



CO₂

FRAMTÍÐIN Í OKKAR HÖNDUM

LESTRARRÁÐ

Kæri nemandi!

Allir námsmenn þurfa að temja sér góðar námsvenjur.

Hér eru góð ráð sem gætu hjálpað þér við lestur.

► Áður en þú byrjar lesturinn

- Skoðaðu bókina vel, myndir, kort og gröf.
- Lestu efnisyfirlit og kaflaheiti.
- Um hvað fjallar bókin?
- Hvað veist þú um efnið?

► Á meðan þú lest

- Finndu aðalatriðin.
- Skrifaðu hjá þér minnispunkta.
- Gott er að gera skýringarmyndir eða hugarkort.
- Spurðu um það sem þú skilur ekki, t.d. orð og orðasambönd.

► Eftir lesturinn

- Rifjaðu upp það sem þú last.
- Veltu fyrir þér hvað eru aðalatriði og hvaða atriði skipta minna máli.
- Hugsaðu um það sem þú hefur lært og tengdu við það sem þú vissir áður.
- Reyndu að endursegja textann með eigin orðum.

CO₂

FRAMTÍÐIN Í OKKAR HÖNDUM

Einar Sveinbjörnsson

CO₂ FRAMTÍÐIN Í OKKAR HÖNDUM

ISBN: 978-9979-0-2475-0

© 2010 Einar Sveinbjörnsson

© 2010 Teikningar og línurit: PORT hönnun

Ritstjórar:

Sigríður Wöhler og Tryggvi Jakobsson

Yfirlestur:

Halldór Björnsson veðurfræðingur

Helgi Grímsson grunnskólakennari

Kristín Friðbjörnsdóttir grunnskólakennari

Ólafur P. Pálmarsson grunnskólakennari

Stefán Einarsson umhverfissráðuneyti

Pórdís Guðjónsdóttir íslenskufraeðingur

1. útgáfa 2010

Rafræn útgáfa 2020

Menntamálastofnun Kópavogi

Hönnun og umbrot: PORT hönnun

Prentvinnsla: Litróf

Bók þessa má ekki afrita með neinum hætti, svo sem með ljósmyndun, prentun, hljóðritun eða á annan sambærilegan hátt, að hluta eða í heild, án skriflegs leyfis höfundar og útgefanda.

MYNDALISTI:

AIDG - Appropriate Infrastructure Development Group, 11

Edda Sigurðardóttir, 26, 27

Halldór Baldursson, 6

Istockphoto, 7, 10, 20-23, 25, 29, 31

Lars Andersen, Sankt Annæ Gymnasium, Danmark, 32

Michael Böttinger, DKRZ (German Climate Computing Centre), 17

Morgunblaðið, 9, 19, 28, 29

NASA/GSFC, MODIS Rapid Response, 9, 25

Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Julia Fassbernder, 19

SKSÍgló ehf., 8

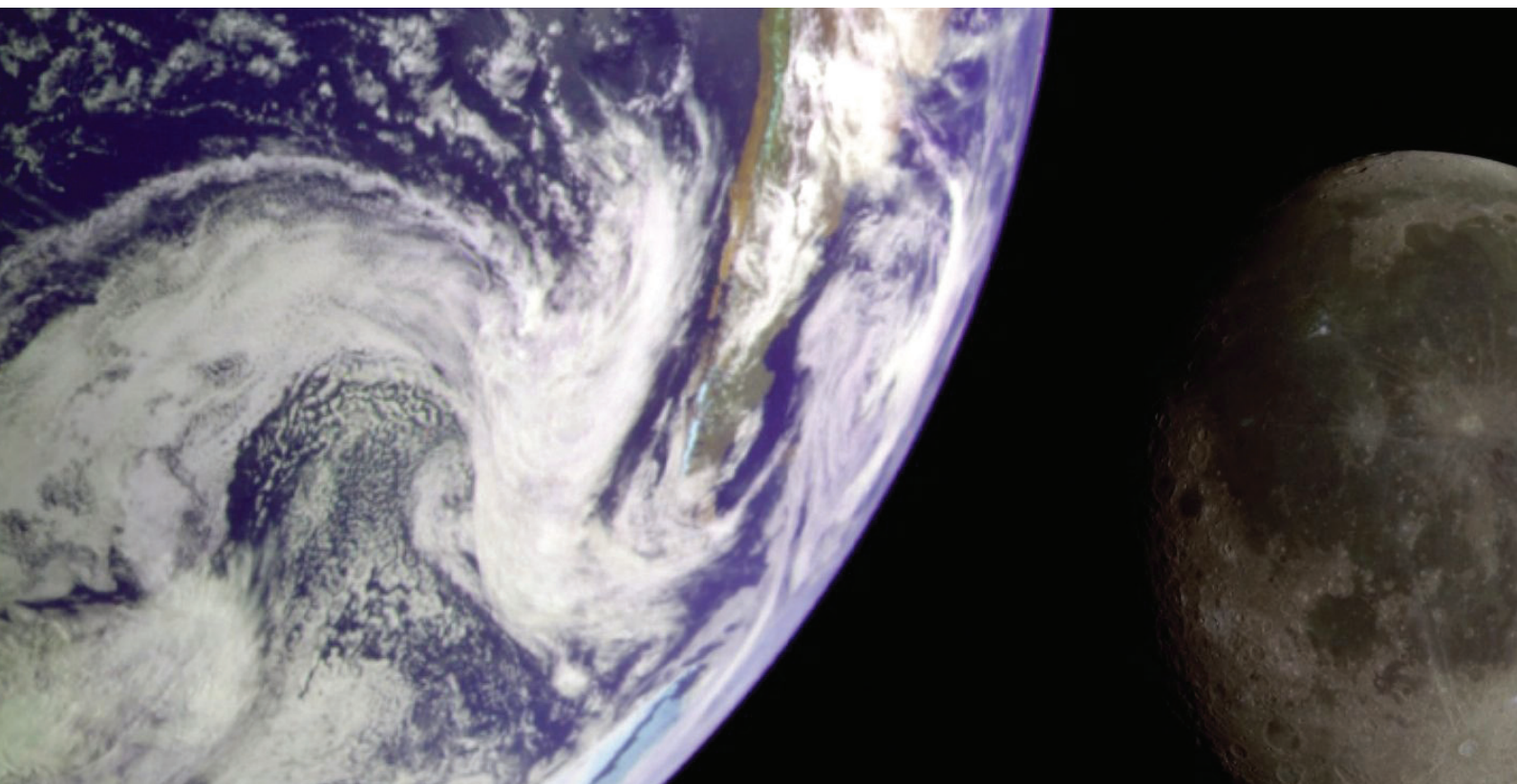
SkySails GmbH & Co., 30

Viðskiptablaðið, 30



Efnisyfirlit

Hiti á yfirborði jarðar	4
Veður, veðurfar, loftslag	6
Veðurfarssveiflur	8
Ísaldir og geislun sólar	10
Gróðurhúsaáhrif	12
Kolefni í umhverfinu	14
Veðurfarsspá næstu 100 ára!	16
Alþjóðlegir samningar	18
Áhrifanna gætir um allan heim	20 – 23
Efasemdaraddir	24
Aðgerðir og losunarbókhalð	26
Hvað getum við gert?	28
Ný tækni hjálpar til	30

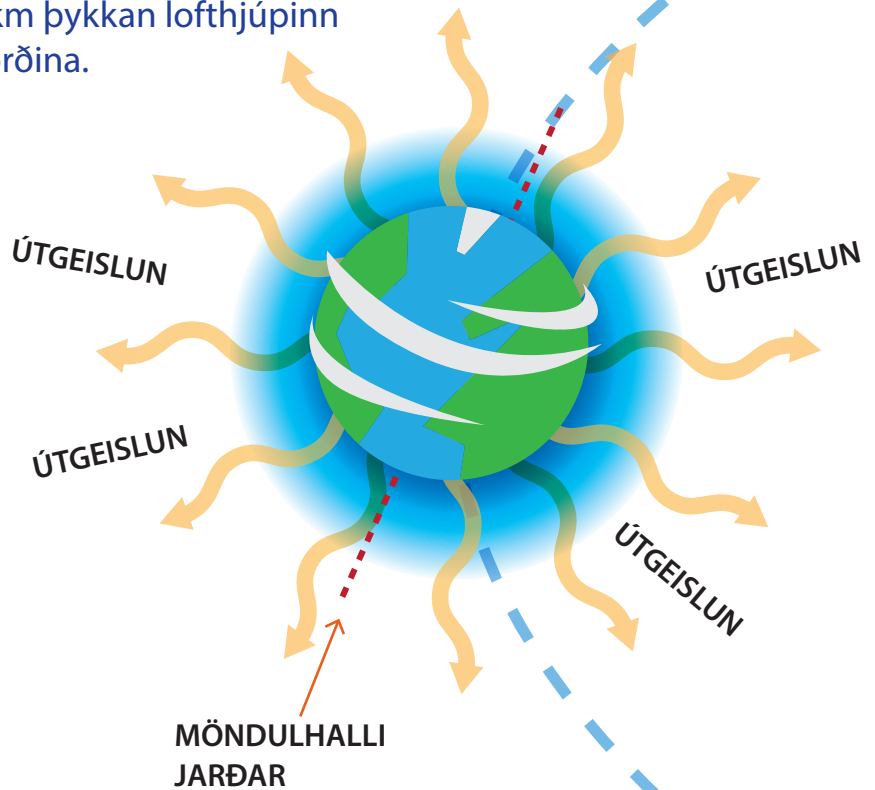


Hiti á yfirborði jarðar á uppruna sinn í sólinni

Án sólar væri hér eilíft náttmyrkur og hitinn lægri en -200°C . Á leið sinni til jarðar fara geislar sólarinnar í gegnum 100 km þykkann lofthjúpinn sem umlykur jörðina.

VISSIR ÞÚ AÐ ...

... geislun sólar á hvern fermetra á yfirborði jarðar er álíka og geislun frá sex 60W ljósaperum.



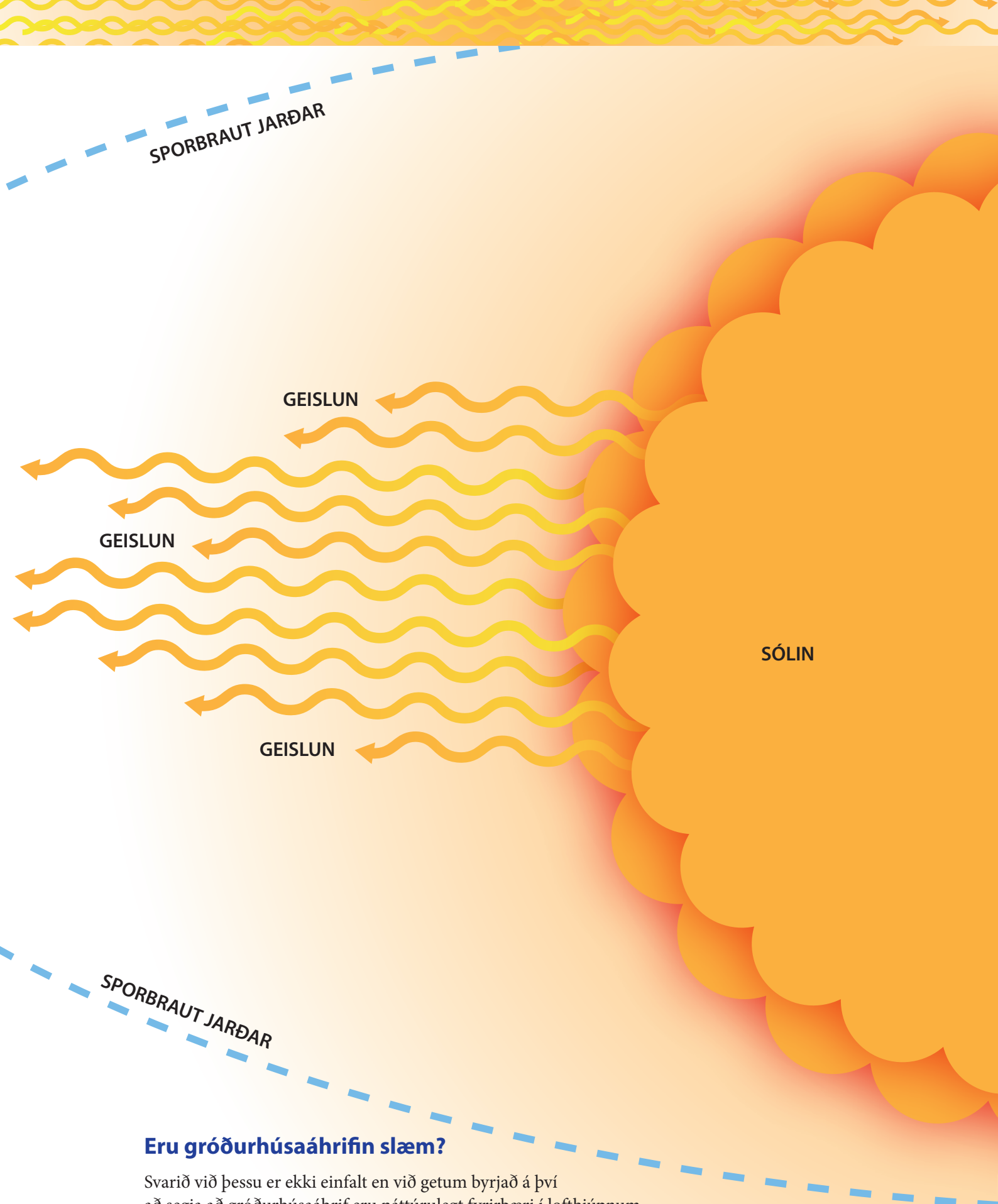
Geislun sólar = geislun jarðar

Jörðin er því sem næst kúlulaga og þess vegna dreifast geislar sólarinnar á misstóran flöt við yfirborð hennar. Möndulhalli jarðar stjórnað árstíðunum og einnig því hvernig sólarljósið dreifist.

En ský endurkasta líka út í geim um 30% alls þess sólarljóss sem berst inn í lofthjúpinn. Jöklar og höf virka einnig eins og öflugir speglar og endurvarpa hluta ljóssins út í geim. Afganginn af sólarljósinu gleypir lofthjúpurinn, eða yfirborð jarðar, og umbreytir geislum sólar í varma.

Jörðin gefur líka frá sér geisla, en ólíkt ljósinu frá sólinni er jarðgeislunin ósýnileg. Hluti jarðgeislunarinnar kemur aftur til baka frá lofthjúpnnum og það fyrirbæri kallast gróðurhúsaáhrif. Þau verða til vegna þess að í lofthjúpnnum er vatnsgufa og ský, ásamt gastegundum á borð við koltvíoxíð og metan.

Síðustu áratugi hafa bæst við manngerðar gastegundir í lofthjúpinn sem mælast í mjög litlum mæli en valda einnig auknum gróðurhúsaáhrifum.



