar gerir Gunnar Orri Gröndal (2004) þessu efni góð skil.

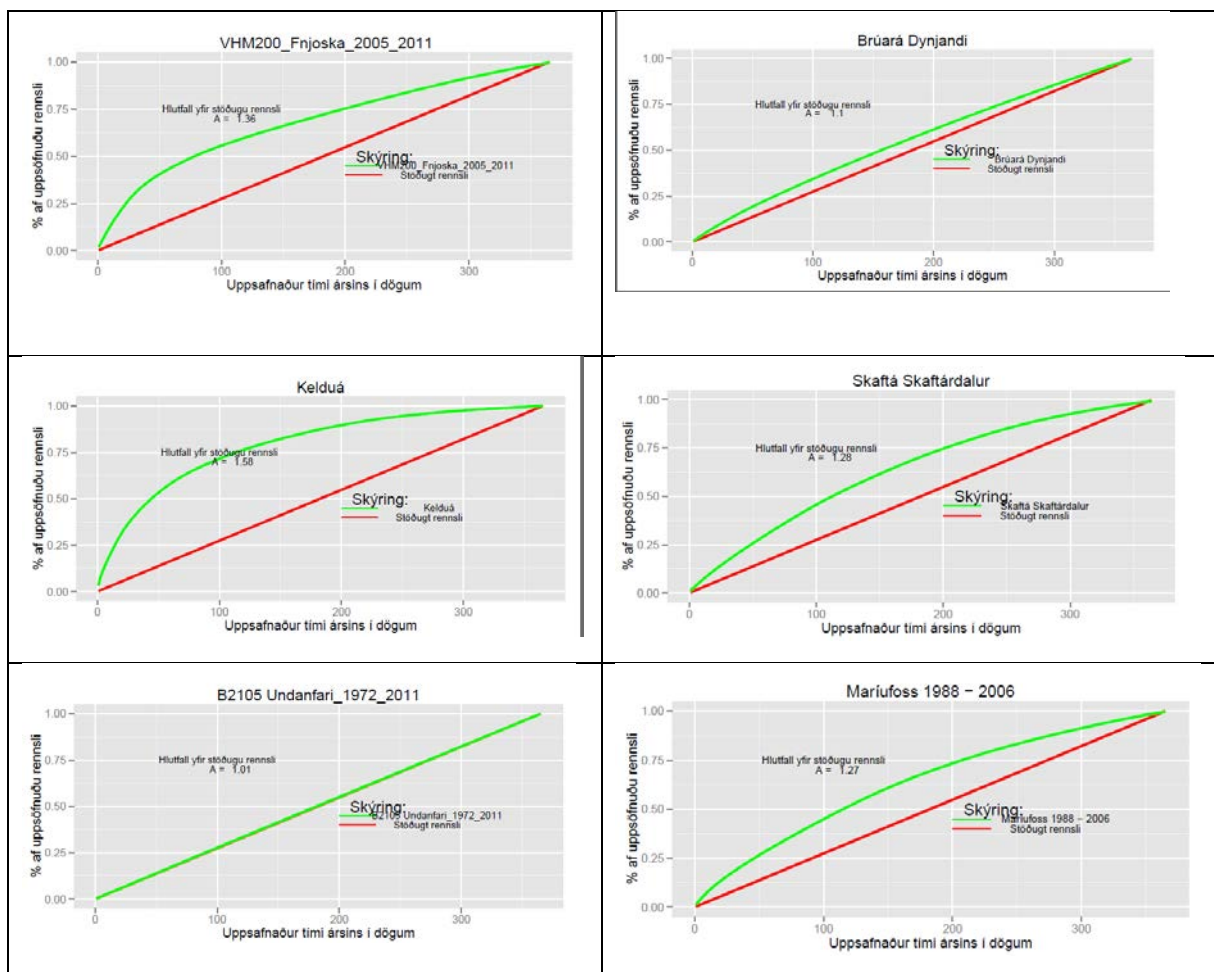


Mynd 4. Langæislínur vatnsfalla með mismunandi rennsliseiginleika. Flokkur 1: Laxá, Brúará, Eystri-Rangá, Ölfusá og Hvítá. Flokkur 2: Svartá, Sandá, Hvítá, Tungnaá og Austari og Vestari Jökulsár. Flokkur 3. Straumfjarðará, Dynjandisá og Korpa. Flokkur 4. Jökulsá á Dal og Djúpá. flokkur 5. Bessastaðaá og Fossá (Gunnar Orri Gröndal, 2004).

Við frekari rennslisgreiningu má byggja á hlutfallsmörkum (quantiles) í langæislínunum. Þau afmarkast af láréttu ásnum á mynd 4 sem sýnir prósentuhlutfall þess tíma sem rennslið er meira en hvert tiltekið rennsli. Þannig er hægt að sjá hlutfallsmarkið q10 á lóðrétta ásnum fyrir hvert vatnsfall út frá því hvar 10% línan sker langæislínu vatnsfallsins. Á sama hátt og er hlutfallsmark q50 lesið af lóðrétta ásnum sem 50% línan sker viðkomandi langæislínu. Nánar er fjallað um þessa greiningu í kafla 3.3.

3.1.2 Massalínurit

Massalínurit er önnur leið til þess að bera saman rennsliseiginleika og meta breytileika í rennsli (Gunnar Orri Gröndal, 2004). Þá er uppsafnað rennsli eða uppsöfnuð vatnshæð teiknuð á móti uppsöfnuðum tíma yfir árið. Auðvelt er að bera saman rennsliseiginleika vatnsfalla af mismunandi stærð þegar massalínan er gerð einingarlaus með því að deila í massann á hverjum tíma með heildarmassanum, mynd 5. Flatarmálið á milli tiltekinnar massalínu og hornalínunnar (rauð lína á mynd 5) er táknað með A . Lögum ferlanna gefur sterka vísbendingu um einkennandi rennslishætti eins og sjá má á myndinni. Hversu línuleg jafnan er endurspeglar rennsliseiginleika vatnshlotsins, árstíðabundna hegðun og getur verið vísbending um eðlisefnafræðilega eiginleika þess. Þegar rennslið er stöðugt yfir árið liggur massalínuritið nærri rauðu línunni en eftir því sem breytileikinn í rennslinu er meiri yfir árið vikur massalínan frá hornalínunni með tilsvareandi aukningu í flatarmálinu A ¹.



Mynd 5. Massalínurit sem sýnir mismunandi flokka vatnshlota. a) Fnjóská – Votlendisjöfnuð dragá, b) Brúará, Dynjandi – Lindá, c) Kelduá – Dragá, d) Skaftá, Skaftárdalur – Jökulsá með miklum grunnvatnshætti, e) Undanfari – Grunnvatnshola í Heiðmörk, f) Maríufoss í Tungnaá - Jökulsá með miklum grunnvatnshætti.

