



Vistgerðir í fjörum og á grunnsævi Álftafjarðar, Snæfellsnesi



Náttúrustofa Vesturlands

 Náttúrustofa Vesturlands		Hafnargötu 3 340 Stykkishólmi www.nsv.is S. 433-8122 nsv@nsv.is
Fjölrit nr. 27	Verklök í október 2025	
Heiti skýrslu/aðal- og undirtitill: Vistgerðir í fjörum og á grunnsævi Álfafjarðar, Snæfellsnesi. Skýrsla vegna mats á umhverfisáhrifum uppbyggingar á Snæfellsnesvegi um Skógarströnd (54), Svelgsá – Heydalsvegur (55), með mögulegri þverun Álfafjarðar.		Upplag: Rafræn útgáfa Síðufjöldi: 32 Fjöldi viðauka: 1
Höfundar: Jóhann Garðar Þorbjörnsson, Menja von Schmalensee, Aron A. Þorvarðarson, Jakob J. Stakowski og Róbert A. Stefánsson		
Unnið fyrir: Vegagerðin		
Samstarfsaðilar:		
Samantekt: Fyrirhuguð er enduruppbygging Snæfellsnesvegur (54) með mögulegri þverun og vegfyllingu yfir Álfafjörð. Í ljósi þessa fól Vegagerðin Náttúrustofu Vesturlands að kortleggja vistgerðir í fjörum og á grunnsævi Álfafjarðar. Til þessa var reglulegt net 209 stöðva lagt yfir fjörðinn og á þær farið ýmist gangandi eða á gúmmibát. Á hverri stöð var ríkjandi vistgerð, lykildýrategund (kræklingur og sandmaðkur) og tegundasamsetning gróðurs skráð. Helstu vistgerðir fjarðarins reyndust vera marhálmsgræður (31,7%), kræklingaleirur (30,7%) og sandmaðksleirur (30,7%) og var samanlagt flatarmál tveggja þeirra fyrstnefndu hátt hlutfall af áætluðu heildarflatarmáli þeirra við Ísland. Alls voru skráðar 15 tegundir sjávargróðurs á rannsóknarsvæðinu og var marhálmur (<i>Zostera angustifolia</i>) í mestum þéttleika. Útbreiðslukort vistgerða á rannsóknarsvæðinu sýnir að marhálmsgræður finnast helst í miðjum norðanverðum firðinum, kræklingaleirur syðst og norðvestast og sandmaðksleirur um miðjan fjörðinn og með norðanverðri strandlengjunni bæði vestan og austan megin. Veglínur mögulegra þverana liggja yfir vistgerðir sem hafa allar hátt eða mjög hátt verndargildi og eru viðkvæmar fyrir breytingum á straumum, setflutningum og afleiddum áhrifum þess. Ef af þverun verður er brýnt að takmarka rask þessara vistgerða og fyrirbyggja stórfelldar breytingar á náttúrulegum strauma- og setflutningakerfum fjarðarins.		
Lykilorð: Skógarströnd, Álfafjörður, vegagerð, þverun, umhverfisáhrif, vistgerðir, fjörur, grunnsævi, leirur, marhálmur, marhálmsgræður, kræklingur, kræklingaleirur, sandmaðkur, sandmaðksleirur.		
Ljósmyndir á forsíðu: Kræklingaleira (MvS), sandmaðksleira og Álfafjörður úr lofti (RAS), marhálmur (JGÞ).		

Vistgerðir í fjörum og á grunnsævi Álftafjarðar, Snæfellsnesi

Skýrsla vegna mats á umhverfisáhrifum uppbyggingar á
Snæfellsnesvegi um Skógarströnd (54), Svelgsá –
Heydalsvegur (55), með mögulegri þverun Álftafjarðar

Jóhann Garðar Þorbjörnsson, Menja von Schmalensee, Aron A.
Þorvarðarson, Jakob J. Stakowski og Róbert A. Stefánsson

Október 2025
Fjölrit Náttúrustofu Vesturlands nr. 27



Náttúrustofa Vesturlands

Efnisyfirlit

Formáli	5
Inngangur	5
Sérstaða svæðisins	5
Aðferðir	6
Fjörusýnataka.....	6
Bátasýnataka	6
Greining tölulegra gagna	6
Svæðisgreining og rúmfræðileg tölfræði.....	9
Vistgerðir	9
Gróður og kræklingur.....	9
Niðurstöður	10
Vistgerðir.....	10
Gróður	16
Kræklingaþekja.....	22
Umræða	23
Vistfræðilegt mikilvægi og verndargildi.....	23
Umhverfisáhrif og mótvægisaðgerðir	27
Rannsóknir og vöktun	28
Þakkir	28
Heimildir.....	28
Viðauki	32

Formáli

Fyrirhuguð er endurbygging Snæfellsnesvegjar um Skógarströnd (54) frá Svelgsá að Heydalsvegi (55). Vegna undirbúnings á mati á umhverfisáhrifum fyrirhugaðra framkvæmda óskaði Vegagerðin eftir að Náttúrustofa Vesturlands gerði rannsókn á útbreiðslu vistgerða í fjöru og á grunnssævi Álfafjarðar á áhrifasvæði framkvæmdanna vegna mögulegrar þverunar fjarðarins.

Í þessari skýrslu verður fjallað um niðurstöður rannsóknarinnar og þær settar í samhengi við fyrirliggjandi þekkingu.

Inngangur

Sérstaða svæðisins

Í heild sinni er Breiðafjörður eitt víðfeðmasta strandsvæðið við Íslandsstrendur. Þar er 31% af grunnssævi á minna en 20 m dýpi, 56% af fjörum og 40% af leirum Íslands. Þá eru umfangsmestu þaraskógar landsins í Breiðafirði, yfir milljón tonn af klóþangi og marhálmsbreiður eru hvergi algengari við Ísland (Róbert A. Stefánsson o.fl. 2008, Hafdís Sturlaugsdóttir 2016, Karl Gunnarsson o.fl. 2017). Rannsóknir á vistkerfum í strandsjó hafa sýnt fram á mikilvægi sjávargróðurs, s.s. marhálms (*Zostera angustifolia*), og leira sem uppeldissvæðis fiska og hryggleysingja þar sem fjölbreytt botn- og gróðurgerð skapar skjólgóð svæði fyrir ungvíði ýmissa tegunda, s.s. ufsa, þorsks, síldar, loðnu, skarkola og sandkola (Ellis og Gibson 1995, Gregory og Anderson 1997, Stål 2007, Gunnarsson o.fl. 2010, Olsen o.fl. 2010, Seitz o.fl. 2014, Baranowska 2016, McDevitt-Irwin o.fl. 2016, Elliott o.fl. 2017, Unsworth o.fl. 2022).

Breiðafjörður er á tilnefningaskrá Íslands fyrir heimsminjaskrá UNESCO vegna náttúru- og menningarminja (UNESCO World Heritage Convention 2011) og njóta strandlengja og eyjar Breiðafjarðar verndar skv. lögum nr. 54/1995 um vernd Breiðafjarðar. Áður fyrr voru Álfafjörður, Vigrafjörður og Hofstaðavogur á lista yfir alþjóðlega mikilvæg fuglasvæði vegna þess að hátt hlutfall stofna álfta og margæsa nýta sér svæðið. Í endurskoðun var allur Breiðafjörður talinn eiga heima undir einum hatti og var þá skilgreindur sem alþjóðlega mikilvægt fuglasvæði og jafnframt eitt allra mikilvægasta fuglasvæði landsins (Kristinn Haukur Skarphéðinsson o.fl. 2016). Fjörur í Álfafirði og Vigrafirði eru á náttúru-minjaskrá (nr. 230) vegna frjósamra leira, sjávargróðurs og mikillar umferðar farfugla (Umhverfisstofnun e.d.).

Stór hluti Álfafjarðar eru leirur sem þorna um fjöru. Leirur eru mikilvæg búsvæði fyrir smádýr, fugla og meðal mikilvægustu vistgerða fyrir ýmsar tegundir flatfiska, sér í lagi á yngstu aldursbilunum (Gilliers o.fl. 2004). Auk þessa gegna leirur mikilvægu hlutverki í hringrás næringarefna, þar á meðal í bindingu kolefnis (Andrews o.fl. 2006, Schutte o.fl. 2019, Chen og Lee 2022). Leirur eru lífsnauðsynlegar ýmsum fuglategundum til fæðuöflunar, sérstaklega vaðfuglum að vetri og vori (Róbert A. Stefánsson o.fl. 2024).

Árið 2016 gaf Náttúrufræðistofnun Íslands út tímamótartíð Vistgerðir á Íslandi (Jón Gunnar Ottósson o.fl. 2016), þar sem lýst var nýju flokkunarkerfi lands hér á landi. Vistgerð er eining lands sem býr yfir ákveðnum eiginleikum varðandi gróður, dýralíf, jarðveg og loftslag, þannig að innan hvernar vistgerðar þrífast svipuð samfélög plantna og dýra. Vistgerðaflokkunin byggir á samevrópsku heildstæðu kerfi til flokkunar vistgerða, sem gengur undir heitinu EUNIS (European Nature Information System). Íslenskar vistgerðir, þar á meðal fjörur, hafa nú verið skilgreindar og afmarkaðar fyrir allt landið. Flokkunin er að verulegu leyti byggð á fjarkönnun og hefur hún ekki að

öllu leyti verið staðfærð. Þess vegna koma oft upp tilvik þar sem vistgerðakortasjáin (Náttúrufræðistofnun e.d.-a) gefur upp aðrar vistgerðir en finnast á viðkomandi svæði. Forkönnun höfunda þessarar rannsóknar leiddi í ljós að fjöurnar í Álfafirði voru eitt af þeim svæðum og í kjölfarið var ákveðið að framkvæma ítarlegri kortlagningu vistgerða fjarðarins í þessari rannsókn. Þetta er undirstaða frekari rannsókna á vistfræði strandsvæða Álfafjarðar, s.s. viðveru og dreifingu fiskungviðis, botndýrum í seti og sækni fugla í ólíkar vistgerðir til fæðuöflunar. Framantaldar breytur eru allar mikilvægar til mats á umhverfisáhrifum fyrirhugaðra vegaframkvæmda í Álfafirði.

Markmið þessarar rannsóknar var að kortleggja vistgerðir og gróður ásamt þekju krækings í fjörum og á grunnsævi í Álfafirði á norðanverðu Snæfellsnesi.

Aðferðir

Rannsóknarsvæðið var skilgreint innan strandlínu Álfafjarðar og því dregin mörk utarlega í firðinum, frá Stekkjarnesi og Mjóatanga í vestri að Saltnesskeri og Geirröðareyri í austri. Innan rannsóknarsvæðisins voru sýnatökustöðvar settar með 200 metra millibili í reglulegu punktaneti sem skilaði 209 sýnatökustöðvum (1. mynd). Þar sem dýpi sýnatökustöðva var óþekkt var sýnatökunni skipt í tvennt: Á grynnsu stöðvar var farið gangandi þegar sjávarföll leyfðu en gúmmibátur með utanborðsmótor notaður til að komast á allar þær stöðvar sem ekki var unnt að ganga á vegna dýpis. Sýnataka fór fram á stórstreymi á tímabilinu 19. ágúst–28. september 2024. Öll sýnataka úr báti fór fram 22. og 24. ágúst en sýnataka frá landi var að mestu leyti gerð 19.–22. ágúst. Það sem út af stóð var klárað 2. og 28. september.

Fjörusýnataka

Á hverri stöð var vistgerð nærumhverfisins skrásett samkvæmt flokkunarkerfi Náttúrufræðistofnunar (Jón Gunnar Ottósson o.fl. 2016, Náttúrufræðistofnun e.d.-b). Sýnatökuramma (60x60 cm) var síðan kastað niður handahófskennt. Innan rammans var skrásett: 1) Heildarhlutfall gróðurþekju. Gróður var greindur til lægsta þekkta flokkunarstigs og hlutfall hvernar tegundar eða flokks skrásett. Meðallengd marhálmsplantna var gróflega metin. 2) Þekja kræklinga og 3) Fjöldi sandmaðkshrauka (þegar aðstæður leyfðu).

Bátasýnataka

Á hverri stöð var neðansjávaramma (60x60 cm) með áfastri GoPro 10® myndavél og ljósi sigið niður á botn. Myndbönd voru tekin á hverri stöð og var vistgerð greind á sambærilegan hátt og á fjörustöðvunum. Líkt og við fjörustöðvar var gert hlutlægt mat á meðallengd marhálmsplantna og þekju kræklinga.