Eru gróðurhúsaáhrifin slæm?

Svarið við þessu er ekki einfalt en við getum byrjað á því að segja að gróðurhúsaáhrif eru náttúrulegt fyrirbæri í lofthjúpnum og á jörðinni væri um 33°C stigum kaldara ef þeirra gætti ekki.

Koltvíoxíð eða CO₂ er sú gróðurhúsalofttegund sem aukist hefur mest í lofthjúpnum á síðustu áratugum og öldum. Hún á stærstan þátt í því að meðalhiti jarðar er talinn hafa hækkað um 0,6°C á 20. öld, eða frá 1900 til 2000.

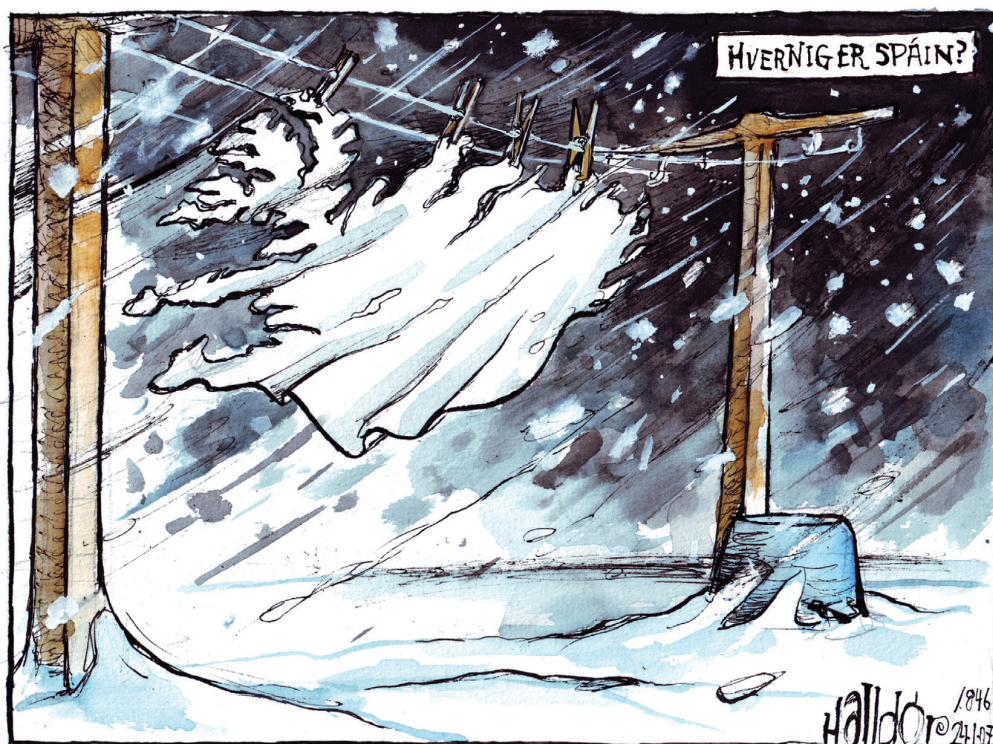
Veður, veðurfar, loftslag

Veðrið er síbreytilegt frá einum degi til annars og frá einni viku til þeirrar næstu. Veðurfar er hins vegar meðalveðrið yfir lengri tíma, helst í nokkur ár. Þegar greint er frá veðurfari tiltekins staðar eru aðallega notaðar mælingar á hita og úrkomu. Rétt eins og veðrið, tekur veðurfarið breytingum og það verða sveiflur á úrkomu, tíðni vindátta, hita o.fl.



VISSIR ÞÚ AÐ ...

... enska orðið *climate* er samheiti yfir veðurfar og loftslag?



Loftslagskerfi jarðar

Lofthjúpurinn: Lofthjúpurinn er blanda lofttegunda sem umlykur jörðina. Hann hleypir í gegnum sig geislun sólar og ósýnilegri geislun frá yfirborði jarðar. Efri hluti lofthjúps verndar okkur fyrir hættulegri geislun. Sá hluti lofthjúpsins sem nær upp í 10 til 15 km hæð gegnir mikilvægu hlutverki við að dreifa hita og raka um jörðina og þar myndast einnig ský og úrkoma. Þessir þættir og samspil þeirra móta veðurfarið á hverjum stað.

Heimshöfin: Mikið flæði varma á sér stað á milli lofthjúps og heimshafanna. Stór hluti vatnsgufu í lofthjúpnnum á uppruna sinn í hafinu. Höfin geyma mjög vel varma sem fæst við upphitun sólar, jafnvel niður á talsvert dýpi. Hafstraumar sjá svo um að flytja varma frá heitum svæðum til þeirra kaldari.

Yfirborð lands: Yfirborð landsins drekkur í sig geislun frá sól. Vatn gufar upp, m.a. frá jarðvegi og gróðri. Fjöll og dalir brjóta upp vindstrengi og hafa þannig mikil áhrif á staðbundið veðurfar. Það sama má segja um borgir og önnur mannvirki í umhverfinu. Berggrunnur, jarðvegur og gróðurfar skipta sköpum fyrir vatnshríngrásina og þar með veðurfar.

VEÐURLÝSINGAR

TÍÐARFARIÐ BREYTIST Í SÍFELLU

Í samtímalýsingu á tíðarfarinu árið 1866 segir:

„Veruleg kuldaköst gerði um vorið og framan af sumri, en eftir fyrstu viku júlímánaðar þótti tíðarfarið skárri ... Veðurfar var hart um Norðurlönd á árunum 1865–1867.“

(Úr bókinni *Árferði á Íslandi í 1.000 ár* eftir Þorvald Thoroddsen.)

Tíðarfar lýsir veðráttunni innan mánaðar eða árstíðar.

LOFTSLAGIÐ ER STÖÐUGRA

Loftslagi má bæði lýsa staðbundið eða fyrir jörðina í heild. Í bæklingi ferðaskrifstofu er svohljóðandi lýsing á veðurfari Kanaríeyja:

„Loftslagið á Tenerife er með eindæmum milt. Meðalhitinn yfir sumarið er 24°C og yfir veturinn 15 °C. Oftast er besta veðrið sunnan og vestan til á eyjunni en meiri úrkomu að vænta norðan til.“

Sólarströnd á Tenerife

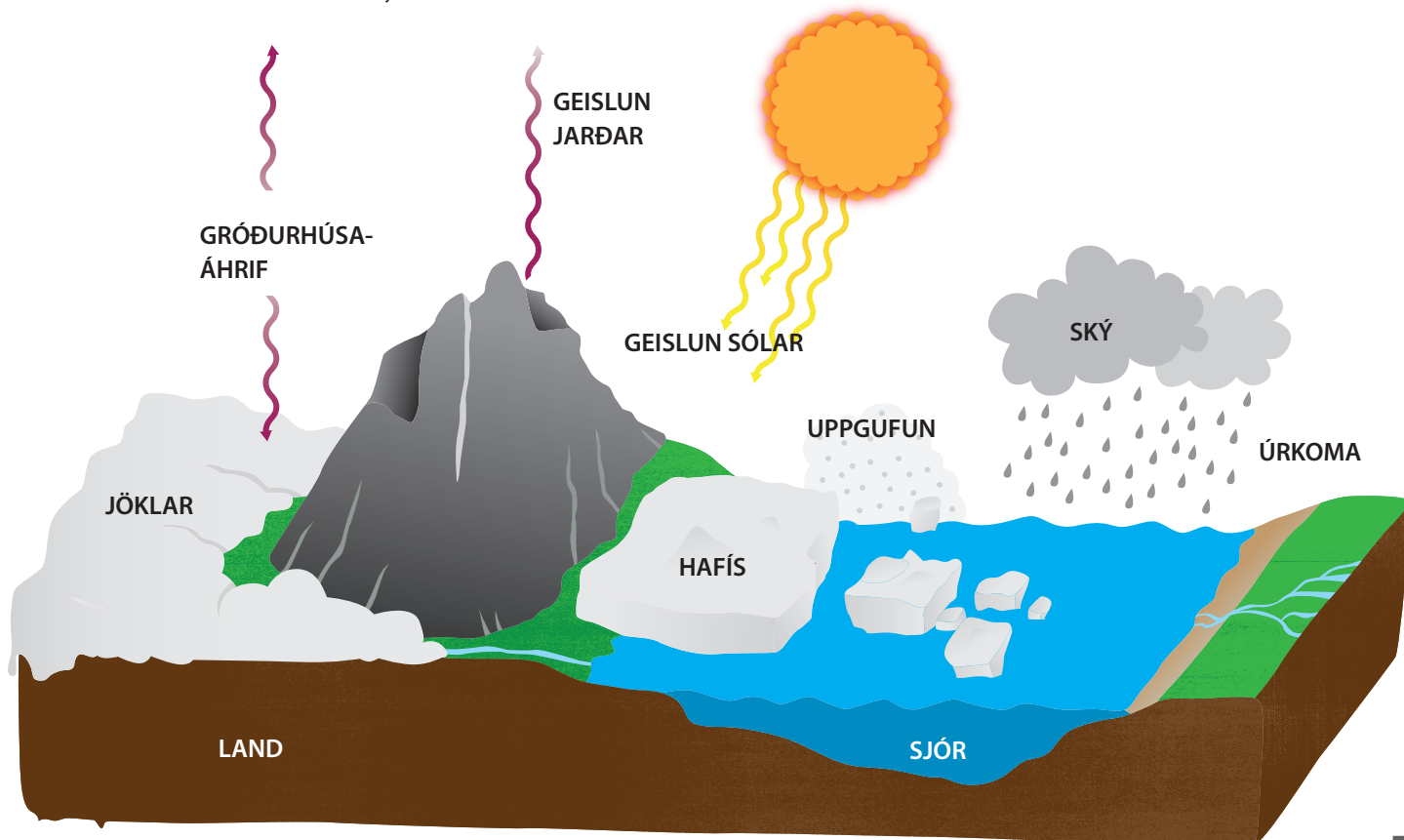


Freðhvolfið: Jöklar, hafís, snjór og freri í jörðu kallast einu nafni freðhvolf jarðar.

Umfang þess á hverjum tíma og breytileiki hefur mikið að segja fyrir hægar og langvarandi sveiflur í veðurfari.

Lífhvolfið: Allar lífverur, jafnt ofan jarðar sem í jarðvegi eða djúpt í heimshöfunum, hafa með beinum eða óbeinum hætti áhrif á veðurfarið.

Umfang og virkni í lífríkinu ræður talsverðu um styrk koltvíoxíðs og vatnsgufu í andrúmslofti á hverjum tíma.



Veðurfarssveiflur

Kuldar hafísáranna höfðu ýmsar afleiðingar fyrir atvinnuhætti og mannlíf í landinu. Sjávarhiti við landið lækkaði og veiðar úr mörgum fiskistofnum minnkuðu í kjölfarið. Miklir vorkuldar gerðu það að verkum að tún bænda kólu og uppblástur jarðvegs jókst.



VISSIR ÞÚ AÐ ...

... mesta frost
sem mælst hefur
á Íslandi er 38 stig?



Í frímínútum á Siglufríði
hafísveturinn 1965.

Kuldi á hafísárunun 1965–1971

Upp úr 1920 hófst hlýindaskeið á Íslandi sem stóð nær samfelld til 1965. Kuldaskði varði til 1986. Síðan hefur hlýnað og frá 2003 hefur verið jafnhlýtt og þegar hlýjast varð á árunum 1920–1965.

Árin 1965–1971 eru oft kölluð hafísárin. Þá barst hafís upp að Norðurlandi flesta vetur og lokaði siglingaleiðum. Hafísinn varð mestur hér við land vorið 1968.

Veðurfarssveiflur á 5 til 50 ára tímabili eiga rætur að rekja til hafstrauma og sjávarhita umhverfis landið. Á hafsvæðunum nærri Íslandi takast á tveir höfuðstraumar. Annars vegar er það hlýr og saltur sjór, grein úr Norður-Atlantshafsstraumnum (Golfstraumnum) sem kallast Irmingerstraumur og berst til norðurs fyrir vestan land. Hins vegar er það kaldur Austur-Grænlandsstraumurinn norðan úr Íshafi. Hann ber með sér hafísinn. Þriðja straumkvíslin, svokallaður Austur-



▲ Hafísinn fyllti flóa og fríði 1968. Í apríl og maí barst hann suður með Austfjörðum og lengst komst hann vestur fyrir Skeiðarársand.

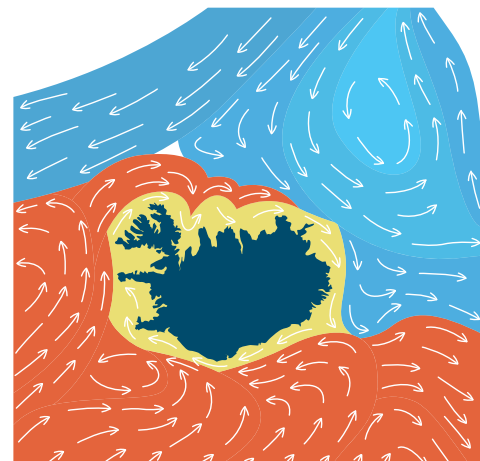
Íslandsstraumur liggur til austurs og suður með Austfjörðum. Styrkur þessara hafstrauma á hverjum tíma og samspil þeirra ræður miklu um veðurfarið hér á landi. Þannig hefur Irmingerstraumurinn haft yfirhöndina hér við land frá því um 1997 og sjávarhiti við landið verið hærri en næstu 30 árin þar á undan.

Eldgos í Eldgjá 934 – hungursneyð við Níl

Stórt eldgos hófst árið 934 í Eldgjá og stóð í nokkur ár. Gosið sendi gríðarlegt magn af brennisteinsgasi upp í lofthjúpinn. Það er vel þekkt að brennisteinsmóða frá stórum eldgosum veldur því að hluti sólarljóssins nær ekki alla leið til jarðar. Lofthiti á stórum svæðum jarðarinnar lækkar þá um allt að 1–2°C í eitt til þrjú ár eða þar til brennisteinsgasið hefur náð að hvarfast við annað gas eða skolast með úrkomu til jarðar.

Nílardalur er eitt frjósamasta svæði jarðar þar sem vatni frá Nílarfljóti er veitt á ræktarlönd dalsins. Sumarrigningar eru miklar í fjallendi Austur-Afríku en þar á Níl upptök sín. Brennisteinsmóðan frá Eldgjárgosinu barst suður yfir álfur alla leið til Afríku. Um leið og sólin náði ekki að hita upp landið í jafn miklum mæli og venjulega, dró verulega úr úrkomunni á upptakasvæði Nílar. Samkvæmt gömlum heimildum og rannsóknum á síðustu árum féll vatnsyfirborð Nílarfljóts í sögulegt lágmark á árunum 935–950. Hungursneyð varð í Egyptalandi um leið og áveituvatn Nílar þvarr. Til eru sögulegar heimildir frá þessum tíma sem vitna um óvenjulegt veðurfar víða um heim sem má rekja til Eldgjárgossins.

