



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Vistfræðileg viðmið við ástandslokun strandsjávar

*Rakel Guðmundsdóttir, Sólveig R. Ólafsdóttir, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Pamela Woods,
Lilja Gunnarsdóttir, Karl Gunnarsson, Kristinn Guðmundsson og Eydís Salome Eiríksdóttir*

HAFNARFJÖRÐUR - NÓVEMBER 2022

Vistfræðileg viðmið við ástandslokkun strandsjávar

*Rakel Guðmundsdóttir, Sólveig R. Ólafsdóttir, Steinunn Hilma Ólafsdóttir,
Pamela Woods, Lilja Gunnarsdóttir, Karl Gunnarsson,
Kristinn Guðmundsson og Eydís Salome Eiríksdóttir*

Skýrslan er unnin fyrir Umhverfisstofnun



Upplýsingablað

Titill: Vistfræðileg viðmið við ástandsflókkun strandsjávar		
Höfundur: Rakel Guðmundsdóttir, Sólveig R. Ólafsdóttir, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Pamela Woods, Lilja Gunnarsdóttir, Karl Gunnarsson, Kristinn Guðmundsson og Eydís Salome Eiríksdóttir		
Skýrsla nr: HV 2022-39	Verkefnisstjóri: Eydís Salome Eiríksdóttir	Verknúmer: 9220
ISSN 2298-9137	Fjöldi síðna: 41	Útgáfudagur: 14. nóvember 2022
Unnið fyrir: Umhverfisstofnun	Dreifing: Opin	Yfirfarið af: Ingibjörg G. Jónsdóttir

Ágrip

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir vistfræðilegum viðmiðum sem hægt er að nota við ástandsflókkun strandsjávar á Íslandi eins og kveðið er á um í lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011. Hér eru lögð fram viðmið þriggja ástandsflokka fyrir strandsjó sem lýsa *mjög góðu, góðu og ekki viðunandi* ástandi. Lögð var áhersla á að útbúa viðmið fyrir alla líffræði- og eðlisefnafræðilega gæðaþætti í strandsjó sem Umhverfisstofnun hefur tekið ákvörðun um að nota við ástandsflókkun í fyrsta vatnahring, á árunum 2022 til 2027. Viðmiðunargildi og mörk á milli flokkanna *mjög gott* og *gott ástand* byggja á gögnum sem til eru á Hafrannsóknastofnun um viðkomandi gæðaþætti. Mörk á milli flokkanna *gott ástand* og *ekki viðunandi* eru að mestu leyti byggð á sérfræðiþekkingu sem tengd eru við aðferðir sem notaðar eru í Noregi og Bretlandi, auk aðferða sem notaðar eru við mat á ástandi sjávar samkvæmt OSPAR. Hér er um að ræða fyrstu nálgun á uppbyggingu ástandsflókkunar kerfis til að nota við mat á vistfræðilegu ástandi strandsjávar við Ísland. Mikilvægt er að endurskoða þau viðmið sem hér eru sett fram eftir því sem meira safnast af gögnum um þá gæðaþætti sem um ræðir og reynsla kemst á þau ástandsviðmið sem hér eru sett fram.

Abstract

This report describes a classification system that can be used for ecological classification of coastal water in Iceland, as provided for in the Water Management Act no. 36/2011. The focus was on making a criterion for three ecological status classes, high, good, and moderate status. Emphasis was on making a criterion for all biological and physicochemical quality elements in coastal waters that the Environment Agency has decided to use for ecological classification in this water cycle, 2022 to 2027. Reference values and the boundaries between the classes high and good status are based on data available at the Marine and

Freshwater Research Institute on the relevant quality elements. The boundaries between good and moderate status are however, mostly based on expert judgement, in connection with status classification methods of coastal waters used in Norway and UK, together with criteria defined by OSPAR. This is the first approach to the development of an ecological classification system to assess the ecological status of coastal waters in Iceland. It is important to review the methods presented in this report as more data is collected on each quality element discussed here.

Lykilorð: Stjórn vatnamála, vatnatskipun, vistfræðileg ástandsflokkun, vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR, nEQR), viðmiðunargildi, gæðapættir, líffræðilegir gæðpættir, eðlisefnafræðilegir gæðapættir, strandsjávarvatnshlot, ástandsflokkunarkerfi, ástandsviðmið.

Undirskrift verkefnisstjóra:

Fyrrum Salome Birksdóttir

Undirskrift forstöðumanns sviðs:

Krónn Egísdóttir

Efnisyfirlit

1 Inngangur	1
1.1 Vistfræðilegt ástand vatnshlota.....	2
1.2 Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR og nEQR).....	6
1.2.1 Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)	6
1.2.2 Samræmt vistfræðilegt gæðahlutfall (nEQR)	7
1.3 Útreikningar á vistfræðilegu ástandi	9
2. Vistfræðilegt ástand í strandsjó	11
2.1 Svifþörungar (blaðgræna a)	11
2.1.1 Inngangur.....	11
2.1.2 Söfnun og meðhöndlun sýna	12
2.1.3 Ástandsviðmið	13
2.2 Botnþörungar á hörðum botni.....	17
2.2.1 Inngangur.....	17
2.2.2 Söfnun og meðhöndlun sýna	17
2.2.3 Ástandsviðmið	18
2.3 Hryggleysingjar á mjúkum botni	23
2.3.1 Inngangur.....	23
2.3.2 Sýnasöfnun og val á matsþáttum.....	24
2.3.3 Ástandsviðmið	25
2.4 Styrkur næringarefna að vetrarlagi.....	29
2.4.1 Inngangur.....	29
2.4.2 Söfnun og meðhöndlun sýna	30
2.4.3 Ástandsviðmið	30
3 Lokaorð.....	33
Þakkarorð	34
Heimildir	35
Viðaukar	38
Viðauki 1.....	39
Viðauki 2.....	40
Viðauki 3.....	41

Myndaskrá

Mynd 1. Skipting strandsjávar við Ísland í vistsvæði og í vatnshlot	2
Mynd 2. Flæðirit sem sýnir hlutverk líffræðilegra, eðlisefnafræðilegra og vatnsformfræðilegra gæðaþátta við flokkun vatnshlota	4
Mynd 3. Samband vistfræðilegs- og efnafræðilegs ástands vatnshlota.	6
Mynd 4. Sameiginlegt mat úr vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR) sett fram sem eitt tölugildi á bilinu 0 til 1.....	7
Mynd 5. Dæmi um aðferð við mat á vistfræðilegu gæðahlutfalli vatnshlota í strandsjó.....	9
Mynd 6. Niðurstöður mælinga á blaðgrænu <i>a</i> (chlorophyll <i>a</i>) úr nokkrum vatnshlotum í strandsjó.....	16
Mynd 7. Niðurstöður útreikninga á vísinum NQI1 í vatnshlotum við Ísland	28

Töfluskrá

Tafla 1. Gæðaþættir sem eru skilgreindir í reglugerð 535/2011.....	3
Tafla 2. Almenn samræmd skilgreining á flokkun vistfræðilegs ástands þriggja ástandsflokka	5
Tafla 3. Almenn skilgreining á ástandi yfirborðsvatns m.t.t. til efnafræðilegs ástands.....	5
Tafla 4. Viðmiðunargildi og mörk ástandsflokka fyrir blaðgrænu <i>a</i> í strandsjó.....	15
Tafla 5. Mörk milli ástandsflokka m.t.t. botnbörunga og fjörugerðar í strandsjó við Ísland ...	20
Tafla 6. Mörk milli ástandsflokka m.t.t. botnbörunga og fjörugerðar í strandsjó við Ísland ...	20
Tafla 7. Viðmiðunargildi og mörk ástandsflokka fyrir botnlæga hryggleysingja (botndýr) á mjúkum botni	27
Tafla 8. Viðmiðunargildi og mörk milli ástandsflokka fyrir vetrarstyrk nítrats ($\mu\text{mól l}^{-1}$) og EQR í fullsöltum sjó	32
Tafla 9. Viðmiðunargildi og mörk milli ástandsflokka fyrir vetrarstyrk fosfats ($\mu\text{mól l}^{-1}$) og EQR í fullsöltum sjó	32

Viðaukar

Viðauki 1. Listi yfir þörunga sem notaður var til að útbúa kerfi til ástandsflókkunar strandsjávar með tilliti til þörunga á hörðum botni

Viðauki 2. Lýsing á fjöru sem sýnir hvernig skal meta veigamikil einkenni fjörunnar

Viðauki 3. Listi yfir svæði, sýnatökubúnað, vistfræðilegt ástand og uppruna gagna sem notuð voru við skilgreiningu á mörkum á milli ástandsflokka og við val á matsþætti fyrir botnlæga hryggleysingja

1 Inngangur

Undanfarin ár hefur verið unnið að innleiðingu rammatilskipunar Evrópusambandsins um verndun vatns (Directive, 2000/60/EB). Árið 2011 voru sett lög um stjórn vatnamála nr. 36/2011 og á grundvelli þeirra reglugerðir nr. 535/2011 og nr. 935/2011. Reglugerð nr. 935/2011 fjallar um hvernig stjórn vatnamála skuli háttáð og hvert hlutverk mismunandi stjórvalda og annarra aðila skuli vera við stjórn vatnamála og skiptingu vatnaumdæmisins í vatnasvæði. Reglugerð nr. 535/2011 kveður á um að flokka skuli vatnshlot¹ eftir eiginleikum þeirra, framkvæma álagsgreiningu á þeim og vakta ákveðna gæðaþætti í vatnshlotunum sem notaðir eru við ástandsflokkun þeirra. Markmið laganna og reglugerðanna er að vernda vatn og tryggja sjálfbæra nýtingu þess. Komi upp sú staða að vatnshlot uppfylli ekki umhverfismarkmið skal ráðast í aðgerðir til þess að upphefja ástand viðkomandi vatnshlots.

Þessi skýrsla er unnin samkvæmt samningi við Umhverfisstofnun og fjallar um aðferðir sem hægt er að nota við vistfræðilega ástandsflokkun strandsjávar miðað við líffræðilega og eðlisefnafræðilega gæðaþætti. Sett eru fram viðmiðunargildi og ástandsflokkar fyrir nokkra gæðaþætti sem byggja að nokkru leyti á eldri skýrslu Hafrannsóknastofnunar (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019). Áður hefur komið út sambærileg skýrsla þar sem fjallað er um viðmið sem hægt er að nota til að flokka ferskvatn eftir vistfræðilegu ástandi þess (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2021).

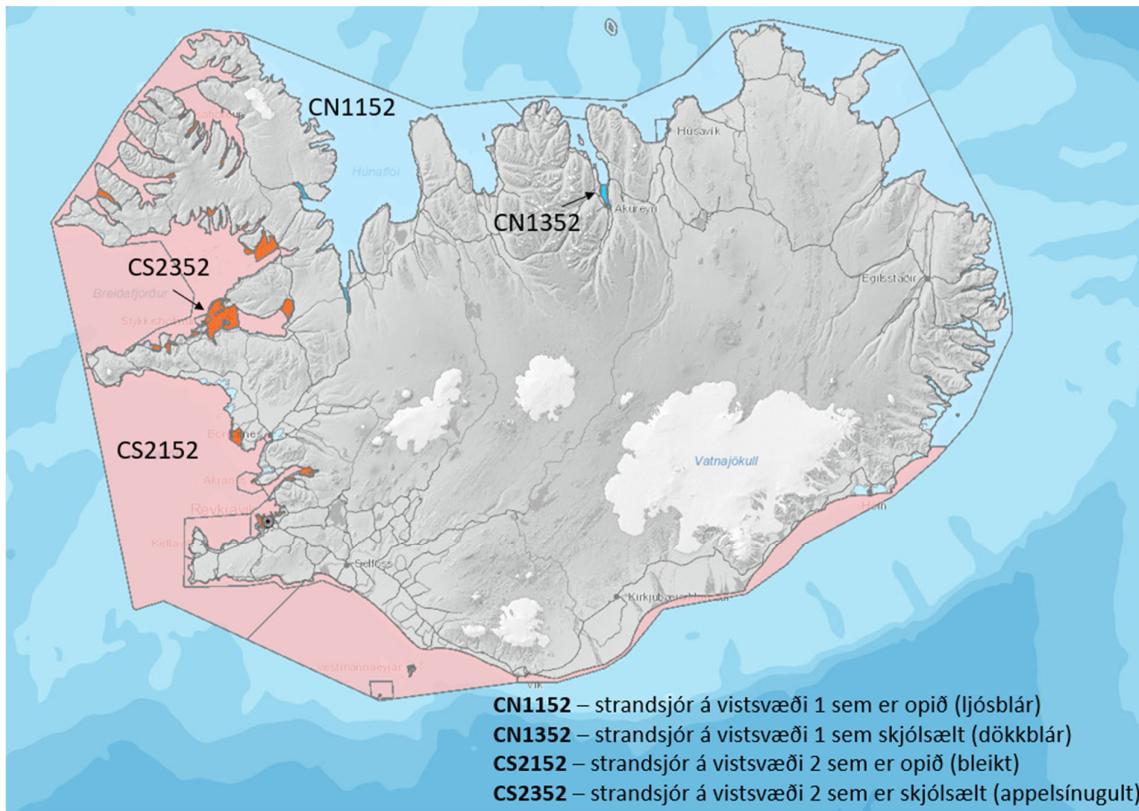
Skipting strandsjávar í mismunandi gerðir var byggð á tveimur lýsum (e. descriptor), annars vegar hversu opin svæðin eru fyrir öldu og hins vegar hitastigi sjávar að vetrarlagi. Skilgreind voru tvö vistsvæði um landið (Agnes Eydal o.fl. 2019). Vistsvæði 1 er fyrir norðan og austur eftir landi þar sem hitastig sjávar er á bilinu 1-4 °C að vetrarlagi en vistsvæði 2 er úti fyrir Vestfjörðum, Suðurlandi og að Suðausturlandi þar sem sjávarhiti að vetri er á bilinu 4-7 °C (mynd 1). Svæði innan vistsvæðanna voru skilgreind m.t.t. hvort þau væru skjólsæl eða opin fyrir öldu.

Alls eru fjórar vatnshlotagerðir í strandsjó og þær eru eftirfarandi:

- CN1152 eru strandsjór á vistsvæði 1 þar sem opið er fyrir öldu.
- CN1352 eru strandsjór á vistsvæði 1 þar sem skjól er fyrir öldu.
- CS2152 eru strandsjór á vistsvæði 2 þar sem opið er fyrir öldu.
- CS2352 eru strandsjór á vistsvæði 2 þar sem skjól er fyrir öldu

¹ Vatnshlot eru einingar vatns, svo sem allt það vatn sem er að finna í stöðuvatni, ám eða strandsjó (Lög um stjórn vatnamála nr. 36/2011)

Alls eru nú skilgreind 72 vatnshlot í strandsjó við Ísland (mynd 1) en sú afmörkun byggir á tillögum Hafrannsóknastofnunar (Agnes Eydal o.fl. 2019; Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019).



Mynd 1. Skipting strandsjávar við Ísland í vistsvæði og í vatnshlot. Mismunandi vatnshlotagerðir eru litaðar í ljósbláu, dökkbláu, bleiku og appelsínugulu. Myndin er tekin úr vefsíða stjórnar vatnamála, www.vatnavefsja.vedur.is, og við hana er búið að bæta skýringartexta (dags: 8. október. 2021). Dæmi um skjólsæl vatnshlot eru sýnd er með örвum en hafa skal í huga að þau eru fleiri en örvarnar benda á.

1.1 Vistfræðilegt ástand vatnshlotu

Samkvæmt lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011 og reglugerð nr. 535/2011 skal flokka strandsjó eftir ástandi hans í fimm flokka; *mjög gott, gott, ekki viðunandi, slakt og lélegt*. Flokkunin skal gerð út frá skilgreindum vistfræðilegum gæðaþáttum. Árið 2014 skilaði Hafrannsóknastofnun skýrslu til Umhverfisstofnunar þar sem settar voru fram tillögur að líffræði- og eðlisefnafræðilegum gæðaþáttum til að nota við vistfræðilega ástandsflókkun strandsjávar. Um það leyti sem skýrslunni var skilað var vinna við innleiðingu laga um stjórn vatnamála lögð niður og ekki endurvakin aftur fyrr en árið 2018. Fljótegla eftir það tók Umhverfisstofnun formlega afstöðu til skýrslunnar frá 2014 og var hún þá loks gefin út (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019). Umhverfisstofnun samþykkti að nota alla þá gæðaþætti sem lagðir voru fram í skýrslu Hafrannsóknastofnunar (Tafla 1).

Tafla 1. Gæðapættir sem eru skilgreindir í reglugerð 535/2011 og Umhverfisstofnun hefur samþykkt að nota við ástandsflokkun vatnshlota í strandsjó.

Líffræðilegir gæðapættir	Eðlisefnafræðilegir gæðapættir
Límassi plöntusvifs (blaðgræna a)	Styrkur næringarefna að vetrarlagi
Hryggleysingjar á mjúkum botni (botndýr)	
Botnþörungar á hörðum botni	

Tilgangurinn með þeirri skýrslu sem hér er lögð fram er að skilgreina viðmiðunargildi og mörk á milli flokkanna *mjög gott*, *gott* og *ekki viðunandi* ástand út frá þessum líffræði- og eðlisefnafræðilegu gæðapáttum í vatnshlotagerðum sem skilgreindar hafa verið í strandsjó við Ísland (mynd 1).

