



MAÐUR OG NÁTTÚRA



LITRÓF NÁTTÚRUNNAR

MAÐUR OG NÁTTÚRA

LITRÓF NÁTTÚRUNNAR



Hálfðan Ómar Hálfðanarson

Þýddi og staðfærði

Susanne Fabricius

Fredrik Holm

Ralph Mårtensson

Annika Nilsson

Anders Nystrand



MENNTAMÁLASTOFNUN

lestrarráð

Lestrarráð!

Kæri nemandi,

Allir námsmenn þurfa að temja sér góðar námsvenjur.
Hér eru góð ráð sem gætu hjálpað þér við lestur bókarinnar.

Áður en þú byrjar lesturinn

- Skoðaðu bókina vel, myndir, kort og gröf.
- Lestu efnisyfirlit og kaflaheiti.
- Um hvað fjallar bókinn?
- 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.

Maður og náttúra

ISBN 978-9979-0-2110-0

© Liber AB. Heiti á frummálinu: Spektrum Biologi
ISBN 978-9979-0-2110-0

© 2011 Susanne Fabricius, Fredrik Holm, Ralph Mårtensson, Annika Nilsson, Anders Nystrand
© 2011 íslensk þýðing og staðfæring: Hálfðan Ómar Hálfðanarson
© 2011 teikningar: Jón Baldur Hlíðberg
© 2011 kaflahlutar 2.1–2.6: Snorri Baldursson og Hálfðan Ómar Hálfðanarson
Ritstjóri: Hafðís Finnbogadóttir

1. útgáfa 2011
önnur prentun 2014
Menntamálastofnun
Kópavogi

Eftirtaldir lásu yfir handritið að hluta eða í heild og veittu góð ráð við gerð bókarinnar: Ágúst H. Bjarnason, Hrefna Sigurjónsdóttir, Kristjana Guðlaug Jónsdóttir, Ólafur S. Andræsson, Snorri Sigurðsson, Þórdís Guðjónsdóttir og Örnólfur Thorlacius. Þeim og öðrum, sem að verkinu komu, eru færðar bestu þakkir.

Skrá yfir rétthafa ljósmynda er aftast í bókinni.

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

Umbrot: Námsgagnastofnun
Prentun: Litróf ehf.

efnisyfirlit

Efnisyfirlit



1	Ljóstillífun og bruni	5		
	1.1 Orka sólar er beisluð í ljóstillífun	6		
	1.2 Bruni losar orku úr læðingi	11		
	1.3 Hringrásir efna og orkuflæði	14		
	Í BRENNIDEPLI : Kolefni er í eilífri hringrás	16		
2	Vistfræði	23		
	2.1 Samspilið í náttúrunni	24		
	2.2 Skógar á Íslandi	32		
	2.3 Helstu gróðurlendi	35		
	2.4 Stöðuvötn	38		
	2.5 Hafið – stærsta vistkerfið	43		
	2.6 Ósnortin náttúra í hættu	48		
3	Umhverfi okkar	55		
	3.1 Vistkerfi mannsins	56		
	3.2 Gróðurhúsaáhrifin valda hlýnun jarðar	62		
	Í BRENNIDEPLI : Loftslagsbreytingar	66		
	3.3 Ósonlagið	68		
	3.4 Loftmengun	70		
	3.5 Ofauðgun vatns og lands	74		
	3.6 Umhverfiseitur og úrgangur	77		
	3.7 Lausnir í sjónmáli	81		
4	Erfðir og erfðaeefni	87		
	4.1 Lykill erfðanna	88		
	4.2 Frá kynslóð til kynslóðar	93		
	4.3 Lögmál erfðanna	97		
	4.4 Erfðagallar	101		
	4.5 Erfðatækni	104		
	Í BRENNIDEPLI : Klónun og stofnfrumur	108		
	4.6 Erfðafræði og matvæli	110		
5	Þróun lífsins	117		
	5.1 Þróunin	118		
	5.2 Upphaf lífsins	126		
	5.3 Lífverur nema land	131		
	Í BRENNIDEPLI : Frá miklahvelli til mannsins	136		
	5.4 Uppruni manna	138		
	Orðskýringar	144		
	Atriðisorðaskrá	147		
	Rétthafar myndefnis	148		





Plöntur beisla orku sólarinnar og nýta hana sér
og öðrum lífverum til gagns.

- að plöntur taka byggingarefnið úr loftinu
- að plöntur binda orku sólar og búa til sykur
- að nánast allt líf byggist á ljóstillífun plantna
- að frumur þurfa súrefni
- að efnin eru í hringrás í náttúrunni



Dýr fá orku úr fæðu sem hefur á einn eða annan hátt orðið til við ljóstillífun plantna.

1

Ljóstillífun og bruni

Hringrásir efnanna og flæði orkunnar

Pottaplönturnar standa í blóma, trén vaxa og grasflötin er græn og falleg. Fiskarnir synda í ám og lækjum og fuglarnir syngja sinn dýrðaróð. Á borðinu stendur brauð, mjólk og kjöt. Dagblaðið er komið inn um lúguna. Bíllinn er fullur af bensíni og í arninum skíðlogar viður. Allt saman sjálfsagðir hlutir, gætum við hugsað. En ekkert af þessu væri fyrir hendi ef plöntur byggju ekki yfir hæfileikanum til þess að beisla orku sólar í ljóstillífun sinni.

- 1 Hvaða mat gætum við borðað ef plöntur væru ekki til?
- 2 Hvernig fá plönturnar næringu sína?
- 3 Fáum við eitthvað annað frá plöntum en fæðu?

EFNI KAFLANS

- 1.1 Orka sólar er beisluð í ljóstillífun
- 1.2 Bruni losar orku úr læðingi
- 1.3 Hringrásir efna og orkuflæði

Í BRENNIDEPLI: Kolefni er í eilífri hringrás



Tré, sem vex í potti, stækkar og þyngist. En jarðvegurinn léttist sama og ekki neitt. Hvaðan fær þá tréð byggingarefni sitt?

Tillífun merkir eiginlega lífgun; að hið dauða verður lifandi. Ljóstillífun er efnaferli í plöntum þar sem ólífræn efni verða að lífrænum með hjálp orku frá sólu. Orka frá sólinni binst í lífrænu efnunum.

Sígild tilraun

Við vitum öll að stórt og mikið tré getur vaxið upp af örsmáu fræi. En hvaðan kemur eiginlega allt *efnið* sem myndar tréð? Svars var leitað við þessari spurningu í sígildri tilraun sem Belginn Jan Babtista van Helmont gerði á 17. öld. Hann gróðursetti lítið tré í potti, en vigtaði áður bæði tréð og moldina í pottinum, hvort í sínu lagi. Síðan vökvaði hann tréð en bætti engu öðru við. Að fimm árum liðnum vigtaði hann tréð á ný, sem og moldina í pottinum. Tréð hafði þyngst úr um það bil 2 kg í 72 kg, en moldin hafði bara lést um 57 grömm.

Með tilraun sinni sýndi van Helmont fram á að hráefnið í tréð kom ekki úr moldinni. En hvaðan kom það þá? Sjálfur giskaði hann á að það hefði komið úr vatninu. Það átti þó eftir að koma í ljós að fleira kom til.

Kolefnisfrumeindir úr andrúmsloftinu

Tré og allar aðrar plöntur eru að mestu leyti úr vatni og ýmiss konar *kolefnissamböndum* – efnum sem innihalda kolefni. Tréð fær vatn úr jarðveginum. En hvaðan koma allar kolefnisfrumeindirnar?

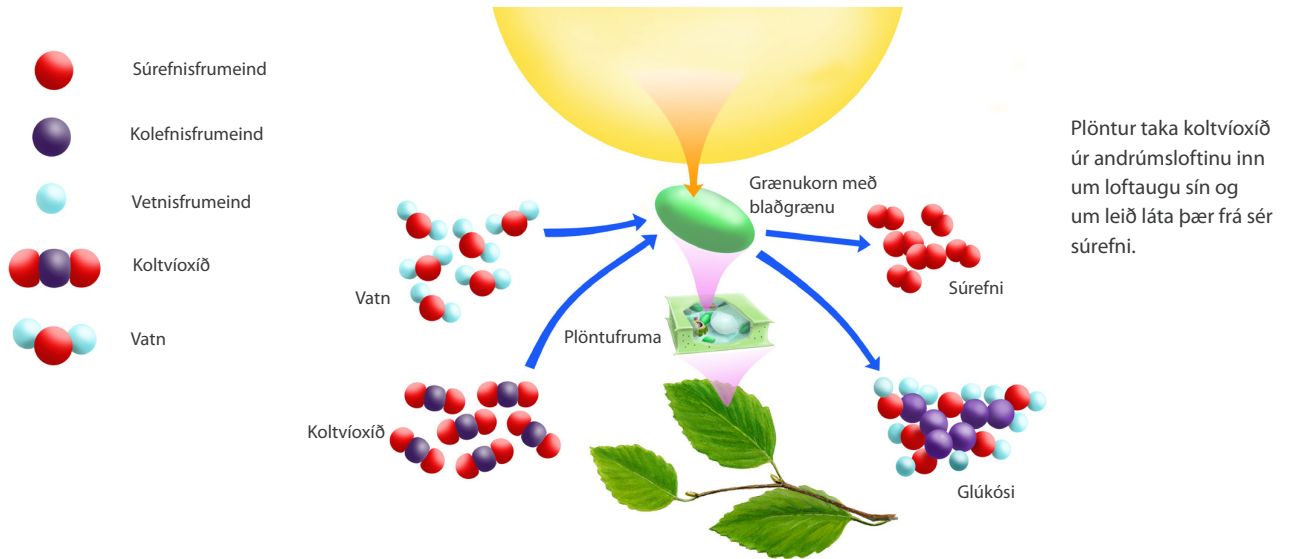
Svarið, sem van Helmont fann ekki, liggur í loftinu, það er að segja andrúmsloftinu. Andrúmsloftið er að mestu nitur og súrefni. Í því er þó líka koltvíoxíð, lofttegund sem er úr einni kolefnisfrumeind og tveimur súrefnisfrumeindum. Nú vitum við að plöntur sækja kolefnisfrumeindir sínar í *koltvíoxíði* í andrúmsloftinu.

Ljóstillífun – glúkósi myndast úr koltvíoxíði andrúmsloftsins

Plöntur geta myndað margvísleg kolefnissambönd úr koltvíoxíði andrúmsloftsins. Þessi efnasmíði fer fram í einstæðu efnaferli í frumum plantna sem kallast ljóstillífun. Í þessu ferli sameinast koltvíoxíð og vatn og til þess þarf orku sem er fengin úr geislum sólar. Efnið, sem myndast í ferlinu, er *glúkósi* (þrúgusykur). Um leið myndast *súrefni* sem plönturnar láta frá sér út í andrúmsloftið.

Við getum táknað ljóstillífunina með þessu ferli:

koltvíoxíð + vatn + sólarorka → glúkósi + súrefni



Blaðgrænan beislar orku sólar

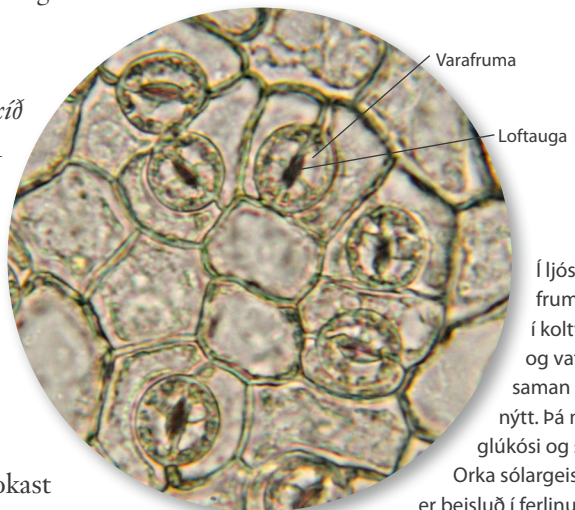
Ljóstillífunin fer fram í smáum frumulíffærum í frumum plantna, svo kölluðum grænuhornum. Í *grænuhornunum* er græna litarefnið *blaðgræna* sem getur beislað orku sólargeisla.

Þegar við tölum um plöntur dettur okkur fyrst í hug blómjurtir, runnar og tré í umhverfi okkar. En ljóstillífunin á sér líka stað í vatni í *þörungum* og *bláa bakteríum*. Þessar lífverur hafa líka blaðgrænu.

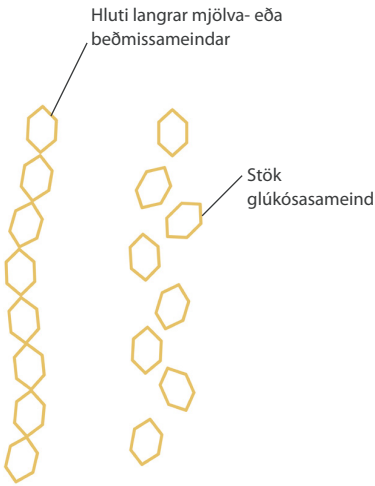
Koltvíoxíð og súrefni gegnum loftaugu

Ljóstillífun getur ekki átt sér stað nema *koltvíoxíð* komist inn í plöntufrumurnar úr andrúmsloftinu. Á laufblöðum plantna eru lítil op sem heita *loftaugu*. Á einu laufblaði geta verið milljónir loftaugna. Súrefnið, sem myndast við ljóstillífunina, fer úr laufblöðunum út um loftaugun.

Plantan getur líka losað sig við *vatn* um loftaugun. Tvær frumur, er kallast *varafrumur*, stjórna stærð loftaugans og um leið stjórna þær því hversu mikið vatn getur gúfað út gegnum það. Á svölum dögum eru loftaugun galopin, en á hlýjum dögum lokast þau til þess að halda í vatnið.



Í ljóstillífun er frumeindunum í koltvíoxíði og vatni raðað saman upp á nýtt. Þá myndast glúkósi og súrefni. Orka sólargeislanna, sem er beisluð í ferlinu, geymist í glúkósanum.



Mjölvi og beðmi (sem heitir líka sellulósi) eru langar keðjur úr glúkósameindum. Beðmi er úr þúsundum glúkósameinda sem eru tengdar saman í langri keðju.

Glúkósi er bæði næring og byggingarefni

Öllum er það líklega ljóst að plöntur þurfa ljós til þess að þrífast. Pottablóm, sem stendur í dimmu herbergi, verður fljótlega fölt og ræfilslegt og drepst svo með tímanum. Án ljóss verður engin ljóstillífun og plantan fær þá engan glúkósa sem hún þarf til þess að geta lifað. Hún sveltur einfaldlega í hel.

Glúkósi er þó ekki eingöngu *næring* (fæða) í plöntum. Þessi sameind er líka notuð sem byggingarefni sem nýtist til vaxtar og til þess að mynda blóm og fræ. Þegar tré byggir upp gildan stofn sinn notar það glúkósa til þess. Glúkósanum er þá breytt í annars konar og stærri sameindir sem eru byggingarefni plantna.

Plöntur búa til mjölva og beðmi

Í plöntum eru margar glúkósameindir tengdar saman í keðju og þannig myndast *mjölvi* (líka kallaður sterkja) og *beðmi* (sellulósi). Glúkósi, mjölvi og beðmi kallast einu nafni *kolvetni*.

Plöntur framleiða mjölva fyrst og fremst til þess að geyma glúkósan þar til þörf verður á honum síðar. Mjölvin geymist meðal annars í fræi, laukum og rótarávöxtum. Gulrófur og gulrætur eru dæmi um mjölvamikla rótarávexti og kartöflur eru mjölvarík stöngulhnýði. Mikill mjölvi er líka í kornvörum, hrísgrjónum og maís.

