

KAFLI

8

ATVINNUVEGIR



Efnisyfirlit kafla

8.1	Inngangur	249
8.2	Landbúnaður	249
8.3	Veiðihlunnindi göngufiska	250
8.4	Sjávarútvegur	251
8.4.1	Veiðar	251
8.4.2	Fiskeldi	254
8.4.3	Áhrif loftslagsbreytinga á sjávarbyggðir og samfélög	255
	Sérgrein 8A: Viðnámsþróttur samfélaga	256
8.5	Ferðaþjónusta	257
8.6	Vátrygginga- og fjármálastarfsemi	259
8.6.1	Loftslagsbreytingar og hlutverk seðlabanka	260
8.6.2	Loftslagsbreytingar og hlutverk banka og lífeyrissjóða	261
8.6.3	Loftslagsbreytingar og tryggingafélög	263
8.7	Áhrif loftslagsbreytinga og umbreyting atvinnulífsins	266

Samantekt

1. Loftslagsbreytingar, afleiðingar þeirra og viðbrögð við þeim gera loftslagsmál að einu stærsta efnahagsmáli samtímans. Áhrif á atvinnuvegi geta verið bæði bein og óbein, svo sem í gegnum aðfangakeðjur, og haft samfélags- og efnahagslegar afleiðingar. Aðlögunaraðgerðir geta mildað áhrifin.
2. Loftslagsbreytingar munu hafa áhrif á ræktun nytjaplantna á Íslandi. Ræktunaröryggi mun aukast og nýjar plöntur teknar til ræktunar í landbúnaði, garðyrkju og skógrækt. Vegna breyttra ræktunarskilyrða mun jarðrækt á fæðu-, fódur-, viðar- og orkupleöntum aukast. Sveiflur í veðurfari, sníkjudýr, þurrkar og gróðureldar geta þó aukið áhættu.
3. Röskun í aðfangakeðjum geta haft umtalsverð óbein áhrif á hefðbundið dýrahald sem er að hluta háð innfluttu kjarnfóðri, svo sem í nautgripa-, svína og kjúklingarækt. Loftslagsbreytingar munu hafa lítil bein áhrif á hefðbundið dýrahald.
4. Stefna stjórnvalda í loftslagsmálum og aðgerðir þeirra til að draga úr losun, og samsvarandi breytingar á neysluhegðan almennings, geta haft áhrif á þróun og afkomu þeirra greina landbúnaðarins sem í dag eru ábyrgar fyrir mikilli losun gróðurhúsalofttegunda. Fæðuöryggi hérlendis er undir bæði beinum og óbeinum áhrifum loftslagsbreytinga.
5. Umtalsverð verðmæti eru falin í veiðihlunnindum tengdum laxi, bleikju og urriða. Undanfarin ár hafa stofnar bleikju verið á undanhaldi en stofnar urriða að styrkjast, á meðan laxastofnar haldast nokkuð jafnir. Sú þróun hefur mælst í stofnum á nær öllu landinu og á sér einnig stað á sama tíma í norðanverðum Noregi. Samhliða þróun á svo stóru svæði hefur meðal annars verið tengd við hnatrænar loftslagsbreytingar, s.s. bein og óbein áhrif hækunar á vatnshita. Ef þessi þróun heldur áfram gæti þurft að draga úr veiðisókn í hnignandi stofna.
6. Hækkandi sjávarhiti og súrnun sjávar hafa áhrif á sjávarútveg. Hækkun á hitastigi sjávar veldur breytingum á útbreiðslu og stofnstærð nytjategunda. Slíkar breytingar geta haft áhrif á heildarafla, aflasamsetningu og orsakað auknar deilur milli þjóðríkja vegna deilistofna. Veðurfarsbreytingar geta haft áhrif á aðstæður til sjósóknar og á markaði.
7. Hækkandi sjávarhiti á íslenska landgrunninu hefur þegar leitt til breytinga á útbreiðslu margra botnfisktegunda við landið, svo sem ýsu, þorsks og skötusels, og munu slíkar breytingar halda áfram. Nytjategundir, sem hafa verið við nyrðri mörk útbreiðslu sinnar á Íslandsmiðum, hafa nú þegar og munu áfram stækka útbreiðslusvæði sitt til norðausturs. Á sama tíma gætu stofnstærðir og útbreiðsla kaldsjávartegunda, t.d. hlýra, hrognkelsa og loðnu, minnkað. Þessar breytingar geta haft áhrif á tilhögun og afkomu veiða. Samspil tegunda og nýtingar í vistkerfi sjávar er afar flókið og nauðsynlegt að þróa og nota fjölstofna vistkerfislíkön við mat á áhrifum loftslagsbreytinga á sjávarútveg.
8. Súrnun sjávar, sem er örari á íslensku hafsvæði en víða annars staðar, hefur víðtæk neikvæð áhrif, einkum á kalkmyndandi lífverur. Slíkar lífverur eru mikilvægar í vistkerfi og fæðuvef sjávar auk þess sem þær eru nýttar sem matvæli eða til iðnaðarframleiðslu, s.s. skelfiskur og kalkþörungur. Súrnun sjávar mun hafa neikvæð áhrif á nýtingu þeirra. Rannsóknunum á samspili hlýnunar og súrnunar sjávar er ábótavant en þær fáu rannsóknir sem gerðar hafa verið sýna að í heildina virðast áhrif hlýnunar á sjávarútveg vega þyngra en áhrif súrnunar.
9. Frekari rannsókna er þörf á efnahags- og samfélagslegum áhrifum loftslagsbreytinga á sjávarútveg, svo sem á afkomu, atvinnu, byggðaþróun og viðnámsþrótt samfélaga. Gæta þarf sérstaklega að sjávarbyggðum vegna áhrifa á sjávarartengdar nytjar, veðurtengdra áhrifa á sjósókn og aukinnar hættu af náttúruvá.

10. Áhrif loftslagsbreytinga á fiskeldi geta t.d. verið staðbundnar breytingar á vaxtarhraða eldistegunda, nýir sjúkdómar og sníkjudýr, breytt afkastageta svæða, áhrif á bæði aðfanga- og virðiskeðju, einkum þegar kemur að fódurframleiðslu, og áhrif veðuröfga á innviði. Rannsóknnum er ábótavant á áhrifum loftslagsbreytinga á fiskeldi á Íslandi.
11. Áhrif loftslagsbreytinga á ferðaþjónustu helgast meðal annars af breytingum á náttúrulegu umhverfi, landslagi, náttúruvá og breytingum á eftirspurn. Breytingarnar eru þegar sýnilegar, svo sem í Kerlingarfjöllum, og marktæk fylgni er milli breytinga á yfirborðshita sjávar og auknum sýnileika steypireiðs og minni sýnileika hrefnu á Skjálfandaflóa. Loftslagsbreytingar geta haft neikvæð áhrif á öryggi ferðamanna, t.d. í samhengi aukinnar náttúruvár.
12. Eftirspurn eftir ferðalögum til norðlægra landa gæti aukist, a.m.k. til skamms tíma. Þá sérstaklega ásókn til þeirra áfangastaða sem eru viðkvæmir fyrir áhrifum loftslagsbreytinga, svo sem jökla eða jökullóna. Mögulegt er að loftslagsbreytingar auki eftirspurn eftir ferðaþjónustu á Íslandi, a.m.k. í náninni framtíð. Þó geta aðgerðir í loftslagsmálum og neikvæð viðhorf til langra ferðalaga, sem leiða til mikillar losunar gróðurhúsalofttegunda, dregið úr eftirspurn. Ferðaþjónustan getur spyrrt við fótum með vist- og loftslagsvænni uppbyggingu.
13. Íslensk ferðaþjónusta hefur hafið aðlögunaraðgerðir vegna loftslagsbreytinga og aukinnar eftirspurnar eftir vistvænni ferðaþjónustu. Aðlögun í jökultengdri ferðaþjónustu er ýmist venjubundin eða sem viðbragð við sýnilegri áhættu eða tækifærum.
14. Vátrygginga- og fjármálastarfsemi getur orðið fyrir áhrifum af loftslagsbreytingum, haft áhrif á hvernig veðurtengdri áhættu er stýrt og hvernig bætt er fyrir afleiðingar alvarlegra veðuratburða og loftslagstengdra náttúruhamfara.
15. Áhrif loftslagsbreytinga á vátrygginga- og fjármálastarfsemi skiptast í raunlæga áhættu, svo sem vegna tjóns á eignum, og umbreytingaráhættu vegna aðgerða til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda eða vegna aðlögunaraðgerða. Vátrygginga- og fjármálastarfsemi þarf í auknum mæli að upplýsa um umhverfis- og loftslagsáhættu sem tengist rekstri hennar, til að mynda hvernig loftslagsáhætta er skilgreind, hvernig hún er metin og hvernig henni er stýrt.
16. Loftslagsbreytingar tengjast umboði og hlutverki Seðlabanka Íslands, s.s. í samhengi fjármálastöðugleika, fjármálaeftirlits og peningaeftirlits. Loftslagsáhætta er vaxandi og mun hafa áhrif á verðlag, fjármálastöðugleika og öryggi fjármálakerfisins. Greiningar og haglíkön þurfa að taka tillit til loftslagsáhættu, meta þarf áhrif á gæði eignasafna fjármálafyrirtækja og þróa þarf álagspróf. Fjármálaeftirlit þarf að tryggja að upplýsingagjöf sé í samræmi við Evrópureglur og taka þarf tillit til loftslagsáhættu við framkvæmd peningastefnu.
17. Viðbrögð við loftslagsbreytingum munu leiða til atvinnu- og iðnþróunar sem oft byggir á nýsköpun. Þegar hafa verið sett á fót fyrirtæki sem vinna að lág-kolvetnishagkerfi, þ.e. efnahagsstarfsemi sem miðar að sem minnstri losun. Þá kalla viðbrögðin einnig á nýsköpun hjá fjármálafyrirtækjum.
18. Loftslagsáhætta almennrar bankastarfsemi felur í sér aukna fjárhagslega óvissu, áhættu og aukinn kostnað tengdum fjárfestingum eða útlánnum. Greiningargeta banka á þessum áhrifum er þó fremur skammt á veg komin. Innlendir bankar eru aðilar að reglum um ábyrgar fjárfestingar og reglum um ábyrga bankastarfsemi.
19. Græn skuldabréf eru dæmi um vöru sem hvetur til fjárfestinga í loftslagsvænum verkefnum og hafa íslensk fjármálafyrirtæki, sveitarfélög og önnur fyrirtæki gefið út slík skuldabréf.

20. Íslenskir lífeyrissjóðir taka þátt í samstarfsvettvangi noræna og breskra lífeyrissjóða sem hefur að markmiði að fjárfesta í grænum verkefnum. Markmið íslensku sjóðanna er að fjárfesta 9% af heildareignasafni sjóðanna, eins og það stóð árið 2021, í loftslagstengdum verkefnum.
21. Loftslagstengd veðurfarstjón hafa áhrif á rekstur váttryggingafélaga, þar með talið Náttúruhamfaratrygginga Íslands, þar sem slíkir atburðir valda persónu- og eignatjóni. Búið er við að tíðni og umfang tjóna muni aukast og endurkomutími atburða styttest. Loftslagstengdir atburðir annars staðar í heiminum geta einnig haft áhrif á rekstur váttryggingafélaga innanlands vegna endurtryggingasamninga við erlend váttryggingafélög.

8.1 Inngangur

Loftslagsbreytingar hafa ólík áhrif á atvinnuvegi. Þessi kafli fjallar um áhrif loftslagsbreytinga á loftslagsháða atvinnuvegi, svo sem landbúnað, sjávarútveg, fiskeldi og ferðaþjónustu. Einnig er fjallað um áhrif og viðbrögð fjármála- og tryggingafélaga við loftslagsbreytingum, en váttrygginga- og fjármálastarfsemi er mikilvæg til að stýra veðurtengdri áhættu eða til að bæta fyrir afleiðingar alvarlegra veðuratburða og náttúruhamfara.

Þessi kafli byggir að hluta á upplýsingum sem komu fram á málstofum sem vísindanefndin hélt árið 2022. Einstakar greinar byggja verulega á fyrirlestrum sem þar voru fluttir. Sérstaklega má nefna að grein 8.4 byggir á erindum Daða Más Kristóferssonar, Erlu Sturludóttur og Ragnhildar Friðriksdóttur. Grein 8.4.3 og sérgrein 8A byggja á erindum Catherine Chambers og Matthíasar Kokorsch. Grein 8.5 byggir á erindum Rannveigar Ólafsdóttur, Kjartans Bollasonar og Jóhannesar Welling og grein 8.6 á erindum Gunnars Jakobssonar, Láru Jóhannsdóttur og Reynis Smára Atlasonar.

8.2 Landbúnaður

Eins og fram kemur í grein 4.2 munu loftslagsbreytingar hafa áhrif á ræktun ýmissa nytjaplantna á Íslandi. Með loftslagsbreytingum er líklegt að ræktunaröryggi þeirra aukist og nýjar plöntur verði í auknum mæli teknar til ræktunar í landbúnaði, garðyrkju og skógrækt. Jarðrækt og framleiðsla fódur-, fæðu-, viðar- og orkuplantna mun aukast (sjá sérgrein 4B). Þó bera að hafa í huga að ef nýjar tegundir eru viðkvæmari fyrir sveiflum í veðurfari, mun tjónnæmi aukast, sem svarar til hlutfalls þeirra í heildarframleiðslu. Loftslagsbreytingum getur einnig fylgt aukið álag af sníkjudýrum og auknir þurrkar geta valdið ræktendum vandræðum og magnað upp hættu á gróðureldum við ákveðnar aðstæður. Hefðbundið dýrahald verður með svipuðum hætti og áður en talið er að loftslagsbreytingar hafi þar lítil bein áhrif.

Óbein áhrif loftslagsbreytinga á íslenskan landbúnað geta þó orðið umtalsverð og haft áhrif á rekstrarafkomu mismunandi greina. Landbúnaður er nú ábyrgur fyrir 13% af heildarlosun gróðurhúsalofttegunda frá Íslandi, ef nettólosun vegna landnotkunar (svokölluð LULUCF) er undanskilin, en hún er um 67% heildarlosunar landsins. Losun frá landbúnaði hefur minnkað um tæp 11% frá 1990. Ræktun búfjár er ábyrg fyrir um 65% af losun landbúnaðar á Íslandi, ef losun frá LULUCF er undanskilin (Keller o.fl., 2023). Óhjákvæmilegt er að stefna stjórnvalda, og tilheyrandi samdráttur í losun gróðurhúsalofttegunda, hafi áhrif á þróun og afkomu þeirra greina sem eru ábyrgar fyrir umtalsverðri losun, svo sem sauðfjárrækt, nautgriparrækt og mjólkurframleiðslu. Breytingar í neysluhegðun munu einnig hafa áhrif á framleiðslu og eftirspurn (IPCC, 2022, kafli 4.7.5).