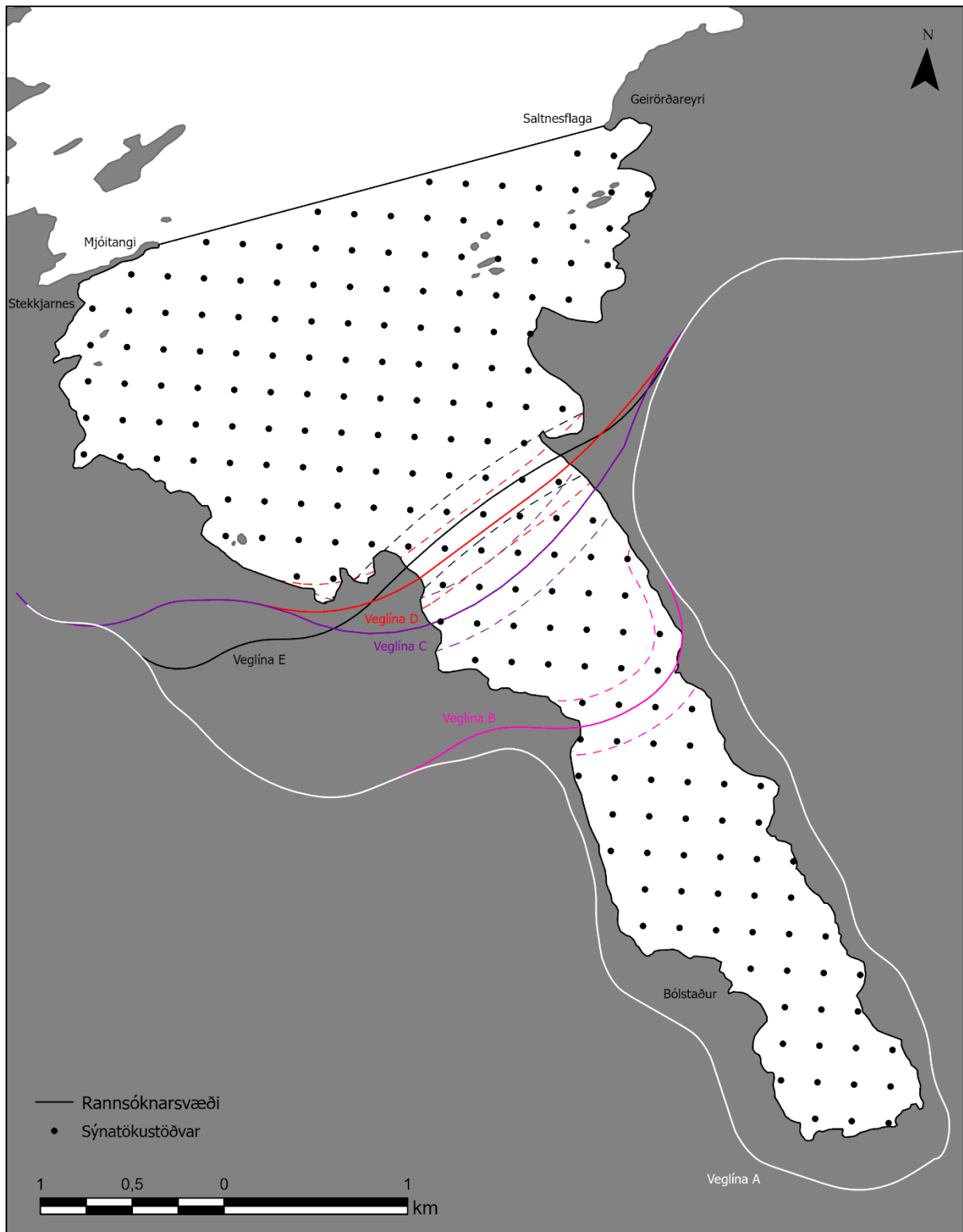
Greining tölulegra gagna

Gögn voru skráð, tekin saman og hreinsuð í Microsoft Excel (Microsoft Corporation 2021). Við gagnahreinsun voru fjórar sýnatökustöðvar fjarlægðar af því að ekki var mögulegt að greina tegundir innan sýnatökurammans vegna takmarkaðs skyggis eða misheppnaðrar neðansjávarmyndatöku. Lýsandi tölfræði var framkvæmd á gögnunum í RStudio (R Core Team 2024) með pakkasafninu *Tidyverse* (Wickham 2019) og pakkanum *vtable* (Huntington-Klein 2024). Til að leggja mat á hlutfallslegan lífmassa marhálms á flatareiningu var reiknuð vísitala sem var samsett úr hlutfallsþekju marhálms og meðallengd marhálmsplantna. Útkoman gaf niðurstöðu á bilinu 0 til 1, þar sem 0 táknaði minnsta lífmassa svæðisins en 1 mesta lífmassa svæðisins. Vísitalan var reiknuð samkvæmt eftirfarandi formúlu:

$$vísitala = \frac{R + \left(\frac{\bar{L}}{L_{\max}}\right)}{2}$$

þar sem R táknar hlutfallsþekju marhálms á sýnatökustöð, $\bar{L}$ táknar meðallengd marhálms á sýnatökustöð og $L_{\max}$ táknar mestu mældu lengd marhálms á öllu rannsóknarsvæðinu.

ArcGIS Pro (ESRI 2025) var notað til kortagerðar og rúmfræðilegrar tölfræði. Gögn um strandlengju og örnefni voru sótt hjá Náttúrufræðistofnun (Náttúrufræðistofnun 2020). Vegagerðin útvegaði þekjur sem sýndu mögulegar framtíðarvegglínur um Álfafjörð. Öllum gögnum var varpað í ISN2016/Lambert 2016. Upplausn allra rastaþekja var 18,96 x 18,96 m.



1. mynd. Rannsóknarsvæðið í Álfafirði ásamt 209 sýnatökustöðvum og mögulegum veglínunum sem sýndar eru með 150 m jaðarsvæðum við mögulegar þveranir.

Svæðisgreining og rúmfræðileg tölfræði

Vistgerðir

Skráð vistgerð á rannsóknastöðvunum var notuð til að útbúa vistgerð afláka yfir rannsóknarsvæðið sem sýndir eru með Voronoi marghyrningum (e. *Voronoi polygons*). Kriging brúunarlíkan með þröskuldi (e. *Indicator kriging*) var síðan notað til að spá fyrir um dreifingu helstu vistgerða. Þar sem vistgerðaflokkunin var ekki töluleg, voru vistgerðirnar flokkaðar eftir tvíundarkerfi: 1 fyrir "Til staðar" og 0 fyrir "Ekki til staðar." Kriging brúunarlíkanið var keyrt með 0,5 sem þröskuld, þannig að gildi yfir 0,5 táknaði að vistgerðin væri "Til staðar", en gildi undir 0,5 táknaði að vistgerðin væri "Ekki til staðar". Þessi líkön voru síðan notuð til þess að áætla flatarmál vistgerðanna með því að margfalda fjölda þeirra reita í rastaþekjunni sem höfðu gildi yfir 0,5 með flatarmáli reita (359,5 m²).

Gróður og kræklingur

Til þess að öðlast skýrari mynd af dreifingu heildarþekju gróðurs, marhálms, vísitölu marhálms og kræklinga var gerð nánari svæðisgreining á þessum breytum. Í því fólst að meta rýmisfylgni (e. *spatial autocorrelation*), bera kennsl á „heit“ og „köld“ svæði og að gera brúunarlíkan fyrir dreifingu á rannsóknarsvæðinu. Til þessa voru eftirfarandi aðferðir notaðar:

- Moran's I rýmisfylgnigreining: Moran's I próf var notað til að meta rýmisfylgni, þ.e. hvernig þekja tiltekinnar breytu dreifðist í rúmi. Jákvæð rýmisfylgni táknar að nálægar sýnatökustöðvar séu líklegri til að vera líkar að gerð m.t.t. tiltekinnar breytu en ef rýmisfylgnin er neikvæð eru þær líklegri til að vera ólíkar. Prófið var útfært með K-nálægustu nágrönnum, þar sem átta nálægustu sýnatökustöðvar voru notaðar til að ákvarða rýmisfylgnina.
- Getis-Ord Gi heitsvæðagreining: Heitsvæðagreining segir til um hvort þekja á sýnatökustöð sé hærri eða lægri en búast má við út frá meðaltali nágrennisins og dregur þannig fram svæði þar sem þekja er marktækt mikil (heit svæði) eða lítil (köld svæði). Greiningin var framkvæmd með 300 m radíus og niðurstöður gefnar með 90%, 95% og 99% öryggi.
- Empirical Bayesian Kriging brúunarlíkan: Til að áætla dreifingu á heildarþekju gróðurs, þekju marhálms, vísitölu marhálms og kræklingaþekju yfir rannsóknarsvæðið var notast við Empirical Bayesian Kriging (EBK). Líkanið var stillt með eftirfarandi breytum:
 - Semi-variogram líkan: Power
 - Hlutmengi (e. *subset size*): 100
 - Skörunarstuðull (e. *overlap factor*): 1
 - Fjöldi hermana (e. *number of simulations*): 100
 - Hámarksfjöldi nágranna (e. *max neighbours*): 10
 - Lágmarksfjöldi nágranna (e. *min neighbours*): 6

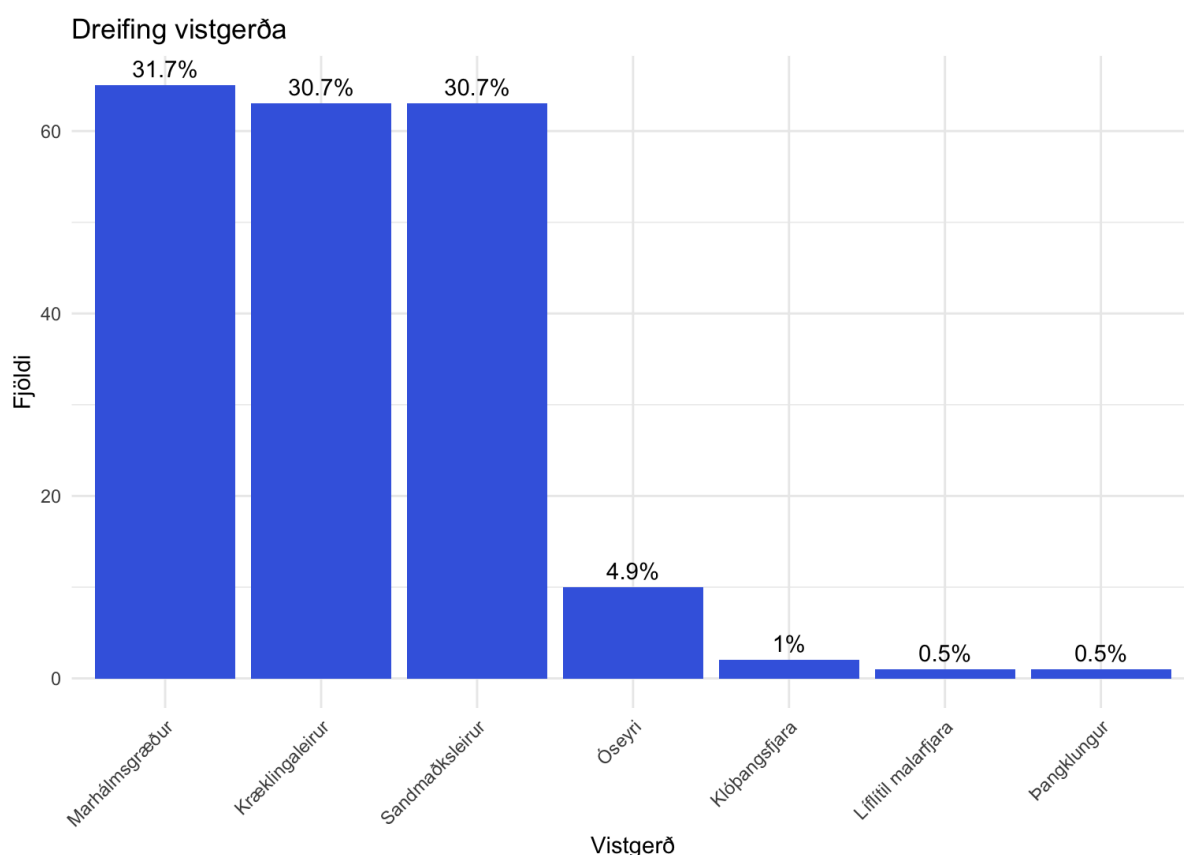
Niðurstöður EBK líkansins voru síðan greindar með samanburðarmælingu (e. *cross-validation*) til mats á nákvæmni og áreiðanleika spálíkansins (Viðauki: Tafla V2).

Niðurstöður

Af 209 sýnatökustöðvum var gengið á 119 á fjöru og siglt á 90 stöðvar með gúmmíbát. Á fjórum stöðvum var ekki hægt að framkvæma greiningu og voru því 205 stöðvar notaðar til úrvinnslu.

Vistgerðir

Unnt var að greina vistgerðir á 205 stöðvum og skiptust þær í sjö flokka. Marhálmsgræður, kræklingaleirur og sandmaðksleirur reyndust algengustu vistgerðirnar (n=65, n=63, n=63) eða samtals um 93% af stöðvum. Óseyrar, klóþangsfjörur, líflitlar malarfjörur og þangklungur voru einnig greindar á rannsóknarsvæðinu en voru sjaldgæfar (n=10, n=2, n=1, n=1) (2. mynd).



2. mynd. Vistgerðir á sýnastöðvum rannsóknarsvæðisins í Álfafirði. Hlutfall hvernar vistgerðar er sýnt ofan súlna.

Niðurstöður Kriging brúunarlíkans (e. indicator kriging) voru notaðar til að áætla heildarflatarmál vistgerða. Marhálmsgræður voru 2,65 km², kræklingaleirur voru 2,12 km² og sandmaðksleirur voru 2,07 km².

