



Samþætt mat á fjölbreytni náttúru og menningarminja

Þorleifur Eiríksson
og
Sigmundur Einarsson

Verkefni fyrir faghóp 1 í Rammaáætlun 3
Náttúruminjasafn Íslands og RORUM.

NMSI 2016 001

Náttúruminjasafn Íslands
Brynjólfsgata 5 • 107 Reykjavík • +354 577 1800 • nmsi@nmsi.is • www.nmsi.is

Lykilsíða

Skýrsla: NMSI 2016 001	Dags.: 24.10.2016	Dreifing: Opin
Heiti skýrslu: Sambætt mat á fjölbreytni náttúru- og menningarminja		Fjöldi síðna: 20
Höfundar: Þorleifur Eiríksson og Sigmundur Einarsson		
Framkvæmd: RORUM ehf. og Náttúruminjasafn Íslands		
Unnið fyrir: Faghóp 1 í Rammaáætlun 3		
Útdráttur: Lýst er ferli við mat á verðmætum landsvæða út frá náttúru- og menningarminjum í tengslum við áætlun um vernd og orkunýtingu landsvæða. Ferlið er jafnframt hægt að nota til að meta áhrif virkjana (vatnsafls, jarðvarma og vindorku) á sömu landsvæði. Ferlið byggist á því að skipta landsvæðum í misstórar einingar eða reiti sem byggjast á jarðfræðilegum yfirborðsferlum. Mismunandi viðföng eru metin í hverjum reit í samræmi við fjölbreytni hvers viðfangs. Viðföng eru síðan metin í heild með tilliti til eiginleika í einstökum reitum svæðisins. Að lokum eru niðurstöður dregnar saman í einkunn sem gildir fyrir svæðið í heild.		
Abstract: A method to estimate the value of areas from the environment and cultural remains is described. The method can also be used to estimate the impact of power plants on the same areas. The method is based on the division of the area into areal units of different sizes based on geomorphological surface processes. Different attributes are evaluated in context with the area. The results are analyzed and one evaluation given for the whole area.		
Lykilorð: Reitakerfi, fjölbreytni, umhverfisrannsóknir, umhverfisáhrif.		
Keywords: Natural grid, diversity, environmental research, environmental impact.		

Efnisyfirlit

Lykilsíða	2
Efnisyfirlit.....	3
Útdráttur	4
Abstract	4
Formáli.....	5
Inngangur	6
Fjölbreytni	6
Reitaskipting	9
Reitaskipting háhitasvæða eftir náttúrlegum grunnþáttum	10
Reitaskipting vatnsfalls eftir náttúrulegum grunnþáttum	10
Hugsanlegar virkjanir í Skagafirði voru notaðar við að þróa reitakerfið	10
Áhrifareitir	12
Breytileikabil.....	13
Verðmætamat	14
Niðurstöður verðmætamats.....	15
Mat á gæðum gagna.....	16
Ferlið.....	16
Umræða.....	17
Þakkir.....	17
Heimildir	18

Útdráttur

Lýst er ferli við mat á verðmætum landsvæða út frá náttúru- og menningarminjum í tengslum við áætlun um vernd og orkunýtingu landsvæða. Ferlið er jafnframt hægt að nota til að meta áhrif virkjana (vatnsafls, jarðvarma og vindorku) á sömu landsvæði. Ferlið byggist á því að skipta landsvæðum í misstórar einingar eða reiti sem byggjast á jarðfræðilegum yfirborðsferlum. Mismunandi viðföng eru metin í hverjum reit í samræmi við fjölbreytni hvers viðfangs. Viðföng eru síðan metin í heild með tilliti til eiginleika í einstökum reitum svæðisins. Að lokum eru niðurstöður dregnar saman í einkunn sem gildir fyrir svæðið í heild.

Abstract

A method to estimate of the value of areas from the environment and cultural remains is described. The method can also be used to estimate the impact of power plants on the same areas. The method is based on the division of the area into areal units based on geomorphological surface processes. The squares are of different sizes and it is not attempted to use prearranged grid on the areas. Different attributes are evaluated within each surface unit and results from different units are merged into a single metric for the whole area.

Formáli

Áætlun um vernd og orkunýtingu landsvæða (hér eftir nefnd Rammaáætlun) miðar að því að flokka landsvæði eftir mikilvægi fyrir orkunýtingu og vernd (Verkefnisstjórn Rammaáætlun 1 2003, Sveinbjörn Björnsson 2011). Rammaáætlun er samanburður og flokkun á mismunandi náttúru- og menningarverðmætum til að ráðstafa notkun á landssvæðum m.t.t. orkunýtingar; vatnsafls, jarðvarma og vindorku. Hér er unnið með virkjunarkosti sem ákveðið hefur verið að fjalla um í Rammaáætlun 3. Í upphafi er áhrifasvæði hvers virkjunarkosts (virkjunarhugmyndar) skilgreint eftir skilgreindum viðmiðum í Rammaáætlun (Sveinbjörn Björnsson 2011).

Sérfræðingum á vegum verkefnisstjórnar Rammaáætlunar 3 var skipað í fjóra faghópa sem var falið að vinna á mismunandi sviðum. Einn faghópur fjallaði um náttúru og menningarminjar, annar um ferðaþjónustu, hlunnindi og útivist, þriðji um þjóðhagsmál, atvinnulíf og byggðapróun og sá fjórði um orkulindir og virkjunarkosti.

Hér er unnið út frá viðfangsefni faghóps 1 sem er náttúra og menningarminjar. Ferðamennska (viðfangsefni faghóps 2) byggir einnig að hluta til á náttúru- og menningarminjum og er nátengd viðfangsefnum faghóps 1. Skiptingu mismunandi sviða í viðföng og viðmið sem unnið er með er lýst í lokaskýrslu þriðja áfanga rammaáætlunar (Stefán Gíslason 2016). Þar kemur einnig fram hvernig unnið var með einstök svæði við mat á verðmætum þeirra og áhrifum virkjunarkosta og jafnframt er greint frá lokaniðurstöðu Verkefnisstjórnar.

Mat á verðmætum eða gildi náttúrunnar á stórum svæðum verður svo yfirgripsmikið að erfitt er að ná utan um verkefnið og gera verkferlið gegnsætt og skýrt. Eftir því sem svæði stækkar, fjölgar metnum þáttum sem allir fela í sér mælda eða metna óvissu. Faghópi 1 í Rammaáætlun 3 var falið að vinna þetta verk. Byggt var á aðferðum og reynslu úr Rammaáætlun 2. Til að bæta aðferðafræði við flokkun virkjunarkosta enn frekar var verkefnið sem hér er greint frá sett á laggirnar og er það hluti af aðferðafræði faghóps 1 í Rammaáætlun 3.

Verkefnið var unnið í nánú samstarfi við meðlimi faghóps 1 í Rammaáætlun 3, en þeir voru: Skúli Skúlason prófessor, Háskólanum á Hólum, formaður, Ása Lovísa Aradóttir prófessor, Landbúnaðarháskóla Íslands, Birna Lárusdóttir verkefnastjóri, Fornleifastofnun Íslands, Gísli Már Gíslason prófessor, Háskóla Íslands, Kristján Jónasson sviðsstjóri, Náttúrufræðistofnun Íslands, Sólborg Una Pálsdóttir héraðsskjalavörður, Héraðsskjalasafni Skagfirðinga, Sólveig Pétursdóttir verkefnastjóri, Matís, Tómas Grétar Gunnarsson forstöðumaður Rannsóknaseturs Háskóla Íslands á Suðurlandi, Þorvaldur Þórðarson prófessor, Háskóla Íslands og Þorvarður Árnason forstöðumaður Rannsóknaseturs Háskóla Íslands á Hornafirði. Verkið var unnið að frumkvæði Skúla Skúlasonar og Tómasar G. Gunnarssonar.