Íslenskur landbúnaður er nokkuð berskjaldaður fyrir alls kyns röskunum á virðis- og aðfangakeðjum erlendis. Unnin var úttekt á fæðuöryggi Íslands (Erla Sturludóttir o.fl., 2021) með áherslu á að skoða innlenda matvælaframleiðslu og hver áhrifin yrðu á hana ef aðföng og grunnhræfni skorti. Einnig var farið yfir atriði sem gætu stuðlað að auknu fæðuöryggi á Íslandi.

Greiningin leiddi í ljós að íslensk matvælaframleiðsla er háð innfluttum aðföngum, t.d. innfluttu jarðefnaeldsneyti, áburði, fódri, sáðvöru og vélakosti. Niðurstöður sýndu m.a. að alifugla- og svínarækt er mjög háð innfluttu fódri og gæti rof í aðfangakeðjum leitt til framleiðslustöðvunar í þeirri grein, á meðan framleiðsla myndi dragast saman í nautgriparækt og mjólkurframleiðslu. Skortur á áburði myndi leiða til samdráttar í fódurframleiðslu, þar sem uppskerumagn gæti minnkað um 25–35% strax á fyrsta ári. Samdrátturinn héldi síðan áfram og hefði áhrif á búfjárrækt, sem er háð fódurframleiðslu. Einnig er talið að framleiðsla í garðyrkju myndi dragast saman. Áhrif á ræktun sauðfjár og hrossa og matvælaframleiðslu henni tengdri yrðu þó lítil. Áhrif loftslagsbreytinga á aðfangakeðjur og matvælaöryggi eru rædd með hliðsjón af kerfislægri áhættu í grein 10.3.3. Mikilvægt er að átta sig á afleiðingum loftslagsbreytinga í viðskiptalöndum Íslands, en almennt er rannsóknum á óbeinum áhrifum loftslagsbreytinga á landbúnað á Íslandi ábótavant.

Eins og V2018 (Halldór Björnsson o.fl., 2018) lagði áherslu á er flókið að spá fyrir um áhrif hlýnunar á atvinnugreinar landbúnaðarins. Þar hafa aðrir þættir en áhrif loftslagsbreytinga mikil áhrif, svo sem gengissveiflur, heimsmarkaðsverð á landbúnaðarafurðum, stjórnvaldsaðgerðir og vilji og geta bænda til að laga sig að breyttum heimi. Mikilvægt er að auka rannsóknir á bæði beinum og óbeinum áhrifum loftslagsbreytinga á atvinnugreinar landbúnaðar, þá sérstaklega í samhengi fæðuöryggis, samfélags- og efnahagslegra áhrifa.

8.3 Veiðihlunnindi göngufiska

Þegar talað er um veiðihlunnindi er einkum átt við þrjár laxfiskategundir, lax, bleikju og urriða. Verðmæti af veiðum á þessum tegundum eru töluverð. Í skýrslu Hagfræðistofnunar Háskóla Íslands 2018 var núvirtur ágóði veiðiréttareigenda um 70 milljarðar króna og rekja mátti um níu milljarða landsframleiðslu beint til lax- og silungsveiða. Í nýlegri skýrslu Hafrannsóknastofnunar, um stöðu umhverfis og vistkerfa í hafinu við Ísland og horfur næstu áratuga (Guðmundur J. Óskarsson o.fl., 2021), var fjallað um göngufiska, tegundir fiska sem hafa lífsferil bæði í ferskvatni og sjó (Guðni Guðbergsson o.fl., 2021). Til þeirra teljast meðal annars ofangreindar þrjár laxfiskategundir en þær hafa mismunandi kjörhitastig, þar sem lax er einkum að finna í hlýrri, frjósamari ám á meðan bleikja er ríkjandi í kaldari og snauðari ám og urriði þar mitt á milli (Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson, 1996). Ef breytingar verða á hitastigi getur það haft mismunandi áhrif á útbreiðslu og stofnstærðir þessara tegunda. Þannig eru vísbendingar um að á kuldaskiðum hafi bleikja náð yfirhöndinni í samkeppni við hinar tegundirnar en að hlýndaskið hafi jákvæð áhrif á hinar tegundirnar tvær (Guðni Guðbergsson, 2016). Líkt og fjallað er um í kafla 4 hafa stofnar bleikju verið á undanhaldi á undanförunum árum, á sama tíma og urriða hefur fjölgað. Einnig er fjallað um nýlega grein eftir (Svenning o.fl., 2021) þar sem greint var frá samskonar niðursveiflu í bleikju samhliða uppsveiflu í urriða í Norður-Noregi. Ef stofnar bleikju halda áfram að hnigna má ætla að margir stofnar verði undir þeim mörkum að hafa veiðipól og því verði að draga úr veiðisókn til að forðast ofveiði. Ekki hefur tekist að skýra hvar í lífsferlinum hnignun sjóbleikju kemur fram og því ekki hægt að rekja hana beint til breytinga á hitastigi. Mikilvægt er að fá betra yfirlit yfir þá þætti sem liggja að baki. Setja má fram tilgátu um að hækking á vatnshita leiði til þess að bleikjuhrogn klekist út fyrr að vori. Ef það gerist áður en frumframleiðni og hryggleysingjar, sem eru undirstöðufæða laxfiskaseiða, eru komnir nægilega vel af stað getur það leitt til aukinna affalla. Þessi niðursveifla gæti haft neikvæð áhrif á hlunnindi í bleikjuveiðiám og -vötnum og mögulegt að slíkt hafi nú þegar átt sér stað. Þó er um flóknara samspil að ræða, þar sem markaðsaðstæður koma meðal annars til sögu. Veiðileyfi í laxveiði hafa hækkað talsvert í verði sem gæti aukið eftirspurn eftir ódýrari veiði á bleikju og urriða. Einnig eru líkur á því að stofnar sjóbirtings styrkist og fylli að einhverju leyti í það skarð sem sjóbleikja skilur eftir varðandi stofnstærð og nýtingu. Líkur eru á að sveiflur haldi áfram að koma fram í stofnum laxfiska ef öfgar í veðurfari aukast. Það gæti skilað sér í meiri og örari breytileika í vatnshita og vatnsrennsli sem hefur áhrif á afkomu fiskstofna í ám.

8.4 Sjávarútvegur

8.4.1 veiðar

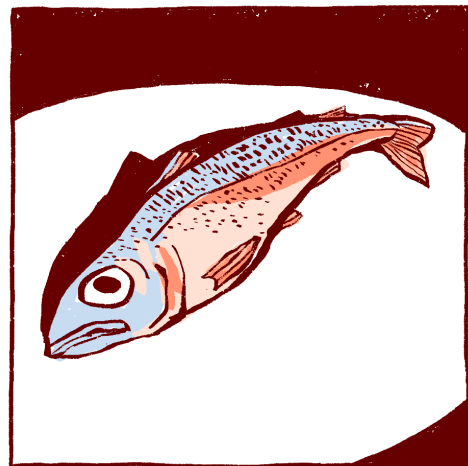
Fiskveiðar, þ.m.t. veiðar hryggleysingja, er mikilvæg atvinnugrein á Íslandi og ein af grunnstöðum útflutningstekna landsins. Mjög nán tengsl eru því á milli skilyrða í hafi og afkomu greinarinnar. Greinin býr að jafnaði við miklar sveiflur, s.s. mikinn náttúrulegan breytileika sem þýðist yfir í breytileika leyfðs afla í fiskveiðistjórnunarkerfinu. Í ljósi þess breytileika má gera ráð fyrir því að hún hafi mikla getu til að bregðast við ófyrirséðum áhrifum af völdum loftslagsbreytinga. Losun gróðurhúsalofttegunda frá fiskveiðum hefur dregist saman um 36% síðan 1990 (Keller o.fl., 2023). Áhrif fiskveiðistjórnunarkerfisins er meginástæða samdráttarins en eldsneytisverð og tæknibreytingar virðast hafa skipt minna máli (Daði Kristofersson o.fl., 2021).

Í fyrri skýrslum vísindanefndar hefur komið fram að til skemmri tíma er líklegt að nýtanlegar auðlindir sjávar geti staðið af sér og aðlagast áhrifum loftslagsbreytinga, ef unnt verður að halda áhrifum álagspátta tengdum veiðum, mengun og raski á búsvæðum í lágmarki. Því er mikilvægt að veiðar séu stundaðar með sjálfbærni og ábyrg langtímasjónarmið í huga. Þetta á einnig við um nýttjar annarra auðlinda hafsins, svo sem nýtingu þara og þangs, námuvinnslu og beislun vindorku.

Fjallað var um áhrif loftslagsbreytinga á fiskveiðar í V2008 og V2018. Niðurstaða V2008 var að langtíma-áhrif loftslagsbreytinga yrðu líklega ekki mikil á greinina þó að samdráttur í fiskigengd gæti haft neikvæð áhrif til skamms tíma. Í V2018 kom fram að vegna flókins samspils í vistkerfum sjávar væri erfitt að meta áhrif loftslagsbreytinga á vænta afkomu sjávarútvegs. Þar var auk þess bent á takmarkaðar greiningar á áhrifum loftslagsbreytinga á líf og afkomu þeirra sem starfa í fiskveiðum og fiskeldi. Þær greiningar sem þó höfðu verið gerðar sýndu að hækkun hitastigs sjávar er líkleg til að hafa að jafnaði jákvæð áhrif á sjávarútveg á norðlægum slóðum. Talið var líklegt að aðflutningur suðlægra fiskitegunda inná norðlæg svæði muni aukast og er ganga makrils dæmi um slík áhrif. Í V2018 var ekki vitað um sambærilega göngustofna á nálægum hafsvæðum sem hingað gætu leitað, en í dag er ljóst að tegundir eins og bristlingur, brynstirtla og bláuggatúnfiskur hafa eða munu leita inn á Íslandsmið. Þó rannsóknir, sem vitnað var til í V2018, gæfu til kynna að áhrif loftslagsbreytinga á sjávarútveg væru í heildina jákvæð er mikilvægt að hafa í huga að þær beindu sjónum að hlýnun en ekki súrnun.

Áhrif loftslagsbreytinga á sjávarútveg felast í grunninn í áhrifum á nytjategundir. Þau birtast meðal annars í breytingum á útbreiðslu- og farmynstri tegunda, stofnstærð, vaxtarhraða og kynþroskaaldri fiska ásamt breytingum á tegundasamsetningu, fæðukeðjum og fæðuframbóði. Einnig breytist tíðni sjúkdóma, sníkjudýra og ágengra tegunda (2020). Þessar breytingar hafa síðan áhrif á heildarafa og aflasamsetningu hvað varðar tegundir, stærð og aldursdrefingu. Þá getur aukin illviðratíðni breytt aðstæðum til sjósóknar, haft í för með sér hættulegri vinnuskilyrði og aukið fjarlægð á mið Barange o.fl., 2018. Að auki má búast við auknum deilum vegna kvótaskiptingar deilistofna og í ljósi tilfærslu tegunda norður á bóginn má ætla að þess gæti sérstaklega á norðurslóðum. Í V2008 (Halldór Björnsson o.fl., 2008, grein 4.7.2) var bent á þetta og hefur aukins flækjustigs samningaviðræðna þegar orðið vart hvað varðar nýtingu deilistofna, t.d. makrils (Østhagen o.fl., 2020). Loks geta umtalsverð óbein áhrif loftslagsbreytinga falist í sveiflum á markaðsverði og öðrum markaðsáhrifum (sjá einnig umræðu alþjóðaviðskipti og aðfangakeðjur 10.3.2).

Í kafla 5 var fjallað um breytingar á helstu nytjategundum á Íslandsmiðum. Hækkandi



sjávarhiti á íslenska landgrunninu hefur þegar leitt til breytinga á útbreiðslu margra botnfisktegunda við landið, svo sem ýsu, þorsks og skötusels. Aukin hlýnun mun halda áfram að leiða til breytinga á útbreiðslu ýmissa nytjastofna við landið. Nytjategundir, sem hafa verið við nyrðri mörk útbreiðslu sinnar á Íslandsmiðum, hafa og munu stækka útbreiðslusvæði sitt í norðaustur á meðan stofnstærðir og útbreiðsla kaldsjávartegunda, svo sem hlýra, hrognkelsa og loðnu, mun minnka. Á sama tíma munu búsvæði suðlægari tegunda, svo sem ýsu og skötusels, aukast allt í kringum landið. Rannsókn (Mason o.fl., 2021) notast við sviðsmyndir um losun til að meta breytingar á búsvæðum helstu nytjategunda við landið. Rannsóknin sýnir að búsvæði þorsks við sunnarvert landið muni minnka en stækka lítilliga fyrir norðan land. Allar þessar breytingar geta haft áhrif á tilhögun og afkomu veiða.

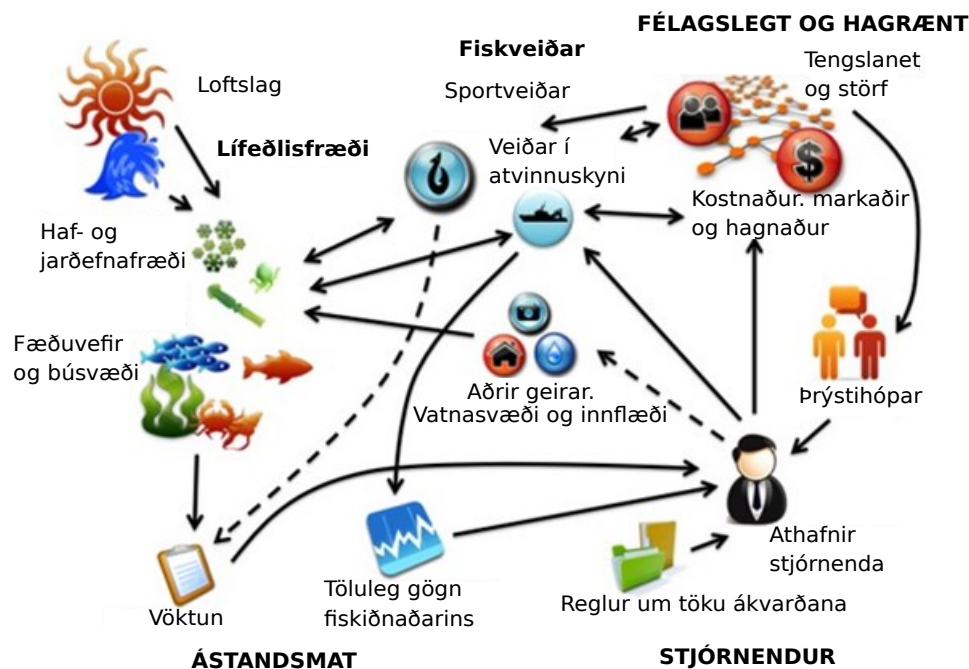
Evrópska rannsókkverkefnið *ClimeFish* (2020) skoðaði áhrif loftslagsbreytinga á fiskveiðar og fiskeldi í sjó og vötnum með sjö tilviksrannsóknum. Metin voru afleidd áhrif, bæði hagræn og samfélagsleg, svo sem áhrif breytinga í afla eða framleiðslu á efnahag fyrirtækja, tekjur, kostnað, hagnað og virðisauka, sem og fjölda starfa. Einnig voru skoðuð áhrif á byggðaþróun, sér í lagi fyrir byggðir sem reida sig á sjávarútveg. Heildarniðurstaða verkefnisins var að samfélagsleg og hagræn áhrif loftslagsbreytinga á sjávarútveg og fiskeldi yrðu takmörkuð (Agnarsson, 2020). Ein tilviksrannsókn *ClimeFish* fjallaði um áhrif loftslagsbreytinga á veiðar á uppsjávarfiski í Norður-Atlantshafi í samhengi mismunandi losunarsviðsmynda (Agnarsson, 2020). Niðurstöður benda til aukningar í síldarafla til skamms tíma undir öllum losunarsviðsmyndum sem metnar voru, en minnkunar til lengri tíma eða til ársins 2050. Afli makrils jókst til skemmri og lengri tíma en breytingar á afla kolmunna reyndust ýmist neikvæðar eða jákvæðar milli sviðsmynda. Heildaráhrif á afkomu sjávarútvegsins voru jákvæð til skamms tíma en neikvæð til lengri tíma lítið. Heildaráhrif á atvinnustig fór eftir aðlögunaraðgerðum flotans.