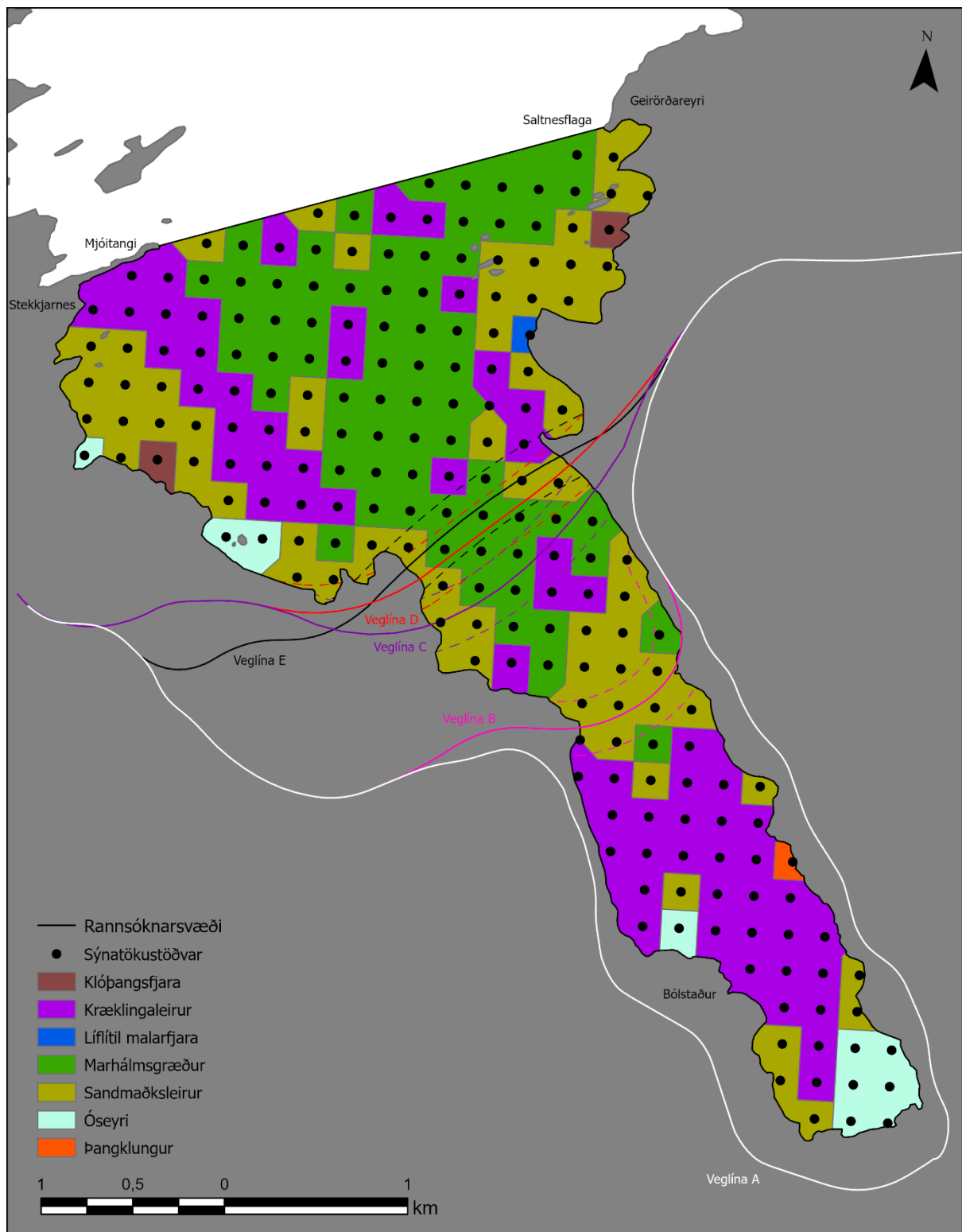
Marhálmsgræður fundust helst austan og norðan við Naustanes þar sem fjarðarmynnið víkkar í utanverðum firðinum. Kræklingaleirur dreifðust nokkuð um fjörðinn en voru þó umfangsmestar í sunnanverðum firðinum, þar sem þekja kræklinga var á köflum mjög mikil, sem og á norðvestanverðum firðinum neðan Svelgsár. Sandmaðksleirur voru dreifðari en þó mjög algengar

austan Krákuness og á sumum svæðum vestast og austast á norðanverðu rannsóknasvæðinu (4. mynd).

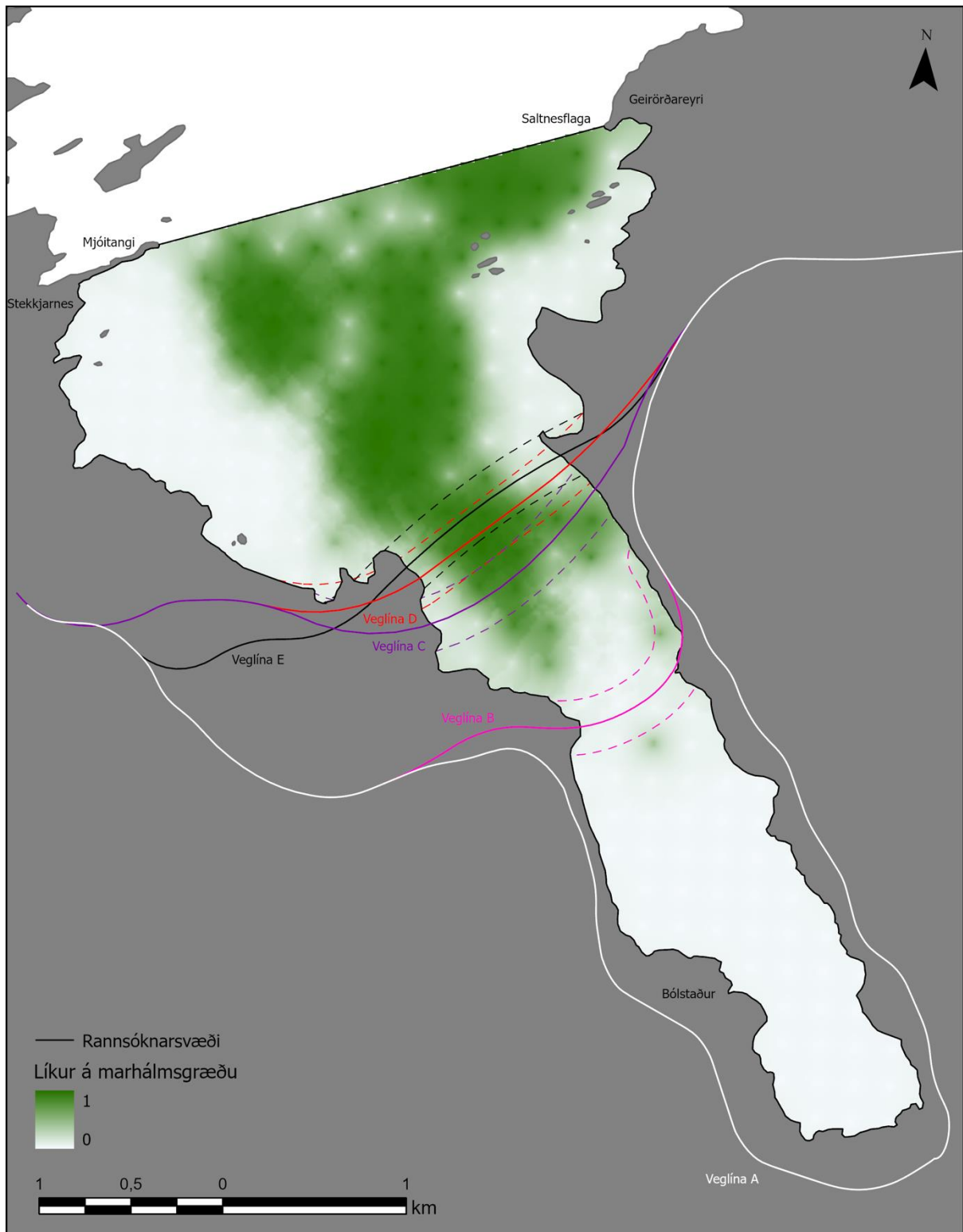
Þegar dreifing vistgerðanna er skoðuð sést að sandmaðksleirur og marhálmsgræður liggja í mestri nálægð við mögulegar framtíðarvegglínur yfir fjörðinn. Þannig liggur veglína B yfir sandmaðksleiru en veglínur C, D og E yfir marhálmsgræðum og sandmaðksleirum (4.-7. mynd).



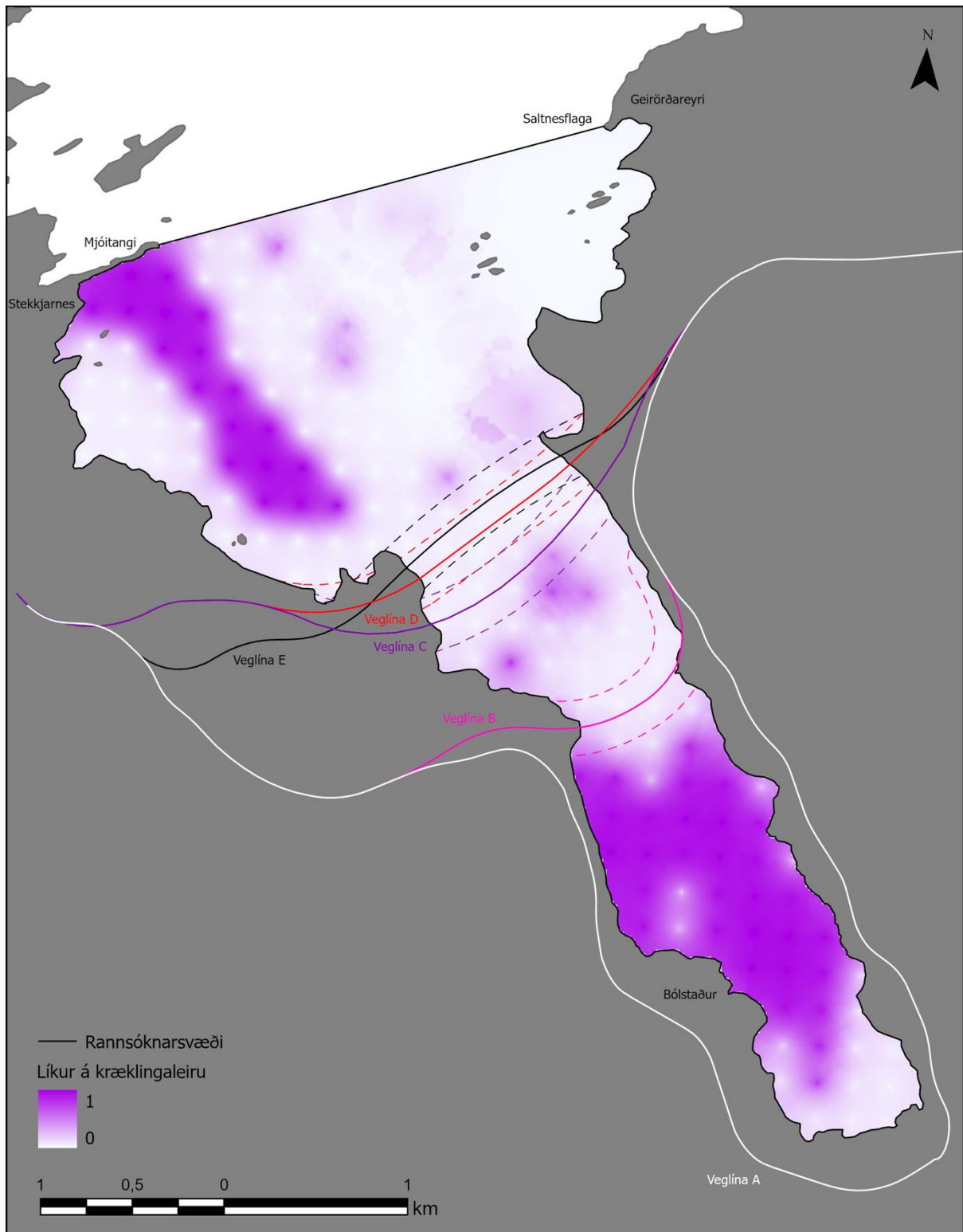
3. mynd. Narfeyrarhlíð og Álfafjörður á fyrri hluta aðfalls, 20. maí 2025 (ljósm. Róbert A. Stefánsson).