Í Lakagílagosinu 1783–1784 barst mikil brennisteinsmóða frá gosinu langar vegalengdir og veðurfar í Evrópu kólnaði um tíma í kjölfar Móðuharðindanna á Íslandi.



Hafstraumar við Ísland



Gervihnattamynd af árósum Nílar



▲
Kröflueldar 1980

LIFÐ MEÐ NÁTTÚRUNNI

Maðurinn hefur með athöfnum sínum lært að aðlagast sveiflum í veðurfari og lært af fyrri kynslóðum á kenjar veðráttunnar, en mörg dæmi eru líka um hið gagnstæða.

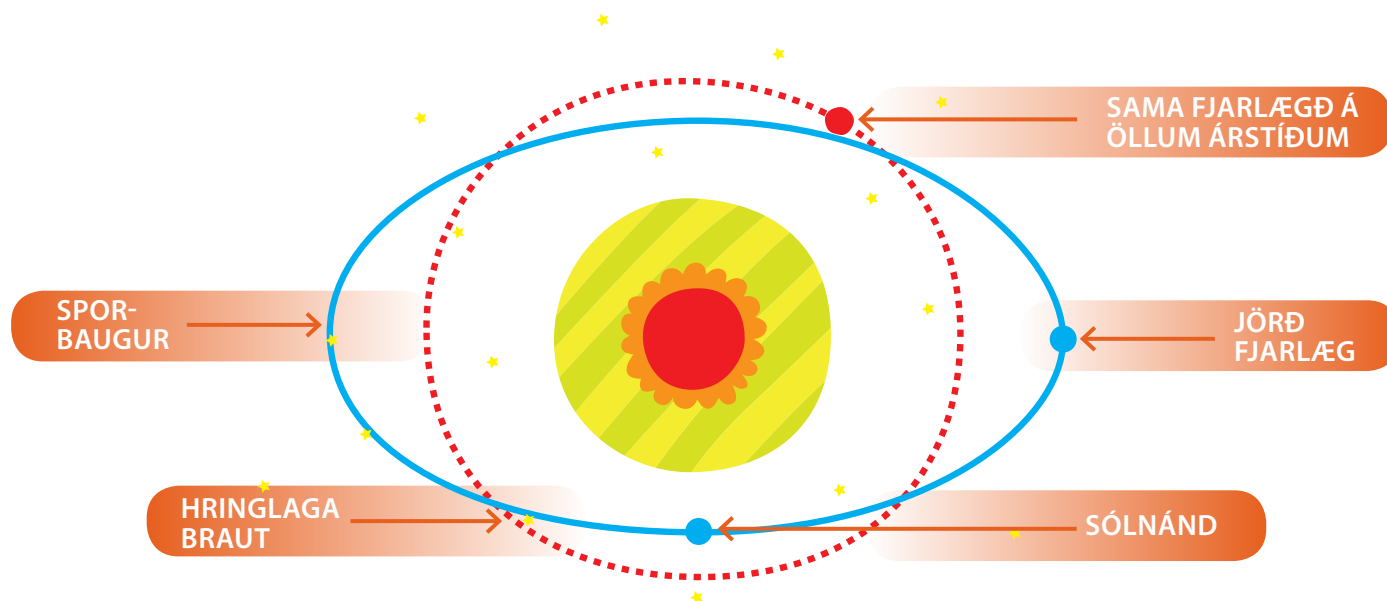
- Regnskógi er eytt fyrir annað ræktarland. Ójafnvægi kemst á eðlilega vatnshringrás regnskógarins og í rigningartíð skolast jarðvegur í burtu.
- Þéttbýl svæði eru byggð á lágum strandsvæðum, þrátt fyrir þá staðreynd að sjávarborð fer hækkandi.
- Farvegir vatnsfalla eru þrengdir með varnargörðum. Í stórrigningum verður flóð og ár flæða yfir bakka sína og valda miklu eignatjóni.

Eru einhver dæmi frá Íslandi þar sem athafnir okkar og nýting landsins hafa aukið umhverfisáhrif af völdum veðurfarssveiflna?



Ísaldir og geislun sólar

Braut jarðar um sólu er sporöskjulaga og hún sveiflast á árþúsunda fresti og verður þá nær hringlaga.



Sólnánd og loftslag

Menn hafa lengi vitað að fjarlægð sólarinnar frá jörðu er ekki alltaf sú sama. Jörðin fær meiri geislun eftir því sem hún er nær sólu. Ef jörðin er næst sólu þegar sumar er á norðurhveli verður sumarið þar hlýrra. Það kallast sólnánd. Hún breytist á um 20 þúsund ára fresti.

Fyrir rúmlega 10 þúsund árum var jörðin einmitt næst sólu þegar sumar var á norðurhveli. Eins og stendur er jörðin næst sólu í janúar og fjærst í júlí. Sumur á norðurhveli eru því kaldari á okkar dögum en þau voru fyrir um 12 þúsund árum, eða skömmu eftir að síðasta jökulskeiði ísaldar lauk.

Milankovich og ísaldirnar

Möndulhalli jarðar er nú rúmlega 23° en sveiflast frá því að vera $21,3^\circ$ í $24,5^\circ$. Þessi sveifla tekur rúmlega 40 þúsund ár. Þegar möndulhallinn er mikill verða áhrif sólnándar enn meiri.

Þetta samspil árstíðasveiflunnar og áhrif sólnándar eru meiri á norðurhveli en á suðurhveli því á suðurhvelinu eru hafsvæðin víðfeðmari og stærri hluti sólgeislunarinnar fer því forgörðum. Sólgeislunin nýtist best þegar sólin er næst jörðu og þegar sumar er á norðurhveli. Þau árþúsundin sem það ástand varir hækkar meðalhitinn í loftþjúpnum.

Serbneskur stærðfræðingur, Milankovich að nafni (f. 1879), reiknaði út hvernig sólgeislun á norðurhveli að sumarlagi hefur breyst í gegnum tíðina. Hann taldi að jökulskeið eða ísöld hæfist þegar sólgeislun að sumarlagi væri lítil og sumrin svo köld að snjóalög síðasta vetrar næðu ekki að bráðna. Milankovich lagði grunn að skilningi okkar á orsökum jökulskeiða og hlýskeiða í veðurfarsögunni.

En vísindamenn nú á tímum hafa sýnt fram á að það eru ekki eingöngu breytingar á ferðum jarðar umhverfis sólu sem geta skýrt þessar veðurfarsbreytingar. Sveiflur í styrk koltvíoxíðs geta einnig komið af stað jökulskeiðum eða hlýskeiðum.



Steingerður fiskur getur veitt upplýsingar um loftslag.

Veðurfar jarðar fyrir tíma mælinga

Áreiðanlegar og samfelldar mælingar á veðri ná ekki lengra aftur en tvær síðustu aldirnar. Fyrir þann tíma gefa margvíslegar sögulegar heimildir upplýsingar um veður og veðurfar. Þá hafa ýmsar vísbendingar um veðurfar fyrri tíma varðveist í umhverfinu.

Sögulegar heimildir, sem greina ýmist frá góðri uppskeru, manndrápsvetrum eða eyðileggingu af völdum ofsaveðurs, eru til vitnis um veður eða veðurfar. Heimildirnar eru veðurvitni og stuðst er við lýsingar á atburðum áður en skipulegar mælingar á veðri hófust. Heimildir og varðveittar frásagnir eru afar hjálplegar til að greina veðursveiflur síðustu 1.000 til 1.500 árin. Veðurvitni leynast líka víða í umhverfinu. Þau gegna mikilvægu hlutverki við lausn veðurfarsráðgátunnar aftur í tímann.

Gott dæmi um þetta eru steingervingar. Þeir geta útskýrt margt um gróðurfar fyrir milljónum ára. Jurta- og dýraleifar í botnseti hafsins og stöðuvatna geyma mikla sögu um hita og lífsskilyrði frá fyrri tíð. Þegar niðurstöðum á rannsóknum mismunandi veðurvitna ber saman verður til þekking á loftslagsveiflum milljónir ára aftur í tímann.

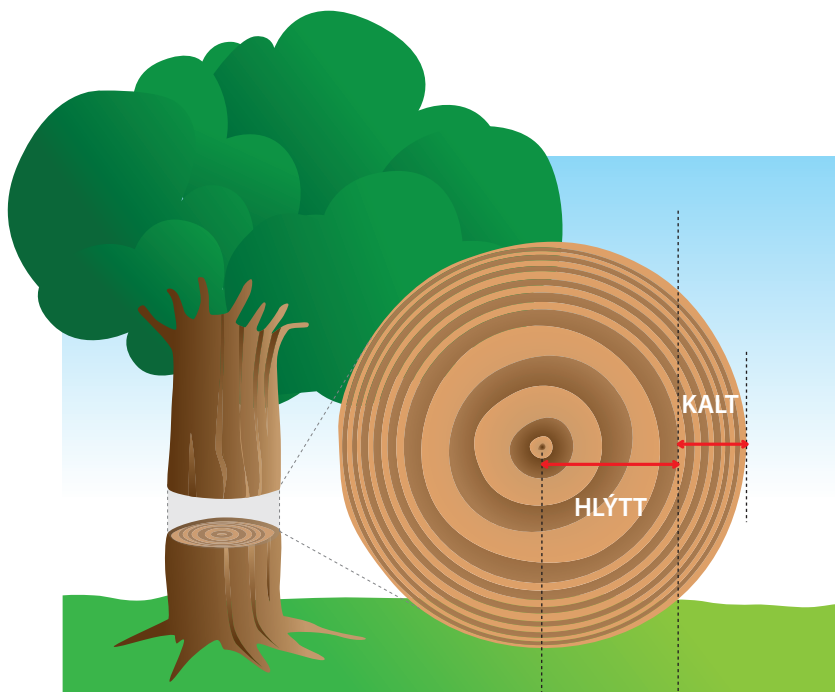
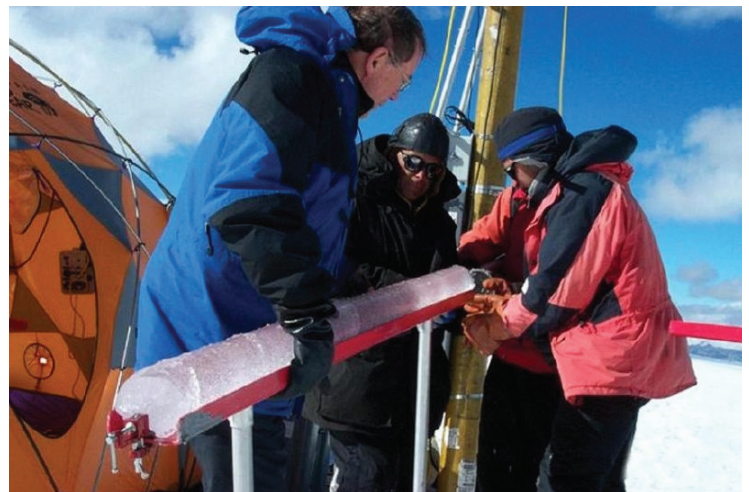
VEÐRÁTTAN 1624

Árið 1624. Vetur var afbragðsgóður frá jólum og gjörði svo mikinn og fljótan grasvöxt, að sóleyjar voru vaxnar í Skagafirði í síðustu viku vetrar og þá höfðu fuglar orpið og fundust nóg egg. Sumarið var kranksamt og votsamt og heyjaðist lítt.

Úr Skarðsáranmál, sem Björn Jónsson (1574–1655) lögréttumaður ritaði.

JÖKULÍS ER LYKILL AÐ VEÐRI TIL FORNA

Á Suðurskautslandinu hefur verið borað í ísinn niður á mikið dýpi. Ískjarninn geymir upplýsingar um hitafer og koltvíoxíð í lofthjúpnunum á þeim tíma sem snjórinna féll. Greining á sýnum úr kjarnanum gerir vísindamönnum kleift að lesa loftslags-söguna og bera saman magn koltvíoxíðs í lofthjúpi á mismunandi tímum. Niðurstöður úr rannsóknum sýna að hlýskeyð og lengri jökulskeyð hafa verið til skiptis á jörðinni. Síðasta jökulskeyði lauk fyrir um 12.000 árum. Síðan hefur ríkt hlýskeyð sem náði hámarki fyrir um 7.000 árum.

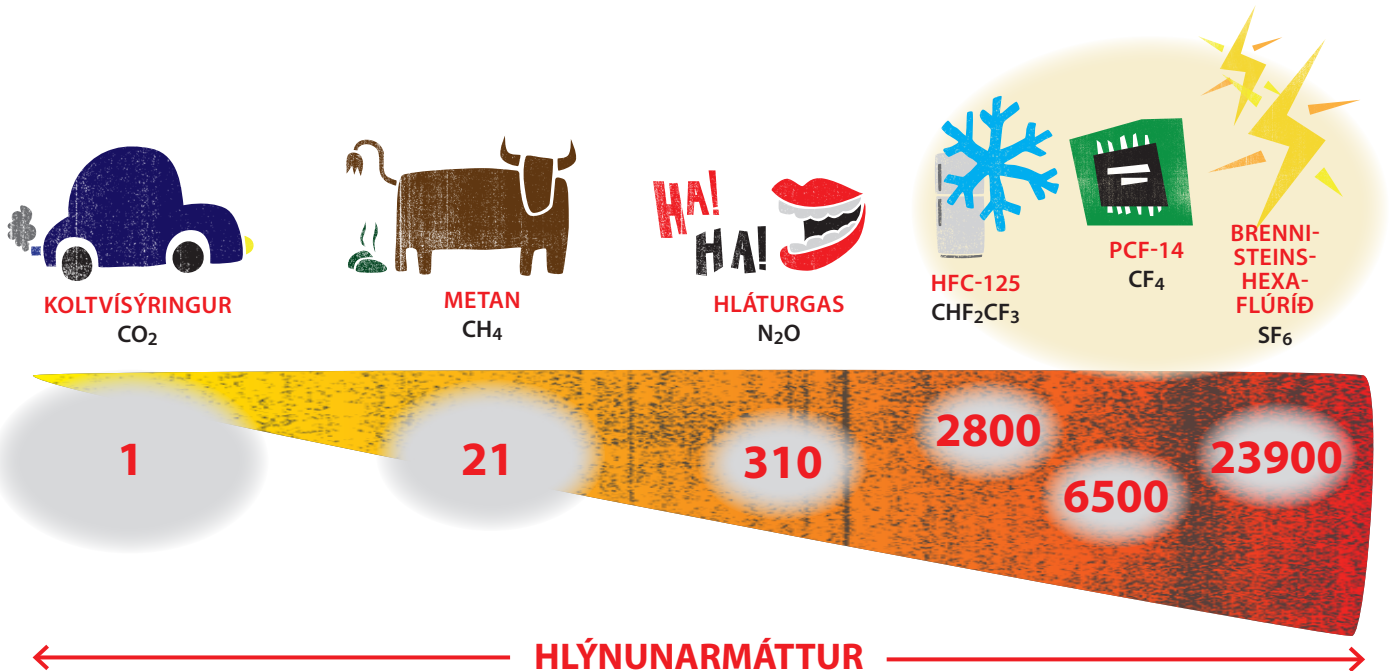


LESID Í GÖMUL TRÉ

Í áhringjum gamla trjábola er hægt að finna miklar vísbendingar um veðurfarið, jafnvel 10.000 ár aftur í tímann. Viðarvöxtur er í sumum tegundum meiri þegar hlýtt er í veðri eða vaxtartíminn lengri en vant er. Hjá öðrum tegundum, t.d. í Norður-Afríku, ræður úrkoman mestu um þykkt áhringanna.