Ofangreindar rannsóknir greindu ekki áhrif af súrnun sjávar á sjávarútveg. Samkvæmt V2018 getur súrnun sjávar haft neikvæð áhrif á kalkmyndandi lífverur, sem eru taldar viðkvæmar fyrir súrnuninni. Kalkmyndandi lífverur í hafinu í kringum Ísland eru fjölmargar. Slíkar lífverur eru mikilvægar í vistkerfi og fæðuvef sjávar auk þess sem þær eru nýttar sem matvæli og til iðnaðarframleiðslu, s.s. skelfiskur og kalkþörungur. Vegna aðstæðna í hafinu umhverfis Ísland er súrnun sjávar örari hér en að jafnaði í heimshöfunum. Því er líklegt að neikvæð áhrif súrnunar sjávar komi fyrir fram hér en annars staðar.

Síðan V2018 kom út hefur lítið bæst við af heildrænum greiningum á áhrifum loftslagsbreytinga á sjávarútveg þar sem áhrif hærri hita og súrnunar á lífeðlisfræðilegar breytingar, fiskistofna og sjávarútveg eru metin. Þó er að greiningargeta á þessu sviði að batna. Dæmi um slíkt er eitt öndvegisverkefna RANNÍS, *Fiskveiðar til framtíðar*, sem er samvinnuverkefni Hafrannsóknastofnunar, Háskóla Íslands, Landbúnaðarháskóla Íslands og erlendra samstarfstofnana. Verkefnið snýr að því hvernig hægt er að beita vistfræðilegri nálgun við fiskveiðistjórnun með notkun vistkerfislíkana.

Meðal þeirra líkana sem unnið er með er Atlantislíkanið (Fulton o.fl., 2011; Audzijonyte o.fl., 2017a; Audzijonyte o.fl., 2017b), sem er heildstætt vistkerfislíkan sem upphaflega var þróað fyrir hafið í kringum Ástralíu. Það samanstendur af fimm samverkandi líkönum: lífeðlisfræðilegu, fiskveiðilíkani, stofnmatslíkani, veiðistjórnunarlíkani og félags-hagfræðilíkani. Lífeðlisfræðilega líkanið tekur til hafstrauma, hringrásar næringarefna, fæðuvefs og lífsferla lífvera. Líkanið hefur verið uppfært fyrir um 40 hafsvæði, þ.m.t. hafsvæði umhverfis Ísland, en vinna við íslensku uppfærsluna hófst árið 2013 sem hluti af tveimur Evrópuverkefnum. Tekur líkanið í dag til 1,6 milljón ferkílómetra af hafsvæðum umhverfis Ísland og er því skipt í 53 reiti. Hverjum reit er skipt í allt að sjö lög, sex sjávarlög auk botnsets. Hver reitur inniheldur upplýsingar um hitastig, seltu og hafstrauma frá árinu 1948. Fiskveiðilíkanið inniheldur upplýsingar um veiðiflotann eftir tegund, veiðarfærum og veiðmynstri. Líkanið er m.a. hægt að nota til að herma áhrif stefnu stjórnvalda á vistkerfið, stofnstærðir og félags-hagfræðilega þætti og meta áhrif loftslagsbreytinga á þessar stærðir.

Búið er nú þegar að byggja upp lífeðlisfræðilega hlutann, m.t.t. íslenskra aðstæðna, auk



Mynd 8.1: Helstu þættir Atlantislíkansins (CSIRO, án árs)

Þess sem einfalt fiskveiðilíkan hefur verið sett upp. Líkanið hermir vænta hegðun (þ.m.t. afrán, fæðu, hrygningargöngur og farhegðun) og stofnstærðir (þ.m.t. vöxt og nýliðun) 52 tegunda/hópa dýra. Þar á meðal eru 25 hryggdýrahópar, svo sem 16 fiskahópar þar sem átta innihalda einstakar tegundir, fimm spendýrahópar og einn hópur sjófugla, 16 hópar hryggleysingja, sex hópar frumframleiðenda, tveir hópar baktería og þrjár gerðir úrgangshópa, þar með talið einn fyrir brottkast (Sturludóttir o.fl., 2018).

Með raungreiningum, m.a. á stofnmati, aflatölum og magainnihaldi, hefur verið staðfest að líkanið hermir nú ágætlega hið raunverulega vistkerfi. Í framhaldinu er því hægt að greina möguleg áhrif mismunandi sviðsmynda loftslagsbreytinga með breyttu hitastigi í líkaninu, en sjávarhiti hefur bein áhrif á vöxt lífvera, nýliðun og tilfærslu sem síðan hefur áhrif á fæðusamsetningu og fæðuvefinn. Í kjölfarið verður hægt að meta áhrif þessara breytinga á fiskveiðar og efnahag þeim tengdum.

Í framtíðinni er fyrirhugað að þróa líkanið frekar svo kanna megi áhrif breytinga á sýrustigi sjávar til viðbótar við breytt hitastig. Þá verður hægt að herma áhrif súrnunar á afkomu kalkmettandi þörunga og þar með áhrif á aðra hópa vistkerfisins, sem og helstu nytjastofna. Þá verður einnig unnt herma samlegðaráhrif hækkunar sjávarhita og súrnunar. Þar sem búist er við að íslenska hafsvæðið muni súrna hraðar en önnur hafsvæði (V2018) er mikilvægt byggja þetta inn í líkanið svo herma megi heildstætt áhrif loftslagsbreytinga á allt kerfið; vistkerfið og sjávarútveginn í heild.

Þrátt fyrir að áhrif súrnunar séu ekki reiknuð beint í líkaninu er vitað að súrnun sjávar hefur neikvæð áhrif á kalkmyndandi lífverur (sjá umfjöllun í kafla 5). Með því að auka afföll kalmyndandi lífvera í Atlantislíkaninu má námunda áhrif súrnunar. Í slíkri rannsókn (Oostdijk o.fl., 2022) gáfu niðurstöður til kynna að stofnstærðir efnahagslega mikilvægra tegunda eru líklegar til að viðhaldast á íslenskum hafsvæðum. Niðurstöðurnar benda til afar fjölbreyttra áhrifa hækkunar hitastigs og aukinnar súrnunar hjá mismunandi tegundum, sum neikvæð og önnur jákvæð. Í heildina virtust áhrif hlýnunar vera meiri en áhrif súrnunar og ljóst að margar

nytjategundir á íslenskum hafsvæðum eru ekki við efri þolmörk hitastigs. Frumframleiðendur og smáar tegundir uppsjávarfiska virtust fá ávinning af breytingunum en botnfiskar og ránfiskar urðu almennt fyrir neikvæðum áhrifum. Að aflareglu óbreyttri virtist stofnstærð þorsks ekki verða fyrir neikvæðum áhrifum, jafnvel í tilvikum mikillar súrnunar og hlýnunar. Einnig kom í ljós að þegar stofnstærð þorsks minnkaði jókst stofnstærð annarra tegunda. Þetta sýnir hið flókna samspil tegunda og nýtingar í vistkerfi sjávar sem undirstrikar nauðsyn þess að beita fjölstofna vistkerfislíkönunum þegar áhrif loftslagsbreytinga eru metin.

Hægt er að milda áhrif loftslagsbreytinga á sjávarútveg með aðlögunaraðgerðum. Á vegum *ClimeFish* verkefnisins var þróaður heildstæður rammi fyrir gerð áhættumats og aðlögunaráætlana vegna mögulegra áhrifa loftslagsbreytinga á sjávarútveg. Nánari umfjöllun um verkefnið er að finna í kafla 11 en tafla 8.1 sýnir samantekt á helstu áhættum.

Tafla 8.1: Helstu áhættuþættir vegna loftslagsbreytinga samkvæmt ClimeFish. Kæfitegund er meðaflategund sem stöðvar veiðar á öðrum nytjategundum þegar aflamarki hennar er náð.

Helstu áhættuþættir	Nánari skýring
Samsetning tegunda	<ul style="list-style-type: none"> • Tegundir færast norður • Stærri stofnar, makrils, kolmunna, lýsings. • Smærri stofnar síld, þorskur, innlendar tegundir. • Nýjar, mögulega ágengar tegundir.
Breytingar í vaxtarhraða og kynþroskaaldri	<ul style="list-style-type: none"> • Breytingar á árgöngum. • Útbreiðsla fæðu. • Vaxtarhraði.
Breytingar á útbreiðslu og farmynstri	<ul style="list-style-type: none"> • Samsetning afla. • Breytingar í útbreiðslu. • Veiðafæri og veiðanleiki.
Kvótaskipting deilistofna, heildaraffi	<ul style="list-style-type: none"> • Aukið flækjustig í samningaviðræðum. • Ofveiði sameiginlegra stofnar. • Kæfitegund.
Rekstur sjávarútvegsfyrirtækja	<ul style="list-style-type: none"> • Lengra á miðin. • Hættulegri vinnuskilyrði. • Skemmdir á innviðum. • Færri veiðidagar, hærri kostnaður.

Rannsóknnum á væntum áhrifum loftslagsbreytinga á íslenskan sjávarútveg er ábótavant. Einnig er þörf á frekari rannsóknnum á efnahagslegum og samfélagslegum áhrifum loftslagsbreytinga á sjávarútveg, svo sem á afkomu, atvinnu, byggðaþróun og viðnámsþrótt samfélaga, með sérstakri áherslu á strandsamfélög. Að auki þarf, ekki síst í ljósi efnahagslegs og samfélagslegs mikilvægis sjávarútvegs, að vinna að áhættumati fyrir íslenskan sjávarútveg í heild sinni og setja fram aðlögunaráætlanir. Frekari umfjöllum um aðlögun má sjá í 11.

8.4.2 Fiskeldi

Síðan V2018 kom út hefur fiskeldi vaxið sem atvinnugrein á Íslandi en framleiðslumagn jókst um 179% á milli 2018 og 2021 (Hagstofa Íslands, 2023). Fjallað var stuttlega um áhrif loftslags-

breytinga á fiskeldi í V2018 þar sem þau voru talin verða vegna breytinga á sjávarhita, súrnunar sjávar, hækkunar á yfirborði sjávar og breytinga á tíðni og styrk ofsaveðra.

Möguleg áhrif loftslagsbreytinga á fiskeldi á Íslandi hafa ekki verið metin sérstaklega. Í ljósi sívaxandi mikilvægis atvinnugreinarinnar, ekki síst fyrir smærri samfélög utan höfuðborgarsvæðisins, er brýnt að slíkar rannsóknir fari fram. Frá útgáfu V2018 hafa möguleg áhrif loftslagsbreytinga á fiskeldi í Noregi og víðar verið skoðuð (Agnarsson, 2020). Til eru rannsóknir á áhrifum loftslagsbreytinga á fiskeldi á Bretlandseyjum (Collins o.fl., 2020) auk þess sem almennar yfirlitsgreinar hafa komið út (Maulu o.fl., 2021). Niðurstöður benda til að helstu áhrif loftslagsbreytinga á fiskeldi séu staðbundnar breytingar í vaxtarhraða tegunda, sveiflur milli ára og árstíða, aukinn breytileiki í stærð og aukin dánartíðni. Þá má gera ráð fyrir nýjum veiru- og bakteríusjúkdómum og sníkjudýrum sem kalla á nýjar meðferðir og lyfjanotkun, en einsleitni í tegundavali eykur áhættu á slíkum áföllum. Breytingar á lagskiptingu sjávar getur valdið súrefnisþurrð og breytingar í nærliggjandi vistkerfum geta meðal annars aukið líkur á skaðlegum þörungablóma og ásætum (*e: fouling*), svo sem gróðri á netum. Loftslagsbreytingar geta því haft áhrif á hentugleika eldissvæða, burðarþol og afkastagetu. Veðuröfgar geta einnig haft áhrif á innviði greinarinnar. Áður var minnst á aðfangakeðjur og alþjóðaviðskipti (sjá grein 10.3.2) en truflanir á þeim geta haft áhrif markaðsaðstæður, bæði hvað varðar afurðaverð og aðföng, svo sem fóður. Brýnt er að meta áhrif loftslagsbreytinga á fiskeldi á Íslandi en slíkar greiningar vantar.

8.4.3 Áhrif loftslagsbreytinga á sjávarbyggðir og samfélög

Þegar skoðuð eru áhrif loftslagsbreytinga á sjávarútvegs- og strandsamfélög, þar sem nýting auðlinda hafsins er undirstaða efnahags og mannlífs, er ljóst að breytingar í veðurfari er eitt af því sem slík samfélög þurfa að glíma við (Heck o.fl., 2021).

Þættir eins og súrnun og hækkandi hiti sjávar og breytingar á útbreiðslu hafíss, sem aftur hafa svo áhrif á farleiðir og afkomu ýmissa tegunda sjávarlífvera, eru lykilatriði sem nauðsynlegt er að reyna að skilja og kortleggja. Sem dæmi um veður, sem hefur mikil áhrif á fiskveiðar og sjósókn, eru aftakaveður. Þó rannsóknir á slíkum veðrum hafi aukist á undanförunum áratugum er ýmislegt enn á huldu um afleiðingar þeirra, t.d. varðandi hrygningarsvæði fisktegunda. Hingað til hefur athyglin mest beinst að þéttbýlum svæðum hitabeltisins, bæði vegna þess hversu margir þar búa og reiða sig á nýttjar hafsins og vegna breytinga á aftakaveðri, s.s. hitabeltistorma. Rannsóknir hafa nýlega beinst að hnattrænu samhengi ofsaveðra og storma og áhrifum þeirra á fiskveiðar og afkomu strandsamfélaga, t.d. á Íslandi (Sainsbury o.fl., 2018). Tíðni óveðra hefur einnig áhrif á öryggi sjófarenda, siglingar, aðgengi að mörkuðum og innviði strandsamfélaga.