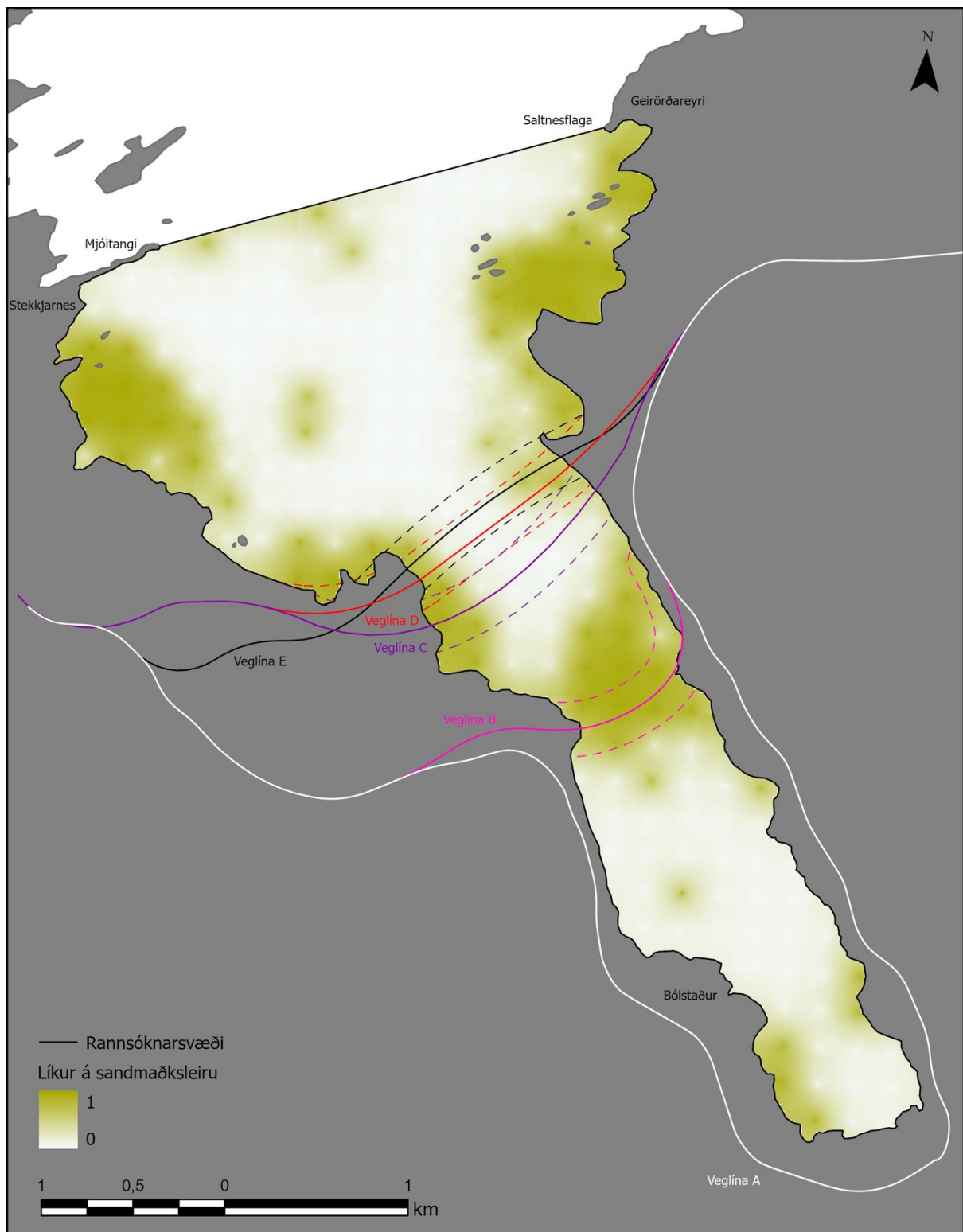
4. mynd. Vistgerðir í fjörum og á grunnsævi Álftafjarðar, hér sýndar með Voronoi marghyrningum. Veglínur eru sýndar og 150 m jaðarsvæði þeirra táknud með brotalínunum.



5. mynd. Líkan af dreifingu marhálmsgræða innan skilgreinds rannsóknarsvæðis í Álftafirði. Líkanið gaf hlutfallslíkur á viðveru vistgerðar frá 0-1. Veglínur eru sýndar og 150 m jaðarsvæði þeirra táknuð með brotalínunum.



6. mynd. Líkan af dreifingu kræklingaleira innan skilgreinds rannsóknarsvæðis í Álftafirði. Líkanið gaf hlutfallslíkur á viðveru vistgerðar frá 0-1. Veglínur eru sýndar og 150 m jaðarsvæði þeirra táknun með brotalínunum.

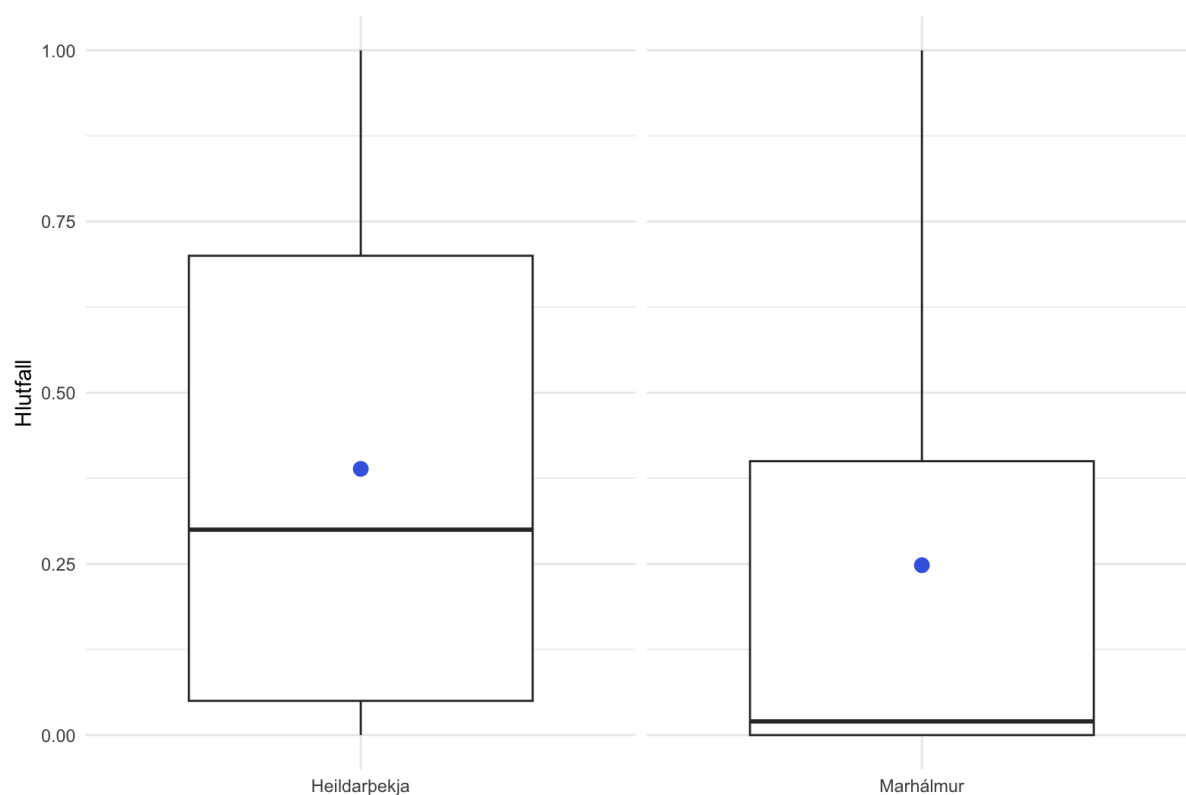


7. mynd. Líkan af dreifingu sandmaðksleira innan skilgreinds rannsóknarsvæðis í Álftafirði. Líkanið gaf hlutfallslíkur á viðveru vistgerðar frá 0-1. Veglínur eru sýndar og 150 m jaðarsvæði þeirra táknud með brotalínunum.

Gróður

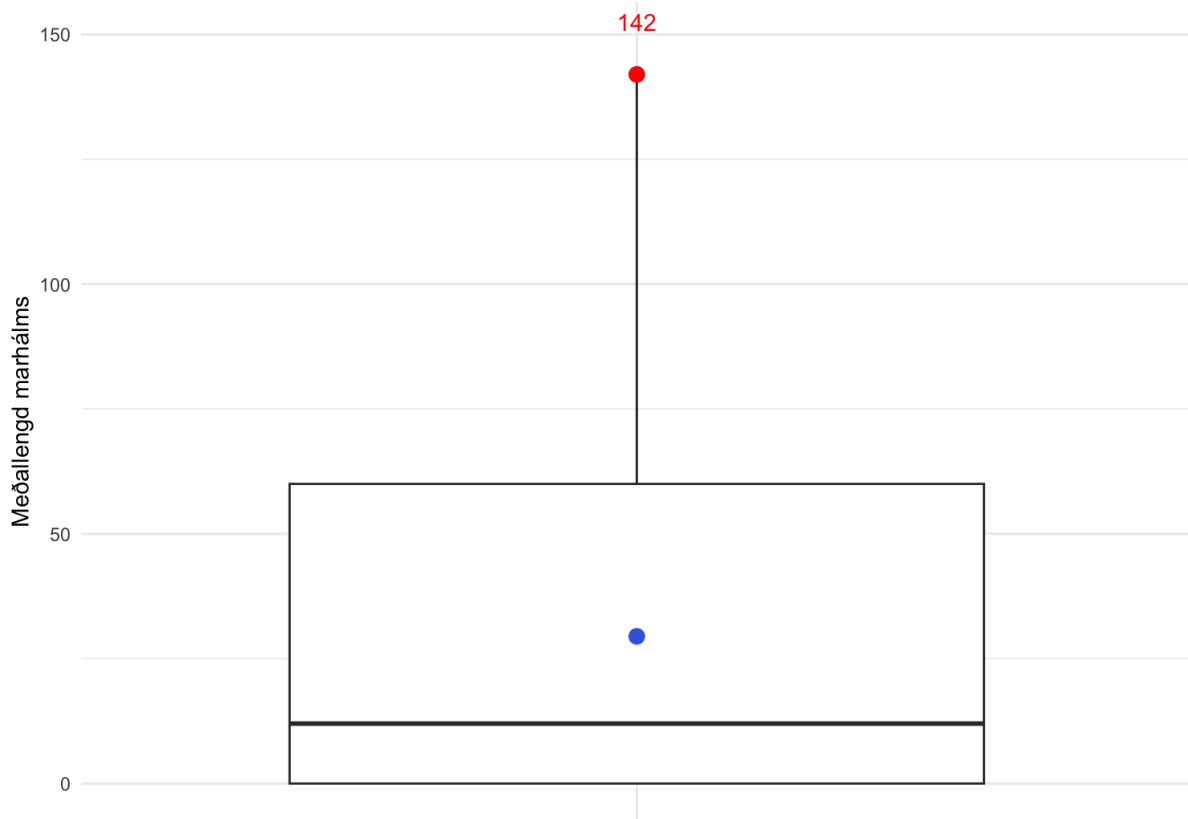
Alls voru greindar 15 tegundir sjávargróðurs á rannsóknarsvæðinu en ljóst er að heildarfjöldi þeirra á svæðinu er þó meiri í raun, því rannsóknin var ekki hönnuð til að nema tegundafjölbreytni sjávargróðurs.

Hlutfall heildarþekju gróðurs reyndist að meðaltali $0,390 \pm 0,360$ (meðaltal $\pm$ staðalfrávik). Þar af var þekja marhálms (*Zostera angustifolia*) mest ($0,250 \pm 0,340$) (8. mynd). Því næst var brúnslý (*Ectocarpus siliculosus*) ($0,059 \pm 0,130$), klóþang (*Ascophyllum nodosum*) ($0,017 \pm 0,110$), skúfaþang (*Fucus disticus*) ($0,015 \pm 0,052$) og bólupang (*Fucus vesiculosus*) ($0,014 \pm 0,047$). Aðrar tegundir og hópar reyndust í lægri hlutföllum innan rannsóknarsvæðisins (Viðauki: Tafla V1).



8. mynd. Dreifing hlutfalls heildarþekju gróðurs og marhálms yfir 205 sýnatökustöðvar á rannsóknarsvæðinu í Álfafirði. Meðaltal er gefið til kynna með bláum punkti en miðgildi er lárétt, þykk lína.

Meðallengd marhálmsplantna var 29 ± 35 cm og mesta lengd 142 cm (9. mynd).



9. mynd. Meðallengd marhálmsplantna á sýnatökustöðvum í Álftafirði. Meðaltal er gefið til kynna með bláum punkti og hæsta gildi með rauðum en miðgildi er lárétt, þykk lína.

Ef frá er talið klóþang og bólupang var rýmisfylgni marktæk hjá öllum hópum sem þýðir að dreifing þeirra var ekki handahófskennd heldur voru staðbundin tengsl milli nærliggjandi sýnatökustöðva (1. tafla).

