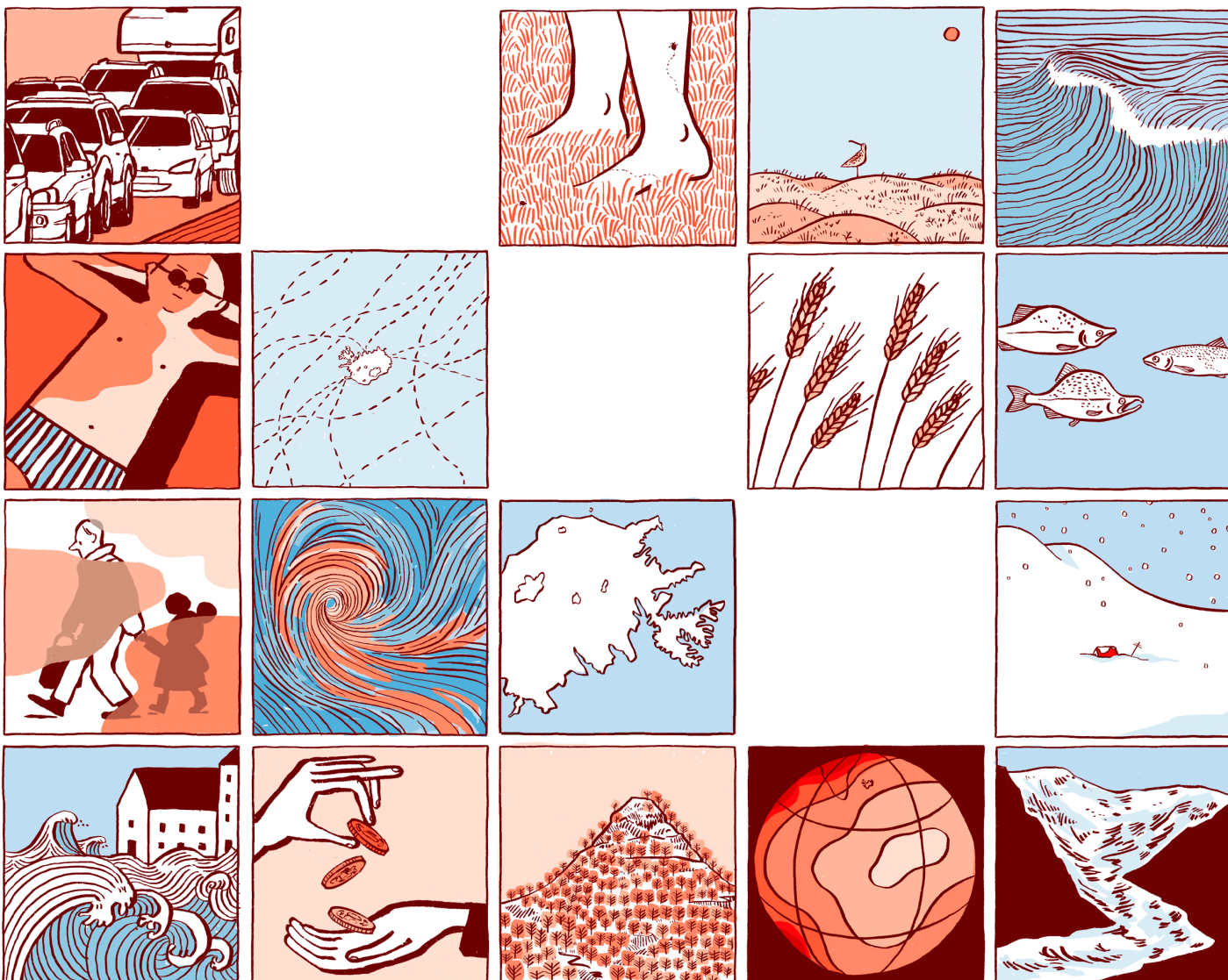




Ágrip fjórðu samantektarskýrslu
vísindanefndar um loftslagsbreytingar



Guðrún Pálsdóttir las próförk og samræmdi málfar.
Rán Flygenring myndskreytti skýrsluna.
Hönnun og umbrot: Anna Hulda Ólafsdóttir.
Prentun: Svansprent.

Skýrsluna í heild sinni má lesa á vefslóðinni:
<http://www.loftslagsbreytingar.is/>

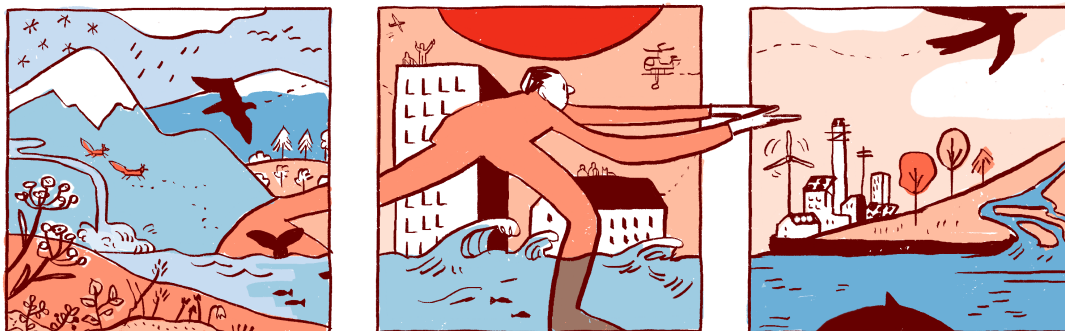


Embætti landlæknis
Directorate of Health

Hvernig vitna á í ágríp skýrslunnar:

Vísindanefnd (2023) Ágríp. Í skýrslu nefndarinnar: Halldór Björnsson, Anna Hulda Ólafsdóttir, Bjarni Diðrik Sigurðsson, Borgný Katrínardóttir, Brynhildur Davíðsdóttir, Gígja Gunnarsdóttir, Guðfinna Th. Aðalgeirsdóttir, Guðjón Már Sigurðsson, Helga Ögmundardóttir, Hildur Pétursdóttir, Hlynur Bárðarson, Starri Heiðmarsson og Theódóra Matthíasdóttir. (2023). Umfang og afleiðingar hnattrænna loftslagsbreytinga á Íslandi. Fjórða samantektarskýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar. Veðurstofa Íslands.

Ágrip



Efnisyfirlit ágríps

A	Meginatriði og ályktanir	5
	Ágripsgrein : Ályktanir nefndar	5
	A.1 Samantekt staðreynda	5
	A.2 Ályktanir nefndar	5
B	Próun loftslags	8
	Ágripsgrein : Próun loftslags á Íslandi á næstu áratugum	8
C	Áhrif loftslagsbreytinga	10
	Ágripsgrein : Náttúrufar	10
	Ágripsgrein : Lífríki á landi	13
	Ágripsgrein : Ástand sjávar og lífríki í sjó	16
	Ágripsgrein : Samfélag, menning og félagslegir innviðir	19
	Ágripsgrein : Lýðheilsa, heilbrigðiskerfið og samfélagið	22
	Ágripsgrein : Atvinnuvegir	24
	Ágripsgrein : Byggðir innviðir	27
	Ágripsgrein : Áhætta, náttúruvá og áhættustýring	30
D	Aðlögun að loftslagsbreytingum	32
	Ágripsgrein : Aðlögun	32

A Meginatriði og ályktanir

A.1 Samantekt staðreynda

Loftslagsbreytingar hafa haft umtalsverð áhrif á náttúru Íslands, s.s. afkomu jökla, vatnafar, lífríki á landi og aðstæður í sjó. Veðurfar og náttúruaðstæður á landinu og í hafinu umhverfis það verða í lok aldarinnar án fordæma frá upphafi byggðar á Íslandi. Súrnun sjávar og hlýnun munu breyta umhverfisaðstæðum og útbreiðslusvæðum tegunda í hafi.

Umtalsverð áhrif loftslagsbreytinga á atvinnuvegi, byggða innviði og efnahag skapa verulegar áskoranir, jafnvel í geirum þar sem viðbrögð við hlýnun geta haft jákvæð áhrif í för með sér. Sjávarstöðubreytingar og aukin náttúruvá geta aukið samfélagslegt tjón og áhrif loftslagsbreytinga erlendis skapað umtalsverða kerfisáhættu hérlendis, t.d. með áhrifum á aðfangakeðjur, fæðuöryggi og lýðheilsu. Loftslagsbreytingar eru stærsta heilsufarsógn sem mannkynið stendur frammi fyrir.

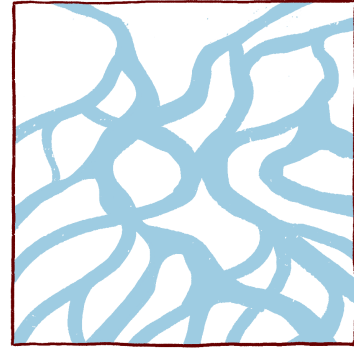
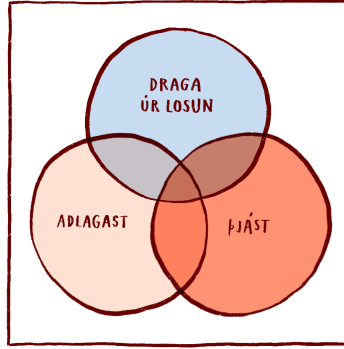
Loftslagsvandinn er efnahagsmál sem mun hafa áhrif á verðlag, fjármálastöðugleika og öryggi fjármálakerfisins. Aðlögun að og viðbrögð við loftslagsbreytingum hafa í för með sér áskoranir sem krefjast umbyltingar í neyslu, iðnaði og tækni. Áhrif loftslagsbreytinga ná meðal annars til félagslegra innviða, menningar, sjálfmyndar þjóðar og vekja upp siðferðilegar spurningar gagnvart öðrum þjóðum, komandi kynslóðum og vistkerfum.

A.2 Ályktanir nefndar

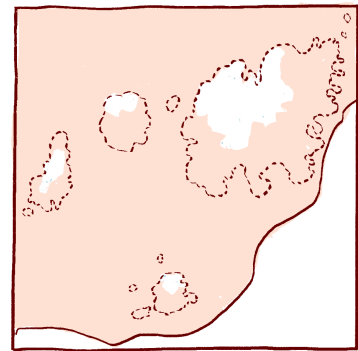
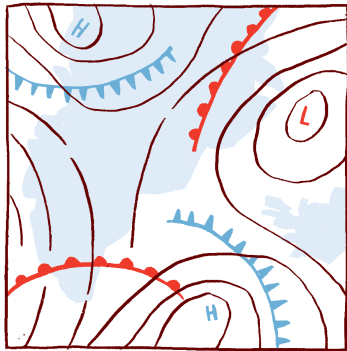
- Mikilvægt er að draga sem mest úr losun gróðurhúsalofttegunda og aðlagast þeim breytingum sem óumflýjanlegar eru.
- Ábendingar úr fyrri skýrslum vísindanefndar, um að áhrif loftslagsbreytinga á Íslandi verði ekki umflúin, hafa komið fram.
- Regluleg vöktun og greining á náttúrufari, lífríki og samfélagi er forsenda þess að hægt sé að fylgjast með þeim umbreytingum sem loftslagsbreytingar hafa í för með sér. Mikilvægt er að fjármögnun og önnur nauðsynleg aðföng séu tryggð. Samstarf ólíkra vísindahópa og opið aðgengi að gögnum er lykilatriði svo niðurstöður nýtist sem víðast.
- Fjármögnun loftslagsaðgerða, þar með talið aðlögunar, þarf að vera trygg. Mikilvægt er að hvatar séu til staðar fyrir aðlögun og samdrátt í nettólosun gróðurhúsalofttegunda. Mismunandi form fjármögnunar þurfa að vera til staðar og samkeppnissjóðir henta ekki fyrir allar tegundir aðgerða.
- Mikilvægt er að mótvægis- og aðlögunaraðgerðir auki ekki misskiptingu í samfélaginu. Sé þess ekki gætt eykst hættan á að það dragi úr áhrifum aðgerða, þær missi marks og skapi aðrar samfélagslegar áskoranir.
- Áhrif loftslagsbreytinga á ástand og súrnun sjávar munu á næstu áratugum valda breytingum og álagi á vistkerfi sjávar. Mikilvægt er að öðru álagi, t.d. vegna ofnýtingar, rasks búsvæða og mengunar, sé haldið í lágmarki. Skilvirk fiskveiðistjórnun verður eingöngu tryggð með samfelldum rannsóknum og vöktun.
- Áhrif loftslagsbreytinga á náttúrufar á landi eru auðsæ og víðfeðm og mælingar benda til að áhrifin aukist stöðugt. Rannsóknir þurfa að fylgja eftir þessum hröðu breytingum sem kallar á aukið samstarf ólíkra hópa hvað varðar mælingar, vöktun, greiningar og hermilíkon.
- Skipuleggja þarf alla ræktun vel, t.d. í nýjum frístundabyggðum, landbúnaði og skógrækt. Við mat á nýjum svæðum þarf að taka tillit til nágrannasvæða þeirra, dreifingar aðfluttra tegunda og áhrifa á líffræðilega fjölbreytni.