Í beðmi eru glúkósaakeðjurnar mun lengri en í mjölva. Þessar löngu keðjur eru í frumveggjum plöntufrumnanna. Beðmi myndar sterkar og stinnar trefjar og hentar því vel sem byggingarefni í stofnum, greinum og laufblöðum plantna.



Plöntur geta búið til mjölva og beðmi úr glúkósanum sem myndast í ljóstillífuninni. Mjölvi er til dæmis í kartöflum, en beðmi er meðal annars í viði.





Plöntur framleiða líka prótín og fituefni. Baunir innihalda mikið af prótínum. Sólblómafræ eru auðug að fitu.



Prótín, fituefni og vítamín

Plöntur nota líka glúkósa til þess að búa til *prótín* sem eru meðal annars í baunum. Í sumum plöntum myndast mikið af *fituefnum*, meðal annars olíur. Plöntuolíur eru unnar til dæmis úr repju, sólblómafræ og ýmsum hnetum. Í plöntum eru líka ýmiss konar *vítamín* og margar plöntur eru því holl fæða fyrir okkur.

Hrísgrjón, hveiti, maís, bygg, rúgur, hafrar, hirsí, dúrra, kartöflur og fjöldi annarra plöntuafurða eru mikilvæg undirstöðufæða um allan heim. Í öllum þessum fæðutegundum eru fjölmörg efni sem hafa myndast fyrir tilstilli ljóstillífunar sem er án nokkurs vafa eitt mikilvægasta, lífræna efnaferlið á þessari reikistjörnu.

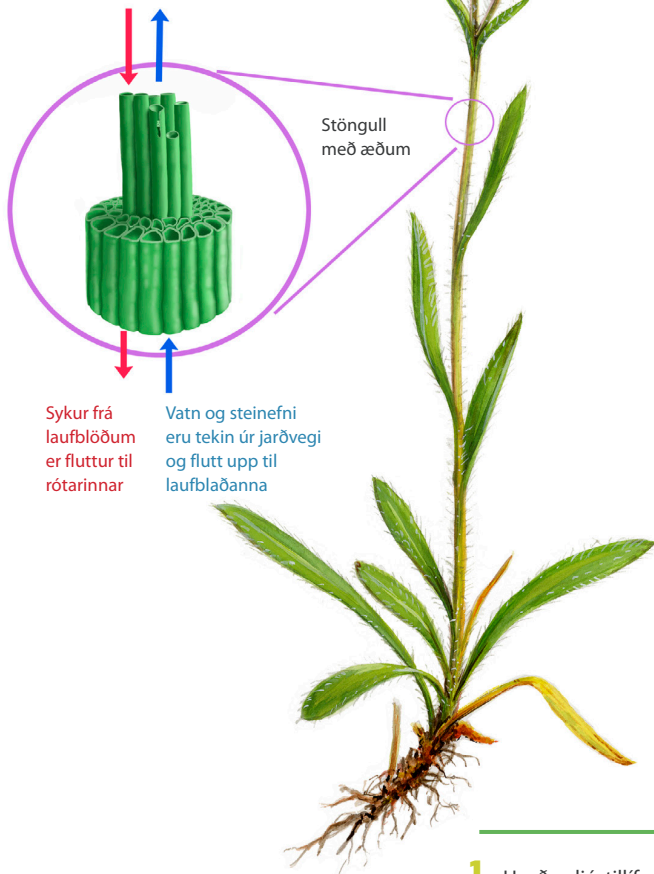
LÍF Í PRÓUN

Hvað varð um allt koltvioxíðið?

Þegar jörðin myndaðist fyrir nokkrum milljörðum ára var nánast ekkert súrefni í andrúmsloftinu, en hins vegar mikið af koltvioxíði. Nú er mjög lítið koltvioxíð í andrúmsloftinu en styrkur súrefnis hefur vaxið upp í 20%. Hvað varð um allt koltvioxíðið? Líf á jörðu kviknaði líklega fyrir um þremur milljörðum ára. Síðan hafa blábakteríur, þörungar og plöntur tekið upp mikinn hluta koltvioxíðsins í andrúmsloftinu og notað við ljóstillífun sína. Kolefnisfrumeindirnar bundust í glúkósa sem umbreyttist síðan í ýmis önnur efni í plöntum. Leifar plantna og þörungna, sem lifðu fyrir hundruðum milljóna ára, umbreyttust og urðu að mó, kolum, olíu og gasi djúpt í jörðu. Í þessum lífrænu jarðefnum er mikill hluti þeirra kolefnisfrumeinda sem voru í árdaga jarðar í koltvioxíði andrúmsloftsins.



Vatn og uppleyst efni flytjast eftir æðum plantna.



Sykur frá laufblöðum er fluttur til rötunnar

Vatn og steinefni eru tekin úr jarðvegi og flutt upp til laufblaðanna

Fleira þarf en loft, vatn og sólskin

Við framleiðslu á prótínum og vítamínum þurfa plönturnar ýmislegt annað en vatn og koltvíoxíð. Fyrst og fremst þurfa þær *steinefni*, svo sem nítur, fosfór og kalíum. Þær þurfa líka örlítið magn af járn, kopar og sinki og fleiri efnum til þess að vaxa vel. Plöntur taka þessi efni úr jarðveginum þar sem þau eru leyst í vatni.

Ýmiss konar *áburður* inniheldur þessi efni. Pottaplöntur, sem eru fölar og vaxa illa, fá að líkindum ekki nóg af einhverju steinefni. Ef við gefum þeim áburð lifna þær yfirleitt við og taka að vaxa vel.

Æðar flytja vatn og glúkósa

Rætur plantna taka upp vatn og steinefni úr jarðvegi og þessi efni þarf að flytja upp til laufblaðanna. Sá flutningur fer fram um sérstakar æðar í plöntum.

Glúkósinn, sem myndast í laufblöðunum, flyst líka eftir æðum til hinna ýmsu hluta plöntunnar. Hann er fluttur meðal annars til rötunnar því að í frumum hennar eru engin grænuhorn og þær njóta einskis sólarljóss. Því geta þær ekki ljóstillífað og búið til glúkósa til eigin nota.

SJÁLFSPRÓF ÚR 1.1

- 1 Hvað er ljóstillífur?
- 2 Hvaða efni þurfa plöntur til ljóstillífunar og hvaða efni myndast í þessu ferli?
- 3 Hvað kallast græna litarefnið í plöntum?
- 4 Hvað verður um sólarorkuna sem plönturnar beisla í ljóstillífuninni?
- 5 Glúkósi getur breyst í ýmis efni í plöntum. Nefndu nokkur þeirra.
- 6 Hvaða efni þurfa plöntur umfram vatn og koltvíoxíð?
- 7 Lýstu því hvernig lofttegundir, vatn og glúkósi eru flutt um plöntur.
- 8 Lýstu því hvernig kolefnisfrumeind er flutt frá andrúmsloftinu og verður hluti af stofni trés.



Jan Baptista van Helmont gerði ráð fyrir því að byggingarefnið í trénu, sem hann notaði við tilraun sína, kæmi úr vatninu sem hann vökvaði tréð með. Hvað varð um vatnið og hvers vegna er útlókað að vatnið sé það byggingarefni sem van Helmont hugsaði sér?

bruni losar orku ...

1.2 Bruni losar orku úr læðingi

Allar lífverur þurfa orku

Bæði plöntur og dýr þurfa næringu til þess að lifa. Frumur þeirra verða ávallt að hafa aðgang að orku til að starfa, vaxa og fjölga sér. Með ljóstillífun geta *plöntur* sjálfar búið til þá næringu sem þær þurfa. Þær beisla orku sólar og binda hana í glúkósa. Hluti sykursins er síðan notaður sem næring.

Dýr geta á hinn bóginn ekki búið til eigin næringu (fæðu) – þau eru ófær um að ljóstillífa. Þau verða því að éta plöntur eða önnur dýr til þess að verða sér úti um orku.

Pegar orkan í fæðunni er notuð í frumunum losnar hún á nákvæmlega sama hátt í frumum plantna og frumum dýra. Orkan losnar úr læðingi við *bruna*.



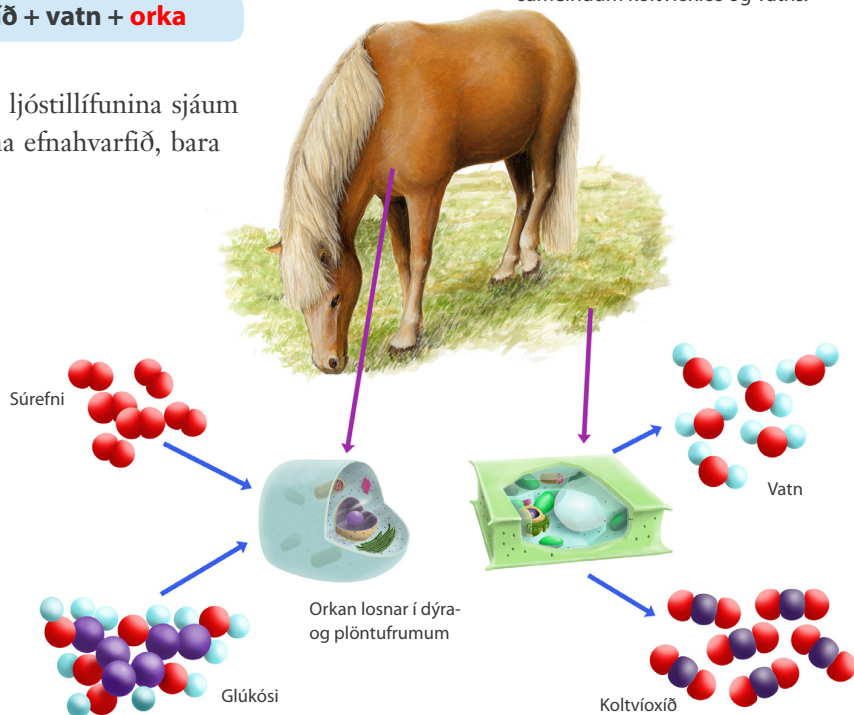
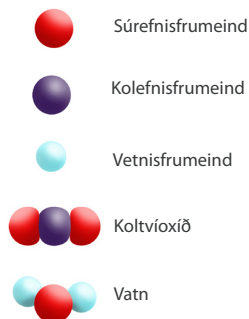
Pegar kanínur éta gulrætur nýta þær sólarorkuna sem er geymd í þeim.

Bruni er eiginlega öfug ljóstillífun

Við bruna í frumunum sundrast *glúkósi* í koltvíoxíð og vatn. Orkan, sem var bundin í glúkósanum, losnar þá og hún getur orðið *breyfiorka* eða *varmaorka*. Bruninn í frumunum kallast líka *frumuöndun* og ferlið má sýna á þennan hátt:



Ef við berum þetta ferli saman við ljóstillífunina sjáum við að bruninn er nákvæmlega sama efnahvarfið, bara aftur á bak. Þær kolefnisfrumeindir, sem plantan tók úr andrúmsloftinu í ljóstillífuninni, berast nú aftur út í loftið sem *koltvíoxíð*.



Við bruna losnar orkan úr glúkósa og hún getur orðið að hreyfiorku eða varmaorku. Frumeindirnar, sem áður voru í glúkósanum og súrefninu, skila sér eftir brunann í orkusnauðum sameindum koltvíoxíðs og vatns.



Þegar sólin baðar laufblöðin geislum sínum myndast í þeim glúkósi sem safnast svo fyrir í þrúgunum (vínberjunum). Ef við þurrkum þrúgurnar fáum við rúsínur. Þegar við borðum rúsínur brennum við glúkósanum í þeim og fáum orkuna úr honum.

Allur bruni krefst súrefnis

Bruninn, sem fer fram í frumum lífvera, líkist ekki þeim bruna sem við sjáum í snarkandi arineldi. Í frumum okkar eiga sér stað kyrrlát efnahvörf þar sem hitastigið er nálægt 37 gráðum. En niðurstaðan verður í reynd hin sama – orkan losnar úr læðingi og *koltvíoxíð* og *vatn* myndast. Í logandi eldi hverfur koltvíoxíðið og vatnið með reyknum. Hjá okkur og öðrum dýrum hverfa sömu efni úr líkamanum með loftinu sem við öndum frá okkur.

Bruni krefst alltaf súrefnis hvernig sem hann fer fram. Logandi eldur, sem fær ekki súrefni, kafnar fljótt. Það sama gildir um frumurnar. Bruninn stöðvast ef þær fá ekki nægilegt súrefni. Þá hætta frumurnar að starfa vegna þess að þær geta ekki losað orkuna úr glúkósanum.



Rúsínur gefa fyrir orku en kartöflur

Frumurnar nota orkuna sem losnar við brunann við ýmiss konar starfsemi sem fer fram í þeim. Vöðvafrumur þurfa til dæmis orku til þess að hreyfa líkamann. Fæðutegundir, sem eru auðugar að glúkósa, til dæmis rúsínur, láta fljótt frá sér orku. Maður verður eldsprækur og hress nánast strax eftir að hafa borðað þær.

En matvæli, sem innihalda mikið af *mjölva*, til dæmis kartöflur og brauð, gefa líka orku. Hún losnar hins vegar ekki jafn fljótt úr læðingi og úr rúsínunum og orkan skilar sér því seinna til líkamans. Þetta stafar af því að fyrst þurfa frumurnar að klippa niður langar mjölvakeðjurnar áður en þær geta brennt glúkósanum og fengið þannig orkuna.



Sólarorka í timbri og bensíni

Ef við kveikjum í viðarkubbi stafar varma frá honum. Orkan, sem losnar við brunann, kemur úr *beðminu* í viðnum. Beðmið myndaðist á sínum tíma úr glúkósa sem varð til við ljóstíllífun í laufblöðum trésins. Varminn frá eldinum er því upphaflega kominn frá sólargeislum sem voru beislaðir við ljóstíllífun í trénu, ef til vill fyrir heilli öld.

Bensín er unnið úr jarðolíu sem myndaðist fyrir hundruðum milljóna ára úr leifum plantna og dýra. Þegar við setjum bílinn í gang brennir hann bensíni og orkan, sem barst til jarðar með geislum sólar fyrir hundruðum milljóna ára, losnar og knýr hann áfram. Um leið losnar út í andrúmsloftið það koltvíoxíð sem hefur verið bundið í olíunni allan þennan langa tíma.

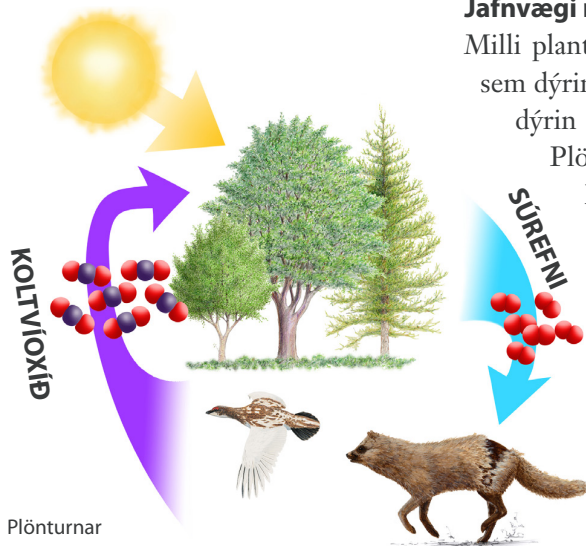
Sólarorka er bundin í beðmi í timbri. Þegar við brennum timbur getum við aftur notið orkunnar í formi ljóss og varma.