Samkvæmt (Gulev o.fl., 2021) hafa lægðabrautir á norðurslóðum almennt hnikast í átt að pólsvæðum og fjöldi þeirra *líklega* aukist á síðustu áratugum. Breytileiki milli áratuga er þó mikill og *lítill* til *miðlungs* vissa fyrir því hvernig ólíkir þættir hafa breyst. Byggt á sviðsmyndareikningum loftslagslíkana er talið að tilfærsla lægða norður á bóginn muni halda áfram en *miðlungsvissa* er fyrir því að vindhraðabreytingar verði litlar (sjá grein 10.4.2 og Lee o.fl., 2021; Seneviratne o.fl., 2021). Breytingar á Norður-Atlantshafssveiflunni (NAO) á síðustu áratugum voru líklega innan eðlilegra marka, byggt á fornveðurfarsgögnum Nokkur gögn sýna þó áhrif þessarar sveiflu á lægðagang og óveður á Norður-Atlantshafi (Gulev o.fl., 2021; Alexander o.fl., 2005; Báez o.fl., 2021; Feser o.fl., 2015).

Rannsóknir á áhrifum ofsaveðra og vinds á strandsamfélög Íslands hafa m.a. beinst að Vestfjörðum, enda byggð þar afar háð sjósókn. Dæmi um slíkt verkefni er ARCPATH (*e. Arctic climate predictions – pathways to resilient, sustainable societies, 2016-2020*). Tilviksrannsókn í því verkefni beindi sjónum að áhrifum stórviðra á samfélögin á Vestfjörðum og leitaði svara við spurningum um upplifun og reynslu fólks af slíkum veðrum, viðbrögðum og ýmsum leiðum sem fólk hefur til að auka viðnámsþrótt samfélagsins gegn þeim. Atvinnugeirar og samfélagshópar, eins og fiskveiðar og -eldi, fiskvinnslur, hafnir, strandgæsla og björgunarsveitir, sem og þættir eins og fæðuöryggi og þróun svæðisins, voru skoðuð. Aðferðafræðin byggðist einkum á viðtölum

við fólk í fyrrnefndum geirum. Fyrstu niðurstöður rannsóknarinnar taka að mestu til eftirtalinnna sviða: ógnanir og vandamál, áhrif og afleiðingar (*e. impacts*) og aðlögun (*e. adaptation*). Hér að neðan verður stiklað á stóru hvað varðar áhrif og afleiðingar en nánar er fjallað um þá þætti er snúa að aðlögun í kafla 11.

Vegna mismunandi aðstæðna á hverju svæði er erfitt að fastsetja ákveðin viðmið (*e. thresholds*) hvað varðar vindstyrk, fyrir það hvort bátar og skip komast á sjó. Þarna koma inn mun fleiri þættir sem þarf að athuga og hvernig samspili þeirra við vindstyrk er háttað, svo sem ölduhæð, árstími, hitastig lofts og sjávar, vindátt og bátastærð. Hvað varðar skynjun fólks á breytingum í veðurfari kemur fram að mörgum finnast óveður vara skemur en að vindstyrkur sé hærri nú en áður. Annað dæmi um fyrstu niðurstöður er að eigendur smærri báta segja að nú komist þeir sjaldnar á sjó að vetri til en áður, í um 10 daga/mánuði en áður hafi það verið um 15 dagar/mán.

Þetta hefur augljóslega tekjutap í för með sér en inn í þetta spila önnur atriði, eins og t.d. minni affli í hverri ferð og skemmdir á veiðarfærum og bátum vegna veðurs og öldugangs. Þetta samspil þarf að rannsaka betur. Veðurspár, gæði þeirra og aðgengi er mjög mikilvægt þegar kemur að sjósókn. Í rannsókninni kom meðal annars fram að þegar Covid-19 varð til þess að flugferðum til Vestfjarða fækkaði (eins og í heiminum sem heild) hafði það þau áhrif að minna var um veðurathuganir í rauntíma. Það hafði svo neikvæð áhrif á aðgengi sjófarenda að veðurupplýsingum og gerði ákvarðanatöku um hvort farið yrði á sjó eða ekki mun erfiðari.

Frekari rannsókn er þörf þegar kemur að áhrifum loftslagsbreytinga og breytinga á veðurfari á strandsvæði, eins og t.d. Vestfirði.

Í því samhengi má nefna rannsóknir á ákvarðanatöku sjófarneda, innbyrðis áhrifum breytinga á fiskistofna og fiskveiðistjórnun (Grafton, 2010) og samspili athafna sem fram fara á sjó og landi. Sem dæmi má nefna hvernig flutningar á fiski á landi hafa áhrif á og verða fyrir áhrifum. Einnig má nefna rannsóknir á áhrifum ferðamennsku og skipaferða og flutninga á fiskveiðar og samfélög sem reiða sig á fiskiðnað. Kanna þarf hvort og þá hvernig aukin fjölbreytni í atvinnu, bæði í sjó og á landi, gerir strandsamfélög sveigjanlegri og aðlögunarhæfari (Hobday o.fl., 2016). Mikilvægt er að taka til greina svæðisbundinn breytileika, en staðbundnar veðuráætlaðar geta verið mjög ólíkar og sama óveður haft gjörólíkar afleiðingar.

8A Viðnámsþróttur samfélaga - niðurstöður CliCNord

Birtingarmyndir þeirra samfélagslegu umskipta, sem loftslagsbreytingar kalla á, eru viðtækar og tengjast meðal annars öðrum umhverfisbreytingum og náttúruvá. Fjallað er um náttúruvá í kafla 11.4 og grein gerð fyrir helstu hugtökum áhættustýringar. Viðnámsþróttur samfélaga er eitt þessara hugtaka og réttlát umskipti þurfa að miða að því að auka þennan viðnámsþrótt. Það er ljóst að mörg samfélög á Norðurlöndunum eru í aukinni hættu vegna náttúruhamfara af völdum loftslagsbreytinga, sum viðkvæmari en önnur. Nauðsynlegt er að rannsaka betur ástæður þessarar hættu, eðli og tíðni hamfaranna og viðbrögð samfélaga við þeim, bæði hvað varðar varnir gegn þeim og viðbrögð við afleiðingum þeirra. Sem dæmi um hvernig áhrif náttúruvá getur haft á lítil dreifbýlissamfélög verður sjónum beint að rannsóknarverkefni CliCNord (NordForsk, 2024) þar sem skoðað var hvernig átta dreifbýlissamfélög á Norðurlöndunum takast á við náttúruvá sem rekja má til loftslagsbreytinga.

Á Íslandi var megináherslan lögð á snjóflóðahættu á Flateyri og Patreksfirði/Vesturbyggð þó aðrar gerðir ofanflóða væru einnig skoðaðar. Spurt var hvaða áhrif loftslagsbreytingar hafa á tíðni og eðli ofanflóða og hvaða áhrif þau hafa á byggð, svo sem hvað varðar hættumat (t.d. skiptingu byggðar í hættusvæði), innviði, eins og orkudreifingu, samgöngur og vöruflutninga, atvinnu og svo má áfram telja. Hugmyndir heimamanna og skynjun þeirra á snjóflóðahættu voru í brennidepli. Auk þess var skoðað hvernig samfélagið byggir upp viðnámsþrótt og varnir og hvenær og hvernig slík samfélög þurfa á utanaðkomandi aðstoð að halda, t.d. frá yfirvöldum, ríkisstofnunum og samfélaginu í heild.

Markmiðið með verkefninu er að setja fram tillögur fyrir samfélögin, sem og fyrir yfirvöld, um forvarnir (*e. prevention*), undirbúning (*e. preparedness*), viðbrögð (*e. response*) og endurheimt (*e. recovery*), einkum hvað varðar það sem þessir aðilar geta unnið að í sameiningu. Allt miðar þetta að því að gera samfélögin öruggari gagnvart aukinni tíðni náttúruhamfara vegna loftslagsbreytinga. Hvað forvarnir varðar eru nú þegar þekktar og notaðar aðgerðir eins og snjóflóðavarnir, viðvörunarkerfi og rýmingaráætlanir auk viðbragða eins og tímabundinna rýminga og vegalokana.

Með endurheimt er átt við það hvernig samfélag, sem hefur orðið fyrir skaða af völdum náttúruhamfara eins og snjóflóða, nær sér aftur á strik og græðir sárin. Þessi þáttur er hvað minnst þekktur af þeim fjórum, sem taldir eru upp hér að ofan, og þarf mun meiri athygli. Þá þarf að huga að hinni sögu- og menningarlegu vídd, því ekki er nóg að skilja aðstæður dagsins í dag heldur verður að skoða samfélagið í fortíð og nútíð. Stærsta spurningin í þessu tilfelli er kannski hvers vegna fólk heldur áfram að búa á stöðum sem hafa verið skilgreindir í mikilli hættu vegna náttúruvára. Þar kemur inn sú staðreynd að væntumþykja íbúa gagnvart heimahögunum er sterkt afl, bæði á jákvæðan og neikvæðan hátt. Hana þarf alltaf að taka með í greiningu á aðstæðum fólks, kannski einkum í þessu samhengi: þegar yfir vofir hætta eins og snjóflóð.

Viðnámsprótt samfélags er hægt að skilgreina sem getu þess til að ráða við og aðlagast því álagi sem orsakast af félagslegum, pólitískum og umhverfislegum breytingum, virkja samfélagið til að sigrast á mótlætinu og nýta þau tækifæri sem bjóðast í viðbragðsferlinu (Amundsen, 2012). Í verkefninu CliCNord eru kenningar um viðnámsprótt miðlæggar. Mikilvægt er að gera sér grein fyrir því að þótt umhverfislegar breytingar séu í brennidepli, í þessu tilfelli breytingar á tíðni og eðli ofanflóða vegna loftslagsbreytinga, eru afleiðingar fyrir tiltekið samfélag og viðbrögð þess við slíkum breytingum alltaf blanda af náttúrufarslegum, pólitískum, félagslegum og sögulegum þáttum. Þeir verða því ekki auðveldlega aðskildir í rannsókn sem þessari enda í raun ekki nokkur tilgangur með því.

Þó samfélög á Vestfjörðum hafi einkum verið í brennidepli í CliCNord er ljóst að hægt er að yfirfæra mikið af þeim upplýsingum og lærdómi sem verkefni skilaði á aðrar byggðir á Íslandi. Þá sérstaklega byggðir sem eru í svipaðri stöðu hvað varðar aukna ofanflóðavá og aðgerðir gegn henni. Fjallað er um slíka vá í grein 10.4.1 og mynd 10.13 sýnir þá staði þar sem lagt hefur verið mat á ofanflóðahættu.

8.5 Ferðaþjónusta

Náttúra Íslands er ein af meginstöðum íslenskrar ferðaþjónustu, en rúmlega 9 af hverjum 10 ferðamönnum koma til landsins vegna fjölbreytileika íslenskrar náttúru (Oddný Þóra Óladóttir, 2022).

Eins og rakið er í köflum 2 og 4 munu loftslagsbreytingar valda miklum breytingum á landinu og það hefur svo áhrif á ferðaþjónustu. Þegar fjallað er um áhrif loftslagsbreytinga á ferðaþjónustu þarf annars vegar að skoða bein áhrif vegna breytinga á áfangastöðum og eftirspurn ferðamanna þeim tengdum og hins vegar viðbrögð ferðaþjónustunnar eða ferðamanna við stjórnvaldsaðgerðum sem snúa að því að draga úr losun eða aðlagast.

Fjallað var um áhrif loftslagsbreytinga á ferðaþjónustu í V2018. Þar kemur fram að líklegt er að straumur ferðamanna til norðlægari og kaldari áfangastaða muni aukast. Að auki var bent á að loftslag og veður hefur áhrif á val ferðamanna á áfangastöðum, þar sem ferðamenn eru í auknum mæli að sækja á staði sem eru viðkvæmir fyrir áhrifum loftslagsbreytinga, svo sem jöklar og jökullón (sjá mynd 8.2) eða staðir sem líklegir eru til að sökkva í sæ. Slík eftirspurn er kennd við síðustu forvöð (*e. last chance tourism*) en frekari rannsóknir þarf á mögulegum áhrifum loftslagsbreytinga á slíka eftirspurn (Abrahams o.fl., 2022). Ef slík eftirspurn eykst gætu staðir, eins og þeir sem eru háðir aðdráttarafli jökla, orðið sérstaklega fyrir áhrifum, þetta á til dæmis

við ferðamannastaði á Íslandi. Breytingar á ásýnd ferðamannastaða hafa þegar raungerst vegna loftslagsbreytinga, svo sem í Kerlingarfjöllum og Hveradölum, þar sem áður voru skíðasvæði. Loftslagsbreytingar geta einnig haft áhrif á aðgengi og öryggi ferðamanna.



Mynd 8.2: Siglt á Heinabergslóni.
(Ljósmynd. Iceguide, birt með leyfi).

ferðakostnaðar og vilja almennings til að stuðla að samdrætti í losun. Slík breyting á viðhorfum gæti dregið úr áhuga og getu til að ferðast til fjarlæggra áfangastaða og vilja til að nota fararmáta sem losa mikið (Gössling og Dolnicar, 2023).

Viðbrögð ferðaþjónustunnar við áætlunum stjórnvalda að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda geta haft áhrif á áframhaldandi eftirspurn eftir ferðalögum til Íslands. Breytt ferðahegðun getur haft álíka áhrif. Þar sem náttúra Íslands er eitt helsta aðdráttaraflið geta verið samlegðaráhrif á milli þess að draga úr losun og viðhalda ímynd Íslands.

Ferðaþjónustaðilar hafa þegar hafið vegferð í átt að uppbyggingu vistvænna ferðamannastaða. Sem dæmi má nefna uppbyggingu gestastofu við Ásbyrgi þar sem byggingar hafa verið endurgerðar og -nýttar og þannig dregið úr losun gróðurhúsalofttegunda vegna uppbyggingar staðarins (sjá mynd 8.3).

Efnahags- og samfélagsleg áhrif vegna áhrifa loftslagsbreytinga á ferðaþjónustu hafa ekki verið rannsókuð hérlendis. Þó voru rök færð fyrir því í V2018 að efnahagsleg áhrif á Íslandi væru líkleg til að vera jákvæð, til skamms tíma að minnsta kosti, vegna aukinnar eftirspurnar eftir ferðum til kaldari landa og ásóknar í náttúrufyrirbrigði sem væru viðkvæm fyrir loftslagsbreytingum. Nú þegar eru jöklaferðir og jöklatengd afþreying afar mikilvæg íslenskri ferðaþjónustu í efnahagslegu tilliti, þá sérstaklega fyrir ákveðin sveitarfélög.