Gróðurhúsaáhrif

Gróðurhúsaáhrifin tengjast ekki á nokkurn hátt gróðurhúsum, en nokkrar gastegundir í lofthjúpnum geisla frá sér varma á líkan hátt og glerið í gróðurhúsunum.



Gróðurhúsaáhrif af mannavöldum

Vatnsgufa er áhrifamesta gróðurhúsalofttegundin, en raki í loftinu er afar breytilegur á hverjum tíma og oft meiri á hlýjum stöðum en köldum. Með hlýnandi veðri eykst því hlutur vatnsgufunnar lítið eitt.

Koltvíoxíð (CO_2), metan (CH_4) og díniturmónoxíð, líka kallað hláturgas (N_2O), eiga stærstan þátt í auknum gróðurhúsaáhrifum af mannavöldum.

Nokkrar manngerðar flúorgastegundir er að finna í lofthjúpnum í mjög litlu magni. Þær berast út í umhverfið frá kælikerfum og við ýmisskonar iðnaðarframleiðslu. Þær hafa sumar hverjar mjög langan líftíma í lofti áður en þær hvarfast eða brotna niður. Þess vegna er mikil áhersla lögð á að stöðva alla notkun flúorgastegundanna.

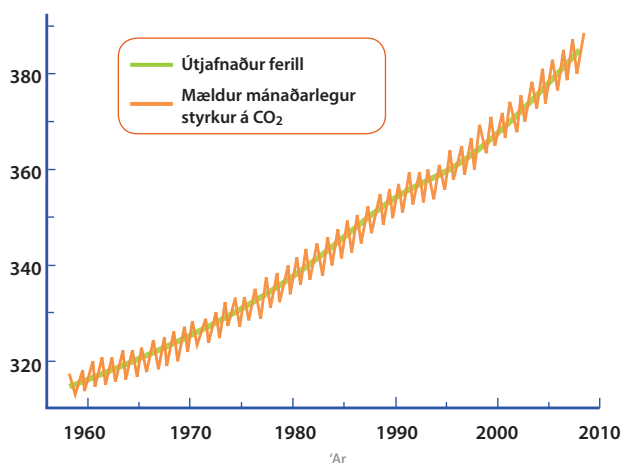
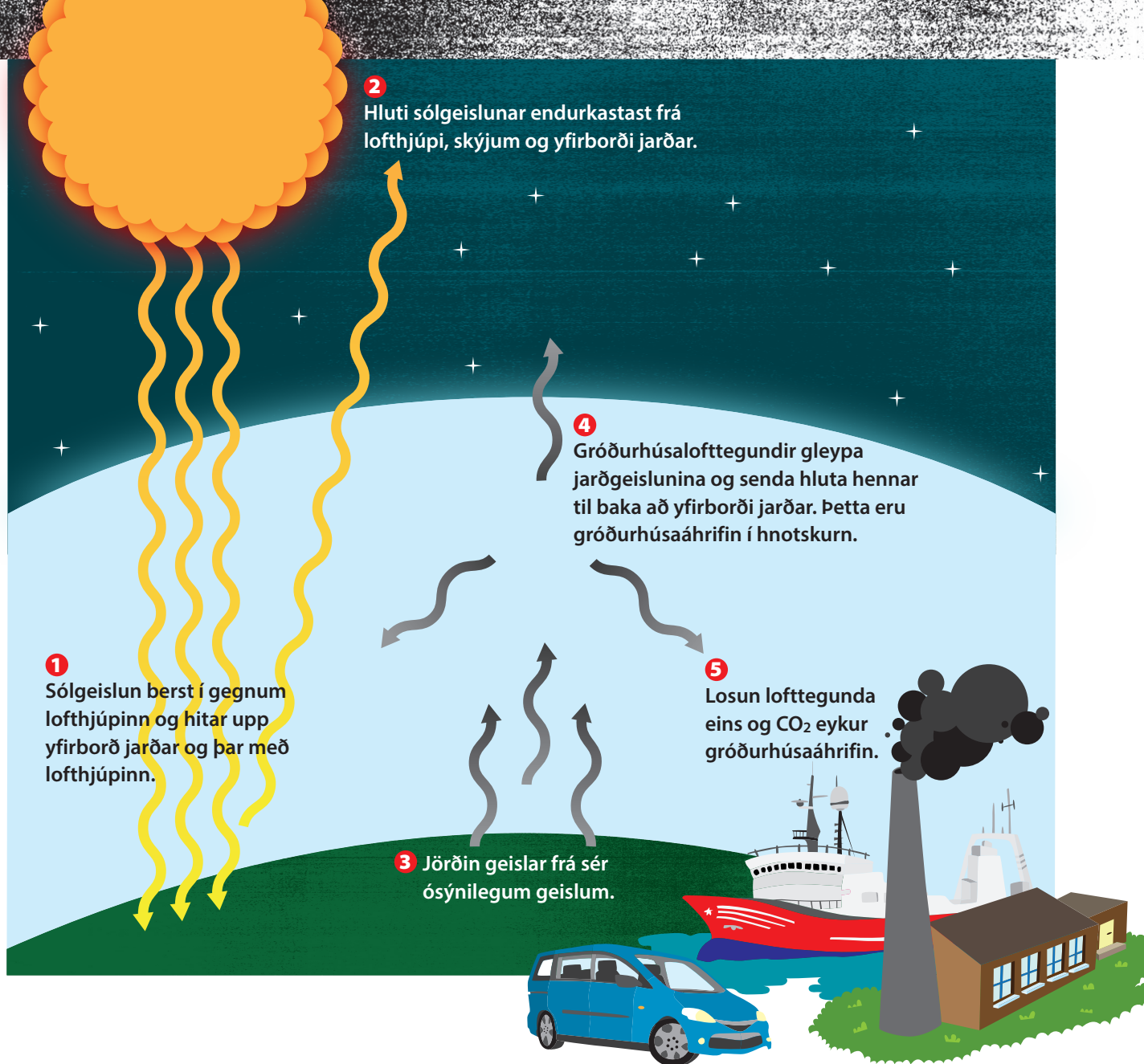
Hlýnunarmáttur þessara gastegunda er margfaldur á við koltvíoxíð og um tíundi hluti aukinna gróðurhúsaáhrifa er af þeirra völdum. Hlutur koltvíoxíðs í auknum gróðurhúsaáhrifum er engu að síður langmestur.

Frá því um 1960 hefur hlutur koltvíoxíðs í andrúmslofti aukist frá því að vera 315 í yfir 380 hluta úr milljón (ppm) eða milljónustu hluta.

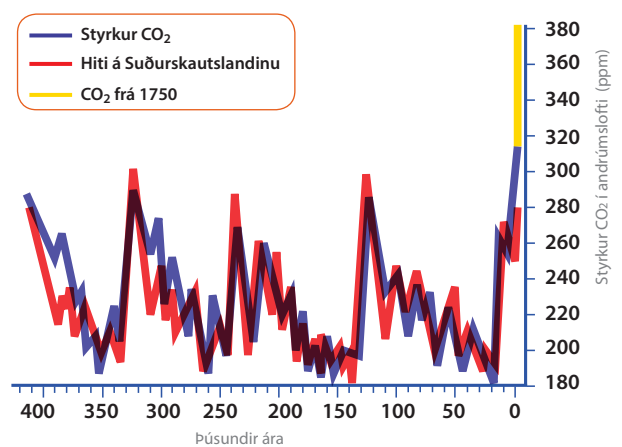
Upplýsingar um magn koltvíoxíðs í lofthjúpi frá því fyrir tíma mælinga fást m.a. frá loftbólum sem varðveist hafa í jökulís. Við upphaf iðnbyltingarinnar um 1750 var koltvíoxíð í andrúmslofti um 280 ppm og hefur því aukist um 35% frá þeim tíma.

VISSIR ÞÚ AÐ ...

... meðalhiti jarðar væri -18°C í stað þess að vera $+15^\circ\text{C}$ ef engin væru gróðurhúsaáhrifin?



Styrkur koltvíoxíðs í lofthjúpunum hefur aukist jafnt og þétt frá því að mælingar hófust. Sveiflur eru á milli árstíða, en gróður jarðar og þörungar sjávar taka upp meira koltvíoxíð til ljóstillífunar þegar sumar er á norðurhveli jarðar. Þegar skoðað er lengra tímabil er aukningin nokkuð jöfn. (Gögn frá bandarísku veðurstofunni, NOAA.)



Ískjarni frá Suðurskautslandinu sýnir vel styrk koltvíoxíðs og hita jarðar síðustu 400 þúsund ár. Hitinn á Suðurskautslandinu (rauður ferill) fellur vel saman við styrk koltvíoxíðs (blár ferill). Skipst hafa á löng jökulskeið og skemmri hlýskeyð sem koma á um 100 þúsund ára fresti.

Kolefni í umhverfinu

Kolefni (C) er allsráðandi í lífríkinu og bundið í margvíslegum efnasamböndum. Hringrás vatns er okkur vel kunnug, við sjáum ár bera vatn til sjávar og ís í jöklum, ský á himni o.s.frv. Hringrás kolefnis er ekki jafn sýnileg, en hún er engu að síður mikilvægur þáttur í loftslagssveiflum og veðurfarsbreytingum af mannavöldum.

KOLEFNI FLÆÐIR ...

... frá lofthjúpi til plönturíkis.

Við ljóstillífun nota plöntur koltvíoxíð til vaxtar og anda út súrefni (O_2). Gróðurlendi jarðar og plöntusvíf sjávar tekur árlega til sín 120 GtC.

... í lofthjúpinum við bruna eldsneytis.

Árlega losna 6 GtC við bruna eldsneytis. Öllu minna, eða 1,6 GtC, losnar úr læðingi við skógarelda í gróðurríkinu og vegna jarðrasks af völdum annarrar landnotkunar en áður var.

... frá plöntu- og dýraríki í jarðveginn.

Allar lífverur deyja og rotna. Það tekur lífrænar leifar milljónir ára að umbreytast í jarðefnaeldsneyti eins og kol og olíu.

JARÐVEGUR
1,500 GtC

JARÐEFNAELDSNEYTI
4,000 GtC

BERGGRUNNUR
100,000,000 GtC

GRÓÐUR
560 GtC

Kolefnishringrásin

Kolefnishringrásin er ekki í jafnvægi og koltvíoxíð safnast nú upp í lofthjúpunum. Við það aukast gróðurhúsaáhrifin og yfirborð jarðarinnar hlýnar.

Koltvíoxíð (CO_2) og metan (CH_4) eru samsett úr tveimur frumefnum og er kolefni (C) annað þeirra. Kolefni finnst í jarðvegi, berggrunni jarðar, í lífverum, lofthjúpunum og í heimshöfunum.

Kolefnishringrásin samanstendur annars vegar af flæði kolefnis og hins vegar geymslu þess. Setlög jarðar og berg í jarðskorpunni geyma stærstan hluta alls þess kolefnis sem er að finna á jörðinni. Það kolefni er bundið og á ekki þátt í hinni eiginlegu hringrás.

Uppleyst koltvíoxíð í heimshöfunum er gríðarlega mikið eða um 38.000 gíгатonn kolefnis (GtC). Kol, olía og annað jarðefnaeldsneyti bindur um 4.000 GtC. Bruni þess nemur um 6 GtC árlega.

LOFTHJÚPURINN
750 GtC

... frá lífverum til lofthjúps.

Í hvert skipti sem við drögum andann berst súrefni inn í blóðrásina, en koltvíoxíð út í loftið. Öndun lífvera og jarðvegs er í ágætu jafnvægi við ljóstillífun.

... frá plöntum til dýra.

Grasbítar flytja með fæðu sinni kolefni frá plönturíki inn í vistkerfi dýraríkis.

... frá lofthjúpi til heimshafanna.

Heimshöfin taka til sín mikið koltvíoxíð úr lofthjúpi og berst það uppleyst niður á mikið dýpi (líkt og gos í átöppuðu sóðavatni). Með hækkanði hita sjávarins og auknum styrk CO_2 minnkar geta heimshafanna til að taka til sín koltvíoxíð úr lofti.

HVAÐ ÆTLI ...

... tæki mörg ár að brenna upp öllum tiltækum forða jarðefniseldsneytis? Er sá árafjöldi raunhæfur og hvers vegna ekki?

VISSIR ÞÚ AÐ ...

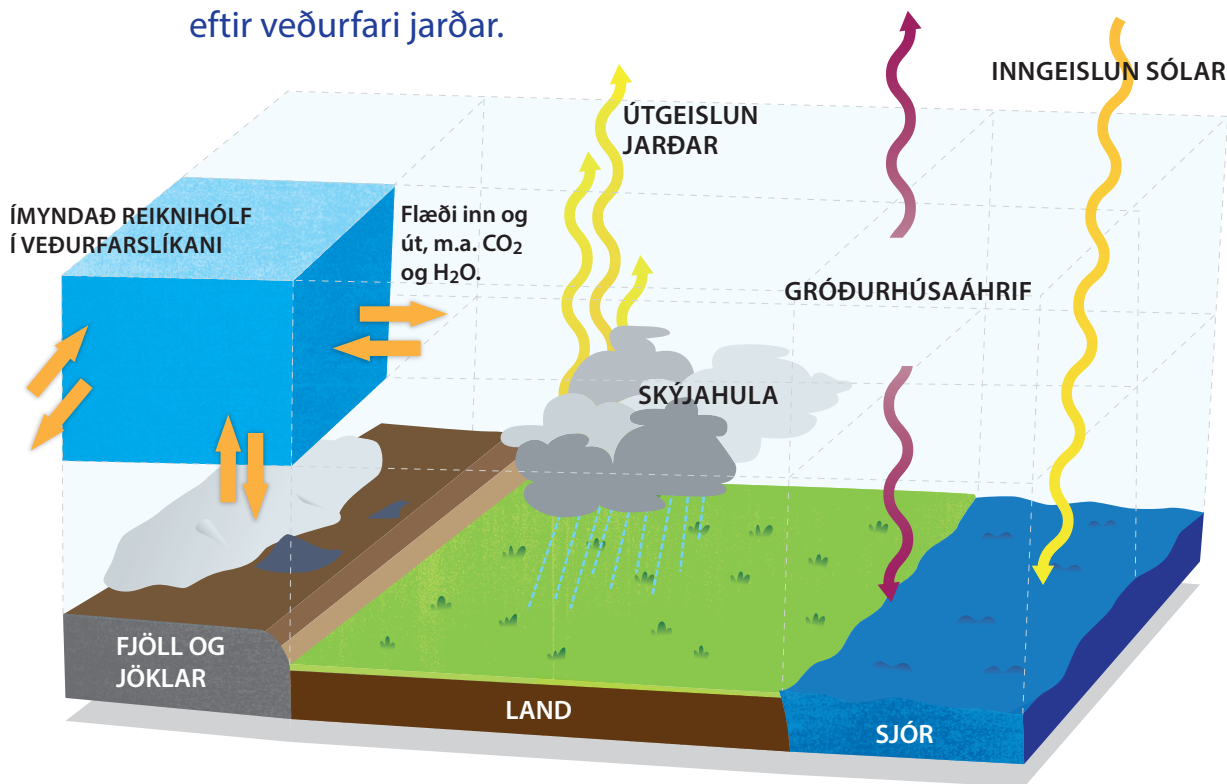
... GtC þýðir eitt gíгатonn kolefnis?