SJÁLFSPRÓF ÚR 1.2

- 1 Hvað heitir sá bruni sem fer fram í frumum lífvera?
 - 2 Er bruninn svipaður í frumum plantna og dýra?
 - 3 Hvaða efni þurfa frumurnar að fá til þess að geta brennt glúkósa?
 - 4 Við hvaða hitastig brennur glúkósinn yfirleitt í frumum okkar?
 - 5 Hvaða efni verður til úr kolefnisfrumeindum í glúkósa þegar hann brennur?
 - 6 Til hvers nýtist orkan sem losnar úr læðingi við brunann?
 - 7 Lýstu þeim mun sem er á fæðuöflun plantna og dýra.
 - 8 Hvaðan er orkan komin sem losnar úr bensíninu og knýr bíla áfram?
- Því hefur verið haldið fram að þar sem mörg pottablóm eru höfð í svefnherbergi verði meira súrefni í loftinu. Útskýrðu hvers vegna þessi fullyrðing getur ekki staðist nema að hluta.

Jafnvægi milli súrefnis og koltvíoxíðs

Milli plantna og dýra ríkir stöðugt samspil. Plönturnar búa til fæðu sem dýrin éta og þær láta frá sér *súrefni* sem dýrin anda að sér. Þegar dýrin brenna fæðunni myndast *koltvíoxíð* sem þau anda frá sér. Plönturnar taka það svo upp og nota við ljóstillífuna sína á ný. Þessi hringrás efna milli ljóstillífunar og bruna veldur því að jafnvægi ríkir í andrúmsloftinu milli súrefnis og koltvíoxíðs.



Plönturnar mynda súrefni sem við þurfum á að halda við bruna í frumunum. Við hann myndast koltvíoxíð sem nýtist við ljóstillífunina.

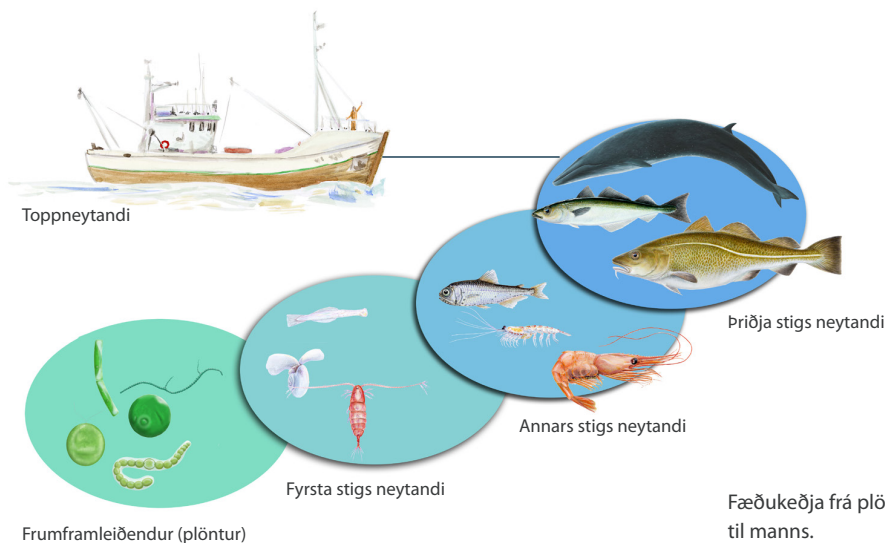
Frumframleiðendur og neytendur mynda fæðukeðjur

Plöntur framleiða næringu (fæðu) með ljóstillífun sinni og kallast *frumframleiðendur*. Dýrin éta aftur á móti plönturnar og kallast *neytendur*.

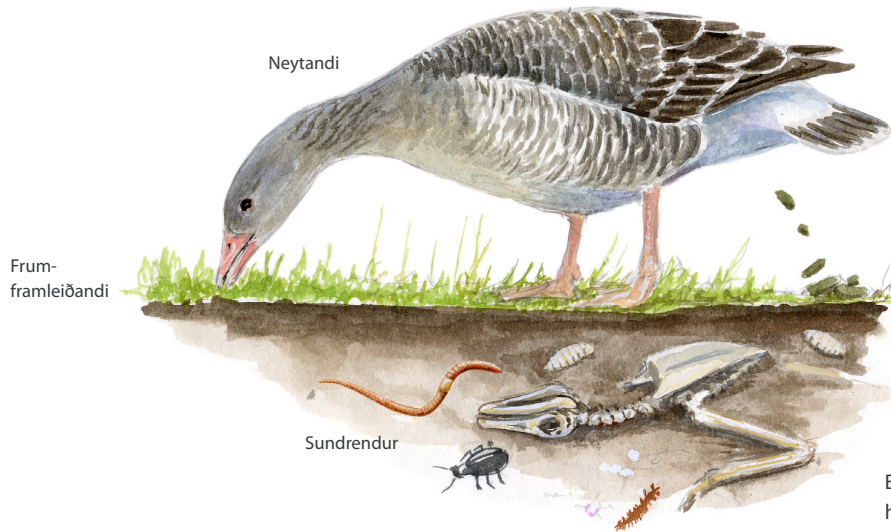
Frumframleiðendur og neytendur mynda í sameiningu keðju þar sem bæði efni og orka flytjast frá einni lífveru til annarrar. Keðja af þessu tagi heitir *fæðukeðja*.

Í öllum fæðukeðjum eru plöntur fremst, frumframleiðendur. Dýr, sem éta plöntur, eru fyrsta stigs neytendur. Rándýr, sem éta plöntuætur, eru annars stigs neytendur eða kjötætur.

Aftast í fæðukeðjunni eru síðan dýr sem eiga sér enga óvini, sem merkir að ekkert dýr étur þau. Þau kallast *toppneytendur* og eru oftast rándýr. Við menn erum dæmigerðir toppneytendur, líkt og ljónin á sléttum Afríku.



Fæðukeðja frá plöntusvifi til manns.



Efnin eru í sífelldri hringrás í náttúrunni.

Hringrásir efna

Plöntur og dýr, sem komast hjá því að verða étin, drepast fyrr eða síðar úr sjúkdómi, sulti eða bara úr elli. Þá nýtist líkami þeirra öðrum hópi í fæðukeðjunni. Í honum eru bakteríur og sveppir og þessi hópur lífvera kallast *sundrendur* eða rotverur. Ýmsar aðrar lífverur, svo sem ormar, skordýr og önnur smádýr fá næringu sína líka úr dauðum plöntum og dýrum og leifum þeirra.

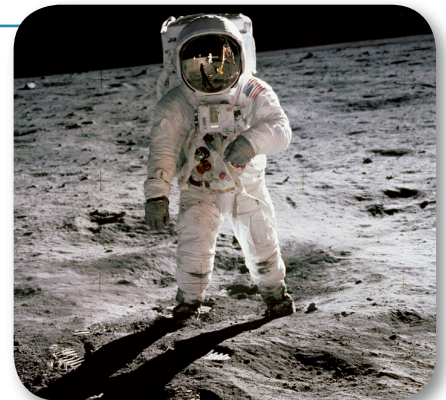
Við næringarnám sundrenda brotna líkamar dauðu dýranna og plantnanna niður í einföld efni. Þetta tryggir að þessi efni verða áfram í umferð í náttúrunni. Ýmis mikilvæg efni eru í stöðugri *bringrás* í lífkeðjunni.

LÍF Í ÞRÓUN

Hefur þú komið til tunglsins?

Líkami þinn er að mestu leyti byggður upp af kolefnissamböndum sem eru úr þremur frumefnum: kolefni, súrefni og vetni. Frumefnin hafa verið til í milljónir ára og hafa allan þann tíma verið í hinni eilífu hringrás lífheimsins. Nú telja vísindamenn að frumefnin á jörðinni hafi myndast í stjörnum sem sprungu löngu áður en jörð og sól urðu til.

Fæst frumefni geta eyðst og þau eru í raun „eilíf“. Þess vegna er hugsanlegt að einhverjar frumeindir í líkama þínum hafi einhvern tíma verið hluti af þekktu fólki eða komið við sögu í stóratburðum fyrr á öldum. Örlítill hluti af þér hefur ef til vill verið viðstaddur krossfestingu Jesú eða skroppið með tunglförum til tunglsins.



Kolefni er í eilífri hringrás

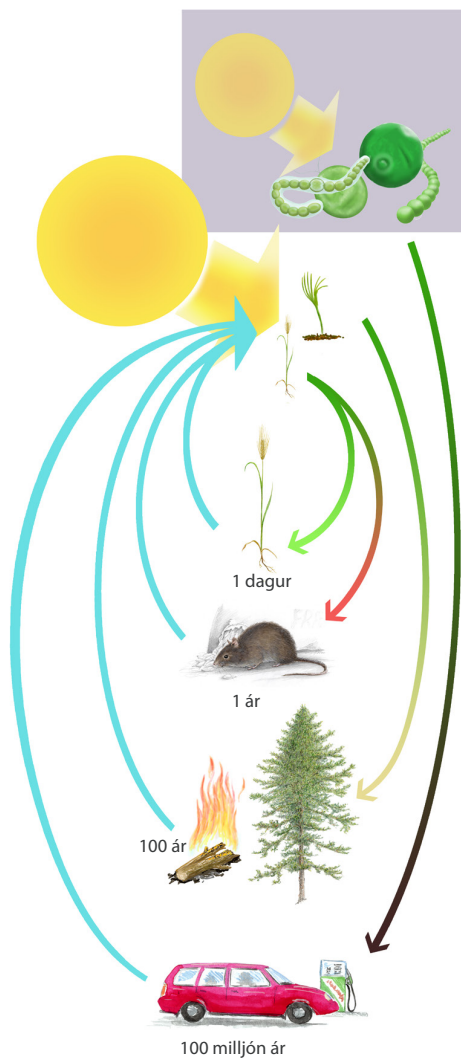
Frumeznið kolefni er nauðsynlegt fyrir allt líf. Frumeindir kolefnis eru í öllum plöntum og dýrum. Kolefnisfrumeindir eru líka í formi koltvíoxíðs í andrúmsloftinu og einnig í kolum, olfu og gasi djúpt í jarðlögum.

Kolefnisfrumeindirnar fara sífellt úr einu forminu í annað í ýmsum hringrásum. Sumar hringrásirnar taka skamman tíma en aðrar geta varað í hundruð milljónir ára. Tvennt kemur ávallt við sögu í þessum hringrásum: ljóstillífun og bruni. Við *ljóstillífun* plantna er koltvíoxíð tekið úr andrúmsloftinu og um leið myndast súrefni. Súrefni er notað við *brunann* og um leið myndast koltvíoxíð.



Hringnum lokað á einum sólarhring

Stundum tekur hringrás kolefnisins mjög skamman tíma. Byggjaplanta, sem vex á akri bóndans, bindur á hverjum degi kolefnisfrumeindir úr andrúmsloftinu við ljóstillífun sína. Um leið brennir plantan hluta af þeim glúkósa sem hún hefur framleitt til þess að fá orku, hún andar. Þá losnar lítil hluti kolefnisins aftur út í andrúmsloftið, á sama degi og það var bundið í ljóstillífuninni. Plantan lætur líka frá sér koltvíoxíð á nóttunni. Þá er hlé á ljóstillífuninni meðan plöntufurnurnar anda. Kolefnið fer fram og til baka á einum sólarhring – hringrásin gengur mjög hratt fyrir sig.



Kolefnisfrumeindirnar, sem bundust við ljóstillífunina, haldast mislengi bundnar í sameindunum. Sumar kolefnisfrumeindir losna sem koltvíoxíð strax eftir einn dag en aðrar kannski ekki fyrr en eftir rúmlega þrjú hundruð milljónir ára.

Hringnum lokað á einu ári

Byggplantan notar mikinn hluta glúkósans, sem hún framleiddi við ljóstillífunina, til að búa til mjölva í bygginu (fræinu). Bóndinn sker síðan byggð og kemur því fyrir í kornhlöðu sinni. Þar lifir kannski mús sem étur byggð og líkami hennar tekur þá til sín kolefnisfrumeindir sem voru áður í koltvíoxíði andrúmsloftsins. Þegar músin brennir fæðunni og andar geta kolefnisfrumeindirnar aftur borist út í andrúmsloftið í formi koltvíoxíðs. Þá getur verið liðið ár frá því að kolefnið var bundið í byggplöntunni.



Hringnum lokað á einni öld

Stundum gengur hringrásin hægar. Kolefnisfrumeindir í andrúmsloftinu geta til dæmis bundist í litla greniplöntu. Plantan vex og verður að stóru tré sem er fellt þegar það er fullvaxið. Kannski er það sagað niður í eldivið og brennt í arni. Þá berast kolefnisfrumeindirnar aftur út í andrúmsloftið. Slík hringrás getur tekið hundrað ár, heila öld.

Jarðefnaeldsneyti – einna lengsta hringrásin

Fyrir um þrjú hundruð milljónum ára uxu gríðarmiklir skógar á mörgum svæðum á jörðinni. Á þessum tíma var mjög heitt og rakt og dauðir plöntuhlutar féllu og söfnuðust fyrir í vatnsósa og súrefnissnauðu umhverfi. Súrefnisskorturinn olli því að leifarnar rotnuðu ekki en smám saman bættist sífellt meira ofan á þær og þær þjöppuðust saman og urðu að kolum undir farginu. Jarðolía er talin vera leifar smásærra lífvera sem lifðu í höfum og stórum stöðuvötnum og féllu til botns þegar þær drápuðust og grófust í súrefnissnauðu seti. Bæði kol og olía myndast þegar þessi efni eru komin á mikið dýpi í jarðlögum og þrýstingurinn og hitinn er orðinn talsverður.

Nú er olía dælt upp úr jarðlögunum og unnið meðal annars úr henni bensín. Þegar við ferðumst í bíl brennum við bensíni og sleppum út í andrúmsloftið kolefnisfrumeindum sem hafa verið bundnar í olíunni um milljónir ára. Kolefnisfrumeindirnar eru hér í einna lengstu hringrás sem við þekkjum. Þær fara fram og til baka á allt að þrjú hundruð og fimmtíu milljónum ára.



Orkan flæðir og breytist úr einni mynd í aðrar

Mörg efni fara eftir hringrásum í náttúrunni. En orkan, sem er bundin í efnunum, nýtist ekki endilega aftur og aftur. Við getum hvorki skapað orku né eytt henni, en hún breytist úr einni mynd í aðra.

Við ljóstillífun breytist ljósorka í *efnaorku* sem binst í glúkósa. Við bruna losnar orkan úr glúkósanum og breytist í *hreyfi-* og *varmaorku*.

Fyrir eða síðar breytist öll orkan í varmaorku. Varmi losnar þegar dýr hreyfa sig og hann losnar líka þegar sundrendur brjóta niður lífrænar leifar. Safnhaugur getur verið heitur á köldum vetrardegi. Bensínmotor hitnar þegar hann gengur og okkur hlýnar þegar við hlaupum.

Það er erfitt að endurnota varmaorkuna. Hún dreifist um umhverfið og losnar að lokum út í geiminn. Ný orka frá sólinni verður stöðugt að berast til jarðar og bæta upp þá orku sem jörðin missir frá sér. Orkan frá sólinni breytist smám saman í varmaorku sem jörðin geislar frá sér út í geiminn á ný. Við segjum að *orkan flæði* um náttúruna.

Orka sólar, sem plöntur beisla við ljóstillífun, umbreytist í hreyfi- og varmaorku í hestinum.





Á sléttum Afríku lifa þúsundir gnýja en örfá ljón. Rándýr eru tiltölulega fá því að fæðan verður minni eftir því sem aftar kemur í fæðukeðjunni.

Orkan nýtist illa í fæðukeðjum

Á sléttum Afríku lifa gríðarlega stórar hjarðir af gnýjum og sebradýrum, en það eru tiltölulega fá ljón sem veiða sér til matar úr þessum hjörðum. Hvers vegna eru ljónin ekki fleiri þegar svo mikið er af fæðu? Helsta ástæðan er í rauninni skortur á orku.