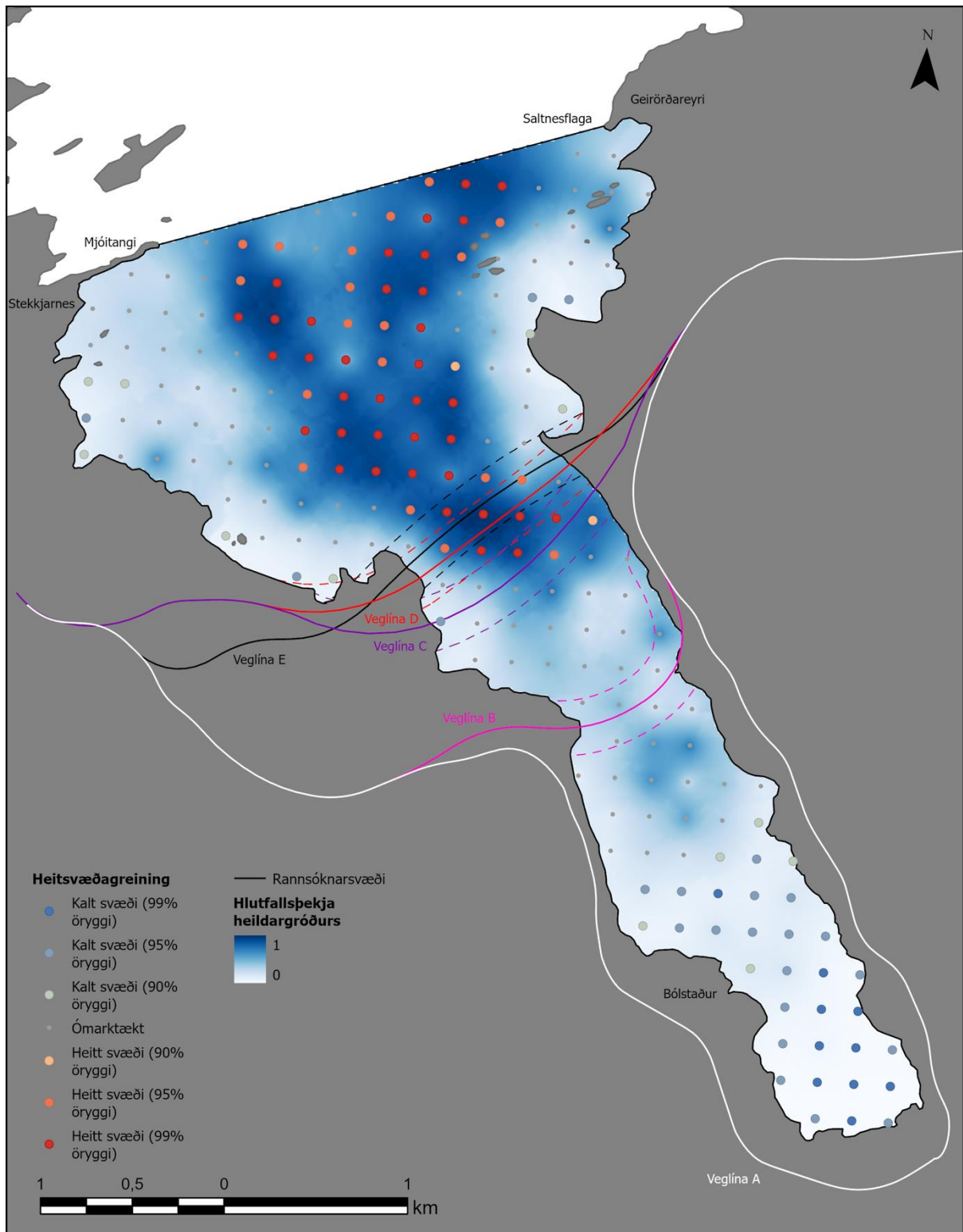
1. tafla. Rýmisfylgni þekju heildarþekju gróðurs, helstu gróðurtegunda og kræklinga á rannsóknarsvæðinu í Álftafirði. Þegar p -gildi er minna en 0,05 merkir það að rýmisfylgnin var marktæk og að umrædd breyta sýndi staðbundin tengsl við nærliggjandi sýnatökustöðvar.

Tegund	Moran's I	z-gildi	p-gildi	Marktækni
Heildarþekja	0,450	13,700	0,000	Marktækt ($p < 0,01$)
Marhálmur	0,531	16,251	0,000	Marktækt ($p < 0,01$)
Brúnsly	0,196	6,370	0,000	Marktækt ($p < 0,01$)
Klóþang	0,021	0,190	0,358	Ómarktækt ($p > 0,05$)
Skúfaþang	0,107	3,803	0,001	Marktækt ($p < 0,01$)
Bólupang	0,025	0,989	0,323	Ómarktækt ($p > 0,05$)
Kræklingaþekja	0,307	10,003	0,000	Marktækt ($p < 0,01$)

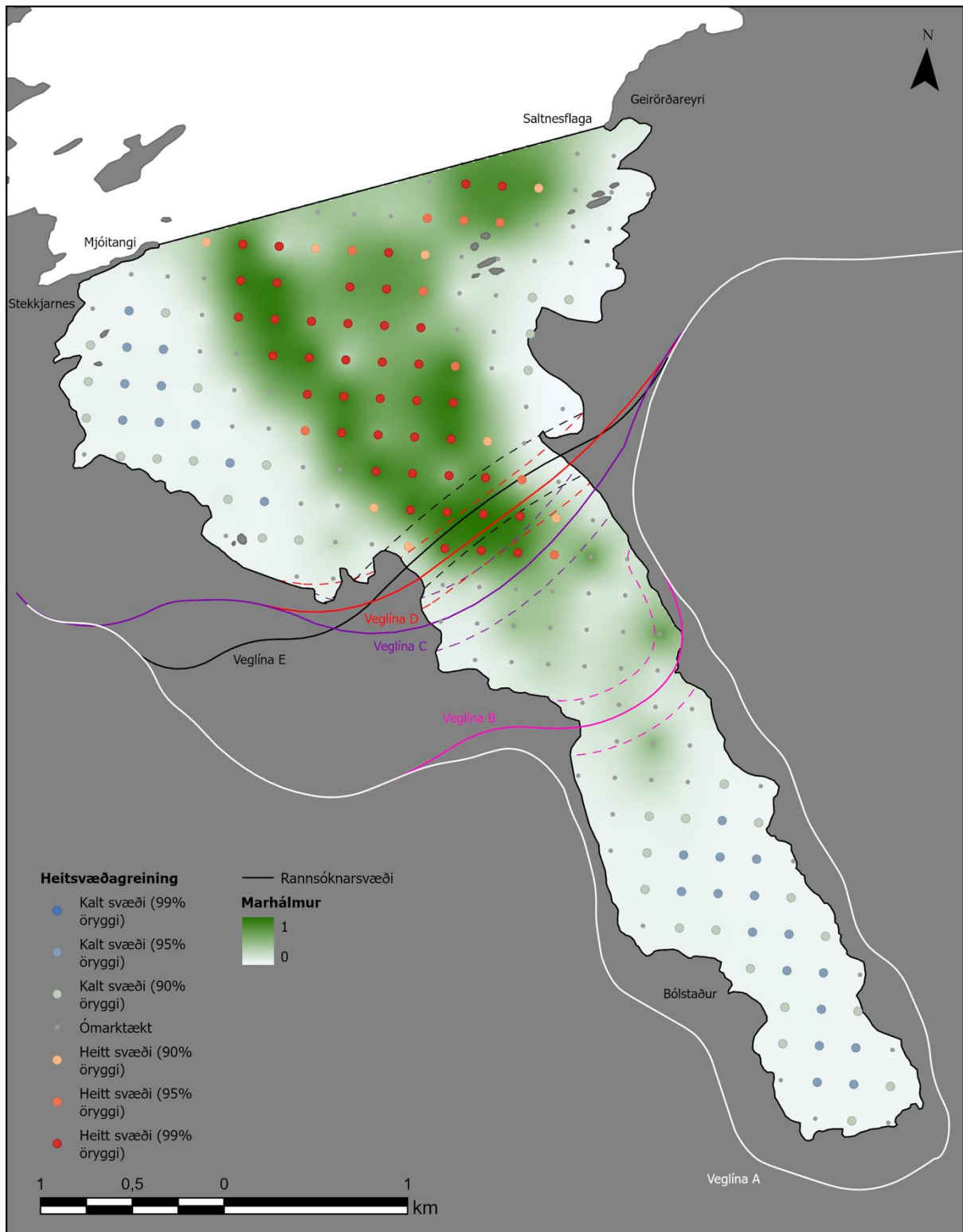


10. mynd. Horft í suðaustur inn eftir Álftafirði. Narfeyrarhlíð til vinstri og Úlfarsfell til hægri. Ljósufjöll í skýjum inn af firðinum.

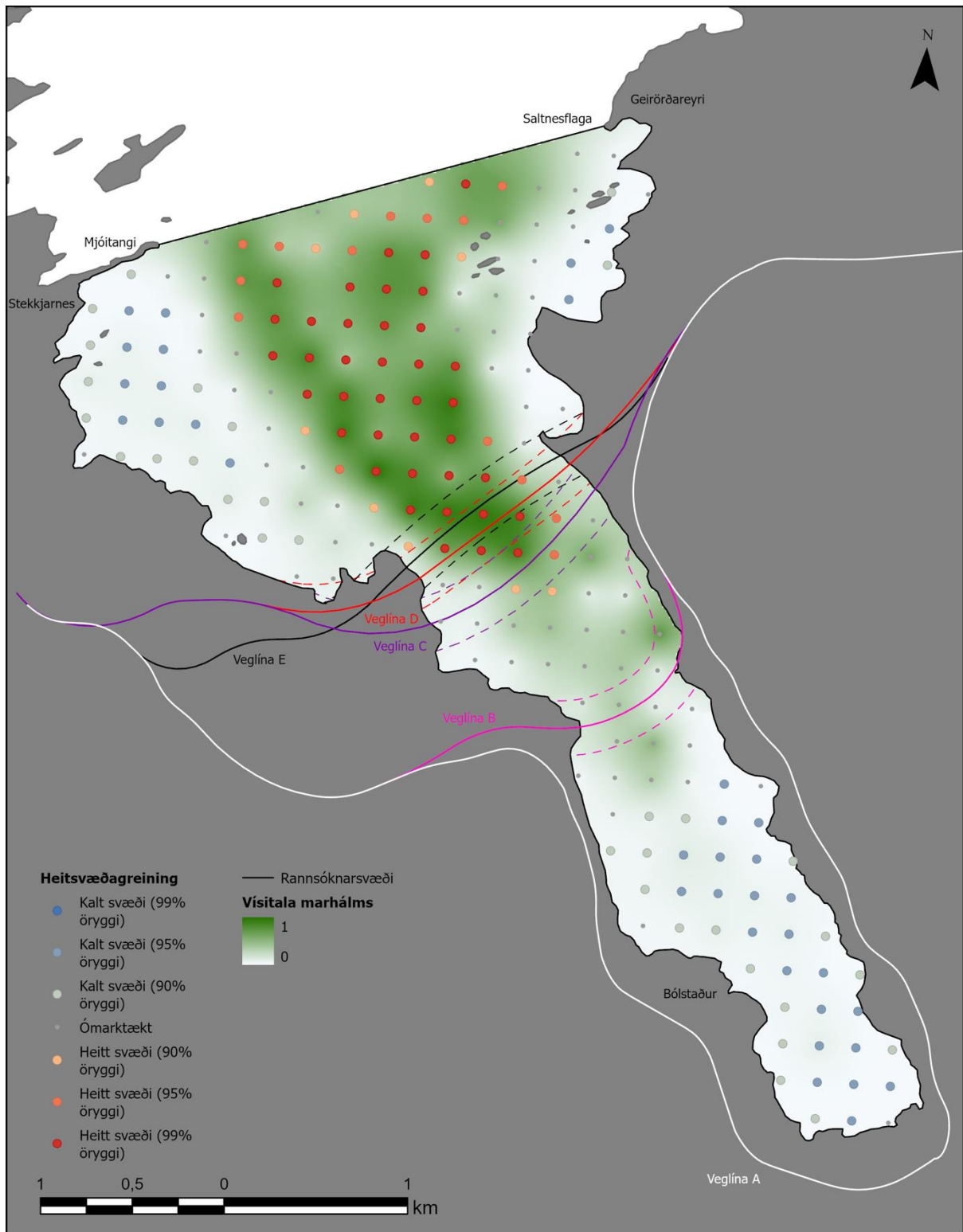
Upplýsandi er að skoða dreifingu heildarþekju gróðurs, marhálms og svo vísitölu marhálms með EBK brúunarlíkani, þar sem heitsvæðagreining var notuð til að bera kennsl á heit og köld svæði fyrir framantaldar breytur (11.-13. mynd). Heildarflatarmál marhálmsplantna á rannsóknarsvæðinu var áætlað með því að margfalda gildi innan EBK líkansins með flatarmáli hvers reits og reyndist það vera 0,19 km². Eðlilegt er að flatarmál plantnanna sjálfra sé áætlað talsvert minna en heildarflatarmál vistgerðarinnar, því þekja þeirra náði ekki oft 100% á hverri stöð og var 25% að meðaltali.



11. mynd. Heildarþekja gróðurs. Svæði með þéttasta heildargróðrinum eru hér sýnd með dökkbláum lit og stórum rauðum punktum en strjálustu heildarþekjuna með hvítum lit og stórum bláum punktum. Myndin var gerð með EBK brúunarlíkani og heitsvæðagreiningu fyrir heildarþekju gróðurs á rannsóknarsvæðinu í Áltfafirði. Veglínur eru sýndar og 150 m jaðarsvæði þeirra táknud með brotalínum.