Hvalaskoðun er annað dæmi um mikilvæga tegund ferðaþjónustu sem gæti orðið fyrir áhrifum loftslagsbreytinga (Oddný Þóra Óladóttir, 2022). Greining á mögulegum áhrifum loftslagsbreytinga á farhegðun hvala og hvalaskoðun á Skjálfaflóa sýndi fram á tölfræðilega marktæka fylgni á milli aukins yfirborðshita sjávar og minni sýnileika hrefnu, en aukins sýnileika steypireiðs (Malinauskaite o.fl., 2022).

Efnahags- og samfélagsleg áhrif loftslagsbreytinga á ferðaþjónustuna munu að hluta til ráðast



Mynd 8.3: Gestastofan Ásbyrgi
(Mynd: Vatnajökulsþjóðgarður, birt með leyfi).

af viðbrögðum aðila í ferðaþjónustu. Rannsóknir sýna að ferðaþjónustan hefur þegar hafið aðlögun að breyttum aðstæðum.

Í doktorsrannsókn sinni skoðaði Jóhannes Welling (Welling og Árnason, 2016; Welling og Abegg, 2019) meðal annars hvernig aðlögun að loftslagsbreytingum er háttáð hjá smáum og meðalstórum fyrirtækjum í jöklaferðamennsku og lagði mat á hvaða þættir hafa áhrif á aðlögun þessara fyrirtækja. Skipta má áhrifum loftslagsbreytinga á jökultengda ferðaþjónustu í fjóra flokka:

- **Skert aðgengi**, svo sem vegna jökullóna eða nýrra áa.
- **Aukna náttúruvá**, svo sem vegna jökulhruns (*e. calving glaciers*) sem kemur af stað öldum og flóðum, sem og auknum aur- og skriðuföllum.
- **Breytingar á landslagi**, svo sem vegna aukinnar þekju aurs á jöklum og þar sem jökull hverfur eins og í tilviki Oksins.
- **Ný tækifæri**, svo sem með tilkomu fleiri jökullóna og auknum áhuga á náttúru á hverfanda hveli (*e. last chance tourism*).

Niðurstöður sýndu að meirihluti aðlögunaraðgerða reyndist tilfallandi. Þá var einnig bent á ýmsar hindranir fyrir framsýnni aðlögun, m.a. skammtímahugsun, togstreitu milli ólíkra hagsmuna og ólíkar þarfir hvað varðar þær upplýsingar sem þarf til beita framsýnni aðlögun. Nánar er fjallað um verkefni Jóhannesar Welling í samhengi aðlögunar í kafla 11.

Mikilvægt er að efla enn frekar rannsóknir á mögulegum áhrifum loftslagsbreytinga á ferðaþjónustu, samfélagslegum og hagrænum, og mögulegum viðbrögðum ferðaþjónustuaðila og ferðamanna.

8.6 Vátrygginga- og fjármálastarfsemi

Vátrygginga- og fjármálastarfsemi er kerfislega og þjóðhagslega mikilvæg starfsemi. Hún snýr að margvíslegum fyrirtækjum, svo sem bönkum, einkareknum vátryggingafélögum, lífeyrissjóðum, Náttúruhamfaratryggingu Íslands og sjóðum, eins og Bjargráðasjóði, sem bæta sumt veðurfarstjón (sjá umfjöllun í Hvítbók um aðlögun að loftslagsbreytingum 2021).

Vátrygginga- og fjármálastarfsemi getur bæði orðið fyrir áhrifum af loftslagsbreytingum og verið hluti lausnar þegar kemur að því að stýra veðurtengdri áhættu (sjá t.d. Hvítbók (2021)). Skipta má áhrifum loftslagsbreytinga á seðlabanka, almenna bankastarfsemi, lífeyrissjóði, tryggingafélög og aðra fjármálastarfsemi í tvo flokka. Annars vegar *raunlæga áhættu*, sem verður til vegna raunáhrifa loftslagsbreytinganna sjálfra vegna tjóns á eignum. Hins vegar *umbreytingaráhættu*, sem verður til vegna áhrifa af mótvægisáðgerðum, það er aðgerðum sem eiga að koma í veg fyrir loftslagsbreytingar eða gera mögulegt að aðlagast þeim. Aðgerðirnar sem um ræðir gætu t.d. átt við nýja tækni, breytingar á reglum og breytingar á eigna- og fjármagnsmörkuðum (Landsbankinn, 2020).

Vátrygginga- og fjármálastarfsemi mun í auknum mæli þurfa að upplýsa um umhverfis- og loftslagsáhættu sem tengist rekstri; hvernig áhættan er metin, skilgreind og henni stýrt. Ákvæði um ófjárhagslega upplýsingagjöf er þegar að finna í lögum um ársreikninga nr. 3/2006 (Alþingi, 2006), í nýjum lögum um upplýsingagjöf um sjálfbærni á sviði fjármálaþjónustu og flokkunarkerfi fyrir sjálfbærar fjárfestingar (Alþingi, 2023). Að auki hefur áhersla á ábyrgar fjárfestingar vaxið, til dæmis við endurskoðun á lögum nr. 129/1997 um skyldutryggingu lífeyrisréttinda og starfsemi lífeyrissjóða. Árið 2017 kom einnig inn ákvæði um siðferðileg viðmið í fjárfestingum lífeyrissjóða.

Hér verður fjallað um áhrif og viðbrögð aðila sem flokkast til vátrygginga- og fjármálastarfsemi, Seðlabankans, banka, tryggingafélaga og lífeyrissjóða.

8.6.1 Loftslagsbreytingar og hlutverk seðlabanka

Í desember 2017 var haldin ráðstefna sem kennd er við „One Planet Summit“ þar sem 8 seðlabankar stofnuðu samtök seðlabanka og fjármálaeftirlita um grænkun fjármálakerfa (e. *Central Banks and Supervisors Network for Greening the Financial System; NGFS*). Í ársskýrslu NGFS tveimur árum síðar voru sett fram eftirfarandi ráð til seðlabanka í samhengi loftslagsbreytinga. Þar er lögð áhersla á eftirfarandi atriði (NGFS, 2019):

1. Loftslagsáhætta þarf að vera hluti af þjóðhagsvarúð.
2. Sjálfbærni þarf að vera tekin til greina í eigin eignastýringu seðlabanka.
3. Tryggja þarf að gagnasöfn séu fullnægjandi og að þau séu nýtt.
4. Öflun og miðlun þekkingar.
5. Krafa um og stöðlun upplýsingagjafar þar sem umhverfis- og loftslagsáhætta þarf að vera skýr þegar kemur að fjármálafyrirtækjum og atvinnulífinu.
6. Stuðla að tilvist alþjóðlegra flokkunarreglna fyrir atvinnulífið og græna áhættu.

Síðan þessi sex ráð voru gefin út hefur vaxandi þungi orðið í mikilvægi þess að seðlabankar víða um heim, þ.m.t. Seðlabanki Íslands, meti og taki til greina í sinni starfsemi hver áhrif aukinnar áhættu vegna loftslagsbreytinga eru á stefnu og starfsemi seðlabanka (Gunnar Jakobsson o.fl., 2021). Hvað Seðlabanka Ísland varðar skiptir eftirfarandi máli:

- Loftslagsáhætta er raunveruleg og vaxandi og mun hafa áhrif á stöðugt verðlag, fjármála-stöðugleika og öryggi fjármálakerfisins. Afleiðingar og viðbrögð gera loftslagsmálin því að einu stærsta efnahagsmáli samtímans. Vegna þessa væri það óábyrgt að taka ekki tillit til hennar í starfsemi Seðlabankans.
- Greiningar frá Seðlabanka, og haglíkön almennt, þurfa í auknum mæli að taka tillit til umbreytingar- og raunáhættu sem stafar af breytingum í loftslagi og aðgerðum stjórnvalda til að draga úr áhrifum þeirra.
- Umbreytingar- og raunáhætta loftslagsbreytinga munu hafa áhrif á gæði eignasafna fjármálafyrirtækja og getur þannig veikt viðnámsþrótt þeirra. Þróa þarf sviðsmyndir og álagspróf til að meta slík áhrif.
- Upplýsingagjöf fjármálafyrirtækja er undirstaða gagnsæis og greininga á áhrifum loftslags-áhættu og þarf fjármálaeftirlit að tryggja slíka upplýsingagjöf í samræmi við Evrópureglur, auk heilbrigðra viðskiptahátta við grænkun fjármálakerfisins.
- Talið er æskilegt að taka tillit til loftslagsáhættu við framkvæmd peningastefnu, meðal annars með því að setja viðmið varðandi efnahagsreikning Seðlabankans og stýringu gjaldeyrisfordans. Til dæmis hefur sænski seðlabankinn sett ákveðin skilyrði fyrir því hvaða skuldabréf eru keypt í eignasafn bankans vegna áhættunnar við að eiga þessi bréf þegar loftslagsáhættan raungerist.

Seðlabanki Íslands gerðist aðili að NGFS árið 2020. Ári síðar, í samstarfi við NGFS og samhliða COP26 ráðstefnunni, setti bankinn fram tilteknar skuldbindingar vegna áhættu af loftslagsbreytingum. Þær snúa bæði að eigin rekstri og starfsemi ábyrgðarsviða bankans (Gunnar Jakobsson o.fl., 2021). (Sjá frekari umfjöllun í kafla 11).

Hlutverki og umboði Seðlabanka Íslands og snertiflötum við loftslagsbreytingar (Gunnar Jakobsson o.fl., 2021) má skipta í þrjá þætti: fjármálastöðugleika, fjármálaeftirlit og peningamálustefnu. Hvað **fjármálastöðugleika** varðar er mikilvægt að leggja áherslu á greiningar og

þróun þjóðarvarúðartækja. Ráðast þarf í sviðsmyndagreiningu loftslagsáhættu, þar sem áhættan er greind og metið að hvaða áhættu er mögulega ekki verið að huga. Nýta þarf álagspróf til að greina og meta fjárhagsáhættu fjármálakerfisins. Meta þarf áhrif á greiðslumiðlun og öruggt fjármálalíf. Í samhengi **fjármálaeftirlits** þarf að leggja áherslu á fjóra þætti: (1) Áhættuflokkun og staðlaða upplýsingagjöf, (2) áhættustefnu og trausta stjórnarhætti, (3) góða viðskiptahætti og lágmörkun grænþvottar og (4) samráð og væntingastjórnun. Sem dæmi um viðskiptahætti og mögulegan grænþvott má nefna hvort verið sé að veita lán til verkefna sem eru kölluð græn en eru það í raun ekki. Við framkvæmd **peningastefnu** þarf að gera sér grein fyrir samspili loftslagsáhættu og haglíkana.

Eins og rakið er hér að ofan eru einungis nokkur ár síðan seðlabankar víða um heim fóru að líta á loftslagsbreytingar sem efnahagsvandamál og leggja mat á áhrif þeirra á fjármálakerfi. Gera má ráð fyrir að aðferðafræði seðlabanka við mat á loftslagsáhættu og efnahagslegum áhrifum verði traustara með aukinni reynslu. Auk þess sem loftslagsbreytingar skapa áhættu fyrir fjármálakerfið munu óhjákvæmilegar efnahagsbreytingar, sem viðbrögðin hafa í för með sér, valda skapandi umbyltingu í iðnaði, tækni og fyrir fjármálastarfsemi (Grippa o.fl., 2019). Í ljósi þeirra áhrifa sem loftslagsbreytingar og aðgerðir gegn þeim geta haft á fjármálakerfið er líklegt að loftslagsmál verði í sívaxandi mæli viðfangsefni fjármálageirans (Guðmundur Örn Jónsson, 2022).

8.6.2 Loftslagsbreytingar og hlutverk banka og lífeyrissjóða

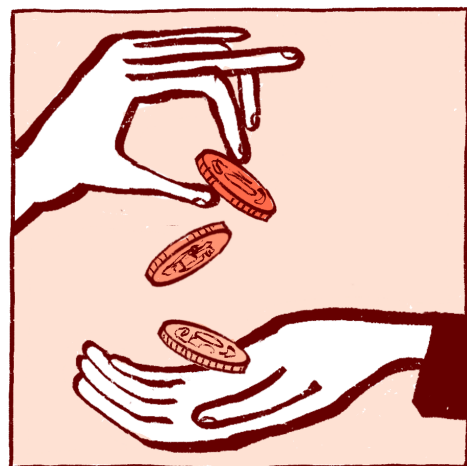
8.6.2.1 Almenn bankastarfsemi

Áhrif loftslagsbreytinga, eða loftslagsáhætta í tilfalli banka, felur annars vegar í sér aukna fjárhagslega óvissu eða áhættu og hins vegar kostnað tengdum fjárfestingum eða útlánunum. Bankar eru þó í lykilaðstöðu innan samfélagsins til að búa til og beita hvötum til umskipta og viðbragða.

Ein og minnst var á í grein 8.6 má skipta áhættu sem tengist loftslagsbreytingum í tvo flokka; raunlæga áhættu á eignasafn (*e. physical risk*) eða umbreytingaráhættu á eignasafn (*e. transition risk*) (TCFD, 2017).

Raunlæg áhætta á eignasafn felur í sér þá mögulegu áhættu sem skapast vegna loftslagsbreytinga. Áhættan getur verið viðvarandi (*e. chronic*) eða brád (*e. acute*) en þó í báðum tilvikum undirorpin óvissu. Óvissan skapast meðal annars af því að framtíðin er óljós og áhrifin óviss, bæði hvað varðar birtingarmynd þeirra og hvar þau raungerast. Einnig er óvissa um áhrif á atvinnugreinar og hvort mismunandi atvinnugreinar séu undirbúnar undir áhrif loftslagsbreytinga, aðlögun að þeim og möguleika til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda, þar sem bæði bein og óbein losun er tekin til greina.

Almenn greiningargeta banka á þessum áhrifum er fremur skammt á veg komin en þó er PACTA (*e. Paris Agreement Capital Transition Assessment*) fyrir banka hvað þróaðasta verkfærið til að greina raunlæga áhættu eignasafna. PACTA er opinn hugbúnaður sem gerir bönkum kleyft að meta hversu vel eignasafn þeirra fellur að sviðsmyndum loftslagsbreytinga, sem og að meta einstök fyrirtæki í því samhengi (*Transition Monitor* 2022). Hugveitan Rocky Mountain er umsjónaraðili PACTA. Íslenskir bankar eru skammt á veg komnir við að meta raunlæga áhættu, svo sem vegna fasteignalána. Þó er líklegt að gögn frá Veðurstofu Íslands gætu nýst bönkunum í að áætla áhrif flóða á fasteignalánasafn sitt.