Plöntur binda lítinn hluta sólarorkunnar í glúkósa. Þegar dýrin éta breytast um það bil 85% af orkunni í hreyfi- og varmaorku í hverjum hlekk í fæðukeðjunni. Aðeins um 15% orkunnar *bindast* í dýrinu á formi kolvetna, fituefna og prótína sem næsti neytandi getur étið.

Af þessari ástæðu verður því ekki svo mikil orka eftir, til dæmis fyrir rándýr sem er þriðja stigs neytandi. Vegna þessa verða rándýrin aldrei sérstaklega mörg. Þau hafa bara aðgang að takmarkaðri orku, eða með öðrum orðum: orkan nægir einfaldlega ekki fyrir fleiri rándýr.

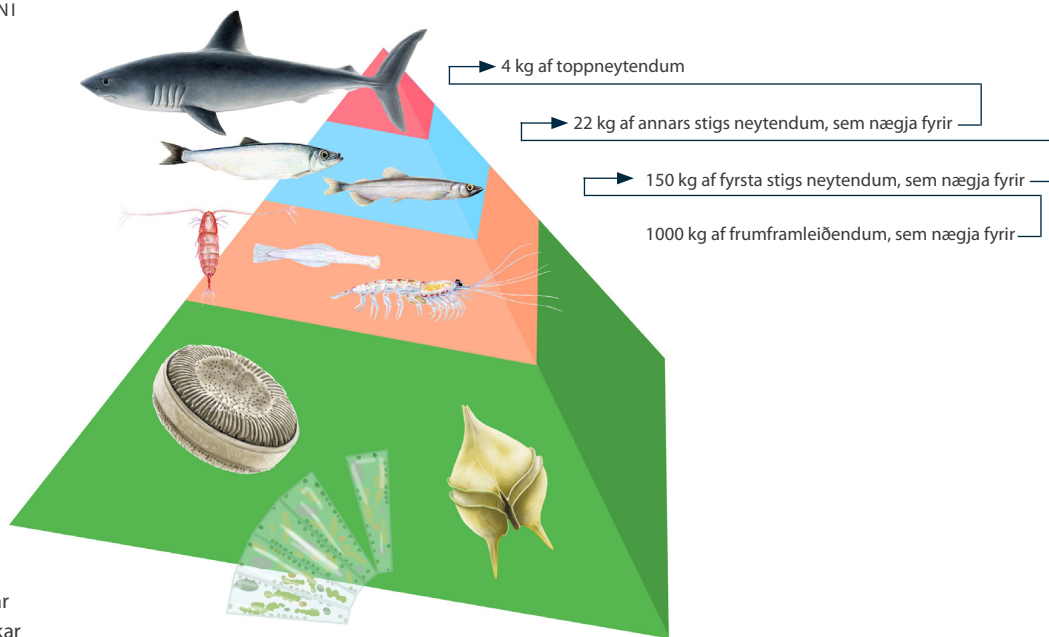
ÍTAREFNI

Orkunýtnar grænmetisætur

Í mörgum löndum draga fátækir fiskimenn mikið magn af fiski úr sjó, en fiskurinn fer ekki alltaf til manneldis. Þess í stað fer hann í verksmiðjur sem framleiða fiskimjöl. Það er svo selt til ríkra landa þar sem það er meðal annars notað sem fôður handa kjúklingum. Eitt tonn af fiski nægir í um það bil 5000 matarskammta. Ef eitt tonn af fiski er hins vegar notað sem kjúklingafôður nægir fiskimjölið ekki nema til þess að framleiða 750 matarskammta af kjúklingi. Nýtingin er aðeins um 15% sem þýðir að 85% fara forgörðum.

Þessi fæða nýtist miklu betur ef við borðum fiskinn beint. Fæðan nýtist enn betur ef við borðum fæðu úr plönturíkinu. Þeir sem borða bara kjöt þurfa um það bil sexfalt meira ræktarland en þeir sem eru grænmetisætur. Við ættum því að borða mikið af grænmeti, brauði, pasta og hrísgrjónum því að þannig getum við brauðfætt fleiri.





Fæðupíramíði leiðir í ljós að orka í fæðukeðjunni minnkar eftir því sem ofar dregur og jafnframt fækkar lífverum.

Fæðupíramíðar

Þegar við skoðum *fæðupíramíða* sjáum við að dýrunum fækkar með hverjum hjalla hans. Hver hjalli í fæðupíramíða svarar til eins hlekks í fæðukeðjunni.

Vegna þess að 85% af orkunni „glatast“ milli hverra tveggja hlekkja í fæðukeðjunni verður sífelld minni orka í boði eftir því sem aftar kemur í keðjunni. Stærð hvers hjalla í píramíðanum samsvarar þeirri orku sem er í boði fyrir lífverur þess hjalla. Stærð hjallanna minnkar því um 85% í hvert sinn sem farið er upp um einn hjalla.

SJÁLFSPRÓF ÚR 1.3

- 1 Hvaða lífverur eru fremst í öllum fæðukeðjum?
- 2 Nefndu dæmi um toppneytendur.
- 3 Á hverju lifa sundrendur?
- 4 Lýstu þeim mun sem er á frumframleiðanda og neytanda.
- 5 Búðu til fæðukeðju þar sem þú ert toppneytandinn.
- 6 Útskýrðu það að toppneytendur eru yfirleitt fáir miðað við frumframleiðendurna.
- 7 Í safnhaugi myndast lítið magn af mold miðað við magn þess úrgangs sem settur var í hauginn. Hver er skýringin á því?
- 8 Lýstu nokkrum mismunandi hringrásum kolefnis.
- 9 Setjum svo að þú borðir bara matvæli úr plönturíkinu og að það þurfi 100 fermetra af ræktuðu landi til þess að uppfylla þarfir þínar. Gerum svo ráð fyrir því að þú breytir um lífsstíl og borðir bara kjöt af dýrum sem éta plöntur. Hversu mikið land þyrfti nú til þess að uppfylla þarfir þínar, á að giska?

SAMANTEKT

1.1 Orka sólar er beisluð í ljóstillífun

- Ljóstillífunin, þetta mikilvæga ferli, fer eingöngu fram í frumum lífvera sem hafa blaðgrænu. Engar aðrar frumur ráða við þetta ferli.
- Ljóstillífun er ferli þar sem plöntur beisla sólarorkuna og binda hana sem efnaorku í glúkósa.
- Við ljóstillífun myndast glúkósi úr koltvíoxíði úr andrúmslofti og vatni úr umhverfinu.

koltvíoxíð + vatn + sólarorka → glúkósi + súrefni

- Plöntur geta notað orkuríkan glúkósa sem næringu í frumum sínum. Þær geta líka breytt honum í mjölva eða beðmi. Mjölvin geymir orku og beðmið er byggingarefni. Plöntur geta líka búið til fituefni, prótín og vítamín.
- Auk glúkósa myndast súrefni við ljóstillífunina. Á hundruðum milljóna ára hafa plöntur minnkað magn koltvíoxíðs í andrúmslofti og aukið magn súrefnis.
- Koltvíoxíð og súrefni berast inn og út um loftaugun á laufblöðum plantna. Vatn og glúkósi eru flutt eftir æðum í stöngli og laufblöðum.
- Plöntur þurfa líka nitur, fosfór og kalíum sem þær taka úr jarðvegi.



Tré byggir upp vefi sína með efnum úr lofti og vatni.



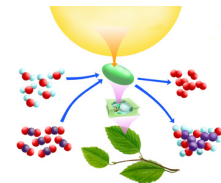
Glúkósi getur orðið að beðmi í tré.

1.2 Bruni losar orku úr læðingi

- Allar frumur brenna glúkósa til þess að fá orku. Þetta kallast frumuöndun og er í reynd sama ferli og ljóstillífun, en gengur bara í gagnstæða átt.

glúkósi + súrefni → koltvíoxíð + vatn + orka

- Glúkósanum er sundrað með hjálp súrefnis. Efnaorkan losnar og um leið myndast koltvíoxíð og vatn.
- Bruninn í frumunum fer fram við lágan hita. Að öðru leyti er bruninn sambærilegur við það sem á sér stað þegar við brennum eldiviði eða ökum bíl.



Orka losnar við bruna.

1.3 Hringrásir efna og orkuflæði

- Plöntur eru fremst í nánast öllum fæðukeðjum. Þær kallast frumframleiðendur þar eð þær geta búið til orkuríka fæðu með ljóstillífun sinni.
- Plöntuætur éta plöntur og rándýr éta síðan plöntuæturnar. Þær lífverur, sem fá næringu sína úr öðrum lífverum, eru neytendur. Neytendur eru ófærir um að búa til lífræn efni og verða því að fá þau úr öðrum lífverum.
- Sundrendur brjóta líkama dauðra lífvera niður í einföld efni sem plöntur þurfa til að vaxa og taka upp um ræturnar.
- Í náttúrunni eru öll mikilvægustu efnin í hringrás. Efnin hverfa ekki heldur breytast í önnur efni sem ýmsar lífverur geta nýtt sér.
- Orka streymir stöðugt frá sólinni og plöntur geta beislað hana. Þá binst hluti hennar sem efnaorka sem getur breyst í hreyfi- og varmaorku.
- Að lokum hverfur varmaorka út í geiminn með geislun. Streymi orkunnar frá sólinni þarf að vera stöðugt til þess að viðhalda lífi á jörðinni.



Efnin eru í hringrás í náttúrunni.



Orkan hverfur að lokum frá jörðinni sem varmi.



Sól, loft og óendanleg víðátta. En næðingur, selta og magur jarðvegur
veldur því að lífsskilyrði geta verið erfið við hafið.

Í ÞESSUM KAFLA LÆRIR ÞÚ

- að vistfræði fjallar um samspilið í náttúrunni
- að dýr, plöntur, jarðvegur og fleiri þættir skapa í sameiningu vistkerfi
- að plöntur og dýr hafa hvert sinn vistfræðilega sess
- að lífverur og umhverfi þeirra breytast í sífellu



Tjaldurinn hefur langan gogg og er háfættur og það kemur sér vel þegar hann stíklar í eðju í fjörum í leit að smádyrum sem hann lifir á.

2 Vistfræði

Líf við mismunandi skilyrði

Allar plöntur og dýr gera sérstakar kröfur til þess umhverfis sem þær lifa í. Plönturnar kjósa hæfilega birtu og nægilegt vatn og réttan jarðveg. Stundum reyna þær að verjast því að verða étnar en á hinn bóginn er það þeim til hagsbóta að dýrin éti aldin þeirra og dreifi þannig fræjunum. Dýrin þurfa að finna æti við hæfi og skjól fyrir sig og unga sína.

Milli lífvera ríkir stöðug samkeppni um bestu staðina, bæði hjá plöntum og dýrum. Vistfræðin fjallar um þau tengsl sem eru milli plantna og dýra og samspil þeirra og þess umhverfis sem þau hrærast í.

- 1 Nefndu nokkur dæmi sem staðfesta að plöntur og dýr eru háð hvert öðru og þeirri náttúru sem þau lifa í.
- 2 Þú hefur líklega heyrt talað um lífrænt ræktuð matvæli og fatnað úr lífrænt ræktuðum plöntum. Hvers konar vörur eru þetta?

EFNI KAFLANS

- 2.1 Samspilið í náttúrunni
- 2.2 Skógar á Íslandi
- 2.3 Helstu gróðurlendi
- 2.4 Stöðuvötn
- 2.5 Hafíð – stærsta vistkerfið
- 2.6 Ósnortin náttúra í hættu



Í umræðu um umhverfismál og í auglýsingum er oft talað um lífrænt ræktuð matvæli og fatnað úr lífrænt ræktaðri bómull. Orðið lífrænn merkir þá að viðkomandi vörur séu framleiddar á vistvænan hátt.

Allar lífverur eru hver annarri háðar

Vistfræði fjallar um tengslin milli lífvera og tengsl þeirra við umhverfi sitt. Orðið vist merkir dvöl eða vera á einhverjum stað og vistfræði er fræðin um veru lífveranna í náttúrunni.

Vistfræðin kennir okkur að í náttúrunni séu allir hlutir tengdir. Allar lífverur eru háðar hver annarri og þær eru þættir eða hlekkir í flóknu samspili. Ekki þarf nema einn lítill hluti að breytast í þessu kerfi til þess að afleiðingarnar geti orðið afdrifaríkar.

Hvað er vistkerfi?

Þegar við gerum vistfræðilegar rannsóknir verðum við að byrja á því að ákveða hvaða svæði við ætlum skoða. Það getur verið stöðuvatn, tún, eyja, skógarlundur eða miklu minna svæði, t.d. bara jarðvegurinn undir steini eða fiskabúr. Mestu máli skiptir að svæðið hafi skýr og greinileg mörk. Slíkt svæði kallast *vistkerfi*.

Þegar vistfræðingar rannsaka vistkerfi kanna þeir alla þætti sem hafa áhrif á lífverurnar á viðkomandi svæði. Það gildir bæði um allt sem er lifandi og líka ýmsa lífvana þætti í umhverfinu.

Lifandi hluti vistkerfis er allar lífverur sem þar þrífast, bæði plöntur, dýr, sveppir og örverur. Planta getur orðið fyrir áhrifum frá samkeppnisplöntum, frá skordýrum, sem dreifa frjókornunum, eða frá dýrum sem éta af henni. Tiltekið dýr getur einnig orðið fyrir áhrifum frá hættulegu rándýri eða af sníkjudýrum sem lifa í feldi þess.

Þeir lífvana þættir, sem hafa áhrif á lífverurnar, eru til dæmis sólarljós, vatn, hiti, vindur, gerð jarðvegs og berggrunnur. Í vatni skipta straumar og selta líka miklu máli fyrir þær lífverur sem lifa þar.

Klettur í hafinu – vistkerfi með skýrum mörkum.



Stofnar og líffélög

Allar lífverur af sömu tegund, sem lifa í sama vistkerfi, kallast einu nafni *stofn*. Þetta geta verið öll birkitré í skógi eða allar bleikjur í tilteknu stöðuvatni.

Í hverju vistkerfi eru ávallt margar tegundir plantna, dýra, sveppa og örvera. Í samningu mynda þessar lífverur *líffélag*. Allar tegundir plantna sem vaxa á tilteknu svæði kallast *gróðursamfélag*. Þetta geta verið allar tegundir plantna í mýri. *Dýrasamfélag* er til dæmis allar tegundir fugla sem lifa á einni eyju.

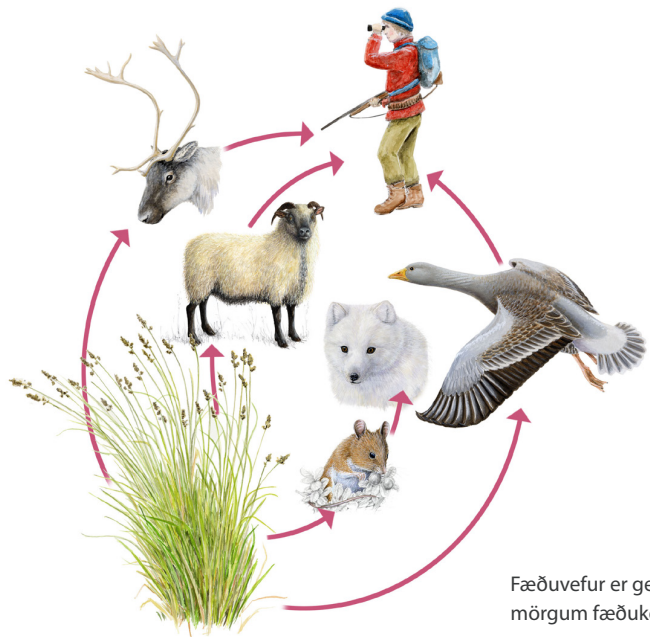
Alvar er mjög sérstakt gróðurlendi og hefur verið kallað kalksteinsengi á íslensku.