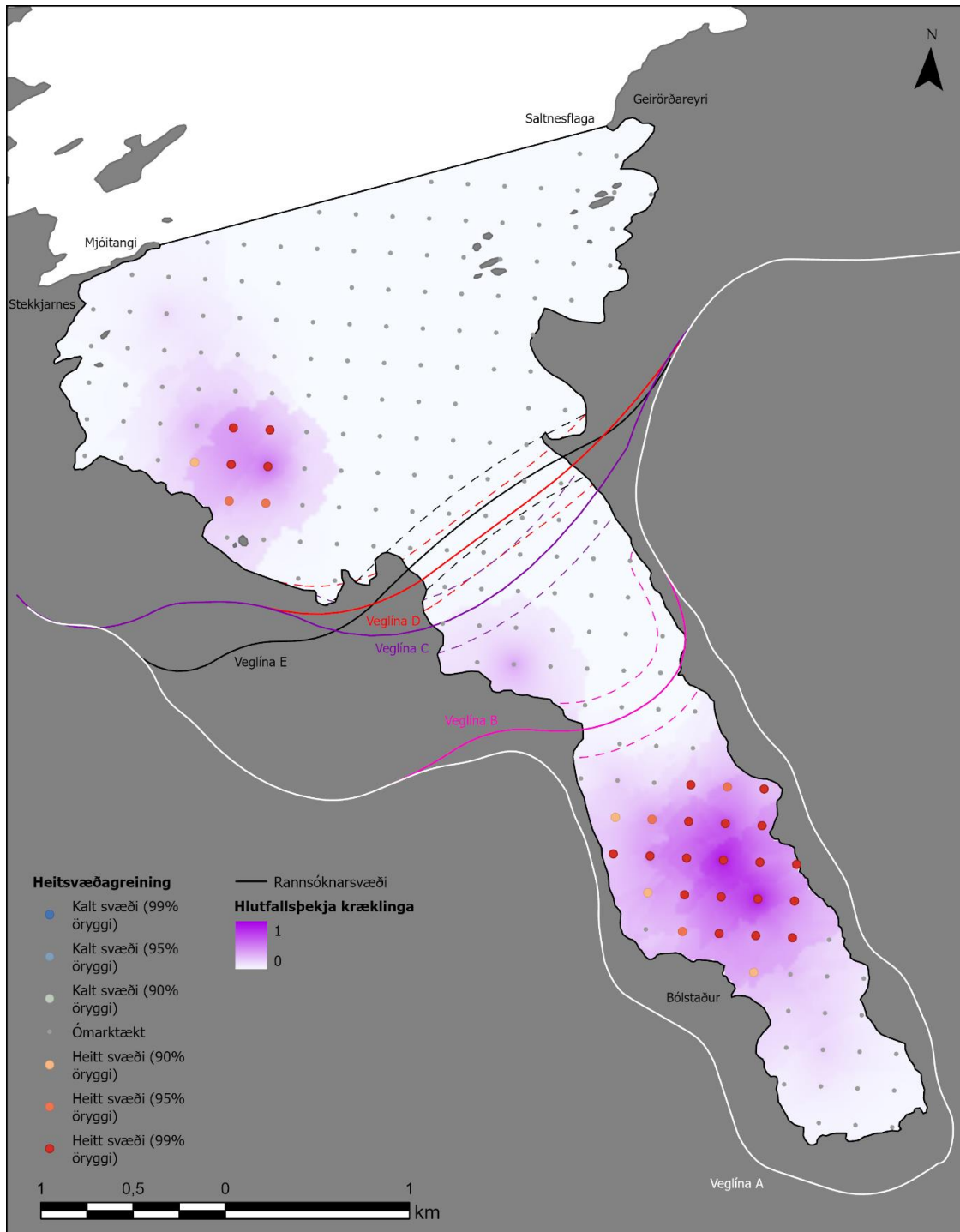
12. mynd. Þekja marhálms. Svæði með þéttustu þekjuna eru hér sýnd með dökkgrænum lit og stórum rauðum punktum en strjálustu þekjuna með hvítum lit og stórum bláum punktum. Myndin var gerð með EBK brúunarlíkani og heitsvæðagreiningu fyrir heildarþekju gróðurs á rannsóknarsvæðinu í Álfafirði. Veglínur eru sýndar og 150 m jaðarsvæði þeirra táknud með brotalínum.



13. mynd. Vísitala marhálms. Svæði með hæsta hlutfallslega lífmassa marhálms eru hér sýnd með dökkgrænum lit og stórum rauðum punktum en lægsta hlutfallslega lífmassa marhálms með hvítum lit og stórum bláum punktum. Myndin var gerð með EBK brúunarlíkani og heitsvæðagreiningu fyrir hlutfallslegan lífmassa marhálms á rannsóknarsvæðinu í Álfafirði. Veglínur eru sýndar og 150 m jaðarsvæði þeirra táknuð með brotalínum.

Kræklingaþekja

Líkan af þekju kræklinga (14. mynd) sýndi svipað mynstur og vistgerðakortið af kræklingaleiru á 4. og 6. mynd en sýnir þó betur mismikla þekju kræklinga innan vistgerðarinnar.



14. mynd. Þekja kræklinga. Svæði með þéttustu þekjuna eru hér sýnd með dökkfjólubláum lit og stórum rauðum punktum en strjálustu þekjuna með hvítum lit og stórum bláum punktum. Myndin var gerð með EBK brúunarlíkani og heitsvæðagreiningu fyrir þekju kræklinga á rannsóknarsvæðinu í Álftafirði. Veglínur eru sýndar og 150m mörk þeirra táknuð með brotalínum.

Umræða

Fjölbreytileg búsvæði sem eru lítið eða ekkert spilt af athöfnum manna eru undirstaða líffræðilegrar fjölbreytni. Þeirra á meðal eru vistkerfi strandsvæða sem gegna fjölbættu og mikilvægu hlutverki fyrir lífríki sjávar og stranda en að þeim stafar nú ógn úr ólíkum áttum vegna athafna manna, þar á meðal vegna eyðingar búsvæða, loftslagsbreytinga og framandi og ágengra tegunda (IPBES 2019, IPBES 2024). Ein af nýuppgötvuðum framandi tegundum á Íslandi er snigillinn svartserkur (*Melanochlamys diomedea*), en höfundar þessarar skýrslu sáu eggjasekki hans í miklum þéttleika við vettvangsrannsóknir í Álfafirði sumarið 2024. Snigillinn er afræningi á burstaormum en ekki er vitað hvaða áhrif þessi tegund mun hafa á lífríki strandsvæða við Ísland (de Montety o.fl. 2024, Svanhildur Egilsdóttir o.fl. 2025).

Strandsvæði, sérstaklega innfjarða, hafa verið fremur lítið rannsökuð við Íslandsstrendur og enn fremur þegar lítið er til heildstæðra rannsókna sem taka til þeirra fjölbreyttu vistkerfa og lífríkis sem þar er að finna (Róbert A. Stefánsson o.fl. 2008, Björn Gunnarsson og Höskuldur Björnsson 2017, Björn Gunnarsson og Höskuldur Björnsson 2018). Slíkar rannsóknir eru þó sérlega mikilvægar svo hægt sé að skapa góðan þekkingargrunn sem hægt er að byggja ofan á með frekari vöktun á strandsvæðum. Þetta skiptir miklu máli í samhengi við framkvæmdir í nálægð við strandsvæði og möguleg áhrif þeirra til langtíma.

Þessi rannsókn er hluti af stærra verkefni sem mögulega er það fyrsta sinnar tegundar hérlandis og snýr að heildstæðri kortlagningu strandsvæðavistkerfis, í þessu tilfelli fjarðar. Beitt er vistkerfisnálgun, þar sem reynt er að afla upplýsinga sem auka skilning á samhengi ólíkra hluta vistkerfisins og eru niðurstöður þessarar skýrslu um dreifingu og eðli vistgerða á svæðinu mikilvægur grunnur að þeirri heildarmynd. Ofan á þennan grunn má svo leggja upplýsingar um fjölda, þéttleika og dreifingu fugla, fiska og botndýra, svo eitthvað sé nefnt, sem gefur möguleika á að skilja betur samhengið í vistkerfinu og er grundvöllur að betra mati á mögulegri röskun svæðisins með framkvæmdum.

Niðurstöðurnar sýna að Álfafjörður samanstendur nær eingöngu af vistgerðum sem talið er að hafi hátt eða mjög hátt verndargildi, þ.e. marhálmsgræður, kræklingaleirur og sandmaðksleirur. Í endurskoðun á verndargildi íslenskra vistgerða voru marhálmsgræður og kræklingaleirur á meðal þeirra þriggja fjöruvistgerða sem höfðu hæst verndargildi á meðan sandmaðksleirur voru í 9. sæti af 23 fjöruvistgerðum. Allar þrjár vistgerðirnar voru taldar þurfa forgang í vernd (Olga Kolbrún Vilmundardóttir o.fl. 2019).

Vistfræðilegt mikilvægi og verndargildi

Marhálmsgræður (15. mynd) í fjörum og á grunnsævi einkennast af útbreiðslu tegundarinnar marhálms. Á 20. öld herjaði sjúkdómur á marhálmsgræður við N-Atlantshaf en hann hefur að nokkru leyti jafnað sig að nýju. Engu að síður hafa marhálmsgræður mjög takmarkaða útbreiðslu við Ísland (Náttúrufræðistofnun e.d.-b).

Samkvæmt Bernarsamningnum eru marhálmsgræður búsvæði sem talið er að þarfnist sérstakrar verndar á grundvelli þess að þær gegna hlutverki sem fæða fyrir fuglategundir, eru mikilvægir frumframleiðendur og mynda búsvæði fyrir sjávarlífverur. Sterkar vísbendingar eru um að þær gegni hlutverki í uppvexti nytjastofna sjávar (Seitz o.fl. 2014, McDevitt-Irwin o.fl. 2016, Unsworth o.fl. 2022) en það þarfnast frekari rannsókna hérlandis. Þá vantar gögn til að meta stöðu og útbreiðslu marhálmsgræða við Íslandsstrendur á fullnægjandi hátt (Olga Kolbrún Vilmundardóttir

o.fl. 2019). Á undanförunum árum hafa sægrös, þar á meðal marhálmur, hlotið aukna athygli í ljósi þess að slíkar vistgerðir geyma og binda mikið magn kolefnis og eru ásamt leiruviðarskógum og saltsléttum þau vistkerfi í sjó sem binda allra mest kolefni (Macreadie o.fl. 2021).



15. mynd. Víðáttumiklar, samfelldar marhálmsgræður neðansjávar um 800 m norðan við Naustanes. Tveir hvítir punktar efst vinstra megin við miðja mynd eru álftir á sundi. Mynd tekin með dróna 30. september 2024 (Róbert A. Stefánsson).

Í þessari rannsókn var flatarmál vistgerðarinnar marhálmsgræða í Álftafirði metið sem 2,65 km² innan markalínu rannsóknarsvæðisins, sem jafngildir um 26% af áætluðu heildarflatarmáli þeirra á landsvísu (10,2 km²) (Olga Kolbrún Vilmundardóttir o.fl. 2019). Þá er ljóst að marhálmur svæðisins var víða nokkuð hávaxinn, eða allt að 142 cm sem er öllu hærra en almennt er og hefur verið lýst hérlandis (Evans 1997, Tyler-Walters 2008, Hafdís Sturlaugsdóttir 2016, Hulda Birna Albertsdóttir 2025). Hlutfallsþekja marhálms sýndi sterka rýmisfylgni líkt og niðurstöður úr Moran's I prófi, EBK líkani og heitsvæðagreiningu gáfu til kynna. Þetta bendir til þess að marhálmur fjarðarins vaxi aðallega í samfelldum og þéttum græðum (sbr. 15. mynd) frekar en á víð og dreif. Þéttar marhálmsgræður gefa þannig til kynna að þar séu kjöraðstæður fyrir vöxt marhálms, t.d. vegna setgerðar og straumskilyrða (Koch 2001). Ekki er ólíklegt að beit álftar (*Cygnus cygnus*) og margæsar (*Branta bernicla*), sem nýta svæðið í stórum stíl, takmarki útbreiðslu og vöxt marhálms á sumum svæðum, einkum þó á minna dýpi þar sem fuglarnir ná að teygja sig niður í plönturnar. Útbreiðslumynstur marhálmsins styrkir þessa ályktun, þótt ekki liggi fyrir dýptarkort af svæðinu þegar þetta er ritað.

Kræklingaleirur einkennast af þekju kræklinga (*Mytilus edulis*) sem vex í klösum og myndar m.a. búsvæði fyrir þörunga. Í víðari skilningi gegna kræklingaleirur lykilhlutverki sem búsvæði fyrir botndýr, sem fæðuöflunarsvæði fyrir vaðfugla og flatfiska og við næringefna- og kolefnishringrás strandsvæða. Á rannsóknarsvæðinu var þéttleiki kræklinga ójafn, allt frá því að vera mjög lágur upp í að mynda samfellda mottu innarlega í Álftafirði (16. mynd). Við mátum flatarmál

kræklingaleira í firðinum sem 2,12 km², eða um 21% af áætluðu flatarmáli kræklingaleira landsins (10 km²) (Olga Kolbrún Vilmundardóttir o.fl. 2019). Kræklingapekja sýndi einnig marktæka rýmisfylgni og þar með tilhneigingu til að vera hnappdreifð fremur en jafndreifð.



16. mynd. Þéttleiki kræklinga var mestur í miðjum innanverðum Álfafirði. Myndin, sem tekin var 19. ágúst 2024, sýnir nær samfellda breiðu kræklinga (Róbert A. Stefánsson).