¹ Framsetningin á massalínuritinu hér er nokkuð frábrugðin því sem Gunnar Orri nefnir í grein sinni.

3.2 Rennslisvísar

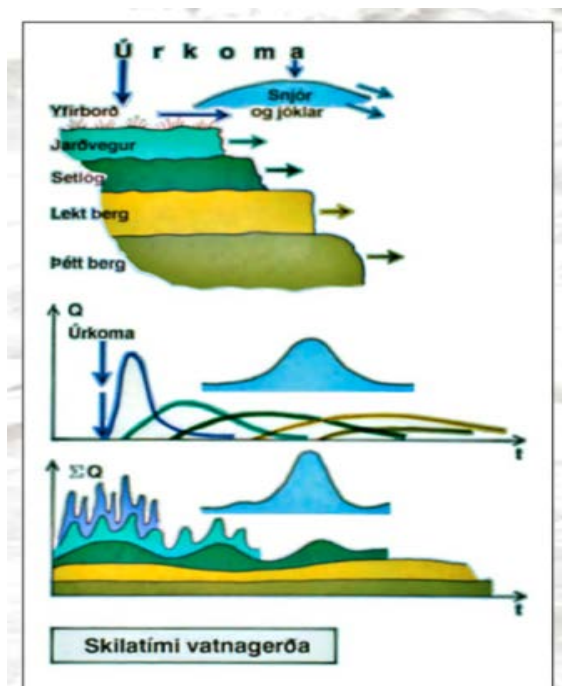
Ýmsir rennslisvísar geta stutt við greiningu á gæðum lýsa vegna gerðargreiningar vatnshlota og greiningu á gæðapáttum. Fjallað er hér um tvo rennslisvísa sem gætu nýst með þessum hætti, þ.e. grunnrennslisvísir og lágrennslisvísir. Tenging þeirra við gerðargreiningu vatnshlota er jafnframt skoðuð.

3.2.1 Grunnrennslisvísir (Baseflow Index)

Grunnrennslisvísir (BFI) endurspeglar hlutfall grunnrennslis af heildarrennslis vatnsfallsins. Við leysingu eða úrkomu rennur hluti afrennslisins beint í vatnsfallið tiltölulega óhindrað. Hins vegar hefur hluti þess haft viðstöðu í jarðlögum, tjörnum eða jarðvegi og kemur því síðar fram. Mynd 6 er skýringamynd af viðstöðu í mismunandi jarðlögum

BFI er mælikvarði á hve mikill hluti rennslisins hefur haft slíka viðstöðu. Þegar vatnasvið eru mjög stór kann einnig mismunandi veðurfar á vatnasviðinu að hafa jafnandi áhrif. Hins vegar eru flest vatnasvið á Íslandi fremur lítil og þess vegna er BFI allgóður vísir fyrir grunnvatnsþátt vatnsfallsins sérstaklega og jarðfræðilega eiginleika vatnasviðsins.

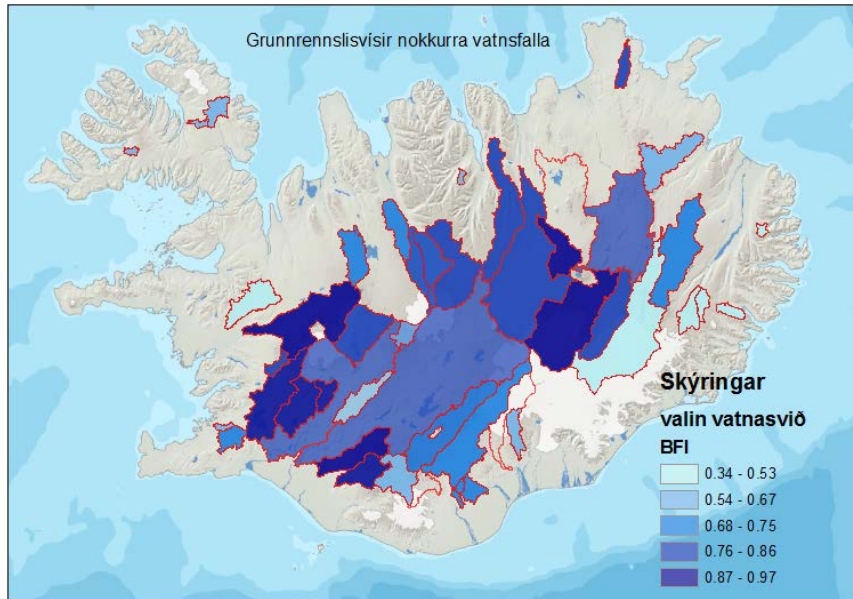
Almennt gildir að eftir því sem BFI er hærra þeim mun jafnara er rennslis vatnsfallsins og það dregur síður úr því á þurrkatímum. Það hefur mikil áhrif á vistkerfi þorni vatnsföll upp og gefur BFI vísbendingar um hvort slíkar aðstæður séu líklegar í vatnsfallinu. BFI stuðull hærri en 0,7 er vísbending um mjög sterkan þátt grunnrennslis.



Mynd 6. Mismunandi skilátími vatns eftir eiginleikum vatnasviði (Ríkey Hlín Sævarsdóttir & Freysteinn Sigurðsson, 2006).

BFI hefur verið reiknaður á margvíslegan hátt í gegnum tíðina. Hérlandis er notuð aðferð sem er orðin mjög útbreidd og kennd er við Wallington, Institute of Hydrology (Gustard, Bullock & Dixon, 1992). Í dag er einnig notuð uppfærð útgáfa hennar (Piggott o.fl., 2005). Á mynd 7 má sjá útreiknaða grunnrennslisvísa fyrir valin vatnasvið á Íslandi. Á myndinni sjást

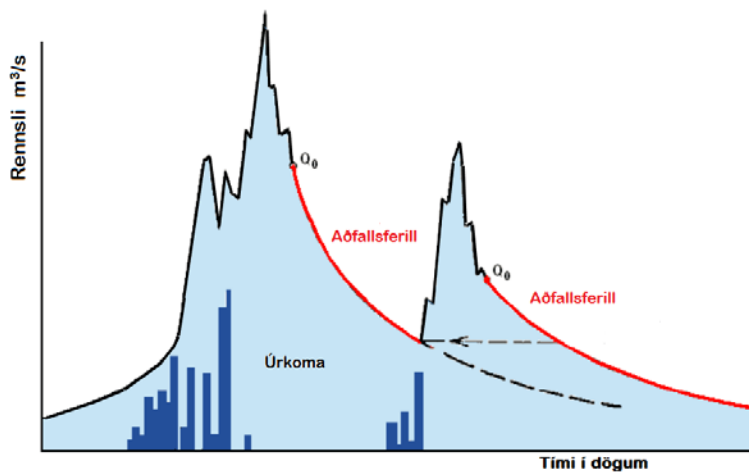
nokkuð vel skilin milli vatnfalla sem renna að mestu á eldvirka beltinu og vatnsfalla sem renna á eldra berginu.