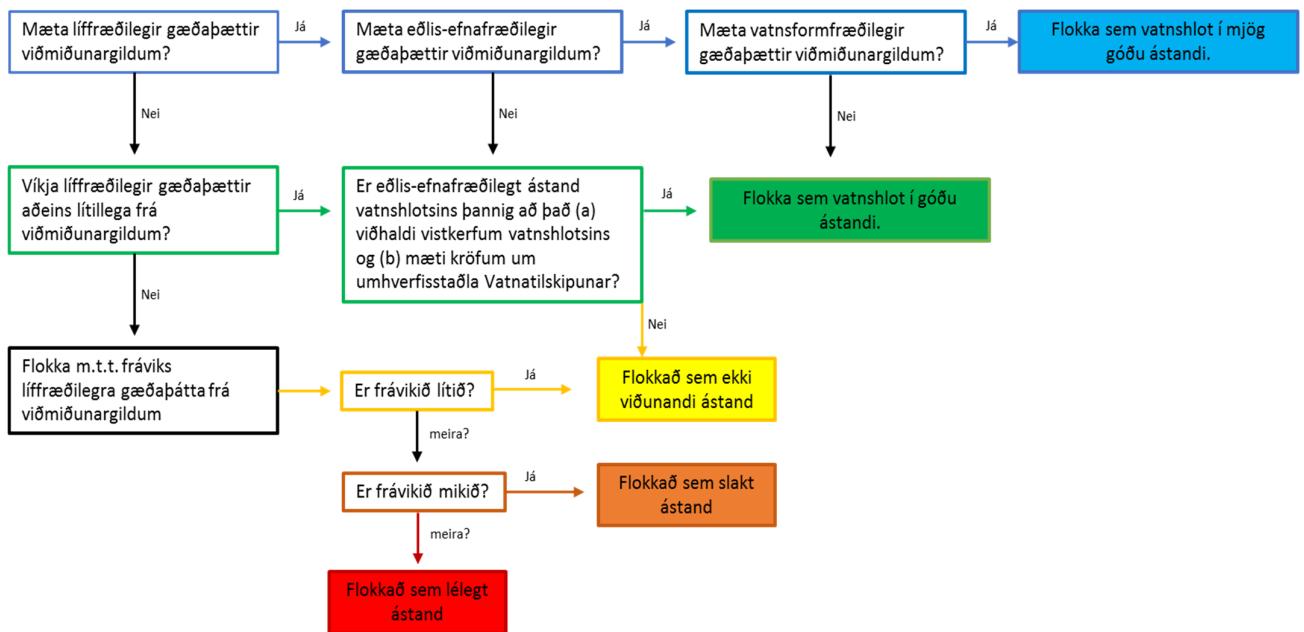
Flokkun á vistfræðilegu ástandi vatnshlota byggir á tölulegum upplýsingum um náttúrulegt ástand þeirra. Ástandsflokkun vatnshlota byggir á þremur meginhópum gæðapáttta; líffræðilegum, vatnsformfræðilegum og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum.

Hér við land er álag í strandsjó að jafnaði ekki mikið og telja má að lang flest vatnslot í strandsjó séu óröskuð eða að mestu leyti í náttúrulegu ástandi (Jóhanna Weishappel o.fl. 2013). Því finnast ekki margir staðir þaðan sem hægt er að nota niðurstöður rannsókna til skilgreiningar á ástandsflókkum og lýsingar á aðstæðum þar sem ástand vistkerfisins er marktækt frábrugðið náttúrulegu ástandi. Það setur því sitt mark á aðferðafræði og nálgun við flokkun á ástandi vatnshlota sem eru ekki í a.m.k. *góðu ástandi*. Gögn úr vatnslotum sem eru undir á lagi af mannavöldum eru nauðsynleg til að skilgreina *ekki viðunandi*, slakt eða *lélegt* ástand. Í mörgum tilvikum hefur Hafrannsóknastofnun notað sérfræðiálit við skilgreiningu á mörkum á milli ástandsflókka, en til hliðsjónar hefur stofnunin haft aðferðir sem notaðar eru í nágrannalöndum sem eru í sama millkvörðunarhóp (e. Intercalibration group) og Ísland.

Viðmiðunargildi fyrir gæðapættina (e. reference value) gegna lykilhlutverki við ástandsflókkun vatnshlota en þau eru notuð til samanburðar við niðurstöður úr vöktun viðkomandi gæðapáttta. Því er mikilvægt að skilgreina hver náttúrulegur breytileiki líffræði- og eðlisefnafræðilegra gæðapáttta er í strandsjó við Ísland (*mjög gott* og *gott* ástand) og á sama tíma skilgreina hvenær frávik skilgreindra gæðapáttta frá viðmiðunarástandi er orðið óviðunandi.

Í tilvikum þar sem vistfræðilegt ástand vatnshlota víkur það mikið frá náttúrulegu ástandi að það telst *ekki viðunandi* þarf að grípa til aðgerða til að bæta ástandið. Það getur falið í sér mikinn kostnað og fyrirhöfn og því er mikilvægt að skilgreiningin á mörkum á milli góðs ástands og *ekki viðunandi* byggi á eins góðum grunni og hægt er.

Afstætt hlutverk vistfræðilegra gæðaþáttta er sýnt á mynd 2. Þar sést að vatnshlot þurfa í fyrsta lagi að mæta kröfum um líffræðilega gæðaþætti, í öðru lagi að mæta kröfum um eðlisefnafræðilega gæðaþætti og í þriðja lagi kröfum um vatnsformfræðilega gæðaþætti (WFD CIS, 2003 b).



Mynd 2. Flæðirit sem sýnir hlutverk líffræðilegra, eðlisefnafræðilegra og vatnsformfræðilegra gæðaþáttta við flokkun vatnshlota eins og gert er ráð fyrir í lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011 og reglugerð nr. 535/2011 (WFD CIS, 2003 b). Í þessum vatnahring skal nota líffræðilega og eðlisefnafræðilega gæðaþætti við ástandsflokkun en vinna við vatnsformfræðilegir gæðaþætti hefur ekki enn farið fram.

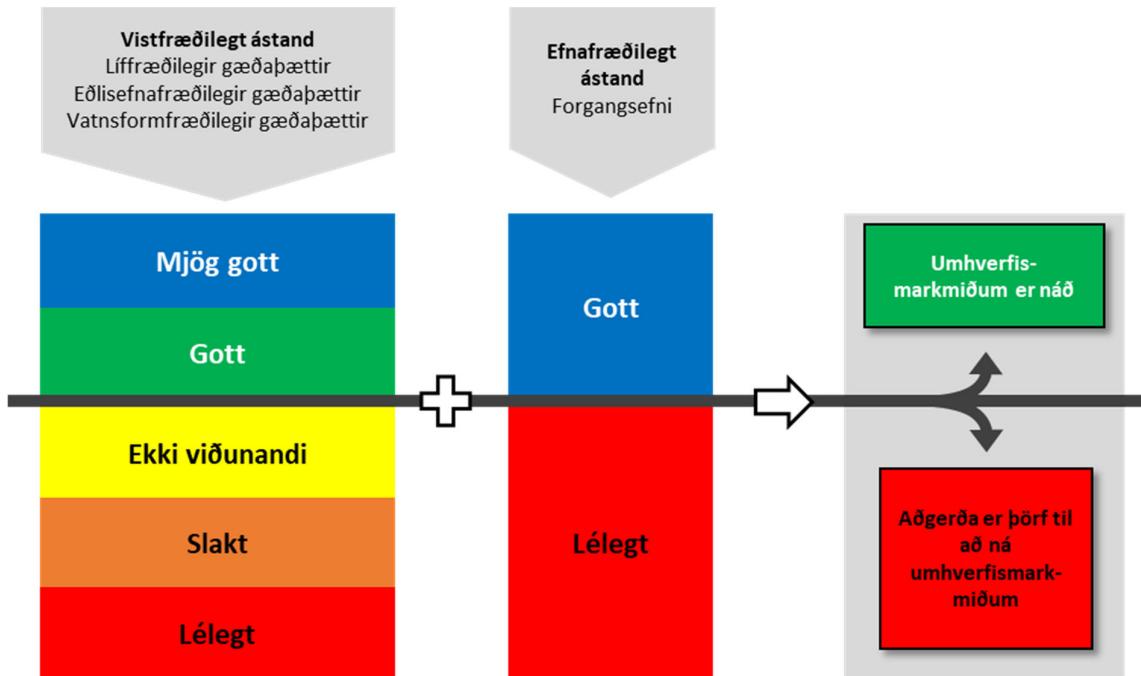
Skilgreining á þremur af fimm vistfræðilegum ástandsflokkum er sýnd í töflu 2; *mjög gott ástand, gott ástand og ekki viðunandi ástand*. Eins og fram hefur komið byggir vistfræðilegt ástandsmað á mati á líffræði-, eðlisefnafræði-, og vatnsformfræðilegum gæðaþáttum. Vatnshlot þurfa að ná a.m.k. góðu vistfræðilegu ástandi til að uppfylla kröfur laga um stjórn vatnamála. Þar er þó ekki öll sagan sögð því vatnshlot þurfa einnig að ná góðu efnafræðilegu ástandi m.t.t. styrks mengandi efna (forgangsefna) og þungmálma (tafla 3; mynd 3). Listi yfir forgangsefni eru í reglugerð 535/2011 (sbr. 4. breytingu) og styrkmörk þeirra eru gefin upp í reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999 (sbr. 4. breytingu). Alls eru 45 forgangsefni/efnahópar skilgreind og þar af eru 21 efni sem eru skilgreind sem hættuleg forgangsefni.

Tafla 2. Almenn samræmd skilgreining á flokkun vistfræðilegs ástands þriggja ástandsflokka sem vinna skal með í fyrsta vatnahring fyrir ár, stöðuvötn, árósarvatn og strandsjó (viðauki III í reglugerð nr. 535/2011, liður 1.2).

Mjög gott ástand	Engar eða mjög óverulegar breytingar af mannavöldum hafa orðið á gildum eðlisefnafræðilegra og vatnsformfræðilegra gæðapáttu viðkomandi gerðar yfirborðsvatnshlots miðað við það sem vænta mætti við óröskað skilyrði. Gildi fyrir líffræðilega gæðapætti yfirborðsvatnshlotsins endurspeglar það sem alla jafna mætti vænta við óröskað skilyrði og engar eða mjög óverulegar vísbendingar um röskun koma fram. Þetta eru viðmiðunaraðstæður fyrir vistfræðilegt ástand einstakra gerða vatnshlota.
Gott ástand	Gildi fyrir líffræðilega gæðapætti viðkomandi gerðar yfirborðsvatnshlotsins sýna litla röskun af mannavöldum en aðeins smávægileg frávik frá því sem alla jafna mætti búast við ef þessi gerð yfirborðsvatnshlots væri óröskað.
EKKI VIÐUNANDI ÁSTAND	Gildi fyrir líffræðilega gæðapætti viðkomandi gerðar yfirborðsvatnshlotsins sýna nokkur frávik frá því sem alla jafna mætti búast við ef þessi gerð vatnshlotsins væri óröskað. Gildin sýna nokkra röskun af mannavöldum og umtalsvert meiri en þar sem ástand er gott.

Tafla 3. Almenn skilgreining á ástandi yfirborðsvatns m.t.t. til efnafræðilegs ástands (reglugerð nr. 535/2011).

Gott ástand	Vatnslot ná settum efnafræðilegum umhverfisgæðakröfum fyrir yfirborðsvatn, þ.e.a.s. styrkur mengunarvalda (forgangsefna) er ekki meiri en leyfilegt er samkvæmt umhverfisgæðakröfum.
Lélegt ástand	Styrkur mengunarvalda (forgangsefna; reglugerð nr. 535/2011) fer yfir leyfileg mörk sem skilgreind eru í reglugerð nr. 796/1999, sbr. 4. breytingu.



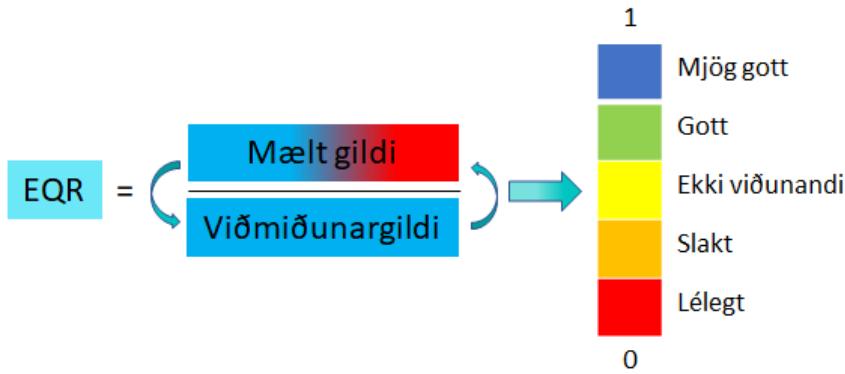
Mynd 3. Samband vistfræðilegs- og efnafræðilegs ástands vatnshlota. Allt vatn þarf að vera í a.m.k. góðu ástandi, bæði hvað varðar vistfræðilegt- og efnafræðilegt ástand. Náist það ekki þarf að fara í aðgerðir til að bæta ástand vatnsins. Vistfræðilegt ástand endurspeglar niðurstöður mælinga á líffræði- og eðlisefnafræðilegum gæðaþáttum (*Error! Reference source not found.*) en efnafræðilegt ástand endurspeglar niðurstöður mælinga á mengandi efnum, svokölluðum forgangsefnum. Mynd byggð á mynd 2.1 í Direktoratsgruppen Vanndirektivet (2018).

1.2 Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR og nEQR)

1.2.1 Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)

Út frá niðurstöðum ástandsflókkunar vatnshlota skal setja fram stöðluð gildi sem kallast vistfræðilegt gæðahlutfall (e. Ecological Quality Ratio: EQR). Vistfræðilegt gæðahlutfall endurspeglar hlutfallið á milli mældra tölulegra gilda (matsþátta) fyrir ákveðinn gæðaþátt og skilgreinds viðmiðunargildis fyrir viðkomandi gæðaþátt (mynd 4). Vistfræðilegt gæðahlutfall er þannig staðlað gildi sem bæði er óháð mælieiningu og stærðargráðu mæligilda.

Vistfræðilegt gæðahlutfall skiptist í fimm vistfræðilega ástandsflókka (*mjög gott, gott, ekki viðunnandi, slakt og lélegt*). Niðurstöður vöktunar á vistfræðilegu ástandi skal setja fram sem tölugildi á bilinu 0 til 1, þar sem 1 endurspeglar besta ástand og 0 endurspeglar versta ástand. Mikilvægt er að skilgreina mörkin á milli þessara fimm flokka þannig að þeir endurspeglar raunverulegt ástand vatnshlota og nýtist til að draga fram þau vatnshlot sem ná ekki markmiði laga um stjórn vatnamála um *gott* ástand, þannig að hægt sé að bregðast við með mótvægisgerðum. Dæmi um útreikning á vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR) er í textaboxi 1.



Mynd 4. Mat úr vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR) er sett fram sem tölugildi á bilinu 0 til 1, þar sem 1 endurspeglar besta ástand og 0 endurspeglar versta ástand. Myndin er byggð á mynd 1.1 í van der Bund & Solimini (2007).

1.2.2 Samræmt vistfræðilegt gæðahlutfall (nEQR)

Við útreikning á EQR eru mæld gildi borin saman við viðmiðunargildi hvers gæðaþáttar (mynd 4). Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka fyrir hvern gæðaþátt eru lögð fram í viðeigandi undirköflum í kafla 2. Þegar setja á saman niðurstöður margra matsþátta fyrir hvern gæðaþátt (e. multi-metric approach) er nauðsynlegt að samræma EQR sem reiknað er fyrir hvern gæðaþátt. Það er gert með því að reikna út samræmt EQR (e. normalized EQR: nEQR). Ástæðan er sú að hver ástandsflókkur þarf að spanna jafn stóran hluta af EQR kvarðanum áður en sameining niðurstaðna fer fram. Ástandsflókkarnir eru fimm og EQR kvarðinn nær frá 1 niður í 0, þannig að hver ástandsflókkur nær yfir 0,2 af EQR kvarðanum eftir samræmingu. Samræmt vistfræðilegt gæðahlutfall (nEQR) er reiknað út með eftirfarandi jöfnu:

$$nEQR = \left[\left(\frac{EQR - EQR_{neðri}}{EQR_{efri} - EQR_{neðri}} \right) * 0,2 \right] + nEQR_{neðri}$$

Þar sem

EQR er vistfræðilegt gæðahlutfall reiknað út frá niðurstöðum mælinga og viðmiðunargildi viðkomandi gæðaþáttar,

$EQR_{neðri}$ er neðri mörk þess ástandsflokks sem viðkomandi vatnshlot fellur í miðað við reiknað EQR,

EQR_{efri} er efri mörk þess ástandsflokks sem viðkomandi vatnshlot fellur í miðað við reiknað EQR,

$nEQR_{neðri}$ er neðri mörk á samræmdum vistfræðilegum ástandsflókkum (*mjög gott* 0,8; *gott* 0,6; *ekki viðunandi* 0,4; *slakt* 0,2 og *lélegt* 0).

Nauðsynlegt er að reikna fyrst EQR fyrir hvern gæðaþátt og ákvárdar þannig ástandsflókk fyrir viðkomandi gæðaþátt. Dæmi um útreikning á samræmdu vistfræðilegu gæðahlutfalli (nEQR) er í textaboxi 1.

Textabox 1. Dæmi um útreikning á vistfræðilegu gæðahlutfalli, EQR, og samræmdu vistfræðilegu gæðahlutfalli, nEQR.

Meðalstyrkur blaðgrænu a í vatnshloti fyrir vaxtartímabil plöntusvifs í vatnshlotagerð CN1352 mælist að meðaltali $3,6 \text{ } \mu\text{g/l}$. Viðmiðunargildi blaðgrænu a í þeirri vatnshlotagerð er $2,7 \text{ } \mu\text{g/l}$. (Viðmiðunargildi og mörk á milli flokka fyrir blaðgrænu a eru í töflu 4 í kafla 2.1 um svifþörunga).

Vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir þetta tiltekna vatnshlot er:

$$EQR = \frac{\text{Blaðgræna } a \text{ viðmiðunargildi}}{\text{Meðalstyrkur blaðgrænu } a \text{ mæld}} = \frac{2,7}{3,6} = 0,75$$

Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) er 0,75 og vatnshlotið telst því í *mjög góðu ástandi* m.t.t. blaðgrænu a (Tafla 4).

Ef nota ætti fleiri gæðapætti en blaðgrænu við ástandsflokkun vatnshlotsins þyrfti að samræma vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) þeirra gæðapáttu svo að hver ástandsflokkur spanni jafn stóran hluta af EQR kvarðanum. Ástandsflokkarnir eru fimm og EQR nær frá 1 niður í 0, þannig að hver ástandsflokkur spannar 0,2 eftir samræmingu. Jafnan sem nota skal við samræmingu EQR er eftifarandi:

$$nEQR = \left[\left(\frac{EQR - EQR_{neðri}}{EQR_{efri} - EQR_{neðri}} \right) * 0,2 \right] + nEQR_{neðri}$$

Ef reikna á samræmt vistfræðilegt gæðahlutfall (nEQR) fyrir blaðgrænu í dæminu hér að ofan eru breyturnar eftifarandi:

- $EQR = 0,75$ (reiknað vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir blaðgrænu a í vatnshlotinu)
- $EQR_{neðri} = 0,67$ (neðri mörk fyrir *mjög gott* ástand sbr. töflu 4)
- $EQR_{efri} = 1$ (efri mörk fyrir *mjög gott* ástand sbr. töflu 4)
- $nEQR_{neðri} = 0,8$ (neðri mörk fyrir *mjög gott* ástand eftir samræmingu á vistfræðilegu gæðahlutfalli)

$$nEQR = \left[\left(\frac{0,75 - 0,67}{1 - 0,67} \right) * 0,2 \right] + 0,8 = 0,85$$

Samkvæmt þessum útreikningum er **nEQR = 0,85** fyrir blaðgrænu a í dæminu hér að ofan (*mjög gott* ástand).

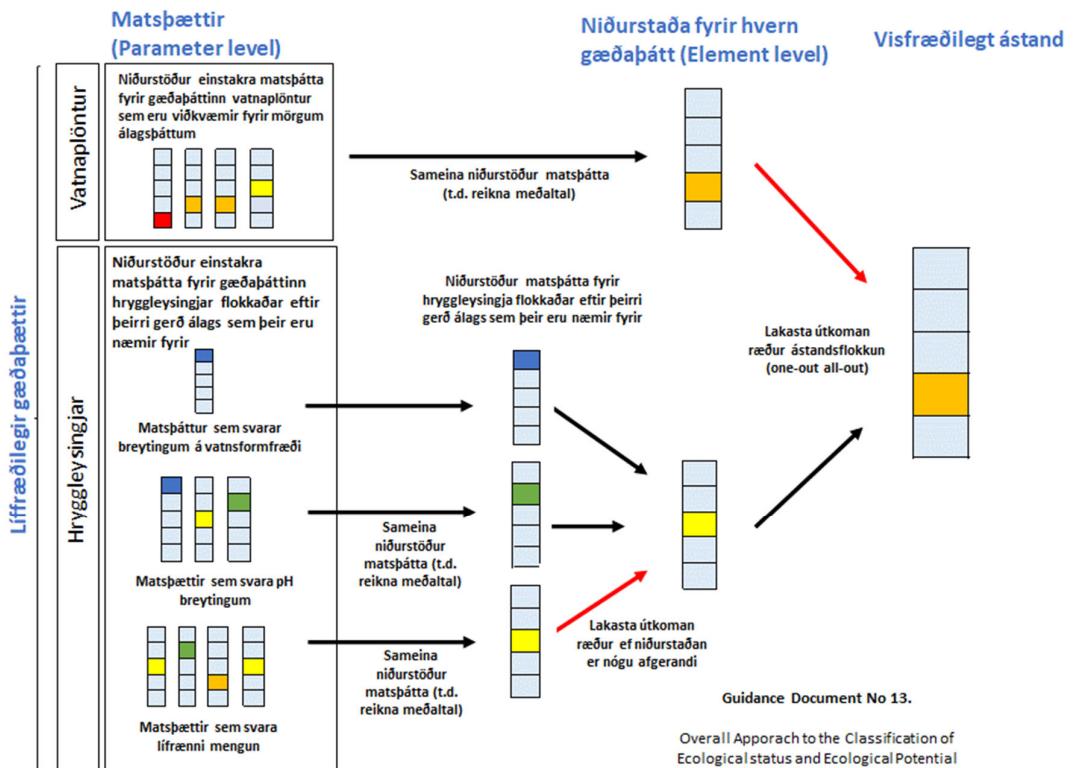
Ef nota á þessar niðurstöður fyrir blaðgrænu a ásamt niðurstöðum úr öðrum matsþætti fyrir svifþörunga sem er næmur fyrir **sama álagi** og blaðgræna a má sameina þá þætti, t.d. með því að taka meðaltal. Ef nEQR fyrir þann matsþátt (x) væri 0,62 (*gott* ástand) væri sameinað nEQR þessara tveggja gæðapáttu:

$$\text{Sameinað nEQR} = \frac{nEQR_{blaðgr.} + nEQR_{(x)}}{2} = \frac{0,85 + 0,62}{2} = 0,74$$

Útkoman er á milli 0,6 og 0,8 sem endurspeglar *gott* vistfræðilegt ástand. Endanleg ástandsflokkun vatnshlotsins er því **gott vistfræðilegt ástand** miðað við þessa gæðapætti. Sjá skýringar á mynd 5 (Element level).

1.3 Útreikningur á vistfræðilegu ástandi

Hægt er að nota mismunandi aðferðir við útreikning á lokaniðurstöðu um vistfræðilegt ástand. Það er ekki markmið þessarar skýrslu að taka afstöðu til þess hvernig matsþættir eru veginn eða hvernig lokaútreikningur á vistfræðilegu ástandi er framkvæmdur. Á mynd 5 er dæmi um hvernig hægt er að sameina niðurstöður tveggja líffræðilegra gæðaþáttta.



Mynd 5. Dæmi um aðferð við ástandsflókkun vatnshlota þar sem notaðir eru fleiri en einn gæðaþáttur. Myndin er þýdd útgáfa af mynd 3 í CIS Guidance document nr. 13 (WFD CIS, 2005)

Myndin er í samræmi við mynd 3 í leiðbeiningariti nr. 13 í Vatnatilskipun Evrópusambandsins (WFD CIS, 2005). Mat á gæðaþáttunum byggir á einum eða fleiri matsþáttum, en matsþættir geta verið mismargir eftir því um hvaða gæðaþátt ræðir (sjá skilgreiningu hugtaka í textaboxi 2). Niðurstöður þeirra eru sameinaðar, t.d. með því að taka meðaltal af þeim fyrir hvern gæðaþátt (Direktoratsgruppen Vanndirektivet, 2018). Niðurstöður úr líffræðilegum, eðlisefnafræðilegum og vatnsformfræðilegum gæðaþáttum eru að lokum sameinaðar í vistfræðilegt ástand og ræður þá lakasta útkoman (e. one out - all out). Þetta þýðir að vatnshlot sem er t.d. í mjög góðu ástandi með tilliti til líffræðilegra gæðaþáttta getur fallið ef eðlisefna- eða vatnsformfræðilegir gæðaþættir nái ekki a.m.k. góðu ástandi. Það undirstrikkar mikilvægi þess að viðmiðunaraðstæður og mörk á milli ástandsflókka séu vel skilgreind og

byggi á umfangsmiklum upplýsingum hvað varðar t.d. landfræðilegan og árstíðabundinn breytileika.

Loka útkoma ástandsflokkunar vatnshlotu byggir á öllum þeim gæðapáttum sem tilheyra viðkomandi vatnshloti. Matsþættirnir geta verið margir, allt eftir því um hvaða gæðapátt er að ræða. Flokka þarf matsþættina eftir því hvort þeir eru næmir fyrir ákveðnu álagi eða hvort þeir svara ólíku álagi á svipaðan hátt. Í þeim tilvikum þar sem matsþættir eru álíka næmir fyrir mörgum ólíkum álagsþáttum er hægt að sameina niðurstöður þeirra t.d. með því að taka meðaltal (sjá vatnaplöntur á mynd 5). Ef um er að ræða matsþætti sem svara ólíku álagi (t.d. súrnun eða lífrænu álagi, ekki báðu) þarf að flokka saman þá þætti sem eru viðkvæmir fyrir sama álaginu og sameina t.d. með því að taka meðaltal af þeim. Ekki má blanda saman niðurstöðum úr mati á þáttum sem eru næmir fyrir ólíku álagi heldur er lakasta útkoman látin ráða í slíkum tilvikum (sjá mat á hryggleysingum á mynd 5). Samanteknar niðurstöður úr gæðapáttunum eru að lokum sameinaðar í eina lokaniðurstöðu og þá ræður lakasta útkoman endanlegri ástandsflokkun.

Eftifarandi er samantekt á því hvernig sameina má niðurstöður úr mörgum matsþáttum fyrir einstakan líffræðilegan gæðapátt ef notuð er aðferðafræði sem byggir á fjölpáttu álagsgreiningu (e. pressure related multi metric approach) (unnið upp úr töflu 2a í WFD CIS, 2005).

- (i) Hægt er að sameina matsþætti sem eru notaðir til að meta einstaka líffræðilega gæðapætti, t.d. með því að taka meðaltal af niðurstöðum mælinga. Sameining matsþátta eykur öryggi matsins og getur dregið úr hættu á rangri ástandsflokkun. Ekki ætti að sameina matsþætti sem eru viðkvæmir fyrir ólíku álagi nema þeir séu einnig skoðaðar sjálfstætt. Meðaltal niðurstæðna fyrir matsþætti sem þola álag og matsþætti sem eru viðkvæmir fyrir álagi getur leitt til rangrar ástandsflokkunar miðað við sértæk skilyrði fyrir hverja vatnagerð.
- (ii) Niðurstöður fyrir matsþætti sem eru viðkvæmir fyrir ólíku álagi má sameina, t.d. með því að taka meðaltal, til að meta ástand líffræðilegs gæðapáttar.
- (iii) Sameining á matsþáttum fyrir einstaka gæðapætti er valkvæð. Það þýðir að hægt er að nota niðurstöður eins matsþáttar til að áætla hvort ástand gæðapáttarins uppfylli viðkomandi sértæk skilyrði fyrir hverja vatnagerð.
- (iv) Niðurstöður fyrir nokkra matsþætti sem hver um sig er næmur fyrir ólíku álagi má nota til að meta ástand gæðapáttarins. Í þessu tilviki ætti að beita *one out – all out* reglu frekar en meðaltali þannig að ástand gæðapáttarins ráðist af þeim matsþætti sem endurspeglar mesta röskun af mannavöldum.

2. Vistfræðilegt ástand í strandsjó

Í þessum kafla eru ástandsflokkar fyrir líffræðilega- og eðlisefnafræðilega gæðaþætti í strandsjó skilgreindir (tafla 1). Áhersla var lögð á að skilgreina mörk á milli flokkanna *gott* og *ekki viðunandi* ástand. Niðurstaðan byggir á fyrilliggjandi gögnum um gæðaþættina, sem oft voru takmörkuð, og er gerð með fyrirvara um breytingar með aukinni gagnaöflun í framtíðinni.

2.1 Svifþörungar (*blaðgræna a*)

2.1.1 Inngangur

Samkvæmt reglugerð nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun, skal nota tegundasamsetningu, fjölda og lífmassa svifþörunga (*blaðgræna a*) til að skilgreina vistfræðilegt ástand strandsjávar. Hér eru lagðar fram tillögur að ástandsflokkunarkerfi strandsjávar sem byggir á styrk *blaðgrænu a* í vatnshlotum í sjó en hún er óbeinn mælikvarði á lífmassa svifþörunga. Ekki reyndust vera til nægilegar upplýsingar um tegundasamsetningu og fjölda svifþörunga í strandsjó til að nota við ástandsflókkunina.

Blaðgræna a er öllum ljóstillífandi plöntum/blábakteríum sameiginleg, enda nauðsynleg til að binda orku sólarljóss við framleiðslu lífræns efnis. Þess vegna hefur *blaðgræna a* verið notuð sem óbein mæling á lífmassa plöntusvifs, þrátt fyrir að hlutfall litarefnisins og lífmassans sé ekki stöðugt.

Svifþörungar í sjónum samanstanda af gríðarlega fjölbreyttum hópum einfrumunga sem ýmist eru stakir eða í sambýlum með öðrum svifþörungum. Kísilþörungar, skoruhörungar, kalksvifþörungar og blábakteríur eru dæmi um hópa innan svifþörungasamfélaga. Til vaxtar og viðgangs þurfa svifþörungar nægjanlega birtu, lagskiptingu sjávar og uppleyst næringarefnii. Aðrir þættir hafa mikil áhrif, eins og árstíðarbundin lóðrétt blöndun vatnsbolsins sem tryggir endurnýjun næringarefna í efstu lögum sjávar (ljóstillífunarlag) þar sem mest er af svifþörungum (Jón Ólafsson og Sólveig R. Ólafsdóttir 2008).

Svifþörungar bregðast almennt hratt við breytingum á vaxtarskilyrðum sínum og hafa verið notaðir sem vísar á ástand vistkerfa (Domingues o.fl. 2008, Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018). Almennt er þekkt að ef ofauðgun (aukning á næringarefnum) er til staðar getur af henni leitt þörungablómi sem er ekki í takt við náttúrulegan þörungablóma. Við það eykst styrkur *blaðgrænu a* í sjónum. Ofauðgun getur valdið því að tegundasamsetning svifþörunga breytist og fáar tegundir verði ríkjandi á því svæði sem er áhrifasvæði. Einnig getur orðið tilfærsla í tíma hvenær blómar eiga sér stað á þeim svæðum sem eru undir áhrifum ofauðgunar (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018). Þar sem sterkt samband er á milli lífmassa svifþörunga og styrks næringarefna geta niðurstöður mælinga á *blaðgrænu a* gefið

upplýsingar um ástand sjávar. Aukning á næringarefnum vegna lífrænnar mengunar af mannavöldum er því líkleg til að valda aukningu á magni svifþörunga og þar með auknum styrk blaðgrænu.

2.1.2 Söfnun og meðhöndlun sýna

Í þessari skýrslu eru notuð gögn úr sömu vatnshlotum og gert var í fyrri skýrslu um gæðaþætti og viðmiðunaraðstæður vatnshlota í strandsjó (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019), auk gagna sem bæst hafa við síðan sú skýrsla var gerð. Gögnin sem notuð voru eru úr vöktunarverkefnum Hafrannsóknastofnunar og spanna árabiloð frá 1973-2019. Flestar niðurstöðurnar má rekja til svokallaðra árferðisrannsókna eða annarra rannsókna tengdar þeim. Einnig voru notaðar niðurstöður rannsókna sem safnað var í tenglum við ýmis sérverkefni. Sýnin voru tekin bæði á hafinu yfir landgrunninu og inni á fjörðum. Eftirfarandi gögn voru notuð fyrir þær fjórar gerðir vatnshlota sem skilgreindar hafa verið í strandsjó:

- **Opið norður - CN1152 (n = 638):** Sýni Hafrannsóknastofnunar sem safnað var í utanverðum Eyjafirði (1992–1994) og við Grímsey (1980– 1982)
- **Skjólsælt norður - CN1352 (n = 116):** Sýni frá innanverðum Eyjafirði (1992–1994) ásamt sýnum vegna rannsókna á vistfræði Eyjafjarðar (Kristinn Guðmundsson o.fl. 2002). Mælingum af stöð 2 í Eyjafjarðarbotni var sleppt vegna mögulegra áhrifa af losun frá byggð.
- **Opið suður - CS2152 (n = 2390):** Sýni frá ýmsum verkefnum Hafrannsóknastofnunar sem safnað var m.a. við Vestmannaeyjar, í Hvalfirði og Ísafjarðardjúpi.
- **Skjólsælt suður - CS2352 (n = 230):** Sýni sem tekin voru í Hvalfirði (Agnes Eydal 2003). Auk þess sýni Hafrannsóknastofnunar sem safnað var úr Ísafirði (1987-1988) og Tálknafirði (2008-2009)

Mikilvægt er að aðferðir við rannsóknir og vöktun til að afla gagna sem nota á við mat á vistfræðilegu ástandi samkvæmt lögum um stjórн vatnamála séu grundvallaðar á alþjóðlegum stöðlum um aðferðafræði (t.d. ISO staðlar). Þetta er mikilvægt til þess að gæði upplýsinga séu sem best og að þær séu samanburðarhæfar í tíma og rúmi. Við skilgreiningu á viðmiðunargildum á lífmassa plöntusvifs (blaðgrænu α), sem hér er kynnt, var notast við aðrar aðferðir, sem þó samræmast ágætlega þeim staðli sem lýsir söfnun og greiningu á blaðgrænu α (ISO 10260). Hafrannsóknastofnun er þáttakandi í mörgum alþjóðlegum verkefnum og hefur notað samræmdar vinnuaðferðir við rannsóknir sínar sem lýst er í riti SCOR-UNESCO (1966).

Sú aðferðarfræði sem liggur að baki þeim gögnum sem í þessari skýrslu eru notuð við að setja bæði viðmiðunargildi og mörk milli ástandslokka byggir í stórum dráttum á eftirfarandi:

1. Þekkt rúmmál af sjó var tekið úr efstu fimm metrum vatnssúlunnar (yfirborðssjó).
2. Sýnin voru geymd í myrkri og kulda þar til þau voru síuð.
3. Til þess að ná plöntusvifinu úr sjósýnum voru þau síuð á glertrefjasíur. Fram til ársins 2010 var notast við Whatman GF/C glertrefjasíu en eftir það var skipt í fíngerðari Whatman GF/F síu.
4. Við síun sjósýna gegnum glertrefjasíurnar var notuð sogdæla, en þess ávallt gætt að undirþrýstingurinn væri tæpur þriðjungur loftþyngdar.
5. Eftir síun voru síur með plöntusvifi (sýni) geymd í frysti fram að mælingu.
6. Magn blaðgrænu *a* var mælt innan mánaðar frá sýnatöku sem telst ásættanlegt geymslubol í frysti. Eftir þann tíma er blaðgræna *a* farin að brotna niður og því gæti orðið skekkja í mati blaðgrænu *a*.