Sandmaðksleirur hafa mun meiri útbreiðslu við Ísland en hinar tvær meginvistgerðirnar og voru sandmaðksleirurnar á rannsóknasvæðinu (2,07 km²), eða nálægt 1,4% af heildarflatarmáli þeirrar vistgerðar á landsvísu (151,4 km²). Sandmaðksleirur (17. mynd) einkennast af viðveru sandmaðks í fínkornóttum leirum. Þær gegna mikilvægu hlutverki sem búsvæði botndýra og sem fæðuöflunarsvæði fyrir vaðfugla. Þekkt er að ungvíði flatfiska nýti sér sandmaðksleirur til skjóls og fæðu og einkennistegundin sandmaðkur (*Arenicola marina*) gegnir þar mikilvægu hlutverki við hringrás næringarefna (Tyler-Walters 2023).



17. mynd. Sandmaðksleirur voru mest áberandi austan og norðaustan Krákuness og neðan bæjanna Svelgsár og Narfeyrar. Mynd tekin 20. ágúst 2024 neðan Svelgsár sýnir háan þéttleika sandmaðkshrauka á yfirborði leirunnar og nokkra þangi vaxna steina (Róbert A. Stefánsson).

Þrjár algengustu vistgerðirnar í Álfafirði, þ.e. marhálmsgræður, kræklinga- og sandmaðksleirur þekja að samanlögðu um 93% af rannsóknarsvæðinu og hafa allar hátt verndargildi skv. Náttúruminjaskrá (Olga Kolbrún Vilmundardóttir o.fl. 2019). Tvær þeirra, þ.e. marhálmsgræður og kræklingaleirur, hafa mjög hátt verndargildi og þekja samanlagt 63% af rannsóknarsvæðinu. Þá er flatarmál þeirra í Álfafirði jafnframt mjög hátt hlutfall þessara vistgerða á landsvísu. Þótt enn eigi eftir að rannsaka ýmsa þætti lífríkis svæðisins frekar er líklega óhætt að slá því föstu að Álfafjörður hafi mjög hátt heildarverndargildi.

Hér var notast við reglulegt net 209 sýnatökustöðva með 200 metra millibili. Þetta var gert til þess að fá gögn yfir allt rannsóknarsvæðið. Það er þó ljóst að um gróft net er að ræða sem nær ekki yfir raunverulegan fjölbreytileika svæðisins. Það kom á óvart hversu mikið ólíkar vistgerðir blönduðust. Hver sýnatökustöð var flokkuð eftir þeirri vistgerð sem metin var ríkjandi á þeim stað en þó voru dæmi um að ríkjandi vistgerð hafi á sumum svæðum verið í bland við einkenni annarra vistgerða. Sem dæmi gat ríkjandi vistgerð verið sandmaðksleira en þar einnig að finna stein með þangi, dreif af kræklingi og marhálmsplöntum (sjá 17. mynd) – jafnvel allt innan 60 x 60 cm reits. Vegna þessarar miklu fjölbreytni á litlum skala var flokkun sýnatökustöðva í vistgerðir stundum krefjandi. Rannsóknin gefur dýrmætar upplýsingar og stóreykur þekkingu á svæðinu en eftir á að hyggja hefði líklega verið gagnlegt að leggja líka mat á hlutfall hvernar vistgerðar á hverri sýnatökustöð því það hefði endurspeglad betur þennan mikla fjölbreytileika á flatareiningu.

Umhverfisáhrif og mótvægisáðgerðir

Áhrif þverana á lífríki í fjörðum má í meginatriðum flokka í tvennt. Í fyrsta lagi eru bein áhrif á svæði sem verða undir vegfyllingu sem leiðir óhjákvæmilega til taps á þeim búsvæðum sem fyrir voru. Í öðru lagi geta þveranir leitt til óbeinna áhrifa á lífríki vegna breytinga á straumum og sjávarföllum. Slíkar breytingar geta haft áhrif á setflutninga, kornastærð botnsets og vatnsskipti. Minni vatnsskipti geta svo haft áhrif á seltu, næringarefni og að einhverju leyti á hitastig og súrefnisbúskap innan þverunar (Hrafnhildur Tryggvadóttir 2011, VSÓ Ráðgjöf 2012, Gísli Steinn Pétursson o.fl. 2015). Áhrif þverana á lífríki endurspeglast fyrst og fremst í breytingum á þessum þáttum.

Marhálmsgræður, kræklingaleirur og sandmaðksleirur eru allar viðkvæmar fyrir breytingum á straumhraða og setflutningum. Marhálmur þrífst best við fremur lágan straumpunga; aukinn straumur getur rýrt græður eða eytt þeim, á meðan of líttill straumur stuðlar að uppsöfnun sets sem getur kæft sjávargróður, hækkað botninn og aukið líkur á þurrki á fjöru (Tyler-Walters 2008). Í kræklinga- og sandmaðksleirum fjarlægir aukinn straumur fingerðan og oft næringarrikan leir úr efsta setlagi, en skertur straumur leiðir til setuppsöfnunar; hvort tveggja breytir samsetningu setlaga og getur haft áhrif á samfélög botndýra (Tyler-Walters og Marshall 2006, Tyler-Walters 2023).

Lífríki allra þriggja meginvistgerðanna þolir tiltölulega vel sveiflur í seltu og hitastigi. Viðvarandi hitastigsaukning og löng kuldatímabil geta þó haft áhrif á tegundir botndýra í leirum (Tyler-Walters og Marshall 2006). Þar sem næringarefni eru takmörkuð getur vöxtur og dreifing marhálms verið skert en aukið innflæði næringarefna getur þó einnig haft slæm áhrif á marhálms og umbreytt botndýrasamfélögum á leirum. Súrefnisskortur getur haft neikvæð áhrif á botndýr en það fer eftir tegundum og hafa sumar þeirra, líkt og sandmaðkur, nokkuð þol í súrefnissnaðum aðstæðum (Tyler-Walters og Marshall 2006, Tyler-Walters 2008, Tyler-Walters 2023).

Þær veglínur sem hafa verið lagðar til grundvallar fyrir fyrirhugaða þverun yfir Álftafjörð liggja allar í nálægð við eða yfir helstu vistgerðir fjarðarins. Veglínur D og E liggja þannig yfir hluta af þéttustu marhálmsbreiðunum, líkt og vísitala marhálms gefur til kynna, og fara einnig yfir sandmaðksleirur. Veglína B liggur að mestu yfir svæði með sandmaðksleirum en fer nokkuð nærri kræklingaleirum.

Verði Álftafjörður þveraður með vegfyllingu mun það hafa neikvæð áhrif á lífríki a.m.k. hluta fjarðarins. Það á að sjálfsögðu við öll þau búsvæði sem lenda beint undir vegfyllingu eða brúarstöplum. Með slíkum mannvirkjum, þ.e.a.s. ef ekki væri um heilbrú að ræða, er líklegt að straumakerfi fjarðarins myndi breytast. Lirfur, egg og ungvíði fjölmargra nytjastofna rekur með strandstraumum um landið. Algengt virðist að straumur í fjörðum liggi samsíða dýptarlínunum og að innstreymi sé hægra megin fjarðarins þegar horft er inn fjörðinn en útstreymi hinum megin, a.m.k. í stærri fjörðum eins og Eyjafirði og Reyðarfirði (Hafsteinn G. Guðfinnsson o.fl. 2001, Kristinn Guðmundsson o.fl. 2002, Steingrímur Jónsson 2004). Talið er að slíkt hringstreymi í fjörðum geti raskast við þverun, sérstaklega þegar fjörður er þveraður utarlega með fyllingum og einni brú, og þ.a.l. haft áhrif á aðgengi lirfa, eggja og ungvíðis inn í firði (Björn Gunnarsson og Höskuldur Björnsson 2017, Hafrannsóknastofnun 2024). Ekki er þó öruggt að þetta eigi við í öllum fjörðum og verður ekki staðfest nema með beinum mælingum á staðbundnum straumakerfum og áhrifum þverana á þau. Erfitt er að spá nákvæmlega fyrir um áhrif þverunar á vistgerðirnar og lífverur þeirra, en þó ljóst að breytingar á straumum, setflutningum og setlögum geta haft neikvæð áhrif á marhálmsgræður, kræklingaleirur og sandmaðksleirur. Þessi áhrif geta komið fram bæði innan og utan þverunar fjarða, sbr. Gilsfjörð þar sem þverun olli miklum breytingum á lífríki innan brúar,

en utan brúar urðu líka breytingar, þar á meðal á setflutningi og lífríki botns (Agnar Ingólfsson 2005).

Vegur sem myndi fylgja núverandi vegstæði á landi er mjög ólíklegur til að raska verndargildi fjara og grunnsævis í Álfafirði og myndi þannig tryggja vernd þess svæðis. Ef fjörðurinn yrði þveraður myndi heilbrú yfir allan fjörðinn vera langskásti kosturinn fyrir lífríkið og myndi e.t.v. veita meira svigrúm við val á veglínu. Slík heilbrú gæti þó ekki verið með stögum vegna áflugshættu andfugla (álft, margæs, æður) og hafarna, sem eru mjög algengar tegundir á svæðinu og sérlega viðkvæmar fyrir áflugi (Menja von Schmalensee og Kristinn H. Skarphéðinsson 2021). Ef til þverunar kemur er brýnt að fyrirbyggja rask á flæði sjávar og setflutninga um allan fjörðinn, t.d. með einni langri brú, og sömuleiðis að rask hafi áhrif á sem minnst yfirborðsflatarmál fjarðarins, t.d. með vali á syðstu veglínu.

Rannsóknir og vöktun

Mikilvægt er að tryggja að lífríki fjarðarins verði betur rannsakað fyrir þverun, ef til hennar kemur, s.s. hvað varðar viðveru, þéttleika og dreifingu fiskungviðis eftir vistgerðum og gróðri ásamt fjölda og dreifingu fugla, sem og tegundasamsetningu og þéttleika botndýra í setinu. Þá er mikilvægt að lífríkið verði vaktað eftir framkvæmdir m.t.t. mikilvægra vistgerða, fuglalífs, botndýra og fiskasamfélaga. Þessi rannsókn skapar góðan grundvöll fyrir frekari rannsóknir, bæði fyrir og eftir fyrirhugaðar framkvæmdir.

Vert er að taka tillit til þess við mat valkosta að rannsóknakostnaður yrði hærri með þverun, þar sem það myndi krefjast ítarlegri vöktunar á lífríki fjarðarins til framtíðar, auk þess að mögulega þyrfti að bregðast við með viðbótarframkvæmdum ef vöktun leiðir í ljós neikvæð áhrif á lífríki.

Þakkir

Gúmmbátur með utanborðsmótor ásamt kerru undir bátinn voru leigð af Björgunarsveitinni Berserkjum í Stykkishólmi. Kristjáni Lár Gunnarssyni er þökkud samvinnan vegna þess. Rammi sem notaður var við myndatökur neðansjávar fékkst að láni frá Hafrannsóknastofnun og er henni þakkað það framlag.

Florian Ruland tók þátt í feltvinnu einn dag og fær bestu þakkir fyrir.

Heimildir

- Agnar Ingólfsson, 2005. Umhverfisrannsóknir í Gilsfirði. Þriðja rannsóknalota: Ástand umhverfis og lífríkis fimm til sex árum eftir þverun fjarðarins. Líffræðistofnun Háskólans. Fjölrit nr. 74. 85 bls.
- Andrews, J.E., Burgess, D., Cave, R.R., Coombes, E.G., Jickells, T.D., Parkes, D.J. & Turner, R.K., 2006. Biogeochemical value of managed realignment, Humber estuary, UK. *Science of the Total Environment* 371. 19-30.
- Baranowska, E., 2016. Growth dynamics of juvenile European plaice (*Pleuronectes platessa* L.). Meistararitgerð, Líf- og umhverfisvísindadeild Háskóla Íslands, 79 bls.
- Björn Gunnarsson & Höskuldur Björnsson, 2017. Firðir og flóar eru vagga helstu nytjastofnanna. Morgunblaðið, 14. desember 2017.
- Björn Gunnarsson & Höskuldur Björnsson, 2018. Firðir og flóar - búsvæði þorskungviðis. Morgunblaðið, 3. janúar 2018.