Inngangur

Almennt gildir að mat á mikilvægi náttúrunnar ákvarðast af fölbreyttum upplýsingum um náttúruminjar frá hinum ýmsu greinum náttúruvísinda. Fræðilegt mikilvægi einstakra náttúruminja eykst jafnan eftir því sem þekking á fyrirbærinu eykst.

Fagvinna við flokkun svæða eftir verðmæti byggir á samanburði kosta á tveimur stigum. Annars vegar á samanburði fjölbreyttra verðmæta milli svæða svo hægt sé að meta afstöðu kosta hvers til annars. Hins vegar á samanburði verðmæta svæðis við hliðstæð verðmæti á stærri mælikvarða til að hægt sé að meta almenna sérstöðu og verðmæti svæðanna (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2001; 2003; Sigmundur Einarsson o.fl. 2011; Þóra Ellen Þórhallsdóttir 2007a; 2007b).

Þekking á náttúru- og menningarverðmætum landsins er að sumu leyti góð en brotakennd og dreifð. Gögn sem varða viðfangsefni faghóps 1 eru að umtalsverðu leyti dreifð og birt á ólíkan og misjafnlega aðgengilegan hátt, svo sem í ritrýndum greinum, skýrslum, bókum og kortum og því skortir yfirsýn um fyrirliggjandi þekkingu. Þá eru tengsl mismunandi viðfangsefna margvísleg (Gray o.fl. 2013; Parks & Mulligan 2010). Af þessum sökum hefur verðmætamat í fyrri áföngum Rammaáætlunar að stórum hluta byggst á þekkingu og yfirsýn þeirra sérfræðinga sem að matinu hafa komið.

Grundvöllur landslags er berggrunnur landsins ásamt virkum jarðfræðilegum ferlum á borð við eldvirkni, veðrun og rof, setflutninga og setmyndun. Veðrunin, rofið og allur vatnsbúskapur stjórnast af veðurfari og líffræðilegir þættir ráðast af breytileika landslags ásamt veðurfari. Hin ólífræna náttúra er þannig grundvöllur hinnar lífrænu náttúru Menningarminjar tengjast athöfnum og búsetu manna gegnum tíðina sem að mestu ráðast af búsetuskilyrðum sem, líkt og gildir um aðrar lífverur en manninn, ráðast af samspili jarðfræðilegra og líffræðilegra þátta ásamt veðurfarsþáttum. Náttúru- og menningarminjar tvinnast þannig saman í eina órofa heild.

Fjölbreytni

Náttúrleg fjölbreytni er mikilvæg og tekur á sig ýmsar myndir og nauðsynlegt er að skoða fjölbreytni frá mismunandi sjónarhornum. Þar sem fjölbreytni er ekki aðeins í rúmi heldur einnig í tíma er hún í reynd kvik sýn á ferla og mynstur náttúrunnar og er grundvöllur skynsamlegra ákvarðana um verndun og nýtingu. Ætla má að næstu stóru skref í líffræði felist í vaxandi mæli í auknum skilningi á tengslum lífrænnar og ólífrænnar náttúru.

Líffræðileg fjölbreytni nær yfir breytileika meðal lífvera í margbreytilegu umhverfi. Þar með eru talin vistkerfi á landi, í sjó og í vötnum og þau vistfræðilegu kerfi sem lífverurnar eru hluti af. Þetta nær til fjölbreytni innan tegunda, milli tegunda og innan vistkerfa (CBD (Rio) 1992). Líffræðileg fjölbreytni hefur um árabil verið meginviðfangsefnið í mörgum greinum líffræðinnar (Alroy 2010; Magurran o.fl. 2010; Peters 2010; Willis o.fl. 2010; McGill o.fl. 2015).

Notkun hugtaka sem lýsa fjölbreytni er nokkuð þróuð í líffræði. Líffræðileg fjölbreytni er gjarnan skilgreind sem „öll fjölbreytni lífríkis, frá genum upp í stofna og vistkerfi“ (Bruford 2002). Í þessari víðu skilgreiningu eru fjölmargar einingar þar sem augljóslega þarf að velja úr þær sem líklegastar eru til að gefa hagnýtan samanburð til að bera saman landsvæði. Hér má nefna fjölbreytni vistkerfa, búsvæða, vistgerða, samfélaga, tegunda, undirtegunda, afbrigða og svipgerða.

Algengasti mælikvarðinn á fjölbreytni vistkerfa er fjöldi tegunda. Þessi mælikvarði segir vissulega mikið um fjölbreytnina, en tekur m.a. ekki tillit til þess ef að ákveðin tegund hefur mun fleiri eða mun færri einstaklinga en aðrar tegundir. Til að komast fram hjá þessu vandamáli eru fjölbreytnistuðlar talsvert notaðir við mat á fjölbreytni samfélaga (Sigurður S. Snorrason o.fl. 2011; Þorleifur Eiríksson o.fl. 2015; Þorleifur Eiríksson o.fl. 2016; Þorleifur Eiríksson og Guðmundur Víðir Helgason 2016). Með því að nota fjölda tegunda einvörðungu sem mælikvarða er einnig vanmetinn þáttur mismunandi stofna og afbrigða innan tegundar á ákveðnu svæði (Skúli Skúlason o.fl. 1999). Fjöldi tegunda sem mælikvarði vanmetur líka ólíkindi (disparity) milli mismunandi hópa lífvera (Maclaurin & Sterelny 2008).

Fjölbreytni er í raun eini mælikvarðinn sem hægt er að nota á mismunandi lífkerfi. Líffjölbreytni hefur verið mikið rædd (t.d. Magurran 1988; Maclaurin & Sterelny 2008; Magurran & McGill 2011) og margar alþjóðlegar samþykktir eru byggðar á hugmyndum um mikilvægi fjölbreytni lífsins (Umhverfissráðuneytið 2008). Það kemur því ekki á óvart að fjölbreytni sé í forgrunni þegar meta á verðmæti mismunandi landsvæða.

Sérstaða norðurslóða er afar mikil. Vistkerfin eru mjög ung og ennpá í mótun. Þegar ísaldarjökullinn hvarf af meginlöndum Evrasíu og Norður Ameríku, breiddust mismunandi vistkerfi sem voru við jökuljaðarinn út yfir hið „nýja“ land. Tegundir eru hlutfallslega fáar á norðurslóðum og samkeppni milli tegunda því lítil. Búsvæði eru aftur á móti fjölbreytt. Sérstaða Íslands mótast ekki aðeins af almennri sérstöðu norðurslóða. Vegna landfræðilegrar einangrunar Íslands í norðurhöfum voru engin þróuð vistkerfi við jökuljaðarinn sem gátu breiðst út og því hafa vistkerfi landsins þróast frá grunni eftir að jökullinn hvarf fyrir 10-15 þús. árum (Þóra Ellen Þórhallsdóttir 2016). Einstök jarðfræðileg skilyrði, mótuð af mikilli eldvirkni á rekbeltum ásamt landmótun vatns og jökla, ýta undir flókin og margbrotin búsvæði þar sem stöðugar breytingar móta samfélög og þróun fjölbreytileika innan tegunda (Snorri Baldursson 2014).