Fyrir árið 2010 voru mælingar á styrk blaðgrænu *a* hjá Hafrannsóknastofnun gerðar í litrófsmæli við þrjár mismunandi bylgjulengdir (trichromatic) í samræmi við staðlaða aðferð SCOR-UNESCO (1966). Eftir 2010 hefur Hafrannsóknastofnun notast við aðferð Holm-Hansen o.fl. (1965) sem byggir á mælingu á flúrljómun og blaðgræna *a* er aðgreind frá afleiddum niðurbrotsefnum (phaeopigments) sem ekki var gert með eldri aðferð. Gagnanna sem notuð voru við skilgreiningu viðmiðunarmarka var því aflað með þessum tveimur aðferðum. Rétt er að taka fram að samanburður á niðurstöðum mælinga sem gerður var á framangreindum aðferðum á sömu sýnum sýndi fram á að summur blaðgrænu *a* og phaeopigmenta, mælt í flúrljómunarmæli samkvæmt framangreindri aðferð, samsvaraði tilsvarandi niðurstöðum mælinga í litrófsmæli og aðferð SCOR-UNESCO. Því eru gögnin sem fengin voru með þessum tveimur aðferðum samanburðarhæf.

Meðhöndlun sýna, undirbúnингur þeirra og mælingar á styrk blaðgrænu *a*, eins og það var framkvæmt á Hafrannsóknastofnun, fylgir ekki beint alþjóðlega staðlinum ISO 10260 (1992) eins og áður var minnst á. Engu að síður er fullyrt, með tilvísun í samanburðarannsóknir á aðferðum (Jeffrey o.fl. 1997) og samanburðatilraunir sem framkvæmdar voru á Hafrannsóknastofnun (Kristinn Guðmundsson og Kristín J. Valsdóttir, 2004), að niðurstöður mælinga sem hér eru nýttar til að skilgreina mörk milli ástandslokka standast vel samanburð við mælingar skv. aðferð Lorenzen (1967) sem staðallinn tekur mið af. Nánari útlistanir á búnaði og verkferlum á rannsóknarstofu má finna í ISO 10260, SCOR-UNESCO og Holm-Hansen (1965).

2.1.3 Ástandsviðmið

Æskilegt er að hafa aðgengi að gögnum úr vatnshlotum sem eru undir mismiklu álagi til þess að hægt sé að setja mörk á milli flokka sem lýsa vistfræðilegu ástandi. En eins og fram hefur komið í þessari skýrslu er erfitt að setja mörk á milli ástandslokka í strandsjó við Ísland vegna

þess að hér við land eru mjög fá vatnshlot undir á lagi. Í lögum um stjórn vatnamála er kveðið á um að byggja megi á mati sérfræðinga ásamt fyrilliggjandi gögnum. Vegna þess hve fá strandsjávarvatnshlot við Ísland eru undir lífrænu á lagi er að mestu leyti stuðst við sérfræðiálit og aðferðir annarra landa. Aðferðir Norðmanna og Bretta, sem eru í millkvörðunarhópi með Íslendingum, eru taldar eiga við hér því það er líklegt að í þessum löndum séu að einhverju leyti sambærileg vatnshlot og þau sem eru við strendur Íslands. Tilgangur millkvörðunar er að ólík lönd geti borið saman mörk milli ástandsflotka sambærilegra vatnshlota undir sambærilegu á lagi. Þessir millkvörðunarhópar hafa verið að störfum við þennan samanburð í fleiri ár. Norðmenn hafa skipt strandsjó í fimm gerðir vatnshlota en fjórar gerðir vatnshlota hafa verið skilgreindar í strandsjó við Ísland. Sú gerð strandsjávar sem hægt er að bera saman við strandsjávarvatnshlot við Ísland eru svokallaðar: „åben eksponert kyst“ (ísl: opin strandsvæði) eða vatnstýpa 1 og „beskyttet kyst/fjord“ (ísl: skýld strandsvæði/firðir) eða vatnstýpa 3 (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2018).

Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka

Drög hafa verið lögð að viðmiðunarástandi ólíkra gerða strandsjávar og gefnar upp tölfraðilegar upplýsingar um dreifingu mæligilda á blaðgrænu *a* í strandsjó við Ísland (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019). Þar var miðað við að nota miðgildi gagna úr hverri vatnshlotagerð til að skilgreina viðmiðunarástand (viðmiðunargildi) en eins voru gefin upp mörk 90% og 99% dreifingarmörk mæligilda.

Viðmiðunargildin og mörk á milli ástandsflokka sem lögð eru til í þessari skýrslu voru fundin á eftirfarandi hátt:

1. Meðalstyrkur blaðgrænu *a* í efstu fimm metrum vatnssúlunnar var reiknaður fyrir hvert ár og hvert vatnshlot. Vatnshlotin voru flokkuð í viðeigandi vatnshlotagerðir og niðurstöður síðan flokkaðar eftir mánuðum. Samtals voru 3.374 sýni úr fjórum vatnshlotagerðum notaðar í útreikningana (sjá kafla 2.1.2).
2. Viðmiðunargildi voru reiknuð út frá **meðalstyrk** blaðgrænu *a* í sýnum frá **mars** til og með **október** fyrir hvert ár. Eins og áður kom fram voru gildin uppfærð miðað við fyrri skýrslu (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019).
3. Mörkin á milli ástandsflokkanna *mjög gott, gott og ekki viðunandi* voru skilgreind út frá viðmiðunargildinu og vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR) sem skilgreint hefur verið í Noregi fyrir mörk þessara flokka. Þessi nálgun endurspeglæði nokkuð vel dreifingu gagna um meðalstyrk blaðgrænu *a* frá mars til október í þeim vatnshlotum þar sem gögn eru fyrilliggjandi (Mynd 6). Ekki eru til gögn úr vatnshlotum þar sem vistfræðilegt ástand er lakara en *gott* til að staðfesta þau mörk.

Í töflu 4 má sjá mörk á milli ástandsflokka með tilliti til blaðgrænu α og EQR sem lögð eru til hér fyrir flokkana *mjög gott, gott og ekki viðunandi ástand*. EQR gildin sem hér eru notuð eru þau sömu og sett hafa verið í Noregi (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2018). Mynd 6 sýnir meðalstyrk blaðgrænu α í hverjum mánuði frá mars til október í þeim vatnshlotum sem notuð voru til að skilgreina viðmiðunargildin sem hér eru lögð fram. Fyrir hverja vatnshlotagerð er einnig sýndur meðalstyrkur blaðgrænu α í sýnum sem safnað var á vaxtartímabili svifþörunga í þessum sömu vatnshlotum, auk þess sem sýnd eru mörk á milli ástandsflokkanna *mjög gott, gott og ekki viðunandi ástand*. Gröfin á mynd 6 sýna að mikilvægt er að mæla blaðgrænu α nokkrum sinnum yfir vaxtartímabil svifþörunga, þar sem stakar mælingar geta gefið skakka mynd af blaðgrænu vegna náttúrulegs breytileika. Dæmi um útreikning á vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR) fyrir blaðgrænu er í textaboxi 3.

Tafla 4. Viðmiðunargildi og mörk ástandsflokka fyrir blaðgrænu α í strandsjó. Gefin eru upp mörk á milli þriggja ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR). Flokkunin byggir á sýnum sem safnað hefur verið úr efstu 5 m vatnssúlunnar (úr ljóstillifunarlagi) í strandsjó, yfir nokkra ára tímabil á vaxtartímabili plöntusvifs (mars–október).

Strandsjór							
	Blaðgræna α ($\mu\text{g/l}$)				EQR blaðgræna α		
Vatnshlotagerð	Viðmiðunar-gildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi
CN1152, opið norður	1,8	<2,7	2,7-5,5	>5,5	1,0-0,67	<0,67-0,33	<0,33
CN1352, skjólsælt norður	2,7	<4,0	4,0-8,2	>8,2	1,0-0,67	<0,67-0,33	<0,33
CS2152, opið suður	2,6	<3,9	3,9-7,9	>7,9	1,0-0,67	<0,67-0,33	<0,33
CS2352, skjólsælt suður	2,4	<3,6	3,6-7,3	>7,3	1,0-0,67	<0,67-0,33	<0,33

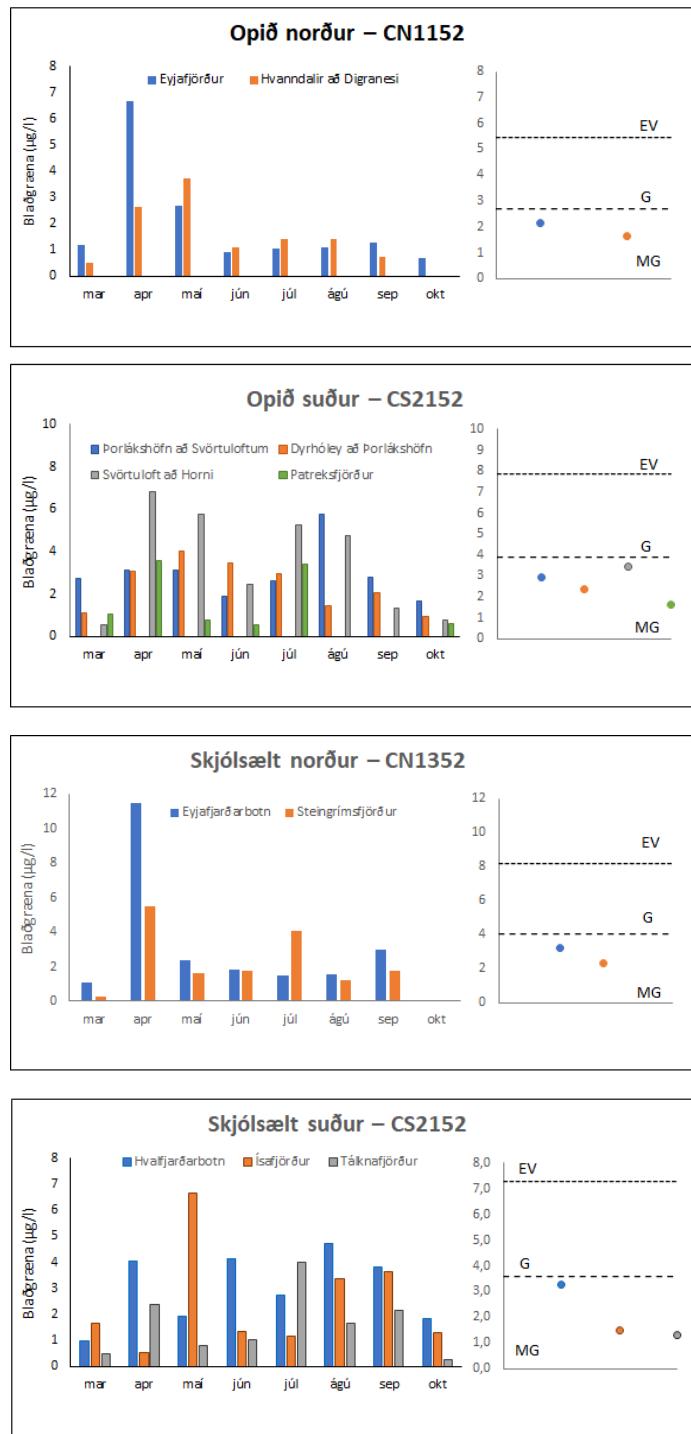
Textabox 3. Dæmi um útreikning á vistfræðilegu gæðahlutfalli blaðgrænu α í strandsjávarvatnshloti af gerð CN1352 (skjólsælt norður)

Meðalgildi blaðgrænu α í vatnshloti fyrir vaxtartímabil plöntusvifs mælist að meðaltali $3,6 \mu\text{g/l}$ og viðmiðunargildi vatnshlotagerðarinnar er $2,7 \mu\text{g/l}$ (sjá töflu 4).

$$\text{Þá er vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Blaðgræna } \alpha \text{ viðmiðunargildi}}{\text{Meðalstyrkur blaðgrænu } \alpha \text{ mæld}} = \frac{2,7}{3,6} = 0,75$$

Vistfræðilegt gæðahlutfall myndi þá vera 0,75 og myndi þá ástand vatnshlotsins m.t.t. blaðgrænu α flokkast sem *mjög gott* (Tafla 4).

Athugið að ef mældur styrkur blaðgrænu α er lægri en viðmiðunargildi þeirra þá verður vistfræðilegt gæðahlutfall hærra en 1. Í þeim tilvikum skal setja EQR=1



Mynd 6. Meðaltal mælinga á blaðgrænu *a* frá mars til október úr efstu fimm metrum sjávar í nokkrum vatnshlotum í strandsjó. Vatnshlotin tilheyra fjórum skilgreindum vatnshlotagerðum (CN1152, CS2152, CN1352 og CS2352). Brotnu línumnar sýna mörk á milli þriggja ástandsflotkka, *mjög gott* (MG), *gott* (G) og *ekki viðunandi* (EV) ástand. Lituðu punktarnir sýna meðaltal mælinga yfir vaxtartíma þörunga í viðeigandi vatnshlotum.

2.2 Botnþörungar á hörðum botni

2.2.1 Inngangur

Botnþörungar eru mikilvægur hlekkur í fæðuvef sem frumframleiðendur og sem búsvæði fjölmargra lífvera. Þeir taka upp ólifræn næringarefnin (nítrat og fosfat) og umbreyta þeim fyrir tilstuðlan sólarljóss í lífræn efni. Þekkt er að mismunandi tegundir þörunga halda sig á mismunandi stöðum í fjörunni og neðan hennar (beltaskipting). Það sem hefur áhrif á tegundasamsetningu botnþörunga í sjó eru ljós, hitastig sjávar, selta, ölduhreyfing (skjólsælt eða brimasamt), undirlag, styrkur ólifrænna næringarefna sem aðgengi er að ásamt öðrum þáttum. Mismunandi tegundir keppast um pláss og aðgengi að næringu og ljósi. Það er þekkt að mismunandi tegundir þörunga þrifast við mismunandi aðstæður og því hefur hentað vel að nota tegundasamsetningu botnþörunga til að meta eiginleika og ástand strandsjávar. Við breytingar á aðstæðum í strandsjó vegna álags, t.d. vegna ofauðgunar, er hægt að sjá að vissar tegundir verða ríkjandi og ná jafnvel yfirhöndinni með því að auka útbreiðslu á kostnað annarra tegunda.

Helstu hópar botnþörunga á hörðum botni eru brúnþörungar, rauðþörungar og grænþörungar. Allir þessir hópar geta myndað tiltölulega stórar plöntur sem eru fastar við undirlag. Það mynstur sem búast má við að sjá, ef vatnshlot eru undir á lagi af mannavöldum, er að tegundafjölbreytileiki minnkar, hlutdeild grænþörunga eykst, hlutdeild rauðþörunga minnkar, tækifæristegundum fjölgar og flestir brúnþörungar hörfa. Brúnþörungurinn skúfpang (*Fucus distichus*) er hins vegar undantekning frá þessu því tegundin finnst jafnan í miklu þéttleika þar sem mengun er mikil.

2.2.2 Söfnun og meðhöndlun sýna

Í skýrslu um vistfræðilega gæðaþætti í vatnshlotum í strandsjó voru birtar upplýsingar um botnþörunga á hörðum botni í strandsjó (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019). Þær upplýsingar byggja á úttekt sem gerð var á þörungum í fjörum við Íslandsstrendur á árunum 1999 og 2005-2007. Þau gögn voru notuð til að byggja það ástandsflókkunarkerfi sem hér er kynnt. Einnig voru notuð önnur gögn úr gagnagrunnum Hafrannsóknastofnunar. Úttektin náði til 64 fjara sem voru fjarri þéttbýli og því líklega undir á lagi af mannavöldum. Gerð var úttekt á hverri fjöru einu sinni. Frá vistsvæði 1 komu 38 tegundalistar (4 frá skjólsælum og 34 frá opnum fjörum) og frá vistsvæði 2 komu 26 tegundalistar (5 frá skjólsælum og 21 frá opnum fjörum). Söfnunin fór alltaf fram á stórstraum (t.d. þegar sjávarhæð um fjöru var $\leq 0,3$ m). Söfnunin var stöðluð til að draga úr breytileika með því t.d. að safna á sama árstíma (t.d. maí - ágúst), á sambærilegri botngerð og einnig var tekið tillit til fjörugerðar sem getur verið mismunandi. Einungis voru metnar fjörur með stórgrytis- eða klapparbotni. Fjörurnar voru gengnar og mat var lagt á tilvist og magn þörungategunda á viðkomandi svæðum. Miðað var við að tveir

einstaklingar leituðu og skráðu tegundir í 2-3 klst í öllum undirbúsvæðum fjaranna. Lögð var áhersla á að meta tegundafjölda, hlutfalla grænþörunga (%), hlutfall rauðþörunga (%), hlutfall tækifæristegunda (%) og vaxtargerð þörunga þ.e. hvort um var að ræða þykka, vefmikla þörunga eða þunnar himnur og fíngerða þræði. Á viðmiðunarlistanum voru 53 tegundir og tegundahópar þörunga (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019). Viðmiðunarlistinn var styttur með það að markmiði að þar væru algengustu tegundirnar sem auðvelt væri að meta með berum augum.