Umbreytingaráhætta á eignasafn er áhætta sem felst í hagrænum og samfélagslegum breytingum í átt til kolefnishlutleysis. Áhættan getur tengst stefnumótun og reglugerðabreytingum, áhættu tengdri tæknibreytingum, breytingum á mörkuðum, lagalegri þáttum og almenningssálini (*e. social license to operate*). Það er nokkuð auðveldara að gera sér grein fyrir umfangi umbreytingaráhættu þar sem hún raungerist nær nútímanum en raunlæg áhætta og mögulegt að átta sig á því hvar afleiðingarnar verða helst. Þó eru fjárhagslegar afleiðingar fyrir banka ekki vel þekktar.

Regluverkið er að breytast hratt innan margra atvinnugreina. Má þar til dæmis nefna flokkunarreglugerð Evrópusambandsins sem á að leiða til þess að fjárfestingar leiti í átt til sjálfbærra verkefna. Þá er mikilvægt að sameiginlegur skilningur sé á því hvað meint er með *sjálfbærum verkefnum*, en reglugerðin er einmitt kerfi sem tiltekur hvaða verkefni teljast umhverfislega sjálfbær.

Aðrar reglur, sem þegar eru innleiddar, eru SFDR (*e. Sustainable Finance Disclosure Regulation*) og kröfur evrópska fjármálaeftirlitsins (EBA) varðandi innleiðingu sjálfbærniáhættu í upplýsingagjöf til EBA í gegnum áhættuskýrslu banka (European Banking Authority (EBA), 2022). Viðbrögð banka við loftslagsvánni hafa verið margvísleg en hér má nefna að innlendir bankar eru aðilar að reglum um ábyrgar fjárfestingar (*e. Principles for responsible investment, PRI*), reglum um ábyrga bankastarfsemi, hafa gefið út græn skuldabréf og metið óbeina losun gróðurhúsalofttegunda frá sinni starfsemi í gegnum útlán og fjárfestingar (Landsbankinn, 2018).

Mat á losun gróðurhúsalofttegunda frá útlánasöfnum. Íslandsbanki, PCAF (*e. Partnership for Carbon Accounting Financials*) er alþjóðleg aðferðafræði, sem enn er í þróun, þar sem bæði er metin bein og óbein losun gróðurhúsalofttegunda frá fjárfestingum og útlánasafni þeirra. Á grundvelli hennar hafa Landsbankinn, Arion banki og Kvika birt losunartölur og niðurstöður sýna að óbein losun tengd íslenskum bönkum er aðallega tengd sjávarútvegi og flutningi, bæði á sjó og landi.

Græn skuldabréf. Fjármálafyrirtæki eru í lykilstöðu til að fjármagna verkefni sem leiða til samdráttar í losun gróðurhúsalofttegunda eða minni umhverfisáhrifa almennt. Græn skuldabréf, samkvæmt skilgreiningu Alþjóðasamtaka aðila á verðbréfamarkaði (*e. International Capital Market Association, ICMA*), eru hvers kyns skuldabréfagerningar þar sem fjármunum er varið í að fjármagna eða endurfjármagna ný eða fyrirbyggjandi græn verkefni, að hluta eða að fullu, og sem samræmast fjórum grunnstöðum viðmiða ICMA um græn skuldabréf (*e. green bond principles, GBP*) (ICMA, 2021). Í raun er enginn munur á grænum skuldabréfum og öðrum skuldabréfum, fyrir utan að söluandvirði grænna skuldabréfa skal varið til umhverfisvænna verkefna. Útgáfa grænna skuldabréfa er því dæmi um vöru sem fjármálafyrirtæki bjóða uppá sem hvetur til fjárfestinga í loftslagsvænum verkefnum. Umgjörð grænna skuldabréfa fylgir valkvæðum viðmiðum um græn skuldabréf, sem er lýst í GBP, þar sem meðal annars er tekið á hvers konar verkefni má fjármagna. Markmið ICMA með þessu er að stuðla að samræmdu verklagi, koma í veg fyrir grænþvott og stuðla að gagnsæi og upplýsingagjöf til fjárfesta. Dæmi um verkefni sem má fjármagna eru verkefni tengd endurnýjanlegri orku, minni orkukræfni, grænum samgöngum, aðlögun að loftslagsbreytingum, hringrásarhagkerfi og grænum byggingum. Ekki er sjálfgefið að fá betri kjör á grænni skuldabréfaútgáfu þó það sé stundum raunin. Reynolds erlendis sýnir að ávöxtun grænna skuldabréfa er almennt ekki síðri en annarra.

Íslensk fjármálafyrirtæki, önnur fyrirtæki og sveitarfélög hafa ráðist í útgáfu grænna skuldabréfa. Reykjavíkurborg gaf út fyrsta skuldabréfið en Orkuveita Reykjavíkur er stærsti útgefandinn hér á landi (sjá töflu 8.2).

Mikilvægt er að bankar fylgist vel með þeirri þróun sem er að eiga sér stað erlendis. Regluverk um grænar skuldabréfaútgáfur er einnig að verða til innan Evrópusambandsins og búast má við að útgefendur fylgi þeim fremur en leiðbeiningum ICMA. Leiðbeiningar Evrópusambandsins

Útgefandi	Upphæð	Hlutfall (%)
Arion banki hf.	11.8	5.6
Brim hf.	5.0	2.4
Félagsbústaðir hf.	18.8	8.9
Gróska ehf.	4.2	2.0
HS Veitur hf.	2.0	0.9
IS Kredit SPV 21 hs.	12.0	5.7
Íslandsbanki hf.	17.5	8.3
Kvika banki hf.	6.2	2.9
Lánasjóður sveitarfélaga ohf.	8.4	4.0
Ljósleiðarinn ehf.	8.2	3.9
Orkuveita Reykjavíkur	54.6	25.9
Reginn hf.	34.1	16.2
Reykjavíkurborg	22.3	10.6
Sveitarfélagið Árborg	5.8	2.7

Tafla 8.2: Útgáfa grænna skuldabréf á Íslandi í milljörðum króna í október 2023 (Heimild: Reynir Smári Atlason, óbirt).

byggja þó að miklu leiti á leiðbeiningum ICMA og því ætti ekki að verða mikil breyting á fyrirkomulagi grænna skuldabréfaútgáfa.

8.6.2.2 Lífeyrissjóðir

Þar sem starfsemi lífeyrissjóða er tengd almannahagsmunum, sbr. 2. gr. laga um ársreikninga, eru þeir skilgreindir sem kerfislega mikilvægir eftirlitsskyldir aðilar. Í ljósi þessa er mikilvægt að meta hvort loftslagsbreytingar ógna afkomu lífeyrissjóða og þar með greiðslum til sjóðsfélaga í framtíðinni. Þetta á sérstaklega við um loftslagsáhættu þeirra fyrirtækja sem sjóðirnir hafa fjárfest í eða hyggjast fjárfesta í. Þó er mikilvægt að horfa til þess að veruleg fjárfestingatækifæri kunna að vera tengd þeim umskiptum sem eru að verða á hagkerfum heimsins, og fjárfestingar í loftslagsvænum verkefnum gætu verið viðskiptatækifæri.

Árið 2021 var stofnaður samstarfsvettvangur norrænna og breskra lífeyrissjóða um græn verkefni og gengu 13 íslenskir lífeyrissjóðir í samstarfið. Markmið þess er að leggja 130 milljarða Bandaríkjadala í græn verkefni. Sem aðilar að þessu samstarfi ætla íslenskir lífeyrissjóðir að veita 580 milljörðum til loftslagstengdra verkefna til ársins 2030, sem er um 9% af heildareignasafni lífeyrissjóðanna árið 2021 (RÚV, 2021). Sem dæmi um aðrar aðgerðir útilokaði Lífeyrissjóður verslunarmanna fjárfestingar í 88 fyrirtækjum sem framleiða jarðefnaeldsneyti. Í samanburði ætlar hollenskur lífeyrissjóður að losa sig við meirihluta fjárfestinga í jarðefnaeldsneytisfyrirtækjum, en það eru um 3% af heildareignum sjóðsins.

8.6.3 Loftslagsbreytingar og tryggingafélög

Tryggingastarfsemi, líkt og önnur fjármálastarfsemi, er talin kerfislega og þjóðhagslega mikilvæg. Undir tryggingastarfsemi fellur Náttúruhamfaratrygging Íslands (NTÍ) og einkarekin vátryggingafélög. Þessir aðilar veita vátryggingavernd gagnvart tjónum tengdum náttúruhamförum, svo sem vegna loftslagsbreytinga, þó svo að áhættan sé sjaldnast skilgreind sem slík. Þessu til viðbótar má nefna aðra sjóði sem koma að loftslags- og náttúruhamfaratengdri óvissu, t.d. Ofanflóðasjóð og Bjargráðasjóð.

Náttúruhamfaratrygging Íslands (NTÍ) (2023) (fyrrum Viðlagatrygging en nafni stofnunarinnar var breytt árið 2018), bætir tjón á eignum af völdum jarðskjálfta, eldgosa, skriðufalla,

snjóflóða og vatnsflóða. Hér er um að ræða húseignir, innbú og lausafé, innviði svo sem veitur, hafnir og brýr, síma- og fjarskiptainnviði í meirihlutaeigu hins opinbera, sem og skíðalyftur. Erlendar eignir má tryggja hjá váttryggingafélögum með starfsleyfi hér á landi. Til þess að innbú sé váttryggt gegn náttúruhamförum þarf það að vera brunatryggt hjá einkareknum tryggingafélögum og er iðgjald innheimt samhliða brunatryggingum.

NTÍ vinnur eftir viðbragðsáætlun við náttúruhamförum en hún tryggir að stofnunin geti tekist á við stóra tjónsatburði. Áætlunin er byggð á sviðsmyndum og líkindafræðilegum greiningum á mögulegum tjónsviðburðum í framtíðinni. Áhættustýring NTÍ felur í sér kaup á endurtryggingavernd á erlendum mörkuðum en hún á að tryggja gjaldþol stofnunarinnar.

Nokkur hluti mögulegra tjóna, sem tengjast loftslagsbreytingum, eru undanþegin bótaskyldu, t.d. tjón vegna asahláku eða skýfalls, óveðurstjórn og foktjón og tjón vegna snjóþunga. Þessi tjón er hægt að tryggja sérstaklega hjá einkareknu félögum með valfrjálsum tryggingum. Tryggingavernd sem snýr að áhrifum loftslagsbreytinga, sem birtast sem náttúruvá, eru því annars vegar skyldutryggingar og hins vegar valkvæðar tryggingar.

Ofanflóðasjóður, sem rekinn er af ríkissjóði, er forvarnasjóður stofnaður um varnir gegn snjóflóðum. Ofanflóðanefnd er umsýsluadili sjóðsins og ráðstafar fjármunum úr honum. Fara þeir fjármunir meðal annars í áhættumat, uppsetningu búnaðar og tækja til rannsókna og undirbúning, framkvæmdir og viðhald vegna varnarmannvirkja (sjá lög um varnir gegn snjóflóðum og skriðuföllum (1997) og reglugerð 637/1997).

Bjargráðasjóður er bótasjóður sem er sjálfstæð stofnun í eigu Bændasamtaka Íslands og íslenska ríkisins og fer hvor um sig með 50% eignahlut. Náttúruhamfaratrygging er umsýsluadili sjóðsins (*Bjargráðasjóður* 2023). Sjóðurinn skiptist í tvær deildir; Almenna deild og búnaðardeild. Almenna deildin veitir fjárhagsaðstoð til einstaklinga og félaga sem hafa orðið fyrir meiriháttar tjóni af völdum náttúruhamfara en búnaðardeildin bætir meiriháttar tjón sem einstaklingar eða félög verða fyrir vegna óvenjulegs veðurfars, meðal annars tjón á afurðum og uppskeru (sjá lög um Bjargráðasjóð (2009) og reglugerð 30/1998).

Einkarekin váttryggingarfélög bæta tjón vegna veðurfarstjóna ef viðskiptavinir hafa keypt sér slíka vernd. Geta veðurfarstjón haft áhrif á skaðatryggingar sem og persónu- og líftryggingar.

Váttryggingafélög, hvort sem þau eru rekin af opinberum aðilum eða einkaaðilum, geta haft áhrif á viðbrögð við loftslagsbreytingum á margvíslegan hátt. Þau geta aukið **áhættuvitund** og **miðlað þekkingu** með ráðgjöf til viðskiptvina og hagaðila um áhættugreiningu og áhættustjórnun, svo sem í samhengi endurbóta á skipulagi og byggingarreglugerðum auk þess með að miðla upplýsingum og gögnum. Í gegnum **kjarnastarfsemi** geta þau einnig haft áhrif á viðbrögð við loftslagsbreytingum með áhættumiðuðum váttryggingakjörum, skilyrtum váttryggingaskilmálum eða undanþáguákvæðum sem breyta hegðan váttryggingataka. Þau dreifa einnig áhættu í gegnum alþjóðlegan váttryggingamarkað. Með **forvarna- og viðvörunarkerfum** geta váttryggingafélög reynt að forða tjónum og beint fjárfestingum og aðgerðum í loftslagsvænni áttir meðmati á loftslagsáhættu (Jóhannsdóttir, 2017).

Sendi rammaáætlun Sameinuðu þjóðanna, sem Ísland er aðili að, snýst um aðgerðir til að draga úr áhrifum hamfara á tímabilinu 2015-2030, sjá nánari umfjöllun í kafla 11

8.6.3.1 Áhrif loftslagsbreytinga á tryggingafélög

Veðurfarstjón hafa áhrif á rekstur váttryggingarfélag, þar sem slíkir atburðir geta haft neikvæð áhrif á persónu- og eignatjón. IAIS (2021) segir að loftslagsáhætta geti verið til staðar fyrir a.m.k. 35% af fjárfestingum váttryggingarfélag og hefur Evrópska eftirlitsstofnunin um váttrygginga- og

lífeyrissjóði (EIOPA) birt leiðbeiningar til að hjálpa váttryggingafélögum og lífeyrissjóðum við takast á við loftslagsáhættu (EIOPA, 2022a; EIOPA, 2022b).

Erlendis hefur orðið aukning á tíðni og umfangi veðurfarstengdra tjóna. Ein ástæða er mikil samþjöppun eigna og þéttbýlismyndun á svæðum þar sem hætta er á loftlagstengdum náttúruhamförum, svo sem vatns- og sjávarflóðum, skriðuföllum og snjóflóðum (Hvítbók, 2021). Samkvæmt gögnum NTÍ voru skráðir 276 atburðir á Íslandi frá 1987–2022 (sjá umfjöllun og mynd 10.6 í grein 10.4.1). Af þeim voru 9% tengd vatns- og sjávarflóðum, 6% aurskriðum og 13% snjóflóðum. Þegar dreifing þessara atburða frá 1987 er skoðuð er ekki hægt að merkja aukningu í tíðni. Langstærsti atburðurinn eru aurskriðurnar sem áttu sér stað á Seyðisfirði í desember 2020. Ef tjónskostnaður frá því tímabili er skoðaður má sjá veika aukningu, en ef stóri atburðurinn á Seyðisfirði er fjarlægður er ekki marktæk aukning í tjónakostnaði. Það er þó mat NTÍ að tíðni og umfang tjóna muni aukast og að endurkomutími atburða styttest. Það gæti þýtt aukinn tjónskostnað og hærri iðgjöld.