- Sjávarstöðubreytingar verða mikil áskorun fyrir strandsamfélög og mikilvægt að takast á við þær svo draga megi úr tjóni í framtíðinni. Brýnt er að vanda til skipulagsákvæðana því þær munu hafa áhrif löngu eftir að sjávarstaða hækkar verulega.
- Aukin náttúruvá, svo sem vegna aftakaúrkomu, hvassviðra, hættu á flóðum í ám og úr jaðarlónum, skriðufalla, sjávarflóða, tíðari eldgosu og gróðurelda, kallar á að áhættustýring sé í stöðugri endurskoðun og taki tillit til sviðsmýnda.
- Áhættumat og áhættustýring er nauðsynlegur hluti af aðlögun að loftslagsbreytingum. Greina þarf loftslagsáhættu fyrir alla geira og samfélagshópa svo grípa megi til viðeigandi aðgerða til að draga úr henni. Þar gegna stjórnvöld, auk fjármála- og váttryggingageirans, lykilhlutverki.
- Áhættustýring og aðlögun geta dregið úr því tjóni sem atvinnuvegir verða fyrir og í sumum tilvikum geta aðgerðir skilað ábata, svo sem innan landbúnaðarins og orkugeirans. Langtímastefnumörkun um uppbyggingu innviða og markviss auðlindastýring er nauðsynleg í þessu samhengi.
- Þekkingu á kerfislægum áhættum tengdum loftslagsbreytingum er mjög ábótavant. Þetta á m.a. við hvað varðar áhrif loftslagsbreytinga í öðrum löndum og afleiðingar þess fyrir íslenskt samfélag. Útbúa þarf og innleiða viðbragðsáætlanir til þess að bregðast við slíkum áhættum til langs tíma.
- Afar mikilvægt er að skilja áhrif loftslagsbreytinga á samfélag og menningu, ekki síst til að tryggja réttlæti, styðja við lýðræði og loftslagsaðgerðir. Mikill skortur er á rannsóknum á þessu sviði og því er brýnt að þær verði efldar.
- Skilningur á áhrifum loftslagsbreytinga á efnahag og atvinnuvegi og á afleiddum samfélagslegum áhrifum er forsenda loftslagsaðgerða. Brýnt er að stórauka rannsóknir á samfélagslegum og hagrænum áhrifum loftslagsbreytinga og viðbrögðum við þeim.
- Loftslagsbreytingar eru þegar farnar að hafa áhrif á ýmsa byggða innviði, svo sem innviði samgangna, vatnsveitna, fráveitu, orkuöflunar og -dreifingar. Minni vatnsveitur, og þau samfélög sem nýta þær, eru berskjaldari fyrir áhrifum. Meta þarf áhrif á eftirspurn, áhættu og forgangsraða aðgerðum.
- Nauðsynlegt er að auka þekkingu á áhrifum loftslagsbreytinga á lýðheilsu, heilbrigðiskerfi og samfélag í víðasta skilningi. Samhliða vaxandi þekkingu á þessu sviði á alþjóðavísu og stöðu áhrifaþátta heilbrigðis á Íslandi hafa skapast betri forsendur til að auka þekkingu hvað þetta varðar. Í þessu samhengi þarf m.a. að horfa til mannfjöldaþróunar, þar með talið loftslagsflóttafólks, og annarra lýðfræði- og samfélagslegra breytinga.
- Sveitarfélög á Íslandi eru, enn sem komið er, ekki nægilega vel í stakk búin til þess að takast á við áskoranir sem felast í loftslagsbreytingum. Nauðsynlegt er að þau hafi fjármagn, gögn og verkfæri til þess að sinna sínum skyldum. Aukin samvinna ríkis og sveitarfélaga er þar lykilatriði.
- Tryggja þarf undirstöður loftslagsþolins skipulags með skýrum markmiðum, leiðbeiningum, hvatningu og stuðningi við skipulagsyfirvöld í héraði. Mikilvægt er að tekið sé meira tillit til aukinnar náttúruvár við skipulagsgerð.

Þessi skýrsla staðfestir, svo ekki verður um villst, að loftslagsbreytingar eru byrjaðar að breyta náttúrufari og lífsskilyrðum fólks á Íslandi með vaxandi áskorunum fyrir efnahag, samfélag og náttúru. Til að tryggja að þær áskoranir verði ekki meiri en við er ráðið þarf umbyltingu í lífsháttum og umgengni við náttúruna. Þar gegna stjórnvöld, atvinnulíf og stefnumótendur lykilhlutverki. Draga þarf úr losun eins hratt og unnt er og aðlaga samfélagið þannig að það ráði við álagið. Loftslagsvá er viðfangsefni samfélagsins alls og forðast þarf andvaraleysi gagnvart áhættunni.



B Þróun loftslags



Áherslupunktur

- Það stefnir í að veðurfar á Íslandi í lok aldarinnar verði gjörólíkt því sem verið hefur frá landnámi. Hugsanlega án fordæma síðan síðasta jökulskeiði lauk, fyrir um tíu þúsund árum.
- Loftslagslíkön ná að herma þá hlýnun sem varð á Íslandi og nærliggjandi svæðum á síðustu áratugum eingöngu ef reiknað er með sögulegri aukningu gróðurhúsalofttegunda.
- Fram að miðbiki aldarinnar hlýnar á bilinu 1,0 til 1,7 °C [-1,1 til 2,6] frá meðaltali árána 1986 til 2015 samkvæmt loftslagslíkönum og lítill munur er á hlýnun milli ólíkra sviðsmynda um losun gróðurhúsalofttegunda.
- Í lok aldarinnar dregur sundur milli sviðsmynda, í þeirri heitustu er hlýnunin 3,5 °C [2,3 til 5,4] en 1,0 °C [-1,0 til 4,1] í þeirri köldustu. Í sviðsmyndum sem liggja á milli þeirra heitustu og köldustu er hlýnunin í lok aldarinnar 2,0 til 2,8 °C [0,0 til 5,4].
- Niðurstöður líkanreikninga benda til þess að hlýnun verði meiri norðan við landið en sunnan við það. Í mörgum líkönum gæti tímabundinnar, staðbundinnar kólnunar.
- Líkanreikningar sýna að ársúrcoma gæti aukist um rúmlega 1% fyrir hverja gráðu sem hlýnar. Aftakaúrcoma gæti aukist um 5 til 15%, sem er aukning um 4 til 15 mm á sólarhring frá núverandi úrkomu fyrir flest svæði.

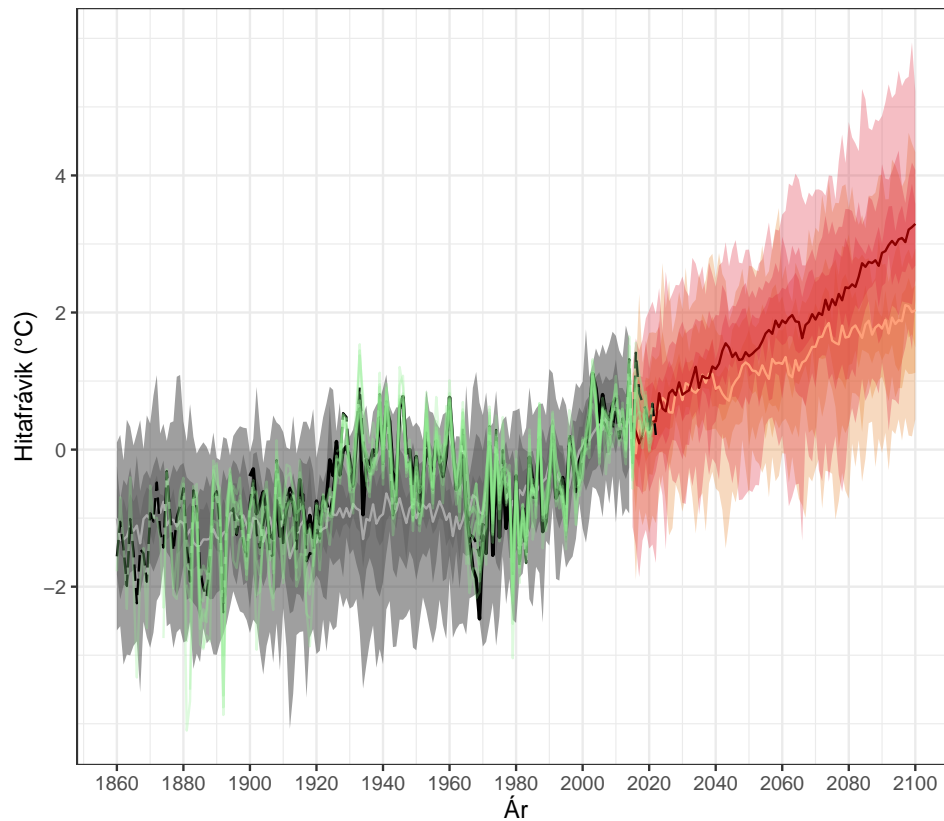
Verði ekki dregið úr losun gróðurhúsalofttegunda verður veðurfar á Íslandi í lok aldarinnar gjörólíkt því sem verið hefur frá landnámi og hugsanlega án fordæma síðan síðasta jökulskeiði lauk, fyrir um tíu þúsund árum. Loftslagslíkön ná að herma þá hlýnun sem varð á Íslandi og nærliggjandi svæðum á síðustu áratugum sé reiknað með sögulegri aukningu gróðurhúsalofttegunda. Í útreikningum þar sem styrk gróðurhúsalofttegunda er haldið föstum herma líkönin ekki þá hlýnun sem orðið hefur á síðustu áratugum.

Útreiknuð hlýnun á lofthita fram að miðbiki aldarinnar er í mismunandi sviðsmyndum á bilinu 1,0 til 1,7 °C [-1,1 til 2,6] frá meðaltali árána 1986 til 2015. Fram að miðbiki aldarinnar er ekki mikill munur á hlýnuninni fyrir ólíkar sviðsmyndir um losun gróðurhúsalofttegunda.

Á síðari hluta aldarinnar dregur sundur með ólíkum sviðsmyndum og í heitustu sviðsmyndinni er hlýnun á Íslandi og nærliggjandi svæðum í lok aldarinnar 3,5 °C [2,3 til 5,4] en 1,0 °C [-1,0 til 4,1] í þeirri köldustu. Af þeim fjórum losunarsviðsmyndum sem voru skoðaðar munu sú heitasta og sú kaldasta tæplega raungerast. Í sviðsmyndum sem liggja á milli þeirra heitustu og köldustu

er hlýnunin í lok aldarinnar 2,0 til 2,8 °C [0,0 til 5,4], sjá mynd 1.

Hitabreytingar samantekt (miðlungs–sviðsmyndirnar tvær)

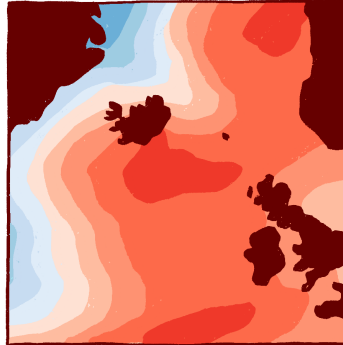


Mynd 1: Samantekt hitabreytinga í Íslandsreitnum. Sögulegar keyrslur, og hitagögn. auk miðlungs-sviðsmynda um hlýnun. Sjá nánar kafla þrjú.

Líkönun ber illa saman um úrkomubreytingar til loka aldarinnar en útlit er fyrir að úrkoma aukist um rúmlega 1% fyrir hverja gráðu sem hlýnar. Niðurstöður benda þó til þess að aukningin verði meiri á haustmánuðum en minnst síðla vetrar. Ákefð úrkomu eykst og aftakaúrkoma gæti aukist um 5 til 15%. Það er aukning um 4 til 15 mm á sólarhring frá núverandi úrkomu fyrir flest svæði en meira fyrir þá staði þar sem aftök eru mest. Í heitari sviðsmyndum styttist endurkomutími núverandi 100 ára úrkomuatburðar niður í 12 til 17 ár.

Niðurstöður líkanreikninga benda til þess að hlýnun verði meiri norðan við landið en sunnan við það. Jafnvel þó að hlýni á öldinni í öllum sviðsmyndum og flestum líkönunum gæti tímabundinnar staðbundinnar kólnunar í mörgum þeirra. Slík kólnun er algengari suður af landinu og gætir skemur í heitari sviðsmyndum. Í 85 til 95% líkana gætir hennar skemur en 20 ár.

C Áhrif loftslagsbreytinga



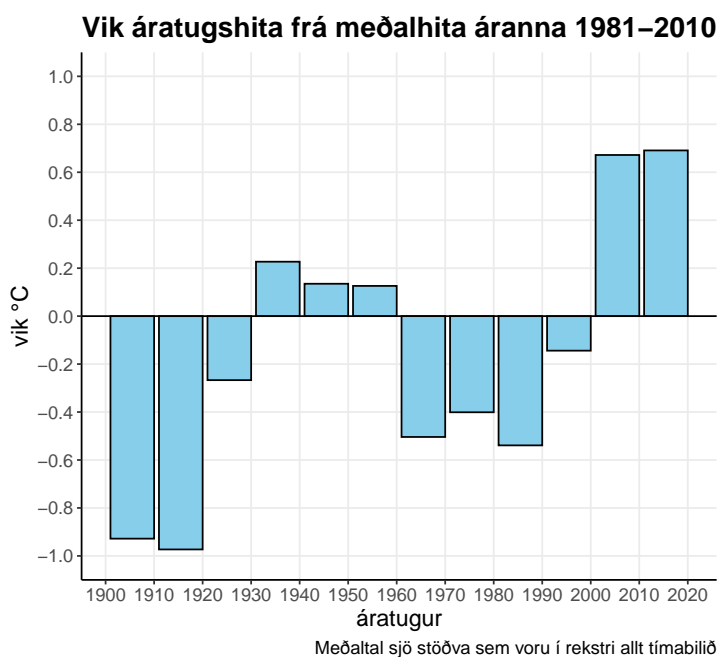
Náttúrufar

Áherslupunktur

- Frá hámarki sumarhlýnda á landinu, eftir að síðasta jökulskeiði lauk, fór að kólna fyrir um 6–8 þúsund árum. Kaldast var við lok 19. aldar.
- Verulega hefur hlýnað frá upphafi 20. aldar og er hlýnunin um 1,0 °C á öld, miðað við tímabilið 1900 til 2020, meiri að vetri (1,4 °C/100 ár) og minni að sumri (0,7 °C/100 ár). Úrkoma hefur aukist og aftakaúrkoma hefur valdið bæði flóðum og skriðuföllum.
- Norður-Atlantshaf hefur hlýnað verulega á síðustu áratugum en talsverðar sveiflur eru í sjávarhita umhverfis landið. Á fyrsta áratug þessarar aldar varð markverð kólnun suðvestur af landinu en hennar gætir ekki lengur.
- Jöklar á Íslandi hafa minnkað um 19% að flatarmáli frá þeim tíma sem þeir náðu mestri útbreiðslu í lok 19. aldar. Nokkrir jöklar hafa horfið og vegna hörfunar jökla stækka jaðarlón og ný myndast.
- Útreikningar, byggðir á sviðsmyndum um loftslagsbreytingar, benda til þess að haldi Parísarsamningurinn muni rýrnun jökla á Íslandi samt verða um 40–50%. Rýrnun jökla verður meiri takist ekki að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda í samræmi við Parísarsamningsins.
- Sjávarstöðubreytingar við Ísland munu ráðast af landhæðarbreytingum, hlýnun hafsins og massatapi ísbreiðanna á Suðurskautslandinu og Grænlandi. Mikil óvissa er um þróun ísbreiðunnar á Suðurskautslandinu, sérstaklega eftir aldamótin 2100.
- Til aldamóta gæti afstæð sjávarstaða hækkað um allt að 1,2 m, þar sem landsig er hvað mest. Á svæðum, þar sem landris er mest, getur afstæð sjávarstaða fallið um 1,5 m.
- Mikil óvissa ríkir um þróun hnattrænnar sjávarstöðu og sjávarstöðu í kringum Ísland eftir 2100. Ítrustu mörk verstu sviðsmyndar sýna margra metra hækkun árið 2150, en miðgildi hækkunar er á bilinu 1–2 m hér við land og víða undir einum metra.

- Sjávarstöðubreytingar munu halda áfram öldum saman jafnvel þó að náist að minnka losun gróðurhúsalofttegunda. Skipulagsákvarðanir sem teknar eru nú á dögum munu hafa áhrif á byggð og innviði í nokkur hundruð ár.

Gögn um fornveðurfar á Íslandi falla í meginráttum að veðurfarsögu á norðurhveli. Frá því síðasta jökulskeiði lauk, fyrir um tíu þúsund árum, voru mestu sumarhlýindin á tímabilinu fyrir 6–8 þúsund árum. Síðan skiptust á óregluleg hlýrri og kaldari tímabil en í heildina kólnaði og kaldast varð í lok 19. aldar. Veðurmælingar sýna að verulega hefur hlýnað frá upphafi 20. aldar og er hlýnunin um 1,0 °C á öld miðað við tímabilið 1900 til 2020, meiri að vetri (1,4 °C/100 ár) og minni að sumri (0,7 °C/100 ár). Hlýnunin var ekki órofa, hlýskeið var um miðbik aldarinnar, kuldakast náði hámarki í lok 8. áratugarins og um miðbik þess 10. fór að hlýna ákaft sjá mynd 2.



Mynd 2: Þróun meðalhita á Íslandi frá aldamótunum 1900. Myndin byggir á meðaltölum hvers áratugar og sýnd eru vik frá meðaltali árána 1981–2010. Myndin sýnir gögn frá sjö stöðvum víðsvegar um landið. Sjá nánar kafla tvö.

brattlendi við byggð. Auk þess hafa orðið alvarleg flóð og skriðuföll vegna óvenju mikillar úrkomu sem hefur varað nokkra daga. Þannig var uppsöfnuð úrkoma á Seyðisfirði, dagana 14.–18. desember 2020, samtals 569,9 mm, sem er það mesta sem mælst hefur hér á landi. Óvenju hlýtt var þessa daga og því féll þessi úrkoma sem rigning. Afleiðingarnar voru mestu skriðuföll í sögu Seyðisfjarðarbyggðar.

Flóð ráðast m.a. af úrkomuákefð, uppsöfnun úrkomu, hlutfalli snævar í úrkomu, leysingu og snjósöfnun. Hlýnun hefur áhrif á ýmsar tímasetningar, t.d. upphaf leysinga og vorflóða og aukin úrkoma og hlýindi að vetri geta aukið tíðni flóða yfir haust og vetrarmánuði, en fækkað þeim að vori og að sumarlagi. Útreikningar byggðir á niðurstöðum loftslagslíkana benda til þess að stærð og tíðni flóða geti aukist á næstu áratugum. Þá eykur þiðnun sífrera hættu á skriðuföllum.

Norður-Atlantshaf hefur hlýnað verulega á síðustu áratugum, en talsverðar sveiflur eru í sjávarhita umhverfis landið. Markverð kólnun, sem varð á hafsvæði suðvestur af landinu á öðrum

Síðustu ár hefur hægt á þessari hlýnun en miðað við síðustu öld er hlýtt á landinu. Meðalhiti áratuga á 21. öld er rúmlega 0,4 °C hærri en þegar hlýjast var á síðustu öld. Þá hafa óvenjuhly sumur slegið hitamet á nokkrum veðurstöðvum. Sem dæmi má nefna að sumarið 2021 var það hlýjasta frá upphafi mælinga á Akureyri, Egilsstöðum, Dalatanga og Grímsstöðum á Fjöllum. Eins hafa óvenjulegar sveiflur í hita einkennt mánaðarmeðaltöl síðustu ár. Til dæmis var nóvember 2022 óvenjuhlyr en desember sama ár sá kaldasti á landinu síðan 1973, sums staðar sá kaldasti í 100 ár eða meira. Samþætilegar sveiflur í hitastigi hafa þó orðið á kuldaskeiðum.

Úrkoma á Íslandi hefur aukist eftir aldamótin og er meðalársúrkoma á landinu um 5–10% meiri en fyrir þau. Þó aukning sé í hámarksúrkomu hvers árs eru þau gögn mjög sveiflukennd og leitnin er ekki marktæk. Á síðustu árum hafa orðið nokkur skyndiflóð vegna úrhellisrigningar í

áratug þessarar aldar, er nú ekki sýnileg lengur. Veltihringrás Atlantshafsins (AMOC) hefur verið frekar stöðug síðustu ár en vísindalegar niðurstöður um langtíma stöðugleika hennar eru ekki samhljóma. Rannsóknir hafa bent til að styrkur veltihringrásarinnar muni dragast saman á öldinni en ólíklegt hefur verið talið að hún stöðvist. Nýjar rannsóknir hafa þó dregið úr vissu þess mats. Minnki styrkur veltihringrásarinnar mikið mun það hafa kælandi áhrif á hafsvæðinu umhverfis Ísland, en það er nú um 2–3 °C hlýrra en yfirborð sjávar á sömu breiddargráðu í Kyrrahafinu.



Mynd 3: Skaftafellsjökull og Svínafellsjökull 1920–1925 (ljósm. Ólafur Magnússon) og 2012 (ljósm. Aron Reynisson), jöklarnir slitnuðu hvor frá öðrum í kringum 1940. Við hörfun jökla hafa árfarvegir tekið miklum breytingum eins og rætt er í kafla tvö.

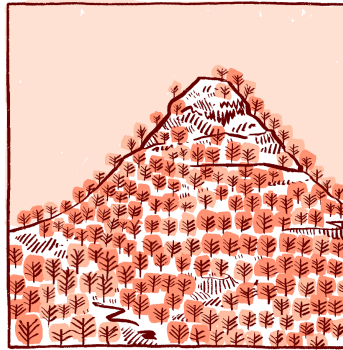
Jöklar á Íslandi hafa minnkað um 19% að flatarmáli frá þeim tíma sem þeir náðu mestri útbreiðslu undir lok 19. aldar. Heldur hefur hægt á rýrnun þeirra eftir 2010. Nokkrir jöklar hafa horfið alveg og vegna hörfunar jökla stækka jaðarlón og ný myndast. Framtíð jökla landsins er mjög háð þróun loftslags og sjávarhita umhverfis landið. Útreikningar byggðir á sviðsmyndum um loftslagsbreytingar benda til þess að haldi Parísarsamningurinn muni rýrnun þeirra samt verða um 40–50%. Rýrnun jökla verður meiri takist ekki að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda í samræmi við Parísarsamninginn.

Sjávarstöðubreytingar við Ísland munu ráðast af hlýnun hafsins og rýrnun ísbreiðanna á Suðurskautslandinu og Grænlandi, auk landhæðarbreytinga á Íslandi. Breytingar á þyngdarsviði jarðar valda því að massatap Grænlandsjökuls hækkar ekki sjávarstöðu við Ísland, en massatap ísbreiðunnar á Suðurskautinu gerir það. Þar er mikil óvissa um þróun massataps, sérstaklega eftir aldamótin 2100. Landhæðarbreytingar eru verulegar, útbreitt landris er um miðbik landsins og við suðausturströndina vegna rýrnunar íslenskra jökla en landsig við suðvestan- og vestanvert landið.

Mat á sjávarstöðubreytingum til aldamóta sýnir að afstæð sjávarstaða gæti hækkað um allt að 1,2 m þar sem landsig er hvað mest. Á þeim svæðum við suðausturströndina, þar sem landris er umtalsvert, getur afstæð sjávarstaða fallið um 1,5 metra. Mikil óvissa ríkir um þróun hnattrænnar sjávarstöðu og sjávarstöðu í kringum Ísland eftir 2100. Ítrustu mörk verstu sviðsmyndar sýna margra metra hækkun árið 2150, en miðgildi hækkunar er á bilinu 1–2 m hér við land og víða undir einum metra.

Sjávarstöðubreytingar munu halda áfram öldum saman jafnvel þó að náist að minnka losun gróðurhúsalofttegunda. Skipulagsákvarðanir sem teknar eru nú á dögum munu hafa áhrif á byggð og innviði í nokkur hundruð ár. Þess vegna þarf að taka tillit til komandi sjávarstöðubreytinga á þessari öld, og þeirri næstu, við skipulagsákvarðanir.

Lífriki á landi



Áherslupunktur

- Fyrirsjáanlegar loftslagsbreytingar auka þörf á vöktun og rannsóknum á ýmsum þáttum náttúrufars. Vísindanefnd ítrekar fyrri ábendingar um að mikilvægt sé að skipuleg viðbrögð við loftslagsvá byggi á haldbærum rannsóknum og þekkingaröflun. Mikilvægt er að skipuleggja og fjármagna vöktun á lykilþáttum íslenskrar náttúru.
- Mikilvægt er að hugað sé vel að skipulagi allrar ræktunar, t.d. í frístundabyggðum, landbúnaði og skógrækt, og tekið sé tillit til nágrannasvæða, líffræðilegrar fjölbreytni og möguleika á dreifingu aðfluttra tegunda.
- Þekking á kolefnisforða íslensks jarðvegs er brotakennd og þarf átak til að bæta þekkingargrunninn. Það er sérstaklega mikilvægt til að hægt sé að leggja mat á gildi mótvægisáðgerða sem fela í sér breytta landnotkun.
- Mikil þörf er á að laga hermílkön að íslenskri jarðrækt til að hægt verði að skoða sameiginleg áhrif hitafars og úrkomu betur.
- Samstarf ólíkra vísinda- og rannsóknarhópa er mjög mikilvægt fyrir rannsóknir á náttúrufari á Íslandi og breytingar á því. Opín gagnastefna skiptir miklu máli sem hvati til slíks samstarfs og leið til betri nýtingar starfskrafta og fjármuna. Auk þess dregur slíkt úr hættu á gloppum í þekkingu á náttúrufarsbreytingum.

Náttúra landsins

Ábendingar úr fyrri skýrslum vísindanefndar, um að áhrif loftslagsbreytinga á íslenska náttúru verði ekki umflúin, hafa komið fram. Áhrif loftslagsbreytinga á náttúrufar á Íslandi eru auðsæ og víðfeðm og mælingar benda til að áhrifin aukist stöðugt.

Loftslagsbreytingar hafa haft talsverð áhrif á útbreiðslu tegunda. Hlýnandi loftslag hefur til dæmis átt þátt í að gera innfluttum skordýrategundum kleift að ná hér fótfestu (sjá myndir 4 og 6) og leitt til breytinga á útbreiðslu innlendra tegunda.

Hlýnun mun valda hraðari breytingum á gróðurfari landsins eftir miðja öldina, bæði á innlendum og aðfluttum tegundum til landbúnaðar, garðræktar og skógræktar. Allt bendir til að hlýnunin muni auðvelda fleiri aðfluttum tegundum að dreifast út fyrir ræktunarsvæði sín og nánast er öruggt að einhverjar þeirra reynist ágengar í íslenskri náttúru. Þróun í annarri landnýtingu, svo sem beit búsmala, mun einnig hafa mikil áhrif á þessa þróun.

Horfur eru á að skilyrði fyrir vaðfugla fari versnandi víða hérlendis á komandi áratugum. Þar koma meðal annars við sögu gróðurbreytingar vegna hlýnandi loftslags ásamt áformum um

stóraukna ræktun, skóga og orkuplantna, sem mótvægisáðgerð gegn loftslagsbreytingum. Slíkt getur falið í sér umfangsmikið búsvæðatap fyrir vaðflugla. Aukin endurheimt votlendis gæti þó komið vaðfluglum til góða.



Mynd 4: Birkipéla er blaðvespu-tegund sem fannst hér fyrst árið 2016 og hefur breiðst hratt út um landið. (Ljós. Brynja Hrafnkelsdóttir, birt með leyfi).

Skammtímaveðuröfgar geta í sumum tilfellum verið meiri áhrifa-valdar en meðalbreytingar til lengri tíma litið. Dæmi um slíkt á Íslandi eru neikvæð áhrif veðuröfga á viðkomu rjúpu og fálka.

Mikil fjölgun í stofni tófu á undanförunum áratugum hefur verið tengd við hlýnandi loftslag. Á síðastliðnum árum hafa komið fram vísbendingar um minnkandi viðkomu hjá tegundinni á ákveðnum svæðum, sem mögulega má rekja til loftslagsdrifinna breytinga á fæðustofnum hennar.

Víða erlendis hefur átt sér stað fækkun í hreindýrastofnum og er hún talin tengjast loftslagsbreytingum. Slíkra neikvæðra áhrifa gætir ekki hjá íslenska hreindýrastofninum, enn sem komið er, en lítill erfðabreytileiki gerir stofninn viðkvæman fyrir umhverfisbreytingum.

Fjórar stórar rannsóknir, þar sem hitabreytingum í náttúrulegum kerfum er stýrt, gefa til kynna að áhrif hlýnunar á lífríki mismunandi gróðurlenda og straumvatns geti orðið veruleg ef hlýnun heldur áfram auk þess sem áhrif úrkomubreytinga geta reynst umtalsverð.

Ferskvatnsvistkerfi

Stofnstærð bleikju dregst saman í flestum landshlutum á sama tíma og stofnar urriða eru í uppsveiflu og laxastofnar haldast nokkuð stöðugir. Samskonar þróun í stofnstærð þessara þriggja tegunda er að finna í Norður-Noregi. Hlýnun er talin vera mikilvægur áhrifaþáttur þar sem

bleikja er kuldakær tegund og lifir við lægra kjörhitastig en hinar tvær tegundirnar.

Ársmeðalhiti Þingvallavatns hefur hækkað um 0,15 °C á áratug. Langtímavöktun og rannsóknir hafa sýnt breytingar í stofnstærð og lífeðlisfræði bleikjuafbrigða í kjölfar hlýnunar vatnsins. Stofnstærð murtu hefur hrunið og vaxtarhraði ungviðis allra fjögurra afbrigða hefur tekið breytingum. Á sama tíma hefur stofnstærð urriða vaxið meðan magn sviflægra þörunga og krabbadýra hefur minnkað.

Vísbendingar eru um að hlýnun sjávar eigi þátt í fjölgun hnúðlax (sjá mynd 5 í Norður-Atlantshafi. Hér á landi hefur verið töluverð aukning í veiði á hnúðlaxi og enn meiri í Noregi, þar sem tegundin er farin að valda verulegum vandræðum.

Smittíðni nýrnasýkingar (PKD) í laxfiskum hefur aukist á undanförunum árum, bæði í vötnum á láglendi og á hálendi, og eru dæmi um allt að 97% smittíðni í sumum vötnum. Sýkingin getur valdið afföllum en nær sér ekki á strik nema að vatnshiti hafi náð 12-15 °C í 1-3 mánuði. Hækkun vatnshita í kjölfar hlýnunar getur því haft töluverð neikvæð áhrif á afkomu laxfiska.



Mynd 5: Hnúðlax (Oncorhynchus gorboscha) er nýr landnemi í íslenskum ám. Hans varð fyrst vart árið 1960 en hefur fjölgað undanfarin ár.

Landnotkun og ræktun

Losun gróðurhúsalofttegunda vegna landnotkunar er hlutfallslega mikil af heildarlosun og því mikilvægt að tölur um kolefnisbúskap vistkerfa séu vel undirbyggðar með vönduðum rannsóknum og

vöktun. Frekari rannsóknir skortir um losun frá landi og vegna breytinga á landnotkun. Þekking á kolefnisforða íslensks jarðvegs er brotakennd og þarf áttak til að bæta þekkingargrunninn.

Ekki hefur farið fram almenn úttekt á núverandi og væntanlegum áhrifum loftslagsbreytinga á landbúnað, garðyrkju, skógrækt og landgræðslu síðan snemma á þessari öld. Né heldur fjallað skipulega um aðlögun að komandi loftslagsbreytingum innan þessara geira, nema þá helst fyrir skógrækt og kornrækt.

Ýmsar umhverfisaðstæður landbúnaðar munu breytast verulega á komandi áratugum. Til að skilja betur hvernig þær munu eiga sér stað er mikilvægt að hermílkön séu löguð að íslenskum aðstæðum og fyrir mismunandi búgreinar.

Jafnvel þó að úrkoma kunni að aukast með hlýnun eykst útgufun einnig og meiri úrkomu þarf til að viðhalda sama rakastigi í jarðvegi og áður. Haldi aukning úrkomu ekki í við útgufun geta áhrif á ræktun orðið neikvæð. Skortur er á skipulegum rannsóknum þar sem skoðuð eru sameiginleg áhrif úrkomu og hitafars.

Jafnvel þó að markmið Parísarsamningsins, um að halda hnatttrænni hlýnun innan 2 °C, náist munu ræktarskilyrði hér verða gjörbreytt í lok aldarinnar frá því sem nú er. Síðustu ár var hitafar slíkt að rækta mátti korn til skepnufóðurs á helmingi láglendis. Raungerist hlýrri sviðsmyndir verður hægt að rækta það til manneldis á nær öllu ræktarlandi.

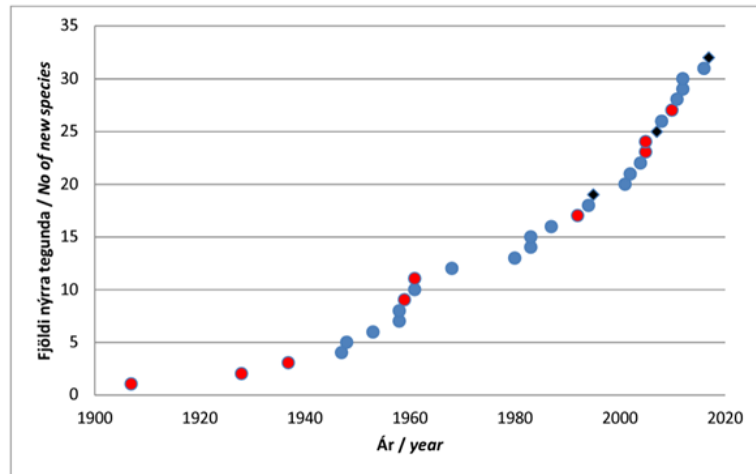
Nautgriparrækt (og mjólkurframleiðsla) er loftslagsháð búgrein þar sem hún byggir á hágæða fóðurframleiðslu. Sauðfjarrækt og hrossarrækt eru ekki eins næmar fyrir loftslagsbreytingum.

Kolefnishringrásin og mótvægisáðgerðir tengdar landi

Í skýrslunni er yfirlit yfir kolefnishringrás lands og samfélags uppfært með nýjustu vísindalegu þekkingu. Árið 2021 var bein losun manna á CO_2 , sem er mikilvægasta gróðurhúsalofttegundin, um 3,5 milljónir tonna og hafði aukist um 4,5% frá 2015. Enn stefnir því í öfuga átt hvað varðar beina losun CO_2 frá samfélaginu, sem er talsvert áhyggjuefni.

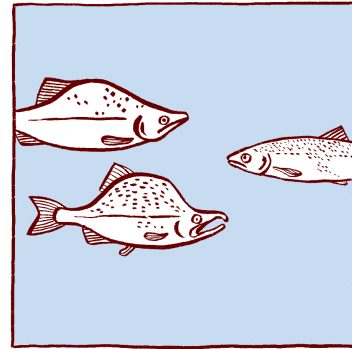
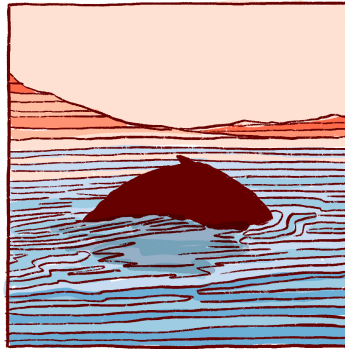
Ný greining á kolefnisforða vistkerfa alls landsins sýnir að náttúruskógar, skógræktarsvæði, tún og akrar, sem aðeins þekja tæplega 4% landsins, bera um 50% af ofanjarðarlífmassa þess. Annað vel gróið land, mýrlendi, graslendi og mólendi, þekja samtals um 32% landsins og bera 39% af ofanjarðarlífmassanum.

Nýir hvarar, sem stjórnvöld hafa komið á eftir 2020 til að hvetja einkageirann til þátttöku í verkefnum sem snúa að mótvægisáðgerðum gegn loftslagsbreytingum, eru smátt og smátt að auka þunga þeirra. Árleg metin kolefnisbinding (og samdráttur losunar vegna endurheimtar votlendis) hefur aukist um 33% frá 2015.



Mynd 6: Ný meindýr á trjám og runnum á Íslandi frá 1900. Rauð tákn eru tegundir sem valda miklu tjóni. Blá tákn eru tegundir sem valda töluverðu eða litlu tjóni. Svört tákn eru tegundir sem hafa numið land en tekist hefur að útrýma. Byggt á grein Guðmundar Halldórssonar o.fl. (2019).

Ástand sjávar og lífríki í sjó



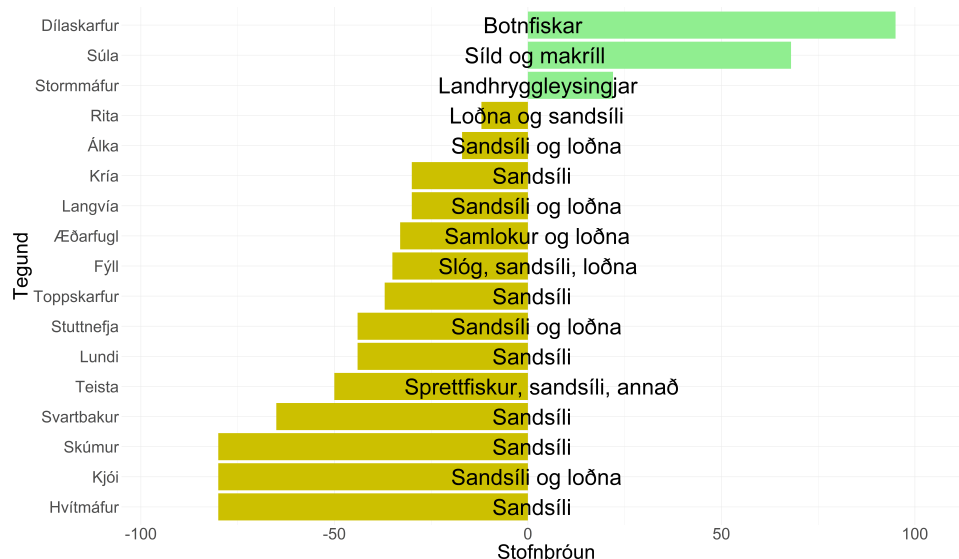
Áherslupunktur

- Regluleg vöktun og greining á umhverfi og lífríki sjávar er ákaflega mikilvæg. Hún er grundvöllur upplýstrar ákvarðanatöku í umgengni við sjávarauðlindina og mikilvæg til að skilja breytingar sem verða í vistkerfum. Loftslagsbreytingar auka mikilvægi vöktunar og greiningar því þær geta haft hraðar og stundum víðtækar breytingar í för með sér.
- Frá 1995 hefur hlýr og selturíkur Atlantssjór verið ráðandi fyrir norðan land. Talið er að á hafsvæðinu umhverfis landið verði áframhaldandi hlýindaskeið, eins og tvo síðustu áratugi.
- Hækkandi sjávarhiti hefur áhrif á útbreiðslusvæði margra lífvera sjávar. Sumar hlýsjávartegundir hafa aukið útbreiðslu sína en útbreiðsla kaldsjávartegunda dregist saman. Sviðsmyndareikningar benda til þess að framhald verði á þessari þróun, að minnsta kosti hvað varðar fisktegundir. Tilfærsla hefur orðið í útbreiðslu margra tegunda hvala við landið samhliða aukningu í stofnstærð. Hrun í selastofnum má rekja til mikils veiðilags.
- Nýliðun margra hlýsjávartegunda hefur minnkað mikið á undanförunum árum. Þessa neikvæðu þróun má meðal annars rekja til breyttra umhverfisskilyrða í hafinu síðastliðin 20 ár.
- Stofnar sjófugla hafa víða minnkað mikið vegna umhverfisbreytinga í hafi sem hafa haft áhrif á mikilvægar fæðutegundir, svo sem sandsíli og loðnu.
- Vegna aðstæðna í hafinu við Ísland hefur súrnun sjávar orðið hraðari hér við land en að jafnaði í heimshöfunum. Útreikningar sýna að einungis ef styrkur gróðurhúsalofttegunda í lofthjúpnnum lækkar tekst að snúa súrnun sjávar við. Almennu eru áhrif súrnunar á lífverur neikvæð.
- Það umbreytingaskeið sem fer í hönd á næstu áratugum mun valda álagi á vistkerfi sjávar. Mikilvægt er að öðru álagi, t.d. vegna ofnýtingar, rasks búsvæða og mengunar, sé haldið í lágmarki á sama tíma. Skilvirk fiskveiðistjórnun, byggð á víðtækri og samfelldri vöktun, verður því sífellt mikilvægari.

Erfitt er að greina áhrif hnattrænnar hlýnunar á breytingar á ástandi sjávar (hita og seltu) við Ísland. Þær breytingar sem orðið hafa á hita og seltu á hafsvæðinu umhverfis Ísland síðan 1995 fara ekki út fyrir mörk náttúrlægs breytileika. Frá 1995 til 2020 hefur hlýr og selturíkur Atlantssjór verið ráðandi fyrir norðan land. Talið er að á hafsvæðinu kringum landið verði áframhaldandi hlýindaskeið, eins og tvo síðustu áratugi.

Vegna aðstæðna í hafinu við Ísland hefur súrnun sjávar (lækkun á pH-gildi) orðið hraðari hér við land en að jafnaði í heimshöfunum og er súrnunin um 0,14 pH-einingar frá iðnbyltingu. Útreikningar sýna að aðeins er hægt að snúa súrnun sjávar við ef styrkur gróðurhúsalofttegunda í lofthjúpnunum lækkar. Almennt eru áhrif súrnunar á lífverur neikvæð. Kalkmyndandi lífríki er viðkvæmt auk þess sem súrnun sjávar getur haft áhrif á aðrar lífverur, eins og t.d. fiska.

Aukning hefur orðið á magni svifþörungna, bæði á Íslandsmiðum og á stóru svæði suður af Íslandi. Ekki hefur mælst viðvarandi lækkun á magni dýrasvifs á Íslandsmiðum, eins og á stóru svæði í Norður-Atlantshafi, en talsverðar sveiflur eru þó milli ára. Meðalmagn plöntu- og dýrasvifs að vorlagi á Norðurmíðum er meira í hlýrri en kaldari árum. Fyrir norðan land hafa orðið breytingar á magni og útbreiðslu mikilvægra dýrasvifstegunda með hækkandi hitastigi sjávar. Þar hefur hlutur rauðátu aukist en kaldsjávartegundarinnar pólátu minnkað.



Mynd 7: Tengsl stofnþróunar og meginætis tegunda sjófugla við Ísland með jákvæða stofnþróun (grænt) og neikvæða stofnþróun (gult). Byggt á grein Freyðísar Vigfúsdóttur (2021).

Hækkandi hitastig á íslenska landgrunninu hefur leitt til breytinga á útbreiðslu margra fisktegunda. Tegundir, til dæmis ýsa, sem hafa verið við nyrðri mörk útbreiðslu sinnar á Íslandsmiðum og fundist að mestu í hlýja sjónum sunnan og vestan við landið, hafa stækkað útbreiðslusvæði sitt til norðausturs. Á sama tíma hafa stofnstærðir kaldsjávartegunda, svo sem hlýra, loðnu og hrognkelsis, minnkað og útbreiðslusvæði færst til.

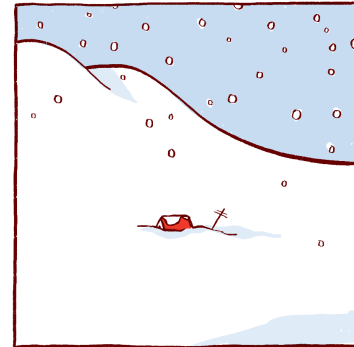
Frá árinu 2006 hefur fæðuslóð makrils breiðst út frá Noregshafi á Íslandsmið. Á sama tíma hefur sumarfæðuslóð loðnu færst í vestur frá Íslandshafi, upp að landgrunnskantinum við Austur-Grænland.

Nýliðun margra hlýsjávartegunda, svo sem humars, blálöngu og skötusels, hefur minnkað mikið á undanförunum árum. Þessa neikvæðu þróun má meðal annars rekja til breyttra umhverfisskilyrða í hafinu síðastliðin 20 ár. Um er að ræða tegundir sem halda sig aðallega í hlýjum sjó við suður- og vesturströndina.

Tilfærsla hefur orðið í útbreiðslu margra tegunda hvala við landið samhliða aukningu í stofnstærð. Hrefna finnst nú aðallega lengra frá landi fyrir norðan land, en í minna mæli á landgrunninu. Stofnstærð flestra tegunda skíðishvala hefur aukist undanfarin 20 til 30 ár vegna

umhverfisbreytinga og minnkandi veiðialags. Hrun í selastofnum má rekja til mikils veiðialags. Stofnar helstu sjófugla við landið hafa farið minnkandi á síðustu árum. Í sumum tilfellum má rekja það með óbeinum hætti til umhverfisbreytinga í hafinu við landið. Þannig hafa breytingar í stofnum fæðutegunda, eins og sandsílis og loðnu, leitt til lélegrar afkomu sjófugla.

Samfélag, menning og félagslegir innviðir



Áherslupunktur

- Skilningur á samfélags- og menningarlegum viddum loftslagsbreytinga er afar mikilvægur, ekki síst til að tryggja réttlæti, styðja við lýðræði og loftslagsaðgerðir. Enn sem komið er eru rannsóknir sem fjalla um menningar- og samfélagslegar víddir loftslagsbreytinga fágætar á Íslandi og því brýnt að slíkar rannsóknir verði efdar.
- Stofnanatraust er forsenda stuðnings almennings við aðgerðir í loftslagsmálum. Mikilvægt er að stofnanastrúktúr og stjórnsýsla loftslagsmála séu vel skipulögð og skilvirk og uppfylli þannig slíkt traust.
- Beina þarf athygli að réttlæti tengdu bæði aðlögun og umskiptum. Rannsóknir á réttlætisvídd loftslagsmála vantar, sem og beinar aðgerðir.
- Afleiðingar loftslagsbreytinga og viðbragða gegn þeim munu hafa áhrif á menningu, listir, menntun og gildismat. Menntun og skapandi greinar geta stuðlað að nauðsynlegum breytingum á gildismati og hegðun fólks í átt að aukinni sjálfbærni.
- Loftslagsbreytingar og viðbrögð við þeim hafa þegar haft umtalsverð áhrif á lög, reglur og dómsmál víða um heim, meðal annars hafréttarmál. Ráðast þarf í að meta stöðu grunnlínupunkta til að tryggja stærð efnahagslögsögunnar til framtíðar.

Viðhorf Íslendinga til loftslagsbreytinga hefur tekið miklum breytingum á síðustu árum. Mikill meirihluti landsmanna (86%) telur að loftslagsbreytingar eigi sér stað og að þær séu vandamál. Meirihluti (60%) telur að þeir beri ábyrgð á að draga úr loftslagsbreytingum og að aðgerðir muni skapa komandi kynslóðum betra líf (81%). Færri telja að framfærslukostnaður muni aukast (28%) og að orkuverð muni hækka (35%). Munur er á svörum eftir aldri, kyni og menntun. Loftslagsmálin eru því ofarlega í hugum fólks sem umhverfisvandamál sem þarf að takast á við.

Almenningur er hlynntari notkun ívilnana (69%) en hækkun skatta á jarðefnaeldsneyti (43%) sem loftslagsaðgerð. Um 70% vilja tryggja réttlát umskipti. Stofnanatraust er mikilvægt til að tryggja stuðning almennings við loftslagsaðgerðir. Því er mikilvægt að stofnanastrúktúr og stjórnsýsla loftslagsmála séu vel skipulögð og skilvirk. Þannig er unnt að viðhalda trausti og stuðningi almennings við aðgerðir í loftslagsmálum.

Miðlun upplýsinga um loftslagsmál er mikilvæg, en falsfréttir, upplýsingaóreiða og sam-særiskenningar geta haft áhrif á viðhorf til vísindalegrar þekkingar og aðgerða í loftslagsmálum. Stjórnvöld þurfa að bregðast við slíku en standa á sama tíma vörð um lýðræðislega umræðu.

Síðferðislegar áskoranir í loftslagsmálum eru af ýmsum toga en hverfast meðal annars um

margs konar réttlæti og óréttlæti. Efnameira fólk, bæði innanlands og á alþjóðavísu, losar meira en þeir sem minna hafa á milli handanna. Afleiðingar loftslagsbreytinga bitna auk þess meira á þeim sem fátækari eru. Félagslegar og efnahagslegar aðstæður, sem og ójöfnuður, hefur áhrif á aðlögunargetu. Ljóst er að loftslagsbreytingar munu auka áþján og að þær munu hafa dauðsföll í för með sér. Siðferðisleg ábyrgð þeirra sem mest losa er því veruleg. Losun fyrri og núverandi kynslóða mun bitna á kynslóðum framtíðarinnar. Áhersla á kynslóðatengt réttlæti hefur leitt ungt fólk til þess að stofna samtök sem berjast gegn loftslagsvá. Eru samtökin afar gagnrýnin á hugtakið loftslagsbreytingar og telja það ekki ná að lýsa þeim hörmungum sem ganga yfir heimsbyggðina vegna þeirra. Vilja þau frekar nota hugtakið loftslagshamfarir.

Loftslagsbreytingar velta einnig upp spurningum um stöðu mannsins í náttúrunni og þeim djúpu gildismats- og viðhorfsbreytingum sem þurfa að eiga sér stað til að vinna á loftslagsvánni. Ljóst er að gildismat, viðhorf og sambúð fólks við náttúruna þarf að breytast til þess að hægt sé að bregðast við loftslagsvandinum.

Samofin menningu tiltekins hóps eða samfélags er kjarni hennar – hin sameiginlega sjálfsmynd. Hún er ávallt í endurskoðun og endursköpun, oft mótsagnakennd og alltaf í samhengi og samspili við aðra þætti, eins og landið sem hópurninn býr í og söguna og umheiminn sem mótuðu hana. Segja má að svo róttækar breytingar, sem loftslagsbreytingar hafa í för með sér, séu og muni verða ákveðin ógn við bæði sjálfsmynd og menningu þjóðarinnar. Til að mæta óljósri framtíð þarf að gera öllum kleift að vera með í endurskoðun og endursköpun sjálfsmyndar, menningar og samfélags á sem réttlátastan hátt.

Réttlát umskipti fela í sér að byrðum og ávinningi af viðbrögðum við loftslagsbreytingum sé dreift með sanngjörnum hætti á milli hópa þjóðfélagsins. Þetta felur meðal annars í sér að þeir sem missa atvinnu fái ný tækifæri, að mótun aðgerða sé lýðræðisleg og að þátttaka og réttindi allra hópa samfélagsins séu tryggð. Einnig þarf að tryggja að mótvægisáðgerðir bitni ekki meira á þeim efnaminni eða minnihlutahópum. Birtingarmyndir óréttlátra umskipta á Íslandi og aðgerðir gegn þeim hafa lítið verið rannsakaðar. Þó má færa rök fyrir því að aðgerðir sem miða að því að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda í samgöngum hafi haft mismunandi áhrif á ólíka þjóðfélagshópa.

Samband kyns og loftslagsbreytinga er einnig þáttur sem þarf að skoða vel þegar grip- ið er til aðgerða gegn loftslagsbreytingum og afleiðingum þeirra. Þannig eru afleiðingar loftslagsbreytinga oft alvarlegri fyrir konur en karla þar sem þær standa oft hallari fæti í samfélaginu; félagslega og efnahagslega.

Samfélagslegir innviðir, svo sem mennta-, menningar- og trúarstofnanir, auk heilbrigðisstofnana, skipta miklu máli þegar kemur að áhrifum loftslagsbreytinga og viðbrögðum við þeim. Menntun er ekki síst mikilvæg til að stuðla að breytingum á gildismati og hegðun fólks í átt til sjálfbærari framtíðar. Menntastofnanir gegna því mikilvægu hlutverki, í viðbrögðum samfélagsins við loftslagsbreytingum, í vinnu sinni með nýjum kynslóðum sem þurfa að takast á við og aðlagast breyttum heimi.

Trúarbrögð, leiðtogar þeirra og stofnanir, t.d. kirkjan, eru mikilvægt afl í félags- og menningarlífi margra, hérlandis og erlendis. Þau hafa, og munu í auknum mæli, sinna sínu hlutverki við að fá fylgjendur sína til að breyta rétt gagnvart náttúrunni og vekja von hjá almenningi í baráttunni við þá vá sem felst í loftslagsbreytingum. Guðfræðingar víða um heim hafa kallað eftir endurskoðun á kristinni guðfræði í ljósi loftslagsvandans. Trú- og lífsskoðunarfélög hér á



Mynd 8: Mótmæli á COP26. (Ljósmynd. Anna Hulda Ólafsdóttir, birt með leyfi).

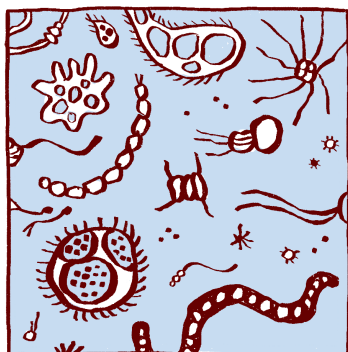
landi og erlendis hafa ályktað um loftslagsvána þar sem lögð er áhersla á vitundarvakningu og aðgerðir.

Listafólk, hönnuðir og arkitektar sinna rannsóknum á sambandi manneskju og umhverfis. Er framlag þeirra afar mikilvægt til að varpa ljósi á afleiðingar loftslagsbreytinga og aðgerða gegn þeim, enda eru aðferðir þeirra og nálgun á viðfangsefnið skapandi, spennandi og aðgengileg almenningi.

Loftslagsbreytingar og viðbrögð við þeim hafa þegar haft umtalsverð áhrif á lög, reglur og dómsmál víða um heim. Hérlandar reglur hafa þróast frá því að vera brotakenndar í að vera heilsteyptari og markvissari og eru evrópskar reglugerðir á sviði loftslagsréttar burðarásinn í íslenskum loftslagsrétti. Fjöldi dómsmála tengd loftslagsrétti hefur verið höfðaður erlendis og hérlandis. Í Landsrétti féll m.a. úrskurður um meðferð losunarheimilda WOW air.

Afleiðingar loftslagsbreytinga, svo sem hækkun yfirborðs sjávar, getur haft áhrif á hafrétt. Hærra sjávarborð og landrof getur breytt tilkalli ríkja til hafsvæða, fiskimiða og haft áhrif á efnahagslögsögu. Nokkrir grunnlínupunktur, sem marka íslensk hafsvæði, geta verið í hættu. Mikilvægt er að hafa betra eftirlit með grunnlínupunktum sem marka íslensk hafsvæði og ráðast í viðeigandi aðgerðir til að koma í veg fyrir breytingar á mörkun hafsvæða.

Lýðheilsa, heilbrigðiskerfið og samfélagið



Áherslupunktur

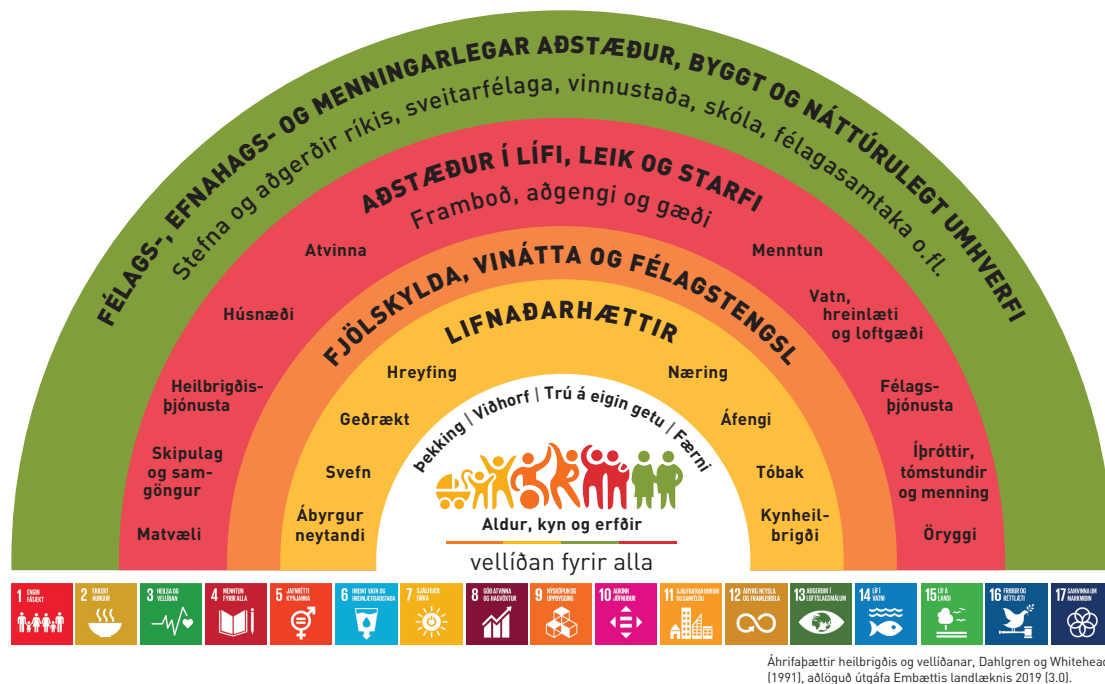
- Samkvæmt Alþjóðaheilbrigðisstofnuninni eru loftslagsbreytingar stærsta heilsufarsógnin sem mannkynið stendur frammi fyrir.
- Auka þarf þekkingu á áhrifum loftslagsbreytinga á lýðheilsu og breytta sjúkdómabyrði í íslensku samhengi fyrir mismunandi loftslagssviðsmyndir.
- Efla þarf heilbrigðisviðbúnað og mönnun til að auka áfallaþol heilbrigðiskerfisins.
- Tryggja þarf aðgengi allra að fyrsta stigs heilbrigðisþjónustu, þar með talið gedheilbrigðisþjónustu. Fjárfesting í lýðheilsu getur skilað ábata og minnkað veikleika gagnvart loftslagstengdri áhættu.
- Auk heilbrigðiskerfisins getur fjárfesting í öðrum kerfum skilað sameiginlegum ábata og minnkað veikleika gagnvart loftslagstengdri áhættu. Borgarkerfi og önnur þéttbýliskerfi eru því sérstaklega mikilvægur vettvangur fyrir loftslagsþolna þróun.
- Samfélög, þar sem ójöfnuður er mikill, hafa minni viðnámsþrótt gagnvart áhrifum loftslagsbreytinga. Viðkvæmir og jaðarsettir hópar standa alla jafna hallari fæti gagnvart heilsufarsögnum vegna loftslagsbreytinga, sem leiðir til frekari ójöfnuðar.

Andleg, líkamleg og félagsleg heilsa og líðan fólks ræðst af flóknu samspili einstaklinga við sitt nánasta umhverfi og aðstæður, þar með talið náttúrlegt umhverfi (sjá mynd 9). Samkvæmt Alþjóðaheilbrigðisstofnuninni eru loftslagsbreytingar stærsta heilsufarsógnin sem mannkynið stendur frammi fyrir. Á heimsvísu valda loftslagsbreytingar m.a. aukningu í algengi smitbærra og ósmitbærra sjúkdóma, ótímabærra dauðsfalla og vannæringar.

Víðtækar rannsóknir staðfesta að loftslagsbreytingar ógna heilsu fólks og vistkerfum um allan heim. Þær hafa neikvæð áhrif á andlega heilsu og líðan með beinum og óbeinum hætti og eru í vaxandi mæli ástæða þvingaðra fólksflutninga, tilfærslu fólks og átaka. Ljóst er að samfélög víða um heim standa misjafnlega að vígi og skilyrði fyrir loftslagsþolna þróun eru ólík á milli hópa, innan og á milli landa.

Lykilfarvegur fyrir loftslagsþolna þróun í heilbrigðiskerfinu er að tryggja aðgengi allra að fyrsta stigs heilbrigðisþjónustu, þar með talið gedheilbrigðisþjónustu. Fjárfesting í lýðheilsu getur skilað ábata og minnkað veikleika einstaklinga og samfélaga gagnvart loftslagstengdri áhættu. Heilsuefning og forvarnir gegna lykilhlutverki til að viðhalda og bæta heilsu og líðan fólks á öllum æviskeiðum.

Auk heilbrigðiskerfisins getur fjárfesting í öðrum kerfum skilað sameiginlegum ábata og



Mynd 9: Áhrifaþættir heilsu og vellíðanar og heimsmarkmið Sameinuðu þjóðanna. Aðlöguð útgáfa embættis landlæknis af regnbogamódeli Dahlgren og Whitehead út frá íslenskum aðstæðum.

minnkað veikleika gagnvart loftslagstengdri áhættu. Má þar sem dæmi nefna ýmsa innviði, almenningssamgöngur, húsnæði, hreina orku, vatn og hreinlæti, aðgengi að hollum mat, félagsþjónustu og ýmsa þætti sem hafa áhrif á félagstengsl og þátttöku í samfélaginu. Borgarkerfi og önnur þéttbýliskerfi eru því sérstaklega mikilvægur vettvangur fyrir loftslagsþolna þróun.

Samfélög, þar sem ójöfnuður er mikill, hafa minni viðnámsþrótt gagnvart áhrifum loftslagsbreytinga, s.s. flóðum, hita og þurrki. Rannsóknir sýna að viðkvæmir og jaðarsettir hópar standa alla jafna hallari fæti gagnvart heilsufarsógnum vegna loftslagsbreytinga, t.d. útbreiðslu sjúkdóma, sem leiðir til frekari ójöfnuðar. Ójöfnuður í heilsu og aðgengi að heilbrigðisþjónustu er staðreynd á Íslandi, líkt og annars staðar í heiminum.

Tilkynningum um skógarmítla, sem geta borið með sér smitsjúkdóma, hefur fjölgað á Íslandi og tímaspursmál hvenær smit berst í fólk hér á landi. Moskítóflugur eru annað dæmi um smitferjur sem hafa til þessa ekki náð að nema land á Íslandi.

Með aukinni framleiðni gróðurs á landinu eykst styrkur frjókorna í lofti sem hefur m.a. þau áhrif að ofnæmistilfelli geta versnað og ný bæst við.

Á Íslandi liggur þegar fyrir töluverð þekking á áhrifum náttúruhamfara á einstaklinga og samfélög. Samkvæmt nýlegri rannsókn fundu um 20% fullorðinna fyrir miklum umhverfiskvíða og var hlutfallið hæst hjá aldurshópnum 30 ára og yngri. Nauðsynlegt er að auka þekkingu á áhrifum loftslagsbreytinga á lýðheilsu í víðasta skilningi í íslensku samhengi fyrir mismunandi loftslagsviðmyndir. Hér er átt við ýmsa áhrifaþætti sem eru vel þekktir hornsteinar lýðheilsu, breytta sjúkdómabyrði og líðan.

Efla þarf heilbrigðisviðbúnað og mönnun til að auka áfallaþol heilbrigðiskerfisins. Meðal annars þarf að horfa til kjarnainnviða um allt land og einnig til minni byggða sem standa hallari fæti gagnvart skyndilegum áföllum, m.a. vegna náttúruvár.

Atvinnuvegir



Áherslupunktur

- Loftslagsbreytingar, afleiðingar og viðbrögð við þeim gera loftslagsmál að einu stærsta efnahagsmáli samtímans. Aðlögunar er þörf.
- Þekking á áhrifum loftslagsbreytinga á samfélag og atvinnulíf er forsenda viðbragða en rannsóknir skortir á Íslandi. Brýnt er að rannsóknir á samfélags- og efnahagslegum áhrifum loftslagsbreytinga og aðgerðum við þeim verði stórauknar.
- Ræktunarmöguleikar nytjaplanta munu aukast en sveiflur í veðurfari, sníkjudýr, þurrkar og gróðureldar auka áhættu. Íslenskur landbúnaður og fæðuöryggi eru berskjölduð fyrir röskunum aðfangakeðja erlendis. Greina þarf þessa áhættu og grípa til viðeigandi aðgerða.
- Hækkandi sjávarhiti við landið hefur þegar leitt til breytinga á útbreiðslu og stofnstærð nytjategunda og munu slíkar breytingar halda áfram. Súrnun sjávar hefur neikvæð áhrif, einkum á kalkmyndandi lífverur og nytjar þeirra. Rannsóknunum á samspili hlýnunar og súrnunar sjávar er ábótavant sem og rannsóknum á áhrifum loftslagsbreytinga á fiskeldi.
- Áhrif loftslagsbreytinga á ferðaþjónustu ráðast af breytingum á náttúrulegu umhverfi, landslagi, náttúruvá og breytingum á eftirspurn. Breytingar eru þegar sýnilegar og aðlögun ferðaþjónustu er hafin.
- Fjármála- og váttryggingastarfsemi 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.
- Loftslagsáhætta er vaxandi og mun hafa áhrif á verðlag, fjármálastöðugleika og öryggi fjármálakerfisins. Loftslagsáhætta almennrar bankastarfsemi felur í sér aukna fjárhagslega óvissu, áhættu og aukinn kostnað tengdum fjárfestingum og útlánunum.
- Loftslagstengd tjón hafa áhrif á rekstur váttryggingafélaga þar sem slíkir atburðir valda persónu- og eignatjóni. Búið er við að tíðni og umfang tjóna muni aukast og endurkomutími atburða styttest.

Loftslagsbreytingar, afleiðingar 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 og auðveldað að nýta á jákvæðan hátt þær umbreytingar sem felast í viðbrögðum við loftslagsbreytingum.

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 gróðurreldar geta þó aukið áhættu.

Röskun í aðfangakeðjum getur 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.

Stefna stjórnvalda í loftslagsmálum og aðgerðir þeirra til að draga úr losun, og samsvarandi breytingar á neysluhegðan almennings, geta haft áhrif á afkomu þeirra greina landbúnaðarins sem í dag eru ábyrgar fyrir mikilli losun gróðurhúsalofttegunda. Fæðuöryggi hérlendis er undir bæði beinum og óbeinum áhrifum loftslagsbreytinga.

Umtalsverð verðmæti eru falin í veiðihlunnindum tengdum laxi, bleikju og urriða. Undanfarin ár hafa stofnar bleikju verið á undanhaldi en stofnar urriða að styrkjast meðan laxastofnar hafa haldist 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 hnattrænnar loftslagsbreytingar, s.s. bein og óbein áhrif hækkunar á vatnshita. Ef þessi þróun heldur áfram gæti þurft að draga úr veiðisókn í hnignandi stofna.

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 heildarafra og aflasamsetningu og orsakað auknar deilur milli þjóðríkja vegna deilistofna. Veðurfarsbreytingar geta haft áhrif á aðstæður til sjósóknar og á markaði.

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 kaldsjáartegunda 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.

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 og jafnframt nýttar sem matvæli eða til iðnaðarframleiðslu, s.s. skelfiskur og kalkþörungar. 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 sjávar.

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 sjávar tengdar nytjar, veðurtengdra áhrifa á sjósókn og aukinnar hættu af náttúruvá.

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 virðis kedju, einkum þegar kemur að fódurframleiðslu, og áhrif veðuröfga á innviði. Rannsóknunum er ábótavant á áhrifum loftslagsbreytinga á fiskeldi á Íslandi.

Áhrif loftslagsbreytinga á ferðaþjónustu helgast 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 sjávarhita og sýnileika hvalategunda á Skjálfaflóa. Loftslagsbreytingar geta haft neikvæð áhrif á öryggi ferðamanna, t.d. í samhengi aukinnar náttúruvá.



*Mynd 10: Sigt á Heinabergslóni.
(Ljósmynd. Iceguide, birt með leyfi).*

getur spyrnt við fótum með vist- og loftslagsvænni uppbyggingu. 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.

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.

Loftslagstengd veðurfarstjón hafa áhrif á rekstur vátryggingafélaga, 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 vátryggingafélaga innanlands vegna endurtryggingasamninga við erlend vátryggingafélög.

Áhrif loftslagsbreytinga á vátrygginga- og fjármálastarfsemi skiptist 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.

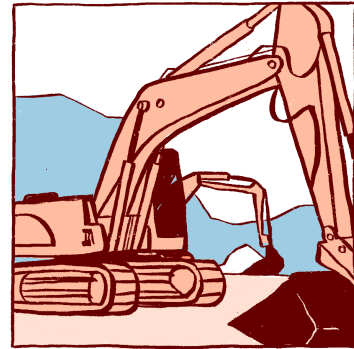
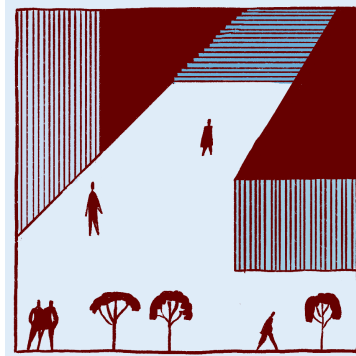
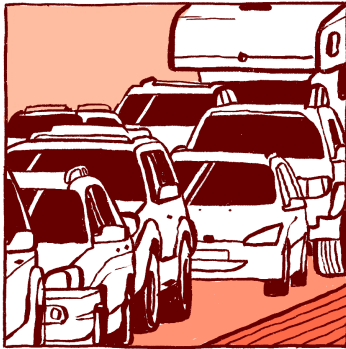
Loftslagsbreytingar tengjast umboði og hlutverki Seðlabanka Íslands, s.s. í samhengi fjármálastöðugleika, fjármálaeftirlits og peningaeftirlits. Loftslagsáhætta er vaxandi og mun hafa áhrif á verðlag, fjármálastöðugleika og öryggi fjármálakerfisins. Greiningar og haglíkön þurfa að taka tillit til loftslagsáhættu, meta þarf áhrif á gæði eignasafna fjármála fyrirtækja og þróa þarf álagspróf. Fjármálaeftirlit þarf að tryggja að upplýsingagjöf sé í samræmi við Evrópureglur og taka þarf tillit til loftslagsáhættu við framkvæmd peningastefnu.

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. Græn skuldabréf eru dæmi um vöru sem hvetja til fjárfestinga í loftslagsvænum verkefnum og hafa íslensk fjármála fyrirtæki, sveitarfélög og önnur fyrirtæki gefið út slík skuldabréf.

Viðbrögð við loftslagsbreytingum munu leiða til atvinnu- og iðnþróunar sem oft byggir á nýsköpun og eru nú þegar nokkur dæmi þess á Íslandi. Viðbrögðin kalla einnig á nýsköpun hjá fjármála fyrirtækjum.