Mynd 7. Grunnrennslisvísir vatnasviða nokkurra vatnsfalla (VÍ gögn í handriti).

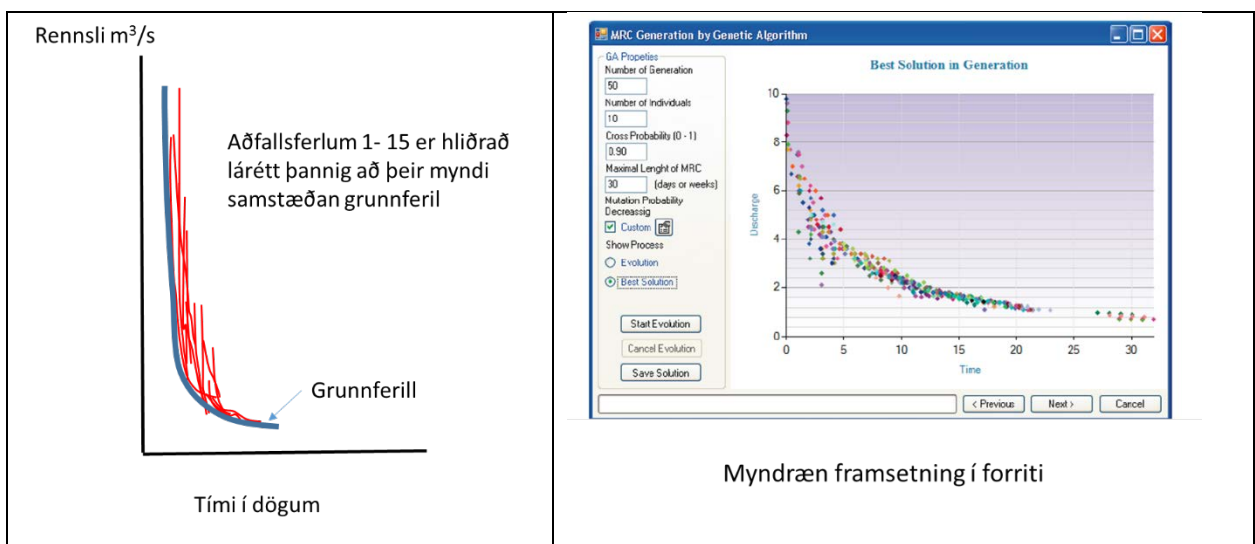
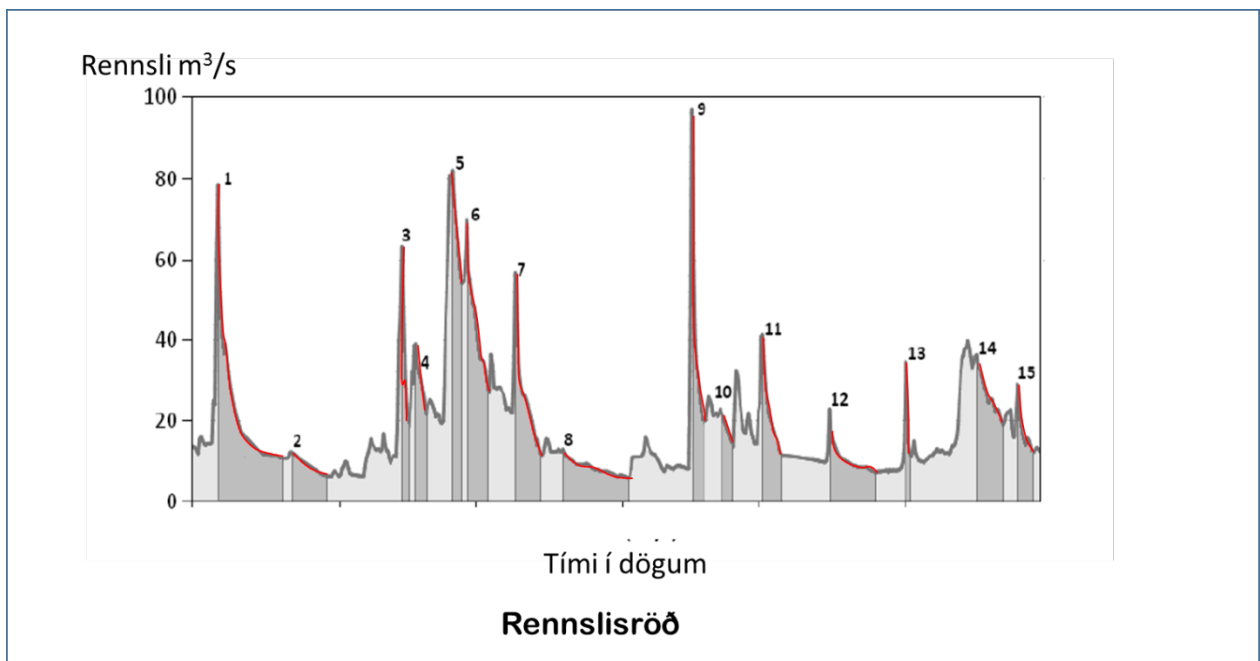
3.2.2 Aðfallsgreining, lágrennsli.

Lágrennslisvísir sýnir hlutfall lágrennslis eftir t.d. 25 daga þurrð. Þegar dregur úr leysingu eða úrkomu fellur rennslið að jafnvægisstöðu. Dæmi um aðfallsferil vatnsfalls við mælingu á lágrennsli eru sýnd á mynd 8. Fallandinn er háður afrennsliseiginleikum vatnasviðsins svo sem landslagi, jarðlögum og viðstöðutíma vatnsins og endurspeglar þannig eiginleika vatnasviðsins vel. Aðferðafræðin er vel þekkt og gefur Tallaksen (1995) gott yfirlit yfir sögulega þróun. Með tilkomu tölvutækninnar hefur þessi greining orðið mun auðveldari og er aðferðafræði birt í grein eftir Gregor og Malík (2012).



Mynd 8. Dæmi um fallandakúrfur við mælingu á lágrennsli.

Heildaraðfallsferill vatnsfallsins er fundinn með að velja þá atburði þegar fallandi er í rennslisröðinni og raða einstökum atburðum saman. Aðferðafræðin er sett fram á myndrænan hátt á mynd 9 (Gregor & Malík, 2012). Ferillinn innheldur ýmsar upplýsingar um afrennsliseiginleikana og auk þess má út frá honum meta hve mikið heildarrennslí verður eftir í kjölfar þurrðar í tiltekinn dagafjölda. Á sama hátt er unnt að meta hve mikið vatnsmagn er bundið í jarðlögum og grunnvatni til að halda uppi þessu rennslí. Hér er vísirinn settur fram sem hlutfall af heildarrennslí eftir 25 daga þurrð.



Mynd 9. Aðferðafræði við aðfallsgreiningu – byggt á (Gregor & Malík, 2012)

Þegar fallandinn α er þekktur er unnt að nota niðurstöðurnar til að meta hlutfall rennslis eftir t.d. 25 daga þurrð miðað við meðalrennslí vatnsfallsins. Þetta hlutfall er eins konar vísir að því hve ríkur þáttur grunnvatnsins er í meðalrennslínu. Á sama hátt er unnt að meta hve

mikið vatn er bundið í grunnvatnsgeyminum eða á eftir að renna fram ofan rennslismælisins út frá líkingunni

$$\alpha = \frac{Q_t}{V_t}$$

Þar sem

α er fallandinn [m^3/sek]

Q_t er rennsli [m^3/sek] á tímanum t

V_t er rúmtak grunnvatnsins [m^3] sem hefur runnið fram á tímanum t

Sjá t.d. Kresic & Bonacci (2010) og Moore (1992).

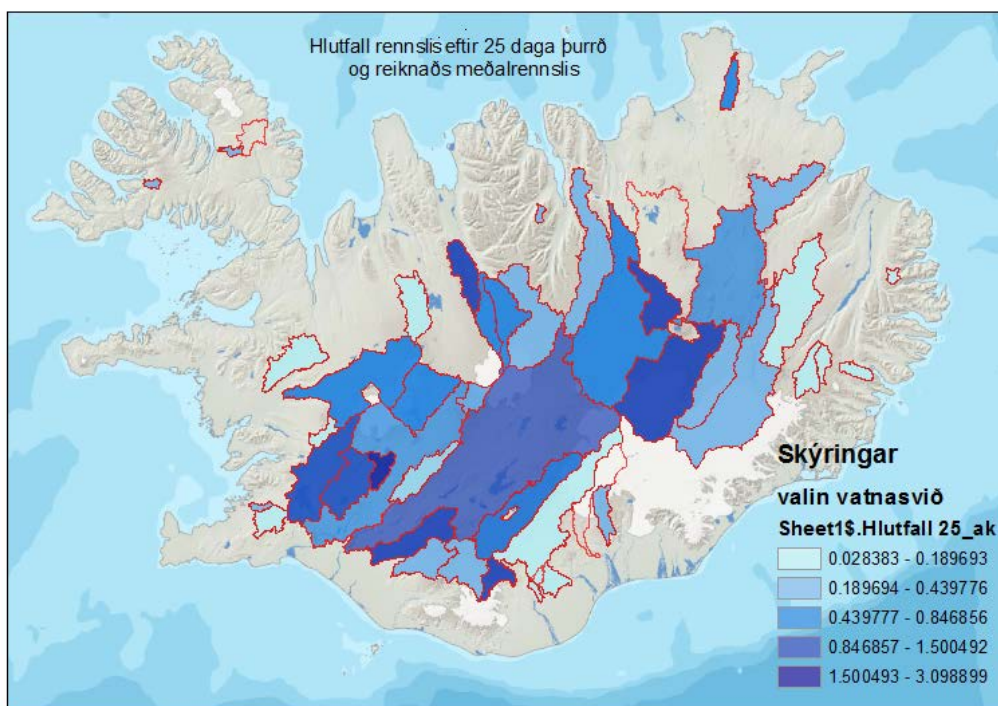
Greining á fallanda dregur fram með nokkuð ótvíræðum hætti hvert er líklegt mesta lágrennsli í vatnsfallinu. Hún varpar enn fremur nokkru ljósi á stærðargráðu þess vatns sem búast má við að sé í grunnvatnsgeyminum á hverjum tíma og geti við algjöra þurrð runnið fram í vatnsfallið fyrir rennslismælirinn. Neðangreind tafla er tekin úr skýrslu Irene Lugten (2013), en nú liggur fyrir talsvert meira af gögnum sem geta bætt við þessa mynd.

Tafla 2. Aðfallsferlar, rennsli eftir 25 daga þurrð og upphaflegt rúmtak grunnvatns í grunnvatnsgeymum.

Vatnsfall	Aðfallsferlar ¹ $Q_t = \alpha * e^{-\lambda * t}$	Q_{25} (m^3/s)	Upphaflegt rúmtak grunnvatnsgeymisins (m^3) (V_0)	λ (dagar)
Hvalá vhm 198	-	-	-	-
Dynjandisá vhm 19	$Q_t = 4,5 * e^{-0,052 * t}$	1,23	7.476.923	0,052
Þverá vhm 38	$Q_t = 3 * e^{-0,065 * t}$	0,59	3.987.692	0,065
Kelduá vhm 205	$Q_t = 5,5 * e^{-0,04 * t}$	2,02	11.880.000	0,04
Fellsá vhm 206	$Q_t = 9,5 * e^{-0,095 * t}$	1,07	8.640.000	0,095
Vatnsdalsá vhm 45	$Q_t = 7 * e^{-0,044 * t}$	2,33	13.745.454	0,044
Fnjóská vhm 200	$Q_t = 54 * e^{-0,04 * t}$	19,1	116.640.000	0,04
Bægisá vhm 92	$Q_t = 1,25 * e^{-0,025 * t}$	0,70	4.320.000	0,025
Brúará, Dynjandi vhm 43	$Q_t = 85 * e^{-0,015 * t}$	58,4	489.600.000	0,015
Skaftá, Skaftárdalur vhm 70	$Q_t = 270 * e^{-0,045 * t}$	87,7	518.400.000	0,045
Tungufljót vhm 68	$Q_t = 44 * e^{-0,008 * t}$	36,0	475.200.000	0,008
Ytri Rangá vhm 59	$Q_t = 52 * e^{-0,0065 * t}$	44,2	691.200.000	0,0065
Jökulsá á Fjöllum vhm 102	$Q_t = 230 * e^{-0,025 * t}$	123	794.880.000	0,025
Ormarsá vhm 121	$Q_t = 10 * e^{-0,02 * t}$	6,07	43.200.000	0,02
Ása Eldvatn vhm 328	$Q_t = 5,2 * e^{-0,018 * t}$	8,16	24.960.000	0,018
Hólmsá vhm 185	$Q_t = 2,1 * e^{-0,0275 * t}$	1,06	6.597.818	0,0275

¹Stuðullinn t er gefinn í dögum

Þegar fallandinn er fundinn má t.d. nota framsetningu eins og sýnd er á mynd 10. Þar er metið hlutfall rennslis eftir 25 daga þurrð miðað við reiknað meðalrennslis út frá áúrkomu o.s.frv.



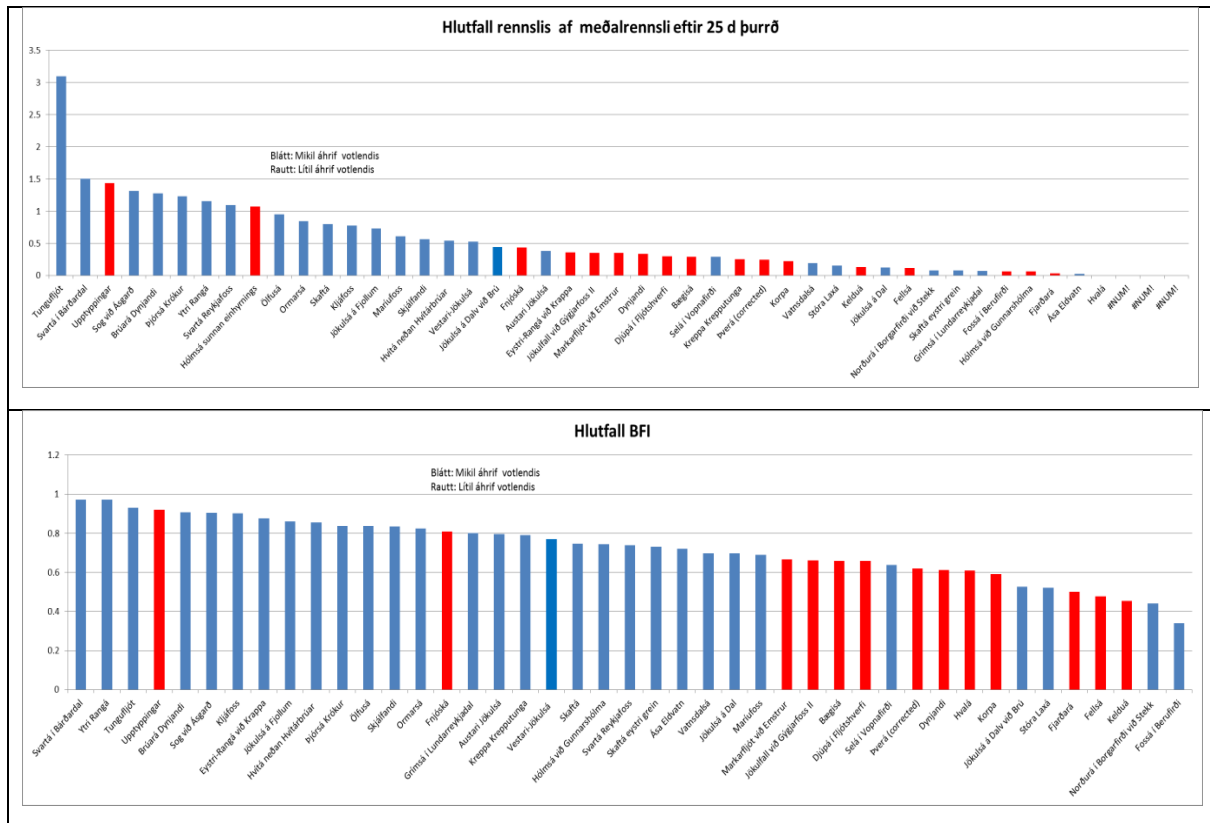
Mynd 10. Hlutfall rennslis af reiknuðu meðalrennslis út frá áúrkomu eftir 25 daga þurrð á völdum vatnasviðum (VÍ gögn í handriti).

Lágrennslis er oft á tíðum notað sem eitt af meginviðmiðum um lágmarksvatnsmagn í farvegi vegna manlegra inngripa. Því væri æskilegt að skoða nánar hvort eða hvernig það tengist saman við líffræðilegum þáttum innan árs og milli árstíma.

Þrátt fyrir að vísarnir á Mynd 12 séu fundnir á ólíkan máta og byggi á mismunandi forsendum er veruleg samkvæmni í þeim. Þeir virðast sýna nokkuð vel mismun á lágrennslis í vatnsföllum sem er mikið til ráðandi um það hvort líf getur haldist þar við. Það er enn fremur líklegt að unnt sé að sjá tengsl milli þeirra og efnainnihalds þar sem þeir endurspeglu viðstöðutíma / taftíma vatns hvort sem er á yfirborði, í jarðvegi eða lengra að komið.

3.3 Tengsl rennslisvísa við gerðir

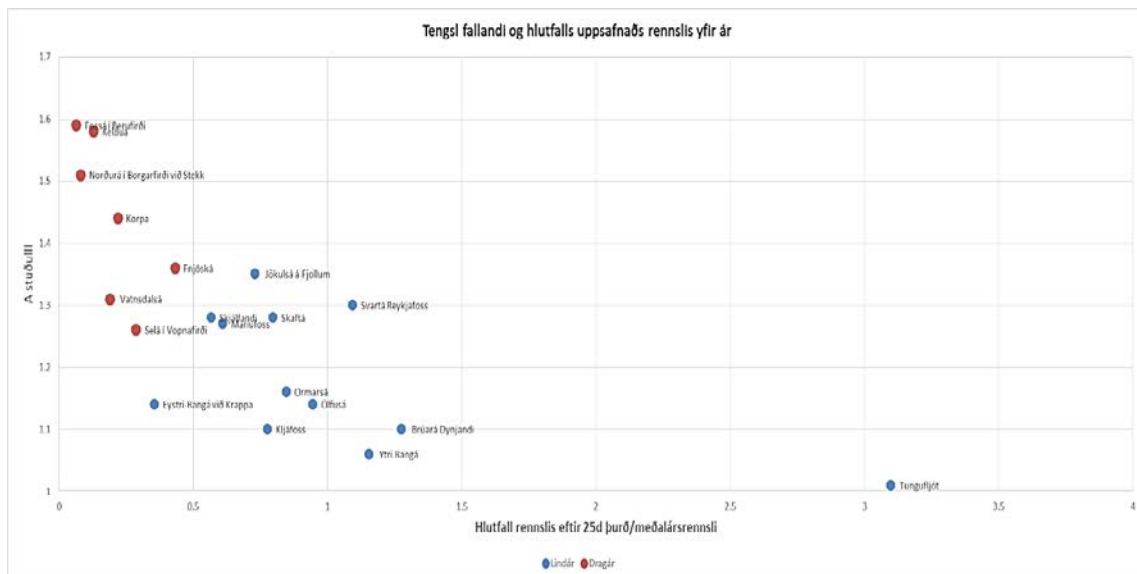
Ofangreindum rennslisvísunum er ætlað að gefa vísbendingu um tiltekna eiginleika vatnshlota sem á að auðvelda að flokka saman hlot sem eru sambærilegar gerðar. Rennslisvísunum ber raunar mjög þokkalega saman við frumdrög að gerðargreiningu vatnshlota sem skilað var vegna vinnu við stjórn vatnamála fyrir starfsárið 2013 (Gerður Stefánsdóttir & Halla Margrét Jóhannesdóttir, 2013).