Loftslagstengdir atburðir annars staðar í heiminum geta einnig haft áhrif á rekstur innlendra váttryggingarfélaga, svo sem NTÍ, vegna endurtryggingasamninga við erlend váttryggingafélög (Hvítbók, 2021). Loftslagsáhætta getur leitt til hækkunar á váttryggingaiðgjöldum vegna aukinnar tjónatíðni og bótafjárhæða sem greiddar eru og mögulega gjaldþrots váttryggingarfélaga (OECD, 2021; PACICC, 2022). Líkt og í tilfelli bankastarfsemi, má skipta loftslagstengdri áhættu tryggingarfélaga í raunlæga áhættu og umbreytingaáhættu. Raunlæg áhætta felst í áhrifum loftslagsbreytinga á eignir, aðföng, rekstur, aðfangakeðjur og heilsu í víðu samhengi og getur skapað eigna-, bóta-, og skaðabótaskyldu. Umbreytingaráhætta snýr að áhættu tengdri viðbrögðum við loftslagsbreytingum, svo sem breyttri löggjöf og stefnumörkun stjórnvalda, orðspori á markaði og tæknilegri áhættu. Einnig má nefna félagslega áhættu og áhættu sem lýtur að stjórnarháttum viðkomandi starfsemi.

Dæmi um óbein áhrif loftslagsbreytinga á váttryggingavernd hér á landi eru gróðureldar, sem verða algengari í kjölfar hlýnunar, en sú vá getur í meira mæli aukið kröfur um tryggingavernd (Hvítbók, 2021).

Lára Jóhannsdóttir hefur metið styrkleika og veikleika (sjá töflur 8.4 og 8.3, NTÍ og opinberra sjóða annars vegar og einkarekinna tryggingafyrirtækja hins vegar, í samhengi við áhrif loftslagsbreytinga (Johannsdóttir og Wallace, 2018). Nánar verður fjallað um viðbrögð tryggingafélaga við loftslagsvá í kafla 11.

Tafla 8.3: NTÍ og opinberir sjóðir

Styrkleikar	Veikleikar
Skyldutryggingar vegna tjóna á eignum af völdum jarðskjálfta, eldgosa, skriðufalla, snjóflóða og vatnsflóða	Skortur á framboði og fullnægjandi vernd gegn flóðum en flóðahætta getur aukist vegna loftslagsbreytinga
Fjárhagslegur styrkur opinbera kerfisins	Flækjur í stjórnskipulagi hins opinbera geta dregið úr skilvirkni
Skilvirkt kerfi áhættustýringar, t.d. viðbragðsáætlun vegna náttúruhamfara, innleiðing á ISO 22301um rekstrarsamfellu og nýlegt upplýsingakerfi	NTÍ tekur ekki þátt í gerð skipulagsáætlana sem unnar eru af fámennum sveitarfélögum með takmarkaða fjármuni og sérþekkingu
Aðgangur að gögnum frá fasteignaskrá o.fl.	
Aukið samtarf við ýmsa hagaðila	

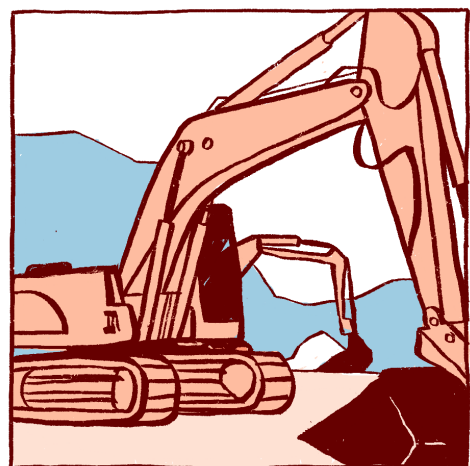
Tafla 8.4: Einkarekin váttryggingafélög

Styrkleikar	Veikleikar
Valkvæðar tryggingar sem tengjast stormum, skýfalli, asahláku og snjóþunga	Skortur á gagnsæi um aðgerðir í loftslagsmálum hjá einstökum félögum sem og hjá samtökum fjármálafyrirtækja.
Forvarnakerfi og viðvörunarkerfi	Skortur á upplýsingum t.d. um tíðni og alvarleika tjóna, váttryggingarkjör og skilmála.
	Skortur á upplýsingum um það hvort og þá hvernig tjónaupplýsingar nýtast til að draga úr áhættu af veðurfarstjónum með endurbótum reglugerða sem lúta að hönnun mannvirkja eða landsskipulagi

8.7 Áhrif loftslagsbreytinga og umbreyting atvinnulífsins

Eins og fram kemur í kaflanum þá gera afleiðingar loftslagsbreytinga og viðbrögð við þeim loftslagsmál að einu stærsta efnahagsmáli samtímans. Í kaflanum var að mestu einblínt á þær atvinnugreinar sem líklegastar eru til að verða fyrir beinum áhrifum loftslagsbreytinga, svo sem landbúnað, sjávarútveg og ferðaþjónustu og þá geira atvinnulífsins sem eru í lykilaðstöðu til að stuðla að og styðja við viðbrögð, svo sem fjármála- og váttryggingastarfsemi. Þrátt fyrir að áhrif loftslagsbreytinga séu sýnilegust á þá geira sem verða fyrir beinum áhrifum geta allar atvinnugreinar orðið fyrir óbeinum áhrifum, svo sem vegna áhrifa á aðfangakeðjur (Pörtner o.fl., 2022, bls 66).

Heildaráhrifin ná til núverandi atvinnugreina þó þau, og viðbrögð við þeim, kalli ekki síður á umbreytingu atvinnulífs sem getur skapað tækifæri fyrir nýsköpun og nýjar atvinnugreinar. Meðal þessa má nefna kolefnisföngun og -förgun, framleiðslu nýrra orkugjafa eða orkuþvera, framleiðslu próteina, aukna skilvirkni og hringrás framleiðslukerfa og aðra starfsemi sem stuðlar að hinu svokallaða lág-kolvetnishagkerfi, þ.e. efnahagsstarfsemi sem miðar að sem minnstri losun. Þegar falla nokkur fyrirtæki á Íslandi í þennan flokk. Eins og minnst var á í grein 8.6.2.1 er fjármálakerfið, svo sem bankar, í lykilstöðu þegar kemur að því að stuðla að viðbrögðum og umskiptum, en viðbrögðin hafa einnig áhrif á hefðbundnar atvinnugreinar, eins og rakið er í greinum 8.2 og 9.3. Stjórnvöld hafa hlutverk í því að skapa umhverfi sem styður við nýsköpun og breytingar. Í kafli 11 er fjallað um aðlögun að loftslagsbreytingum, en sá hluti hennar sem snýr að uppbyggingu innviða og félagslegra kerfa kann að leiða til atvinnusköpunar á því sviði. Þrátt fyrir vöxt í starfsemi á sviðum sem miða að því að draga úr losun eða afleiðingum loftslagsbreytinga skortir mjög á rannsóknir um áhrif loftslagsbreytinga á íslenskt atvinnulíf og hvaða umbreytingar gætu verið frammundan.



Heimildir

- Abrahams, Z, G Hoogendoorn og J M Fitchett (jan. 2022). „Glacier tourism and tourist reviews: an experiential engagement with the concept of “Last Chance Tourism”“. Í: *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism* 22.1, bls. 1–14. ISSN: 1502-2250. DOI: 10.1080/15022250.2021.1974545. URL: <https://doi.org/10.1080/15022250.2021.1974545>.
- Agnarsson, Sveinn (2020). *Co-creating a decision support framework to ensure sustainable fish production in Europe under climate change*. Deliverable 4.2. Climefish Grant agreement No 677039. sjá einnig www.climefish.eu.
- Alexander, Lisa V., Simon F.B. Tett og Trausti Jonsson (júl. 2005). „Recent observed changes in severe storms over the United Kingdom and Iceland“. Í: *Geophysical Research Letters* 32 (13), bls. 1–4. DOI: 10.1029/2005GL022371.
- Alþingi (1997). *Lög um varnir gegn snjóflóðum og skriðuföllum*. Alþingi. URL: <https://www.althingi.is/lagas/nuna/1997049.html>.
- (2006). *Lög um ársreikninga nr 3/2006*. URL: <https://www.althingi.is/lagas/nuna/2006003.html>.
- (2009). *Lög um Bjargráðasjóð*. Alþingi. URL: <https://www.althingi.is/lagas/153a/2009049.html>.
- (2023). *Lög um upplýsingagjöf um sjálfbærni á sviði fjármálaþjónustu og flokkunarkerfi fyrir sjálfbærar fjárfestingar nr 25/2023*. URL: <https://www.althingi.is/altext/153/s/1682.html>.
- Amundsen, Helene (2012). „Illusions of resilience? An analysis of community responses to change in northern Norway“. Í: *Ecology and Society* 17.46.
- Audzijonyte, Asta, Rebecca Gorton, Isaac Kaplan og Elizabeth A. Fulton (2017a). *Atlantis User's Guide Part I: General Overview, Physics & Ecology*. CSIRO living document.
- (2017b). *Atlantis User's Guide Part II: Socio-Economics*. CSIRO living document.
- Barange, Manuel, Tarif Bahri, Malcolm C. M. Beveridge, Kevern L. Cochrane, Simon Funge-Smith og Florence Poulain, ritstj. (2018). *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 627. Rome: FAO, bls. 628.
- Báez, J.C., L. Gimeno og R. Real (2021). „North Atlantic Oscillation and fisheries management during global climate change“. Í: *Rev Fish Biol Fisheries* 31, bls. 319–336. DOI: 10.1007/s11160-021-09645-z.
- Bjargráðasjóður* (2023). URL: <https://www.nti.is/bjargradasjodur/>.
- ClimeFish Consortium (2020). *ClimeFish*. URL: <http://www.climefish.eu>.
- Collins, C., E. Bresnan, L. Brown, L. Falconer, J. Guilder, L. Jones, A. Kennerley, S. Malham, A. Murray og M. Stanley (2020). „Impact of climate change on aquaculture“. Í: *MCCIP Science Review*, bls. 482–520.
- CSIRO (án árs). *Modelling Australia's Oceans*. URL: <https://blog.csiro.au/modelling-australias-oceans/>.
- Daði Kristofersson, Stefán Gunnlaugsson og Hreiðar Valtýsson (jún. 2021). „Factors affecting greenhouse gas emissions in fisheries: evidence from Iceland's demersal fisheries“. Í: *ICES Journal of Marine Science* 78.7, bls. 2385–2394. ISSN: 1054-3139. DOI: 10.1093/icesjms/fsab109. eprint: <https://academic.oup.com/icesjms/article-pdf/78/7/2385/41746913/fsab109.pdf>. URL: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab109>.
- EIOPA (2022a). *Application guidance on climate change materiality assessments and climate change scenarios in ORSA*. The European Insurance and Occupational Pensions Authority. URL: https://www.eiopa.europa.eu/publications/application-guidance-climate-change-materiality-assessments-and-climate-change-scenarios-orsa_en.
- (2022b). *EIOPA Underlines Its Commitment to Supporting Insurance and Pensions Sectors in Tackling Climate Change*. European Insurance and Occupational Pensions Authority. URL:

- https://www.eiopa.europa.eu/eiopa-underlines-its-commitment-supporting-insurance-and-pensions-sectors-tackling-climate-change-2022-11-18_en (skoðað 07.06.2023).
- Erla Sturludóttir, Guðni Þorvaldsson, Guðríður Helgadóttir, Ingólfur Guðnason, Jóhannes Sveinbjörnsson, Ólafur Ingi Sigurgeirsson og Þóroddur Sveinsson (2021). *Fæðuöryggi á Íslandi*. Gefið út af Erla Sturludóttir og Jóhannes Sveinbjörnsson. Rit LBHÍ nr 139. Landbúnaðarháskóli Íslands.
- European Banking Authority (EBA) (2022). *EBA Publishes Binding Standards on Pillar 3 Disclosures of ESG Risks*. European Banking Authority. URL: <https://www.eba.europa.eu/eba-publishes-binding-standards-pillar-3-disclosures-esg-risks> (skoðað 24.01.2022).
- Feser, F., M. Barcikowska, O. Krueger, F. Schenk, R. Weisse og L. Xia (2015). „Storminess over the North Atlantic and northwestern Europe—A review“. Í: *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 141 (687), bls. 350–382. DOI: 10.1002/QJ.2364.
- Fulton, Elizabeth A., Jason Link, Isaac C. Kaplan, Paul Johnson, Marie Savina-Rolland, Cameron Ainsworth, Peter Horne, Rebecca Gorton, Robert J. Gamble, Tony Smith og David C. Smith (2011). „Lessons in modelling and management of marine ecosystems: The Atlantis experience“. Í: *Fish and Fisheries* 12, bls. 171–188.
- Grafton, R. Quentin (2010). „Adaptation to climate change in marine capture fisheries“. Í: *Marine Policy* 34 (3), bls. 606–615. DOI: 10.1016/J.MARPOL.2009.11.011.
- Grippa, Pierpaolo, Jochen Schmittmann og Felix Suntheim (2019). „Climate Change and Financial Risk“. Í: *International Monetary Fund. Finance & Development*. URL: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/Fandd/Article/2019/December/climate-change-central-banks-and-financial-risk-grippa.ashx>.
- Guðmundur J. Óskarsson, Guðmundur Þórðarsson, Guðni Guðbergsson, Ingibjörg G. Jónsdóttir, Sigurður Guðjónsson og Sólveig R. Ólafsdóttir (2021). *Staða umhverfis og vistkerfis í hafinu við Ísland og horfur næstu áratuga*. Gefið út af Guðmundur J. Óskarsson. Bd. HV 2021-14. Haf- og vatnarannsóknir. Hafnarfjörður: Hafrannsóknastofnun. URL: <https://www.hafogvatn.is/is/midlun/utgafa/haf-og-vatnarannsoknir/stada-umhverfis-og-vistkerfa-i-hafinu-vid-island-og-horfur-naestu-aratuga-hv-2021-14>.
- Guðmundur Örn Jónsson (2022). „Mat á loftslagsáhættu – Aðferðarfræði fjármálafyrirtækja“. Í: *Kalkofninn rit Seðlananka Íslands*. URL: <https://www.sedlabanki.is/utgefing-efni/kalkofninn/grein/2022/07/05/Mat-a-loftslagsahaettu/>.
- Guðni Guðbergsson (2016). *Lax- og silungsveiðin 2016*. Reykjavík: Veiðimálastofnun, bls. 38.
- Guðni Guðbergsson, Hlynur Bárðarson, Ingi Rúnar Jónsson, Sigurður Már Einarsson og Magnús Jóhannsson (2021). „Göngufiskar“. Í: *Staða umhverfis og vistkerfis í hafinu við Ísland og horfur næstu áratuga*. Gefið út af Guðmundur J. Óskarsson. Bd. HV 2021-14. Haf- og vatnarannsóknir. Hafrannsóknastofnun.
- Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson (1996). *Fiskar í ám og vötnum*. Reykjavík: Landvernd, bls. 191.
- Gulev, S K, P W Thorne, J Ahn, F J Dentener, C M Domingues, S Gerland, D Gong, D S Kaufman, H C Nnamchi, J Quaas, J A Rivera, S Sathyendranath, S L Smith, B Trewin, K von Schuckmann og R S Vose (2021). „Changing State of the Climate System“. Í: gefið út af V Masson-Delmotte, P Zhai, A Pirani, S L Connors, C Péan, S Berger, N Caud, Y Chen, L Goldfarb, M I Gomis, M Huang, K Leitzell, E Lonnoy, J B R Matthews, T K Maycock, T Waterfield, O Yelekçi, R Yu og B Zhou. Cambridge University Press, bls. 287–422. DOI: 10.1017/9781009157896.004.
- Gunnar Jakobsson, Ragnheiður Jónsdóttir og Sigrún María Einarsdóttir (2021). „Seðlabankar hafa hlutverki að gegna í loftslagsmálum“. Í: *Kalkofninn rit Seðlananka Íslands*. URL: <https://www.sedlabanki.is/utgefing-efni/kalkofninn/grein/2021/11/03/Sedlabankar-hafa-hlutverki-ad-gegna-i-loftslagsmalum/>.