Skýrt samband er á milli fjölbreytileika umhverfis, búsvæða og fjölbreytni þeirra lífvera sem þar búa. Fjölbreytileiki jarðmyndana og landslags er því óhjákvæmilega sá grundvöllur sem líffræðileg fjölbreytni hvílir á. Vistfræðin fæst við tengslin milli lífveranna og umhverfisins. Umhverfisþættir móta samfélög lífveranna og á þeim grundvallast þróun afbrigða, stofna og nýrra tegunda (Skúli Skúlason o.fl. 1999; Hilmar J. Malmquist o.fl. 2000; Sigurður S. Snorrason & Skúli Skúlason 2004).

Þegar á heildina er litið má segja að náttúra Íslands einkennist af kvikum kerfum og ferlum þar sem þróun lands og lífs er bæði hröð og fjölbreytt. Henni má lýsa sem „leiksviði þróunar“ þar sem lífverur stíga sín fyrstu skref í hlutverkum nýrra afbrigða og tegunda. Dæmi eru um sérstakar aðlaganir og breytingar á lífverum sem hafa átt sér stað á skömmum tíma og endurspegla tilurð fjölbreytni meðal ýmissa lífveruhópa (Skúli Skúlason o.fl. 1999; Skúli Skúlason 2000; Inga Dagmar Karlsdóttir 2000; Tómas Grétar Gunnarsson o.fl. 2012; Tómas Grétar Gunnarsson o.fl. 2015).

Jarðfræðileg fjölbreytni (e. geodiversity) hefur verið skilgreind sem samspil og breytileiki berggrunns, lausra jarðlaga, landslags og þeirra ferla sem móta þessa þætti (Dixon 1995). Hugtakið á sér um 25 ára sögu. Það er upprunnið á Tasmaníu og hefur smám saman orðið að eins konar hliðstæðu við hugtakið „líffræðileg fjölbreytni“. Þar sem umræða um verndun jarðminja hefur löngum verið á eftir umræðu um verndun lífríkisins hafa jarðfræðingar um allan heim tekið hugmyndinni um jarðfræðilega fjölbreytni fegins hendi, ekki síst í ljósi þess að rannsóknir á líffræðilegri fjölbreytni hafa styrkt umræðu um náttúruvernd (Sigmundur Einarsson 2007). Af þessum sökum m.a. hefur allmikið verið fjallað um fjölbreytni jarðfræði á Íslandi á síðustu árum (Sigmundur Einarsson 1997; Johansson 2000; Kristján Jónasson og Sigmundur Einarsson 2009; Trausti Baldursson o.fl. 2009; Sigmundur Einarsson o.fl. 2011; Lovísa Ásbjörnsdóttir o.fl. 2012; Sigmundur Einarsson o.fl. 2012).

Við skoðun á jarðfræðilegri fjölbreytni kemur í ljós að í hinni ólífrænu náttúru koma fram ýmis mynstur í breytileika sem eru hliðstæð þeim sem birtast í líffræðilegri fjölbreytni. Þetta á m.a. við um fjölbreytni bergrunns, lausra jarðlaga og eldvirkni, ásamt þeim ferlum sem mynda og móta þessi fyrirbæri (Gray 2004; 2008).

Samspil jarðfræðilegar og líffræðilegrar fjölbreytni er ótvírætt. Breytingar á veðurfari geta t.d. leitt til breyttra rof- og setaðstæðna í farvegum vatnsfalla sem aftur geta leiða til breytinga á líffskilyrðum, bæði í árvatni og á árbökkum. Hin kviku vistkerfi bregðast við breyttum líffskilyrðum sem aftur getur leitt til breyttra búsetuskilyrða manna í nágrenninu, t.d. vegna aukinnar eða minni fiskveiði. Viðbrögð vistkerfa við breyttum ytri skilyrðum eru þannig mikilvæg fyrir viðhald og þróun líffræðilegrar fjölbreytni þar sem vist- og þróunarfræðilegir ferlar móta það mynstur sem við sjáum. Nauðsynlegt er að tekið sé mið af slíkum ferlum og mynstri, jafnt við nýtingu sem verndun á fjölbreytni náttúrunnar.

Fjölbreytni menningarminja á Íslandi er veruleg og á það við um þéttleika, dreifingu, eðli og aldur minja. Jafnframt er sérstaða íslenskra fornleifa mikil (Orri Vésteinsson o.fl. 2011; Birna Lárusdóttir o.fl. 2012; Guðrún D. Whitehead o.fl. 2015; Birna Lárusdóttir o.fl. 2016). Líkt og fram hefur komið mótast gróður og dýralíf að verulegu leyti af ólífrænum yfirborðsferlum. Þessi sömu ferli ráða því miklu um dreifingu byggðar í landinu.

Við mat á verðmætum er gengið út frá því að það sem er hlutfallslega auðugt eða fjölbreytt teljist verðmætara en það sem er rýrt eða fábreytt. Þegar athugunarsvæðið er stórt, vistkerfi margvísleg, jarðmyndanir flóknar og menningarminjar margbrotnar getur verið snúið að draga

upp mynd sem er dæmigerð fyrir allt svæðið. Í stað þess að meta allt svæðið í einu væri akkur í því að meta afmarkaða hluta svæðisins í samræmi við aðstæður á hverjum hluta.

Reitaskipting

Til að einfalda mat á verðmætum og áhrifum virkjana á stórum og flóknum áhrifasvæðum var áhrifasvæði virkjunar skipt niður í smærri einingar eða reiti þannig að unnt væri að leggja mat á hvern reit fyrir sig. Mat á einstökum reitum var síðan dregið saman í heildarniðurstöðu. Ljóst var að ekki hentaði að nota fyrirfram skilgreint reitakerfi, eins og stundum er gert í rannsóknum, með reitum af ákveðinni stærð sem lagðir eru yfir svæðið, heldur var skilgreint nýtt reitakerfi sem tekur mið af náttúrlegum breytileika á hverju svæði.

Fram hefur komið að jarðfræðileg fjölbreytni er sá grundvöllur sem líffræðileg fjölbreytni hvílir á og er mannlífið þar með talið. Því var talið eðlilegt að styðjast við þann grundvöll við reitaskiptinguna. Í fyrstu atrennu var unnið með vatnsaflsvirkjun og var skiptingin byggð á farvegi vatnsfallsins, ásamt upptakasvæði og viðtaka. Farvegurinn var greindur á forsendum landmótunar, þ.e. þeirra virku ferla sem stöðugt mynda og móta árfarveginn, og honum skipt í skilgreinda reiti. Slík skipting á að jafnaði að falla vel að virkjunarhugmyndum þar sem miðlunarlóni er yfirleitt valinn staður ofan við tiltölulega brattan kafla í vatnsfalli og útfalli frá virkjun neðan við bratta kaflann. Miðað var við að hver reitur væri tiltölulega einsleitur og yrði fyrir hliðstæðum áhrifum og aðrir svipaðir reitir. Með þessu móti skiptast svæðin í mismarga og misstóra reiti. Háhitasvæðum var skipt í reiti á hliðstæðan hátt sem og umhverfi vindgarða. Hverju svæði var skipt niður í afmarkaða reiti á forsendum jarðfræði og vatnafræði.

Með þessu var lagður grunnur að aðferðafræði til að greina og meta náttúrlegan breytileika á grundvelli fyrirliggjandi gagna og samanburður á einstökum þáttum milli virkjunarsvæða var þá jafnframt mögulegur. Í lokaskýrslu þriðja áfanga Rammaáætlunar er vinnu faghóps 1 lýst, hvernig náttúru og menningarminjum er skipt upp í mismunandi viðföng og undirviðföng. Þar er lýst hvernig einkunnir eru gefnar fyrir verðmæti og áhrif og lokaniðurstaða reiknuð út. Þegar hér á eftir er talað um viðföng, viðmið og einkunnir er vísað í aðferðalýsingar í lokaskýrslunni (Stefán Gíslason 2016).

Þegar aðferðinni er beitt er gefin einkunn fyrir mismunandi viðföng í hverjum reit í samræmi við viðeigandi breytileikabil (sjá síðar). Þannig geta svæði sem virðast vera náttúrlega fábreytt fengið háa fjölbreytnieinkunn ef þau eru fjölbreytt miðað við breytileikabilið. Þar sem skilgreining reita er byggð á forsendum landmótunar er unnt að afmarka einsleit svæði hvað varðar yfirborðspætti m.t.t. jarðfræði, líffræði og menningarþátta. Þar sem helstu breytingar sem fylgja vatnsaflsvirkjunum tengjast grunnþáttum reitaskiptingarinnar verður skiptingin jafnframt álitleg við mat á áhrifum virkjunar á vistkerfi og menningarminjar.

Mikilvægur eiginleiki aðferðarinnar er að mögulegt er að bera saman mjög ólík svæði. Samanburði á mjög ólíkum svæðum hefur oft verið líkt við það að bera saman epli og appelsínur, þ.e. hlutum sem fátt eiga sameiginlegt. Með samræmdri reitaskiptingu sem byggð

er landmótunarþáttum má skipta öllum svæðum í misstóra en að öðru leyti sambærilega reiti, sem gerir samanburð raunhæfan.

Hér á eftir er reitaskiptingu tveggja mjög ólíkra svæða lýst, annars vegar svæðis með vatnsfalli og hins vegar háhitasvæðis, sem eru í eðli sínu mjög ólík.

Reitaskipting háhitasvæða eftir náttúrlegum grunnþáttum

Áhrifasvæði virkjunar skipt niður í reiti á grundvelli þeirra þátta sem móta landið. Flokkunin byggist á einfaldri skiptingu þar sem eftirfarandi er lagt til grundvallar.

- Móbergsfjöll; hlóðust upp undir jökli, einkum á síðasta jökulskeiði.
- Hraun frá nútíma; þekja flatlendi og hafa víða fyllt í lægðir milli fjalla.
- Eldri berggrunnur; frá síðasta hlýskeiði og eldri.
- Setfyllinga; vatnsrof hefur víða borið mylsnu úr fjöllum og fyllt dalbotna.
- Ár og vötn.

Reitaskipting vatnsfalls eftir náttúrulegum grunnþáttum

Grunneining svæðisins er vatnasvið vatnsfalls. Einnig getur verið um að ræða afmarkaðan hluta vatnasviðs. Vatnsfall og farvegur þess mynda saman virkt ferli þar sem saman tvinnast breytilegt rennsli árinna, sem ræðst af veðurfari, og glíma vatnsins og graftóla þess við jarðlög og landslag á leiðinni til sjávar.

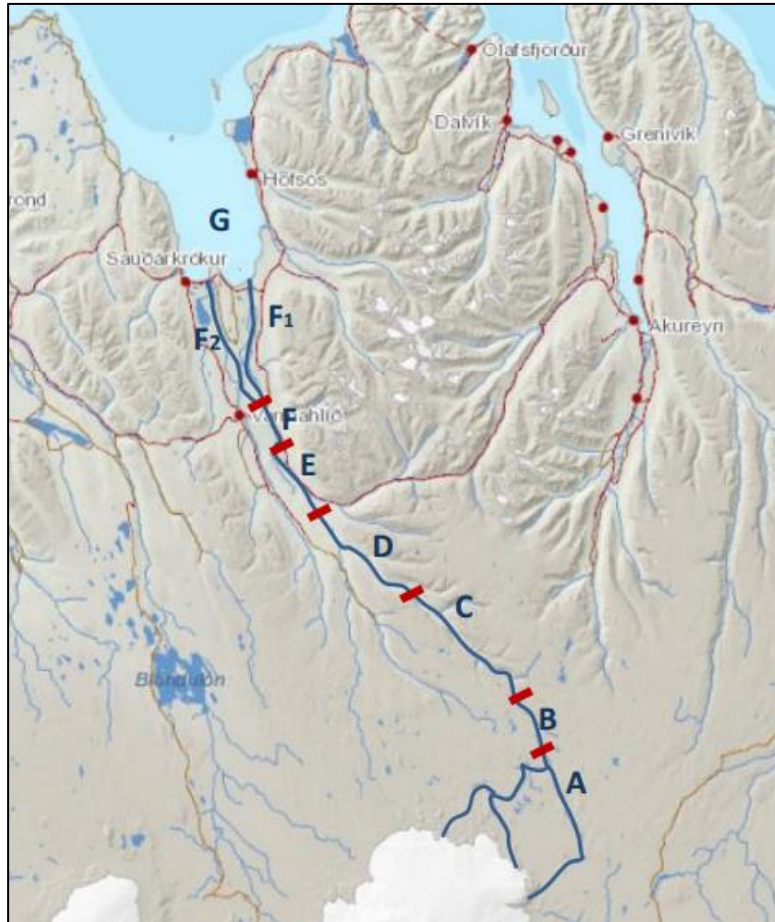
Helstu grunnbreytur í ferlinu eru rennsli og rennslishættir árinna, gerð jarðlaga og halli farvegar. Ferlinu má skipta niður í minni ferli landmótunar, einkum á svæðum þar sem skiptast á rof og setmyndun í breytilegum berggrunni, stundum með óreglulegu samspili við innræn öfl, t.d. eldvirkni og virkar sprungur.

Reitaskiptingin byggist á greiningu fjölmargra þátta, en hér eru aðeins nefndir helstu flokkar:

- Yfirlit um vatnasvið; úrkoma, flatarmál, land undir jökli, berggrunnur, jarðgrunnur.
- Greining rennslishátta; flokkun vatnsfalls, rennsli, bráðnun/binding jökla, hlutfall lindavatns, ísalög, tíðni flóða, tíðni hlaupa, tíðni hamfarahlaupa.
- Greining aurburðar; svifaur, botnskrið, setmyndun.
- Landmótunarfræðileg flokkun farvegar.
- Viðtaki; strandset, botnset.

Hugsanlegar virkjanir í Skagafirði voru notaðar við að þróa reitakerfið

Sem dæmi um frekari útfærslu á reitaskiptingu vatnsfalls er hér valin hugsanleg virkjun í Skagafirði, Skatastaðavirkjun C (mynd 1). Einingar eru einsleitir en misjafnlega stórar. Til einföldunar var leitast við að hafa einingarnar sem fæstar.

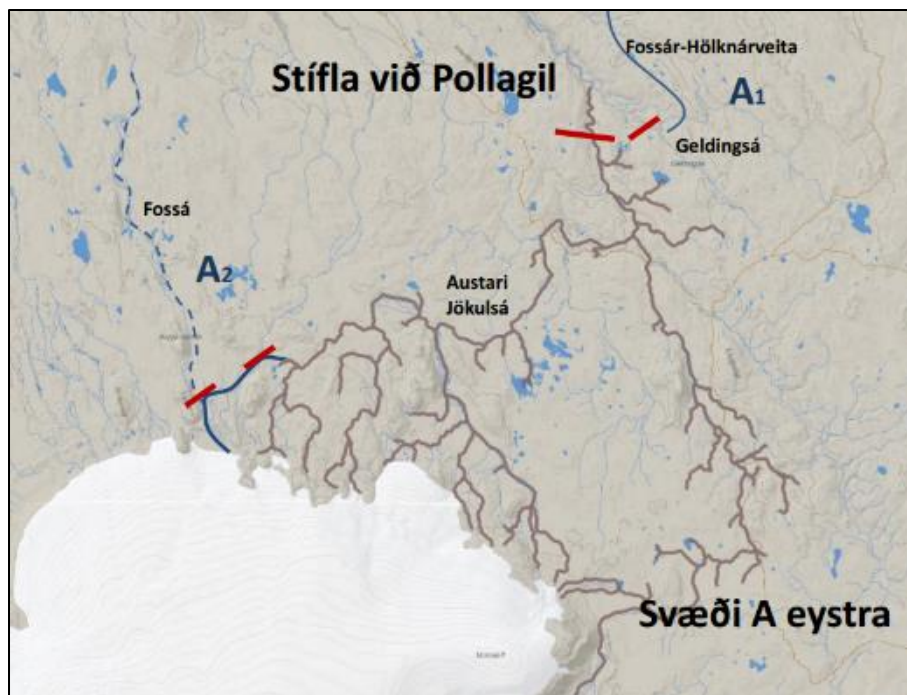


Mynd 1. Reitaskipting áhrifasvæðis Skatastaðavirkjunar C. Farvegur Héraðsvatna og Austari Jökulsár ásamt upptakasvæði og viðtaka.

Svæðinu var skipt í sex reiti (A, B, C, D, E og F). Reitur F var brotinn upp í þrjár minni einingar; F, F₁ og F₂. og reit A var einnig skipt upp í minni reiti (sbr. mynd 2).

- A. Hálendi. Frá upptökum í Hofsjökli að stíflu í Pollagili. Safnsvæði árinna.
- B. Frá hálendisbrún í botn Austurdals; halli um 46 m/km. Rofsvæði í fremur þröngu gili.
- C. Austurdalur að gljúfri við Skuggabjörg; halli um 8,7 m/km. Fremur gróft aurasvæði á dalfyllingu í þröngum dal.
- D. Gljúfur að Villinganesi / Flatatungu; halli um 12,3 m/km. Rofsvæði í þröngu gljúfri.
- E. Aurar Héraðsvatna frá gljúfri að Stokkhólma; halli um 6 m/km. Fremur gróft aurasvæði í þröngum farvegi.
- F. Farvegur Héraðsvatna frá Stokkhólma til ósa; halli um 0,3 m/km. Flatar og breiðar áreyrar með flæðingjum á breiðri dalfyllingu.
- G. Viðtaki; sjór.

Við skiptingu á einingu A í þrjá hluta urðu til einingarnar A₁ við Fossár-Hölknaárveitu og A₂ vegna veitu Fossár-vestari af vatnasviði Vestari Jökulsár yfir á vatnasvið Austari Jökulsár (mynd 2).



Mynd 2. Nánari skipting á reit (svæði) A á vatnasviði Vestari- og Austari-Jökulsár vegna Skatastaðavirkjunar C.

Áhrifareitir

Reitirnir ná yfir svæði sem búast má við að verði fyrir tiltölulega einsleitum áhrifum vegna virkjana. Þannig er hægt að skilgreina og meta áhrifin miðað við hvern reit.

Reitirnir í kerfinu eru því nokkurs konar áhrifareitir og hægt að vísa til þeirra sem slíkra og jafnframt hægt að nota þá til að gera grein fyrir áhrifum og bera t.d. saman áhrif af tveimur eða fleiri virkjunarkostum.

Breytileikabil

Sem fyrr segir er áhrifasvæðum hvers virkjunarkosts skipt í misstóra reiti í þeim tilgangi að meta mismunandi þætti náttúrufars og menningarminja á minni einingum frekar en á öllu áhrifasvæði virkjunarkosts.

Til að meta afstæðan breytileika og aðra eiginleika viðfangs í hverjum reit er viðfanginu skipt í svokölluð breytileikabil. Breytileikabil vísar til líffræðisamfélaga, mynsturgerða yfirborðs eða annara eininga sem hentugar eru sem grunnur afstæðs mats á viðfangi í hverjum reit.

Sem dæmi um þetta er tekin skipting fjögurra viðfanga, sem eru berggrunnur, jarðgrunnur/ferli, fiskistofnar og menningarminjar (sjá Stefán Gíslason 2016).

Berggrunni er skipt í fimm breytileikabil:

1. Nútímahraun.
2. Grágrýti (ísöld).
3. Móberg (ísöld).
4. Ár-pleistósen – neógen stafli.
5. Þykk setfylling/setberg.
6. Á ekki við.

Jarðgrunni og virkum ferlum er skipt í fimm breytileikabil:

1. Jökulruðningur.
2. Árset.
3. Skriðuefni.
4. Gil/gljúfur.
5. Eldvirkni /höggun.
6. Á ekki við.

Samfélögum fiska er skipt í fjögur breytileikabil:

1. Landluktir bleikjustofnar.
2. Landluktir laxfiskastofnar með aðgang að straumvötnum (t.d. lækjalontur).
3. Sjóbleikjur.
4. Lax og urriði.
5. Á ekki við.

Menningarminjum er skipt í þrjú breytileikabil:

1. Kjarnabyggð (byggð hefur haldist nokkuð stöðug allt fram á 20. öld).
2. Jaðarbyggð (óstöðug og/eða árstíðabundin byggð).
3. Óbyggð (engin byggð og engar heimildir um byggð).

Metin voru verðmæti með einkunnagjöf í hverjum reit fyrir sig miðað við breytileikabil hvers viðfangs og heildarútkoman dregin saman fyrir alla reiti viðkomandi svæðis.



Verðmætamati

Við mat á líffræðilegum viðföngum hefur verið miðað við marga þætti svo sem fjölbreytni, grósku og sérstöðu. Þetta hefur yfirleitt verið gert sérstaklega fyrir hvern þátt lífríkisins og að einhverju eða öllu leyti óháð öðrum þáttum. Á sama hátt er unnið með önnur viðföng sem snúa að jarðfræði og menningarminjum.

Aðstæðum í hverjum reit er lýst með því að tilgreina eiginleika í reitnum og gefa hverjum eiginleika einkunn eftir skilgreindum kvarða (tafla 1). Kvarðar geta verið mjög mismunandi nákvæmir, en eru í eðli sýnu byggðir á veldisvexti. Við skilgreiningar á fjölbreytni og framsetningu er mikilvægt að hafa í huga að vinnan falli sem best að aðferðafræði faghóps 1 þar sem svæðum er gefin einkunn út frá skilgreindum hugtökum eins og auðgi, fágæti og stærð/heild.

Í töflu 1 er skrá til hliðsjónar fyrir einkunnagjöf út frá fjölbreytni og fágæti háplantna. Munur á milli einkunna eykst eftir því sem einkunnir verða hærri og er það gert til að draga frekar fram það sem talið er verðmætt og láta það vega þyngra í lokaekinn (Stefán Gíslason 2016).

Tafla 1. Viðmið fyrir einkunnagjöf í verðmætamati. Dæmi um háplöntur.

Einkunn	Auðgi/fjölbreytni	Fágæti
1	Mjög lítil tegundaauðgi	Allar tegundir algengar; engin tegund með hátt verndargildi
4	Tegundaauðgi í tæpu meðallagi	A.m.k. ein válistategund (ekki hæsta verndargildi) /afmarkaður fundarstaðir /sjaldgæfar tegundir
8	Tegundaauðgi í meðallagi	2-3 válistategundir /sjaldgæfar tegundir /afmarkaðir fundarstaðir
13	Tegundaauðgi í rúmu meðallagi	Allmargar válistategundir / sjaldgæfar tegundir / afmarkaðir fundarstaðir
20	Mjög mikil tegundaauðgi	Allmargar válistategundir / sjaldgæfar tegundir / afmarkaðir fundarstaðir; tegundir með mjög hátt verndargildi

Í töflu 2 eru notuð svipuð viðmið fyrir fiska á sama kvarða og lýst er fyrir háplöntur í töflu 1. Hver einkunn er skráð í reiti í samræmi við viðeigandi breytileikabil.

Tafla 2. Einkunnir fyrir náttúruverðmæti fiskistofna í mismunandi reitum. Einkunnir eru sýndar fyrir tvö viðmið (auðgi/fjölbreytni og fágæti) í hverjum reit (A, A1, A2, B), ásamt gerð breytileikabils. Númer breytileikabils vísar til gerðar þess (sjá umfjöllun um breytileikabil).

Skatastaðavirkjun C										
	A	A1	A2	B	C	D	E	F	F1	F2
Breytileikabil	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4
Auðgi/fjölbreytni	13	13	13	13	13	13	20	20	20	20
Fágæti	13	13	13	8	8	8	8	8	8	8



Í ljós kemur að fiskistofnar eru fjölbreyttir í öllum reitunum og jafnframt fremur fágætir (tafla 2).

Í töflu 3 eru sýndar einkunnir fyrir verðmæti jarðfræðilegra þátta í reitum Skatastaðavirkjunar C í Austari Jökulsá og Héraðsvötnum. Aðferðin leiðir m.a. í ljós að í reit A á hálendinu er gefin hæsta möguleg einkunn fyrir auðgi/fjölbreytni jarðmyndana en samsvarandi einkunn er mjög lág fyrir reitina norður við Hegranes.

Tafla 3. Einkunnir fyrir verðmæti berggrunns í reitum á áhrifasvæði Skatastaðavirkjunar C.

Skatastaðavirkjun C										
	A	A1	A2	B	C	D	E	F	F1	F2
Breytileikabil	1	1	1	4	2	4	2	2	2	2
Auðgi/fjölbreytni	20	8	8	8	13	8	4	4	4	4
Fágæti	13	8	8	13	13	13	1	13	13	13

Niðurstöður verðmætamats

Reitaskiptingunni er ætlað að auðvelda sérfræðingum að greina með nákvæmari hætti náttúruverðmæti sem fólgin eru í viðkomandi svæði og jafnframt að meta þau áhrif sem virkjun kann að hafa á þau verðmæti.

Út frá greiningum á verðmætum í einstökum reitum fæst yfirlit yfir mismunandi verðmæti (sjá töflu 2 og 3). Þessi niðurstaða (þekking) er dregin saman til að gefa eina einkunn fyrir hvert viðmið viðfangs á hverju landsvæði sem er til skoðunar.

Sama ferlið er notað fyrir öll viðföng, en það er á valdi viðkomandi sérfræðings að gefa einkunnir og í kjölfarið túlka niðurstöðuna í einkunn fyrir ákveðið viðfang fyrir allt svæðið (sbr. töflur 4 og 5).

Tafla 4. Verðmætamat fiskistofna á öllu áhrifasvæði Skatastaðavirkjunar C. Dregin er saman heildarniðurstaða einkunna fyrir verðmæti tveggja mismunandi viðmiða ásamt rökstuðningi.

Viðmið	Einkunn	Rökstuðningur
Auðgi/ fjölbreytni	20	Bleikja, lax og urriði, hornsíli og álar. Staðbundnir stofnar og afbrigði bleikju og sjógöngustofnar hjá bleikju og urriða. Stofnar í stöðu- og straumvötnum. Fjölbreytt samfélög tegunda, stofna og afbrigða.



Fágæti	13	Fágætt að sjóbleikja nái svo langt upp á hálendið (um 800 m). Staðbundnir bleikjustofnar jafn hátt uppi eru einnig fágætir. Lax sem aðlagast hefur einu kaldasta vatnsfalli landsins. Fjölbreytt samfélög á hálendi.
--------	----	--

Tafla 5. Verðmætamat fyrir jarðgrunn/ferli á öllu áhrifasvæði Skatastaðavirkjunar C. Dregin er saman heildarniðurstaða einkunna fyrir verðmætamat tveggja mismunandi viðmiða ásamt rökstuðningi.

Viðmið	Einkunn	Rökstuðningur
Auðgi/ fjölbreytni	20	Rústir, jökulruðningur, jökulgarðar (fornir og nýir), kembur, sandar, aurar, skriður, eyrar, álagt form (bugðótt gljúfur), U-dalur, dalfylling með hjöllum (virk og forn), gljúfur.
Fágæti	13	Rústir einstakar á landsvísu, endasleppur sandur, álagt form (bugður í klöpp), U-dalur með fyllingu og rofi (einstakt á landsvísu), gljúfur í gegn um berghaft í dalsmyggi (einstakt á landsvísu), sandar og flæðiengjar.

Niðurstöðurnar eru sýndar með einni einkunn (tölu) fyrir hvert viðmið. Út frá öllum einkunnum viðmiða tiltekins viðfangs er reiknuð einkunn fyrir viðkomandi viðfang, sem í þessu tilfalli eru fiskistofnar (tafla 4) og jarðgrunnur/ferli (tafla 5) og rökstuðningur skráður. Í kjölfarið eru einkunnir allra viðfanga á viðkomandi landsvæði dregnar saman og þannig fæst lokaeinkunn í verðmætamatinu fyrir þann virkjunarkost. Framangreind aðferð er framkvæmd af sérfræðingum á mismunandi sviðum. Að síðustu eru allar einkunnir sérfræðinganna fyrir mismunandi viðföng dregnar saman í eina einkunn sem er lokaeinkunn viðkomandi faghóps. Lokaeinkunnina er hægt að nota við röðun svæða eftir verðmætum náttúru og menningarminja.

Mat á gæðum gagna

Sama grunn og lýst er hér að framan um verðmætamat á náttúru og menningarminjum er hægt að nota til að fá yfirsýn á gæði gagna sem liggja að baki verðmætamatinu. Í stað þess að gefa viðmiði einkunn er gæðum gagna gefin einkunn. Síðan er tiltölulega auðvelt að skoða og leggja mat á gæði gagna fyrir einstök viðföng, einstaka reiti og svæðið heild.

Ferlið

Til þess að gera þessa aðferð skýrari fer hér á eftir lýsing á meginþáttum ferlisins með tilvísun í viðeigandi kafla þar sem viðkomandi þáttur er skýrður.

1. Afmörkun svæðis sem á að meta.
2. Skipting svæðis í reiti eftir landmótunarþáttum. Sjá kafla um Reitaskiptingu.
3. Skilgreining breytileikabila mismunandi viðfanga. Sjá kafla um Breytileikabil.