Mismunandi aðferðir eða nálganir hafa verið notaðar til þess að meta gæði vatnshlotu í strandsjó út frá botnþörungum í öðrum löndum Evrópu (RSL/RSLA, MSMDI, CARLIT, MarMAT, EEI og dýptardreifing) (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019). Aðferðirnar sem voru notaðar hér til þess að skilgreina viðmiðunargildi og mörk milli flokka eru sambærilegar þessum aðferðum. Það er mikilvægt að svo sé vegna þess að Ísland er í millkvörðunarárhópi (intercalibration group) með löndum eins og Bretlandi og Noregi.

2.2.3 Ástandsviðmið

Hér eru lögð fram viðmiðunargildi og mörk á milli flokka fyrir tvær vatnshlotagerðir sem skilgreindar hafa verið. Þetta eru vatnshlot sem eru opin fyrir öldu á norður- (CN1152) og suðursvæði (CS2152). Ekki liggja fyrir fullnægjandi gögn um botnþörunga fyrir vatnshlot sem eru skjólsæl (CN1352 og CS2352) (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019).

Viðmiðunargildi voru sett fram fyrir eftirfarandi þætti (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019):

1. Tegundafjölbreytni botnþörunga
2. Hlutfall grænþörunga (%)
3. Hlutfall rauðþörunga (%)
4. Hlutfall vaxtargerða – á **ekki** við í þessari skýrslu
5. Hlutfall tækifæristegunda (%)
6. Þekju tækifæristegunda – á **ekki** við í þessari skýrslu

Í þessari skýrslu er unnið út frá flestum þessara matsþátta og sett upp einkunnakerfi sem byggir á niðurstöðum hvers matsþáttar. Aðferðin var þróuð á Bretlandseyjum (Wells o.fl. 2007) en hefur einnig verið notuð, bæði óbreytt eða með smávægilegum breytingum, í Noregi, Frakklandi, Portúgal, á Írlandi og Spáni. Aðferðin hefur verið kölluð RSL eða Reduced Species List, þar sem hún byggir á lista yfir ákveðnar tegundir botnþörunga en ekki á heildarfjölda tegunda í hverri fjölu. Listi yfir þörunga sem notaður var til að útbúa kerfi til ástandsflokkunar strandsjávar með tilliti til þörunga á hörðum botni er í viðauka 1.

Aðferðin, eins og hún er lögð fram hér, er lítillega breytt miðað við Wells o.fl. (2007) að því leyti að hlutfall vaxtargerða og þekja tækifæristegunda eru ekki með, þar sem upplýsingar um

þá þætti voru takmarkaðar á Íslandi. Vakin er athygli á að ekki er nóg að meta botnþörungana sem slíka heldur þarf einnig að meta eiginleika fjörunnar á hverjum stað. Eyðublað fyrir mat á fjörugerð er tekið frá Wells og félögum (2007) og er þýtt á íslensku í viðauka 2.

Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka

Viðmiðunargildi fyrir botnþörunga í strandsjó voru unnin út frá niðurstöðum rannsókna á botnþörungum í öröskaðum strandsjávarvatnshlotum við Ísland og hafa þegar verið skilgreind (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019). Þau voru notuð ásamt aðferðum sem notaðar hafa verið í Bretlandi (Wells o.fl. 2007) til að skilgreina mörk á milli ástandsflokka sem hér er lagt til að verði notaðir við ástandsflokkun strandsjávar við Ísland. Aðferðin er aðlöguð fyrir aðstæður á Íslandi og gengur út á að gefa eina heildareinkunn fyrir hvert svæði/fjöru sem tekið er út hverju sinni. Einkunnin byggir á niðurstöðum á mati á mörgum matsþáttum (tegundafjölbreytileiki, hlutfall grænþörunga, hlutfall rauðþörunga, hlutfall tækifæristegunda og lýsing fjöru) og getur hver breyta fengið einkunn á bilinu 0–4 (0 er lakasta einkunn en 4 er hæsta einkunn). Mest er hægt að fá 20 í heildareinkunn og er það skilgreint sem viðmiðunargildi fyrir botnþörunga. Það endurspeglar náttúrulegt ástand vatnshlotanna (viðmiðunarástand). Ástandsflokkar fyrir botnþörunga í opnum vatnshlotum á norður- og suðursvæði eru í töflum 5 og 6. Þar kemur einnig fram við hvaða einkunn skiptir um ástandsflokka. Vistfræðilegt gæðahlutfall, EQR = 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1, var notað til að skipta einkunum eftir ástandsflokkum.

Tafla 5. Mörk milli ástandslokka m.t.t. botnþörunga og fjörugerðar í strandsjó við Ísland. Gefin eru gildi fyrir alla fimm ástandslokkanum fyrir opin vatnshlot á suðursvæði (CS2152). Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) ástandslokkanum fimm eru 0-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6; 0,6-0,8; 0,8-1,0. Viðmiðunargildið fyrir einkunnakerfið er 20.

Strandsjór CS2152					
Ástandslokkur	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi	Slakt	Lélegt
Einkunn	4	3	2	1	0
Tegundafjölbreytni	>30	20-29	17-19	<17	0
Hlutfall grænþörunga	<0,25	0,33-0,25	0,4-0,33	>0,4	1
Hlutfall rauðþörunga	>0,45	0,39-0,45	0,30-0,39	<0,30	0
Hlutfall tækifæristegunda	<0,25		>0,25		1
Lýsing fjöru	1-7	8-11	12-14	15-18	NA
Heildareinkunn	20-16	<16-12	<12-8	<8-4	<4-0
EQR	1-0,8	<0,8-0,6	<0,6-0,4	<0,4-0,2	<0,2-0

Tafla 6. Mörk milli ástandslokka m.t.t. botnþörunga og fjörugerðar í strandsjó við Ísland. Gefin eru gildi fyrir alla fimm ástandslokkanum fyrir opin vatnshlot á norðursvæði (CN1152). Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) ástandslokkanum fimm eru 0-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6; 0,6-0,8; 0,8-1,0. Viðmiðunargildið fyrir einkunnakerfið er 20.

Strandsjór CN1152					
Ástandslokkur	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi	Slakt	Lélegt
Einkunn	4	3	2	1	0
Tegundafjölbreytni	>25	17-24	14-16	<14	0
Hlutfall grænþörunga	<0,3	0,39-0,3	0,49-0,39	>0,49	1
Hlutfall rauðþörunga	>0,3	0,30-0,25		<0,25	0
Hlutfall tækifæristegunda	<0,25		>0,25		1
Lýsing fjöru	1-7	8-11	12-14	15-18	NA
Heildareinkunn	20-16	<16-12	<12-8	<8-4	<4-0
EQR	1-0,8	<0,8-0,6	<0,6-0,4	<0,4-0,2	<0,2-0

Það sama gildir um botnþörunga og aðra líffræðilega gæðapætti í strandsjó, að lítið er til af rannsóknum/úttektum á svæðum þar sem mengunar gætir af mannavöldum þannig að ekki er hægt að prófa framlagt ástandslokunarkerfi ítarlega. Þó er til rannsókn frá 1976 sem gerð var til að kanna áhrif frárennslis á óhreinsuðu skólpi í mismunandi fjarlægð frá útrás á nokkrum fjörusniðum í 5, 45, 85, 125, 165 m frá útrás (Karl Gunnarsson og Konráð Þórisson 1976). Rannsóknarsvæðið var fjara austan við Suðurnes á Seltjarnarnesi. Ástandslokun út frá framlagðri aðferð var prófuð á gögnum úr þeirri rannsókn (Sjá dæmi í textaboxi 4). Þörungaflóran á hverju sniði fékk einkunn fyrir hvern matsþátt í samræmi við það sem skilgreint er í töflu 5. Uppreknuð heildareinkunn var síðan borin saman við einkunnagjöf ástandslokka í töflu 5 og ástand hvers sniðs metið út frá því. Í ljós kom að þessi rannsókn endurspeglar ágætlega það sem við væri að búast við aðstæður þar sem skólpengun er til

staðar. Til dæmis fékk það snið sem var næst útrás (5 m frá útrás) heildareinkunnina 12 og féll það snið því á mörkin á milli flokkanna *gott* og *ekki viðunandi* ástand. Hinsvegar fékk næsta snið sem var 45 m frá útrás einkunnina 16 og því féll það snið í *gott ástand*. Öll hin sniðin voru með heildareinkunn 17 og félleu því á mörkin á milli *mjög góðs* og *góðs* ástands.

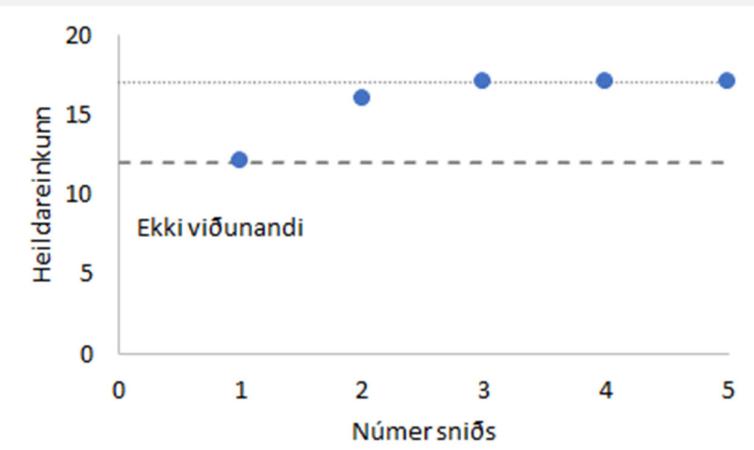
Þetta dæmi sýnir að aðferðin sem er lögð fram er næm fyrir breytingum á þörungaflóru hérlandis. Hinsvegar skal hafa í huga að einungis er um eina rannsókn er að ræða og því er ákveðinn fyrirvari settur á þessar niðurstöður. Áhugavert er að sjá að klóþang (*Ascophyllum nodosum*) víkur fyrir skúfþangi (*Fucus distichus*) næst útrásinni (Karl Gunnarson og Konráð Þórisson 1976) en sambærileg hegðun klóþangs og skúfþangs hefur sést í Noregi (Grenager 1957, Rueness 1973, Bokn 1975). Því væri hægt að nota skúfþang sem stuðningsbreytu í framtíðarvinnu við ástandsflókkun strandsjávar hér á landi en tilvist skúfþangs getur bent til mengunar.

Nauðsynlegt er að nota sérfræðiálit til viðbótar við ástandsflókkun sem þessa í þeim tilfellum sem vatnshlot lenda á mörkum ástandsflókka. Við sérfræðiálit er m.a. hægt að styðjast við þætti eins og tilvist og þekju skúfþangs og því hvort fjaran einkennist af bakteríubrúskum og -skánum, sem eru tilkomin vegna starfsemi manna (III viðauki reglugerðar nr. 535/2011, liður 1.2.1). Í tilfelli sniða 1 og 2 í dæminu í textaboxi 4 var skúfþang í miklu magni (47 og 43%) en minnkaði snarlega og hvarf í sniðum sem voru fjær frárennslinu (Karl Gunnarsson og Konráð Þórisson 1976).

Textabox 4. Dæmi um ástandsflokkun fjörusniða út frá botnþörungum á hörðum botni

Niðurstöður úr fjörurannsókn á Seltjarnarnesi (Karl Gunnarsson og Konráð Þórisson 1976) voru notaðar til að prófa ástandsflókkunarkerfið sem hér er lagt fram. Einkunnir voru gefnar út frá niðurstöðum hvers matsþáttar (sjá töflu 5). Niðurstaða ástandsflókkunarinnar sýnir að ástand fjörunnar er lakast næst útrásinni en batnar með aukinni fjarlægð frá henni.

Snið	Mat á botnþörungum					Einkunnagjöf				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Fjarlægð frá útrás (m)	5	45	85	125	165	5	45	85	125	165
Fjöldi tegunda	20	18	23	23	21	3	2	3	3	3
Hlutfall grænþörunga	0,30	0,11	0,17	0,18	0,25	3	4	4	4	4
Hlutfall rauðþörunga	0,35	0,50	0,48	0,55	0,50	2	4	4	4	4
Tækifæristegundir	0,25	0,06	0,09	0,09	0,05	2	4	4	4	4
Lýsing fjöru	9	9	9	9	9	2	2	2	2	2
					Heildareinkunn	12	16	17	17	17



Útreikningur á vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR) fyrir snið 1 (næst útrásinni) liti svona út:

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Heildarstigafjöldi sniðs}}{\text{viðmiðunargildi}} = \frac{12}{20} = 0,6$$

Samkvæmt einkunnakerfinu fellur snið 1 á mörkum ástandsflókkanna *gott* og *ekki viðunandi*.

Nota þyrfti sérfraðiálit til að álykta um endanlega ástandsflókkun vatnshlotins og styðjast við niðurstöður úr öðrum gæðaþáttum í vatnshlotinu (t.d. blaðgrænu α , næringarefni og botndýr).

Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) eru þau sömu og skilgreind eru í Wells o.fl. (2007) (töflur 5 og 6).

2.3 Hryggleysingjar á mjúkum botni

2.3.1 Inngangur

Hryggleysingjar á mjúkum botni (botndýr) voru valdir sem einn af líffræðilegu gæðapáttunum til vöktunar og mats á ástandi í vatnshlotum í strandsjó í samræmi við lög um stjórn vatnamála (nr. 36/2011). Mjúkur botn er hafslotn þar sem hlutfall fínefna (leir og leðja) er ríkjandi. Slík botngerð er algeng í fjörðum allt í kringum Ísland og því voru botnlægir hryggleysingjar taldir hentugur líffræðilegur gæðapáttur. Helstu dýrahópar sem finnast á og í mjúkum botni eru burstaormar, samlokur, sæsniglar, krabbadýr og skrápdýr.

Mengunarefni (t.d. forgangsefni og lífræn/ólífræn mengunarefni) í sjó falla gjarnan niður á botn þar sem þau safnast upp og geta haft áhrif á lífríki botnsins. Áhrifin geta verið mismunandi á ólíka dýrahópa og jafnvel mismunandi á ólíkar tegundir innan þessara hópa. Vissar tegundir og hópar botndýra eru næmar fyrir breytingum á vistkerfum af mannavöldum, sem gerir þau að hentugum vísihópum og/eða vísitegundum (*indicators groups/species*). Gert er ráð fyrir að þessi áhrif komi fram í breytingum á tegundafjölda og fjölbreytileika (Hargrave o.fl. 1997, Giles 2008). Í gegnum tíðina hafa verið skilgreindir ýmsir fjölbreytileika- og þolvisar (diverstity index / sensitivity index) sem taka á fjölbreytileika og hlutfalli milli viðkvæmra og þolinna tegunda botndýra. Almennt er þekkt að við aukningu á álagi (t.d. lífrænu álagi og álagi af forgangsefnum) minnkar tegundafjöldi lífvera. Viðkvæmar tegundir hryggleysingja hverfa oft af svæðum sem eru undir álagi. Hinsvegar geta þolnar tegundir og tækifæristegundir tekið yfir og orðið þar ríkjandi. Sumar tegundir hafa hraðan lífsferil og mikla fjölgunargetu sem gefur þeim forskot í aðstæðum sem aðrar tegundir þola illa. Dæmi um slíka tegund er burstaormurinn *Capitella capitata* en hann er vísitegund fyrir mikið lífrænt álag og finnst gjarnan við og undir fiskeldiskvíum í sjó (Tsutsumi 1987, Giles 2008). Ef stór hluti viðkvæmra tegunda hverfur og tegundafjölbreytileiki minnkar, endurspeglar það rýrnandi vistfræðilegt ástand (Gray & Elliott, 2009) og má þá teljast ólíklegt að vistfræðileg gæði svæðisins séu viðunandi.

Náttúrulegur fjölbreytileiki botnlægra hryggleysingja og umhverfisþátta er enn að mestu ókannaður hér við land. Rannsóknir Hafrannsóknastofnunar benda til þess að náttúrlegt ástand fjarða getur verið afar mismunandi þratt fyrir að þeir séu landfræðilega nálægt hver öðrum (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2017; Rakel Guðmundsdóttir o.fl. 2020). Dæmi um slíkt eru Ísafjarðardjúp og Arnarfjörður. Súrefnisstyrkur botnsjávar í Arnarfirði er lægri en í Ísafjarðardjúpi vegna þrokskuldar (fyrirstöðu) sem takmarkar flæði á súrefniríkum sjó utan Arnarfjarðar og inn í hann. Þetta ástand sést einna best á haustin þegar lagskipting hefur verið í nokkra mánuði í firðinum (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2017). Niðurbrot lífræns efnis fyrir tilstuðlan baktería og öndun dýra, t.d. botndýra, gengur á súrefni í sjó og í seti enda

lífssnauðsynlegt þessum lífverum. Verði súrefni takmarkað er þekkt að fána botndýra breytist og/eða fjölbreytileiki botndýra minnki (Buhl-Mortensen o.fl. 2006). Þetta er líkleg ástæða þess að botndýrafána er fábreytt í Arnarfirði og fjöldi einstaklinga í sýnum er lítill í samanburði við fjölda þeirra í Ísafjarðardjúpi (óbirt gögn Hafrannsóknastofnunar). Eins hefur ný rannsókn Hafrannsóknastofnunar sýnt fram á að það er munur á ýmsum ferlum tengdum súrefni, notkun þess, magni lífræns efnis og afoxunarmætti í seti í þessum tveimur fjörðum (Rakel Guðmundsdóttir o.fl. 2020).

2.3.2 Sýnasöfnun og val á matsþáttum

Að baki þessari umfjöllun um val á matsþáttum á botndýrum í strandsjávarvatnshlotum, liggja fyrir gögn frá Hafrannsóknastofnun, Náttúrustofum og sjálfstæðum verktökum (sjá viðauka 3). Elstu gögnin eru frá 1992 en þau nýjustu frá 2018. Sýnin koma úr 10 vatnshlotum á Vestfjörðum, Eyjafirði og Austfjörðum.