Tengsl lífvera

Við getum lýst tengslum milli lífvera í vistkerfi með hjálp fæðukeðja. Einföld *fæðukeðja* gæti verið planta, sem lamb étur, og síðan étur tófa lambið.

Í vistkerfum eru tengslin yfirleitt miklu flóknari en þetta. Það er til dæmis ekki bara sauðkindin sem étur plöntuna. Mús og hreindýr geta líka étið sömu tegund. Auk þess éta sauðkindin, músin og hreindýrið margar aðrar tegundir plantna. Refur étur líka bæði sauðkindur og mýs. Fæðukeðjurnar eru því yfirleitt ekki jafneinfaldar og við sýnum þær. Lýsa má tengslum plantna og dýra með flóknu neti fæðukeðja. Það net kallast *fæðuvefur* og er gert úr mörgum tengdum fæðukeðjum.



Fæðuvefur er gerður úr mörgum fæðukeðjum.

Mikil grimmd virðist oft ríkja í náttúrunni, en hugtökin „rétt“ og „rangt“ eiga aðeins við um hátterni manna.



Stöðug samkeppni í vistkerfinu

Margir halda að í náttúrunni sé allt í jafnvægi og að þar hafi allt sinn stað og sitt hlutverk. En við nánari skoðun kemur í ljós að allar lífverur eru í harðri *samkeppni* hver við aðra um að komast af. Tilveran snýst um að éta eða verða étinn.

Ef einhver tegund lífvera hefði ótakmarkaðan aðgang að fæðu og rými og hún ætti sér enga óvini myndi henni fjölga mjög hratt og mikið. Þannig er þetta hins vegar ekki í náttúrunni. Í hverju vistkerfi ríkir alltaf *skortur* á einhverju. Stöðug samkeppni er milli einstaklinga, bæði milli einstaklinga af sömu tegund og milli einstaklinga af ólíkum tegundum. Allar lífverur berjast um fæðu, vatn, búsvæði og maka.

Mikil samkeppni ríkir milli einstaklinga af sömu tegund. Hver dúfa reynir að finna fleiri brauðmola en hinar dúfurnar á torgum og götum.



Viðkvæmt jafnvægi

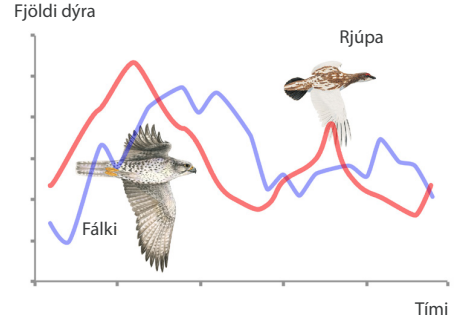
Fjöldi einstaklinga af sömu *tegund* ræðst meðal annars af því hversu mikið framboð er af fæðu í vistkerfinu. Þegar stofn lífvera stækkar verða æ fleiri einstaklingar á sama svæði. Að lokum verður samkeppnin um fæðuna svo mikil að stofninn getur ekki stækkað frekar. Fjöldi þeirra sem deyja er álíka mikill og þeirra sem fæðast. Jafnvægi hefur náðst innan stofnsins.

Jafnvægi kemst líka yfirleitt á í vistkerfi milli ólíkra tegunda. Í öllum vistkerfum eru bráð og rándýr háð hvert öðru. Því meira, sem er af bráðinni, þeim mun fleiri geta rándýrin orðið. Ef rándýrunum fjölgar hins vegar hlýtur að ganga á bráðina. Milli tegundanna verður stöðug samverkan og viðkvæmt jafnvægi ríkir milli þeirra.

Þegar jafnvægi raskast

Stundum breytist jafnvægið milli mismunandi tegunda í vistkerfi algerlega af náttúrulegum orsökum. Sveiflur virðast vera mjög algengar og reglulegar hér á norðurslóðum. Til dæmis virðist vera nokkur regla í sveiflum á stofnstærð rjúpu og fálkans hér á landi. Stofnstærð fálkans, sem lifir einna helst á rjúpu, sveiflast greinilega með rjúpnastofninum.

Þá má nefna nýlegt dæmi frá Svíþjóð. Þar kom upp kláðamaur í refum seint á 20. öld. Margir refir drápust í maurafárinu og hérum fjölgaði mjög í kjölfarið. Ástæðan var sú að færri hérar voru étnir og þá stækkaði stofninn. Þegar hérunum fjölgaði varð meira æti fyrir uglur, sem veiða héra líka eins og refurinn. Þegar samkeppnin varð minni frá refnum jókst æti ugnanna og þeim fjölgaði. Þegar frá leið náði refastofninn sér á strik aftur og við það fækkaði bæði hérum og uglum.



Jafnvægið milli hinna ólíku tegunda getur verið sífelldum breytingum háð. Stofnstærð fálkans sveiflast með rjúpnastofninum.

Áhrif mannsins

Maðurinn hefur sífellt meiri áhrif á vistkerfi heimsins. Að hluta er það meðvitað, til dæmis þegar ákveðið er að stunda miklar veiðar á tilteknum tegundum, fella skóga af stórum svæðum eða reisa stíflur. Það getur líka orðið ómeðvitað, til dæmis með því að flytja plöntur, dýr, bakteríur og aðrar lífverur frá einum heimshluta til annars. Þessar nýju lífverur geta gjörbreytt þeim vistkerfum sem eru fyrir.

Árið 1945 var flutt hingað til lands frá alaskalúpínu frá Alaska í Norður-Ameríku. Hún er duglegur landnemi, enda með niturbindandi bakteríur í rótunum sem sjá henni fyrir nægu nitri. Hún hefur síðan verið notuð til uppgræðslu og er nú algeng víða um land. Mörgum þykir það hins vegar galli að lúpínan er mjög ágeng jurt sem kæfir auðveldlega aðrar plöntur. Hún er hávaxin og vex í þéttri breiðu og verður nánast allsráðandi. Hún vinnur því gegn líffræðilegri fjölbreytni, að minnsta kosti um nokkurn tíma. Nú eru uppi áform um að takmarka útbreiðslu lúpínu.

Hreindýr voru flutt til Íslands um 1770 og var sleppt lausum á nokkrum stöðum. Þau lifa nú eingöngu á Austurlandi og stofninn er rúmlega 4000 dýr að haustlagi.





Tréð sem vex hraðast og best, nýtur meiri sólarbirtu en hin. Það getur því myndað betri og fleiri fræ en önnur tré.

Samkeppni veldur aðlögun lífvera

Þær lífverur, sem standa sig best í þeirri hörðu samkeppni sem ríkir í náttúrunni, eru líklegri til að lifa og komast af en aðrar. Tökum sem dæmi tré sem hefur náð að verða herra en önnur tré á sama stað. Háa tréð nýtur meira sólskins en hin trén og það getur framleitt meira af lífrænum efnum til vaxtar og viðhalds. Það myndar fleiri og jafnvel betri fræ sem geta orðið að nýjum trjáum. Þeir eiginleikar, sem ollu því að tréð stóð sig betur í samkeppninni en önnur tré, geta líka erfst til afkvæmanna og orðið algengari í næstu kynslóð.

Á þennan hátt „veljast úr“ þeir einstaklingar sem eru hæfastir. Þetta kallast *náttúruval* og við það laga bæði plöntur og dýr sig að umhverfi sínu.

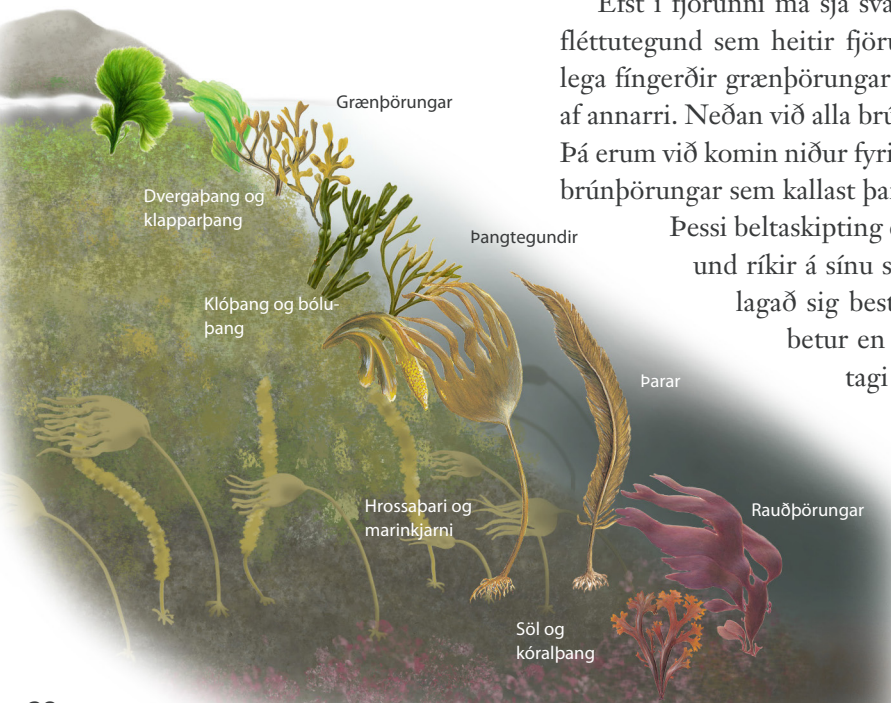
Sérhæfing og vistfræðilegur sess

Þegar samkeppnin verður hörð sérhæfa tegundir lífvera sig á mismunandi hátt og segja má að þær gegni hver og ein sérstöku hlutverki í vistkerfi sínu. Þetta hlutverk kallast *sess* og nær meðal annars til þess svæðis sem hún nýtir sér og samskipta við aðrar lífverur. Samkeppni milli lífvera kemur mjög vel fram í fjörum og þar er líklega skýrasta dæmi í náttúru Íslands um skiptingu lífvera í mismunandi sessa. Þessi skipting verður gleggst í grýttum fjörum og þar raða hinar ýmsu tegundir sér í belti sem blasa við þegar að er gætt.

Efst í fjörunni má sjá svarta skán á klöpp og steinum. Þetta er fléttutegund sem heitir fjörusverta. Efstu þörungarnir eru venjulega fingerðir grænþörungar en síðan tekur hver þangtegundin við af annarri. Neðan við alla brúnþörungana vaxa ýmsir rauðþörungar. Þá erum við komin niður fyrir hina eiginlegu fjöru og við taka stórir brúnþörungar sem kallast þari.

Þessi beltaskipting endurspeglar þá staðreynd að hver tegund ríkir á sínu sérstaka svæði vegna þess að hún hefur lagað sig best að þeim aðstæðum sem ríkja þar, og betur en allar aðrar tegundir. Aðlögun af þessu tagi á sér stað alls staðar í náttúrunni. Því meiri sem samkeppnin verður þeim mun meiri verður sérhæfingin.

Þörungar og ýmsar aðrar lífverur skipa sér oft í mjög skýr belti í fjörum.



Fjölskrúðug vistkerfi hafa marga sessa

Vegna þess að lífverur af mismunandi tegundum í vistkerfi hafa aðlagast og skipa mismunandi sess í vistkerfinu geta þær lifað án þess að samkeppnin verði mikil. Nokkrar tegundir plöntuætna geta til dæmis lifað á sama svæði án mikillar samkeppni ef þær éta ekki sömu tegundir. Gíraffi bítur laufblöð hátt í trjám en antilópur og sebrahestar bíta grös og laufblöð af runnum og lágum trjám. Þessir grasbítar eru því ekki á sama sessi í vistkerfinu og keppa því ekki um sömu fæðu.

Ef tvær tegundir eru á sama sessi endar samkeppni milli þeirra yfirleitt með því að önnur hefur sigur og bolar hinni burt.

Í fjölskrúðugu vistkerfi eru margar tegundir lífvera og það er því margbreytilegt og þar finna margar lífverur sinn sérstaka sess. Frumskógar og blandaðir skógar með lauf- og barrtrjám eru dæmi um fjölbreytileg vistkerfi þar sem fjöldi plantna, dýra og annarra lífvera geta lifað og komist vel af.

Gíraffar og sebrahestar geta lifað á sama landsvæði vegna þess að þessi dýr bíta plöntur í mismunandi hæð og eru því ekki í beinni samkeppni um fæðu.





Hátt til fjalla er kalt og mikill vindur. Plönturnar þurfa að halda vel í vatnið. Fjallakobbi er alsettur hárum sem halda lofti kyrru við stöngul og blöð og draga því úr útgufun vatns.

Aðlögun er mikilvæg

Lífverur laga sig stöðugt að umhverfi sínu vegna þess að þær lífverur veljast úr sem hafa heppilega eiginleika í því umhverfi þar sem þær lifa. Þær geta gert það á margvíslega vegu og það getur valdið sérkennilegu útliti og gerð. Þessi aðlögun gerist á löngum tíma.

Aðlögun plantna snýst oft um það að *halda í vatn* á þurrka-tímum. Margar plöntur eru til dæmis með svo þétt hár að þær verða meira eða minna loðnar. Hárin halda lofti kyrru næst plöntunni og það dregur mjög úr útgufun vatns úr henni. Útgufun plantna verður líka minni ef þær vaxa þétt saman og sumar plöntur vaxa í þéttum þyrpingum.

Sortulyng og bláberjalyng

Laufblöð *sortulyngs* eru þykk og skinnkennd og gljáandi af vaxi. Vaxið veldur því að vatn gufar ekki auðveldlega út úr blöðunum. Sortulyng vex því vel í þurru mólendi og í lágu kjarri.

Bláberjalyng er hins vegar með fremur þunn laufblöð og plantan er ekki sérlega vel löguð að þurrki. Bláberjalyng er því algengt þar sem jarðvegur er rakur og það þrífst til dæmis vel í mýrlendi.



Laufblöð bláberjalyngsins eru fremur þunn.



Sortulyng hefur þykk og skinnkennd laufblöð.

Lauffall trjáa

Það virðist blasa við að það sé kuldinn sem er trjám erfiðastur á veturna. En hér er það aftur þurrkur sem er mesti vandinn. Þegar landið er frosið geta rætur trjáanna ekki tekið upp vatn.

Lauftré minnka vatnspörfina með því að fella lauf sitt á haustin og við það minnkar útgufunin. *Barrtré* halda hins vegar flest barrnálum sínum. Þau halda nægu vatni yfir veturinn því að barrnálarnar eru þakkar þykku vaxlagi sem veldur því að þær missa nánast ekkert vatn við útgufun.

Sama skýringin er á því að sortulyngið heldur blöðum sínum yfir veturinn en bláberjalyngið fellir sitt lauf.



Á barri barrtrjáa er þykkt vaxlag sem gerir trjám kleift að halda barrinu allt árið.



Heimskautarefurinn (tófan) hefur smá eyru og tapar því litlum varma þótt kuldinn sé mikill.

Aðlögun dýra

Margar tegundir dýra búa yfir ríkum aðlögunarhæfileika. Aðlögunin snýst meðal annars um það að halda hita á líkamnum eða að losna við varma í miklum hitum. Hún getur líka verið fólgin í því að nýta fæðu sem ekkert annað dýr getur nýtt eða að færa sér mannigert umhverfi í nyt.

Tegundir lífvera, sem eru færar um að laga sig að margvíslegum og mismunandi aðstæðum, eru oft líklegri til þess að lifa af en tegundir sem eru mjög sérhæfðar.