Mynd 21. Samanburður á rennslisvísunum og greiningu í gerðir. Efri mynd sýnir lágrennslisvísi, hlutfall rennslis eftir 25 daga þurrð, og greiningu vatnshlotsins miðað við lýsinn vatnshlutfall vatnasviðs. Neðri myndin sýnir grunnrennslisvísinn (BFI) og greiningu vatnshlotsins miðað við lýsinn vatnshlutfall vatnasviðs.

Mynd 11 sýnir annars vegar flokkun vísanna í fallandi röð og hins vegar greiningu vatnshlots miðað við hlutfall vatns og votlendis á vatnasviði (vatnshlutfall). Sjá má að flest straumvatnshlot með lítið vatnshlutfall hafa lágt gildi í rennslisvísunum. Það sem helst skilur á milli matsins og vísanna eru annars vegar Jökulsá við Upptýppinga þar sem mjög mikið grunnvatn kemur fram í farvegi árinna og hins vegar Fnjóská sem hefur stórt vatnasvið og umtalsverður hluti þess liggur á heiðum.

Það er vel þekkt að þegar verið er að lýsa flóknum fyrirbrigðum í náttúrunni geta einfaldir vísar gefið grófa vísbendingu um ástand eða þróun, en eru oft á tíðum aðeins hluti af skýringunni. Þess vegna er nærtækt að skoða fleiri en eina breytu samtímis og kanna hvort þær saman geti gefið fyllri mynd. Líkt og komið hefur fram hér að ofan gefur rennslisvísirinn „hlutfall rennslis af meðalrennslis eftir 25 daga þurrð“ vísbendingu um þátt grunnrennslis í heildarrennslis vatnsfallsins. Á sama hátt er stuðullinn A mælikvarði á vatnsmagn umfram það sem vænta má við stöðugt rennslis. Hann endurspeglar breytileika rennslisins yfir árið. Samanburður á þessum tveimur breytum er afar áhugaverður (mynd 12). Dragárnar raðast efst. Næst koma ár með hátt hlutfall vatns á vatnasviði, heiðarmiðluðu dragárnar, Fnjóská, Vatnsdalsá og Selá. Þá eru Jökulsá á Fjöllum, Skjálfandi, Tungnaá við Marúfoss og Skáftá við Skáftárdal. Loks raðast lindárnar neðst. Undantekningar frá þessari flokkun eru Hvítá við Kljáfoss og Svartá við Reykjafoss. Raunar eru margir sem telja að Hvítá við Kljáfoss sé meira í ætt við lindá en jökulá.



Mynd 32. Tengsl hlutfalls uppsafnaðs rennslis yfir árið og hlutfall vatns yfir stöðugu rennslis (A stuðull).

Dæmin hér að ofan eru byggð á gögnum frá tiltölulega fáum rennslismælum. Rennslisvísa má reikna fyrir hvert það vatnasvið þar sem rennslismælingar eru fyrir hendi. Alla jafna eru rennslismælar staðsettir neðarlega í meginárfarvegum. Í ljósi þess er víða verið að mæla rennslis þar sem vatnsföll með mismunandi rennslishætti hafa runnið saman í eitt vatnsfall. Rennslisritinn innfelur samanlögð áhrif þeirra mismunandi vatnfalla sem liggja ofan hans. Þessi áhrif þarf að sundurgreina eigi að fá aukin skilning á gerð og eiginleikum mismunandi vatnshlota sem liggja ofar í vatnsfallinu. Unnt er að nota vatnafræðilíköna s.s. WaSiM, HYPE og HBV til að finna viðeigandi stuðla á undirvatnasviðum svo unnt sé að bera rennslishætti þveráa og upptakavísla saman við gæðapætti gerðargreiningarinnar. Jafnframt er vel hugsanlegt að nýta líkanreikninga, t.d. úr WaSiM, til þess að finna slíka stuðla þar sem rennslismælingar eru ekki fyrir hendi eins og gert var á Vestfjörðum (Pálmar Sigurðsson o.fl., 2014).

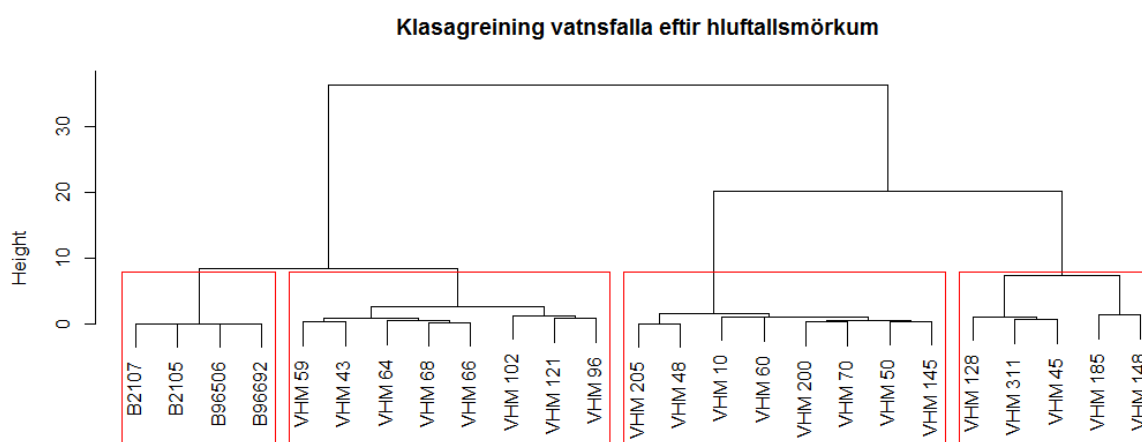
Í framhaldi af því mætti huga að því hvort sú nálgun henti til að greina vatnshlot og vatnasvið og bera saman við hugsanlega gæðapætti. Slík greining ætti ekki endilega að vera bundin við WaSiM líkanið. Einnig er mögulegt að nota önnur vatnafræðiforrit s.s. HYPE og HBV. Þessi forrit hafa mismunandi styrkleika og veikleika og því mjög æskilegt að nota þau saman til þess að átta sig á óvissu og breytileika.

Til framtíðar væri skynsamlegast að nota fleiri breytur til að flokka vatnsföllin og greina þau á grunni tölfræði. Með því gætu fundist tengsl sem ekki var vitað um og skilningur á viðfangsefninu dýpkað.

Í nýlegri grein í Hydrology Research hafa höfundar flokkað evrópsk vatnsföll með því að bera saman langtímarennsli þeirra breytileika og innbyrðis eiginleika (Wilson, Hannah & McGregor, 2013). Flokkunin byggir á klasagreiningu á eiginleikum vatnfalla þar sem eiginleikar eru bornir saman og kannað hvaða vatnsföll eiga mest sameiginlegt. Í sinni einföldustu mynd má segja að metið sé hverju þarf að fórn í samkvæmni innan hópsins til að slá minni klösum saman í einn stærri klasa. Þessi aðferð hefur verið notuð með góðum árangri við greiningu á tíðni flóða á Norðurlandi (Philippe Crochet, 2012).