Engin markviss sýnataka hefur verið á botnlægum hryggleysingum á mjúkum botni við Ísland í þeim tilgangi að meta vistfræðilegt ástand vatnshlota í strandsjó. Við mat grunngilda sem var leitast við að velja sýni sem safnað var með sambærilegum hætti (gerð greipa, sambærileg botngerð og svipuð meðhöndlun sýna). Flest þessara sýna voru stakar mælingar þ.e. ekki vaktanir, fyrir utan sýnin frá Eyjafirði sem safnað var endurtekið á sömu stöð í yfir eitt ár, ásamt sýnum frá Berufirði þar sem rannsóknir hafa verið endurteknar þrisvar sinnum til að meta áhrif frá fiskeldi. Í viðauka 3 er listi yfir þau rannsóknarsvæði sem notuð voru við skilgreiningu á viðmiðunum fyrir botnlæga hryggleysingja sem sett eru fram í þessari skýrslu. Auk þess er bent á nánari aðferðarlýsingu í skýrslu sem gerð var vegna úrvinnslu þessara gagna (Pamela Woods o.fl. 2021).

Sýnum var safnað með ólíkum greipum sem taka mismunandi magn botnsets. Fjöldi greipa sem lá að baki rannsókna/vaktana var einnig mismunandi og því burfti að staðla gögnin fyrir úrvinnslu að því marki sem hægt var. Innihald greipa var yfirleitt unnið á svipaðan hátt. Sýnin voru skoluð með sjó í gegnum sigti með viðeigandi möskvastærð. Þannig skolaðist fínefni frá en lífverur sátu eftir sem voru varðveittar í formalínblöndu með boraxi (borax kemur í veg fyrir eyðingu kalks) og síðar í 70% ethanolí. Botngerð, staðsetning, dýpi á sýnatökustað og dagssetning var skráð fyrir hvert sýni. Botndýr voru greind eins langt flokkunarfræðilega og hægt var og reynt eftir fremsta megni að greina til tegunda. Sumir hópar botndýra eru að jafnaði ekki greindir til tegunda. Þetta á t.d. við um flatorma, ranaorma, þráðorma, ána og krabbaflær. Götungar, þráðormar, hrúðurkarlar og sambýlisdýr, eins og svampar, hveldýr og mosadýr voru skráð, en voru ekki talin og voru því undanskilin við frekari úrvinnslu gagna.

Stöðlun gagna fór fram með eftirfarandi hætti (sjá viðauka 3):

1. Í gagnagrunni Hafrannsóknastofnunar er fjöldi einstaklinga af hverri tegund botndýra ýmist skráður sem meðaltal eða sem heildarfjöldi endurtekinna greiparsýna á hverri stöð.
2. Við gagnavinnslu var fjölda botndýra umbreytt í meðalfjölda í greip á fermetra.
3. Tegundagreiningar voru samræmdar út frá núverandi heitum tegunda eins og þær eru skráðar í "World Register of Marine Species" (WoRMS www.marinespecies.org).
4. Allar sýnatökustöðvar voru skráðar í tilheyrandi vatnshlot og flokkaðar eftir gerðum strandsjávar.
5. Gögn úr óröskuðum opnum vatnshlotum voru notuð til að skilgreina *mjög gott* og *gott* ástand m.t.t. botndýra. Fá sýni eru til frá skýldum svæðum, fyrir bæði vistsvæðin og voru því ekki sett sérstök mörk á milli ástandsflotka botndýra þar en mörkin látin fylgja tilsvarandi opnu vatnshloti.

Við val á matsþætti fyrir botndýr voru skoðaðir ýmsir vísar (e. indices) t.d. fjölbreytileikastuðlar, þolvisar og samsettir vísar sem taka bæði á fjölbreytileika og hlutfalli þolinna og viðkvæmra tegunda. Eftirfarandi vísar voru prófaðir: AMBI, NQI1, NQI2, NSI, IQI_EQR, DKI og Shannon tegundafjölbreytileiki. Þeir vísar sem virðast henta ágætlega fyrir vatnshlot í strandsjó við Ísland voru NQI1, AMBI og Shannon tegundafjölbreytileikastuðullinn. Aðferðum sem notaðar voru til að meta þessa vísa fyrir hryggleysingja við Ísland hefur verið lýst í áður útkominni skýrslu Hafrannsóknastofnunar þar sem gerð er nánari grein fyrir þeim aðferðum sem prófaðar voru við val á heppilegum vísum til ástandsflokkunar strandsjávar við Íslandsstrendur (Pamela Woods o.fl. 2021).

2.3.3 Ástandsviðmið

Gæðavísirinn **NQI1** (Norwegian Quality Index 1, Rygg 2006) var talinn henta best við mat á hryggleysingjum á mjúkum botni í strandsjó við Ísland og því er mælt með notkun hans við ástandsflokkun strandsjávar. Vísirinn hefur þann styrkleika að vera samsettur, þ.e.a.s. hann tekur inn aðra vísa eins og AMBI, sem er mælikvarði á hlutfall viðkvæmra og þolinna tegunda, auk þess að byggja á fjölbreytileika (SN) botndýra. Formúlan fyrir útreikning NQI1 er eftirfarandi:

$$NQI1 = \left(0.5 * \left(1 - \frac{AMBI}{7} \right) + 0.5 * \left(\frac{SN}{2.7} \right) * \left(\frac{N}{N+5} \right) \right)$$

N = heildarfjöldi einstaklinga; SN = ln (fjöldi tegunda S) / (ln(ln fjöldi einstaklinga N))

NQI1 er notaður í Noregi sem er eitt af þeim löndum sem eru með Íslandi í millikvörðunarhópi North East Atlantic Geographical Intercalibration Group (NEA-GIG). NQI1 spannar gildi sem eru frá 0 til 1, líkt og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR).

Vísirinn NQI1 hefur gengið í gegnum millikvörðun af NEA GIG millikvörðunarhópi, ásamt öðrum vísum sem notaðir hafa verið þar (IQI_EQR og DKI, Van Hoey o.fl., 2015). Niðurstöður millikvörðunarinnar voru bornar saman við þá ástandsflotka sem hér eru lagðir fram.

Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflotka

Eftirfarandi skref voru tekin við að skilgreina ástandsflotka sem byggja á botnhryggleysingum í strandsjó:

1. Tekin voru saman gildi NQI1 fyrir hverja vatnshlotagerð og dreifing mælinga og tölugildi vísanna skoðuð.
2. Tölulegur mælikvarði fyrir mörk ástandsflotkanna var settur út frá dreifingarmörkum gildanna.
3. Viðmiðunargildið fyrir allar gerðir vatnshlotu var 1, sem er hæsta gildið sem NQI1 getur haft.
4. Mörkin á milli ástandsflotkanna *mjög gott* og *gott* voru miðuð við miðgildi NQI1 í óröskuðum vatnshlotum.
5. Mörkin sem skilja á milli ástandsflotkanna *gott* og *ekki viðunandi* voru skilgreind út frá 5% dreifingu NQI1 gilda sem fengin voru í óröskuðum vatnshlotum. Þetta þýðir að um 5% mælinga (5% lægstu gildin) fyrir þessa úttekt fellur í flokkinn *ekki viðunandi* en 95% í *mjög gott* eða *gott*. Það sérfræðiálit byggir á þeirri staðreynd að ekkert þeirra vatnshlotu sem notuð voru til að skilgreina ástandsflotkana *mjög gott* og *gott* ástand eru undir álagi af mannavöldum. Því er talið óhætt að gera ráð fyrir að 95% mælinga falli í *mjög gott* eða *gott* ástand.

Nauðsynlegt er að þau mörk sem skilgreind eru á milli ástandsflotka endurspeglí náttúrulegan breytileika á hverju svæði fyrir sig. Þar af leiðandi er ekki hægt að nota mörk sem skilgreind hafa verið fyrir önnur lönd, t.d. Noreg, til að flokka strandsjó við Ísland út frá vistfræðilegu ástandi. Mörkin á milli ástandsflotkanna *gott* og *ekki viðunandi* m.t.t. NQI1 sem hér eru kynnt, eru lægri en notuð eru í Noregi (Van Hoey o.fl., 2015). Mismunurinn getur stafað af ýmsum þáttum, t.d. af ólíkum náttúrulegum fjölbreytileika botnhryggleysingja á milli landanna og/eða mismun á aðferðafræði við öflun þeirra gagna sem notuð voru til að finna mörk á milli flokka í Noregi og á Íslandi.

Hér er lagt til að setja mörkin á milli ástandsflotkanna *mjög gott/gott* við miðgildi gagnasafnsins og mörkin á milli flokkanna *gott/ekki viðunandi* við 5% dreifingarmörk gagna úr óröskuðum vatnshlotum. Einnig er lagt til að halda mörkum á milli ástandsflotkanna *ekki viðunandi/slæmt/lélegt* út frá gildum sem hafa gengið í gegn um millikvörðun NEA-GIG (NQI1

= 0,4 og 0,2). Sú flokkun fellur nokkuð vel að því sem lítur út fyrir að endurspeglar náttúrulegan breytileika botndýra við Ísland (Tafla 7).

Mörk á milli ástandsflokkanna *mjög gott*, *gott* og *ekki viðunandi* eru sett fram í töflu 7. Á mynd 7 eru niðurstöður útreikninga á NQI1 úr öllum vatnshlotum sem notuð voru við greininguna, og auk þess eru sýndar niðurstöður úr Arnarfirði og Berufirði, en þau vatnshlot eru svokallaðir þróskuldsfirðir sem einnig eru undir á lagi af sjókvíaeldi. Tekið er fram að þau gögn voru **ekki** notuð við skilgreiningu vistfræðilegra ástandslokka, sökum sérstöðu þessara fjarða heldur voru þau einungis notuð til að prófa þau mörk sem sett voru á milli ástandslokkanna (mynd 7). Bæði NQI1 vísisinn og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) eru á bilinu 0 til 1 og því var ekki þörf á að skala EQR út frá NQI1. Dæmi um útreikning á vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR) fyrir hryggleysingja á mjúkum botni er í textaboxi 5.

Tafla 7. Viðmiðunargildi og mörk ástandslokka fyrir botnlæga hryggleysingja (botndýr) á mjúkum botni í strandsjó við Ísland. Ekki eru gefin upp töluleg gildi fyrir mörkin á milli *ekki viðunandi*, *slakt* og *lélegt* ástand í töflunni en mörkin eru sýnd á mynd 7 (NQI1 0,4 og 0,2).

		Norwegian Quality Index 1 (NQI1)			
Vatnshlotagerð	Lýsing	Viðmiðunar-gildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi
Opið norður/austur (CN1152)	Strandsjór norðanlands og austan þar sem strönd er opin fyrir öldu	1	1- 0,65	<0,65-0,53	<0,53
Skjólsælt norður/austur (CN1352) *	Strandsjór norðanlands og austan þar sem strönd er skjólsæl	1	1-0,65	<0,65-0,53	<0,53
Opið suður/vestur (CS2152)	Strandsjór sunnanlands og vestan þar sem strönd er opin fyrir öldu	1	1-0,58	<0,58-0,45	<0,45
Skjólsælt suður/vestur (CS2352) *	Strandsjór sunnanlands og vestan þar sem strönd er skjólsæl	1	1-0,58	<0,58-0,45	<0,45

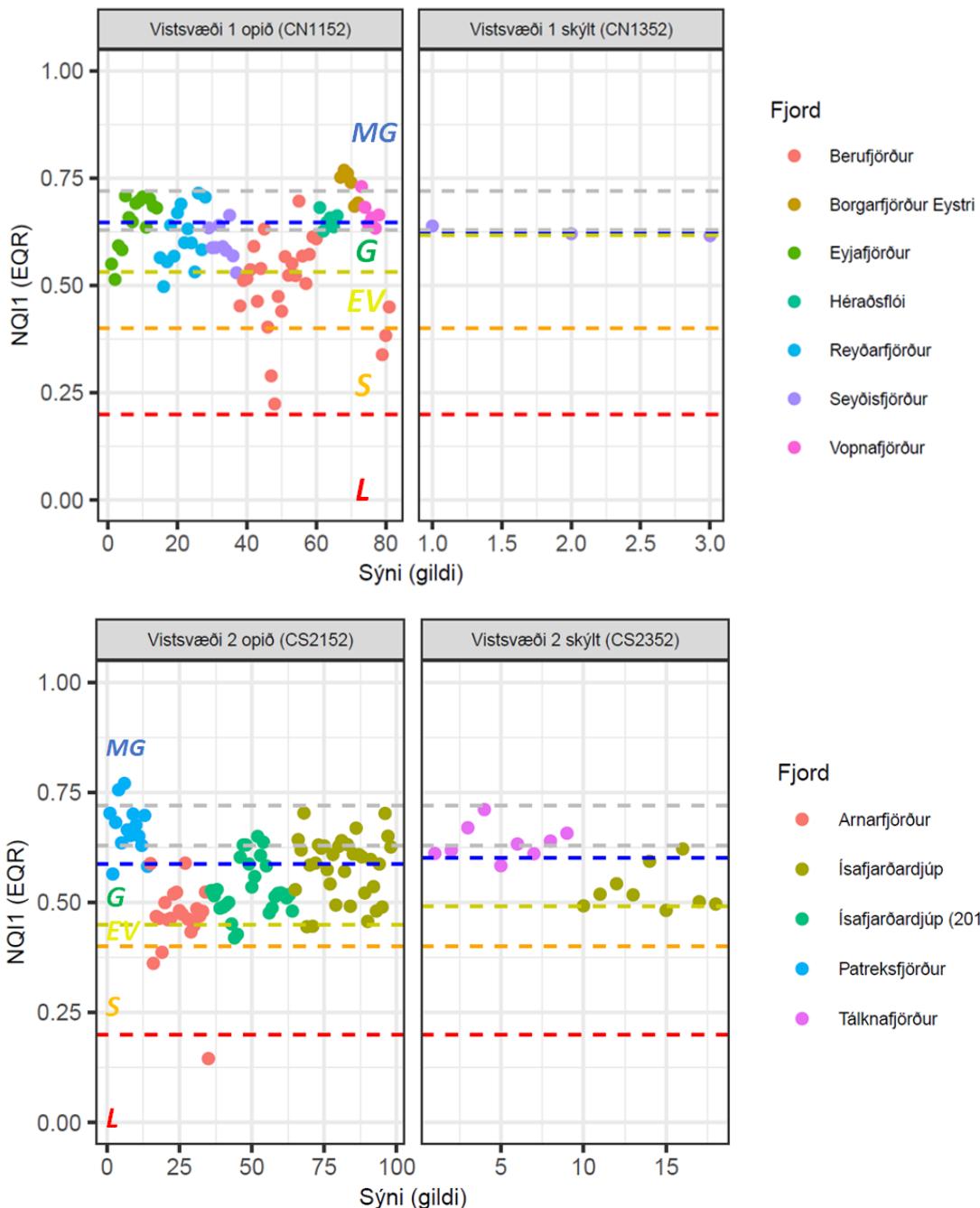
* Vegna vöntunar á gögnum um hryggleysingja úr skjólsælum vatnshlotum eru ástandslokkar fyrir þau sömu og skilgreindir eru fyrir vatnshlot sem eru opin fyrir öldu innan viðkomandi vistsvæðis. Því þarf að taka þeim með fyrirvara um breytingar seinna meir.

Textabox 5. Dæmi um útreikning á EQR fyrir hryggleysingja á mjúkum botni:

Ástand vatnshlots af gerð CN1152 (opið norður) var metið út frá vísinum NQI1 . Niðurstaðan leiddi í ljós að útreiknaða NQI1 gildið var 0,46. Viðmiðunargildið er 1 – sjá töflu 7.

$$\text{Þá er vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Mælt NQI1}}{\text{NQI1 viðmiðunargildi}} = \frac{0,46}{1} = 0,46$$

Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) í vatnshlotinu er því 0,46. Þar af leiðandi telst vatnshlotið vera í ástandi sem er *ekki viðunandi* hvað varðar hryggleysingja.



Mynd 7. Niðurstöður útreikninga á vísinum NQI1 í vatnshlotum við Ísland. NQI1 gildi fyrir hverja stöð/sýni m.t.t. vatnshlot/fjarða (fylltir punktar). Efri tvö grófin sýna NQI1 gildi frá opnum (CN1152) og skjólsælum (CN1352) vatnshlotum á Vistsvæði 1 (Norður og Austurland). Neðri tvö grófin sýna gildi frá opnum (CS2152) og skjólsælum (CS2352) vatnshlotum á Vistsvæði 2 (Vestfirðir). Blá lína táknað miðgildi gagnanna sem jafnframt táknað mörk á milli *mjög gott* (MG) og *gott ástand* (G). Gula línan sýnir mörkin milli *gott* (G) og *ekki viðunandi ástand* (EV) sem er jafnframt 5% dreifingarmark gagna. Appelsínugularar (slæmt ástand), rauðar (lélegt ástand) og gráar línlur eru reiknaðar eða teknaðar úr NEA GIG skýrslum. Efri gráa línan sýnir gildi frá millkvörðunargögnum annara landa sambærileg þeirri bláu (mörk *mjög gott/gott*) hjá okkur. Neðri gráa línan er sambærileg gulu línlunni (mörk *gott/ekki viðunandi*) úr millkvörðunargildum annarra landa. Gráa línlurnar voru settar á myndirnar til samanburðar við millkvörðuð gildi þeirra landa sem við berum okkur saman við. Eins og sjá má liggja okkar mörk neðar en þeirra landa.