4. Einkunnagjöf fyrir mismunandi viðmið mismunandi viðfanga. Sjá kafla um Verðmætamat.
5. Samantekt einkunna fyrir svæðið. Sjá Niðurstöður.

Lokaniðurstöðuna er hægt að nýta á mismunandi hátt eftir eðli verkefnisins, eins og að raða svæðum í röð eftir mati á verðmætum náttúru og menningarminja.

Umræða

Verðmæta- og áhrifamat á einstökum virkjunarsvæðum er í flestum tilvikum flókið og yfirgripsmikið verkefni. Til að auðvelda sérfræðingum að ná utan um slík verk er gerð tillaga um að skipta virkjunarsvæðum niður í smærri reiti. Með því móti er unnt að meta hvern reit fyrir sig og draga síðan saman heildarniðurstöðu út frá reitamatinu.

Reitir sem skilgreindir eru samkvæmt aðferðinni eru einsleitari en svæðið í heild og eru því grunnur fyrir verðmætamat á ákveðnum þáttum náttúru og menningarminja. Reitakerfið gefur sérfræðingum á hverju sviði færi á að meta mismunandi þætti í hverju viðfangsefni á afmörkuðu svæði án truflunar frá heildarstærð þess svæðis sem er til umfjöllunar. Þar sem reitakerfið er náttúrlegt, þ.e. byggt á eiginleikum yfirborðs svæðisins er hver reitur einsleitari með tilliti til einstakra þátta en hægt væri að búast við í kerfi jafn stórra reita af fyrirfram ákveðinni stærð.

Aðferðafræðin var skoðuð í vinnu faghóps 1 í þriðja áfanga Rammaáætlunar við mat á verðmætum náttúru og menningarminja ákveðinna svæða og áhrifum einstakra virkjunarkosta (Stefán Gíslason 2016). Þar sem verið var að þróa aðferð sem hægt væri að nota á mismunandi viðföng nýttu hinir mismunandi sérfræðingar reitakerfisaðferðina mismikið, en þessi þróunarvinna nýttist öllum sérfræðingum með einum eða öðrum hætti við matið.

Reitakerfið er grundvallað á landmótunarþáttum og á vel við jafnt jarðfræðilega þætti, vistfræðilega þætti, bæði dýra- og grasfræðilega, og menningarlega þætti. Aðferðin á einnig við um alla virkjunarkosti eða -hugmyndir, þ.e. vatnsafls-, jarðvarma- og vindorkustöðvar, og gert er ráð fyrir að unnið sé með alla kostina saman.

Hér hefur verið kynnt aðferð eða ferli til að nota við mat á verðmætum náttúru og menningarminja á stórum flóknum landsvæðum. Aðferðin hefur verið prófuð á sértækum dæmum, en hún þarfnast frekari athugunar áður en almennt er hægt að nota ferlið á ólík viðfangsefni. Það hefur sýnt sig að þar sem aðferðin hefur verið prófuð hefur hún gefið góða raun og því er mikilvægt að hægt sé að þróa aðferðina og gera hana aðgengilega þeim sem hún gæti nýst.

Þakkir

Verkið var unnið að frumkvæði Skúla Skúlason hópstjóra faghóps 1 í 3. áfanga Rammaáætlunar og Tómasar Grétars Gunnarssonar sérfræðings og í nánú samstarfi við þá og aðra sérfræðinga



í faghópi 1. Verkefnið var styrkt af umhverfis- og auðlindaráðuneytinu. Hilmar Malmquist veitti faglega ráðgjöf og góðar ábendingar við skýrsluna. Öllum þessum aðilum er þakkað fyrir liðveisluna.

Heimildir

- Alroy, J. 2010. Fair sampling of taxonomic richness and unbiased estimation of origination and extinction rates. In: J. Alroy & G. Hunt (eds.). Quantitative methods in paleobiology. The Paleontological Society Papers. 16. 55-80.
- Birna Lárusdóttir, Adolf Friðriksson, Bjarni F. Einarsson, Elín Ósk Hreiðarsdóttir, Guðmundur J. Guðmundsson, Hildur Gestsdóttir, Orri Vésteinsson & Þóra Pétursdóttir 2012. Mannvist. Sýnisbók íslenskra fornleifa. Opna.
- Birna Lárusdóttir, Edda R.H. Waage, Gísli Pálsson & Guðbjörg R. Jóhannesdóttir 2016. Gildi landslags: Fagurfræði, menningarminjar og saga. Forrannsóknir til greiningar og mats á gildi landslags, unnar fyrir faghóp 1, 3. áfanga Rammaáætlunar. Háskóli Íslands.
- Bruford, M.W. 2002. Biodiversity - evolution, species, genes. In: K. Norris & D.J. Pain (eds.). Conserving Bird Biodiversity: General Principles and their Application. Cambridge University Press. 1-19.
- Convention on Biological Diversity (Rio). 1992. United Nations.
- Dixon, G. 1995. Geoconseravation: An international review and strategy for Tasmania; A report to the Australian Heritage Commission, Ocational paper No. 35. Parks & Wildlife Service, Tasmania. 101 s.
- Gray, M. 2004. Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature. John Wiley & Sons.
- Gray, M. 2008. Geodiversity: developing the paradigm. Proceedings of the Geologists' Association 119(3). 287-298.
- Gray, M., J.E. Gordon & E. J. Brown 2013. Geodiversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management. Proceedings of the Geologists' Association 124(4). 659-673.
- Guðrún D. Whitehead, Sólrún Inga Traustadóttir & Kristján Mímisson (ritstj.). 2015. Tími, rými og sýnileiki. Ólafía. Rit félags fornleifafræðinga V.
- Hilmar J. Malmquist, Þórólfur Antonsson, Guðni Guðbergsson, Skúli Skúlason & Sigurður S. Snorrason 2000. Biodiversity of macroinvertebrates on rocky substrate in the surf zone of Icelandic lakes. Verh. Internat. Verein. Limnol. 27: 121-127.
- Hilmar J. Malmquist, Guðni Guðbergsson, Ingi Rúnar Jónsson, Jón S. Ólafsson, Finnur Ingimarsson, Erlín E. Jóhannsdóttir, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Sesselja, G. Sigurðardóttir, Stefán Már Stefánsson, Iris Hansen & Sigurður S. Snorrason 2001. Vatnalífríki á virkjanaslóð. Áhrif fyrirhugaðrar Kárahnjúkavirkjunar ásamt Laugarfellsveitu, Bessastaðaárveitu, Jökulsárveitu, Hafursárveitu og Hraunaveitum á vistfræði vatnakerfa. Landsvirkjun, LV-2001/025. 254 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Jón S. Ólafsson, Guðni Guðbergsson, Þórólfur Antonsson, Skúli Skúlason og Sigurður S. Snorrason 2003. Vistfræði- og verndarflokkun íslenskra stöðuvatna. Verkefni unnið fyrir Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma. Áfangaskýrsla. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 1-03. 33 bls.



- Inga Dagmar Karlsdóttir 2000. Skráning og flokkun fjörugerða og fjöruvista. Náttúrustofa Austurlands.
- Johansson, C.E. (ritstj.) 2000. Geodiversitet i Nordisk Naturvård. Nordisk Ministerråd.
- Kristján Jónasson & Sigmundur Einarsson 2009. Jarðminjar á háhitasvæðum Íslands. Jarðfræði, landmótun og yfirborðsummerki jarðhita. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-09012, 149 bls.
- Lovísa Ásbjörnsdóttir, Sigmundur Einarsson & Kristján Jónasson 2012. Iceland. Í: W.A.P. Wimbledon & S. Smith-Meyer (ritstj.). Geoheritage in Europe and its conservation, s. 170-179. ProGEO. Oslo.
- McGill, B.J., M. Dornelas, N.J. Gotelli & A.E. Magurran 2015. Fifteen forms of biodiversity trend in the Anthropocene. TREE 30. 104-113.
- Maclaurin, J. & K. Sterelny 2008. What is biodiversity? The University of Chicago Press.
- Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press.
- Magurran, A.E., S.R. Baillie, S.T. Buckland, J. McP. Dick, D.A. Elston, E.M. Scott, R.I. Smith, P.J. Sommerfield & A.D. Watt 2010. Long-term datasets in biodiversity research and monitoring: assessing change in ecological communities through time. TREE 25. 574-582.
- Magurran, A.E. & B.J. McGill (eds.) 2011. Biological diversity. Frontiers in measurement and assessment. Oxford University Press.
- Orri Vésteinsson, G. Lucas, Kristborg Þórsdóttir & Ragnheiður Gló Gylfadóttir (ritstj.) 2011. Upp á yfirborðið. Nýjar rannsóknir í íslenskri fornleifafraeði. Fornleifastofnun Íslands.
- Parks, K.E. & M. Mulligan 2010. On the relationship between a resource based measure of geodiversity and broad scale biodiversity patterns. Biodivers Conserv 19(9). 2751-2766 doi:10.1007/s10531-010-9876-z.
- Peters, D.P. 2010. Accessible ecology: synthesis of the long, deep, and broad. TREE 25. 592-601.
- Sigmundur Einarsson 1997. Varðveisla jarðfræðilegra náttúruminja. Vorráðstefna 1997. Ágrip erinda og veggspjalda. Jarðfræðafélag Íslands, bls. 34–35.
- Sigmundur Einarsson 2007. Jarðfræðileg fjölbreytni. Erindi á Hrafnþingi.
- Sigmundur Einarsson, Kristján Jónasson & Lovísa Ásbjörnsdóttir 2011. Jarðfræði Íslands – fræðileg verndun og varðveisla – tillaga að stefnu. Vorráðstefna JFÍ 2011. Ágrip erinda og veggspjalda. Jarðfræðafélag Íslands, bls. 55–56.
- Sigmundur Einarsson, Kristján Jónasson & Lovísa Ásbjörnsdóttir 2012. Landið var fagurt og frítt. Um verndun jarðminja. Náttúrufræðingurinn 82. 151-159.
- Sigurður S. Snorrason & Skúli Skúlason 2004. Adaptive speciation in northern fresh water fishes - patterns and processes. pp. 210-228 in: U. Dieckmann, M. Doebeli, J.A.J. Metz and D. Tautz (eds.), Adaptive Speciation. Cambridge University Press. Cambridge.
- Sigurður S. Snorrason, Hilmar J. Malmquist, Hrefna B. Ingólfssdóttir, Þórey Ingimundardóttir & Jón S. Ólafsson 2011. Effects of geothermal effluents on macrobenthic communities in a pristine sub-arctic lake. Inland Waters 1: 146–157 (DOI: 10.5268/IW-1.3.363).



- Skúli Skúlason 2000. Ferskvatnslíf. Í: Bragi Guðmundsson (ritstj.). Líf í Eyjafirði. Rannsóknarstofnun Háskólans á Akureyri.
- Skúli Skúlason, Sigurður S. Snorrason & Bjarni Jónsson 1999. Sympatric morphs, populations and speciation in freshwater fish with emphasis on arctic charr. In: A.E. Magurran and R. May, Evolution of Biological Diversity. Oxford University Press, Oxford. 70-92.
- Snorri Baldursson 2014. Lífríki Íslands. Vistkerfi lands og sjávar. Opna/Forlagið. 407 bls.
- Stefán Gíslason (ritstj.). 2016. Lokaskýrsla verkefnisstjórnar 3. áfanga verndar- og orkunýtingar-áætlunar 2013-2017 Gefið út af verkefnisstjórn 3. áfanga verndar- og orkunýtingaráætlunar og umhverfis- og auðlindaráðuneytinu Reykjavík.
- Sveinbjörn Björnsson (ritstj.). 2011. Niðurstöður 2. áfanga rammaáætlunar. Gefið út af verkefnisstjórn um gerð rammaáætlunar og iðnaðarráðuneytinu.
- Tómas Grétar Gunnarsson, W.J. Sutherland, J.A. Alves, P.M. Potts & J.A. Gill 2012. Rapid changes in phenotype distribution during range expansion in a migratory bird. Proceedings of the Royal Society of London B. 279: 411-416.
- Tómas Grétar Gunnarsson, Ólafur Arnalds, G. Appleton, V. Mendez & J.A. Gill 2015. Ecosystem recharge by volcanic dust drives broad-scale variation in bird abundance. Ecology and Evolution. John Wiley & Sons Ltd. Open access.
- Trausti Baldursson, Ásrún Elmarsdóttir, Kristján Jónasson, Olga Kolbrún Vilmundardóttir & Sigmundur Einarsson 2009. Mat á verndargildi 18 háhitasvæða. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-09014, 53 bls.
- Umhverfisaráðuneytið 2008. Líffræðileg fjölbreytni. Stefnumörkun Íslands um framkvæmd Samningsins um líffræðilega fjölbreytni.
https://www.umhverfisaraduneyti.is/media/PDF_skrar/liffjolibreytni.pdf
- Verkefnisstjórn Rammaáætlun 1 2003. Niðurstöður 1. áfanga rammaáætlunar. Verkefnisstjórn um gerð rammaáætlunar og iðnaðar- og viðskiptaráðuneytið.
- Willis, K.J., R.M. Bailey, S.A. Bhagwat, & H.J.B. Birks 2010. Biodiversity baselines, thresholds and resilience: testing predictions and assumptions using paleological data. TREE 25. 583:591.
- Þorleifur Eiríksson, Böðvar Þórisson & Guðmundur Víðir Helgason 2015. Samanburður á fjöru- og botndýralífi fyrir og eftir þverun Dýrafjarðar. Náttúrufræðingurinn 85 (1–2). 74–85.
- Þorleifur Eiríksson & Guðmundur Víðir Helgason 2016. Fjölbreytnistuðlar og vísitengundir við vöktun. Kímblaðið 2016. 46-50.
- Þorleifur Eiríksson, Guðmundur Víðir Helgason & Þorleifur Ágústsson 2016. Botndýrasamfélög utan og innan þverunar í Dýrafirði. RORUM 2016 002.
- Þóra Ellen Þórhallsdóttir 2007a. Environment and energy in Iceland: A comparative analysis of values and impacts. Environmental Impact Assessment Review 27(6). 522-544.
- Þóra Ellen Þórhallsdóttir 2007b. Strategic planning at the national level: Evaluating and ranking energy projects by environmental impact. Environmental Impact Assessment Review 27(6). 545-568.
- Þóra Ellen Þórhallsdóttir 2016. The vascular floras of high-latitude islands with special reference to Iceland. In: E. Panagiotakopulu, North Atlantic Island Biota: Aspects of the Past, Choices for the Future. Wiley. In press.