Væntanlega getur afbrigði af sambærilegri flokkun og Wilson o.fl. (2013) beittu gagnast vel fyrir viðfangsefnið.

Á mynd 13 má sjá dæmi um frumgreiningu vatnsfalla eftir hlutfallsmörkum – quantiles sem lesin eru úr langæisferlum., sbr kafla 3.1.1. Við klasagreininguna var notast við hlutfallsmörkin $q_{min}, q_{10}, q_{20}, q_{50}, q_{80}, q_{90}$ og q_{max} . Greiningin er eingöngu byggð á lögum lagæisferlanna þ.e.a.s. rennsliseiginleikanna en tekur ekki tilliti til stærðar vatnsfallanna. Fram koma fjórir klasar: sem ná frá hreinu grunnvatni, þ.e. breytingar á vatnshæð í borholum yfir vatnsföll með misríka rennslisjöfnun og að kvikum dragám.. Þann fyrirvara verður að hafa á að greiningin er enn í vinnslu og kann að taka breytingum. Hins vegar sýnir hún vel hvernig mögulegt er að nota klasagreiningu til þess að afmarka og flokka vatnsföll eftir vatnsformfræðilegum eiginleikum þeirra og bera saman við útbreiðslu tegunda og þannig samsetningu lífríkis.



Mynd 43. Klasagreining vatnsfalla eftir hlutfallsmörkum.

4 Rennsli – stöðuvötn

4.1 Viðstöðutími vatns

Viðstöðutími vatns í stöðuvötnum er mikilvægur þáttur fyrir eiginleika stöðuvatna m.a. næringarefnabúskap vatna, ákomu mengandi efna, eiginleika botnsets o.s.frv. Meðal annars hafa komið fram vísbendingar um aukinn styrk kvikasilfurs í urriða með auknum viðstöðutíma vatns (Guðjón Atli Auðunsson, 2013). Viðstöðutími vatns í stöðuvötnum getur haft mismunandi áhrif eftir berggrunni, jarðlögum og gróðri.

Takmarkaðar upplýsingar liggja fyrir um dýpi og gegnumstreymi vatns í þeim 2366 vatns-hlotum sem hafa verið skilgreind. Hvorutveggja eru þetta þættir sem hafa afgerandi áhrif á viðstöðutíma.

Unnt væri að nálgast viðfangsefnið með því að finna samhengi viðstöðutíma við aðrar mæli-breytur svo sem staðfræðilegar upplýsingar, landslag, gróðurgerð, vatnasvið aðrennslis og úrkomu með því að beita tölfræðilegum aðferðum, t.d. klasagreiningu líkt gert var við

greiningu á tíðni flóða á Norðurlandi (Philippe Crochet, 2012). Flestar þessar upplýsingar liggja þegar fyrir en gæði slíkra reikninga eru að sjálfsögðu háð því að unnt sé að staðfesta þá með nægilegum fjölda beinna mælingum. Þá skiptir samlegð mismunandi gagna verulegu máli. Ef sameinuð gögn stofnanna ná yfir nægilega fjölbreyttan hóp vatnshlota væri mögulegt að ná heildstæðri mynd af viðstöðutíma og hvernig hann tengist öðrum umhverfisþáttum og gæðum vatns. Meginmarkmið slíks verkefnis væri að geta varpað þekkingu á viðstöðutíma þekktra vatnshlota yfir á önnur vatnshlot út frá einfaldari mælibleytum.

4.2 Vatnsborðssveiflur

Vatnsborðssveiflur geta haft talsverð áhrif á lífríki stöðuvatna. Miklar sveiflur breyta eiginleikum flæðarmáls (littoral zone) stöðuvatna. Miklar sveiflur umfram náttúrulegar breytingar hafa áhrif á sjónkýpi, og þannig minni útbreiðslu botngróðurs. Svæði sem títt verða fyrir álagi vegna uppþornunar eða sífellds ágangs vatns verða fábreyttari og einsleitari. Þetta getur haft veruleg áhrif á framvindu þess vistkerfis sem verður til staðar. Safna þarf saman gögnum og afla frekari gagna hvað þetta varðar við náttúrulegar aðstæður þannig að hægt sé að meta álag þessa þáttar. Leiða má líkur að því að hægt sé að nota fyrirmyndir um ásættanlegar sveiflur frá öðrum löndum Evrópu, jafnvel þó ekki sé um sama vistkerfi að ræða. Hins vegar eru vatnsborðssveiflur við náttúruleg skilyrði á Íslandi sennilega nokkuð miklar einkum þar sem áhrif jökuláa og dragáa eru nokkuð einstök hér á landi.

5 Lokaorð

Viðfangsefnið þessarar greinargerðar er að gefa yfirlit yfir mögulegar leiðir til að nálgast vatnsformfræðilega eiginleika byggða á núverandi þekkingu og gagnaumfangi. Einnig er lögð áhersla á að nýta þá þekkingu til þess að spá fyrir um aðstæður þar sem mælingar eru ekki fyrir hendi.

Það er von Veðurstofunnar að samantekt þessi nýtist við áframhaldandi vinnu við framkvæmd laga 32/2011 um stjórn vatnamála á næstu árum. Upphaflegur tilgangur þeirrar samantektar sem afhent var í drögum á stöðufundi stofnananna í nóvember 2013 var að kynna mögulegar leiðir og auka umræðu um þá vatnsformfræðilegu þætti sem hafa áhrif á hvaða vistkerfi er til staðar hverju sinni. Í ljósi þess að litlir fjármunir fást til verksins á árinu 2014 taldi Veðurstofan mikilvægt að taka saman hugleiðingar um áherslur og leiðir sem upp hafa komið á vinnutímanum og afhenda með formlegum hætti við skil ársins 2013.

Atriði sem þarf að huga að við frekari vinnu:

Ýmsir þættir sem varða eðlisefnafræðilega eiginleika hafa ekki fengið umfjöllun hér. Þar má t.d. nefna svifaur. Svifaur getur haft áhrif á rýni vatns og þannig birtustig, svifaur getur einnig haft áhrif á möguleika lífvera til að lifa í ákveðnu búsvæði. Þar má nefna áhrif svifaurs á tálkn fiska, aðstæður fyrir síara o.s.frv. Við fyrstu tillögu að framlögðum lýsum voru gögn um svifaursstyrk sem mældur er hjá Veðurstofunni borinn saman við seiðagögn Veiðimálastofnunar. Niðurstaða þess samanburðar var notuð til þess að meta viðmið um hlutfall jökuls á vatnasviði (Gerður Stefánsdóttir & Halla Margrét Jóhannesdóttir, 2013). Áhrif skriðaus hefur ekki verið metinn. Á undanförunum árum hafa umræður spunnist um áhrif jökulaurs á efnastyrk og frjósemi, þá einkum svifaursstyrk sem berst til sjávar (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2011). Um leið er áhugavert að hugsa til Flóaveitunnar þar sem í raun var svifaur notaður sem áburður á tún og engi og jók þannig frjósemi þeirra.