2.4 Styrkur næringarefna að vetrarlagi

2.4.1 Inngangur

Styrkur næringarefna (nítrat, fosfat og kíssill) í strandsjó að vetrarlagi eru meðal þeirra þátta sem lagt var til að nota við mat á ástandi vatnshlota í strandsjó við Ísland á fyrra tímabili innleiðingar vatnatilskipunar (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019). Við frekari athugun leggur Hafrannsóknastofnun til að kíssill verði ekki gæðaþáttur líkt og nítrat og fosfat, heldur stuðningsþáttur til að meta áhrif íblöndunar ferskvatns frá landi. Ástæðan er sú að engar athafnir manna hafa bein áhrif á styrks kísils, nema e.t.v. nýting jarðvarma. Kíssill er nauðsynlegur til vaxtar kísilþörunga en hefur ekki áhrif á heildarfrumframleiðni. Mælingar á styrk næringarefna eins og nítrati (NO_3^-) og fosfati (PO_4^{3-}) eru mikilvægur stuðningsmetill líffræðilegra gæðaþáttu þar sem þau gefa góða vísbendingu um ástand vatnshlota m.t.t. ofauðgunar. Styrkur næringarefna breytist í yfirborðslögum sjávar á kaldtempruðum svæðum eftir árstíðum, bæði vegna lífrænna og eðlisefnafræðilegra ferla (Sólveig R. Ólafsdóttir, 2006). Næringarefni eru grundvöllur fyrir vöxt og viðgang frumframleiðenda eins og plöntusvifs og þörunga. Köfnunarefni (N) og fosför (P) eru tekin upp í ákveðnum hlutföllum (u.p.b. 16:1 mól) af plöntusvifi og þörungum. Hinsvegar eru það kísilþörungar sem nýta kísil, auk fosfats og nítrats, og eru þeir algengir í plöntusvifinu, sérstaklega á vorin á norðlægum breiddargráðum. Sé litið til plöntusvifsins í heild þá er það oftast nítrat sem takmarkar vöxt þess í sjó (Sólveig R. Ólafsdóttir, 2006). Aukning á styrk næringarefna af mannavöldum getur hrint af stað líffræðilegum ferlum og hringrásum sem geta verið í formi aukningar á lífmassa frumframleiðenda (plöntusvif og botnþörungar) og breytinga á hlutdeild tækifæristegunda og annarra tegunda frumframleiðenda (Devlin o.fl. 2007).

Um hávetur eða á tímabilinu janúar til mars eru breytingar á styrk næringarefna við yfirborð sjávar minnstar í tíma og rúmi. Þá hefur niðurbrot frumframleiðslunnar frá undanliðnu vaxtartímabili fært næringarefnin á ólífraent form, lóðrétt blöndun hefur jafnað styrkinn í vatnsbolnum og skortur á birtu hindrar frumframleiðni. Á þeim árstíma er því best að fylgjast með langtímbreytingum á styrk næringarefna og að nema styrkaukningu af mannavöldum, sé hún fyrir hendi (Sólveig R. Ólafsdóttir, 2021).

2.4.2 Söfnun og meðhöndlun sýna

Reglubundin vöktun á styrk næringarefna í sjó við Ísland hefur aðallega farið fram að vori, í tengslum við plöntusvif og framleiðni. Hinsvegar hafa nokkrar úttektir verið gerðar að vetri og liggja þær til grundvallar í þessari skýrslu. Þau gögn hafa einnig verið notuð til að meta langtímaþreytingar á næringarefnastyrk í sjó og eru hluti af vöktun samkvæmt OSPAR samningnum.

Þau viðmið sem hér eru lögð fram til að meta ástand strandsjávar eru byggð á mælingum á næringarefnum úr yfirborðslagi strandsjávar að vetri til þegar sjórinn er uppblandaður og áhrif af lífríki eru í lágmarki. Sýni sem Hafrannsóknastofnun safnar eru tekin með sjósýnataka.

Sýni til mælinga á næringarefnum eru geymd í plastflöskum og fryst ef ekki er hægt að mæla strax að lokinni söfnun. Næringarefnasýni sem safnað er í opnum vatnshlotum að vetri þarf ekki að sía þar sem áhrif frá þörungum/lífrænum ögnum eru hverfandi í þeim og gert er ráð fyrir að öll næringarefni að vetri séu uppleyst. Hins vegar er síun á vetrarsýnum nauðsynleg í grunnum vatnshlotum sem gruggast auðveldlega og eru jafnvel undir álagi af mannavöldum.

Flestir aðferðir við efnagreiningar á næringarefnum byggja á ljósgleypnimælingum en við vöktun á styrk þeirra þarf rannsóknastofan að tryggja áreiðanleika niðurstaðnanna bæði með notkun á viðmiðunarefnum sem og þátttöku í frammistöðuprófunum fyrir rannsóknastofur (eins og t.d. QUASIMEME). Við vöktun á styrk þeirra er lagt til að fylgt sé leiðbeinungum OSPAR um sýnasöfnun, aðferðir og gæðaeftirlit (OPAR, 2013). Hafa skal í huga að nauðsynlegt er að mæla seltu í sýnum til að meta áhrif ferskvatns á næringarefnastyrk.

2.4.3 Ástandsviðmið

Viðmiðunargildi fyrir styrk næringarefna sem lögð hafa verið fram voru byggð á umfangsmiklum gögnum um vetrarstyrk næringarefna í þeim vatnshlotum þar sem mestar upplýsingar lágu fyrir ($n = 22-142$) (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019). Sýnum var safnað á árunum 1993–2012 í ýmsum rannsóknaverkefnum Hafrannsóknastofnunar. Í heildina var um að ræða tæplega 600 mælingar fyrir hvert næringarefni (NO_3 og PO_4) í þessum fjórum vatnshlotagerðum. Nánari upplýsingar um hvar var safnað, hvenær og fjölda sýna innan vatnshlota má sjá í skýrslu um gæðaþætti og viðmiðunaraðstæður vatnshlota í strandsjó (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019).

Viðmiðunargildi og mörk milli ástandslokka

Við vistfræðilega ástandslokun vatnshlota samkvæmt lögum um stjórn vatnamála er miðað við að skilgreint sé eitt viðmiðunargildi fyrir hverja gerð vatnshlota og því voru upplýsingar um meðalstyrk úr vatnshlotum sem voru í sömu vatnshlotagerð (tafla 7 í Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl. 2019) tekin saman í eitt viðmiðunargildi fyrir hverja vatnshlotagerð (8. og 9. tafla).

Við ákvörðun á mörkum ástandsflokkanna *gott* og *ekki viðunandi* var ákveðið að fylgja þeirri stefnu sem sett hefur verið af OSPAR (2001 og 2003) sem miða að því að skilgreina hafssvæði sem mögulega eru undir mengunarálagi. Það er sambærilegt við það sem gert er í Bretlandi við skilgreiningu á álagi við innleiðingu vatnatilskipunar þar í landi (Devlin et al. 2007). Undir samþykktum OSPAR samningsins er lagt til að skilgreining á hafsvæðum sem mögulega eru undir álagi af mengun af völdum næringarefnalosunar (e. potential problem area) miðist við hafsvæði þar sem vetrarstyrkur næringarefna er meira en 50% hærri en meðalstyrkur að vetri (janúar–mars) á ómenguðum hafsvæðum á sömu slóðum. Hér er lagt til að þessi sömu viðmið verði notuð til að ákvarða mörk á milli ástandsflokkanna *gott* og *ekki viðunandi*. Það merkir, að í þeim tilfellum þar sem styrkur næringarefna í vetrarsýnum mælist meira en 50% hærri en meðalstyrkur næringarefnanna (viðmiðunargildi) sem skilgreint er fyrir viðkomandi vatnshlotagerð, telst vatnshlotið vera í *ekki viðunandi* ástandi m.t.t. næringarefnastyrks. Mörkin milli ástandsflokkanna *mjög gott* og *gott* voru miðuð við styrk sem er 20% hærri en viðmiðunargildi nítrats og fosfats fyrir hverja vatnshlotagerð og var það ákvarðað út frá dreifingu vetrarstyrks næringarefna í ómenguðum vatnshlotum í hverri gerð og náttúrulegum breytileika á styrknum fyrir utan landgrunnsbrún (Sólveig R. Ólafsdóttir, 2021).

Upplýsingar um viðmiðunargildi nítrats og fosfats eru gefin upp í töflum 8 og 9, auk þess sem þar eru gefin upp mörk á milli ástandsflokkanna *mjög gott*, *gott* og *ekki viðunandi*. Einnig eru þar upplýsingar um vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir þessa gæðaþætti miðað við þær forsendur sem raktar eru hér að framan. Dæmi um útreikning á vistfræðilegu gæðahlutfalli strandsjávar m.t.t. næringarefna er sýnt í textaboxi 6.

Tafla 8. Viðmiðunargildi og mörk milli ástandslokka fyrir vetrarstyrk nítrats ($\mu\text{mól l}^{-1}$) og EQR í fullsöltum sjó.

Vatnshlotagerð	Strandsjór						
	Nítrat – NO_3 ($\mu\text{mól l}^{-1}$)	EQR Nítrat – NO_3			Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
Viðmiðunar-gildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	
CN1152, opið norður	12,8	<15,4	15,4-19,4	>19,1	1,0-0,83	<0,83-0,67	<0,67
CN1352, skjólsælt norður	12,4	<14,9	14,9-18,5	>18,5	1,0-0,83	<0,83-0,67	<0,67
CS2152, opið suður	13,1	<15,8	15,8-19,6	>19,6	1,0-0,83	<0,83-0,67	<0,67
CS2352, skjólsælt suður	12,9	<15,4	15,6-19,3	>19,3	1,0-0,83	<0,83-0,67	<0,67

Tafla 9. Viðmiðunargildi og mörk milli ástandslokka fyrir vetrarstyrk fosfats ($\mu\text{mól l}^{-1}$) og EQR í fullsöltum sjó.

Vatnshlotagerð	Strandsjór						
	Fosfat – PO_4 ($\mu\text{mól l}^{-1}$)	EQR Fosfat – PO_4			Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
Viðmiðunar-gildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	
CN1152, opið norður	0,88	<1,1	1,1-1,3	>1,3	1,0-0,83	<0,83-0,67	<0,67
CN1352, skjólsælt norður	0,83	<1,0	1,0-1,2	>1,2	1,0-0,83	<0,83-0,67	<0,67
CS2152, opið suður	0,87	<1,0	1,0-1,3	>1,3	1,0-0,83	<0,83-0,67	<0,67
CS2352, skjólsælt suður	0,89	<1,1	1,1-1,3	>1,3	1,0-0,83	<0,83-0,67	<0,67

Textabox 6. Dæmi um útreikning á EQR fyrir næringarefni

Sýni til mælinga á næringarefnum var safnað að vetri úr vatnshloti sem tilheyrir vatnshlotagerðinni CN1152. Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) var reiknað fyrir þetta sýni með hliðsjón af upplýsingum sem gefnar eru í töflum 8 og 9. Niðurstöðurnar leiddu eftirfarandi í ljós:

Styrkur nítrats var $15,1 \mu\text{mól l}^{-1}$ og fosfats var $1,2 \mu\text{mól l}^{-1}$.

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) nítrats} = \frac{\text{Viðmiðunargildi nítrats}}{\text{Mældur styrkur nítrats}} = \frac{12,8}{15,1} = 0,85 \text{ (mjög gott ástand)}$$

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fosfats} = \frac{\text{Viðmiðunargildi fosfats}}{\text{Mældur styrkur fosfats}} = \frac{0,88}{1,2} = 0,73 \text{ (gott ástand)}$$

Athugið að ef mældur styrkur nítrats/fosfats er lægri en viðmiðunargildi þeirra þá verður vistfræðilegt gæðahlutfall hærra en 1. Í þeim tilvikum skal setja EQR=1.

3 Lokaorð

Í þessari skýrslu eru birtar tillögur Hafrannsóknastofnunar um vistfræðileg viðmið sem hægt er að nota við ástandsflokkun vatnshlotu í strandsjó við Ísland. Þetta er fyrsta tilraun til að setja fram flokkunarkerfi af þessu tagi. Skýrslan er unnin fyrir Umhverfisstofnun og er hluti af vinnu við innleiðingu laga um stjórн vatnamála nr. 36/2011. Lögð er fram tillaga að viðmiðunargildum og mörkum á milli þriggja efstu ástandsflokkanna hvað varðar þá líffræðilegu og eðlisefnafræðilegu gæðaþætti sem nota skal við ástandsflokkun strandsjávar við Ísland í samræmi við lög um stjórн vatnamála.

Megin áherslan var lögð á að skilgreina mörkin á milli ástandsflokkanna *mjög gott, gott og ekki viðunandi ástand*, viðmiðunargildi, og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir þá gæðaþætti sem teknir eru fyrir í skýrslunni. Auk þess eru skilgreind mörk á milli ástandsflokkanna *slakt* og *lélegt ástand* fyrir gæðaþættina botnþörungar á hörðum botni (kafli 2.2) og botnlægir hryggleysingjar (kafli 2.3) en vert er að taka fram að takmarkaðar upplýsingar eru til úr vatnshlotum, sérstaklega úr skýldum vatnshlotum og þeim sem eru undir álagi af mannavöldum, og geta þessi mörk því tekið breytingum eftir því sem vinnunni vindur fram.

Viðmiðunargildin og mörk á milli ástandslokka byggja á fyrirliggjandi upplýsingum og sérfræðimati fyrir hvern gæðaþátt, auk þess sem miðað er við aðferðir sem notaðar eru í Noregi og Bretland, auk aðferða sem notaðar eru við mat á ástandi sjávar samkvæmt OSPAR. Við vinnuna var áhersla lögð á að nota sambærilegar aðferðir sem notaðar hafa verið í þeim löndum sem eru í sama landfræðilega millikvörðunarhóp og Ísland (NEA-GIG).

Ekki er ólíklegt að leggja þurfi til fleiri gerðir vatnshlotu þegar fram í sækir. Dæmi um mögulega viðbót í vatnshlotagerðum hér við Ísland væru firðir sem eru svokallaðir þröskuldsfirðir, en það eru firðir þar sem gryningar í mynni þeirra takmarka innstreymi til þeirra. Af því leiðir að aðstæður á botni þröskuldsfjarða geta verið ólíkar því sem sést í opnum fjörðum. Sem dæmi er þekkt að blöndun vatnsbolsins í slíkum fjörðum er minni en í opnum fjörðum og þá sérstaklega síðla sumars/hausts. Það hefur t.d. áhrif á súrefnisinnihald sjávarins sem leiðir aftur til krefjandi aðstæðna fyrir lífríki á botni. Það getur haft áhrif á tegundir sem lifa við botn, t.d. botnlæga hryggleysingja. Mikilvægt er að taka þennan breytileika til greina við ástandsflokkun þröskuldsfjarða þar sem notkun á ákveðnum gæðaþáttum myndi hugsanlega leiða til þess að vatnshlot félli um ástandslokk vegna náttúrulegra þátta sem einkenna þessa gerð fjarða. Arnarfjörður og Berufjörður eru dæmi um þröskuldsfirði og eins og sjá má í kafla 2.3.3 skáru þeir sig frá öðrum fjörðum hvað varðar niðurstöður úr útreikningum á þeim aðferðum sem lagt er til að nota við mat á ástandi m.t.t. botnþörunga á mjúkum botni.

Höfundar leggja áherslu á að framlagðar tillögur eru í mörgum tilfellum byggðar á takmörkuðum gögnum og eru ekki hafnar yfir gagnrýni. Í næstu skrefum verkefnisins er mikilvægt að afla frekari gagna til þess að hægt sé að styrkja forsendur flokkunarkerfisins. Sú framtíðarvöktun sem sett verður fram í vöktunaráætlun vegna stjórnar vatnamála mun væntanlega styrkja þann gagnabanka sem nauðsynlegur er til frekari þróunar á ástands-flokkunarkerfinu.

Þakkarorð

Ingibjörg G. Jónsdóttir las skýrsluna yfir og bætti á marga lund. Kunnum við henni miklar þakkir fyrir það. Einnig þökkum við ráðgjafanefnd fagstofnana og eftirlitsaðila og ráðgjafanefnd hagsmunaaðila fyrir yfirlestur á skýrslunni.