... forskeytið GÍGA stendur fyrir tíu stafa tölu. 1 gíгатonn = 1.000.000.000 tonn. Til einföldunar er gjarnan gripið til talnaforskeyta, eins og kíló-, mega-, gíga- eða tera- í stórum stærðum.

HEIMSHÖFIN
38,000 GtC

Veðurfarsspá næstu 100 ára!

Með flóknum forritum og öflugum tölvum má herma eftir veðurfari jarðar.

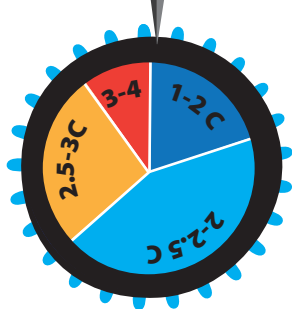


Veðurfarslíkön reikna ástand lofthjúps í ímynduðum hólum sem eru um 100 x 100 km að flatarmáli. Þau eru mötuð á margs konar upplýsingum, m.a. um styrk sólarljóss og gróðurhúsalofttegunda og samspil lofthjúps og heimshafanna. Eiginleikar landsins á hverjum stað hafa einnig áhrif. Er landið gróið eða ekki? Er gróðurinn gisinn eða þéttur, er ef til vill blómlegur skógur eða strjáll lággróður?

Hver verður hitinn á jörðinni í framtíðinni?

Óvissu um spádóma loftslagshlýnunar næstu 100 árin er hægt að setja á hjól sem snúið er. Þarna er gert ráð fyrir að dregið verði nokkuð úr losun gróðurhúsalofttegunda til ársins 2100. Stærð hvers geira á hjólinu er áætluð út frá óvissunni um spágetu loftslagslíkana, en einnig spá um fólksfjölda á jörðinni, orkunotkun og aðra samfélagslega þætti. Hverjar eru líkurnar á því að hjólið stöðvist við 3–4°C í hlýnun til 2100?

LUKKU HJÓL?



SNÚÐU VEÐURFARSHJÓLI JARÐARINNAR!

Hver er vinningurinn?

VEÐURSPÁ

Í veðurfarsspám er mikil óvissa sem minnkar eftir því sem veðurfarslíkönin verða fullkomnari og þekking verður meiri á öllum þáttum loftslagsbreytinga og samspili þeirra.

Hvernig í ósköpunum geta vísindamenn spáð breytingum á loftslagi hér á jörðinni eftir 100 ár þegar ekki er hægt að segja til með nokkurri nákvæmni hvernig veðrið verður á Akranesi eftir 10 daga?

Veðrið frá degi til dags er óreiðukennt, loftagnirnar eru mjög hreyfanlegar í allar áttir. Villa í veðurspá vex eftir því sem áfram er reiknað og að nokkrum dögum liðnum er ekki lengur hægt að reiða sig á spána. En þó að það virki mótsagnakennt getur verið auðveldara að spá mjög langt fram í tímann heldur en næstu daga. Í veðurfarsspá er verið að fást við meðalástand lofthjúpsins á stóru svæði jarðar.

Samfélagið breytist

Til þess að spá fyrir um hita jarðar árið 2100 eru búnar til ákveðnar sviðsmyndir með ólíkum forsendum um fólksfjölgun, efnahagsþróun, tækniþróun og ekki síst losun gróðurhúsalofttegunda. Sviðsmyndirnar eru ólíkar sögur um mögulega þróun á jörðinni.

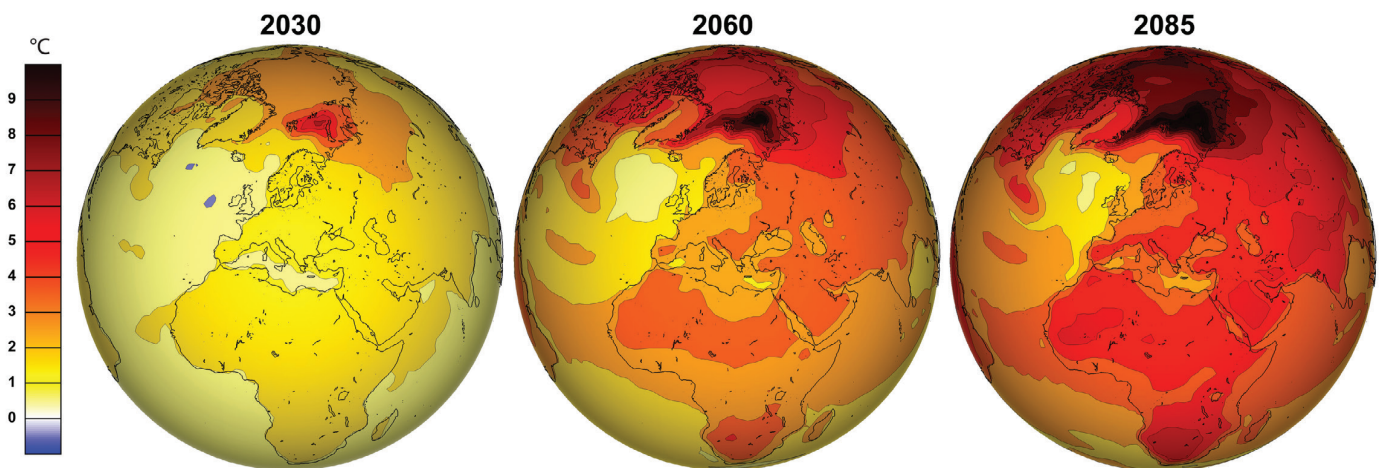
Ein þessara sviðsmynda, A1B, gerir ráð fyrir því að hagvöxtur í heiminum verði áfram hraður og mannfjöldinn muni ná hámarki um miðja þessa öld. Ný orkusparandi tækni muni ryðja sér til rúms og útblástur gróðurhúsalofttegunda fari heldur minnkandi.

Reikningar rúmlega 10 veðurfarsslíkana, fyrir sviðsmynd A1B sýna greinilega hlýnun frá lokum 20. aldar til loka þeirrar 21. Óvissubilið er nokkuð stórt eins og sjá má á spámynd fyrir sviðsmyndina neðst á síðunni.

Hækkun hita er misjöfn. Hlýnunin er meiri á norðurskautssvæðunum en annars staðar á jörðinni. Á Atlantshafinu, fyrir sunnan Ísland og Grænland, er skýrt afmarkað svæði sem sker sig úr fyrir litla sem enga hlýnun. Vísindamenn vita ekki af hverju þetta gerist því þekking er enn of lítil á samspili hafstraumanna í Norður-Atlantshafi við hlýnun andrúmsloftsins.

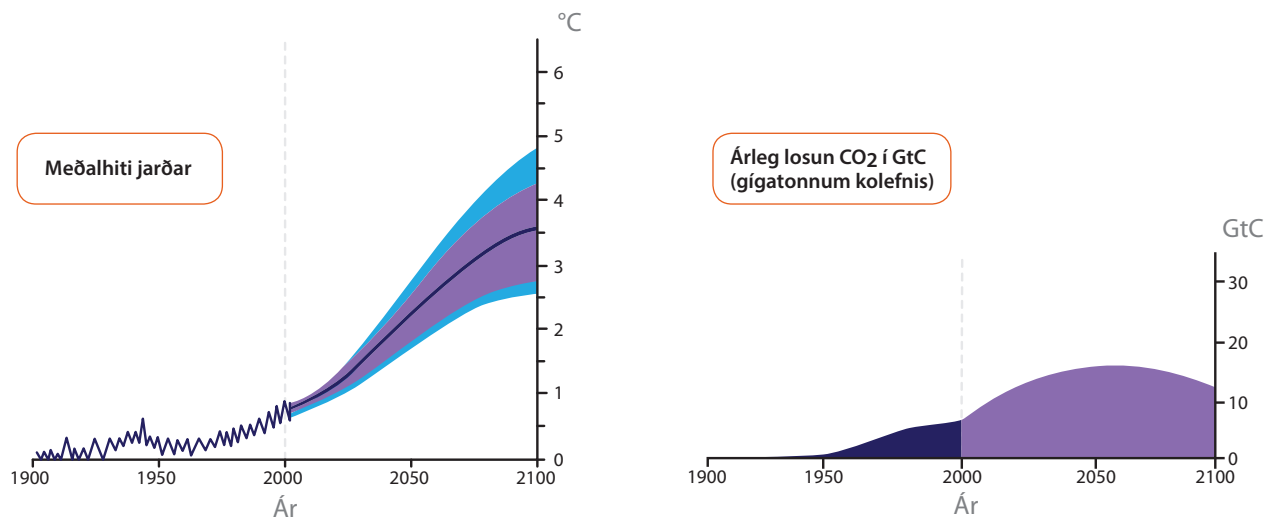
VISSIR ÞÚ AÐ ...

... öflugustu tölvur veraldar eru notaðar til þess að reikna veðurfarsspár marga áratugi fram í tímann?



Spá um hita og útstreymi CO₂

Sviðsmyndin (línuritin) hér fyrir neðan nefnist A1B. Hún gerir ráð fyrir því að samfélag þjóðanna nái samkomulagi um samdrátt í losun koltvísýrings frá því á árinu 2050. Þrátt fyrir það er spáð að hiti jarðar hækki um 1,7- 4,4°C í lok aldarinnar. Óvissan eykst eftir því sem lengra líður á spátímann.



Alþjóðlegir samningar

Heimsráðstefna Sameinuðu þjóðanna um umhverfi og þróun, sem haldin var í Ríó de Janeiro í Brasilíu árið 1992, markaði tímamót. Aldrei fyrr höfðu svo margir forystumenn ríkisstjórna komið saman til fundar og samstarfs í umhverfismálum.

VISSIR ÞÚ AÐ ...

... sjálfbær þróun gengur út á að mæta þörfum samtímans án þess að draga úr

möguleikum komandi kynslóða til þess að mæta þörfum sínum?

Ríó-yfirlýsingin um sjálfbæra þróun

Með Ríó-yfirlýsingunni ákváðu fulltrúar 154 ríkja að takast á við yfirvofandi loftslagsbreytingar og undirrituðu árið 1992 rammasamning Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar, skammstafaður UNFCCC. Ísland staðfesti undirritun sína með samþykkt Alþingis ári síðar.

Aðildarríki UNFCCC samþykktu síðan í Kýótó í Japan árið 1997 að stefna að minni losun gróðurhúsalofttegunda. Með undirritun á loftslagssamningnum skuldbundu iðnríkin sig til að vernda loftslagið og stefna að minni mengun í heiminum öllum. Þessi fyrsta fjölþjóðlega aðgerðaráætlun í loftslagsmálum gengur oftast undir heitinu Kýótó-bókunin.

Samningaviðræður um loftslagsmál geta verið erfiðar og tímafrekar. Vilji ríkja til að láta til sín taka í loftslagsmálum er samt mikill, þó erfiðlega gangi að ná samkomulagi sem allir geti sætt sig við. Mörg ríki halda á lofti sínum sérstöku aðstæðum sem verði að taka tillit til og finnst ákjósanlegra að draga úr útstreymi annars staðar í heiminum. Í flestum alþjóðasamningum um umhverfismál togast á efnahagslegir og samfélagslegir hagsmunir. Einstök ríki mynda oft hópa eða bandalög um svipaða hagsmuni.

Endanleg samþykkt er oftast málamiðlun og mörgum þykir ganga heldur hægt í raunverulegum aðgerðum til að hægja á aukningu gróðurhúsalofttegunda.

ALÞJÓÐASAMSTARF

Umhverfisstofnun Sameinuðu þjóðanna (UNEP) og Alþjóðaveðurfræðistofnunin (WMO) stofnuðu í sameiningu milliríkjanefnd um loftslagsbreytingar (IPCC). Þar er fjallað um vísindalegan bakgrunn loftslagsbreytinga og leiðir til þess að draga úr áhrifum á loftslagið. Þúsundir vísindamanna koma að starfi IPCC um áhrif hnattrænna veðurfarsbreytinga á jörðinni.

Spár IPCC eru gerðar opinberar á nokkurra ára fresti og vekja jafnan alþjóðlega athygli. Sameinuðu þjóðirnar byggja stefnu sína og ákvarðanir á vísindalegri niðurstöðu IPCC. Án fjölþjóðlegrar samvinnu væri hætt við að mörg ríki héldu fram sinni eigin spá um loftslagsbreytingar og færðu þá jafnframt í stílinn, allt eftir hagsmunum á hverjum stað fyrir sig.

ipcc





MENGUN

Losun gróðurhúsalofttegunda er hnattræn mengun. Það skiptir ekki máli hvar á jörðinni er mengað, heldur hver heildarmengun allra jarðarbúa er. Staðbundin mengun verður frá efnum sem berast út í loftið og geta verið skaðleg í sínu

nánasta umhverfi þegar styrkur fer yfir ákveðin mörk. Svífryk er dæmi um staðbundna mengun. Stjórnvöld í einstökum ríkjum, eða jafnvel í borgum, grípa þá til aðgerða til að stuðla að bættum loftgæðum.

VISSIR ÞÚ AÐ ...

... með Kýótó-bókuninni eiga iðnríki heims að hafa dregið úr útstreymi gróðurhúsalofttegunda um a.m.k. 5% á tímabilinu 2008–2012 frá árinu 1990?



2500 vísindamenn segja að við höfum valdið hnattrænni hlýnun

Við þurfum álit frá fleirum!