6 Heimildir

- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorláksdóttir, Egill Axelsson & Árný E. Sveinbjörnsdóttir (2011). *Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Austurlandi VIII. Gagnagrunnur Jarðvísindastofnunar og Veðurstofunnar*. Reykjavík: Raunvísindastofnun Háskólans, , RH-04-2011.
- Gerður Stefánsdóttir (1991a). *Virkni baktería í botnseti*. Framvinduskýrsla. Reykjavík: Líffræðistofnun Háskólans.
- Gerður Stefánsdóttir (1991b). *Áhrif rótfasts botngróðurs á næringarefnabúskap stöðuvatna*. Skýrsla. Reykjavík: Líffræðistofnun Háskólans.
- Gregor, M., & Malík, P. (2012). Construction of master recession curve using genetic algorithms. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 60 (1), 3–15.
- Guðjón Atli Auðunsson (2013, mars). *Kvikasilfur í urriða í 12 stöðuvötnum á Íslandi*. Erindi á ráðstefnu um umhverfismengun á Íslandi, vatn og vatngæði, Reykjavík.
- Gunnar Orri Gröndal (2004). *Aðgreining vatnsfalla eftir rennlisháttum þeirra*. Reykjavík: Vatnamælingar Orkustofnunar, Greinargerð, GOG-2004-07.
- Gustard, A., Bullock, A. & Dixon, J. M. (1992). *Low flow estimation in the United Kingdom*. Wallingford: Institute of Hydrology, Report 108.
- Kresic, N. & Bonacci, O. (2010). Spring discharge hydrographs. Í N. Kresic & Z. Stevanovic (ritstj.), *Groundwater Hydrology of Springs* (bls. 129–164). Burlington MA: Elsevier.
- Irene W. Lugten, I. W. (2013). *Study of the application of HydroOffice 2010 on river flow analysis in Iceland*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Moore, G. K. (1992). Hydrograph analysis in a fractured rock terrane. *Ground Water*, 30, 390–395.
- Pálmar Sigurðsson, Philippe Crochet & Auður Atladóttir, A. (2014). *Afrennsliskort af ómældum vatnasviðum á sunnanverðum Vestfjörðum. Líkanreikningar með WASIM vatnafræðilíkaninu*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands, Greinargerð PS/PC/AA/2014-01.
- Philippe Crochet (2012). *Evaluation of two lineation methods for regional flood frequency analysis in northern Iceland*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands, VÍ 2012-013.
- Philippe Crochet (2013). Sensitivity of Icelandic river basins to recent climate variations. *Jökull*, 63, 71–90.
- Piggott, A. R., Moin, S and Southam, C. (2005). A revised approach to the UKIH method for the calculation of base flow. *Hydrol. Sci. J.*, 50, 911–920.
- Ríkey Hlín Sævarsdóttir & Freysteinn Sigurðsson (2003, október). *Grunnvatn*. Erindi flutt á ráðstefnu um vatnarannsóknir í október 2003, Íslenska Vatnafræðinefndin, Reykjavík.
- Tallaksen, L. M. (1995). A review of baseflow recession analysis. *Journal of Hydrology*, 165, 349–370.

Wilson, D., Hannah, D. M. & McGregor, G. R. (2013). A large-scale hydroclimatological perspective on western European river flow regimes. *Hydrology Research*, 44(5), 809-833.

7 Viðauki

Gæðapættir (QE); mögulegir gæðapættir við mat á gæðum straumvatns og stöðuvatna

Svið

Gæðapáttur (Quality Element)

Vatnsformfræðilegir

Vatnsbúskapur

Vatnsrennsli / streymi

Ismyndunarskilyrði (aðstæðum)

Viðstöðutími

Tengsl við grunnvatnshlot

Samfella árfarvegjar

Hindranir á fiskgengd

Formfræðilegar aðstæður

Breytileiki á dýpi og breidd

Farvegur leiddur í skurð

Farvegur leiddur í ræsi

Breytingar á árfarvegi

Bugður fjarlægðar

Breytingar á vatnsborði

Formgerð og undirlag árfarvegjar

Brú eða bryggja í árfarvegi

Hreinsun árfarvegjar og árbakka

Dýpkun árfarvegjar

Flóðvarnargarðar í árfarvegi

Grúsarþekja í árfarveg

Styrking árfarvegjar

Botngerð

Gerð árbakka / strandar

Brú eða bryggja á

Breytingar á gróðurþekju árbakkans

Flóðvarnir á landi

Flóðvarnir á árbakka

Annars konar styrking bakkans

Styrking árbakka með grjóti

Styrking árbakka með gróðri/mottum

Eðlisefnafræði

Gegnsæi / Tærleiki/secchi dýpi

Pt litur

Secchi dýpi

Sjónkýpi / tærleiki- annarskonar mæling

Svifaur

Tært (STS < 10 mg/L (inorganic part at least 80%))

Jökulskotið (STS < 10 mg/L (ólífrænn hluti a.m.k. 80%))

Leirríkt (clay influence)

Lífrænt grugg (Humic)

Hítaaðstæður

Vatnshiti

Súrefnisaðstæður

Líffræn súrefnisþörf 5 (BOD5)

Líffræn súrefnisþörf 7 (BOD7)

Efnafræðileg súrefnisþörf (COD)

Efnafræðileg súrefnisþörf - tvíkróm

Efnafræðileg súrefnisþörf - mangan

Súrefnisstyrkur

Súrefnismettun

Súrefnismettun 5 hundraðsmark

Súrefnismettun 50 hundraðsmark

Selta/leiðni

Leiðni

Selta

Súrnunar ástand Acidification status

Sýru hlutleysingar geta (ANC)

Basastig

Harka vatns

Lausbundið ál

Ólífrænt ál

Fastbundið ál

pH

Polymeað ál (PolymerCollodialAluminium)

Hvarfgjarn ál

Monomer ál

Næringarefnaástand

Bláðgræna a / Grænuhorn

Kjeldahl-köfnunarefni

Heidlarmagn köfnunarefnis (tot-P)

Nítrat
Nítrít
Heildarmagn ólífræns köfnunarefnis
Lífrænt köfnunarefni
Lífrænar nituragnir
Heildar ammóníum
Ójónað ammóníum
Nítrat + nítrít
Fosfór (síað)
Fosfór (síaður)
Orthófosfat
Nítrat ortófosfat hlutfall / hraði
Heildarmagn fosfórs
Heildar nitur/fosfórs hlutfall
TOC
Lausbundið hvarfgjarnt silíkat