Heimildir

- Agnes Eydal. (2003). *Áhrif næringarefna á tegundasamsetningu og fjölda svifþörunga í Hvalfirði / Impact of nutrients on phytoplankton succession in Hvalfjörður*. Hafrannsóknastofnun. Fjöldit nr. 99, 48 bls.
- Agnes Eydal, Sólveig R. Ólafsdóttir, Héðinn Valdimarsson og Karl Gunnarsson. (2019). *Skilgreining á gerðum vatnshlöta í strandsjó í við Ísland / Typology of Coastal Water Bodies in Iceland*. Hafrannsóknastofnun. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2019-52, 17 bls.
- Agnes Eydal, Sólveig R. Ólafsdóttir, Karl Gunnarsson og Héðinn Valdimarsson. (2019). *Flokkun strandsjávar í vatnshlot*. Hafrannsóknastofnun. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2019-50, 23 bls.
- Bokn T. (1975). *Fastsittende alger brukt som forurensningsindikatorer*. Norsk institut for vannforskning, årbok 1975, pages: 73-86.
- Buhl-Mortensen L., Aure J., Alve E., Oug E. & Husum K. (2006). Effects of hypoxia on fjordfauna: The bottomfauna and environment in fjords on the Skagerrak coast [in Norwegian]. *Fisken og Havet* 3:108 pages.
- Devlin M., Painting S. & Best M. (2007). Setting nutrient thresholds to support an ecological assessment based on nutrient enrichment, potential primary production and undesirable disturbance. *Marine Pollution Bulletin*, 55, 65-73.
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. In *Official Journal of the European Communities*, L 327, 22.12.2000, bls. 1-73. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32000L0060> [skoðað 17.04.2020]
- Direktoratsgruppen vanndirektivet. (2018). Klassifisering af miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. *Veileder 02:2018*
- Domingues R.B., Barbosa A. & Galvão H. (2008). Constraints on the use of phytoplankton as a biological quality element within the Water Framework Directive in Portuguese waters. *Marine Pollution Bulletin*. 56, 1389-1395.
- Giles H. (2008). Using Bayesian network to examine consistent trends in fish farm benthic impact studies. *Aquaculture*. 274, 181 – 195.
- Gray J. S. & Elliot M. (2009). *Ecology of Marine Sediments – From Science to Management*. Second edition. Oxford University Press. Oxford. United Kingdom. 226 pages. ISBN 978-0-19-856902-02.
- Grenager B. (1957). Algological observations from the polluted area of Oslofjord. *Nytt mag. Bot.* 5, 41-60.
- Hargrave B., TPhilips G. A., Ducette L. I., White M. J., Miligan T. G., Wildish D. J. & Cranston R. E. (1997). Assessing benthic impacts of organic enrichment from marine aquaculture. *Water, Air and Soil Pollution*. 99, 641-650.
- Holm-Hansen O., Lorenzen C.J., Holmes R.W. & Strickland J.D.H. (1965). Fluorometric determination of chlorophyll. *Conseil International pour l'Exploration de la Mer, Journal du Conseil*, 301, 3-15.
- ISO 16665: 2014. Water quality - Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.
- ISO 10260: 1992. Water quality – Measurement of biochemical parameters – Spectrometric Determination of the Chlorophyll – a concentration.
- Jeffrey S.W., Mantoura R.F.C. & Wright S.W. (1997). Phytoplankton Pigments in Oceanography: Guidelines to Modern Methods. UNESCO Publ., *Monographs on Oceanographic Methodology* no. 10, Paris, France. 661 pages.
- Karl Gunnarsson og Konráð Þórisson. (1976). *Áhrif skolpmengunar á fjörubörunga í nágrenni Reykjavíkur*. Hafrannsóknastofnun. Fjöldit nr. 3, 21 bls.
- Kristinn Guðmundsson, Ástþór Gíslason, Jón Ólafsson, Konráð Þórisson, Rannveig Björnsdóttir, Sigmar A. Steingrímsson, Sólveig Ólafsdóttir, Öivind Kaasa. (2002). *Ecology of Eyjafjordur Project. Chemical and biological parameters measured in Eyjafjörður in the period April 1992 – August 1993*. Hafrannsóknastofnun. Fjöldit nr. 89, 129 bls.
- Kristinn Guðmundsson og Kristín J. Valsdóttir. (2004). *Frumframleiðnimælingar á Hafrannsóknastofnuninni árin 1958 – 1999: Umfang, aðferðir og úrvinnsla*. Hafrannsóknastofnun. Fjöldit nr. 107, 56 bls.

Jóhanna Björk Weisshappel, Gunnar Steinunn Jónsson, Tryggvi Þórðarson, Helgi Jensson, Svanfríður Dóra Karlsdóttir, Heiðrún Guðmundsdóttir og Kristján Geirsson. (2013). *Stöðuskyrsla fyrir Ísland. Skipting vatns í vatnshlot og mat á helsta álagi af starfsemi manna á vatn*. Umhverfisstofnun, UST-2013:11, 67 bls.

Lorenzen C.J. (1967). Determination of Chlorophyll and Pheopigments: Spectrophotometric Equations. *Limnology and Oceanography*, 12, 343-346.

Lög um stjórn vatnamála. Nr. 36/2011. <https://www.althingi.is/lagasafn/pdf/151b/2011036.pdf>

OSPAR. (2001). Annex 5: *Draft Common Assessment Criteria and their Application within the Comprehensive Procedure og the Common Procedure*. Meeting Of The Eutrophication Task Group (Etg), London (Secretariat): 9-11 October 2001.

OSPAR, Commission. (2003). *The OSPAR integrated report 2003 on the Eutrophication status of the OSPAR Maritime Area based upon the first application of the Comprehensive Procedure*. Includes "baseline/assessment levels used by Contracting Parties and monitoring data (MMC 2003/2/4: OSPAR publication 2003: ISBN: 1 – 904426-25-5).

OSPAR. (2013). Revised JAMP Eutrophication Monitoring Guideline: Nutrients. <https://www.ospar.org/work-areas/cross-cutting-issues/cemp> (sótt 12. okt. 2021).

Pamela Woods, Steinunn Hilma Ólafsdóttir og Rakel Guðmundsdóttir. (2021). *Exploration of Benthic Invertebrate Diversity Indices and Ecological Quality Ratios for defining ecological status of coastal marine waters according to the Water Framework Directive (200/60/EC)*. Hafrannsóknastofnun. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2021-05, 36 bls.

Rakel Guðmundsdóttir, Sólveig R. Ólafsdóttir, Hjalti Karlsson og Stefán Áki Ragnarsson. (2020). *Umhverfisáhrif sjókvíaeldis – Mælingar á efnaferlum í seti íslenskra fjarða*. Hafrannsóknastofnun. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2020-42, 42 bls.

Reglugerð um flokkun vatnshlöta, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun nr. 535/2011. <https://www.reglugerd.is/reglugerdir/allar/nr/535-2011>

Reglugerð um stjórn vatnamála nr. 935/2011. <https://www.reglugerd.is/reglugerdir/allar/nr/935-2011>

Reglugerð um varnir gegn mengun vats nr. 796/1999. <https://www.reglugerd.is/reglugerdir/eftir-raduneytum/umhverfisraduneyti/nr/4482>

Rueness J. (1973). Pollution effects on littoral algae communities in the inner Oslofjord, with special reference to *Ascophyllum nodosum*. *Helgoländer Wiss. Meeresunters.* 24: 446-454.

Rygg B. (2006). *Developing indices for quality-status classification of marine soft-bottom fauna in Norway*. In NIVA report 5208.

SCOR-UNESCO. (1966). Determination of Photosynthetic Pigments. *Monographs on Oceanographic Methodology* 1, 11-18.

Sólveig R. Ólafsdóttir. (2006). *Styrkur næringarefna í hafinu umhverfis Ísland*. Hafrannsóknastofnun. Fjöldit nr. 122, 28 síður.

Sólveig R. Ólafsdóttir, Alice Benoit-Cattin og Magnús Danielsen. (2017). *Endurnýjun næringarefna næri botni í Arnarfirði og Ísaffjarðardjúpi*. Hafrannsóknastofnun. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2017-035, 18 bls.

Sólveig Rós Ólafsdóttir, Agnes Eydal, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Kristinn Guðmundsson og Karl Gunnarsson. (2019). *Gæðapættir og viðmiðunaraðstæður strandsjávarvatnshlöta / Quality Elements and Reference Conditions of Coastal Water Bodies*. Hafrannsóknastofnun. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2019-53, 33 síður.

Sólveig R. Ólafsdóttir. (2019). *Endurskoðun á skiptingu strandsjávar í vatnshlot*. Hafrannsóknastofnun. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2019-45, 26 síður.

Sólveig R. Ólafsdóttir. (2021). *Breytingar á styrk næringarefna og sýrustigi undanfarin ár*. Í: Guðmundur J. Óskarsson (ritstj.), Staða umhverfis og vistkerfa í hafinu við Ísland og horfur næstu áratuga. Hafrannsóknastofnun. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2021-14, 127 síður.

Tsutsumi H. (1987). Population dynamics of *Capitella capitata* (Polychaeta; Capitellidea) in an organically polluted cove. *Marine Ecology - Progress Series*. 36, 139-149.

van de Bund W. & Solimini A.G. (2007). *Ecological Quality Ratios for Ecological Quality Assessment in Inland and Marine Waters*. Regeca Deliverable 10. Institute for Environment and Sustainability; EUR 22722 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. ISSN 1018-5593. 23 bls.

van Hoey G., Bonne W., Muxica I., Josefson A., Borgersen G., Rygg B., G., Borja A., Philips G., Miles Al., Dubois S., Desroy N., Buchet R., Ximenes MC., O'Beirn F., Witt J., Heyer K., van Loon W., Ruiter H., Neto J., Marques JC., Garcia E., Puente., A. & Salas Herrero F. (2019) *Coastal waters North East Atlantic Geographic Intercalibration Group, 2019*. Benthic invertebrate fauna ecological assessment methods; EUR 29640 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-99232-2, doi:10.2760/16318, JRC115475. 151 bls.

Wells E., Wilkinson M., Wood P. & Scanlan C. (2007). The use of macroalgal species richness and composition on intertidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55: 151-161.

WFD CIS. (2003). *Guidance document nr. 10. River and lakes – Typology, reference conditions and classification systems*. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.

WFD CIS. (2005). *Guidance document nr. 13. Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential*. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.

Viðaukar

Viðauki 1.

Listi yfir þörunga sem notaður var til að útbúa kerfi til ástandsflokkunar strandsjávar með tilliti til þörunga á hörðum botni (sjá kafla 2.2). Þessi listi var birtur í skýrslu eftir Sólveigu R. Ólafsdóttur o.fl. (2019) um gæðahætti og viðmiðunaraðstæður í strandsjávarvatnshlotum og vísar töflunúmerið til þeirrar birtingar.

Tafla 4. Þörungalisti (styttr) sem notaður er til grundvallar mati á gæðum vatnshlota. Listinn byggir á söfnun og greiningum botnþörunga úr um 100 fjörum, allt í kringum land. „Tækifærir“-tegundir eru þörunger sem eru algengir þar sem röskun hefur orðið vegna framkvæmda eða mengunar. Vaxtargerðir eru tvær annars vegar (1) þykkir, vefmiklir, tiltölulega langlifir þörunger og hins vegar (2) þunnir, fingerðir og skammlifir þörunger (sbr Orfanidis o.fl. 2003).

nr	Tegund	Vistsvæði		Búsvæði		Tækif.teg	Vaxtargerð I II	Pörungaflokkur		
		SV	NA	skjól	brim			g	r	
1	<i>Acrosiphonia spp</i>	SV	NA		brim		2			
2	<i>Ahnfeltia plicata</i>	SV			brim		1			r
3	<i>Antithamnionella floccosa</i>	SV	NA		brim			2		r
4	<i>Ascophyllum nodosum</i>	SV	NA	skjól	brim		1		b	
5	<i>Asperococcus fistulosus</i>		NA		brim		1		b	
6	<i>Blidingia minima</i>	SV	NA	skjól	brim	o	2	g		
7	<i>Ceramium/Polysiphonia spp</i>	SV	NA	skjól	brim		2			r
8	<i>Chaetomorpha melagonium</i>	SV			brim			2	g	
9	<i>Chondrus crispus</i>	SV			brim		1			r
10	<i>Chordaria flagelliformis</i>	SV	NA	skjól	brim		1		b	
11	<i>Cladophora spp</i>	SV		skjól	brim			2	g	
12	<i>Corallina officinalis</i>	SV	NA		brim		1			r
13	<i>Corallinaceae, skorpa</i>	SV	NA	skjól	brim		1			r
14	<i>Cystoclonium purpureum</i>	SV			brim		1			r
15	<i>Devaleraea ramentacea</i>	SV	NA	skjól	brim		1			r
16	<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>	SV	NA	skjól	brim		1		b	
17	<i>Dumontia contorta</i>	SV	NA	skjól	brim		1			r
18	<i>Ectocarpus-lík</i>	SV	NA	skjól	brim	o	2		b	
19	<i>Elachista fucicola</i>	SV	NA	skjól	brim		2		b	
20	<i>Eudesme virescens</i>	SV		skjól			2		b	
21	<i>Fucus distichus</i>	SV	NA	skjól	brim		1		b	
22	<i>Fucus spiralis</i>	SV	NA	skjól	brim		1		b	
23	<i>Fucus vesiculosus</i>	SV	NA	skjól	brim		1		b	
24	<i>Hildenbrandia spp</i>		NA	skjól	brim		1			r
25	<i>Mastocarpus stellatus</i>	SV	NA		brim		1			r
26	<i>Membranoptera alata</i>	SV			brim			2		r
27	<i>Monostroma spp</i>	SV	NA	skjól	brim	o	2	g		
28	<i>Palmaria palmata</i>	SV	NA	skjól	brim		1			r
29	<i>Petalonia fascia</i>	SV	NA	skjól	brim		1		b	
30	<i>Plumaria plumosa</i>	SV			brim			2		r
31	<i>Polysiphonia lanosa</i>	SV		skjól	brim		2			r
32	<i>Porphyra umbilicalis</i>	SV	NA		brim	o	2			r
33	<i>Prasiola stipitata</i>		NA		brim	o	2	g		
34	<i>Punctaria plantaginea</i>		NA	skjól			1		b	
35	<i>Ralfsia fungiformis</i>		NA		brim		1		b	
36	<i>Rhizoclonium spp</i>	SV		skjól	brim			2	g	
37	<i>Rhodochorton purpureum</i>	SV	NA	skjól	brim			2		r
38	<i>Rhodomela spp</i>	SV	NA		brim		1			r
39	<i>Saccharina latissima</i>	SV	NA		brim		1		b	
40	<i>Scytoniphon lomentaria</i>	SV	NA	skjól	brim		1		b	
41	<i>Sphaerelaria spp</i>	SV			brim			2		b
42	<i>Spongomerpha aeruginosa</i>	SV	NA		brim			2	g	
43	<i>Ulva (Enteromorpha) spp</i>	SV	NA	skjól	brim	o	2	g		
44	<i>Ulva/Ulvaria spp (blaðlaga)</i>	SV	NA	skjól	brim	o	2	g		
45	<i>Urospora/Ulothrix spp</i>		NA	skjól	brim	o	2	g		

Viðauki 2.

Lýsing á fjöru sem sýnir hvernig skal meta veigamikil einkenni fjörunnar skv. Wells o.fl. 2007. Mikilvægt er að meta fjöruna með tilliti til þeirra þátta sem hér koma fram þar sem niðurstaðan er notuð ásamt upplýsingum um tegundir botnþörunga til þess að meta ástand vatnshlota í standsjó. Tilgangur fjörulýsingarinnar er að ná utan um þann breytileika sem er náttúrulegur og hefur áhrif á þörunga fjörunnar. Eftir því sem stigin eru fleiri því meira leggur fjörugerðin til fjölbreytileika botnþörunganna og við það lækkar einkunnin sem fjaran fær vegna fjörugerðar við mat á ástandi vatnshlotanna (töflur 5 og 6).

Almennar upplýsingar

Vatnshlot

Dagsetning

Sjávarhæð (m, úr flóðatöflu)

Tími háfjöru

Lýsing á fjöru

Grugg til staðar (af náttúrulegum uppruna)

Já =0

Nei =2

Ríkjandi fjörugerð

Hryggir/nibbur/flatar klappir

=4

Undirbúsvæði

Breiðir grunnir fjörupollar (>3 m breiðir og <50 cm djúpir)

Óreglulegt grjót

=3

Hnullungar, smáir, miðlungs og stórir

=3

Stórir fjörupollar (>6 m langir)

Brattir lóðréttir steinar

=2

Djúpir fjörupollar (50% > 100 cm djúpir)

Óskilgreint hart undirlag

=2

Hefðbundnr fjörupollar

Smærri steinar/steinar/smágrýti

=1

Stórar sprungur

Möl

=0

Slútandi bjarg og lóðréttar klappir

Ríkjandi lífverur

Klöþang (*Ascophyllum nodosum*)

Önnur búsvæði (tilgreinið)

Aðrar þangtegundir (Fucoids)

Hellar

Rauðþörungar (*Rhodophyta mosaics*)

Engin undirbúsvæði

Grænþörungar (*Chlorophyta*)

Kräklingur

Heildarfjöldi undirbúsvæða

Hrúðurkarlar

>4

Fjörudoppur

3

Almennar athugasemdir

2

1

Viðauki 3.

Listi yfir svæði, sýnatökubúnað, vistfræðilegt ástand og uppruna gagna sem notuð voru við skilgreiningu á mörkum á milli ástandsflókka og við val á matsþætti fyrir botnlæga hryggleysingja (Pamela Woods o.fl. 2021).

	Year	Sampling equipment	Expected ecological status	References
Northern and eastern areas (CN1152 & CN1352)				
North - Eyjafjörður	1992-1993	van Veen grab 0,1 m ²	Very good-Good	Kristinn Guðmundsson et al., 2002.
East fjords				
Berufjörður	2002,2006, 2016	van Veen grab 250 cm ² , van Veen 195 cm ²	Good - Poor	Þorleifur Eiríksson and Böðvar Þórisson, 2004; Þorleifur Eiríksson et al., 2007; Þorleifur Eiríksson et al., 2017
Borgarfjörður Eystri	2006	Sea boss 0,09 m ²	Very good-Good	Steinunn Hilma Ólafsdóttir and Sigmar Arnar Steingrímsson, 2007
Héraðsflói	2006	Sea boss 0,09 m ²	Very good-Good	Steinunn Hilma Ólafsdóttir and Sigmar Arnar Steingrímsson, 2007
Reyðarfjörður	2000	Shipek grab 0.041 m ²	Very good-Good	Hafsteinn Guðfinnsson et al., 2001
Seyðisfjörður	2002	Shipek grab 0.041 m ²	Very good-Good	Sigmar Arnar Steingrímsson, 2006
Vopnafjörður	2006	Sea boss 0,09 m ²	Very good-Good	Steinunn Hilma Ólafsdóttir and Sigmar Arnar Steingrímsson, 2007
Southern and western areas (CS2152 & CS2352)				
West fjords				
Arnarfjörður	2018	Shipek grab 0.041 m ²	Moderate	Stefán Áki Ragnarsson et. al., in prep.
Ísafjarðardjúp	2002-2012	van Veen grab	Very good-Good	Þorleifur Eiríksson et al., 2012 (compilation of studies)
Ísafjarðardjúp (2018)	2018	Shipek grab 0.041 m ²	Very good-Good	Stefán Áki Ragnarsson et. al., in prep.
Tálknafjörður	2009	Shipek grab 0.041 m ²	Very good-Good	Steinunn Hilma Ólafsdóttir, 2015
Patreksfjörður	2009	Shipek grab 0.041 m ²	Very good-Good	Steinunn Hilma Ólafsdóttir, 2015



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókna- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna