



# Hlýnun á norðurheimskautssvæðinu

Ástæður og afleiðingar loftslagsbreytinga

Heiðrún Hafsteinsdóttir

Lokaverkefni til B.Ed.-prófs

Kennaradeild



**HÁSKÓLI ÍSLANDS**  
**MENNTAVÍSINDASVIÐ**



# **Hlýnun á norðurheimskautssvæðinu**

## ***Ástæður og afleiðingar loftslagsbreytinga***

Heiðrún Hafsteinsdóttir

Lokaverkefni til B.ed-prófs í grunnskólakennarafræði

Leiðbeinandi: Eggert Lárusson

Kennaradeild

Menntavísindasvið Háskóla Íslands

Júní 2014

Hlýnun á norðurheimskautssvæðinu: Ástæður og afleiðingar  
loftslagsbreytinga

Ritgerð þessi er 10 eininga lokaverkefni til B.ed-prófs  
í grunnskólakennarafræði við Kennaradeild,  
Menntavísindasviði Háskóla Íslands

© Heiðrún Hafsteinsdóttir 2014

Óheimilt að afrita ritgerðina á nokkurn hátt nema með leyfi höfundar.

Prentun: Bóksala kennaranema  
Reykjavík, 2014

## 1 Ágrip (útdráttur)

Í þessari ritgerð verður fjallað um stærsta vanda sem norðurheimskautssvæðið stendur frammi fyrir í dag en það eru loftslagsbreytingar og hlýnun jarðar. Þessi fyrirbæri hafa haft mikil áhrif á norðurheimskautssvæðið og allt það líf sem þarf þrífst. Svæðið er einstakt, þar er að finna stórkostlega náttúru og dýraríki sem hvergi í heiminum á sér samstæðu.

Loftslagsbreytingar og hlýnun jarðar er vandamál sem snertir okkur öll og þess vegna er mikilvægt að leggja okkar að mörkum til að sporna við þessum breytingum og bjarga því sem hægt er að bjarga. Mér finnst sérstaklega mikilvægt að sem flestir átti sig á því hversu alvarlegar afleiðingar loftslagsbreytinga eru, ef til vill myndu þá fleiri leggja sitt af mörkum til að sporna við þessum hröðu breytingum sem eiga sér stað af völdum þeirra.

Ritgerð þessi ætti að gefa lesanda góða hugmynd um það hvað er að gerast á norðurheimskautssvæðinu og hvað framtíðin felur í sér fyrir lífríki á svæðinu ef allt helst óbreytt. Vonandi fær þessi ritgerð einhvern til að víkka hugsun sína um efnið og einbeita sér að því að vera áhrifavaldur og gera sitt besta í að breyta heiminum. Margt smátt gerir eitt stórt.

## Efnisyfirlit

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Ágrip (útdráttur)</b> .....                                     | <b>3</b>  |
| <b>2</b>  | <b>Myndaskrá</b> .....   | <b>5</b>  |
| <b>3</b>  | <b>Formáli</b> .....   | <b>6</b>  |
| <b>4</b>  | <b>Inngangur</b> .....   | <b>7</b>  |
| <b>5</b>  | <b>Hlýnun jarðar</b> .....   | <b>9</b>  |
| 5.1       | Hvað felst í hlýnun jarðar og hverjar eru afleiðingar hennar ..... | 9         |
| 5.2       | Hvað getum við gert? .....   | 11        |
| <b>6</b>  | <b>Norðurheimskautssvæðið</b> .....                                | <b>13</b> |
| <b>7</b>  | <b>Loftslagsbreytingar á norðurheimskautssvæðinu</b> .....         | <b>15</b> |
| <b>8</b>  | <b>Norður-Íshafið</b> .....  | <b>18</b> |
| <b>9</b>  | <b>Grænlandsjökull</b> .....                                       | <b>21</b> |
| <b>10</b> | <b>Dýralíf á norðurheimskautssvæðinu</b> .....                     | <b>23</b> |
| 10.1      | Einkenni dýra á norðurheimskautssvæðinu .....                      | 23        |
| 10.2      | Ísbirnir.....  | 24        |
| 10.3      | Fuglar .....   | 25        |
| 10.4      | Mjaldur .....  | 27        |
| 10.5      | Fiskar.....  | 29        |
| <b>11</b> | <b>Maður</b> .....   | <b>31</b> |
| 11.1      | Áhrif loftslagsbreytinga á innfædda .....                          | 31        |
| 11.2      | Inúítar .....  | 32        |
| <b>12</b> | <b>Gróður á norðurheimskautssvæðinu</b> .....                      | <b>34</b> |
| <b>13</b> | <b>Aðalnámskrá</b> .....   | <b>36</b> |
| <b>14</b> | <b>Hlutverk skólans</b> .....                                      | <b>38</b> |
| <b>15</b> | <b>Niðurlag</b> .....  | <b>40</b> |
| <b>16</b> | <b>Heimildaskrá</b> .....  | <b>42</b> |

## 2 Myndaskrá

|  |    |
|--|----|
| Mynd 1. Tengsl milli koldíoxíðs í andrúmslofti og breytingu á hitastigi..... | 10 |
| Mynd 2. Bráðnun norðurheimskautssvæðisins frá 1979-2012.....                 | 15 |
| Mynd 3. Norður-Íshafið.....  | 19 |
| Mynd 4. Grænlandsjökull.....   | 21 |
| Mynd 5. Ísbjörn á hafisnum.....  | 24 |
| Mynd 6. Fílabeinsmávur.....  | 25 |
| Mynd 7. Mjaldur.....   | 26 |
| Mynd 8. Bleikja.....   | 28 |
| Mynd 9. Innfæddir á veiðum.....  | 30 |

### 3 Formáli

Ástæðan fyrir því að ég valdi mér þetta viðfangsefni er sú að ég hef alltaf haft nokkurn áhuga á loftslagsbreytingum í heiminum. Ég hef lengi fylgst með framvindu mála og lesið mér til þegar nýjar fréttir af efninu berast. Breytingarnar eiga sér stað svo hratt að mér finnst mikilvægt að allir geri það sem þeir geta til að hægja á þeim. Ég hef alltaf talið mig nokkuð umhverfisvæna manneskju og reyni því að leggja mitt að mörkum við tækifæri. Mér fannst norðurheimskautssvæðið sérstaklega áhugavert í tengslum við loftslagsbreytingar vegna þess að ég veit hversu alvarlegar afleiðingar þær hafa fyrir þetta einstaka svæði og á heiminn.

Ég vil þakka fjölskyldunni minni fyrir að hafa staðið við bakið á mér í gegnum nám mitt síðustu ár og fyrir að hafa alltaf hvatt mig áfram. Móðir mín er búin að vera kletturinn minn í gegnum námið og flest annað og því fær hún sérstakar þakkir. Einnig vil ég þakka afa mínum, Lárusi Arnari Kristinssyni sem lést árið 2008. Allan áhuga minn á náttúrunni má rekja beint til hans. Hann kenndi mér ótrúlega margt sem hefur komið mér að einstaklega góðum notum í náminu. Í lokin vil ég þakka öllum kennurum mínum sem kenndu og hjálpuðu mér í gegnum þessi þrjú ár af námi og þá sérstaklega leiðbeinanda mínum, Eggerti Lárussyni.

Þetta lokaverkefni er samið af mér undirrituðum. Ég hef kynnt mér *Síðareglur Háskóla Íslands* (2003, 7. nóvember, <http://www.hi.is/is/skolinn/sidareglur>) og fylgt þeim samkvæmt bestu vitund. Ég vísa til alls efnis sem ég hef sótt til annarra eða fyrri eigin verka, hvort sem um er að ræða ábendingar, myndir, efni eða orðalag. Ég þakka öllum sem lagt hafa mér lið með einum eða öðrum hætti en ber sjálf ábyrgð á því sem missagt kann að vera. Þetta staðfesti ég með undirskrift minni.

Reykjavík, \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_ 20\_\_



## 4 Inngangur

Heimurinn stendur sífelld frammi fyrir nýjum hættum. Vísindamenn setja stöðugt fram kenningar um þessar hættur og afleiðingar þeirra fyrir mannkynið og margir ganga jafnvel svo langt að segja að heimurinn muni koma til með að farast áður en langt um líður. Umfjöllun um þessar hættur ratar oftar en ekki í fjölmiðla og vekja þá upp hræðslu og áróður meðal almennings.

Fræðimenn eru flestir sammála um að hlýnun jarðar og þær loftslagsbreytingar sem hafa átt sér stað í kjölfar hennar sé ein af aðalhættum sem maðurinn og jörðin stendur frammi fyrir í dag. Afleiðingar loftslagsbreytinga eru stórvægilegar og hafa áhrif á bæði náttúru og dýraríki. Mannskepnan hefur lagt sitt að mörkum til að sporna fyrir hraða þessara breytinga en hingað til hefur það lítinn árangur borið.

Mikilvægt er að byrja fræðslu um afleiðingar loftslagsbreytinganna snemma á grunnskólagöngu barna svo að þau geri sér grein fyrir alvarleika málsins. Einnig er mikilvægt að kenna þeim hvernig þau geta lagt sitt af mörkum í baráttunni við hlýnun jarðar og gott er að byrja á þeirri fræðslu sem fyrst. Þau þurfa að læra að þeirra framtak skiptir máli og að þau geti verið áhrifavaldar ef viljinn er til staðar.

Hlýnun jarðar á norðurheimskautssvæðinu hefur verið mikið til umfjöllunar síðustu ár. Svæðið er stór og er það sérstaklega næmt fyrir öllum breytingum á loftslagi sem hafa átt sér stað. Þar lifir margþætt dýralíf sem hefur á löngum tíma aðlagast einkennandi landslagi og veðurfari svæðisins og hafa þessar breytingar því mikil áhrif á þær. Norðurheimskautssvæðið skipar líka stóran sess í að halda jafnvægi á hitastigi annars staðar í heiminum og þess vegna er mikilvægt að við séum meðvituð um að afleiðingar hlýnunar á svæðinu séu í raun stórslyslegar fyrir heiminn.

En í hverju felast þessar loftslagsbreytingar á norðurheimskautssvæðinu og hvers konar afleiðingar er um að ræða? Í þessari ritgerð verður stiklað á stóru og þessum atriðum gerð skil. Efnið er þó ansi vítt og rannsóknir sem gerðar hafa verið um svæðið eru einstaklega margar. Það er erfitt að ætla að koma öllu fyrir í eina ritgerð og hér á eftir eru því tekin fram vel valin atriði tengd breytingunum. Einnig mun ég tengja efnið við aðalnámskrá

grunnskóla og ræða hvernig hægt sé að nýta umræðuefnið í kennslu á nokkrum kennslustigum. Loftslagsbreytingar eru eitthvað sem snerta okkur öll og ættum við því að taka þeim alvarlega.

## 5 Hlýnun jarðar

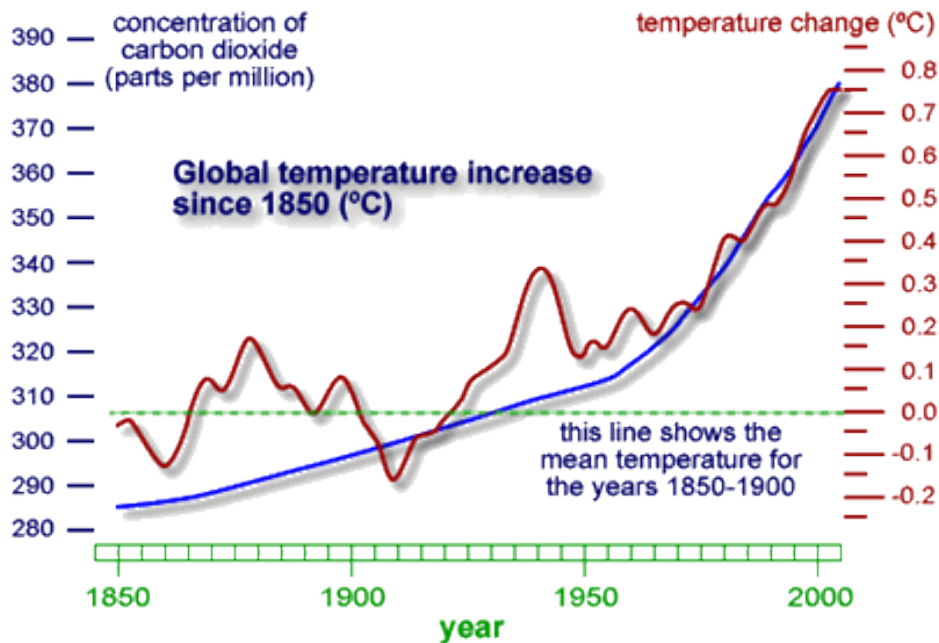
### 5.1 Hvað felst í hlýnun jarðar og hverjar eru afleiðingar hennar

Það er auðvelt að sjá að mikil breyting hefur orðið á loftslagi á jörðinni á síðustu áratugum. Til að mynda hefur meðalhiti jarðar hækkað á methraða síðastliðin fimmtíu ár (An Introduction to Climate Change, 2011). Úrkomudreifing í heiminum er á stöðugri breytingu og bæði jöklar og ísbreiður eru að bráðna sem gerir það að verkum að yfirborð sjávar hækkar. Allt bendir til þess að þessar breytingar séu komnar til að vera (Loftslagsbreytingar, 2014).

Vísindamenn eru flestir á sama máli um það að breytingarnar sem hafa átt sér stað í veðri og á loftslagi eru að stórum hluta tilkomnar af manna völdum og má rekja til aukins styrks gróðurhúsalofttegunda í andrúmsloftinu (James F. Luhr, 2006). Loftslag jarðarinnar er knúið áfram af stöðugu orkuflæði frá sólinni. Þessi orka sem kemur í formi sólargeisla ferðast í gegnum lofthjúp jarðar og og hitar yfirborð hennar (Climate change explained, e.d.). Það eru þó ekki allir sólargeislarnir sem ná að komast í gegnum lofthjúp jarðarinnar en um það bil 29 prósent þeirra endurkastast beint og örugglega aftur út í geiminn. Það gerist með hjálp skýja og bjartra yfirborða jarðar eins og til dæmis þeirra sem hulin eru snjó eða ís og endurkasta því vel. Loftraki og aðrar agnir í andrúmsloftinu sjá um að draga í sig um 23 prósent geislanna. Afgangur geislanna, eða 48 prósent þeirra komast í gegnum lofthjúpin vegna þess að yfirborð jarðar dregur þá í sig (Earth's Energy Budget, e.d.). Gróðurhúsalofttegundir eru þær lofttegundir sem finna má í andrúmsloftinu sem gleypa varmageislun frá jörðu með því að draga í sig innrauða geisla hennar og hita þannig lofthjúpin (Gróðurhúsalofttegund, e.d.).

Á síðastliðnum tvöhundruð árum hefur orðið mikil aukning á koldíoxíði í andrúmsloftinu, eða allt að fimmtíu prósent aukning. Þetta má að mestu rekja til meiri brennslu á jarðefnaeldsneyti (James F. Luhr, 2006). Koldíoxíð er, ásamt vatnsgufu

mikilvægsta gróðurhúsalofttegundin. Losun gróðurhúsalofttegunda eins og koldíoxíð út í andrúmsloftið gerir það að verkum að gróðurhúsaáhrif magnast og jörðin hlýnar (Umhverfisstofnun, e.d.). Aðrar gróðurhúsalofttegundir eru metan, óson og önnur halógen kolefnissambönd (Umhverfisstofnun, e.d.). Grafið hér fyrir neðan sýnir glögglega tengslin á milli koldíoxíðs í andrúmsloftinu og breytingu á hitastigi á heimsvísu. Við sjáum vel að eftir því sem meira magn af koldíoxíði kemst í andrúmsloftið hækkar hitastig á jörðinni.



Mynd 1 – Tengsl milli koldíoxíðs í andrúmslofti og breytingu á hitastigi (Causes of Climate Change, e.d.)

Önnur afleiðing sem hlýnun jarðar ber með sér er súrnun heimshafanna en síðan á miðri átjándu öld hefur súrustig þeirra hækkað um 0,1 prósent. Þessar breytingar má einnig rekja beint til þess að aukið magn af koldíoxíð er að finna í loftinu. Súrnun á borð við þessa getur mögulega haft í för með sér neikvæð áhrif á lífríki sjávar, til dæmis á skeldýr eða á kórala. Áhrifin hafa þó ekki verið mikið könnuð og eru þess vegna ekki neitt sérstaklega vel þekkt (Loftslagsbreytingar, 2008).

## 5.2 Hvað getum við gert?

Árið 1987 var undirritaður samingur sem kallaður var Montrealsáttmálinn. Tuttugu og fjögur iðnríki skrifuðu undir þennan samning en hann fól það í sér að ríkin myndu gera sitt besta í því að minnka útrennsli ósoneyðandi efna út í andrúmsloftið. Mikil eyðing á ósonlaginu hefur átt sér stað og árið 1983 fundu vísindamenn svokallað ósongat sem er staðsett yfir suðurpólnum (James F. Luhr, 2006). Í samningnum var koldíoxíð eina gróðurhúsalofttegundin sem var tilgreind (Brynhildur Davíðsdóttir o.fl, 2009). Þær þjóðir sem undirrituðu sáttmálann skuldbundu sig einnig til þess að hætta framleiðslu á kolflúorefni, öðru nafni CFC, sem fyrst var sett saman af efnafræðingum árið 1920. Þetta efni kom að ýmsum notum en það var til dæmis notað sem leysiefni, hreinsiefni og einnig var það notað í kælitæki og ræstingaskápa. CFC veldur miklum skemmdum á ósonlaginu þegar það kemst út í andrúmsloftið og hefur það haft slæmar afleiðingar í för með sér (James F. Luhr, 2006). Árið 1990 var skrifað undir viðbótarsamning og í hópinn bættust við þróunarríki. Þeim var gefinn tíu ára aðlögunarfrestur sem nota átti til að taka upp tækni sem væri aðlöguð að varðveislu ósonsins. Sáttmálinn virðist hafa gert gagn vegna þess að í framhaldi af því að viðbótarsamingurinn var undirritaður hafa klórflúorefnin hætt að aukast og eru því mögulega farin að minnka (James F. Luhr, 2006).

Það var síðan árið 1997 í borginni Kyoto í Japan, að samþykktur var samingur sem fékk nafnið Kyotosáttmálinn og tók hann gildi þann sextánda febrúar árið 2005. Með Kyotosáttmálanum er leitast við að minnka losun gróðurhúsalofttegunda út í andrúmsloftið. Hann er frábrugðinn Montrealsáttmálanum að því leiti að í honum eru tilgreindar sex gróðurhúsalofttegundir en ekki bara ein. Þessar tegundir eru koldíoxíð(CO<sub>2</sub>), hláturgas(N<sub>2</sub>O), vetnisflúorkolefni(HFC), metan(CH<sub>4</sub>), brennisteinshexaflúoríð(SF<sub>6</sub>) og perflúorkolefni(PFC) (Brynhildur Davíðsdóttir o.fl, 2009). Þær þjóðir sem skrifuðu undir sáttmálann voru því að skuldbinda sig til að vinna saman við að draga úr útstreymi þessara lofttegunda í andrúmsloftið (Brynhildur Davíðsdóttir o.fl, 2009).

Vísindamenn telja líklegt að hlýnun jarðar muni aukast enn hraðar á komandi árum og telja þeir einnig, ef ekkert breytist í losun gróðurhúsategunda af mannavöldum, að meðalhiti heimsins muni fara hækkandi (An Introduction to Climate Change, 2011). Líklegt þykir að hitastig muni hækka um allt að 1,8 til 4 gráður á þessari öld eins og staðan er í dag (Loftslagsbreytingar, 2008). Annað dæmi sem má nefna er að með loftslagsbreytingum mun meðalhiti í Ameríku koma til með að vera allt að níu gráðum hærri í lok aldarinnar (An Introduction to Climate Change, 2011). Áframhaldandi hlýnun jarðar stuðlar að eyðileggingu kórala, auka hættuna á vatnsskortum og þurrkum, flóð á þéttbýlum strandsvæðum verða líklegri með hækkun sjávarborðs sem og að hætta á skógareldum eykst til muna. Einnig eru tilfærslur á búsvæðum ákveðinna tegunda líkleg (Loftslagsbreytingar, 2008).

Jafnvel þó að öll ríki jarðar samþykki Kyotosáttmálann þá er það erfitt verkefni að ætla að snúa öllum hitabreytingum jarðar í rétt átt. Alþjóðleg samningsnefnd um loftslagsbreytingar gerir ráð fyrir að losun gróðurhúsalofttegunda gæti farið að minnka árið 2050 en jafnvel þá tæki það óratíma áður en hlýnun jarðarinnar tæki raunverulegan enda (James F. Luhr, 2006).

## 6 Norðurheimskautssvæðið

Norðurheimskautssvæðið er um átján milljón ferkílómetrar að stærð en það jafngildir einum sjötta hluta af landmassa heimsins (Arctic Facts, e.d.). Á norðurheimskautssvæðinu, sem staðsett er á nyrsta hluta Evrópu er að finna Norður-Íshafið og löndin sem umkringja það. Þau lönd eru Grænland, hluti af Kanada og Alaska, Noregi og Rússlandi, Svíþjóð, Finnlandi og Íslandi (Arctic: Location and Geography, e.d.). Vísindamenn skilgreina norðurheimskautssvæðið sem það svæði sem er að finna fyrir norðan norðurheimskautsbauginn en hann er á breiddargráðu 66° 32" N (What is the Arctic?, 2013). Á svæðinu búa í kringum fjórar milljónir manna. Þar eru fáar borgir en þó nokkuð mörg landsbyggðarsamfélög. Íbúar þessara samfélaga eru flestir innfæddir og treysta þeir á landið, stöðuvötn, ár og sjó til að sjá sér fyrir fæðu og tekjuöflun (Nuttall, 2005).

Ólíkt Suðurskautslandinu er norðurheimskautssvæðið ekki heimsálfa. Ástæðan fyrir þessu er sú að norðurheimskautssvæðið er hafsvæði á meðan Suðurskautslandið er meginland en til þess að svæði megi flokka sem meginland verður þar að vera að finna landmassa sem umkringdur er sjó. Sú skilgreining á ekki við um norðurheimskautssvæðið en þar er ekkert land að finna heldur einungis haf. Allan ársins hring er þetta haf að stórum hluta þakið ís (Emilía Dagný Sveinbjörnsdóttir, 2003).

Veðurfar á norðurheimskautssvæðinu er ansi öfgafullt. Veðurfar og loftslag getur verið breytilegt frá ári til árs og fer það einnig eftir staðsetningu (Prowse o.fl., 2005). Það sem einkennir þó veðráttu á svæðinu er harðneskja, breytileiki og einnig það að mikill munur er á veðri eftir árstíðum. Harðneskja á við langvarandi veðuraðstæður, til dæmis kalt loftslag sem takmarkar bæði vöxt og lífheldni tegunda á svæðinu (Huntington, 2001). Munurinn á árstíðum er áberandi en það sem einkennir veturinn er mikill kuldi og fer hitastig vanalega ekki yfir frostmark. Á veturnar er dimmt í næstum níu mánuði í senn. Sumrin eru hins vegar frekar stutt. Það sem einkennir sumarið er að bjart er nánast allan sólarhringin í þrjá mánuði í senn, frá maí til júlí. Nokkuð hlýrra er á sumrin miðað við

dimma vetrarmánuðina (About the Arctic Polar Region, e.d.). Hljásti mánuðurinn á norðurheimskautssvæðinu er júlí en þá er meðalhiti um tíu gráður (About the Arctic Polar Region, e.d.). Á veturnar þegar sólin aldrei rís og þegar það er hvað kaldast getur kuldinn hins vegar farið niður í mínus fimmtíu gráður (Arctic map, e.d.)

Á norðurheimskautssvæðinu er lítil úrkoma en stór hluti af henni fellur til jarðar sem snjór. Á sumum stöðum er úrkoma minni en fimmtíu millimetrar á ári sem telst ekki mikið úrkomumagn. Önnur svæði eru þó nokkuð blaut á sumrin, jafnvel þó að hitastig á þessum árstíma sé ekki mjög hátt. Ástæðan fyrir því er sú að rigningin gufar ekki fljótt upp og sífreri kemur í veg fyrir að vatn falli í jarðveginn (Huntington, 2001). Sífreri er frosinn jarðvegur en til að hann teljist sem sífreri þarf hann að vera við núll gráður eða minna í tvö ár samfelld. Sífrera er að finna neðanjarðar víða á norðurheimskautssvæðinu og er í raun nokkuð einkennandi fyrir svæðið (Anisimov o.fl., 2007).

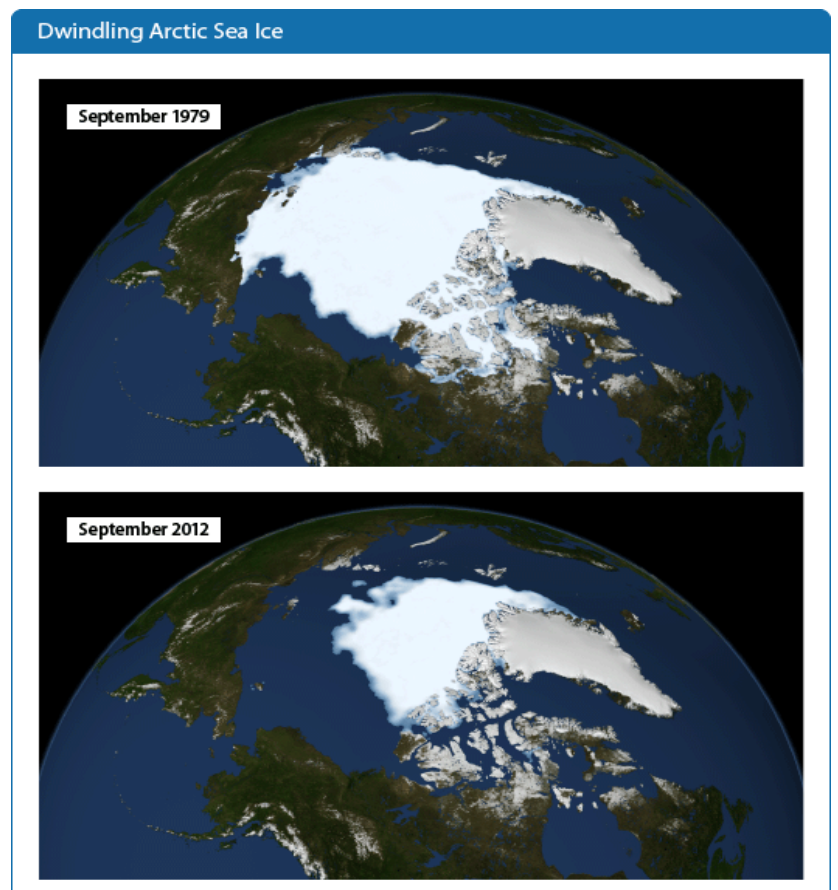


## 7 Loftslagsbreytingar á norðurheimskautssvæðinu

Áhrif loftslagsbreytinga á norðurheimskautssvæðinu eru greinileg en á síðastliðnum 30 árum hefur hlýnað meira þar en á nokkrum öðrum stað í heiminum (Climate Change in the Arctic, 2013). Þetta er talið vera vegna þess að aukið magn gróðurhúsalofttegunda í andrúmsloftinu eru líklegri til að hafa meiri áhrif á loftslag og veðurfar á norðurheimskautssvæðinu en annars staðar (Kattsov og Källén, 2006). Auk þess er hlýnunin mun hraðari og eykst hún með hverju ári sem líður (How is the Arctic affected by climate change, e.d.). Meðalárshiti á norðurheimskautssvæðinu hefur hækkað um tvær til þrjár gráður síðan á fimmta áratug síðustu aldar. Á þessum sama tíma hefur meðalhiti á veturnar hækkað um heilar fjórar gráður (Huntington og Weller, 2005). Á svæðinu hefur ekki verið hlýrra í fjórar aldir og í september árið 2012 var met slegið en aldrei hefur jafn mikið af hafís bráðnað á einu ári frá því mælingar hófust (Climate change, e.d.). Þennan mánuð var hafísinn að meðaltali 49 prósent minni en meðaltal hans var á árunum 1979-2000 (Climate Change, 2013).

Myndin hér til hliðar sýnir vel þá bráðnun sem hefur átt sér stað á aðeins 33 árum og gefur góða mynd af því hversu mikil áhrif hlýnunar jarðar eru á norðurheimskautssvæðið. Snjóbreiður yfir landi hafa snarminnkað og frosin jörð er byrjuð að þiðna. Einnig hafa jöklar í norður Kanada og í Grænlandi farið minnkandi.

Mynd 2 – Bráðnun norðurheimskautssvæðisins frá 1979-2012 (Dwindling Arctic Sea Ice, 2012)



Vísindamenn sem hafa rannsakað áhrif loftslagsbreytinga á svæðinu eru nokkuð áhyggjufullir. Eitt af áhyggjuefni þeirra er að vegna þess að jörðin hlýnar eins og raun ber vitni getur það leitt til afturverkunar sem virkar sem hvati á frekari hlýnun. Hér er átt við að þegar hvítur hafísinn bráðnar á sumrin þá myndast berskjaldað svæði af vatni. Þetta svæði getur dregið í sig hita frá sólinni en þessi viðbótarhiti gerir það að verkum að ennþá meiri ís kemur til með að bráðna (Climate Change in the Arctic, 2013).

Minnkun ísbreiðunnar á norðurheimskautssvæðinu er að stórum hluta afleiðing bráðnandi jökla og ísbreiða í Grænlandi. Það er líka sérstakt áhyggjuefni vegna þess að bráðnun þessara jökla getur stuðlað að talsverðri hækkun á sjávarmáli um allan heim (Arctic, e.d.).

Einnig er það áhyggjuefni að með hlýnun jarðar aukast líkurnar á því að metan losni úr jarðvegi en það er að finna í sífreri. Metan er sterk gróðurhúsalofttegund og þess vegna getur losun þess úr jarðvegi í miklu magni haft snöggleg og alvarleg áhrif sem birtast í loftslagsbreytingum (Arctic, e.d.). Afleiðingar hlýnunar má því sjá í mikilli bráðnun jökla, þiðnun sífreris og minnkandi hafís. Hlýnuninni hefur þar að auki fylgt aukning á úrkomu og ísbreiðan sem einkennir svæðið hefur minnkað töluvert (Huntington og Weller, 2005).

Áður fyrr þegar tæknin var mun vanþróaðri fóru mælingar á ísbreiðum og hafís norðurheimskautsins eingöngu fram úr skipum, flugvélum og úr baujum. Þessar mælingar skiluðu oft á tíðum ófullnægjandi niðurstöðum. Það var ekki fyrr en árið 1970 að áreiðanlegar og traustar mælingar á ísbreiðunni urðu að veruleika en þá byrjuðu menn að geta nýtt sér tækni gervihnatta í rannsóknum sínum. Gögn úr þessum rannsóknum sýna að langvarandi og neikvæð breyting hefur átt sér stað á svæðinu á síðastliðnum árum vegna hlýnunar jarðar (Climate change in the Arctic, e.d.).

Fyrir utan hin augljósu áhyggjuefni um þau skaðlegu áhrif sem loftslagsbreytingar hafa í för með sér fyrir norðurheimskautssvæðið eru þó nokkur atriði sem má líta á sem jákvæð. Með bráðnun hafíssins opnast ýmsir möguleikar, til dæmis sá að skip eiga auðveldara með að sigla í gegnum svæðið þegar hafísinn er ekki til staðar sem gæti gert það að verkum að norðurheimskautssvæðið yrði mjög mikilvæg flutningarleið. Þar að auki eru margir sem telja að olíulindir sé að finna á sjávarbotni á svæðinu og yrðu þær því mögulega aðgengilegar ef ísinn sem hylur þær myndi bráðna. Þessir þættir hafa þó vakið upp deilu á

milli landa sem snýst um það hvaða þjóðir gætu mögulega gert kröfu til eignarhalds á þessi svæði (Arctic, e.d.).

## 8 Norður-Íshafið

Norður-Íshafið er staðsett á norðurheimskautssvæðinu og er það rúmlega fjórtán milljón ferkílómetrar að stærð en það er næstum jafn stórt og Rússland (Arctic Ocean, e.d.). Það er minnsta og einnig grynasta úthaf sem finna má í heiminum en úthöfin eru alls fimm talsins. Meðaldýpt hafsins er um 1205 metrar en þar sem það er hvað dýpst nær það niður í rúmlega 4600 metra dýpi (Arctic Seas, e.d.). Ásamt því að tilheyra úthöfunum þá telst Norður-Íshafið einnig til heimskautahafanna ásamt Suðurhafi í suðri. Það sem einkennir heimskautahöfin er meðal annars það magn af ís sem flýtur um þau (James F. Luhr, 2006). Seltumagn Norður-Íshafsins er það lægsta sem finnst í úthöfunum. Ástæðan fyrir því er sú að ekki á sér stað mikil uppgufun í hafinu og vegna þess að mikið af fersku vatni rennur inn í hafið frá fljótum af landi. Þá er takmarkað útrennsli til nærliggjandi hafa sem hafa hærra seltumagn (Arctic Ocean, e.d.). Hitastig á yfirborði hafsins er nálægt frostmarki en vegna þess að sjórinn er saltur þá þarf hitastigið að ná -1,8 gráðum áður en það frýs (Arctic Ocean, e.d.).

Íspekjan í Norður-Íshafi myndaðist fyrst fyrir um það bil 2,6 milljónum ára. Þessi íspekja náði nokkuð langt suður eða allt að þeim stað þar sem New York borg stendur nú. Hún náði einnig alla leið til Kaupmannahafnar og St. Pétursborgar í Evrópu. Síðan þá hafa orðið margar breytingar sem hafa haft áhrif á þessa íspekju og eru þar veðurfarsveiflur og loftslagsbreytingar fremstar í flokki (James F. Luhr, 2006). bls 40).

Ekkert úthaf hefur verið kannað jafn lítið og Norður-Íshafið og má rekja ástæðuna fyrir því til þess að um þriðji hluti hafsins er þakið ís allan ársins hring og því er erfitt að stunda þar rannsóknir. Hafsinn sem flýtur á yfirborði Norður-Íshafsins er að meðaltali fimm til sjö metrar á þykkt sem er töluvert þynnra en sá ís sem finna má í Suðurskauthafinu en í þúsundir ára hefur ísinn þar byggst upp og á sumum stöðum er hann orðinn allt að fjórir og hálfur kílómetri á þykkt (James F. Luhr, 2006).

Í Norður-Íshafinu er hægt að greina tvenns konar tegundir af hafís og hægt er að greina í sundur tvö mismunandi svæði í hafinu út frá þessum hafís. Á öðru svæðinu er að finna hafís allan ársins hring. Hitt svæðið einkennist af því að ekki er þar að finna hafís allt árið um kring heldur koma tímabil þar sem engan hafís er að finna, með öðrum orðum er ísinn árstíðabundinn. Þessi tímabil geta varið allt frá einum mánuði og upp í fjóra mánuði (Arctic Ocean, e.d.).



Mynd 3 – Norður-Íshafið (Arctic Ocean Map and Bathymetric Chart, e.d.)

Loftslagsbreytingar hafa haft sín áhrif á Norður-Íshafið, þá helst á hafísinn sem er að bráðna mun hraðar en áður var gert ráð fyrir. Þetta ber með sér slæmar afleiðingar (Climate Change, e.d.). Á heimsvísu spilar hafísinn mjög mikilvægan þátt í því að hafa áhrif á loftslagi jarðarinnar og halda því í jafnvægi. Hafísinn hefur nefnilega þann eiginleika að hann endurkastar mjög vel frá sér ljósi og geislum. Stór hluti af þeirri sólarorku sem lendir á ísnum endurkastast aftur út í geim. Minnkandi hafís gerir það þó að verkum að hafið dregur frekar í sig sólarorkuna vegna þess að ekki er nægur hafís til að endurkasta henni út í geim. Norður-Íshafið sér því um að halda allri jörðinni svalri sem verður erfiðara með bráðnun hafís sem gerir það að verkum að hitastig á jörðinni hækkar (Why does the melting of the Arctic sea matter to me?, e.d.).

Hlýnun jarðar skilur svo sannarlega eftir sig spor í Norður-Íshafi. Bráðnun hafíssins hefur margþætt áhrif á norðurheimskautssvæðið, ekki bara á loftslag jarðarinnar heldur á flest allt dýralíf á svæðinu, allt frá plöntum og til mannskepnunar. Vistkerfið er viðkvæmt fyrir breytingum af þessari stærðargráðu og margar tegundir eiga erfitt með að aðlagast þeim.

Seinna í ritgerðinni fer fram umfjöllun á nokkrum helstu dýrategundum á norðurheimskautssvæðinu og nánar verður skoðað hvaða áhrif loftslagsbreytingar hafa á þessi dýr.

## 9 Grænlandsjökull

Grænlandsjökull er stærsta jökulbreiða sem finnst á norðurheimskautssvæðinu og er í kringum 1,64 milljón ferkílómetrar að stærð (Walsh, 2005). Jökullinn er að meðaltali um 1800 metrar á þykkt og allt að 2600 kílómetrar á lengd (James F. Luhr, 2006). Hann hylur alls áttatíu prósent af yfirborði Grænlands og er önnur stærsta ísbreiða í heiminum en sú stærsta er Suðurheimskautsísbreiðan (Greenland ice sheet, e.d.).

Jaðar jökulusins eru að mestu leyti varðaður strandfjöllum sem gerir það að verkum að meginjökullinn nær nokkuð óvíða að sjó. Vegna þessa eru engar íspiljur sem liggja við Grænland en þrátt fyrir það hefur jökullinn þó víða afrennsli um stóra skriðjökla sem eiga það sameinlegt að streyma um dali á milli fjallanna og til sjávar. Þaðan brotnar svo úr þeim ótrúlegt magn af ísjökum (James F. Luhr, 2006).

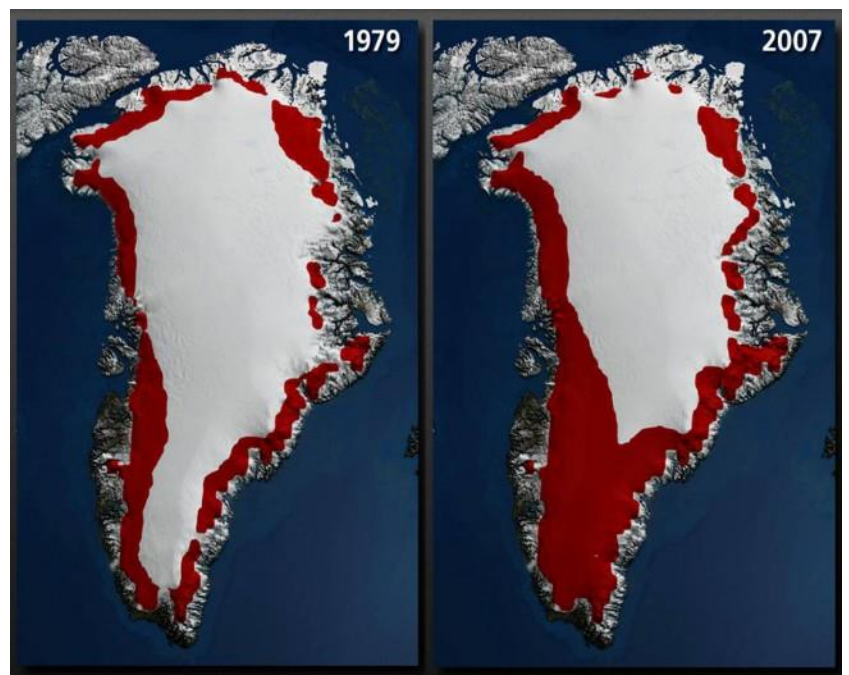
Grænlandsjökull samanstendur af lögum af samþjöppuðum snjó og er elsti snjórinn meira en hundrað þúsund ára gamall. Í þessum lögum er að finna einhverjar þær gagnlegustu heimildir um fyrra loftslag jarðar sem fyrirfinnast á jörðinni. Vísindamenn hafa unnið mikið á þessu svæði og hafa borað allt að fjóra kílómetra niður í ísinn til þess að ná í sýni og lesa úr þeim upplýsingar um loftslög fyrri tíma. Með þessum sýnum hafa þeir öðlast mikla þekkingu um hitastig fyrri tíma, sjávarmagn, úrkomu, samsetningu gastegunda sem voru til staðar í lofthjúpunum, framleiðni í sjávaryfirborði og annað fleira sem áður var ráðandi (Greenland ice sheet, e.d.). Það sem er hægt að lesa úr þessum upplýsingum gefur okkur betri mynd en nokkrar aðrar náttúrulegar heimildir eins og til dæmis botnfallslög eða trjáhringir, af því loftslagi sem réði á jörðinni fyrir fjöldamörgum öldum (Greenland ice sheet, e.d.).

Grænlandsjökull er sérstaklega viðkvæmur þeim loftslagsbreytingum sem eiga sér stað á norðurheimskautssvæðinu og á síðastliðnum árum hefur hann bráðnað mikið (James F. Luhr, 2006). Sérfræðingar óttast að með áframhaldandi hlýnun á jörðu muni Grænlandsjökull fljótlega komast yfir ákveðinn þröskuld sem gerir það að verkum að langvarandi bráðnun jökulbreiðunnar sé óumflýjanleg. Loftslagslíkön sem gerð hafa verið

sýna að á þessari öld gæti hitastig á Grænlandi farið ört hækkandi og myndi sú hlýnun hrinda af stað þessari langvarandi bráðnun sem myndi leiða af sér algjöra bráðnun á jökulbreiðinni á aðeins nokkrum öldum (Greenland ice sheet, e.d.). Vísindamenn eru áhyggjufullir um þessa hröðu bráðnun jökulsins vegna þess að hann bindur um það bil tíu prósent af öllu ferskvatni heimsins og telja þeir að ef hann myndi bráðna algjörlega komi sjávarborð heimsins til með að hækka um allt að sex til sjö metra (James F. Luhr, 2006). Með þessu myndu nánast allar strandborgir heimsins leggjast undir sæ (Greenland ice sheet, e.d.).

Umfang bráðnunar á yfirborði jökulsins jókst verulega frá árinu 1979 þegar mælingar hófust, til ársins 2002. Aukningin var allt að sextán prósent. Rannsóknir sem gerðar voru á áætlaðri mánaðlegri breytingu á ísmassanum árið 2006 benda til þess að árleg bráðnun getur verið allt að 239 rúmkílómetrar á ári. Önnur rannsókn var þó gerð sem byggð var á

betri gögnum og upplýsingum frá árunum 2003 til 2008 og sýndi hún að bráðnunin er nær því að vera 196 rúmkílómetrar á hverju ári. Gögn í þessari rannsókn innihéldu meðal annars skýrari gervihnattamyndir (Greenland ice sheet, e.d.). Myndin hér til hliðar sýnir bráðnun Grænlandsjökuls á árunum 1979-2007. Rauða svæðið sýnir hversu mikið ísbreiðan hefur bráðnað á aðeins 28 árum.



Mynd 4 - Grænlandsjökull (Fenner, 2013)

Bráðnun Grænlandsjökuls hefur ekki aðeins áhrif á hækkun yfirborðs sjávar í heiminum heldur hefur hún líka áhrif á loftslag heimsins í gegnum hafstrauma en með bráðnun jökulsins gerist það að ferskvatn úr honum losnar í sjóinn og hefur þannig áhrif á jafnvægi saltvatns og ferskvatns en það getur leitt til breytingar á stefnu mikilvægra hafstrauma. Einnig hefur bráðnun hans áhrif á hnattrænan varmaflutning og svæðisbundnar loftþrýstingshringrásir (Masters og Michael, e.d.). (Edalin Michael and Jeff Masters, e.d.)



## 10 Dýralíf á norðurheimskautssvæðinu

### 10.1 Einkenni dýra á norðurheimskautssvæðinu

Á norðurheimskautssvæðinu er að finna nokkra flóru af dýrum og fánu af plöntum. Þar er einnig að finna margar tegundir sem ekki finnast á neinum öðrum stað í heiminum (Huntington, 2001). Það sem einkennir vistkerfið á þessu svæði er að þar er að finna tegundir sem eru sérstaklega aðlagðar öfgakenndu umhverfinu. Ólíkt vistkerfum í öðrum heimshlutum þá hefur vistkerfi norðurheimskautsins mjög fáar tegundir en aftur á móti er nokkuð mikið magn af dýrum í hverri tegund (Effects of climate change on arctic fish, e.d.).

Lífverur norðurheimskautsins hafa nú þegar þróað með sér ýmiskonar aðlögunarhæfni sem þarf til að lifa af erfiða vetra. Til að halda á sér hita á veturnar er nauðsynlegt að dýr búi yfir góðri einangrun eða að þau eigi sér einhverskonar skjól (Huntington, 2001). Spendýr og fuglar hafa heitt blóð sem merkir það að þeir viðhalda alltaf jöfnum líkamshita. Í köldu veðri þurfa þau því að draga úr hitamissi eða þá að auka hitavörn sína. Hreindýr eru dæmi um dýr sem hafa þróað með sér feld sem einangrar líkama þeirra á veturnar (Huntington, 2001). Nokkur spendýr á norðurheimskautssvæðinu komast þó hjá þeim vanda sem steðjar að vegna kuldans og vegna skorts á fæðu. Þetta gera þau með því að leggjast í dvala á veturnar. Þau birgja sig upp af miklu magni af ljóstri fitu á sumrin og á haustin og nota hana sem orkuuppsrettu á meðan þau liggja í dvala á veturnar (Arctic fauna and flora bls 38).

Framtíð dýra á svæðinu, bæði þeirra sem lifa í vatni og þeirra sem lifa á landi stendur þó frammi fyrir ansi mikilli óvissu vegna loftslagsbreytinga og afleiðinga þeirra. Eins og fram hefur komið er ísinn á norðurheimskautssvæðinu að bráðna og það hraðar en gert var ráð fyrir. Þetta hefur miklar afleiðingar fyrir það líf sem þrífst á svæðinu. Dýrin þurfa að læra að aðlagast hlýrri sjó, breyttu umhverfi og hverfandi hafís. Dýr eins og ísbirnir, rostungar, hringanórar og hvalir eru öll mjög háð ísnum og treysta á hann til að lifa

eðlilegu lífi. Ástæðan fyrir því að dýrin treysta á ísinn er sú að þær nota hann ýmist sem vettvang til þess að veiða sér fæðu, hvíla sig, bera unga, og nota þá til þess að flytja á milli staða. Undir ísnum er einnig kjörlendi fyrir smáa þörungum en þeir eru undirstaða í frjóum fæðuvef norðurheimskautsins (Arctic Challenges, e.d.).

Það fer ekki á milli mála að hlýnun jarðar sem fylgir í kjölfar loftslagsbreytinga hefur mikil áhrif á líffræðilegan fjölbreytileika á norðurheimskautssvæðinu og afleiðingar þeirra munu leiða til breytinga í framleiðslugetu vistkerfa í framtíðinni (Usher, 2005).

Hér að neðan mun fara fram umfjöllun á nokkrum dýrategundum sem skipa stóran sess í dýraríki norðurheimskautssvæðisins og sem finna fyrir afleiðingum loftslagsbreytinga. Stiklað verður á stóru um áhrif hlýnandi jarðar á tegundirnar. Það ber þó að taka fram að á norðurheimskautssvæðinu búa nokkuð margar dýrategundir og erfitt að gera þeim öllum skil í stuttri ritgerð eins og þessari, ég hef því valið nokkrar tegundir út sem eru einkennandi fyrir svæðið og mun fjalla nánar um þau.

## 10.2 Ísbirnir

Ísbirnir hafa oft verið nefndir konungar norðursins. Þeir eru ein stærstu rándýr jarðarinnar sem búa á landi og sitja þeir á toppi fæðukeðjunnar í því fjölskrúðuga lífríki sem finna má á norðurheimskautssvæðinu (Defenders Of Wildlife, e.d.).

Ísbirnir geta orðið allt að 680 kíló að þyngd. Hvítur feldur þeirra virkar sem felubúningur og heldur einnig á þeim hita (Arctic Ocean Ecosystem, 2006). Undir hvíta feldinum er að finna svartan feld sem er betri til að draga í sig hlýja geisla sólarinnar. Feldurinn umlykur svo lag af fitu sem hjálpar til við hitajöfnun ísbjarnanna. Þeim vex jafnvel hár undir loppunum sem hjálpar þeim að ná góðu gripi þegar þeir ganga á ísnum auk þess sem það verndar þá gegn köldu yfirborðinu (Polar Bear, e.d.). Ísbirnir eru einstaklega góð sunddýr og hafa þróað með sér þann hæfileika að geta eytt löngum tíma í vatninu til þess að leita sér matar (Global Warming, e.d.). Aðalfæða þeirra er selir og leggja þeir oft á sig löng og erfið ferðalög í leit sinni að fæðunni (Arctic Ocean Ecosystem, 2006). Ef þeir hafa færi á þá éta þeir hræ af dýrum, til dæmis af hvölum (Polar Bear, e.d.).

Loftslagsbreytingar á norðurheimsskautssvæðinu hafa mikil áhrif á líf ísbjarna og koma þær til með að hafa meiri áhrif með hverju ári sem líður. Bráðnun hafíssins vegna hlýnunar á jörðinni kemur sér einstaklega illa fyrir ísbirni vegna þess að hafísinn er þeim lífsnauðsynlegur en þeir reiða sig á hann til æxlunar og jafnvel til að koma sér upp greni (Climate change, e.d.). Hafísinn gegnir þó öðru mikilvægara hlutverki í lífi ísbjarna og það er að hann virkar sem vettvangur fyrir þá til að afla sér fæðu. Þaðan veiðir ísbjörninn sér til matar (Polar Bear, e.d.). Bráðnun hafíssins neyðir ísbirnina til að synda lengri vegalengdir í leit sinni að fæðu sem eyðir orku þeirra og leiðir jafnvel til þess að þeir drukkna. Auk þess mun minnkun á hafísnum, sérstaklega yfir sumartímenn, gera það að verkum að frjó og afkastamikil sjávarsvæði verða mun óaðgengilegri fyrir ísbirnina sem neyðir þá til þess að færa sig inn á meginlandið eða á sjávarsvæði sem eru töluvert afkastaminni þegar kemur að fæðuúrvali og takmarkar því aðgang þeirra að fæðunni (Effects of climate change on polar bears , e.d.)

Það er því ljóst að aðalhættan sem ísbjörnum stafar af þessum breytingum er hættan á næringarskortri en honum fylgir lægra æxlunarhlutfall hjá fullvaxta kvendýrum og sömuleiðis lægri lifendahlutfall hjá yngri björnum og húnum ásamt því að hafa mikil áhrif á tegundina þegar horft er til framtíðar. Það er líka staðreynd að ísbirnir geta einfaldlega dáið úr hungri (Polar Bear, e.d.).

Mynd 5 – Ísbjörn á hafísnum (Arctic sea ice decline: the changing face of a region in pictures, e.d.)



### 10.3 Fuglar

Áætlaður fjöldi fuglategunda sem finna má á norðurheimsskautssvæðinu er í kringum tvöhundruð en það samsvarar um tveimur prósentum af öllum fuglategundum í

heiminum. Þessum tegundum má að mestu leiti skipta í vatnafugla, strandfugla og sjófugla (Ganter og Gaston, 2013). Það eru þó ekki 200 tegundir fugla sem lifa á svæðinu allt árið um kring. Á sumrin gerist það að ýmsar fuglategundir flytja sig til norðurs í þeim tilgangi að finna góðan stað til að hreiðra um sig og verpa eggjum sínum (Effects of climate change on arctic migratory birds, e.d.). Það eru því fáar fuglategundir sem lifa á norðurheimskautssvæðinu í meira en þrjá mánuði í senn (Effects of climate change on arctic ecosystems, e.d.).

Fuglar eru einstaklega hreyfanlegar tegundir og eiga auðvelt með að flytja sig á milli búsvæða. Þetta merkir það að fuglar eru ekki jafn berskjaldaðir fyrir loftslagsbreytingum og aðrar tegundir sem ekki hafa þann möguleika að flytja sig á milli búsvæða (Effects of climate change on arctic migratory birds, e.d.). Í heildina litið þá hafa loftslagsbreytingar sem hafa átt sér stað í dag ekki alvarleg áhrif á aðlögunarhæfni fuglanna sem hreiðra um sig á norðurheimskautssvæðinu. Vísindamenn hafa þó tekið eftir að fuglar eru farnir að verpa fyrr á sumrin en vani hefur verið fyrir og má það rekja beint til þess að nú er hitastig hærra á svæðinu en áður vegna loftslagsbreytinganna (Effects of climate change on arctic migratory birds, e.d.). Ef loftslagsbreytingar halda áfram eins og spáð hefur verið geta einnig nýjar fuglategundir flutt sig á norðurheimskautssvæðið og þeir geta borið með sér sjúkdóma og sníkjudýr sem áður þekktust ekki á svæðinu og myndi því ógna innfæddum tegundum (Effects of climate change on arctic migratory birds, e.d.).

Á norðurheimskautssvæðinu er að finna suma af stærstu stofnum sjófugla sem finnast í heiminum en þar er að finna um sextíu tegundir sjófugla. Mjög miklar líkur er á því að sjófuglar eins og til dæmis haftyrðill og fílabeinsmávurinn finni fyrir áhrifum loftslagsbreytinga vegna þess að að hafísinn bráðnar og því fylgir mikil breyting á umhverfinu sem þeir lifa í en þessir fuglar eyða stórum hluta af sínu lífi á hafísnum og, eins og mörg önnur dýr þá treysta þeir á hann í fæðuöflun sinni (Effects of climate change on arctic migratory birds, e.d.).



Mynd 6 - Fílabeinsmávur (Ivory Gull, e.d.)

Jafnvel þó að við vitum ekki hverjar stærstu breytingarnar verða þá leikur enginn vafi á því að loftslagsbreytingar munu hafa áhrif á fuglalíf á norðurheimskautssvæðinu þegar lítið er til framtíðar. Ólíkar tegundir bregðast misjafnlega við þessum breytingum og þess vegna er erfitt að koma auga á þær í fljótu bragi (Effects of climate change on arctic migratory birds, e.d.).

#### 10.4 Mjaldur

Mjaldur, sem gengur einnig undir nafninu hvíthvalur vegna skjannahvíts litar á húð sinni er einn auðþekkjanlegasti hvalur sem fyrirfinnst í hafinu. Hvalirnir verða þó ekki hvítir fyrr en þeir komast á kynþroskaskeið sem gerist vanalega þegar þeir eru í kringum fimm ára en þeir fæðast vanalega gráir eða jafnvel brúnir. Þeir eru nokkuð smávaxnir en þeir verða vanalega ekki mikið stærri en fjórir til sex metrar á lengd (Beluga Whale, e.d.).

Mjaldurinn er algeng tegund í Norður-Íshafi. Hann hefur aðlagst lífinu í köldum sjónum á norðurheimskautssvæðinu og hefur þróað með sér bæði líffræðileg og lífeðlisleg einkenni sem greina hann frá öðrum hvölum. Má þar helst nefna hvítan lit hans og einnig þá staðreynd að hann hefur engan bakugga (Beluga Whale, e.d.). Það



Mynd 7 - Mjaldur (Beluga Whales, e.d.)

sem einnig einkennir hann er þrútið enni sem er nokkuð sveigjanlegt og getur breytt um form sem gerir tegundinni kleift að mynda mismunandi svipbrigði. Þeir geta gefið frá sér hljóð sem hljómar stundum eins og tónlist í eyrum mannskepnunnar en er í raun og veru leið til að senda mikilvæg skilaboð til annarra mjalda (Beluga, e.d.).

Mjaldurinn er sjaldan einn en hann er ótrúlega félagslynt dýr. Hópar halda sig oftast saman og í þessum hópum geta verið allt að nokkur hundruð hvalir. Þeir búa, flytja sig á milli svæði og veiða í þessum hópum (Beluga, e.d.).

Eins og flest önnur spendýr sem lifa á norðurheimskautssvæðinu stafar mjaldinum nokkur hættu af loftslagsbreytingum. Mjaldurinn treystir á hafísinn í sínu daglega lífi en eins og hjá mörgum spendýrum sem lifa í vatni er hann staður til að leita skjóls og notaður til að afla sér fæðu. Mjaldar sem synda hægt nota hafísinn einnig til að fela sig fyrir rándýrum sjávarins eins og til dæmis háhyrningum. Bráðnun hafíssins hefur því nokkur áhrif á lífsviðurværi mjaldarins (Beluga, e.d.).

Aðalhættan fyrir mjaldinn sem fylgir loftslagsbreytingum stafar þó ekki beint af breytingum á veðurfari heldur má rekja hættuna til þess hvaða áhrif svæðisbundin hlýnun og bráðnandi hafís hefur á virkni og athafnasemi mjaldsins (Beluga Whales and Climate Change, 2009). Miklar ísbreiður og öfgakennd veðráttu hefur alltaf einkennt norðurheimskautssvæðið og hefur mjaldurinn aðlagast þessum aðstæðum. Þessar aðstæður hafa þó takmarkað starfsemi mannsins á svæðinu, mörg svæði hafa ávallt verið óaðgengileg fyrir skip og því ósnert af mannum. Þegar ísbreiðan bráðnar verða þessi óaðgengilegu svæði því aðgengilegri og maðurinn á auðveldara með að komast að þessu ósnerta svæði sem hefur í langan tíma verið nokkurs konar athvarf fyrir mjaldinn (Beluga Whales and Climate Change, 2009). Nú þegar hefur umferð skipa á norðurheimskautssvæðinu aukist til muna. Skipin sem sigla um svæðið eru ýmist í olíuleit, á fiskveiðum eða eru þar í einhverjum viðskiptatilgangi. Með þessari auknu umferð eru meiri líkur á að mjaldurinn verði fyrir einhverju hnjaski eða meiðslum ef hann kemst í snertingu við skipin sem gæti jafnvel leitt til dauða (Beluga whale: *Delphinapterus leucas*, e.d.). Mjaldurinn á mjög auðvelt með að skynja hljóð og getur hann gert það þó að hann sé í allt að fimmtíu kílómetra fjarlægð. Þeir eiga því auðvelt með að skynja hávaða sem kemur frá þessum skipum sem eru oftast á svæðinu í einhverskonar iðanartilgangi. Hávaðinn gæti auðveldlega raskað atferli mjaldanna, truflað samskipti þeirra, fæðuöflun og ruglað skilningarvit þeirra (Beluga Whales and Climate Change, 2009).

## 10.5 Fiskar

Á norðurheimskautssvæðinu er að finna 99 tegundir af sjávarfiskum og fiskum sem ganga á milli sjávar og ferskvatns. Þessar tegundir skiptast upp í 48 ættkvíslir og sautján ættir (Prowse o.fl., 2005). Sú staðreynd að 99 tegundir sé að finna á svæðinu er þó nokkuð varfærin áætlun vegna þess að sumar tegundirnar, eins og til dæmis bleikja og bolfiskur rúma í raun og veru margvíslegar sundurliðaðar tegundir.



Mynd 8 - Bleikja (Arctic Char-Frozen, e.d.)

Sú ætt fiska á norðurheimskautssvæðinu sem hefur hvað flestar tegundir er laxaættin en í henni eru fleiri en 33 tegundir en flestar þeirra eru mikilvægar í tengslum við sjávarútveg. Þar á eftir kemur ætt vatnakarpans með 23 tegundir. Allar þær ættir sem standa eftir og er að finna á svæðinu hafa sex eða færri tegundir. Að lokum eru fimm ættir á norðurheimskautssvæðinu sem innihalda aðeins eina tegund (Prowse o.fl., 2005).

Flestir þessara fiska eru botnlægir sem merkir það að þeir lifa á botninum á hafinu eða ansi nálægt honum. Nokkrar tegundir sem þar lifa eru úthafsiskar en það merkir að þeir lifa hvorki nálægt botninum né nálægt ströndinni og synda því frjálsglega um hafið. Einnig eru þar að finna tegundir sem bæði eru botnlægar en teljast einnig til úthafsiska (Mecklenburg og Mecklenburg, 2009).

Vísindamenn telja að loftslagsbreytingar geti haft þau áhrif að hraði og mynstur hafstrauma getur breyst. Það myndi hafa mikil áhrif á líf á norðurheimskautssvæðinu og þá sérstaklega á fiska vegna þess að ef hafstraumar taka breytingum getur hitastig sjávar hækkað. Flestar tegundir þrífast undir sérstökum hitaskilyrðum. Breytingar á hitastigi vatnsins sjávar spilar stórt hlutverk í dreifingu fiska og sérstaklega er hann mikilvægur fyrir búferlaflutninga sumra fiskitegunda sem treysta á að hann fari ekki yfir ákveðin mörk (Huntington, 2001). Búferlaflutningur fiska af svæðinu og stórar breytingar í stofnstærð má því rekja beint til breytinga á hitastigi vatnsins. Hitastig er auk þess einn mikilvægasti þátturinn þegar kemur að stærð fiskistofna og því hvort þeir hafi aðgang að fæðu eða stað til að hrygna. Einnig myndi hlýnun gera aðgang fiskistofnanna að nauðsynlegri næringu

mun erfiðari ásamt því að það myndi hafa áhrif á vöxt tegunda (Effects of climate change on arctic fish, e.d.). Fiskar eru með kalt blóðs og þess vegna er líkamshita þeirra stjórnað að mestu leyti af hitastigi vatnsins sem þeir lifa í. Fiskar hafa þó þann hæfileika að geta stjórnað líkamshita sínum og það gera þeir með því að skynja hitastig vatnsins. Ef þess er þörf færa þeir sig frá óhentugum búsvæðum þar sem hitastig er of hátt eða of lágt yfir í hentug svæði þar sem hitastig er við hæfi (Prowse o.fl., 2005).

Áhrif loftslagsbreytinga á sjávarútveg á norðurheimskautssvæðinu eru mismunandi. Á sumum svæðum eru áhrif þeirra hagstæð fyrir sjávarútveg en á öðrum eru þau skaðleg en það fer allt eftir staðsetningu. Minnkun hafíssins leiðir til þess að skip sem nýtt eru til veiða eiga greiðari aðgang um sjávarsvæðið (Anisimov o.fl., 2007).



## 11 Maður

### 11.1 Áhrif loftslagsbreytinga á innfædda

Í þúsundir ára hefur norðurheimskautssvæðið verið heimili manna og í dag búa þar um 4 milljónir (Anisimov o.fl., 2007). Eins og áður kom fram eru nokkur lönd sem tilheyra norðurheimskautssvæðinu en í flestum þessara landa eru aðeins lítil svæði sem tilheyra því raunverulega. Það er því aðeins lítil hluti af íbúum landanna sem býr á norðurheimskautssvæðinu (Nuttall, 2005). Flestir íbúar svæðisins, eða tveir af hverjum þremur búa á landsvæði þar sem íbúar eru fleiri en fimm þúsund talsins (Anisimov o.fl., 2007).

Íbúar norðurheimskautssvæðisins hafa mótað sér sína eigin menningu og starfsemi sem byggist að mestu leyti upp á umhverfi þeirra. Í gegnum margar kynslóðir hafa innfæddir lært á umhverfið og hvað það hefur upp á að bjóða í gegnum margar vandlegar athuganir. Þeir hafa nýtt sér þekkingu sína til þess að þróa með sér ákveðinn lífsstíl og fundið leiðir til þess að veiða sér til matar. Þeir hafa átt nána tengingu við umhverfi sitt og hafa innfæddir því þróað með sér óvenjulega og góða leið til að fylgjast með, túlka og svara þeim breytingum sem hafa átt sér stað vegna loftslagsbreytinga (How will climate changes affect indigenous communities?, 2005).



Mynd 9 – Innfæddir á veiðum (Arctic People, e.d.)

Mörg samfélög innfæddra á norðurheimskautssvæðinu reiða sig á það að geta veitt sér til matar. Sú dýrategund sem er þeirra aðaluppskera eru spendýr, bæði þau sem lifa í sjónum og má þá nefna seli, rostunga, náhvali og hrafnaeyði og einnig spendýr sem lifa á landi eins og hreindýr og sauðnaut. Þá veiða þeir mikinn fisk og ber þar helst að nefna

bleikju, lax og bolfisk. Afrakstur veiði sinnar nýta innfæddir þó ekki einungis í mat vegna þess að margar tegundir dýra er hægt að nýta í annað, eins og til dæmis í fatnað og aðra framleiðslu og má þar helst nefna seli. Skinn þeirra er oft mikils virði og innfæddir selja það til að skipa sér sess í atvinnulífinu og til að afla sér lífsviðurværis (Nuttall, 2005).

Sú staðreynd að innfæddir geta veitt sér til matar mun líklega breytast. Aðgangur að ýmsum tegundum sem nýtt eru til matar verða mun takmarkaðri á meðan loftslagið heldur áfram að breytast. Innfæddir þyrftu mögulega að breyta yfir í matarræði sem þeir eru ekki vanir en þekkist í hinum vestræna heimi. Afleiðingarnar af því gætu orðið slæmar en það gæti leitt til sykursýki og ýmissa hjartasjúkdóma sem ekki þekkjast innan þeirrar menningar. Einnig gæti það orðið þeim mun kostnaðarsamara að flytja inn mat frá öðrum menningarsamfélögum (Weller, 2005).

Áhrif loftslagsbreytinga má sjá víða í samfélögum norðurheimskautsins og ekki einungis þegar kemur að fæðuöflun en innfæddir hafa skýrt frá því að þeir finni meira og meira fyrir þessum breytingum. Þeir hafa sagt að þeir taki eftir miklum breytingum í veðri, það sé ófyrirsjáanlegra, það rigni meira á veturnar og vatnsmagn í mörgum stöðuvötnum fari minnkandi. Einnig hafa þeir séð nýjar tegundir á svæðinu sem aldrei hafa sést áður á búsvæðum þeirra. Sumir hafa jafnvel tekið eftir breytingu á sólinni og halda því fram að þeim finnist hún sterkari en áður og að það verði sífellt algengara að fólk brenni og fái útbrot vegna hennar (How will climate changes affect indigenous communities?, 2005).

## 11.2 Inúítar

Inúítar eru hópur af innfæddum og menningarlega líkum einstaklingum sem búa á norðurheimskautssvæðinu, nánar tiltekið í stórum hlutum af Grænlandi og Kanada og eru gott dæmi um innfædda sem hafa fundið fyrir áhrifum hlýnandi jarðar (Inuit, e.d.). Inúítar treysta mjög á viðveru hringnórans en hann er undirstaðan í hefðbundnu matarræði þeirra og er nokkuð auðfundinn á búsvæði þeirra allt árið um kring. Hafísinn skiptir miklu máli fyrir vistfræði hringnórans og þá sérstaklega vegna þess að þeir nota hann þegar þeir gjóta á vorin. Bráðnun hafíssins gerir það að verkum að hringnórinn mun eiga erfiðara með að finna sér stað til að gjóta og því eru talsverðar líkur á að samdráttur verði í hringnórastofninum. Ef mikill samdráttur verður í uppskeru hringnóra getur það haft

djúpstæð áhrif á vistfræðilegan efnahag Inúíta sem nota selina, eins og áður sagði bæði til matar og til ýmissa annarra afurða (Nuttall, 2005). Það er því augljóst að fyrir marga Inúíta eru loftslagsbreytingar mjög líklegar til að raska eða jafnvel eyðileggja þá menningu sem þeir hafa byggt upp í kringum veiðina. Þetta er vegna þess að stærð hafssins er í rýrnun og það gerir það að verkum að stofn dýra sem þeir eru vanir að veiða, ekki bara stofn hringnórans, munu smátt og smátt fara minnkandi og því fylgir að dýrin verða óaðgengilegri og gætu jafnvel horfið af sumum svæðum (Weller, 2005).

## 12 Gróður á norðurheimskautssvæðinu

Gróðurlendið sem finna má á norðurheimskautssvæðinu er mjög frábrugðið öðru gróðurlendi í heiminum vegna þess að plöntutegundir sem þar er að finna geta lifað eðlilega í hitastigi sem er rétt undir eða yfir frostmarki. Efnaskipta- og æxlunarferli þessara planta fer því eðlilega fram þrátt fyrir kuldann (Effects of climate change on arctic ecosystems, e.d.).

Gróðurlendi norðurheimskautsins samanstendur af ýmsum gróðri eins og til dæmis grösom, jurtum, mosum og fléttum. Þessi gróður á það sameiginlegt að þegar hann vex er hann samt nokkuð nálægt jörðinni, hann er ekki hár og myndar hann því freðmýri, öðru nafni túndru (Arctic, e.d.). Eins og fyrr var tekið fram er sífreri einkennandi fyrir norðurheimskautssvæðið og er það til staðar allt árið um kring. Sífreri er ástæðan fyrir því að á svæðinu fyrirfinnast ekki gróskumiklar plöntur (About the Arctic Polar Region, e.d.). Sífreri hefur verið til á norðurheimskautssvæðinu í þúsundir ára, þakið þunnu lagi af jarðvegi sem þiðnar á hverju sumri. Aðgangur gróðurs að næringu er takmarkaður vegna þess að hitastigið er lágt og jarðvegurinn er mjög þunnur en gróður á norðurheimskautssvæðinu hefur aðlagast þessum þáttum (Effects of climate change on arctic ecosystems, e.d.). Tré geta ekki vaxið á norðurheimskautssvæðinu en í hlýjustu hlutum þess eru runnar nokkuð algengir og geta þeir náð allt að tveggja metra hæð. Á köldustu svæðunum er jörðin nokkuð ber, þar er þó að finna nokkrar plöntur sem hafa ekkert æðikerfi eins og fléttur og mosa (Arctic, e.d.).

Norðurheimskautsplöntur hafa mjög stuttan vaxtartíma. Til þess að æxlun fari rétt fram er þess vegna mjög mikilvægt fyrir þessar plöntur að blómstra og bera fræ eins snemma og hægt er áður en hausta tekur og kuldinn verður meiri. Ef hitastig á norðurheimskautssvæðinu væri hærra og vora tæki fyrr en raun ber vitni þá myndi vaxtartímabil plantnanna lengjast (Effects of climate change on arctic vegetation, e.d.).

Loftslagsbreytingar hafa áhrif á og geta breytt þeim þáttum sem gróðurinn hefur náð að aðlaga sig að. Með loftslagsbreytingum lengist vaxtartímabil hans, snjór bráðnar fyrr,

úrkomumynstur breytist og til verða þykkari lög af jarðvegi. Allt kemur þetta til með að hafa áhrif á framleiðslugetu og lífsviðurværi gróðursins (Effects of climate change on arctic ecosystems, e.d.). Plöntur sem finna má nyrst á svæðinu hafa náð sínum takmörkunum þegar kemur að efnaskiptum og þess vegna þarf ekki mikla hlýnun til þess að breyta miklu þegar kemur að þeirri orku sem gróðurinn þarf til að viðhalda vexti og æxlun (Arctic, e.d.).

Það getur þó verið erfitt að bera kennsl á það hvers konar áhrif loftslagsbreytingar geta haft á gróður norðurheimskautssvæðisins vegna þess að ólíkar tegundir bregðast mjög misjafnlega við þessum breytingum. Hlýrra loftslag hefur þó oft jákvæð áhrif á æxlun plantna og þessi áhrif eru nokkuð greinilegri því hærra sem ferðast er upp norðurheimskautssvæðið. Einnig hafa rannsóknir sýnt fram á það að hlýnunin hefur alls engin áhrif á æxlun annarra planta. Hér kemur skýr munur í ljós á því hvernig tegundir geta brugðist mismunandi við breytingum (Effects of climate change on arctic vegetation, e.d.).

## 13 Aðalnámskrá

Grunnþættir menntunar eru sex talsins samkvæmt aðalnámskrá. Þessi grunnþættir spila stórt hlutverk í menntun grunnskólanemands en þeir snúast um læsi á menningu og samfélagi auk þess sem þeir byggja á læsi á umhverfi og náttúru. Með þá að leiðarljósi eiga nemendur að læra hvernig þeir byggja sig upp, bæði líkamlega og andlega og hvernig þeir geta bjargað sér í samfélaginu. Grunnþættirnir ættu einnig að efla nemandann í því að vera virkur í því samfélagi sem hann hefur alist upp í, breyta því og þróa áfram til hins betra (Aðalnámskrá grunnskóla: Almennur hluti, 2011).

Einn af sex grunnþáttum menntunar er sjálfbærni. Sjálfbærni felur meðal annars í sér að nemandinn komi fram við umhverfið af virðingu og taki sjálfur ábyrgð á því. Hugtökin sjálfbærni og sjálfbær þróun fela einnig í sér að við ættum að skila af okkur umhverfinu til afkomanda okkar í ekki verra ástandi en þegar við tókum við því (Aðalnámskrá grunnskóla: Almennur hluti, 2011). Menntun í sjálfbærni er mikilvægur þáttur vegna þess að hann hefur það að markmiði að kenna nemendum að sjá samfélagið í sinni réttu mynd og hvernig það hefur þróast í gegnum tíðina. Sjálfbærni kennir þeim að taka þátt í mótun framtíðarsamfélgs með því að gera jákvæðar breytingar sem leiða þá nær því samfélagi sem þeir vilja búa í (Aðalnámskrá grunnskóla: Almennur hluti, 2011). Þennan þátt geta náttúrufræðikennarar nýtt sér þegar kennt er um loftslagsbreytingar. Nemendum er kennt að tileinka sér jákvæðar venjur sem gætu hjálpað til við að koma í veg fyrir frekari loftslagsbreytingar.

Í Aðalnámskrá grunnskóla eru sett fram nokkur hæfniviðmið fyrir nemendur í náttúrufræði. Þessi viðmið eru sett fram til að sýna það hver markmið kennslunnar eru og til þess að gera grein fyrir því hvaða þekkingu nemandinn á að hafa aflað sér þegar grunnskólagöngu hans líkur (Aðalnámskrá grunnskóla: Almennur hluti, 2011). Nokkur þessara hæfniviðmiða er hægt að tengja við viðfangsefnið um loftslagsbreytingar og verða þau hér talin upp.

Í lok 4. bekkjar á nemandinn að geta umgengist náttúruna af alúð og bætt eigið umhverfi og náttúru. Hann á einnig að geta gert sér grein fyrir samspili náttúru og manns og auk þess áttað sig á þeim afleiðingum sem gjörðir mannsins geta haft á náttúruna (Aðalnámskrá grunnskóla: Almennur hluti, 2011). Nemandanum er kennt að loftslagsbreytingar séu að stórum hluta tilkomnar vegna gjörða mannsins og ef farið er eftir þessum viðmiðum ætti nemandinn að gera sér grein fyrir að hann sjálfur getur verið áhrifavaldur í baráttunni við loftslagsbreytingar. Því fyrr sem þessar upplýsingar ná til nemanda því meiri líkur eru á því að hann sýni áhuga á því að hafa áhrif og komi til með að temja sér jákvæðar venjur.

Í lok 7. bekkjar á nemandinn að vera búinn að átta sig á og geta með eigin orðum lýst hvaða áhrif gjörðir mannsins hafa haft á umhverfið og náttúruna og hvað þessar gjörðir fela í sér. Hann á að geta tekið þátt í einhverskonar starfsemi sem stuðlar að umbótum á hans eigin umhverfi (Aðalnámskrá grunnskóla: Almennur hluti, 2011).

Í lok 10. bekkjar á nemandinn að hafa byggt upp þá færni að geta kynnt sér og skilgreint stöðu umhverfismála, ekki aðeins á Íslandi heldur á heimsvísu. Hann á að geta sett fram og rætt hvaða hægt sé að gera til að bæta stöðuna. Nemandinn á einnig að geta útskýrt hvað loftslagsbreytingar fela í sér og hvaða ástæður liggja þar að baki og hverjar helstu afleiðingar þeirra eru (Aðalnámskrá grunnskóla: Almennur hluti, 2001). Hann á að geta skilið hnattræn viðfangsefni eins og til dæmis vernd ósonlagsins og loftslagsbreytingar og einnig á hann að geta rætt um þessi mál (Aðalnámskrá grunnskóla: Náttúrufræði og umhverfismennt, 2007). Í 10. bekk ætti nemandinn því að búa yfir nokkurri þekkingu á efninu og ætti að geta notað sér þessa þekkingu til þess að taka ákvarðanir um gjörðir sínar sem gætu komið til með að hafa áhrif á loftslagsbreytingar. Hann ætti að geta gert hvað hann getur til að sporna við þessum breytingum.

## 14 Hlutverk skólans

Skólinn leikur stórt hlutverk í umhverfisvitund nemenda. Í aðalnámskrá grunnskóla er sérstaklega tekið fram að skólastarfið eigi að efla og stuðla að velferð og heilbrigði og að það ráðist allt af samspili einstaklings, umhverfis og aðstæðna (Aðalnámskrá grunnskóla: Almennur hluti, 2011).

Til að efla umhverfisvitund nemenda þarf að gera þeim grein fyrir að þeirra hlutverk í baráttunni við loftslagsbreytingar skiptir máli. Nemendur þurfa að tileinka sér þann vana að leggja sitt að mörkum í baráttunni við breytingarnar og náttúrufræðikennsla í grunnskólum verður að taka mið af því. Það nám sem fer fram í náttúrufræði byggir að því að nemandinn veit hvernig best er að nota þá vitneskju sem hann býr yfir og að hann viti hvað hann getur gert til að bæta umhverfi sitt (Aðalnámskrá grunnskóla: Almennur hluti, 2011).

Loftslagsbreytingar heimsins eru stórt og flókið viðfangsefni og þarf kennarinn að skipuleggja kennsluna um efnið vel og vandlega. Kennari þarf að huga að mörgu áður en kennsla hefst, til dæmis hvernig hann ætlar að nálgast kennsluna, hvaða námsbækur skal notast við, hvernig kennsluverkefni ætlar hann að setja fram og hvar áherslurnar eigi að liggja. Kennari þarf þó að hafa í huga að nemendur gætu haft ákveðnar forhugmyndir um efnið. Mikill áróður hefur verið um loftslagsbreytingar og hættur þeirra í gegnum árin og mögulega hefur þessi áróður náð til nemendans og hefur byggt upp hræðslu hjá honum. Kennari þarf því að fara varlega í umræður um afleiðingar vegna þess að tilgangurinn með kennslunni er ekki að vekja upp einhverskonar skelfingu á meðan nemenda. Markmið kennslunnar er í raun og veru að kenna nemandanum hvað það er sem hefur áhrif á umhverfið og hvað hann getur gert til að leggja sitt af mörkum í að bæta lífsskilyrði á jörðinni.

Það eru mörg verkefni sem koma til greina þegar kenna á nemendum um loftslagsbreytingar, nánar tiltekið á norðurheimskautssvæðinu. Nemendur gætu unnið í hópum eða sem einstaklingar og kynnt sér afleiðingar sem fylgja í kjölfar hlýnunar. Ef um



hópavinnu er að ræða getur hver og einn hópur valið sér spendýr sem býr á svæðinu og fjallað ítarlega um það og þær hættur sem dýrið þarf að lifa við vegna loftslagsbreytinga. Einnig gætu nemendur kynnt sér mannlíf á norðurheimskautssvæðinu og hvernig það hefur og kemur til með að breytast ef hlýnun jarðar heldur áfram á þessum hraða.

Ég tel einnig mikilvægt að nemendur fái að spreyta sig á verkefnum sem sýnir þeim að þeir geti haft áhrif. Þess konar verkefni myndu á snúast um það að nemandinn myndi reyna að minnka útbreiðslu gróðurhúsalofttegunda sem leiða til aukinna loftslagsbreytinganna og gæti nemandinn framkvæmt verkefnið heima hjá sér og einnig í skólanum. Þessi verkefni geta falist í einföldum hlutum eins og til dæmis að flokka sorp en með því er verið að draga úr mengun. Kennari og nemendur geta sett upp litla sorpstöð í skólastofunni þar sem flokkun fer fram. Einnig getur nemandinn sett sér það markmið að fara sparlega með vatn, til dæmis með því að láta það ekki renna á meðan hann tannburstar sig. Með þessu er verið að minnka losun gróðurhúsalofttegunda út í andrúmsloftið vegna þess að vatngufa er gróðurhúsalofttegund. Skólinn getur líka tekið þátt í einhverskonar átaki þar sem allir árgangar vinna saman að því að gera skólann sem umhverfisvænastan. Allt skiptir þetta máli fyrir hugsun nemandans og ýtir undir að hann tileinki sér þessar sömu venjur í framtíð sinni.

## 15 Niðurlag

Það er nokkuð augljóst að hlýnun jarðar og loftslagsbreytingar sem fylgja í kjölfar hennar eru ekki af því góða. Afleiðingarnar sem þessar breytingar bera með sér eru í mestum mæli neikvæðar og fyrir ýmsar dýrategundir eru þær hreint og beint hörmulegar. Þrátt fyrir undirritaða loftslagssamninga þar sem þjóðir koma saman og reyna að sporna við breytingunum virðist lítið vera sem getur komið í veg fyrir að þær eigi sér stað.

Norðurheimskautssvæðið er iðandi af lífi, lífi sem oftast en ekki finnst hvergi annars staðar en einmitt þar. Tilkomumiklir ísbirnir ráfa um ísbreiðurnar, einstakir og óvenjulegir hvalir synda um Norður-Íshaf ásamt fjöldanum af fiskitegundum. Fuglar leita til norðurs í þeim tilgangi að hreiðra um sig og þar má einnig finna einstök menningarsamfélög sem hafa lifað á landinu í fjölda ára. Allar þessar tegundir, auk margra annarra stafar þó mikil hættu af loftslagsbreytingum, meiri hættu heldur en tegundir í öðrum heimshlutum standa frammi fyrir. Bráðnun hafíssins er helsta áhyggjuefnið og hefur áhrif á nánast allt líf á norðurheimskautssvæðinu. Bráðnunni fylgir hækkandi sjávaryfirborð, breyttir hafstraumar, næringarskortur dýra og í versta falli getur hún mögulega leitt til útrýminga einstakra tegunda. Margt bendir einnig til þess að mannskepan sem lifir á svæðinu þurfi að breyta sínum venjum, venjum sem þeir hafa lifað við og þekkt frá örófi alda, til að koma til móts við loftslagsbreytingar. Stofnar ýmissa tegunda sem þeir treysta á, bæði fyrir næringarlegt gildi sem og efnahagslegt, hafa minnkað töluvert og aðgangur að öðrum mikilvægum stofnum verður takmarkaður. Hlýnun jarðar ógnar því menningarlegum uppruna innfæddra en stór hluti af menningu þeirra felst í því að veiða sér til matar.

Það þarf því ekki að leita lengi til að koma auga á allar þær neikvæðu afleiðingar sem loftslagsbreytingar hafa í för með sér. Mannkynið stendur því frammi fyrir því að þurfa að horfa upp á svæði eins og norðurheimskautssvæðið verða fórnarlamb loftslagsbreytinga. Það er því ákaflega mikilvægt að kennarar sem taka þátt í að móta nemendur í þær persónur sem þau koma til með að verða séu áhrifavaldar, taki þátt og geri sitt besta í að kenna þeim hvað felst í þessum loftslagsbreytingum. Hlýnun jarðar er

hnattrænt vandamál, það er ekki vandamál sem kemur bara ákveðnum hluta mannkynsins við heldur erum við öll undir sama hatti. Mikilvægt er að kenna nemendum sem fyrst á skólagöngu þeirra að mannkynið getur, ef allir hjálpast að, gert sitt besta til að takmarka afleiðingar loftslagsbreytinga. Þeir þurfa að læra að allir geta lagt sitt að mörkum og hvert skref sem þau taka til að sporna við breytingunni er skref í rétta átt. Ef allir hjálpast að gæti mannkynið mögulega lagt sitt að mörkum áður en það verður of seint.

## 16 Heimildaskrá

*About the Arctic Polar Region.* (e.d.). Sótt 5. apríl 2014 frá Arctic-Antarctic Collection:

<http://www.arcticantarcticcollection.com/arctic/about.htm>

Aðalnámskrá grunnskóla. 2011. *Almennur hluti.* Mennta- og menningarmálaráðuneyti.

Sótt 2. apríl 2014 af

[file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/grunnskoli\\_greinanamskrar\\_netutgafa\\_2013%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/grunnskoli_greinanamskrar_netutgafa_2013%20(1).pdf)

Aðalnámskrá grunnskóla. 2007. *Náttúrufræði og umhverfismennt.* Mennta- og menningarmálaráðuneyti. Sótt 2. apríl 2014 af

[file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/adalnamskra\\_grsk\\_natturufraedi-umhverfismennt.pdf](file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/adalnamskra_grsk_natturufraedi-umhverfismennt.pdf)

Anisimov, O.A., Vaughan, D.G., Callaghan, T., Furgal, C., Marchant, H., Prowse, T.D.,

Hjálmar Vilhjálmsson, Walsh, J.E. (2007). *Polar regions (Arctic and Antarctic).* Sótt 27. mars 2014 frá Intergovernmental Panel on Climate Change:

<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter15.pdf>

*An Introduction to Climate Change.* (2011). Sótt 27. febrúar 2014 frá Natural Resources Defense Council: <http://www.nrdc.org/globalwarming/climatebasics.asp>

*Arctic Challenges.* (e.d.). Sótt 24. mars 2014 frá The Pew Charitable Trusts:

<http://www.oceansnorth.org/arctic-challenges>

*Arctic Char-Frozen.* (e.d.). Sótt 7. apríl 2014 frá InterSeafood.com:

<http://www.interseafood.com/frozen/artic-char-frozen-products.html>

*Arctic Facts.* (e.d.). Sótt 15. febrúar 2014 frá The Arctic: <http://arctic.ru/arctic-facts>

*Arctic map.* (e.d.). Sótt 15. febrúar 2014 frá Worldatlas:

<http://www.worldatlas.com/webimage/countrys/polar/arctic.htm>

*Arctic Ocean Ecosystem.* (2006). Sótt 17. febrúar 2014 frá Polar Discovery:

<http://polardiscovery.whoi.edu/arctic/ecosystem.html>

- Arctic Ocean Map and Bathymetric Chart.* (e.d.). Sótt 6. apríl 2014 frá Geology.com:  
<http://geology.com/world/arctic-ocean-map.shtml>
- Arctic Ocean.* (e.d.). Sótt 21. mars 2014 frá Encyclopedia of Earth:  
<http://www.eoearth.org/view/article/150195/>
- Arctic Ocean.* (e.d.). Sótt 21. mars 2014 frá Wikipedia:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Arctic\\_Ocean](http://en.wikipedia.org/wiki/Arctic_Ocean)
- Arctic People.* (e.d.). Sótt 6. apríl 2014 frá International Polar Foundation:  
[http://www.educapoles.org/multimedia/picture\\_gallery\\_detail/arctic\\_people/2/](http://www.educapoles.org/multimedia/picture_gallery_detail/arctic_people/2/)
- Arctic sea ice decline: the changing face of a region in pictures.* (e.d.). Sótt 6. apríl 2014 frá The Telegraph:  
<http://www.telegraph.co.uk/earth/earthpicturegalleries/8046241/Arctic-Sea-Ice-decline-the-changing-face-of-a-region-in-pictures.html>
- Arctic Seas.* (e.d.). Sótt 21. mars 2014 frá About Geography:  
<http://geography.about.com/od/locateplacesworldwide/a/arctic-seas.htm>
- Arctic.* (e.d.). Sótt 27. mars 2014 frá Wikipedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Arctic>
- Arctic: Location and Geography.* (e.d.). Sótt 15. febrúar 2014 frá PolarDiscovery:  
<http://polardiscovery.who.edu/arctic/geography.html>
- Beluga.* (e.d.). Sótt 5. apríl 2014 frá World Wildlife Fund:  
<http://worldwildlife.org/species/beluga>
- Beluga Whale.* (e.d.). Sótt 5. apríl 2014 frá National Geographic:  
<http://animals.nationalgeographic.com/animals/mammals/beluga-whale/>
- Beluga Whale.* (e.d.). Sótt 5. apríl 2014 frá Wikipedia:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Beluga\\_whale](http://en.wikipedia.org/wiki/Beluga_whale)
- Beluga whale: Delphinapterus leucas.* (e.d.). Sótt 6. apríl 2014 frá ARKive:  
<http://www.arkive.org/beluga-whale/delphinapterus-leucas/>
- Beluga Whales.* (e.d.). Sótt 6. apríl 2014 frá Encyclopædia Britannica:  
<http://advocacy.britannica.com/blog/advocacy/tag/beluga-whales/>

*Beluga Whales and Climate Change.* (2009). Sótt 6. apríl 2014 frá International Union for Conservation of Nature:

[http://cmsdata.iucn.org/downloads/fact\\_sheet\\_red\\_list\\_beluga\\_v2.pdf](http://cmsdata.iucn.org/downloads/fact_sheet_red_list_beluga_v2.pdf)

Brynhildur Davíðsdóttir, Ágústa Loftsdóttir, Birna Halldórsdóttir, Bryndís Skúladóttir, Daði Már Kristófersson, Guðbergur Rúnarsson, Hreinn Haraldsson, Pétur Reimarsson, Stefán Einarsson, Þorsteinn Ingi Sigfússon. (2009). *Möguleikar til að draga úr nettóútstreymi gróðurhúsalofttegunda á Íslandi.* Sótt mars. 23 2014 frá

Umhverfissráðuneyti :

[http://www.umhverfissraduneyti.is/media/PDF\\_skrar/Loftslag.pdf](http://www.umhverfissraduneyti.is/media/PDF_skrar/Loftslag.pdf)

*Causes of Climate Change.* (e.d.). Sótt 7. apríl 2014 frá Practical Action:

<http://www.climatechoices.org.uk/pages/cchange3.htm>

*Climate change explained.* (e.d.). Sótt 23. mars 2014 frá WWF Global:

[http://wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/aboutcc/how\\_cc\\_works/](http://wwf.panda.org/about_our_earth/aboutcc/how_cc_works/)

*Climate change.* (e.d.). Sótt 14. febrúar 2014 frá Polar bear international:

<http://www.polarbearsinternational.org/about-polar-bears/essentials/climate-change>

*Climate Change.* (e.d.). Sótt frá 25. mars frá The Pew Charitable Trusts:

<http://oceansnorth.org/climate-change>

*Climate change in the Arctic.* (e.d.). Sótt 26. mars 2014 frá Wikipedia:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Climate\\_change\\_in\\_the\\_Arctic](http://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change_in_the_Arctic)

*Climate Change.* (2013). Sótt 28. mars 2014 frá United States Environmental Protection Agency: <http://www.epa.gov/climatechange/science/indicators/snow-ice/sea-ice.html>

*Climate Change in the Arctic.* (2013). Sótt mars. 29 2014 frá National Snow and Ice Data Center: [http://nsidc.org/cryosphere/arctic-meteorology/climate\\_change.html](http://nsidc.org/cryosphere/arctic-meteorology/climate_change.html)

*Defenders Of Wildlife.* (e.d.). Sótt 8. mars 2014 frá Basic facts about polar bears:

<http://www.defenders.org/polar-bear/basic-facts>

- Dwindling Arctic Sea Ice.* (2012). Sótt 6. apríl 2014 frá United States Environmental Protection Agency: <http://www.epa.gov/climatechange/science/indicators/snow-ice/sea-ice.html>
- Earth's Energy Budget.* (e.d.). Sótt 23. mars 2014 frá Earth Observatory: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/EnergyBalance/page4.php>
- Effects of climate change on arctic ecosystems.* (e.d.). Sótt 1. apríl 2014 frá World Wide Fund For Nature: [http://awsassets.panda.org/downloads/arctic\\_ecosystems\\_factsheet.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/arctic_ecosystems_factsheet.pdf)
- Effects of climate change on arctic ecosystems.* (e.d.). Sótt 18. mars 2014 frá World Wide Fund For Nature: [http://awsassets.panda.org/downloads/arctic\\_ecosystems\\_factsheet.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/arctic_ecosystems_factsheet.pdf)
- Effects of climate change on arctic fish.* (e.d.). Sótt 25. mars 2014 frá World Wide Fund For Nature: [http://awsassets.panda.org/downloads/arctic\\_fish\\_factsheet.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/arctic_fish_factsheet.pdf)
- Effects of climate change on arctic migratory birds.* (e.d.). Sótt 1. apríl 2014 frá World Wide Fund For Nature: [http://assets.worldwildlife.org/publications/395/files/original/Effect\\_of\\_Climate\\_Changes\\_on\\_Arctic\\_Migratory\\_Birds\\_fact\\_sheet.pdf?1345753423](http://assets.worldwildlife.org/publications/395/files/original/Effect_of_Climate_Changes_on_Arctic_Migratory_Birds_fact_sheet.pdf?1345753423)
- Effects of climate change on arctic vegetation.* (e.d.). Sótt 4. apríl 2014 frá World Wide Fund For Nature: [http://awsassets.panda.org/downloads/arctic\\_vegetation\\_factsheet.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/arctic_vegetation_factsheet.pdf)
- Effects of climate change on polar bears .* (e.d.). Sótt 18. febrúar 2014 frá WWF: [http://awsassets.panda.org/downloads/pb\\_factsheet.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/pb_factsheet.pdf)
- Effects of climate change on polar bears .* (e.d.). Sótt 18. febrúar 2014 frá WWF: [http://awsassets.panda.org/downloads/pb\\_factsheet.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/pb_factsheet.pdf)
- Emilía Dagný Sveinbjörnsdóttir. (2003). *Hvers vegna er Suðurskautslandið talið heimsálfa en ekki norðurskautið?* Sótt 16. febrúar 2014 frá Vísindavefurinn: <http://www.visindavefur.is/svar.php?id=3693>

- Fenner, J. (2013). *Greenland Ice Disappearing Due to Earth's Mantle Claims Study*. Sótt 7. apríl 2014 frá Liberty Voice: <http://guardianlv.com/2013/08/greenland-ice-disappearing-due-to-earths-mantle-claims-study/>
- Ganter, B. og Gaston, A. J. (2013). *Birds*. Sótt 1. apríl 2014 frá Arctic Biodiversity Assessment: [file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/ABA\\_2013\\_Chapter\\_4\\_Birds.pdf](file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/ABA_2013_Chapter_4_Birds.pdf)
- Global Warming*. (e.d.). Sótt 17. febrúar 2014 frá Polar bears international: <http://www.polarbearsinternational.org/>
- Greenland ice sheet*. (e.d.). Sótt 6. apríl 2014 frá Wikipedia: [http://en.wikipedia.org/wiki/Greenland\\_ice\\_sheet](http://en.wikipedia.org/wiki/Greenland_ice_sheet)
- Gróðurhúsalofttegund*. (e.d.). Sótt 23. mars 2014 frá Wikipedia: <http://is.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%B3urh%C3%B0urh%C3%BAsaloftegun>
- Gróðurhúsalofttegund*. (e.d.). Sótt 23. mars 2014 frá Wikipedia: <http://is.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%B3urh%C3%B0urh%C3%BAsaloftegun>
- Hornung, L. (2013). *Climate change eats up Arctic insect life*. Sótt 29. mars 2014 frá ScienceNordic: <http://sciencenordic.com/climate-change-eats-arctic-insect-life>
- How will climate changes affect indigenous communities?* (2005). Sótt 2. apríl 2014 frá Arctic Climate Impact Assessment: [http://acia.cicero.uio.no/factsheets/4\\_indigenous\\_communities.pdf](http://acia.cicero.uio.no/factsheets/4_indigenous_communities.pdf)
- Huntington, H. P. (2001). *Arctic flora and fauna: Status and conservation*. Helsinki: Edita.
- Huntington, H. og Weller, G. (2005). An Introduction to the Arctic Climate Impact Assessment. 1. kafli í *Arctic Climate Impact Assessment* (bls. 1-20). New York: Cambridge University Press.
- Inuit*. (e.d.). Sótt 2. apríl 2014 frá Wikipedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Inuit>
- Ivory Gull*. (e.d.). Sótt 7. apríl 2014 frá Wikipedia: [http://en.wikipedia.org/wiki/Ivory\\_Gull](http://en.wikipedia.org/wiki/Ivory_Gull)
- James F. Luhr. (2006). *Jörðin*. Reykjavík: JPV útgáfa.
- Kattsov, V.M. og Källén, E. (2005). Future Climate Change: Modeling and Scenarios for the Arctic. 4. kafli í *Arctic Climate Impact Assessment* (bls. 99-150). New York: Cambridge University Press.



- Mecklenburg, K. og Mecklenburg, T. (2009). *Fishes*. Sótt 25. mars 2014 frá Arctic Ocean Diversity: <http://www.arcodiv.org/Fish.html>
- Loftslagsbreytingar*. (2008). Reykjavík: Umhverfisstofnun.
- Loftslagsbreytingar*. (2014). Sótt 10. mars 2014 frá Umhverfisstofnun Evrópu: <http://www.eea.europa.eu/is/themes/climate/intro>
- Masters, J. og Michael, E. (e.d.). *Greenland*. Sótt 6. apríl 2014 frá Weather Underground: <http://www.wunderground.com/climate/greenland.asp?MR=1>
- Nuttall, M. (2005). Hunting, Herding, Fishing and Gathering: Indigenous Peoples and Renewable Resource Use in the Arctic. 12. kafli í *Arctic Climate Impact Assessment* (bls. 649-690). New York: Cambridge University Press.
- Polar Bear*. (e.d.). Sótt 18. febrúar 2014 frá National Geographic: <http://animals.nationalgeographic.com/animals/mammals/polar-bear/>
- Polar Bear*. (e.d.). Sótt 16. mars 2014 frá Wikipedia: [http://en.wikipedia.org/wiki/Polar\\_bear#Climate\\_change](http://en.wikipedia.org/wiki/Polar_bear#Climate_change)
- Polar Bear*. (e.d.). Sótt 18. febrúar 2014 frá National Geographic: <http://animals.nationalgeographic.com/animals/mammals/polar-bear/>
- Polar Discovery*. (e.d.). Sótt 17. febrúar 2014 frá Arctic Ocean Ecosystem : <http://polardiscovery.whoi.edu/arctic/ecosystem.html>
- Prowse, T.D., Reist, J.D., Wrona, F.J. (2005). Freshwater Ecosystems and Fisheries. 8.kafli í *Arctic Climate Impact Assessment* (bls. 352-452). New York: Cambridge University Press.
- Umhverfisstofnun*. (e.d.). Sótt 23. mars 2014 frá Gróðurhúsalofttegundir: <http://www.ust.is/einstaklingar/loftslagsbreytingar/grodurhusaloftegundir/>
- Usher, M. (2005). Principles of Conserving the Arctic's Biodiversity. Í *Arctic Climate Impact Assessment* (bls. 539-596). New York: Cambridge University Press.
- Walsh, J.E. (2005). Cryosphere and Hydrology. 6. kafli í *Arctic Climate Assessment* (bls. 183-242). New York: Cambridge University Press.

Weller, G. (2005). Summary and Synthesis of the ACIA. 18. kafli í *Arctic Climate Impact Assessment* (bls. 989-1020). New York: Cambridge University Press.

*What is the Arctic?* (2013). Sótt 15. febrúar 2014 frá National Snow and Ice Data Center: <https://nsidc.org/cryosphere/arctic-meteorology/arctic.html>

*Why does the melting of the Arctic sea matter to me?* (e.d.). Sótt 22. mars 2014 frá Save the Arctic: <http://www.savethearctic.org/en/pages/faq>