- Chen, Z.L. & Lee, S.Y., 2022. Tidal Flats as a Significant Carbon Reservoir in Global Coastal Ecosystems. *Frontiers in Marine Science* 9. 10.
- de Montety, L., Egilsdóttir, S., Láruson, A.J., Micael, J. & Gíslason, S., 2024. A transoceanic journey: *Melanochlamys diomedea*'s first report in the North Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 104. 8.
- Elliott, S.A.M., Turrell, W.R., Heath, M.R. & Bailey, D.M., 2017. Juvenile gadoid habitat and ontogenic shift observations using stereo video baited cameras. *Marine Ecology Progress Series* 568. 123-135.
- Ellis, T. & Gibson, R.N., 1995. Size selective predation of 0 group flatfishes on a Scottish coastal nursery ground. *Marine Ecology Progress Series* 127. 27-37.
- ESRI, 2025. ArcGIS Pro 3.2 (Version 3.2.5). <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview>. Sótt af <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview>.
- Evans, T.G., 1997. Plant Crib. Botanical Society of the British Isles in association with National Museums and Galleries of Wales.
- Gilliers, C., Amara, R., Bergeron, J.P. & Le Pape, O., 2004. Comparison of growth and condition indices of juvenile flatfish in different coastal nursery grounds. *Environmental Biology of Fishes* 71. 189-198.
- Gísli Steinn Pétursson, Sveinn Óli Pálmarsson & Helgi Gunnar Gunnarsson, 2015. Kolgrafafjörður. Rannsókn á umhverfisaðstæðum og súrefnisbúskap við síldargöngur. Verkfræðistofan Vatnaskil.
- Gregory, R.S. & Anderson, J.T., 1997. Substrate selection and use of protective cover by juvenile Atlantic cod *Gadus morhua* in inshore waters of Newfoundland. *Marine Ecology Progress Series* 146. 9-20.
- Gunnarsson, B., Jonasson, J.P. & McAdam, B.J., 2010. Variation in hatch date distributions, settlement and growth of juvenile plaice (*Pleuronectes platessa* L.) in Icelandic waters. *Journal of Sea Research* 64. 61-67.
- Hafdís Sturlaugsdóttir, 2016. Útbreiðsla marhálms frá Stað að Skálanesi í Reykhólahreppi. Unnið fyrir Vegagerðina. Náttúrustofa Vestfjarða NV nr. 13-16. 18 bls. . bls.
- Hafrannsóknastofnun, 2024. Ufsi *Pollachius virens*. Stofnmatsskýrsla. Sótt af https://www.hafogvatn.is/static/extras/images/03-sai_techreport_is.html, 28.10.2025.
- Hafsteinn G. Guðfinnsson, Héðinn Valdimarsson, Jóhannes Briem, Steingrímur Jónsson, Jón Ólafsson, Sólveig Ólafsdóttir, Ástpór Gíslason & Sigmar A. Steingrímsson, 2001. Rannsóknir á straumum, umhverfispáttum og lífríki Reyðarfjarðar í júlí til september árið 2000. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit nr. 85. 136 bls.
- Hrafnhildur Tryggvadóttir, 2011. Áhrif Borgarfjarðarbrúar á lífríki og kornastærð í Borgarfjarðarfjörum. B.Sc. ritgerð. Landbúnaðarháskóli Íslands – Umhverfiseild.
- Hulda Birna Albertsdóttir, 2025. Marhálmur í Þorskaflirði, Gufufirði og Djúpafirði. Vegagerð á milli Bjarkalundar og Skálaness í Reykhólahreppi. Náttúrustofa Vestfjarða, NV nr. 14-25. 39 bls.
- Huntington-Klein, N., 2024. vtable: Variable Table for Variable Documentation (R package version 1.4.8). <https://nickch-k.github.io/vtable/>.
- IPBES, 2019. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1148 bls. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>.
- IPBES, 2024. Summary for Policymakers of the Thematic Assessment Report on the Interlinkages among Biodiversity, Water, Food and Health of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13850289>.
- Jón Gunnar Ottósson, Anna Sveinsdóttir & María Harðardóttir (ritstj.), 2016. Vistgerðir á Íslandi. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar Íslands nr. 54. Garðabær. 299 bls.

- Karl Gunnarsson, Julian Bourgos, Lilja Gunnarsdóttir, Svanhildur Egilsdóttir, Gunnhildur I. Georgsdóttir & Victor F. Pajuelo Madrigal, 2017. Klóþang í Breiðafirði - útbreiðsla og magn. Hafrannsóknastofnun. Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna. 23 bls.
- Kristinn Guðmundsson, Ástþór Gíslason, Jón Ólafsson, Konráð Þórisson, Rannveig Björnsdóttir, Sigmar A. Steingrímsson, Sólveig Ólafsdóttir & Öivind Kaasa, 2002. Ecology of Eyjafjörður Project: Chemical and biological parameters measured in Eyjafjörður in the period April 1992 - August 1993. Hafrannsóknastofnunin, 129 bls.
- Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Borgný Katrínardóttir, Guðmundur A. Guðmundsson & Svenja N.V. Auhage, 2016. Mikilvæg fuglasvæði á Íslandi. 295 bls.
- Macreadie, P.I., Costa, M.D.P., Atwood, T.B., Friess, D.A., Kelleway, J.J., Kennedy, H., Lovelock, C.E., Serrano, O. & Duarte, C.M., 2021. Blue carbon as a natural climate solution. *Nature Reviews Earth & Environment* 2. 826-839.
- McDevitt-Irwin, J.M., Iacarella, J.C. & Baum, J.K., 2016. Reassessing the nursery role of seagrass habitats from temperate to tropical regions: a meta-analysis. *Marine Ecology Progress Series* 557. 133-143.
- Menja von Schmalensee & Kristinn H. Skarphéðinsson, 2021. Áflug arna á raflínur. *Fuglar* 13. 26-29.
- Microsoft Corporation, 2021. Microsoft Excel (Version 16.0) [hugbúnaður]. <https://www.microsoft.com>.
- Náttúrufræðistofnun, 2020. „IS 50V Strandlengja“ og „IS 50V Örnefni“. Náttúrufræðistofnun með leyfi CC BY 4.0. <https://www.natt.is/is/midlun/kortagogn/grunnkortagogn> Sótt af <https://www.natt.is/is/midlun/kortagogn/grunnkortagogn>
- Náttúrufræðistofnun, e.d.-a. Vistgerðakort og mikilvæg fuglasvæði. Sótt af <https://www.ni.is/is/midlun/utgafa/kort/vistgerdir-og-fuglasvaedi>, 06.04.2025.
- Náttúrufræðistofnun, e.d.-b. Vistgerðir í fjörum. Sótt af <https://www.ni.is/is/grodur/vistgerdir/fjara>, 06.04.2025.
- Olga Kolbrún Vilmundardóttir, Ásrún Elmarsdóttir, Borgþór Magnússon, Guðmundur Guðmundsson, Ingvar Atli Sigurðsson, Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Kristján Jónasson, Lovísa Ásbjörnsdóttir, Marianne Jensdóttir Fjeld, Sigmar Metúsalemsson, Starri Heiðmarsson, Sunna Björk Ragnarsdóttir, Þóra Hrafnisdóttir & Baldursson, T., 2019. Framkvæmdaáætlun náttúruinjakrár 2018: svæðaval og ávinningur verndar. Skýrsla Náttúrufræðistofnunar Íslands, NÍ-19008. 60 bls.
- Olsen, E., Aanes, S., Mehl, S. & Gjøsæter, H., 2010. Cod, haddock, saithe, herring, and capelin in the Barents Sea and adjacent waters: A review of the biological value of the area. *ICES Journal of Marine Science* 67. 87-101.
- R Core Team, 2024. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Róbert A. Stefánsson, Menja von Schmalensee & Kristinn Haukur Skarphéðinsson (ritstj.), 2008. Rannsóknir og vöktun á lífríki Breiðafjarðar. Niðurstöður sérfræðingafundar í Stykkishólmi 12.-13. september 2007. 22 bls.
- Róbert A. Stefánsson, Menja von Schmalensee & Tómas G. Gunnarsson, 2024. Leirur – ekki bara fuglaparadís. *Fuglar* 14. 84-88.
- Schutte, C.A., Ahmerkamp, S., Wu, C.S., Seidel, M., de Beer, D., Cook, P.L.M. & Joye, S.B., 2019. Biogeochemical dynamics of coastal tidal flats. Bls. 407-440 í *Coastal Wetlands*, Second Edition: An Integrated and Ecosystem Approach (ritstj. Perillo, G.M.E., Wolanski, E., Cahoon, D.R. & Hopkinson, C.S.). Elsevier.
- Seitz, R.D., Wennhage, H., Bergström, U., Lipcius, R.N. & Ysebaert, T., 2014. Ecological value of coastal habitats for commercially and ecologically important species. *ICES Journal of Marine Science* 71. 3.
- Stål, J., 2007. Essential Fish Habitats. The importance of Coastal Habitats for Fish and Fisheries. PhD Thesis. Department of Marine Ecology. University of Gothenburg.

- Steingrímur Jónsson, 2004. Sjávarhiti, straumar og súrefni í sjónum við strendur Íslands. Í: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskeldi á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 111: 9-20.
- Svanhildur Egilsdóttir, Áki Jarl Láruson, Laure de Montety, Joana Micael & Sindri Gíslason, 2025. Ný tegund sæsnigils í Atlantshafi. Náttúrufræðingurinn, <https://natturufraedingurinn.is/ny-tegund-saesnigils-i-atlantshafi/>.
- Tyler-Walters, H., 2008. *Zostera marina* Common eelgrass. In Tyler-Walters H. Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. Sótt af <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1282>, 2.9.2025
- Tyler-Walters, H., 2023. *Arenicola marina* in infralittoral mud. Í Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. Sótt af <https://www.marlin.ac.uk/habitat/detail/108>, 2.9.2025
- Tyler-Walters, H. & Marshall, C., 2006. Polychaete / bivalve dominated muddy sand shores. Í Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom.
- Umhverfisstofnun, e.d. Náttúruminjaskrá / Vesturland. Sótt af <https://www.ust.is/nattura/natturuverndarsvaedi/natturuminjaskra/vesturland/>, 15.11.2019.
- UNESCO World Heritage Convention, 2011. Breiðafjörður Nature Reserve. Sótt af <https://whc.unesco.org/en/tentativelists/5585/>, 06.04.2025.
- Unsworth, R.K.F., Cullen-Unsworth, L.C., Jones, B.L.H. & Lilley, R.J., 2022. The planetary role of seagrass conservation. Science 377. 609-613.
- VSÓ Ráðgjöf, 2012. Þverun fjarða – Áhrif á náttúru, landslag og landnotkun. 23 bls.
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T. L., Miller, E., Bache, S. M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D. P., Spinu, V., ... Yutani, H., 2019. Welcome to the tidyverse. Journal of Open Source Software, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>.

Viðauki

Tafla V1. Lýsandi tölfræði allra breyta, þar á meðal greindra tegunda og vistgerða ásamt vísitölu marhálms á rannsóknarsvæðinu í Álfafirði.

	Fjöldi sýnatöku- stöðva	Meðaltal	Staðal- frávik	Lægsta gildi	Hæsta gildi	Neðri fjórðungsmörk (25)	Efri fjórðungsmörk (75)
Heildarþekja	205	0,390	0,360	0,000	1,000	0,050	0,700
Skúfabang <i>Fucus distichus</i>	205	0,015	0,052	0,000	0,500	0,000	0,000
Klóþang <i>Ascophyllum nodosum</i>	205	0,017	0,110	0,000	1,000	0,000	0,000
Bólþang <i>Fucus vesiculosus</i>	205	0,014	0,047	0,000	0,400	0,000	0,000
Marhálmur <i>Zostera angustifolia</i>	205	0,250	0,340	0,000	1,000	0,000	0,400
Rauðskúfur <i>Cystoclonium purpureum</i>	205	0,009	0,041	0,000	0,350	0,000	0,000
Kerlingarhár <i>Desmarestia aculeata</i>	205	0,003	0,019	0,000	0,200	0,000	0,000
Maríusvunta <i>Ulva lactuca</i>	205	0,001	0,007	0,000	0,050	0,000	0,000
Brúnslý <i>Ectocarpus siliculosus</i>	205	0,059	0,130	0,000	0,950	0,000	0,050
Skollapvengur <i>Chorda filum</i>	205	0,002	0,019	0,000	0,250	0,000	0,000
Klapparþang <i>Fucus spiralis</i>	205	0,002	0,022	0,000	0,300	0,000	0,000
Lópþangur <i>Halosiphon tomentosus</i>	205	0,010	0,053	0,000	0,600	0,000	0,000
Beltispari <i>Laminaria saccharina</i>	205	0,007	0,048	0,000	0,600	0,000	0,000
Þangskegg <i>Polysiphonia lanosa</i>	205	0,001	0,008	0,000	0,100	0,000	0,000
Söl <i>Palmaria palmata</i>	205	0,000	0,004	0,000	0,050	0,000	0,000
Kóralþang <i>Corallina officinalis</i>	205	0,002	0,016	0,000	0,200	0,000	0,000
Lengd marhálms	205	29,00	35,00	0,000	142,00	0,000	60,000
Vísitala marhálms	205	0,230	0,280	0,000	1,000	0,000	0,410
Kræklingaþekja	205	0,038	0,110	0,000	0,800	0,000	0,000

Tafla V2. Niðurstöður samanburðarmælingar EBK líkans. Meðalskekkja (e. mean error) táknar meðalmun raungildis og spágildis. RMSE (root mean square, kvaðratrót meðaltals í öðru veldi) sýnir hversu langt spágildi eru að meðaltali frá raungildum. RMSS (root mean square standardized error) segir til um hversu vel líkanið metur óvissu (< 1 : ofmetur óvissu, > 1 : vanmetur óvissu). Meðalstaðalskekkja (average standard error) er spá líkansins á eigin skekkju.

	Meðalskekkja	RMSE	RMSS	Meðalstaðalskekkja
Heildarþekja	0,006	0,265	0,931	0,283
Marhálmur	0,002	0,214	0,837	0,256
Vísitala marhálms	0,001	0,161	0,835	0,194
Kræklingaþekja	0,003	0,098	0,970	0,094