VIÐSKIPTI MEÐ LOSUNARHEIMILDIR

Minna útstreymi gróðurhúsalofttegunda kemur öllum til góða, sama hvar er í heiminum. Kýótó-samningurinn leyfir viðskipti með losunarheimildir að ákveðnu marki. Viðskiptin eiga að hvetja til þess að dregið verði úr útstreymi þar sem hagkvæmni er mest. Ef ódýrara er að draga úr losun, t.d. í landbúnaði í Afríku, heldur en að kaupa losunarheimild í þróuðu ríki í Evrópu skapast möguleiki á hagkvæmum viðskiptum. Fyrirtæki í Evrópu greiðir þá fyrir umbætur í landbúnaði í vanþróuðum ríki t.d. í Afríku. Með því flyst ný tækniþekking og losun á metani og nituroxíði minnkar um leið og fyrirtækið í Evrópu sleppur við að kaupa losunarkvóta fyrir koltvíoxíð í heimalandinu.

VISSIR ÞÚ AÐ ...

... losun gróðurhúsalofttegunda nam 14 tonnum á hvern Íslending árið 2006 en var ekki nema 1,7 tonn á hvern Indverja.

Fulltrúar 154 ríkja samþykkja mikilvæga stefnuyfirlýsingu fyrir jörðina í Ríó 1992.

VISSIR ÞÚ AÐ ...

... CO₂ er bæði ósýnileg og lyktarlaus lofttegund?



Áhrifanna gætir um allan heim

Loftslagsbreytingar hafa í för með sér margvísleg áhrif á náttúru og samfélög manna. Mörg þeirra þekkjum við með talsverðri vissu, en aðrar mögulegar afleiðingar eru háðar meiri óvissu og sumar í ætt við hreinar getgátur.

Freðmýrar bráðna

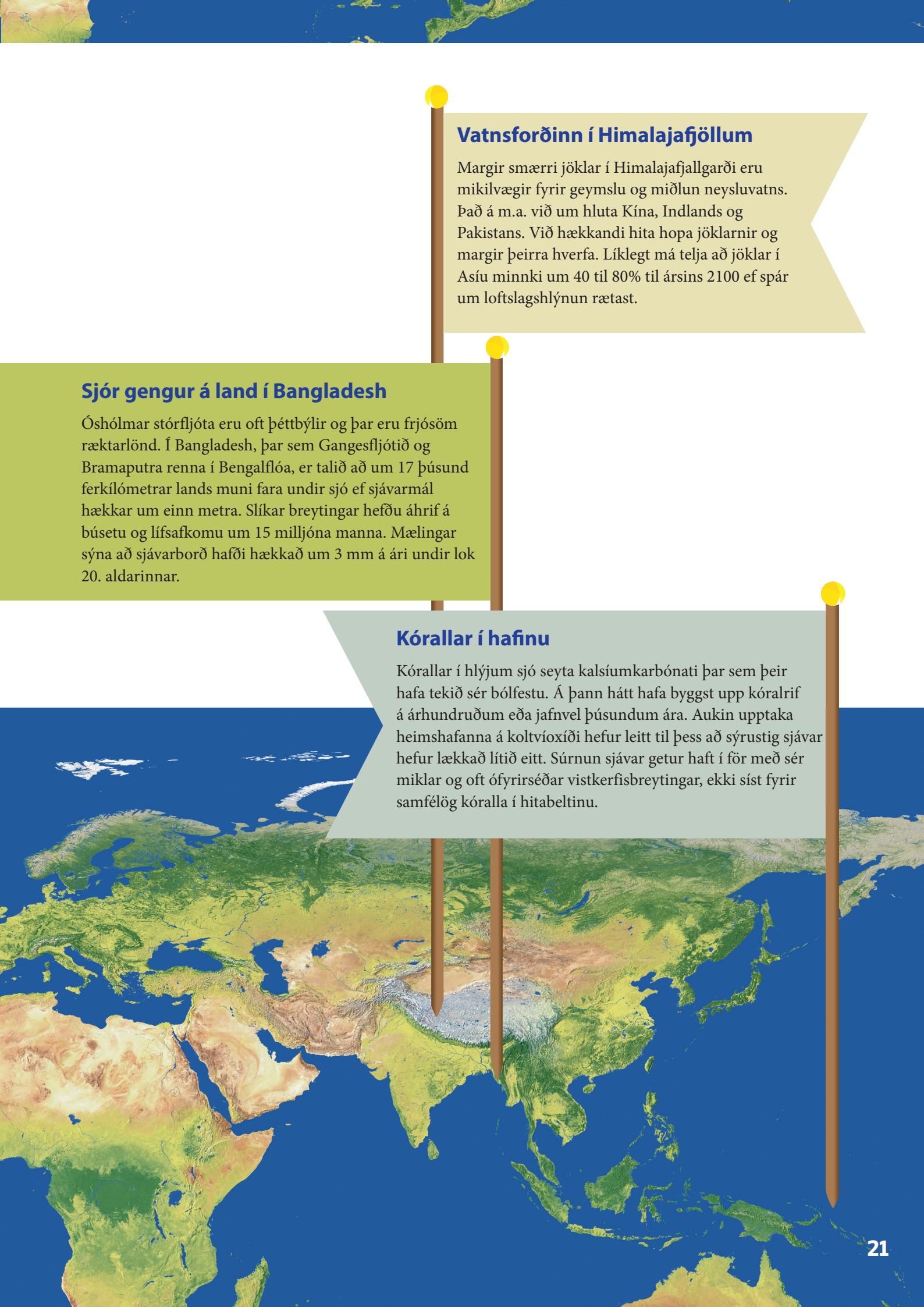
Víðáttumiklum freðmýrum á norðurhjaranum, m.a. í Alaska og Kanada, stendur ógn af hækkandi hita. Þegar ísinn í jarðveginum minnkar í auknum sumarhita verða verulegar vistkerfisbreytingar. Með hækkandi hita í jarðvegi á þessum slóðum mun bæði metan og koltvíoxíð, sem myndast hefur við rotnun jurtaleifa, losna út í loftþjúpinn í ríkum mæli.

Vistkerfi Norður-Atlantshafsins

Sterkar vísbendingar eru þegar komnar fram um breytingar á vistkerfi Norður-Atlantshafsins vegna hækkandi hita. Reiknað er með breytingum á útbreiðslu þörunga, dýrasvífs og fisktegunda. Flökkustofnar, eins og loðna og síld, kunna að breyta göngum sínum þegar hafís bráðnar við norðurheimskautið.

VISSIR ÞÚ AÐ ...

... loftslags-
breytingar geta
haft áhrif á
heilsu manna?



Vatnsforðinn í Himalajafjöllum

Margir smærri jöklar í Himalajafjallgarði eru mikilvægir fyrir geymslu og miðlun neysluvatns. Það á m.a. við um hluta Kína, Indlands og Pakistans. Við hækkandi hita hopa jöklarnir og margir þeirra hverfa. Líklegt má telja að jöklar í Asíu minnki um 40 til 80% til ársins 2100 ef spár um loftslagshlýnun rætast.

Sjór gengur á land í Bangladesh

Óshólmar stórfjöta eru oft þéttbýlir og þar eru frjósöm ræktarlönd. Í Bangladesh, þar sem Gangesfljótið og Bramaputra renna í Bengalflóa, er talið að um 17 þúsund ferkílómetrar lands muni fara undir sjó ef sjávarmál hækkar um einn metra. Slíkar breytingar hefðu áhrif á búsetu og lífsafkomu um 15 milljóna manna. Mælingar sýna að sjávarborð hafði hækkað um 3 mm á ári undir lok 20. aldarinnar.

Kórallar í hafinu

Kórallar í hlýjum sjó seyta kalsíumkarbónati þar sem þeir hafa tekið sér bólfestu. Á þann hátt hafa byggst upp kóralrif á árhundruðum eða jafnvel þúsundum ára. Aukin upptaka heimshafanna á koltvíoxíði hefur leitt til þess að sýrustig sjávar hefur lækkað lítið eitt. Súrnun sjávar getur haft í för með sér miklar og oft ófyrirséðar vistkerfisbreytingar, ekki síst fyrir samfélög kóralla í hitabeltinu.

Áhrifanna gætir um allan heim *framhald*

Regnskógar í Suður-Ameríku

Flatarmál regnskóga jarðar hefur minnkað hratt á síðustu áratugum vegna ásælni mannsins. Þó að samkomulag næðist um vernd regnskóganna er hætt við að loftslagsbreytingar geti ógnað tilvist sumra þeirra. Hlýnun um 2°C leiðir til mikilla breytinga í loftraka regnskóganna og dregur úr raka í jarðvegi. Slíkt leiðir til þess að regnskógurinn víkur fyrir þurrari gresjum.

Fleiri heitir sumardagar

Ef meðalhitinn hækkar má reikna með að í mörgum borgum víða um heim verði hitabylgjur tíðari og öflugri en áður þegar líða tekur á 21. öldina. Í miklum hitum eykst álag á heilsu fólks, sérstaklega þeirra sem eru aldraðir og lasburða. Dauðsföllum, sem rekja má til hitasvækju, mun fjölga.

VISTKERFIÐ SKAÐAST Á MEÐAN SAMFÉLAGIÐ GETUR AÐLAGAST

Bráðnun jökla eða plöntusamfélag sem hopar eru dæmi um breytingar á náttúrufari. Samfélagsleg áhrif loftslagsbreytinga eru af öðrum toga. Þau geta verið bæði bein og óbein.

Næmi samfélaga fyrir tjóni af völdum loftslagsbreytinga er mjög mismunandi. Fátæk samfélög eru viðkvæmust fyrir loftslagsbreytingum. Möguleikar þeirra til að aðlagast

breyttum aðstæðum eru oft takmarkaðir.

Þéttbýlustu svæði jarðarinnar eru gjarnan strandhéruðin. Með hækkun sjávarborðs getur fólk aðlagast breytingum með því að flytjast ofar í landið og fjær sjónum. Íbúar lítillar og láglendrar eyju í Kyrrahafinu geta ekki aðlagast og verða fyrir miklu tjóni þegar þeir neyðast til að yfirgefa eyjunna

Íshvel jarðar minnka

Tæplega 99% af öllum ís á jörðinni er bundinn í Grænlandsjökli og á Suðurskautslandinu. Þó þessi stóru jökulhvel taki að bráðna gerist það hægt. Þau bregðast hægt við sveiflum í loftslagi, eru líkt og risastór skip sem eru lengi að breyta um stefnu eða stöðvast. Samt sem áður munu jöklar bráðna með vaxandi hraða þegar líða tekur á 21. öldina.

Sahel í Afríku

Stórt landsvæði í Afríku sunnan við Sahara-eyðimörkina er viðkvæmt fyrir sveiflum í úrkomu. Á Sahel veldur hækkun hita minnkandi úrkomu og þurrkum. Afríkubúar eru um 1.000 milljónir. Margir þeirra hafa ekki nægjanlegan aðgang að neysluvatni og ætla má að á milli 75 og 250 milljónir Afríkubúa til viðbótar muni skorta neysluvatn ef hiti hækkar um 1°C. Með auknum þurrkum dregst líka ræktarland saman og þar með uppskeran.

Fækkun tegunda

Ef meðalhiti jarðarinnar hækkar um 1,5 til 2,5°C gætu 20 til 30% allra plöntu- og dýrategunda verið í útrýmingarhættu. Mikil óvissa ríkir um áhrif loftslagsbreytinga á vistkerfi þar sem lítið er vitað um aðlögunarhæfni margra tegunda. Lífríkið er til dæmis afar fjölskrúðugt víða í Ástralíu og fari saman hækkandi hiti og minni úrkoma er hætt við verulegum tegundadauða þar.

VISSIR ÞÚ AÐ ...

... smitberar kunna að nema ný lönd og hitabylgjur, flóð eða þurrkar auka hættuna á slysum og dauðsföllum.

Efasemdaraddir

Ýmsum mótrökum hefur verið teft fram gegn kenningunni um loftslagsbreytingar vegna aukinna gróðurhúsaáhrifa af mannavöldum. Umræður hafa verið miklar og stundum einkennst af tilfinningahita. Í fjölmiðlum er gjarnan tekist á um loftslagsbreytingar eins og hvert annað pólitískt viðfangsefni, þá er mönnum stílt upp til skoðanaskipta með og á móti.

Hættum að skemma umhverfið!

Loftslagshlýnun er alls ekki af mannavöldum!

Við verðum að vernda jörðina okkar!

Uss, þetta er bara bull!

Í jarðsögunni hafa oft átt sér stað meiri breytingar en núna!

Þetta er bara röfl í umhverfissinum!

Hvaða vitleysa er þetta!

VISSIR ÞÚ AÐ ...

... með aukinni þekkingu á samspili veðurfars og umhverfis dregur úr óvissu og spár verða áreiðanlegri.

Hvað getur gerst?

Vísindamenn eru sammála um að tvöföldun í styrk gróðurhúsalofttegunda í lofthjúpi jarðar veldur talsverðri hlýnun. Meiri óvissa er hins vegar um það hversu mikil áhrifin verða. Milliríkjanefndin um loftslagsbreytingar (IPCC) segir rannsóknir benda til þess að líklegast sé að hlýnunin verði á bilinu 1,7 til 4,4°C á þessari öld.

Mun hækkun lofthita innan þessara marka verða til þess að allur hafísinn í Norður-Íshafi bráðni að sumarlagi? Hvaða áhrif hefði það t.d.

á ísbjarnarstofninn ef ísinn minnkaði og bráðnaði alveg á sumrin? Eða þá mikilvægan stofn loðnu fyrir efnahag Íslands? Óvissa leiðir þannig af sér aðra óvissu og eykur enn á vangaveltur um afleiðingar loftslagshlýnunar.

Umræða um loftslagsmál einkennist oft af fullyrðingum sem slegið er fram og stutt er í spádóma sem fela í sér algjört hrun eða jafnvel heimsendi.

Mótbárur þeirra sem efast um að loftslagshlýnun sé af mannavöldum eru af ýmsum toga. Sumar þeirra eiga fullan rétt á sér enda eru loftslagsvísindin ekki hafin yfir gagnrýni frekar en önnur vísindi.

Í jarðsögunni hafa oft átt sér stað meiri breytingar á styrk gróðurhúsalofttegunda og hita!

Enginn mótmælir því að lofthjúpurinn og lífríki jarðar hafi gengið í gegnum miklar sveiflur í jarðsögunni á milljónum ára þar sem heilu vistkerfin hafa liðið undir lok. Ástæður þeirra breytinga eru margvíslegar og sumar ekki að fullu skýrðar. Þróuð samfélög manna komu hins vegar ekki fram fyrr en fyrir nokkrum þúsundum ára eða eftir að síðasta jökulskeiði lauk. Maðurinn hefur aldrei fyrr þurft að takast á við veðurfarsbreytingar eins og þær sem í vændum eru.