Eftirspurn eftir ferðalögum til norðlægra landa gæti aukist, a.m.k. til skamms tíma, og þá sérstaklega ásókn til þeirra áfangastaða sem eru viðkvæmir fyrir áhrifum loftslagsbreytinga, svo sem jökla eða jökullóna (sjá mynd 10). Mögulegt er að loftslagsbreytingar auki eftirspurn eftir ferðaþjónustu á Íslandi, a.m.k. í náginni framtíð. Þó geta aðgerðir í loftslagsmálum og neikvæð viðhorf til langra ferðalaga, sem leiða til mikillar losunar gróðurhúsalofttegunda, dregið úr eftirspurn. Ferðaþjónustan

Byggðir innviðir



Áherslupunktur

- Loftslagsbreytingar eru þegar farnar að hafa áhrif á ýmsa byggða innviði.
- Áhrif á forða, vatnsöflun og dreifikerfi vatnsveitna geta aukið hættu á örveru- eða seltumengun vatnsbóla og breytt grunnvatnsstöðu. Minni vatnsveitur, og þau samfélög sem nýta þær, eru berskjaldaðri fyrir áhrifum.
- Úrkomubreytingar, auknar sveiflur í veðurfari, fjölgun hlákudaga og hækkandi grunnvatns- og sjávarstaða hafa áhrif á virkni fráveitukerfa. Áhrifin eru meiri á blönduð fráveitukerfi. Blágrænar ofanvatnslausnir geta dregið úr áhrifum.
- Áhrif á umhverfi orkuframleiðslu eru veruleg en mismunandi eftir auðlindum. Rýrnun jökla mun hafa veruleg áhrif á vatnsaflsframleiðslu. Möguleikar aukast á ræktun orkuplantna. Loftslagsbreytingar geta haft áhrif á rekstraröryggi vindorkuvera og raforkukerfa.
- Greina þarf breytingar á eftirspurn eftir vatni, hita og rafmagni í samhengi loftslagsbreytinga og viðbragða við þeim.
- Áhrif á vegasamgöngur fela í sér aukna viðhaldsþörf og styttri líftíma slitlags. Stöðugleiki undirlags getur minnkað og óstöðugleiki jarðlaga valdið tjóni. Flóðahætta eykst fyrir innviði allra gerða samgangna. Uppfært mat á sjávarstöðubreytingum sýnir að óvissan um mögulegar breytingar hefur aukist.
- Hafís hefur dregist saman en getur enn truflað siglingar. Borgarísjakar gætu orðið meira vandamál ef íshellur á Grænlandi brotna upp. Öryggismál, vöktun og alþjóðleg samvinna er mikilvæg, ekki síst fyrir nýjar siglingaleiðir.

Loftslagsbreytingar eru þegar farnar að hafa áhrif á ýmsa innviði á Íslandi sem hefur kallað á viðbrögð stofnana og fyrirtækja.

Áhrif loftslagsbreytinga, s.s. þurrkar, aukin úrkomuákefð, umhleypingar, flóð og hækkun sjávarstaða, geta haft áhrif á forða, vatnsöflun og dreifikerfi vatnsveitna og þar með á neysluvatn. Meðal áhrifa eru hættu á örveru- eða seltumengun vatnsbóla og breytt grunnvatnsstaða (sjá mynd 11). Minni vatnsveitur eru berskjaldaðri fyrir áhrifum. Rannsóknunum á áhrifum loftslagsbreytinga á eftirspurn eftir ferskvatni er ábótavant.

Úrkomubreytingar, auknar sveiflur í veðurfari, fjölgun hlákudaga og hækkandi grunnvatns- og sjávarstaða hefur áhrif á virkni fráveitukerfa. Um samverkan þátta er einnig að ræða, svo sem þegar hærri sjávarstaða og aukin úrkomuákefð auka líkur á bakflæði í lögnum. Fyrir blönduð

fráveitukerfi geta áhrifin verið verri en í aðgreindum kerfum, þar sem ofanvatn og skólþ er ekki í sömu lögnum. Blágrænar ofanvatnslausnir hafa reynst mikilvægar til að draga úr flóðahættu samfara aftakarigningu.

Flóðaatburðir hér á landi vegna rigningar sem fellur á frosna jörð eða á snjó eru vaxandi vandamál fyrir fráveitukerfi með tilheyrandi flóðahættu.

Rýrnun jökla vegna loftslagsbreytinga hefur mikil áhrif á vatnsaflsframleiðslu á Íslandi. Sú aukning, sem þegar hefur átt sér stað, hefur verið nýtt í núverandi kerfi vatnsaflsvirkjana og miðlana þeirra, m.a. með stækkun Búrfellsvirkjunar. Þróun áframhaldandi aukningar er óviss en nýting hennar er háð uppbyggingu í samræmi við þróun auðlindarinnar.

Þurrkar, breytingar á úrkomudreifingu og hlutfalli rigningar og snævar í úrkomu innan ársins munu hafa áhrif á rekstur miðlana og vatnsaflsframleiðslu. Breytingar á hvassviðratíðni geta haft áhrif á rekstraröryggi vindorkuvera, en sumarlýnun getur aukið möguleika á ræktun plantna sem nýta má til orkuframleiðslu.

Loftslagsbreytingar geta haft áhrif á rekstraröryggi raforkukerfis, t.d. með tilfærslu þeirra svæða þar sem ísingar gætir helst, vegna hvassviðra, ofanflóða og annarrar loftslagstengdrar náttúruvár.

Hlýnun getur dregið úr eftirspurn eftir orku til húshitunar en þrátt fyrir minnkun í meðalnotkun geta sveiflur í veðurfari aukið tímabundna álagstoppa. Mikilvægt er að greina áhrif fólksfjölgunar og loftslagsbreytinga á allar hita- og vatnsveitur landsins.

Loftslagsbreytingar geta aukið eftirspurn eftir raforku til kælimiðla og orkuskipti munu hafa áhrif á eftirspurn eftir raforku.

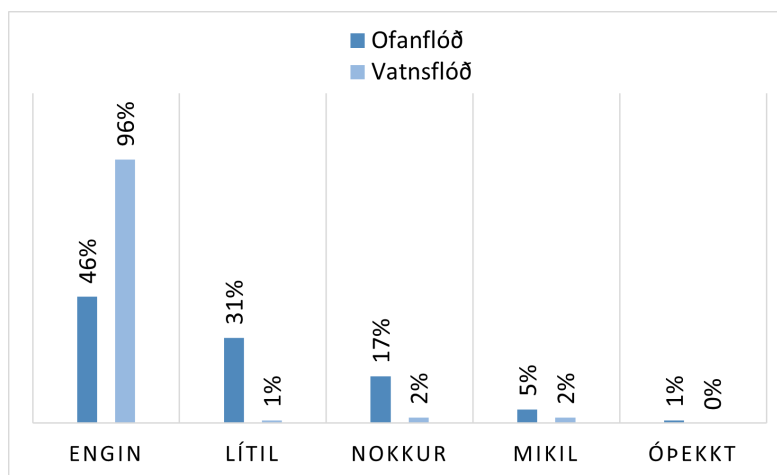
Ólíkar forsendur um umfang orkuskipta gera það að verkum að mismunandi sviðsmyndir um orkuþörf vegna orkuskipta ná frá engri þörf á viðbótarraforku til ríflega tvöföldunar á raforkuframleiðslu. Mikilvægt er að umskipti í orkuframleiðslu byggji á vandaðri ákvarðanatöku og miði að því að ná víðtækri samfélagssátt.

Loftslagsbreytingar hafa áhrif á vegasamgöngur, m.a. vegna hlýnunar, hitabylgna, þurrka og tíðari hitasveiflna um frostmark. Áhrifin eru m.a. blæðingar í yfirborði vega, skemmdir á burðarlagi og styttri líftími slitlags. Þær geta einnig dregið úr þörf á snjómokstri en á svæðum, þar sem hitasveiflur um frostmark aukast, verður viðhaldspörf slitlags meiri. Þá getur breytt grunnvatnsstaða haft áhrif á burðarþol og aukinn vindur valdið tjóni á slitlagi.

Sjávarstöðubreytingar hafa áhrif á rof og flóðahættu á vegum á strandsvæðum en á fjallvegum gæti minna frost í jörðu haft áhrif á stöðugleika undirlags. Aukin skriðuföll og óstöðugleiki jarðlaga getur einnig valdið tjóni á öllum innviðum samgangna.

Áhrif á innviði flugs eru sambærileg áhrifum á innviði vegasamgangna. Flóðahætta er til staðar á flugvöllum um allt land. Áhrif á flugsamgöngur geta einnig birst í breyttum flugleiðum, ferðatíma og eldsneytisnotkun, auk áhrifa á flugtaksþyngd og lengd flugbrauta.

Helstu áhættuþættir sem tengjast innviðum samgangna á sjó eru flóðahætta og skemmdir vegna hækkunar sjávarstöðu og aukinnar tíðni illviðra með áhlaðanda (sjá mynd 12). Sam-



Mynd 11: Hlutfall (%) vatnsbóla á Norðausturlandi í áhættu vegna flóða eða skriðufalla (María J. Gunnarsdóttir o.fl., 2019)



Mynd 12: Flóð í höfninni á Patreksfirði. (Ljósm. Smári Gestsson, birt með leyfi).

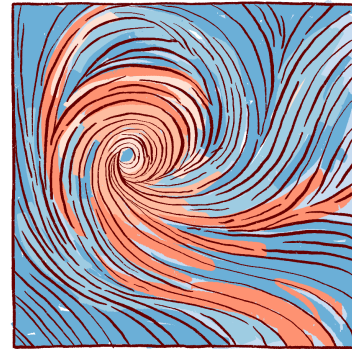
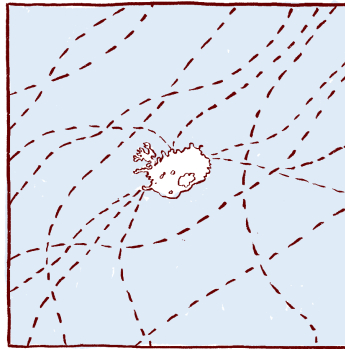
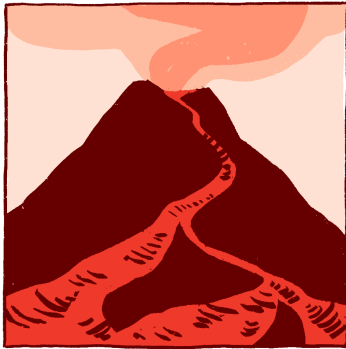
legðaráhrif áhættuþátta geta ýkt vænt áhrif. Hærrí sjávarstaða kann að kalla á aukna viðhaldspörf og frekari uppbyggingu sjóvarna. Uppfært mat á sjávarstöðubreytingum sýnir að óvissa um væntar breytingar hefur aukist.

Hafís á siglingaleiðum nærri Íslandi hefur dregist saman á undanförunum áratugum en getur þó truflað siglingar hluta ársins. Borgarísjaka frá Grænlandi mun áfram reka á siglingaleiðir og gætu mögulega orðið meira vandamál ef íshellur á Grænlandi brotna upp.

Öryggismál og vöktun tengd hafís, borgarís og lagnaðarís er mikilvæg. Alþjóðleg samvinna um eftirlit, vöktun og miðlun hafísupplýsinga hefur reynst árangursrík og mikilvægt að henni sé haldið áfram.

Verði hnattræn hlýnun á bilinu 1.5–2.0 °C er líklegt að sumarhafís hverfi að mestu af Íshafinu sum ár, en hlýni meira en 3 °C muni það gerast flest ár. Dragist hafís verulega saman opnast nýjar siglingaleiðir um Íshafið. Greining á ábata Íslands af opnun siglingaleiða um Íshafið bendir ekki til þess að staðsetning landsins veiti okkur samkeppnisforskot nema í tilviki svokallaðrar miðleiðar.

Áhætta, náttúruvá og áhættustýring



Áherslupunktur

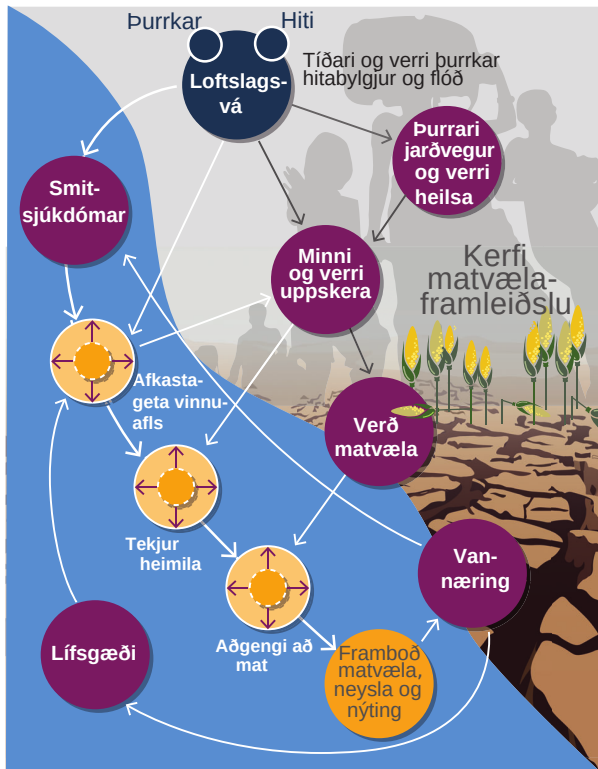
- Íslenskt samfélag kann að vera berskjaldað gagnvart flókinni og kerfislægri áhættu vegna afleiðinga loftslagsbreytinga. Slíkar áhættur eru m.a. til staðar í matvæla- og fjármálakerfum og í aðfangakeðjum. Þá getur loftslagsáhætta utan Íslands aukið komu flóttamanna til landsins.
- Ónógar rannsóknir hafa farið fram á þessum áhættum hér á landi og mikilvægar upplýsingar vantar.
- Þörf er á átaki til að greina kerfislæga áhættu vegna áfalla utan landssteinanna á íslenskt samfélag. Áhættan er illa þekkt, en í ljósi tjónnæmis og varnarleysis samfélagsins kann hún þó að vera mikil.
- Loftslagsbreytingar auka náttúruvá, t.d. vegna aftakaúrkomu, hvassviðra, hættu á flóðum í ám og úr jaðarlönnum, skriðufalla, sjávarflóða, tíðari eldgosa og gróðurelda.
- Áhættustýringu þarf að beita til að draga úr líkum þess að alvarleg tjón verði. Mikilvægt er að tekið sé meira tillit til aukinnar náttúrvár við skipulagsgerð.

Íslenskt þjóðfélag kann að verða fyrir afleiðingum loftslagsbreytinga erlendis, sem m.a. getur birst í komu loftslagsflóttafólks. Yfirleitt eru margar ástæður fyrir því að fólk leggur á flótta. Loftslagsbreytingar geta haft áhrif á ástæður til flóttu í samspili við aðra ógn, svo sem stríð, pólitísk átök og efnahagsþrengingar.

Áhættum, sem tengjast loftslagsbreytingum, er hægt að skipta í beina, flókna, afleidda og kerfislæga áhættu. Íslenskt samfélag kann að vera berskjaldað gagnvart flókinni og kerfislægri áhættu vegna afleiðinga loftslagsbreytinga. Slíkar áhættur eru m.a. til staðar í matvæla- og fjármálakerfum og í aðfangakeðjum (sjá mynd 13). Ónógar rannsóknir hafa farið fram á þessum áhættum hér á landi og mikilvægar upplýsingar og greiningar á þeim skortir. Þörf er á átaki til þess að greina kerfislæga áhættu vegna áfalla erlendis á íslenskt samfélag. Þessi áhætta er illa þekkt en gæti orðið mikil í ljósi tjónnæmis og varnarleysis þjóðfélagsins. Aukin náttúruvá telst til beinnar áhættu vegna loftslagsbreytinga. Hún getur tengst atburðum eins og aftakaúrkomu, flóðum í ám, skriðuföllum, sjávarflóðum og gróður- og skógareldum.

Hnattræn hlýnun kann að draga úr tíðni fyrirstöðuhæða yfir Grænlandi að vetri, sem gæti aukið tíðni lægðagangs til Íslands. Vegna samdráttar í hafisþekju mun vindstyrkur yfir hafi aukast norðan og vestan við landið.

Keðjuverkandi áhrif loftslagsvá á matvæli og næringu



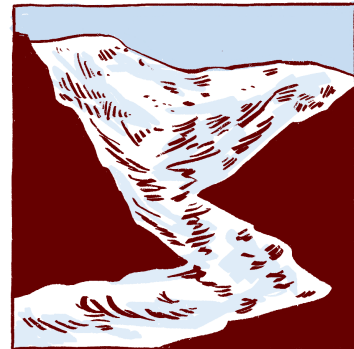
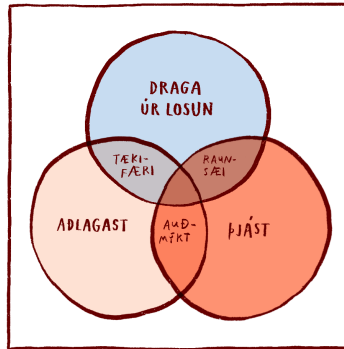
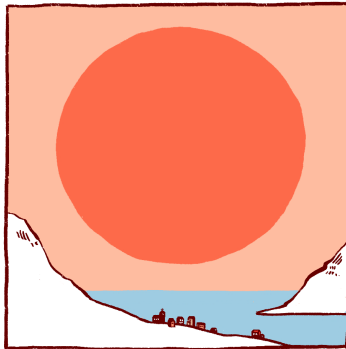
Mynd 13: Samverkandi, flókin áhætta sem gengur þvert á landamæri hefur áhrif á vistkerfi og samfélög. Sjá kafla um áhættur, náttúruvá og áskoranir þvert á landamæri

Jaðarlón myndast við hörfandi jökla og hættan á berghruni í jaðarlón verður nýr áhættuþáttur. Bráðnun sífrera og rýrnun jökla getur tímabundið gert hlíðar óstöðugar. Rannsóknir á þessari vá á síðustu árum sýna að tíðni skriðufalla hefur aukist þótt ekki verði öll skriðuföll hér á landi rakin til loftslagsbreytinga.

Gróðurfarsbreytingar, aukin tíðni þurrka og minnkandi beit hafa í för með sér aukna hættu af gróður- og skógareldum. Einungis virðist tímaspursmál hvenær útbreiddur gróðureldur veldur alvarlegu tjóni í byggð. Lagt hefur verið mat á útbreiðslu verstu flóða við núverandi aðstæður og fyrir ólíkar sviðsmyndir um loftslagsbreytingar og rýrnun jökla. Tíðni og ákefð sjávarflóða mun aukast með hækkandi sjávarstöðu. Farglétting vegna rýrnunar jökla eykur kvikumyndun í jarðskorpunni sem kann að leiða til stærri og/eða tíðari eldgosa.

Íslenskt þjóðfélag býr yfir mikilli þekkingu og reynslu við að bregðast við náttúruvá. Mikilvægt er að áhættustýringu verði beitt með skipulögðu áhættumati og viðbrögðum til að draga úr líkum þess að alvarleg tjón verði. Horfa þarf til aukinnar náttúruvá við skipulagsgerð.

D Aðlögun að loftslagsbreytingum



Áherslupunktur

- Til þess að auka skilning og þekkingu stefnumótenda og framkvæmdaaðila á afleiðingum loftslagsbreytinga til framtíðar þarf að veita auknu fjármagni til rannsókna á afleiðingunum á íslenska náttúru, samfélag og atvinnuvegi.
- Svo unnt sé að miðla niðurstöðum rannsókna á áhrifum loftslagsbreytinga til viðeigandi aðila er mikilvægt að byggja upp gagnagrunn og vefsja með myndrænni framsetningu á mismunandi loftslagsviðsmyndum fyrir Ísland og mögulegum áhrifum á einstaka geira.
- Skilgreina þarf viðeigandi vísa til þess að meta áhrif loftslagsbreytinga sem ganga þvert á landamæri og hvaða áhættur þau fela í sér fyrir Ísland. Þannig er unnt að skilja yfirvofandi vó og móta aðgerðir til þess að draga úr neikvæðum afleiðingum fyrir íslenskt samfélag.
- Koma þarf á laggirnar fjárhagslegum hvötum og fjármögnunarleiðum til þess að flýta fyrir nauðsynlegum aðlögunaraðgerðum.

Þegar samfélög standa frammi fyrir loftslagsvá geta viðbrögðin verið af þrennum toga: Að þjáast, draga úr losun eða aðlagast afleiðingunum. Aðlögun að loftslagsbreytingum er staðbundin aðgerð sem felst í því að undirbúa samfélög, fólk, kerfi og náttúru undir áhrif loftslagsbreytinga, lágmarka skaðlegar afleiðingar þeirra og nýta möguleg tækifæri. Aðlögun er lykilþáttur í því að tryggja langtínaviðbrögð við loftslagsbreytingum með það að markmiði að vernda fólk, lífsviðurværi og vistkerfi.

Áhrifa loftslagsbreytinga er þegar farið að gæta á Íslandi og ljóst að þau verða áskorun til framtíðar. Samfélagið stendur frammi fyrir mögulegum afleiðingum, svo sem fyrir efnahag, innviði, atvinnugreinar, öryggi og lýðheilsu.

Fyrsta stefna íslenskra stjórnvalda um aðlögun að loftslagsbreytingum, *Í ljósi loftslagsvá*, var birt í september 2021. Síðan hefur verið unnið að undirbúningi aðlögunar á Íslandi og stýrihópur skilaði tillögu að landsáætlun um aðlögun að loftslagsbreytingum í september 2023. Landsáætlun um aðlögun á að skilgreina ábyrgðaraðila aðlögunaraðgerða. Innleiðing slíkrar áætlunar mun gegna lykilhlutverki í að gera aðlögun að loftslagsbreytingum markvissari.

Í lögum um loftslagsmál er fjallað um aðlögun. Þó er íslenskur lagagrunnur varðandi aðlögun að loftslagsbreytingum almennt veikur og tekur lögbundið umboð ríkis og sveitarfélaga hvað varðar loftslagsmál nánast eingöngu til mótvægisáðgerða. Sveitarfélögum ber sem stendur ekki lagaleg skylda til þess að huga að aðlögun að loftslagsbreytingum.

Samþætta þarf vinnu á sviði aðlögunar og mótvægisáðgerða og tryggja samlegð til þess að

koma í veg fyrir að þær vinni hvor á móti annarri. Skipulag og umhverfismat eru lykilstjórnþæki til að vinna farsælega að aðlögun byggða og samfélags. Tryggja þarf undirstöður loftslagsþolins skipulags með skýrum markmiðum, leiðbeiningum, hvatningu og stuðningi við skipulagsyfirvöld í héraði.

Fjárhagslega hvata og fjármögnunar- aðgerðir vantar til þess að hraða aðlögun- araðgerðum. Mikilvægt er að skilgreina hvar ábyrgðin liggur og gæta þarf jafnræð- is þegar kemur að kvöðum á mismunandi aðila, svo sem almenning, sveitarfélög eða fyrirtæki.

Það er hlutverk stjórnvalda að tryggja að hægt sé að byggja ákvarðanir varðandi aðlögun á áreiðanlegum gögnum og rann- sóknum. Slíkt krefst aukins fjármagns til rannsókna og vöktunar á áhrifum loftslagsbreytinga á íslenska náttúru og sam- félag.

Miðlun upplýsinga til að brúa bil á milli vísindafólks, stefnumótenda og al- mennings varðandi áhrif og afleiðingar loftslagsbreytinga er lykilatriði. Vefsjár, eins og Loftslagsatlas, með myndrænni framsetningu á loftslagssviðsmyndum fyrir Ísland er öflugt verkfæri til að auka skilning á áhrifum loftslagsbreytinga.

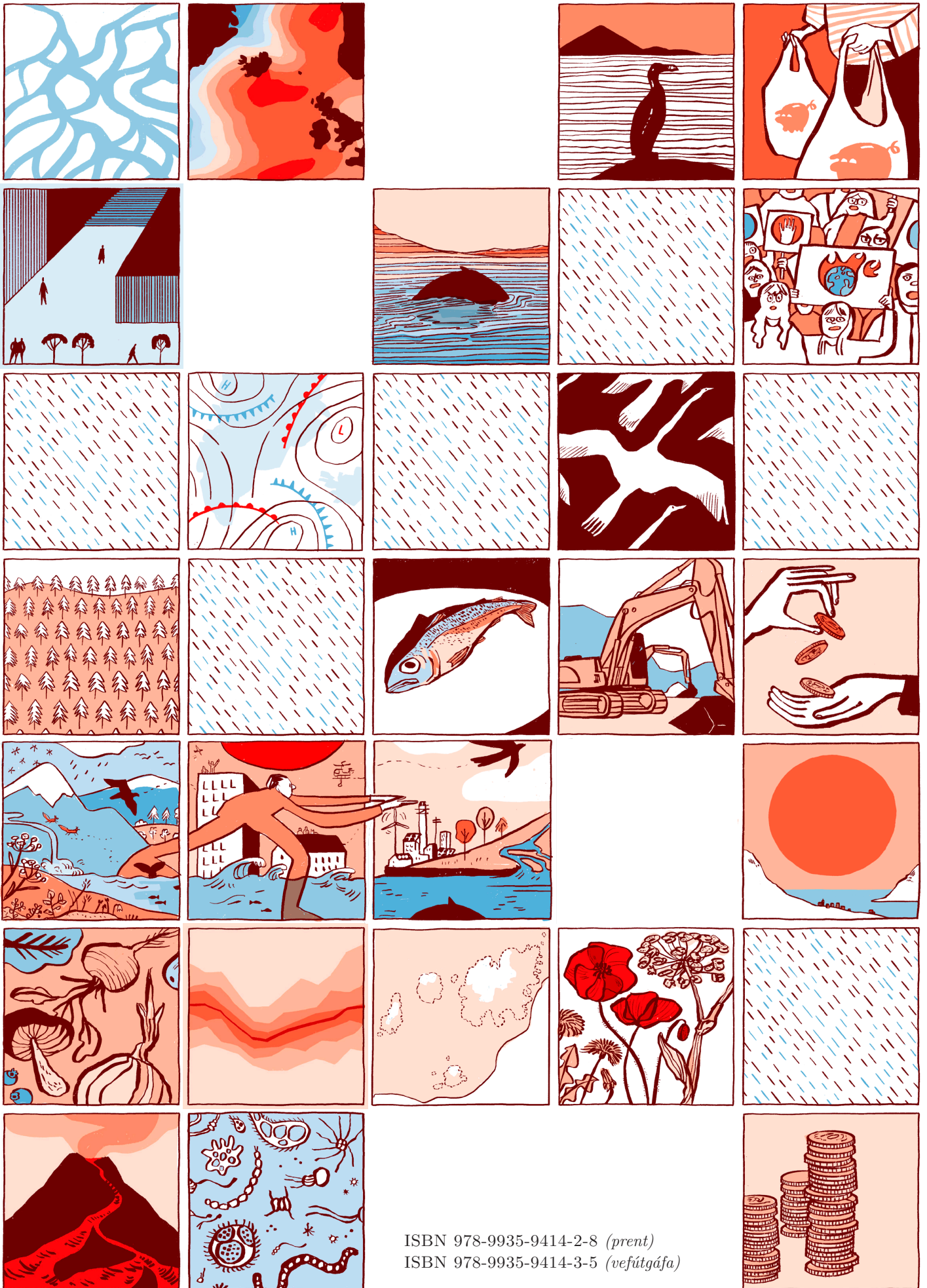
Áhættumat og áhættustýring er mik- ilvægur hluti af aðlögun og greina þarf loftslagsáhættu fyrir alla geira og samfélagshópa. Greina þarf betur áhrif loftslagsbreytinga þvert á landamæri á efnahag og samfélag á Íslandi. Þannig er hægt að meta hversu berskjaldað Ísland er gagnvart slíkum áhættum og skilgreina mælikvarða fyrir viðbragðsáætlanir og langtímastefnur.

Þrátt fyrir að aðlögunaraðgerðir taki almennt mið af umhverfi og aðstæðum á hverjum stað er hægt að læra af reynslu annarra. Það er því mikilvægt að efla samvinnu innanlands og á alþjóðlegum vettvangi.

Loftslagsbreytingar hafa þegar haft áhrif á náttúrufar og lífsskilyrði á Íslandi. Til þess að mæta þeim áskorunum sem afleiðingum loftslagsbreytinga fylgir er aðlögunar þörf. Afleiðingarnar fara vaxandi og því mikilvægt að aðlögun sé í brennidepli hjá ríki og sveitarfélögum.



Mynd 14: Aðlögun að loftslagsbreytingum er viðamik- ið verkefni og snertir flesta geira og hópa samfélagsins.



ISBN 978-9935-9414-2-8 (prent)
 ISBN 978-9935-9414-3-5 (vefútgáfa)