Eyðimerkurrefur hefur mjög stór eyru og þau eru helsta kælitæki líkamans í miklum hitum eyðimarkanna.

Stari og margir aðrir fuglar komast af í borgum og bæjum. Starinn tínrir upp allt ætílegt sem hann finnur á götum og í gördum.

SJÁLFSPRÓF ÚR 2.1

- 1 Nefndu dæmi um vistkerfi.
 - 2 Hvað er sess lífveru í vistkerfi?
 - 3 Hvað er stofn lífvera?
 - 4 Hver er meginmunurinn á fæðukeðju og fæðuvef?
 - 5 Hvað er átt við þegar sagt er að jafnvægi ríki í náttúrunni?
 - 6 Hvernig fer ef tvær tegundir lífvera skipa sama sess í vistkerfi?
 - 7 Útskýrðu það að náttúruvalið veldur því að lífverur laga sig að umhverfi sínu.
 - 8 Setjum svo að þú hyggist rannsaka afmarkað vistkerfi, til dæmis skógarlund eða fiskabúr. Að hvaða leyti er vistkerfið afmarkað frá umhverfinu og að hvaða leyti ekki?
 - 9 Nefndu dæmi um að lífverur hafi aðlagast þannig að þær geta lifað af kalda vetur.
- Maðurinn hefur með tækni sinni og þekkingu lagað sig að alls kyns aðstæðum og umhverfi. Nefndu dæmi um mismunandi aðlögun hans.



Skógar á Íslandi

2.2

Skógar á Íslandi



Norðurhluti Evrópu skiptist í nokkur gróðurbelti eftir einkennisgróðri á hverju svæði. Á freðmýrum eða túndrum vaxa lágvaxnar plöntur á borð við gulvíði og fjalldrapa.

Ísland er í barrskógabeltinu

Ísland er í kaldtempraða beltinu og er því hluti af því gróðurbelti heimsins sem kallast barrskógabelti og nær yfir alla Skandinavíu og austur um alla norðanverða Evrópu og Asíu. Það nær líka yfir norðanverða Norður-Ameríku. Í dæmigerðum barrskógi lifa alls um 2000 tegundir. Þetta virðist talsverð fjölbreytni en til samanburðar má nefna að í ósnortnum frumskógi í hitabeltinu er fjölbreytni tegundanna margfalt meiri. Barrskógar jarðar vaxa einkum þar sem vetur eru langir og dimmir og snjóar miklir, en sumrin eru mild og úrkomusöm.

Frá ísöld til birkiskógar

Þegar ísöld lauk fyrir um tíu þúsund árum kom Ísland smám saman gróðurlaust og nakið undan ísnum. Fyrstu plönturnar, sem uxu upp í þessu kalda loftslagi, voru fléttur og grös. Smám saman bættust við fleiri tegundir plantna, bæði jurtir og runnar, til dæmis gulvíðir og fjalldrapi. Eins og áður sagði ættu barrskógar að vaxa hér á landi, en einangrun landsins varð hins vegar til þess að barrskógar breiddust ekki út hér eftir að ísöld lauk fyrir um tíu þúsund árum. Í þeirra stað óx hér upp birkiskógur og hann var ríkjandi í gróðurríki Íslands um mestan hluta landsins. Á láglendi var birki talsvert gróskumikið og var víða um 20 metrar á hæð en birki náði líklega víða upp í um 400 metra hæð yfir sjávarmáli og var yfirleitt mun lægra og nánast kjarr.

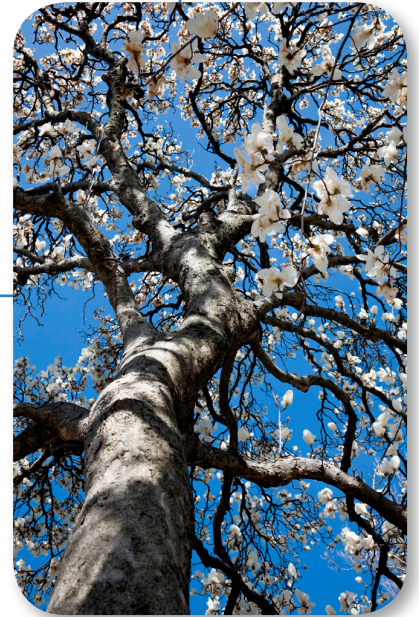
Talið er að birkiskógur hafi þakið um fjórðung landsins við landnám norrænna manna fyrir rúmum eitt þúsund árum. Þessi mynd er tekin í Ásbyrgi.



ÍTAREFNI

Suðræn tré uxu hér til forna

Ísland tók að myndast fyrir um 16 milljónum ára og fyrir um tíu milljónum ára var mun hlýrra í veðri en nú. Í jarðlögum frá þessum tíma má finna steingervinga trjátegunda sem sýna að gróðurfar hefur verið svipað og er nú í suðaustanverðum Bandaríkjum Norður-Ameríku. Hér uxu meðal annars magnóliutré, túlípántré, eik og hlynur og ýmis barrtré, svo sem þinur, lerki, greni og fura. Fyrsta skeið ísaldar gekk yfir jörðina fyrir um þremur milljónum ára og þá dóu allar þessar suðrænu trjátegundir út hér.



Áhrif búsetunnar

Pegar landnámsmenn komu hingað á níundu öld og settust að var ósnortinn birkiskógur eða birkikjarr víðast hvar á láglendi og mikil gróska. Landnámsmenn helguðu sér land og byrjuðu á því að brenna eða höggva skóginn þar sem bæir skyldu rísa og akrar áttu að vera. Búfænaður gekk síðan meira og minna sjálfala í skóginum.

Landsmenn hjuggu skóg til að afla smíðaviðar og eldsneytis, bæði til þess að elda mat, hita hús sín og vinna járn úr mýrarrauða. Allt þetta olli því að mjög hratt gekk á skóginn og mikil beit kom í veg fyrir að birkiskógurinn næði að endurnýja sig, því að sauðfé bítur ungplönturnar jafnóðum og þær komast á legg. Talið er að á aðeins rúmum tveimur öldum hafi skógurinn eyðst að mestu.

Eyðing skógarins hafði margvíslegar afleiðingar. Þegar gróðurinn var ekki lengur til staðar til að vernda jarðveginn átti regnvatn auðvelt með að mynda sár. Þá tók vindurinn við og blés burtu foggjörnum jarðveginum og þannig eyddist sá gróður sem eftir var mjög víða og eftir stóðu berir melar. Á fáeinum öldum gjörbreyttist gróðurfar landsins vegna áhrifa manna og búfænaðar. Þessi breyting er ekki einsdæmi í heiminum og mörg önnur dæmi eru til um áþekkar breytingar við landnám vestrænna manna í öðrum heimshlutum, til dæmis á Nýja-Sjálandi.



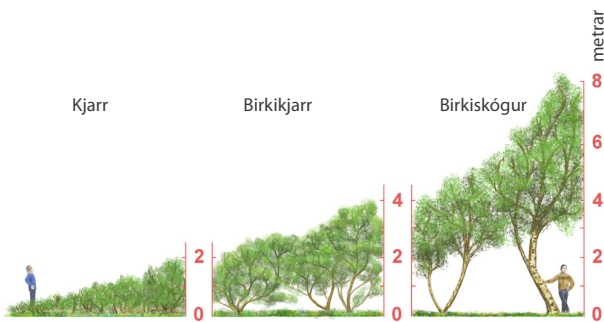
Hér hefur melgresi verið sáð við rofabarð á Kili á miðju hálendi Íslands til að reyna að hefta upplásturinn.



Lerki er barrtré sem fellir barnnálarnar á haustin.
Frá því snemma á 20. öld hefur lerki verið notað til skógræktar á Íslandi.

Ræktaðir skógar

Um aldamótin 1900 fóru Íslendingar að huga að friðun og endurheimt þeirra birkiskóga sem enn lifðu og einnig að reyna fyrir sér með ræktun birkis og fjölmargra erlendra skógartrjáa, einkum barrtrjáa. Þessi ræktun gekk heldur brösuglega þar til skógræktarmenn höfðu fundið heppileg *kvæmi* trjategunda sem gátu lifað við íslenskt loftslag. Kvæmi er sérstakur hópur plantna sem hefur lagað sig að veðurfari á tilteknu svæði. Þegar skógræktarmenn leituðu uppi svæði erlendis, þar sem veðurfar er svipað og á Íslandi, fundu þeir loks ýmis kvæmi sem spjöruðu sig vel hér. Þær erlendu trjategundir, sem helst eru ræktaðar hér á landi, eru rússalerki, sitkagreni og stafafura, sem eru barrtré, en alaska-ösp, sem er lauftré, er líka mikið ræktuð. Rússalerki er fengið frá Rússlandi, eins og nafnið ber með sér, hinar tegundirnar eru ættaðar frá Alaska en kvæmi þaðan virðast henta íslensku loftslagi afar vel. Síðustu ár hafa um fimm milljónir trjáplantna verið gróðursett arlega og er mest gróðursett af rússalerki og íslensku birki.



Flokkun birkis í kjarr, kjarrskóg og skóg eftir hæð.

SJÁLFSPRÓF ÚR 2.2

- 1 Hvenær lauk ísöldinni hér á landi?
 - 2 Í hvaða gróðurbelti er Ísland?
 - 3 Hvers vegna vaxa ekki náttúrulegir barrskógar á Íslandi?
 - 4 Hversu mikill hluti Íslands var vaxinn birki við landnám? En nú?
 - 5 Nefndu þrjár helstu ástæðurnar fyrir því að skógur eyddist mjög hratt á Íslandi eftir landnám.
 - 6 Gróður á Íslandi er allt öðruvísi nú en hann var við landnám. Hver er helsti munurinn?
 - 7 Hvaða áhrif hefur eyðing skógar á jarðveg og gróðurpekju?
 - 8 Hvað er kvæmi?
 - 9 Nefndu þrjár trjategundir sem eru nú mikið notaðar í skógrækt hér á landi.
- Þegar land er klætt skógi breytist ásýnd þess. Hversu mikill hluti Íslands vilt þú að verði klæddur skógi á ný? Færðu rök fyrir skoðun þinni.

2.3 Helstu gróðurlendi



Íslensk gróðurlendi

Gróðurlendi er samheiti yfir tiltekið landsvæði þar sem gróður er alls staðar svipaður og má nefna skóglendi eða graslendi sem dæmi. Fyrir landnám voru gróskumikil gróðurlendi allsráðandi á láglendi Íslands og langt upp í hálendið. Skóglendi þakti um fjórðung landsins. Blóm- og graslendi var víða þar sem þurrt var en mýrar þar sem land var blautara. Á ungum hraunum óx mosi eins og nú. Gróðurfarið hefur gjörbreyst frá því sem þá var. Á þurru landi er mólendi nú algengasta gróðurlendið en hærra upp til landsins tekur við uppblásin auðn með mela- og mosagróðri þar sem gróðurinn er afar strjáll og rýr.

Birkiskógur

Birkiskógar eru einu upprunalegu skógarnir á Íslandi. Birkið er víðast hvar lágvaxið, kræklótt með rauðbrúnum berki en inn til landsins á norðan-, austan- og suðvestanverðu landinu er það mun hávaxnara og beinvaxnara með ljósleitum berki. Um 80% birkitrjána eru undir tveimur metrum á hæð og þá er talað um *kjarr*. Aðeins 5% birkitrjáa eru hærri en fjórir metrar. Slík tré mynda raunverulegan birkiskóg. Í friðuðum birkiskógi er gróðurinn á skógarbotninum, svokallaður undirgróður, oft gróskumikill og einkennist af gras-, víði- og lyngtegundum og oft eru blómjurtir líka áberandi, til dæmis blágresi. Innan um vaxa einnig mosar og fléttur.

Við Gullfoss eru lyngmóar en mólendi er algengasta gróðurlendið á Íslandi.



Á trjám vaxa oft margar tegundir mosa og fléttna. Þessar lífverur kallast *ásætur*.

Einkennisjurtir mýra eru starir, svo sem gulstör og mýrastör, og fífurnar klófífa og hrafna-fífa.



Mólendi

Mólendi verður til fyrst og fremst vegna áhrifa af langvarandi beit. Það er oftast þýft en gróðurfar þess getur verið afar mismunandi eftir staðháttum og beitarálagi. Þúfurnar verða til vegna áhrifa frosts í jarðveginum og mikil beit, eins og er til dæmis í mörgum hrossahögum, hjálpar einnig til við þúfnamyndunina.

Talað er um lyngmóa, víðimóa, fléttumóa, sefmóa og svo framvegis eftir því hvaða gróður er ríkjandi. Víði- og lyngmóar eru frjósamir og góðir til beitar en sefmóar þykja lakara beutiland. Holtasóley, móasef, bláberjalyng og hreindýramosi eru meðal einkennistegunda móanna og þar vaxa líka ýmsir mosar, einkum í rýru mólendi.

Votlendi

Gróðurlendi á svæðum, þar sem jarðvatn nær upp undir eða upp fyrir yfirborð jarðvegsins, kallast einu nafni *votlendi*. Blautasta votlendið eru flóar en þar flýtur vatn yfir sverðinum árið um kring. Plöntur, sem vaxa í votlendi, hafa rætur sem eru sérstaklega lagaðar að vatnsósa jarðvegi. Það eru því ekki nærri allar plöntutegundir sem geta vaxið í votlendi.

Í Þjorsárverum og víðar á miðhálandinu, þar sem meðalárhiti er lágur, er sérstök gerð votlendis sem kallast rústamýrar eða flár. Þær einkennast af stórum upphækkunum sem kallast rústir. Inn í þeim er ískjarni sem stækkar með tímanum og það veldur því að rústirnar rísa upp úr votlendinu í kring. Ískjarninn bráðnar þegar yfirborð rústarinnar hitnar yfir sumarið og rústin fellur loks saman svo að eftir verður lítil tjörn.

ÍTAREFNI

Framræsla mýra

Mýrar voru áður fyrr talsvert mikið nýttar til heyöflunar en heyskapur þar var erfiður vegna bleytu. Um miðja síðustu öld kallaði fólksfjöldgun í landinu á aukna framleiðslu landbúnaðarvara og bændur tóku að þurrka upp mýrarnar í stórum stíl með framræsluskurðum og breyta þeim í tún og beutilönd. Á árunum milli 1940 og 1990 voru samtals grafnir um 32 600 km af skurðum. Skurðgröfturinn var oft og tíðum stundaður meira af kappi en forsjá og oft var land ræst fram án þess að það væri nýtt frekar. Að lokum var svo komið að miklum hluta mýrlendis í landinu hafði verið spillt. Við það minnkaði búsvæði votlendisfugla og þeim fækkaði. Verstu útreiðina fékk keldusvín sem dó út sem varpfugl í landinu seint á 20. öld. Þar átti villiminkurinn einnig nokkra sök á.

Á síðustu áratugum hafa menn hafist handa við að endurheimta mýrar með því að fylla aftur skurði sem eru til lítils gagns. Enn sem komið er hefur þó aðeins verið fyllt í brot af þeim.

Skógrækt á opnu landi

Þegar skógur er ræktaður upp á skóglausu landi breytist lífríki og landslag á afgerandi hátt. Birtukærum plöntutegundum, svo sem holtasóley og hvítmöðru, fækkar smám saman og að lokum verða aðeins skuggþolnar tegundir, svo sem vallelfting, fléttur og mosar, eftir á skógarbotninum.

Margir mófuglar, þeirra á meðal lóa, spói, stelkur og jarðrakan, hverfa þegar skógurinn vex upp og lokast en skógarfuglunum skógarþresti, auðnutittlingi, músarrindli og glókolti fjölga. Músarrindill er einkennisfugl birkiskóganna en glókollur barrskóganna. Mestar breytingar verða á lífríkinu þar sem sígrænir barrskógar vaxa upp. Barrskógar breyta landslagi líka mest þar eð dökkgrænn liturinn stingur í stúf við umhverfið árið um kring.

Mikilvægt er að gera sér grein fyrir þessum breytingum áður en skógrækt er hafin á víðáttumiklum landsvæðum.



Glókollur er minnsti fugl Evrópu og er nýr landnemi á Íslandi.

SJÁLFSPRÓF ÚR 2.3

- 1 Hvað er gróðurlendi? Nefndu þrjú mismunandi gróðurlendi á Íslandi.
 - 2 Lýstu helstu breytingum á gróðri sem verða þegar skógur vex upp á landi sem var áður skóglaut.
 - 3 Lýstu stuttlega undirgróðri í birkiskógi.
 - 4 Lýstu stuttlega hvaða áhrif það hefur á fuglalíf þegar land er klætt skógi.
 - 5 Hvað ræður mestu um það að mólendi myndast?
 - 6 Hvað veldur því einkum að þúfur myndast?
 - 7 Nefndu þrjár einkennistegundir mólendisins.
 - 8 Hvað er votlendi?
 - 9 Holtasóley, blágresi, mýrastör og klófífa. Kannaðu hvernig þessar plöntur líta út. Hver þeirra er þjóðarblóm Íslendinga?
-  Krossnefur er algengur flækingur hér á landi, en hefur ekki verpt hér fyrr en á allra síðustu árum. Hvað er það sem veldur því að nú eru nokkrar líkur á því að hann geti orðið nýr landnemi hér?

2.4 Stöðuvötn



Vatnið í Lagarfljóti er stundum morugt enda blandað jökulvatni.



Fiskar lifa við botninn í ísilögðum vötnum því þar er vatnið heitara en efst. Þess vegna er hægt að stunda veiðar undir ís.

Stöðuvötn á Íslandi

Ísland er auðugt að ferskvatni sem er bæði í ám og lækjum, tjörnum og stöðuvötnum. Á landinu eru um 9000 stöðuvötn og tjarnir sem eru stærri en einn hektari og er samanlögð þekja þeirra talin vera um 1,4% af landinu.

Stöðuvötnin kallast jökulvötn ef í þeim er jökulvatn (t.d. Lagarfljót á Austurlandi), dragavötn ef þau eru mynduð af ferskvatnsám eða lækjum, sem renna eftir yfirborði landsins (t.d. Meðalfellsvatn í Kjós), og lindavötn ef þau eru mynduð af uppsprettuvatni (t.d. Mývatn). Meginskipting vatna er þó í næringarrík og næringarsnauð stöðuvötn. Það er einkum gerð berggrunnsins og landsins í kringum vatnið sem ræður

því hvort vatnið er næringarsnautt eða næringarríkt.

Lindavötn eru næringarrík. Þau eru einkum á þeim svæðum landsins þar sem virk eldfjöll eru flest og berggrunnurinn er ung hraun. Vatnið hripar niður í hraunin og rennur eftir neðanjarðarrásum langar leiðir en kemur upp sem uppsprettur í lögðum, mettað af næringarefnum sem leysast úr jarðlögunum. Tvö af stærstu og merkilegustu stöðuvötnum á Íslandi, Mývatn og Þingvallavatn, eru lindavötn, en þau eru þó talsvert ólík eins og fram kemur hér á eftir.

Vetrarkýrrð

Á veturna kólnar yfirborð vatna yfirleitt svo mjög að þau verða ísilögð. Vatnið við botninn er áfram fjögurra gráðu heitt og er því enn þýngst, þótt það sé heitara en yfirborðsvatnið. Ísinn flýtur ofan á vegna þess að hann er alltaf léttari en vatnið. Þegar allt vatnið er orðið ísilagt geta vindar ekki komið af stað bylgjum í vatninu og ekkert hreyfir við því. Eins og á sumrin getur súrefni orðið af skornum skammti í vatninu við botninn. Ljóstillífun er engin í myrku og köldu vatninu og ísinn verður nokkurs konar lok yfir öllu stöðuvatninu.

Mývatn – grunnt og hlýtt

Mývatn er meðal stærstu stöðuvatna á Íslandi og er afar merkilegt fyrir margra hluta sakir. Meðaldýpi Mývatns er aðeins um tveir metrar. Sólin nær því að hita vatnið niður á botn á sumrin svo að lítill munur er á hitastigi frá yfirborði til botns. Sólarljósið nýttist einnig botngróðri við framleiðslu á lífrænum efnum. Botngróðurinn samanstendur bæði af stórvöxnum vatnaplöntum og örsmáum, einfruma þörungum sem ásamt leifum plantna og dýra myndar lífrænt set á botni vatnsins. Mývatn er linda-vatn og vatnið, sem rennur stöðugt í það, er mjög auðugt að næringarefnum, til dæmis fosfór. Þessi staðreynd, ásamt því að vatnið er grunnt og hitnar því talsvert á sumrin, skýrir hversu lífríki þess er mikið og fjölbreytilegt. Lirfur rykmýsins, sem Mývatn er þekkt fyrir, og fleiri smádyr lifa á lífrænum leifum á botninum og smágerðum þörungum í vatninu, en hornsíli, bleikja og margar tegundir kafanda nærast á rykmýslirfunum og öðrum botndýrum. Fuglalíf er gríðarlega mikið og fjölbreytt við Mývatn og þar verpa allar tegundir anda sem lifa á Íslandi, meðal annars húsönd, sem ekki verpir annars staðar í Evrópu.



Lífríkið við Mývatn er afar fjölbreytilegt og fuglalíf einstaklega auðugt.

ÍTAREFNI

Kúluskítur

Kúluskítur er nafn á einu vaxtarformi grænþörungs sem vex á talsverðu dýpi í stöðuvötnum. Kúluskítur myndar þéttar kúlur sem eru misstórar. Sumar eru einungis nokkrir millimetrar í þvermál en aðrar geta orðið 15 cm. Svo stórar kúlur eru aðeins þekktar í tveimur vötnum í heiminum. Annað þeirra er Mývatn, hitt er Akanvatn í Japan. Kúlurnar, sem liggja á botni vatnanna, geta myndað breiður og jafnvel verið í hrúgum. Þar velta þær til með straumum.

Kúluskítur er nokkuð sérstakt nafn á þörungum en það á rætur að rekja til þess að mývetnskir bændur, sem fengu þörunginn í silunganetin, munu hafa kallað hann skít eins og annan gróður sem festist í netunum.



Þingvallavatn – kalt og djúpt

Þingvallavatn er lindavatn eins og Mývatn. Meðaldýpi þess er 34 m og mesta dýpi 114 m. Sólin nær bara að hita yfirborðslög vatnsins á sumrin og ekki er nægileg birta á stórum hluta botnsins til þess að gróður fái þrífist þar. Örmsmáir svifþörungar, sem fljóta um í yfirborði vatnsins, sjá því um mestan hluta frumframleiðslunnar en auk þess er belti botnþörungna við strendur vatnsins þar sem grynna er.

Í Þingvallavatni lifa þrjár tegundir vatnafiska, bleikja, urriði og hornsíli. Bleikjan finnst auk þess í fjórum mismunandi afbrigðum og hefur hvert þeirra sinn sess í vatninu sem meðal annars má sjá af mismunandi munnlögun. Murta og dvergbleikja eru smávaxin afbrigði. Murtan lifir í yfirborði vatnsins og nærast á dýrasvifi en dvergbleikjan í hraungjótum á botni vatnsins þar sem hún kroppar vatnabobba (ferskvatnskuðunga) og mýlirfur af steinum. Kuðungableikja heldur sig grunnt við strendur vatnsins þar sem hún lifir mest á vatnabobbum. Síableikja heldur sig dýpra og lifir á hornsílum og smábleikju. Rannsóknir á bleikjuafbrigðunum í Þingvallavatni gefa innsýn í það hvernig tegundir myndast í náttúrunni.



Dvergbleikja



Kuðungableikja



Murta



Síableikja

Í Þingvallavatni má finna fjögur mismunandi bleikjuafbrigði sem hafa þróast þar í tímans rás.



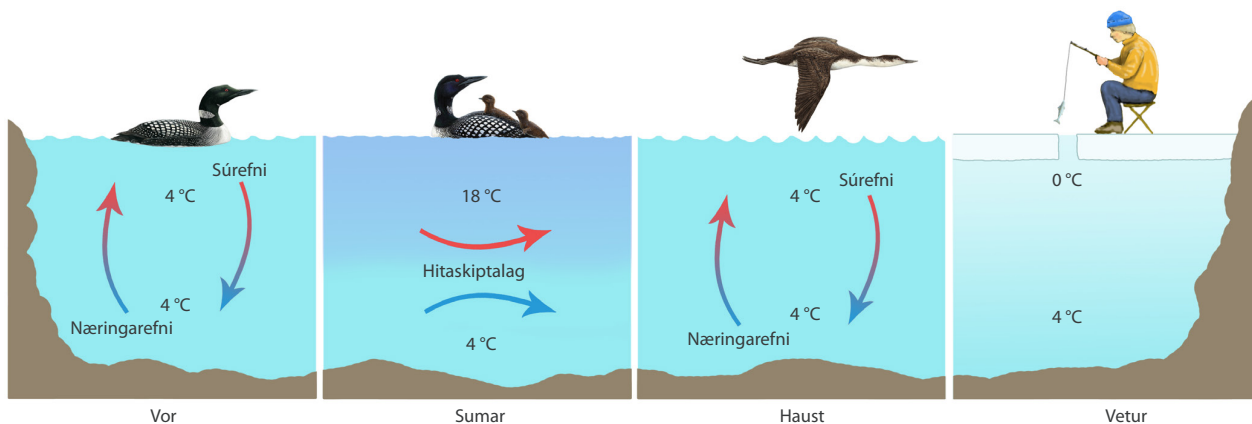
Lagskipting í stöðuvötnum

Árstíðirnar hafa mikil áhrif á lífið í stöðuvötnum. Hiti vatnsins er breytilegur eftir árstíðum og eiginleikar þess þar með. Vatn er eðlisþyngst við +4 °C og þess vegna er vatnið í djúpum stöðuvötnum yfirleitt í kringum þann hita. Vatn, sem er heitara eða kaldara en fjórar gráður, er því léttara og flýtur yfir hinu kalda.

Á sumrin hitar sólin vatn í stöðuvötnum. Yfirborð vatnanna verður heitast og flýtur því ofan á kaldara vatninu. Þar sem veðurfar er tiltölulega kyrrt myndast tvö lög í vatninu; létt og heitt yfirborðslag og þyngra og kaldara lag þar fyrir neðan. Milli þessara tveggja laga myndast skil sem kallast *hitaskiptalag*. Svona lagskipting er fátíð í stöðuvötnum á Íslandi vegna þess að veðurfarið er sjaldan kyrrt í langan tíma og vindar skapa öldur í yfirborðinu sem valda algjerri blöndun vatnsins, alveg niður á botn. En í vötnum í nálægum löndum er lagskiptingin algeng og fólk, sem kafar í þeim, getur fundið hversu miklu kaldara vatnið er á nokkurra metra dýpi.

Hitaskiptalagið veldur því að kalda vatnið á botninum og hlýrra yfirborðsvatnið blandast ekki svo auðveldlega. Súrefnisríkt yfirborðsvatnið nær ekki til botns og í neðra laginu eru ýmsar lífverur sem taka til sín súrefni sem er af skornum skammti. Þegar líður á sumarið getur vatnið við botninn orðið mjög súrefnisnautt og þær lífverur, sem lifa þar og eiga þess kost, færa sig ofar. Þær sem ekki ná að færa sig úr stað kafna vegna súrefnisskorts.

Á sólríkum degi hitar sólin yfirborð vatnsins. Þar sem dýpi er mikið helst kaldara lag fyrir neðan. Hér nýtur fólk blíðunnar á Laugarvatni.



Hiti vatnsins við botninn er oft nálægt 4 °C. Ástæðan er sú að við það hitastig er vatnið þýngst.

Blöndun að vori og hausti

Þegar ísinn bráðnar á vorin og allt vatnið er orðið um það bil fjögurra gráða heitt getur það aftur blandast vegna áhrifa vindsins. Þá getur allt vatnið orðið súrefnisríkt á ný. Súrefni loftsins blandast vatninu og með vorbirtunni hefst ljóstillífunin að nýju og súrefni losnar út í vatnið.

Sams konar blöndun á sér stað á haustin þegar yfirborðsvatnið kólnar. Þegar það hefur náð um fjögurra gráða hita yfir frostmarki hverfur hitaskiptalagið frá sumrinu. Ef þá gerir góðan hauststorm sér hann til þess að allt vatnið blandast, frá yfirborði og niður á botn, og verður súrefnisríkt.

Ef vatnið blandast vel bæði vor og haust getur mikið magn næringar-efna borist frá botnlögnum og upp undir yfirborðið. Plöntusvifið og bakteríurnar fá þá ríkulega næringu og vöxturinn verður mikill. Stundum verður hann svo mikill að við tölum um *þörungablóma* og jafnvel getur myndast lag eða skán af plöntusvifi eða blábakteríum í yfirborði vatnsins.

SJÁLFSPRÓF ÚR 2.4

- 1 Hversu mörg stöðuvötn og tjarnir, sem eru stærri en einn hektari, eru á Íslandi?
 - 2 Stöðuvötnum er oft skipt í tvo meginflokka eftir því hversu mikið er af næringarefnum í þeim. Nefndu þessa tvo flokka.
 - 3 Hver er helsta ástæðan fyrir mikilli grósku og auðugu lífríki Mývatns?
 - 4 Hver er helsta fæða bleikju og kafanda í Mývatni?
 - 5 Nefndu tvö afbrigði bleikju sem lifa í Þingvallavatni og segðu frá lífnaðarháttum þeirra.
 - 6 Hvaða tvær aðrar tegundir fiska en bleikja lifa í Þingvallavatni?
 - 7 Hvernig myndast hitaskiptalag í stöðuvötnum? Hvers vegna er þetta sjaldgæft í vötnum hér á landi?
 - 8 Nefndu nokkrar ástæður þess að súrefnisskortur getur orðið á botni stöðuvatna.
 - 9 Hvað er þörungablómi? Hvers vegna kemur hann einkum fram á vorin og haustin?
-  Nefndu stöðuvatn sem er nálægt þeim stað þar sem þú býrð og þar sem er mikið um fugla og fisk.

Hafið — stærsta vistkerfið

Höfin þekja meginhluta jarðarkúlunnar

Tveir þriðju hlutar yfirborðs jarðar eru haf. Meðaldýpi hafanna er um 4000 metrar en mesta dýpið er rúmlega 11 000 metrar. Í hafdjúpunum lifa margvíslegar lífverur og margar þeirra hafa ekki enn verið greindar til tegundar.

Líf hefur þrífist í höfunum mun lengur en á þurru landi og ekki er ólíklegt að lífið hafi kviknað þar. Í höfunum lifir aragrúi lífvera. Sumar þeirra eru í gríðarlegum fjölda og eru mikilvæg fæða fyrir aðrar lífverur, bæði fyrir aðrar sjávarlífverur, fugla og ýmsar landlífverur, svo og fyrir menn.

Lagskipting í höfum

Vatn hafanna er svo salt að við getum ekki drukkið það. Þess vegna getum við dáið úr þorsta fljótandi úti á miðju hafi. Selta hafanna er að meðaltali 3,5%. Við ósa stórfljóta og þar sem hafis er getur seltan verið minni því að ferska vatnið blandast sjónum og þynnir hann. Vatn á slíkum svæðum kallast *ísalt* vatn.