Hlýnun stafar ekki eingöngu af aukningu gróðurhúsalofttegunda!

Fullyrt er að sveiflur í veðurfari hafi alltaf verið miklar og hlýnunin nú sé engin undantekning í veðurfarsögunni. Margir áhrifaþættir vega í raun þyngra en gróðurhúsaáhrifin. Sagt er að breytingar í virkni sólar, áhrif eldgosa, eða breytingar á hafstraumum séu ráðandi í veðurfarsbreytingum.

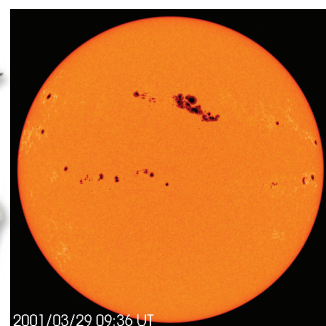
Hægt er að vera sammála því að allir þessir þættir hafa vissulega áhrif á veðurfar. Styrkur sólarinnar er ekki alltaf sá sami og á 11 ára fresti ná sólblettir á yfirborði sólar hámarki. Þá eykst styrkur geislunar lítið eitt. Eins eru aðrar sveiflur í orkustreymi frá sólinni á áratuga-, jafnvel aldafresti vel kunnar. Virkni sólar á mikinn þátt í ýmsum sveiflum í hitafari en á síðustu áratugum eru þær of litlar til að geta skýrt þá hlýnun sem mælst hefur á jörðinni.

Hlýnunin er vegna þess að hitinn er mældur í borgum!

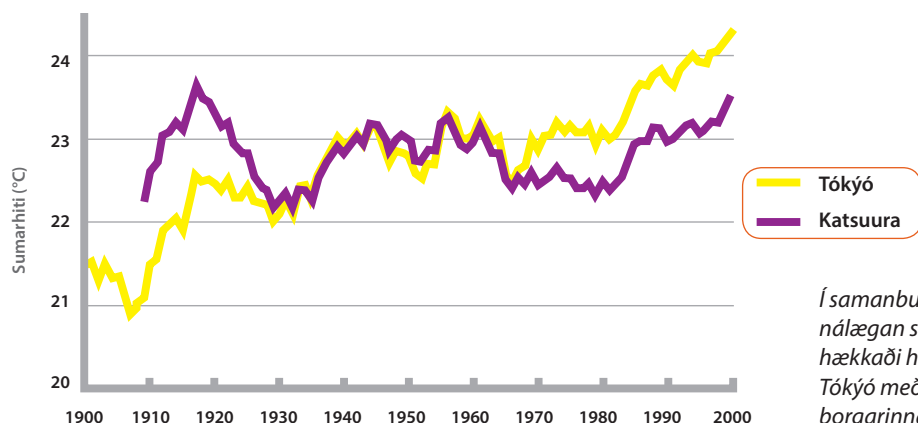
Á þeim stöðum þar sem hita-mælingar hafa verið gerðar lengi, og á sama stað, má oft sjá hægfare breytingar á hitafari frá upphafi mælinga til dagsins í dag.

Sumir mælistaðir voru áður í útjaðri þéttbýlis, en eru nú komnir inn í miðja borg. Hús, götur og malbik drekka í sig hitageislun sólar í ríkari mæli en engi og tún. Borgir verða því að nokkurs konar hitaeyjum. Á sólskinsdegi verður þannig

hlýrra í París en í sveitunum umhverfis borgina. Þessi áhrif borgamyndunar eru vel þekkt og leiðréttá þarf meðalhitann eftir á vegna þeirra. Höfuðborgin í Japan, Tókýó, hefur vaxið hröðum skrefum alla 20. öldina. Í upphafi aldarinnar var meðalhitinn lægri í Tókýó en í smábænum Katsuura ekki langt frá. Þegar leið á öldina varð til eins konar hitaeyja í höfuðborginni sem fór jafnframt stækkaði. Á endanum fór meðalhitinn í Tókýó upp fyrir Katsuura vegna þessara áhrifa.



Sólblettir á yfirborði sólar.



Í samanburði við nálægan smábæ hækkaði hitinn í Tókýó með stækkun borgarinnar.

Aðgerðir og losunarbókhald

Nákvæmt bókhald er haldið um losun og bindingu gróðurhúsalofttegunda sem hvert ríki skilar árlega til skrifstofu loftslagssamnings Sameinuðu þjóðanna. Útstreymi gróðurhúsalofttegunda er skipt niður í nokkra flokka eftir uppruna.

Orkuframleiðsla: Losun vegna orkuframleiðslu verður að mestu við bruna jarðefnaeldsneytis (einkum kola) við framleiðslu á rafmagni til almennra nota.

Samgöngur: Langflest farartæki, bílar, flugvélar og skip, eru knúin af jarðefnaeldsneyti. Hluttur samgangna í heildarlosun gróðurhúsalofttegunda hefur aukist mjög hratt.

Húsnæði: Losun gróðurhúsalofttegunda frá híbýlum fólks er fólgin í húshitun, matseld, lýsingu, heimilistækjum, tölvunotkun, kyndingu og loftkælingu.

Iðnaður: Útstreymi gróðurhúsalofttegunda á sér stað við margvíslega iðnaðarframleiðslu svo sem bruna rafskauta við álframleiðslu og við losun flúorkolefna sem hafa mikinn hlýnunarmátt. Undir þetta flokkast einnig hluti raforkuframleiðslu sem verður til í iðnaði og raforkan er fengin með bruna jarðefnaeldsneytis.

Landbúnaður: Stærstur hluti losunar frá landbúnaði er frá búfé og ræktarlandi í formi metans (CH_4) og díniturmónoxíðs eða hláturgass (N_2O).

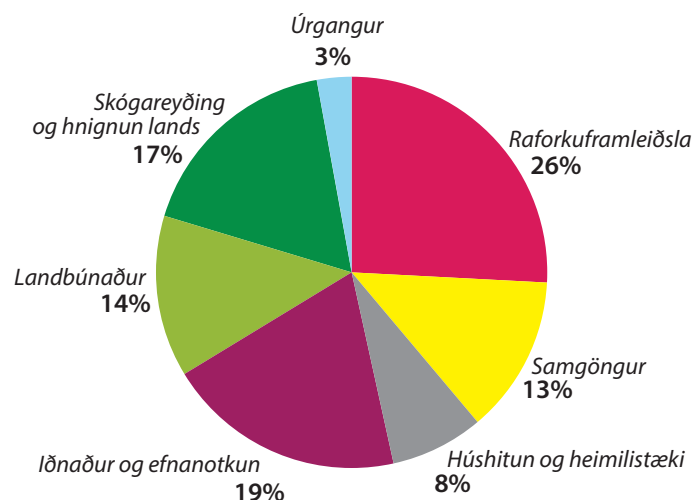
Eyðing skóga og gróðurlenda: Verulegt magn koltvíoxíðs (CO_2) losnar þegar skógur er höggvinn og hann brenndur. Jarðvegsrof, sem fylgir oft í kjölfar skógar- og gróðureyðingar veldur einnig aukningu koltvíoxíðs í lofthjúpi.

Úrgangur: Metan (CH_4) rýkur úr rotnandi sorphaugum. Einnig myndast koltvíoxíð (CO_2) þegar sorp og annar lífrænn úrgangur er brenndur.

VISSIR ÞÚ AÐ ...

... aukin meðvitund hvers og eins í daglegum háttum er besta leiðin til árangurs í loftslagsmálum?

Heildarlosun gróðurhúsalofttegunda eftir greinum



Hnattræn losun eftir gastegundum

CO_2 Skógareyðing og hnignun landgæða 17%

CH_4 Metan 14%

CO_2 Annað 3%

N_2O Díniturmónoxíð 8%

Flúorgas-
tegundir 1%

Aðgerðir til að draga úr útblæstri koltvíoxíðs

Margar leiðir eru færar til þess að draga úr útstreymi gróðurhúsalofttegunda. Sumar eru einfaldar og smáar í sniðum eins og að ganga eða hjóla í vinnuna, búðina og skóla í stað þess að nota bílinn. Hver og einn getur hæglega breytt ýmsu í daglegu lífi sem gæti leitt til umhverfisvænni lífshátta og minni sóunar á auðlindum jarðarinnar.

ÚTSTREYMI Á ÍSLANDI

Hutfallsleg skipting á útstreymi gróðurhúsalofttegunda á Íslandi er nokkuð önnur en annars staðar í heiminum.

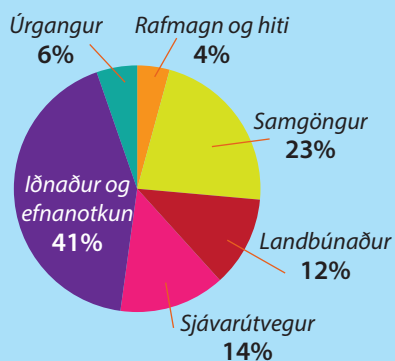
Framleiðsla raforku með vatnsafla eða jarðhita losar ekki gróðurhúsalofttegundir hér á landi, en dálítið af koltvíoxíði berst út í andrúmsloftið með jarðgufu frá háhitasvæðum.

Áliðnaðurinn fær orku að mestu frá vatnsafla. Engu að síður losnar mikið af gróðurhúsalofttegundum þegar kolaskaut eru brennd við rafgreiningu í álframleiðslu.

Sjávarútvegur er sérstakur útstreymisflokkur hér á landi. Sumar fiskimjölverksmiðjur og allur fiskiskipafloinn brenna olíu.

Á árunum 1990 til 2007 jókst heildarútstreymi gróðurhúsalofttegunda um tæpan þriðjung hér á landi. Aukning álframleiðslu hafði töluverð áhrif svo og aukin umferð á vegum landsins.

? Vissir þú að á Íslandi er nánast öll raforka fengin með vatnsafla eða jarðhita?



Það sem gagnast vel í sumum samfélögum hefur litla eða enga þýðingu annars staðar.

ÓLÍKAR LEIÐIR

Í enskum skólum er mælt til þess að öll ljós séu slökkt eftir að skólatíma lýkur. Það er ein margra leiða til að spara raforku og stuðla um leið að samdrætti í útblæstri koltvíoxíðs.

Á Bretlandseyjum er lítið um endurnýjanlega orkugjafa eins og vatnsaflsvirkjanir, jarðvarma eða sólarorku. Vindurinn er beislaður í dálitlum mæli með vindmyllum, en stór hluti rafmagns er framleiddur í orkuverum þar sem gas, kol eða olía er orkugjafinn.

Á Íslandi lækkar rafmagnsreikningur skólans með sömu aðgerð, en útblástur koltvíoxíðs er enginn þar sem raforkan er framleidd með vatnsafla.

Aðrar leiðir eru stærri í sniðum og reyna oft á efnahagslega hagsmunum. Þegar loka á kolaorkuveri í Mið-Evrópu, sem framleiðir rafmagn fyrir fjölmennan landshluta, er málið til dæmis orðið flóknara. Lokun orkuversins er ekki raunhæf nema aðrir hagkvæmari möguleikar á orkuöflun komi í staðinn.

? Hvaða breytingar í daglegum háttum fólks á Íslandi væru líklegastar til þess að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda?

? Hverjar þeirra eru án mikillar fyrirhafnar og hverjar eru líklegar til að draga úr lífsgæðum fólks?

Hvað getum við gert?

Hér á landi hafa stjórnvöld skoðað marga möguleika til að draga úr útstreymi gróðurhúsalofttegunda. Meira en 20% allrar losunar á Íslandi kemur frá samgöngum, að mestu leyti frá bílaumferð. Reiknaður hefur verið út kostnaður við nokkrar leiðir til að breyta samgönguháttum landsmanna og hann skoðaður með tilliti til hversu mikið tekst að draga úr útblæstri koltvíoxíðs.



SPURT ER ...

... hvaða breytingar í daglegum háttum fólks á Íslandi væru líklegastar til þess að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda?

... hverjar þeirra eru án mikillar fyrirhafnar og hverjar eru líklegar til að draga úr lífsgæðum fólks?

Sparneytnari bensín- og dísilbílar

Litlir og sparneytnir bílar eru bæði ódýrari í innkaupum og hagkvæmari í rekstri. Dísilvélar í fólksbílum eru líka almennt nýtnari en sambærilegar bensínvélar. Sparneytnari bílar eru því án efa bestir kosturinn til að draga úr losun á koltvíoxíði.

Hjólreiðar og ganga

Umhverfisvænasti ferðamátinn eru hjólreiðar eða að fara fótgangandi. Hægt væri að draga talsvert úr losun gróðurhúsalofttegunda ef styttri ferðir innanbæjar væru farnar gangandi eða á hjóli. Við það sparast eldsneyti og fáir efast um að það bæti heilsuna hjá þeim sem velja þessa kosti.

Metanbílar

Metangas losnar úr læðingi á urðunarstöðum sorps og rýkur þaðan út í loftþjúpinn. Þar sem hlýnunarmáttur metangass er 21 miðað við koltvíoxíð (sjá mynd á bls. 12) dregur það úr gróðurhúsaaðhrifum að brenna metani og breyta í koltvíoxíð. Á urðunarstöðum er hægt að safna metangasinu saman. Fjölorkubílar geta nýtt bæði metan og bensín sem eldsneyti. Metangasið er innlent eldsneyti og þykir heppilegt á flutningabíla og önnur stærri ökutæki.

Almenningssamgöngur

Ef allir færu ferða sinna í stórborgum, til og frá vinnu eða í skóla, á einkabílum fylltust göturnar fljótt af bílum. Á höfuðborgarsvæðinu og víðar eru almenningssamgöngur góður kostur ef þær stuðla að fækkun bíla á götum. Almenningsamgöngur eru hins vegar dýrar þegar þær eru ekki nýttar nægjanlega vel.

Lífeldsneyti

Lífeldsneyti er samheiti fjölmargra eldsneytistegunda sem eiga það flestar sameiginlegt að vera unnar úr afurðum sem einnig eru nýttar til manneldis. Lífeldsneyti geta verið ýmsar gerðir af jurtaolíu eða etanóli sem framleitt er úr sykri. Oftast er lífeldsneyti blandað út í bensín eða dísilolíu í þeim tilgangi að draga úr koltvíoxíðlosun við bruna vélarinnar. Í löndum þar sem mikið fellur til af úrgangi við ræktun og matvælaframleiðslu er lífdísilolía hagkvæmur kostur. Má þar nefna Brasilíu þar sem stór hluti bílaflotans gengur á lífeldsneyti.

Rafmagnsbílar

Á Íslandi eru rafmagnsbílar sérlega loftslagsvænir þar sem rafmagn er framleitt með endurnýjanlegum orkugjöfum. Rafmagnsbílar eru umhverfisvænir því þeir losa ekki koltvíoxíð. Til þess að þeir verði að fullu samkeppnishæfir er þörf á rafhlöðum sem nægja til þess að knýja bílana um 500 km á einni hleðslu.