- Gössling, Stefan og Sara Dolnicar (2023). „A review of air travel behavior and climate change“. Í: *WIREs Climate Change* 14.1, e802. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcc.802>. eprint: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/wcc.802>. URL: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wcc.802>.
- Hagfræðistofnun Háskóla Íslands (2018). *Virði lax- og silungsveiða október 2018. Skýrsla nr. C18:07*. URL: <https://ioes.hi.is/files/2021-05/Virdi-lax-og-silungsveiða.pdf>.
- Hagstofa Íslands (2023). *Sjávarútvegur*. URL: <https://hagstofa.is/talnaefni/atvinnuvegir/sjavarutvegur/> (skoðað 06.01.2023).
- Halldór Björnsson, Bjarni D. Sigurðsson, Brynhildur Davíðsdóttir, Jón Ólafsson, Ólafur S. Ástþórsson, Snjólaug Ólafsdóttir, Trausti Baldursson og Trausti Jónsson (2018). *Loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi – Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar 2018*. Veðurstofa Íslands. URL: <https://www.vedur.is/media/loftslag/Skyrsla-loftslagsbreytingar-2018-Vefur-NY.pdf>.
- Halldór Björnsson, Árný E Sveinbjörnsdóttir, Anna K Danielsdóttir, Árni Snorrason, B D Sigurdsson, Einar Sveinbjörnsson, Gísli Viggósson, Jóhann Sigurjónsson, Snorri Baldursson, Sólveig Þorvaldsdóttir og Trausti Jónsson (2008). „Hnattnænar loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi“. Í: *Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar, Umhverfissráðuneyti*.
- Heck, Nadine, Michael W. Beck og Borja Reguero (2021). „Storm risk and marine fisheries: a global assessment“. Í: *Marine Policy* 132, bls. 104698. DOI: 10.1016/j.marpol.2021.104698. URL: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104698>.
- Hobday, Alistair J., Kevern Cochrane, Nicola Downey-Breedt, James Howard, Shankar Aswani, Val Byfield, Greg Duggan, Elethu Duna, Leo X.C. Dutra, Stewart D. Frusher, Elizabeth A. Fulton, Louise Gammage, Maria A. Gasalla, Chevon Griffiths, Almeida Guissamulo, Marcus Haward, Astrid Jarre, Sarah M. Jennings, Tia Jordan, Jessica Joyner, Narayana Kumar Ramani, Swathi Lekshmi Perumal Shanmugasundaram, Willem Malherbe, Kelly Ortega Cisneros, Adina Paytan, Gretta T. Pecl, Éva E. Plagányi, Ekaterina E. Popova, Haja Razafindrainibe, Michael Roberts, Prathiba Rohit, Shyam Salim Sainulabdeen, Warwick Sauer, Sathianandan Thayyil Valappil, Paryiappanal Ulahannan Zacharia og E. Ingrid van Putten (jún. 2016). „Planning adaptation to climate change in fast-warming marine regions with seafood-dependent coastal communities“. Í: *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 26 (2), bls. 249–264. ISSN: 15735184. DOI: 10.1007/S11160-016-9419-0/FIGURES/5.
- Hvítbók (2021). *Hvítbók um aðlögun að loftslagsbreytingum - Drög að stefnu*. Starfshópur um stefnu stjórnvalda varðandi aðlögun að loftslagsbreytingum. Stjórnarráð Íslands: Umhverfis- og auðlindaráðuneytið.
- IAIS (2021). *Global Insurance Market Report. The Impact of Climate Change on the Financial Stability of the Insurance Sector*. The International Association of Insurance Supervisors (IAIS). URL: <https://www.iaisweb.org/uploads/2022/01/210930-GIMAR-special-topic-edition-climate-change.pdf>.
- ICMA (2021). *The Principles, Guidelines and Handbooks*. International Capital Markets Association. URL: <https://www.icmagroup.org/sustainable-finance/the-principles-guidelines-and-handbooks/>.
- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report*. Gefið út af Priyadarshi R. Shukla, Jim Skea, Raphael Slade, Roger Fradera, Minal Pathak, Alaa Al Khouradajie, Malek Belkacemi, Renée van Diemen, Juliette Malley, David McCollum, Shreya Some og Purvi Vyas. Accessed: 2023-10-02. URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf.
- Johannsdóttir, L og JR Wallace (2018). „Climate change resilience: Role of insurers in bridging the gap between climate change science and heterogeneous stakeholders“. Í: *Handbook of climate change resilience*. Springer.

- Jóhannsdóttir, Lára (2017). „Climate change and Iceland’s risk-sharing system for natural disasters“. Í: *The Geneva Papers on Risk and Insurance – Issues and Practice* 42.2, bls. 275–295.
- Keller, Nicole, Ásta Karen Helgadóttir, Sigríður Rós Einarsdóttir, Rafn Helgason, Birgir Urbancic Ásgeirsson, Diljá Helgadóttir, Inga Rún Helgadóttir, Brian Charles Barr, Chanee Jónsdóttir Thianthong, Kristinn Már Hilmarsson, Leone Tinganelli, Arnór Snorrason, Sigmundur Helgi Brink og Jóhann Þórsson (2023). *National Inventory Report Emissions of Greenhouse Gases in Iceland from 1990 to 2021*. Tæknileg skýrsla. Reykjavík, Iceland: The Environment Agency of Iceland. URL: http://www.umhverfisstofnun.is/library/Skrar/loft/NIR/ISL_NIR%202023_15%20april_on_web.pdf.
- Landsbankinn (2018). *Græn skuldabréf fjárfest í grænni framtíð*. Landsbankinn. URL: <https://www.landsbankinn.is/umraedan/samfelagid/graen-skuldabref-fjarfest-i-graenni-framtid>.
- (2020). *Loftslagsbreytingar – auka og breyta áhættu í fjármálageiranum*. URL: <https://www.landsbankinn.is/umraedan/samfelagid/loftslagsbreytingar-auka-og-breyta-ahaettu-i-fjarmalageiranum>.
- Lee, J.-Y., J Marotzke, G Bala, L Cao, S Corti, J P Dunne, F Engelbrecht, E Fischer, J C Fyfe, C Jones, A Maycock, J Mutemi, O Ndiaye, S Panickal og T Zhou (2021). „Future Global Climate: Scenario-Based Projections and Near-Term Information“. Í: gefið út af V Masson-Delmotte, P Zhai, A Pirani, S L Connors, C Péan, S Berger, N Caud, Y Chen, L Goldfarb, M I Gomis, M Huang, K Leitzell, E Lonnoy, J B R Matthews, T K Maycock, T Waterfield, O Yelekçi, R Yu og B Zhou. Cambridge University Press, bls. 553–672. DOI: 10.1017/9781009157896.006.
- Malinauskaite, L., D. Cook, B. Bavidsdottir, M.P. Karami, T. Koenigk, T. Kruschke, H. Ögmundardóttir og M. Rasmussen (2022). „Connecting the dots: an interdisciplinary perspective on climate change effects on whales, and whale watching in Skjalfandi Bay, Iceland“. Í: *Ocean and Coastal Management* 226, bls. 106274.
- Mason, Julia G, Pamela J Woods, Magnús Thorlacius, Kristinn Guðnason, Vincent S Saba, Patrick J Sullivan og Kristin M Kleisner (nóv. 2021). „Projecting climate-driven shifts in demersal fish thermal habitat in Iceland’s waters“. Í: *ICES Journal of Marine Science* 78.10, bls. 3793–3804. DOI: 10.1093/icesjms/fsab230.
- Maulu, S., O.J. Hasimuna, L.H. Haambiya, C. Monde, C.G. Musuka, T.H. Markorwa, B.P. Mungana, K.J. Phiri og J.D. Nsekanabo (2021). „Climate change effects on aquaculture production: sustainability implications, mitigation and adaptation“. Í: *Frontiers in Sustainable Food Systems* 5, bls. 609097.
- Náttúruhamfaratrygging (2023). URL: <https://www.nti.is/>.
- NGFS (2019). *NGFS Annual Report 2019*. URL: <https://www.greenfinanceplatform.org/research/ngfs-annual-report-2019>.
- NordForsk (2024). *CliCNord - Climate change resilience in small communities in the Nordic countries*. Tímabil: 2022 – 2024. NordForsk. URL: <https://www.clicnord.org/>.
- Oddný Þóra Óladóttir (2022). *Erlendir ferðamenn á Íslandi 2021: Lýðfræði, ferðahegðun og viðhorf*. FMS 2022-17. URL: <https://www.ferdamalastofa.is/static/files/ferdamalastofa/kannanir/2022/erlendir-ferdamenn-a-islandi-jul22.pdf>.
- OECD (2021). *Global Insurance Market Trends 2021*. Organisation for Economic Co-operation and Development. URL: <https://www.oecd.org/daf/fin/insurance/Global-Insurance-Market-Trends-2021.pdf>.
- Oostdijk, Maaïke, Eydis Sturludóttir og Maria Santos (2022). „Risk assessment for key socio-economic and ecological species in a sub-arctic marine ecosystem under combined ocean acidification and warming“. Í: *Ecosystems* 25, bls. 1117–1134.

- PACICC (2022). *Why Insurers Fail: Mapping the road to ruin 2022*. Property og Casualty Insurance Compensation Corporation. URL: <http://www.pacicc.ca/wp-content/uploads/2022/06/Why-Insurers-Fail-Mapping-the-road-to-ruin-2022.pdf>.
- Pörtner, H.-O., D.C. Roberts, H. Adams, I. Adelekan, C. Adler, R. Adrian, P. Aldunce, E. Ali, R. Ara Begum, B. Bednar- Friedl, R. Bezner Kerr, R. Biesbroek, J. Birkmann, K. Bowen, M.A. Caretta, J. Carnicer, E. Castellanos, T.S. Cheong, W. Chow, G. Cissé G. Cissé og Z. Zaiton Ibrahim (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Technical Summary. Cambridge, UK og New York, USA: Cambridge University Press, bls. 37–118.
- RÚV (2021). *Fyrirtækin sem við fjárfestum í þurfa að breytast*. Ríkisútvarpið ohf. URL: <https://www.ruv.is/frettir/innlent/2021-11-03-fyrirtaekin-sem-vid-fjarfestum-i-thurfa-ad-breytast>.
- Sainsbury, Nigel C., Martin J. Genner, Geoffrey R. Saville, John K. Pinnegar, Clare K. O'Neill, Stephen D. Simpson og Rachel A. Turner (2018). „Changing storminess and global capture fisheries“. Í: *Nature Climate Change* 8, bls. 655–659. DOI: 10.1038/s41558-018-0206-x.
- Seneviratne, S.I., X. Zhang, M. Adnan, W. Badi, C. Dereczynski, A. Di Luca, S. Ghosh, I. Iskandar, J. Kossin, S. Lewis, F. Otto, I. Pinto, M. Satoh, S.M. Vicente-Serrano, M. Wehner og B. Zhou (2021). „Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate“. Í: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Gefið út af V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu og B. Zhou. Cambridge, United Kingdom og New York, NY, USA: Cambridge University Press, bls. 1513–1766. DOI: 10.1017/9781009157896.013.
- Sturludottir, E., C. Desjardins, B. Elvarsson, E. A. Fulton, R. Gorton, K. Logemann og G. Stefansson (2018). „End-to-end model of Icelandic waters using the Atlantis framework: exploring system dynamics and model reliability“. Í: *Fisheries Research* 207, bls. 9–24.
- Svenning, Martin-A., Morten Falkegård, J. Brian Dempson, Michael Power, Bård-Jørgen Bårdsen, Guðni Guðbergsson og Per Fauchald (2021). „Temporal changes in the relative abundance of anadromous Arctic charr, brown trout, and Atlantic salmon in northern Europe: Do they reflect changing climates?“ Í: *Freshwater Biology* 67.1, bls. 64–77. ISSN: 1365-2427. DOI: 10.1111/fwb.13693.
- TCFD (2017). *Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures*. URL: <https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2021/10/FINAL-2017-TCFD-Report.pdf>.
- Transition Monitor* (2022). URL: <https://www.transitionmonitor.com> (skoðað 01.06.2023).
- Welling, J. og B. Abegg (2019). „Following the ice: adaptation processes of glacier tour operators in Southeast Iceland“. Í: *International Journal of Biometeorology*. DOI: 10.1007/s00484-019-01779-x.
- Welling, J. og Þ. Árnason (2016). „External and Internal Challenges of Glacier Tourism Development in Iceland“. Í: *Mountain Tourism: Experiences, Communities, Environments and Sustainable Futures*. Gefið út af H. Richins og J. S. Hull. Wallingford: CAB International, bls. 186–195.
- Østhagen, Andreas, Jessica Spijkers og Olav Anders Totland (2020). „Collapse of cooperation? The North-Atlantic mackerel dispute and lessons for international cooperation on transboundary fish stocks“. Í: *Maritime Studies* 19.2, bls. 155–165. ISSN: 2212-9790. DOI: 10.1007/s40152-020-00172-4. URL: <https://doi.org/10.1007/s40152-020-00172-4>.