Vetnisbílar

Á undanförunum árum hafa farið fram rannsóknir, m.a. hér á landi, á þeim möguleikum að knýja ökutæki með vetni. Á Íslandi yrði vetni framleitt úr vatni með raforku. Vetni er mjög hvarfgjarn og af því stafar sprengihætta. Bruni þess losar ekki koltvísýring sem gerir vetnisbíla fyrir vikið mjög fýsilega. Þróun vetnisbíla fyrir hagkvæma fjöldaframleiðslu er, líkt og þróun rafmagnsbíla, heldur skammt á veg komin og dýrt væri að skipta út öllum bílaflota landsmanna fyrir vetnisbíla í einu lagi.

VISSIR ÞÚ AÐ ...

... mörg land-svæði sem áður var ráðstafað til ræktunar á korni og öðrum matvælum fara nú undir framleiðslu á lífdísilolíu?

OG AÐ ...

... skógarmörk birkis mun hækka um 150 metra í landinu ef sumarhitinn á Íslandi hækkar um 1°C?



SJÁLFBÆR ÞRÓUN

Hugtakið sjálfbær þróun er mjög viðtækt og tengist mörgum þáttum samfélagsins. Sjálfbær þróun í loftslagsmálum miðar m.a. að því að nýta auðlindirnar á hófsaman hátt og ganga ekki óhóflega á forða náttúrunnar, þannig að hann endurnýi sig. Endurnýjanlegar orkuauðlindir eru t.d. vatnsorka, vindorka og sólarorka. Norðurlandabjóðirnar hafa tekið höndum saman og vilja ganga einna lengst í nýtingu á náttúruauðlindum á sjálfbæran hátt. Til að þetta takist ætla Norðurlöndin að hvetja til aukinnar tækniþróunar á sviði sjálfbærrar notkunar á náttúruauðlindum sem nýst gæti víðs vegar í heiminum.



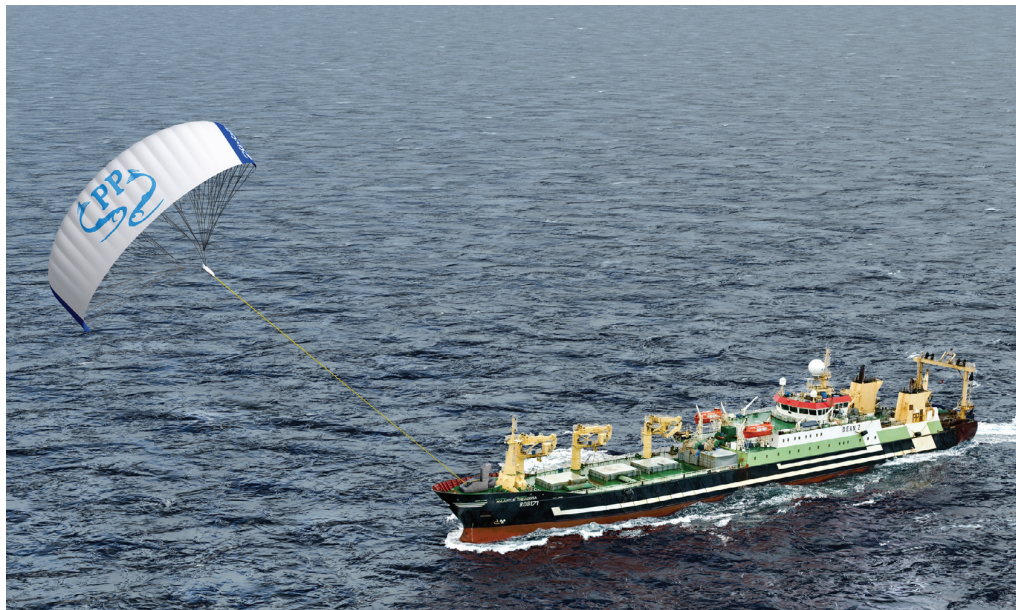
Ný tækni hjálpar til

Íslensk stjórnvöld hafa ákveðið að losun gróðurhúsalofttegunda verði 50–75% minni árið 2050 en var árið 1990. Svo háleitt markmið næst einungis ef endurnýjanlegir orkugjafar og loftslagsvænt eldsneyti kemur í stað jarðefnaeldsneytis.

VISSIR ÞÚ AÐ ...

... rúmlega 20% allrar losunar gróðurhúsalofttegunda á Íslandi kemur frá bílaumferð?

Skipasegl.
Ný tækni byggð
á gömlum grunni.



Vindur knýr skip

Seglskipin hér áður fyrr voru knúin vindorku. Orka vindsins var beisluð til að knýja skipin áfram. Vélar leystu síðan seglin af hólmi, fyrst í stað gufuvélar þar sem notuð voru kol og síðan vélar sem brenna olíu. Flutningar á hráefnum og neysluvarningi um heimshöfin eiga sinn hlut í losun koltvíoxíðs. Nú er komið fram á sjónarsviðið segl sem hugsað er á stór vélknúin fley. Það er nokkurs konar tog-flugdreki sem festur er fremst á skipið. Lögunin á drekanum gefur honum eiginleika sem líkjast vængjum á flugvél. Afl á hvern fermetra er fimmfalt miðað við hefðbundið segl. Seglið hentar best þar sem stöðugir vindar ríkja og er talið geta minnkað olíunotkun um 10–35%.

Umhverfismál Hnattræn hlýnun af manna völdum kemur til af fleiru en losun koltvísýrings og ýmsar aðferðir geta stemmt stigu við henni

Hlýnun jarðar leyst með endurskinshimnu

Gróðurhúsáhrifin eru ekki eina ástæðan fyrir hlýnun jarðar. Þar einka endurskinsáhrif öðra gerða jarðvegs einnig hlutverk. Hugmyndir norsks uppfinningamanns, um hvernig megi auka á endurskin sólarljóss frá yfirborði jarðar með lífrænum áburði, hafa vakið athygli bandarískra stjórnvalda.

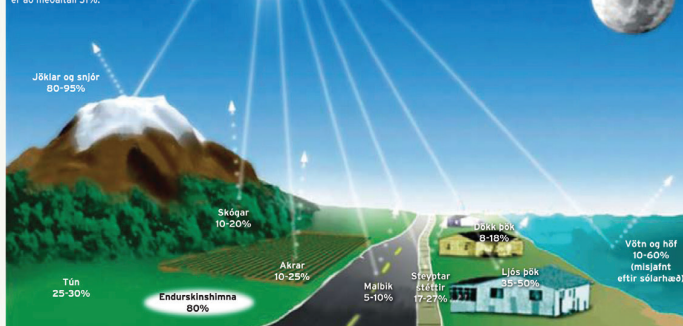
VIDAR ÞORSTEINSSON
vidar@vb.is

Norskur uppfinningamaður hefur fundið upp leið til að vinna gegn hnattræni hlýnun af mannavöldum, án þess að minnka útblástur gróðurhúsalofttegunda. Torfinn Johnsen kvantí byltiagarkenda hugmynd sína á SeedForum sem fram fór í Reykjavík í síðustu viku, en sagði jafnframt blaðamanni Vísiskiptablaðsins nánar frá henni.

Torfinn Johnsen og fyrirtæki hans Albedo Technology International hafa síðan árið 2000 þróað hugmyndir sem snúa að því að breyta endurvæðingu

Endurskin sólarljóss

Endurskin sólarljóss af Jörðu, mannvirkjum og sörum hlutum er afar misjafnt, en svonefnt albedo-gildi er hundraðshlutar ljóss, sem endurvarpast af hverjum hlut. Albedo-gildi Jarðar er að meðaltali 31%.



Úrklippa úr Vísiskiptablaðinu
1. nóv 2007

BINDING KOLEFNIS

Miklir möguleikar eru á bindingu kolefnis í nýjum skógum hér á landi. Sama má segja um landgræðslu þar sem kolefni safnast upp í endurnýjuðum moldarjarðvegi.

Binding kolefnis í svölu sumarloftslagi á Íslandi tekur langan tíma en á móti kemur að nóg er af rýru og jafnvel örfoka landi til landgræðslu og skógræktar. Kolefnisbinding kostar talsverða fjármuni en hins vegar nýtur hún mikils skilnis flestra Íslendinga.



Binding í bergi

Jarðvarmavirkjanir losa koltvíoxíð (CO_2) út í loftshjúpinn sem nemur innan við 1/10 hluta þess sem sambærilegt orkuver losar þar sem jarðefnaeldsneyti er brennt. Á Íslandi hafa farið fram metnaðarfullar tilraunir sem miða að því að beisla það koltvíoxíð sem kemur upp með jarðgufunni, skilja það frá og dæla aftur niður í jarðlögin. Meira en 90% af berggrunni Íslands er basalt. Vatn verður örlítið súrt þegar koltvíoxíð er leyst upp í því, ekki ósvipað og í kolsýrðu vatni á flöskum. Þegar kolsýrðum vökva er dælt niður í jarðlög kemst hann í snertingu við basaltið. Djúpt neðanjarðar verða efnahvörf koltvíoxíðs við kalsíum, magnesíum og járn og það myndast karbónatseindir. Bindingin í berginu djúpt í jörðu er varanleg og lítill hættu á að koltvíoxíðið berist aftur upp á yfirborðið.

Íslendingar ryðja brautina í rannsóknnum á bindingu kolefnis í bergi og geta þannig miðlað af þekkingu og reynslu til annarra þjóða. Ef tilraun þessi gengur vel verður hægt að reisa jarðvarmavirkjanir sem losa nær ekkert koltvíoxíð. Jafnframt verður til þekking sem gerir kleift að binda koltvíoxíð sem losnar á annan hátt með því að dæla því niður í basaltlögin.

Lausn á vandanum?

Ýmsar hugmyndir hafa komið fram á sjónarsviðið í því skyni að tempra meðalhita jarðar. Margar þeirra miða að því að draga úr sólarljósi með einhverjum hætti.

Ein tillagan gerir ráð fyrir að dreifa smágerðum ögnum hátt uppi í loftshjúpnnum. Agnirnar drykkju í sig hluta sólarljóssins eða endurköstuðu því til baka út í geim. Fyrirmyndin er stórt eldgos eða sprengigos, en þá þeytist fín gosaska og efnasambönd upp í 20–30 km hæð. Goskíði nær að umlykja jörðina á nokkrum vikum og kólnunarmátturinn er talsverður fyrst á eftir.

Önnur tæknilausn gengur út á að auka endurkast frá yfirborði jarðar. Hugmyndin er sú að dreifa dufti af ákveðinni efnasamsetningu á yfirborð jarðar. Þegar efnið leysist upp í jarðvegi eykst endurkast yfirborðsins talsvert og þannig er lægra hlutfall sólarorkunnar notað til upphitunar. Flestar þessar tæknilausnir hafa í för með sér ýmsar óæskilegar hliðarverkanir fyrir umhverfi og náttúru. Þær þykja einnig mjög dýrar og margar á mörkum þess að vera framkvæmanlegar. Sumar þessara mótvægisáðgerða eru snjallar og ætti ekki að útiloka þær í leit að lausnum á umhverfisvandanum. Þessum lausnum fylgja hins vegar oftast siðferðisleg álitamál sem snerta alla heimsbyggðina.



VISSIR ÞÚ AÐ ...

... fyrir loftslagsráðstefnuna í Kaupmannahöfn í desember 2009 voru 15 reiðhjól notuð til þess að knýja ljósa-perurnar á jólatrénu á Ráðhústorgi borgarinnar?

Loftslagið varðar okkur öll

Í jarðsögunni er vel þekkt að loftslagið hefur gengið í gegnum miklar sveiflur. Það er líka vitað að með aðgerðum sínum getur maðurinn valdið breytingum á veðurfari. Mörgum spurningum um veðurfarsbreytingar er erfitt að svara. Hvernig verður umhorfs á jörðinni í framtíðinni? Verður hægt að hægja á þeirri hlýnun sem nú þegar er hafin? Munu jöklar bráðna? Mun flæða yfir strandhéruð?

Ísbrot djúpt úr Grænlandsjökli. Þetta féll sem snjó-koma í kringum árið 1000.

Loftbólur í ísnum geyma mikilvægar upplýsingar um veðurfar og efnasamsetningu lofthjúps á þessum tíma.



Tökum höndum saman um bjarta framtíð

Það er ljóst að breytingar á loftslagi jarðarinnar eru töluverðar. Þú hefur lesið í þessu hefti að margar þeirra má rekja til þess hvernig maðurinn hefur hagað lífsháttum sínum á undanförunum tveimur öldum. Maðurinn býr yfir miklu hugviti, þekkingu og kunnáttu. Um allan heim vinna vísindamenn að því hörðum höndum að finna lausnir á ýmsum þeim vandamálum sem snúa að hlýnun jarðarinnar. En mannkynið á ekki að sitja og bíða eftir niðurstöðum.

Við sem nú lifum þurfum að taka höndum saman til að sporna við frekari breytingum. Við verðum að geta með góðri samvisku veitt komandi kynslóðum sömu möguleika og við höfum haft til að lifa góðu lífi á jörðinni.

VISSIR ÞÚ AÐ ...

... aðgerðir til að hægja á loftslagsbreytingum af mannavöldum er eitt mikilvægasta verkefni jarðarbúa í dag?

CO₂

FRAMTÍÐIN Í OKKAR HÖNDUM

Þær miklu breytingar á hita sem hafa orðið undanfarna áratugi á jörðinni eru flestum kunnar.

Hverjar eru orsakir þessara breytinga?
Á maðurinn einhverja sök? Hvað getum við gert?

Þemaheftið CO₂ fjallar frá ýmsum sjónarhornum um loftslagsbreytingarnar á jörðinni og er reynt að varpa ljósi á flókin ferli sem eiga sér stað í náttúrunni. Leitast er við að svara áleitnum spurningum en jafnframt að vekja áhuga nemenda á nýjum viðfangsefnum og opna möguleika á áframhaldandi þekkingarleit í tengslum við umhverfismál.

Þemaheftið CO₂ er hluti námsefnis um loftslagsbreytingar sem efnt var til í samvinnu Námsgagnastofnunar og umhverfisráðuneytisins og er heftið hugsað fyrir unglingastig.

Á vef Námsgagnastofnunar www.nams.is eru kennsluleiðbeiningar með bókinni, auk vefsíðu þar sem m.a. má finna fræðslumyndbönd, verkefni og krækjur sem auðveldað geta verkefnavinnu.

Einar Sveinbjörnsson höfundur þemaheftisins er veðurfræðingur sem starfaði um árabíl á Veðurstofu Íslands og einnig í umhverfisráðuneytinu. Einar hefur fengist við kennslu og námskeiðahald í veðurfræði og er annar höfundur þemaheftisins Blikur á lofti.

ISBN 978-9979-0-1387-7



9 789979 013877