Höfin eru yfirleitt saltari þar sem heitt er en á köldum svæðum. Þetta stafar af því að seltan eykst þegar vatnið gufar upp. Í heitu löndunum vinna menn salt með því að dæla sjó í grunn lón og láta vatnið gufa upp.

Sjórinn er þyngri en ferskt vatn og kalt vatn er þyngra en heitt vatn. Á botni hafanna safnast því fyrir salt og kalt vatn. Við yfirborðið er vatnið hins vegar heitara og ekki jafnsalt. Þetta veldur því að *lag* getur myndast milli vatnsins í hafdjúpunum og yfirborðsvatnsins og þetta lag kemur í veg fyrir að blöndun verði.



Því saltara sem vatnið er þeim mun betur fljótum við í því. Eitt saltasta haf jarðar er Dauðahafið. Það er svo salt að við fljótum auðveldlega í því og getum ekki sokkið.

ÍTAREFNI

Lífið í hafdjúpunum

Lífið í höfum jarðar er að miklu leyti háð birtu. Ljósgeislar sólar ná allt niður á 400 metra dýpi ef vatnið er tært en þar fyrir neðan ríkir eilíft myrkur. Engra árstíða gætir og þrýstingur vatnsins er ótrúlega mikill. Engu að síður lifa þarna margar lífverur, svo sem litli lúsifer sem hefur veiðst á 365–1025 m dýpi í norðlægum höfum. Sumar þeirra eru búnar eigin ljósgjafa en aðrar rata um með hjálp lyktarskynsins. Í mestu hafdjúpum lifa meira að segja fiskar sem eru án augna. Þar er svo dimmt að augun gera ekkert gagn. Menn höfðu ekki hugmynd um það hvers konar lífverur lifðu þarna niðri fyrr en þeir réðu yfir tækni til þess að rannsaka hafdjúpin.





Aðstæður í hafinu kringum Ísland eru góðar fyrir lífríkið, enda er hafsvæðið frjósamt.

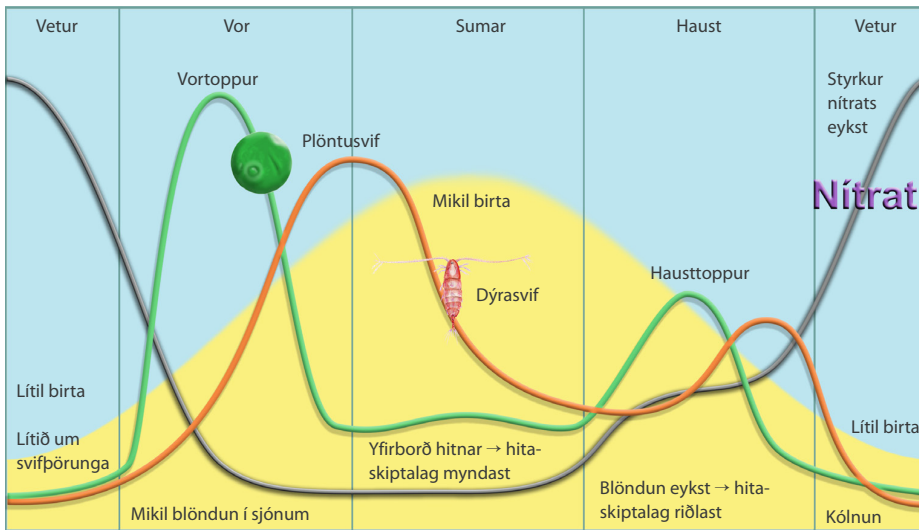


Marglyttur berast með straumum og eru að mestu leyti úr vatni.

Hafið við Ísland

Við stendur Íslands mæta ískaldir hafstraumar úr norðri kvísl úr Golfstraumnum úr suðri sem ber með sér hlýjan og selturíkan sjó. Golfstraumurinn á upptök sín skammt norðan við miðbaug og fer um Karíbahaf og síðan norður með strönd Norður-Ameríku. Hann sveigir svo í austur og hluti hans fer upp með strönd Vestur-Evrópu. Við Færeyjar klofnar þessi straumur og vestari hluti hans streymir norður til Íslands og vestur og norður með landinu, en eystri straumurinn fer norður með strönd Noregs. Þessir straumar bera með sér mikinn varma úr suðrinu og án þeirra væri Ísland líkast til óbyggilegt vegna kulda. Sumir telja að á ísöldinni hafi Golfstraumurinn aldrei náð að ströndum Noregs eða Íslands og það hafi átt þátt í ísmýnduninni á norðurhvelinu og fimbulkuldanum þar.

Það skiptir líka miklu máli fyrir skilyrðin í hafinu að Ísland stendur á neðansjávarhásléttu, landgrunninu, sem er hluti af neðansjávarhrygg sem liggur frá Grænlandi um Ísland og Færeyjar til Skotlands. Við þessar landfræðilegu aðstæður myndast margvíslegir sjávarstraumar sem mætast við landið og blandast þar. Straumarnir bera stöðugt með sér gnægð næringarefna og valda blöndun í hafinu og skapa þannig kjöraðstæður fyrir lífríkið. Fá hafsvæði í heimi eru frjósamari en hið íslenska.



Hrygningar- og ætisgöngur fiska tengjast árstíðum og styrk næringarefna í hafinu. Plöntusvifið er aðalfæða dýrasvifsins sem aftur er fæða ýmissa stærri sjávardýra.

Árstíðirnar í hafinu

Í mars og apríl, þegar sólin er komin talsvert hátt á loft, vaknar plöntusvifið úr vetrardvala og tekur að fjölga sér í efstu 20–50 m sjávarins þar sem birtu nýtur. Gnægð er af næringarefnum í yfirborðinu eftir veturinn. Svifþörungum fjölgar hratt og svokallaður *vortoppur* myndast, þá er fjöldi þörunganna mestur. Þegar hann nær hámarki eru milljónir svifþörungum í hverjum lítra af sjó. Efstu lög sjávar hitna og þar sem heitur sjór flýtur ofan á köldum lagskiptist sjórinn smám saman. Skilin milli laganna, *hitaskiptalagið*, skerpast þegar líður á vorið og þá verður engin blöndun milli hlýja sjávarins og þess kalda lengur. Svifþörungarnir ganga hratt á næringarefnin í yfirborðslaginu og jafnframt fjölga svifdýrum sem nærast á þörungunum. Vöxtur þörunganna stöðvast því og vortoppurinn hjaðnar. Dýrasvifið nær hámarki örlitlu seinna en plöntusvifið og vaxtartoppurinn hjá því varir lengur þar eð dýrin eru yfirleitt langlífari en svifþörungarnir. Yfir hásumarið er lítið um plöntusvif í sjónum við Ísland nema helst við straumamót og á uppstreymissvæðum þar sem stöðug blöndun á sér stað og næringarefni berast jafnt og þétt upp í yfirborðið.

Á haustin lækkar sólin aftur á lofti, hafið kólnar og vindar verða tíðari og sterkari. Þá riðlast lagskipting sjávarins og næringarefni taka aftur að berast upp í yfirborðslagið. Meðan þetta er að gerast og áður en hitaskiptalagið hverfur getur plöntusvifið náð öðrum vaxtarkipp, svokölluðum *haustoppi*. Fjöldi lífvera í plöntusvifinu er þó alltaf miklu minni í haustoppinum en í vortoppinum. Á veturna blandast sjórinn og næringarefni hans eru að mestu jafnt dreifð frá yfirborði niður á botn. Á þessum árstíma er sólarbirtan þó svo lítil að svifþörungarnir ná ekki að fjölga sér að neinu marki.

Sjávarnytjar og sjálfbærni

Íslendingar eru meðal mestu fiskveiðipjóða í heimi og þeir hafa öldum saman byggt afkomu sína að talsverðu leyti á gjöfum fiskimiðum. Í hafinu við Ísland lifa um 280 tegundir fiska en aðeins tíundi hluti þeirra eru veiddar að einhverju marki og teljast til nytjafiska. Þorskur hefur um aldir verið helsti nytjafiskur Íslendinga, en auk hans má nefna botnfiskana ýsu, ufsa og karfa og uppsjávarfiskana loðnu og síld.

Árlegur afli á Íslandsmiðum hefur vaxið úr um 200 þúsund tonnum í upphafi 20. aldar í um 1,5 milljónir tonna að jafnaði á síðari árum. Miklar sveiflur eru í aflanum, bæði með tilliti til þeirra tegunda sem landað er og fjölda tonna af hverri tegund. Mestar sveiflur hafa verið í veiðum úr stofnum uppsjávarfiska, einkum loðnu og síldar, sem eru skammlífar tegundir og sýna meiri náttúrulegar sveiflur en botnfiskar.

Fiskveiðistefna Íslendinga byggist á *sjálfbærni*, það er að veiðar gangi ekki á nytjastofnana til langs tíma litið. Þess vegna hefur verið sett sú regla að afli úr hverjum stofni fari ekki yfir 20–25% af heildarstærð viðkomandi veiðistofns. Þrátt fyrir þetta hefur til dæmis þorskstofninn minnkað hægt og sígandi undanfarna áratugi en hann virðist þó vera að ná sér á strik um þessar mundir.

Loðnuskip að veiðum undan Snæfellsjökli. Árlega er tekið mið af niðurstöðum rannsóknna á loðnustofninum við ákvörðun á veiðikvóta.



Áhrif loftslagsbreytinga á lífríki hafsins

Á síðustu árum hefur veðurfar hlýnað um alla jörð og telja flestir að sú hlýnun stafi af umsvifum mannsins, einkum aukinni losun gróðurhúsalofttegunda. Lífríki Íslands og hafsins umhverfis það hefur líka orðið fyrir áhrifum af hlýnuninni.

Norðlægir fuglar hafa hörfað norður á bóginn og ætisskilyrði hafa versnað, að minnsta kosti um stundarsakir, fyrir marga sjófugla, til dæmis lunda og kríu, og stofnar þeirra hafa minnkað. Þá hefur þess orðið vart að ýmsir nytjafiskar, til dæmis skötuselur, ýsa og loðna, lifa nú norðar en áður vegna hlýnunar sjávar. Makrill er mikill nytjafiskur í Miðjarðarhafi, Svartahafi og í Norður-Atlantshafi allt norður til Noregs, en hér hefur hann aðeins verið flækingur. Hann veiddist fyrst hér við land árið 1895 en nú bregður svo við að hann veiðist í allmiklu magni í íslenskri lögsögu. Enginn vafi leikur á því að hlýnun sjávar hefur haft þau áhrif að hann færir sig upp að landinu.



Makrill er algengur hér við land þegar sjór er hlýr en sést varla þau ár þegar sjór er kaldur.

SJÁLFSPRÓF ÚR 2.5

- 1 Hver er meðalselta heimshafanna?
 - 2 Nefndu nokkrar ástæður fyrir því að selta hafanna er ekki alls staðar hin sama.
 - 3 Hvað er ísalt vatn?
 - 4 Gerðu stuttlega grein fyrir Golfstraumnum og áhrifum hans hér við land.
 - 5 Hvað er hitaskiptalag í hafinu og af hverju myndast það?
 - 6 Hvað er vortoppur og hausttoppur?
 - 7 Útskýrðu hugtakið sjálfbærni.
 - 8 Nefndu þrjá af mikilvægustu nytjafiskum Íslendinga.
 - 9 Nefndu fáein dæmi um breytingar á lífríki hafsins við Ísland vegna hlýnunar jarðar.
-  Allt frá því að höfin mynduðust á jörðinni hafa þau smám saman orðið saltari. Hver er ástæðan fyrir þessu?

Ósnortin náttúra í hættu



Skógar geta verið fagrir, hvort sem þeir eru ræktaðir eða náttúrulegir. Í ræktuðum skógum er lífríkið yfirleitt fábreyttara en í náttúrulegum skógum.

Minnkandi fjölbreytileiki

Líklegt er að á jörðinni lifi fleiri en tíu milljónir tegunda lífvera. Af þeim þekkjum við aðeins um tvær milljónir. Flestar tegundanna lifa í *höfunum* og í *frumskógum bitabeltisins*. Í sögu lífsins á jörðinni hafa nýjar tegundir stöðugt orðið til en aðrar hafa dáið út. Nú er það fyrst og fremst maðurinn sem stuðlar að *útrýmingu* tegunda lífvera og árlega fjölgar þeim tegundum sem hverfa úr lífríkinu af hans völdum.

Nú er náttúran nánast alls staðar mótuð af umsvifum mannsins. Þetta hefur haft þær afleiðingar að *líffræðileg fjölbreytni* minnkar, en það merkir að teg-

undum lífvera og búsvæðum hefur fækkað. Í vistkerfum náttúrunnar er afar flókið samspil milli lífvera og þar gegnir hver tegund sínu sérstaka hlutverki. Ef ein tegundin hverfur hefur það áhrif á hinar sem eftir verða. Áhrifin verða sjaldnast svo mikil að viðkomandi vistkerfi hrynni en það getur tekið miklum breytingum.

Fábreyttari skógar

Bæði hér á landi og í nálægum löndum eru skógar að miklu leyti *ræktaðir*. Þar sem nytjaskógar eru ræktaðir er öllum trjánum í hverjum skógi plantað á sama tíma og þeim er ætlað verða fullvaxin á sama tíma, að liðnum nokkrum áratugum. Í ræktuðum skógi sjást sjaldan fallnir trjábolir eða trjástubbar. Það merkir að búsvæðin verða fábreytilegri fyrir lífverurnar og þær lífverur, sem geta komist af í svo fábreyttu umhverfi, eru yfirleitt fáar. Í ræktuðum skógum lifa því *ferri tegundir* lífvera en í náttúrulegum skógi sem hefur fengið að vaxa upp án afskipta mannsins.



Þessi mynd er tekin í náttúrulegum og ósnortnum skógi á norrænum slóðum. Þar vaxa oftast margar tegundir trjáa hlið við hlið og fjöldi tegunda plantna og dýra er oft mjög mikill.

Vernd náttúrulegra skóga

Eins og áður hefur komið fram var mikill hluti Íslands vaxinn birkiskógi við landnám norrænna manna. Hann var í fyrstu höggvinn til þess að setja niður hús og fá akurlendi og síðan til eldiviðar og smíða. Þá gekk búsmali sjálfala í skógunum og þá komust ung tré aldrei á legg til að endurnýja skóginn því að sauðfé bítur ungplönturnar. Eyðing skóganna var mjög hröð og strax á 16. öld voru menn farnir að vara við henni. Ræktun trjáa og skóga hófst ekki á Íslandi fyrr en um aldamótin 1900 og um svipað leyti voru samþykkt lög á Alþingi Íslendinga um að friða helstu skógana sem þá voru enn til, þar á meðal Hallormsstaðaskóg.

Regnskógar hitabeltisins

Báðum megin við miðbaug jarðar vaxa regnskógar hitabeltisins og þar lifir mikill hluti allra tegunda lífvera. Regnskógarnir eru höggðir til þess að afla timburs eða til þess að skapa ræktarland og fá beitarland fyrir nautgripi og annan búpening. Þá hafa regnskógar líka eyðst vegna stíflumannvirkja í tengslum við raforkuver. Þá hverfa mikilvæg búsvæði og með þeim ótal tegundir.

Líffræðileg fjölbreytni er auðlind sem hefur margvíslegt gildi, meðal annars efnahagslegt. Mikilvæg *lyf* eru til dæmis unnin úr mörgum plöntum og sveppum. Líklegt er að í regnskógunum vaxi mikill fjöldi plantna sem gætu reynst þýðingarmiklar í framtíðinni. Ef þessum lífverum verður útrýmt munum við aldrei geta nýtt okkur eiginleika þeirra.

LÍF Í PRÓUN

**Áhrif beitar á gróðurfar**

Á síðustu áratugum hafa greinilegar breytingar orðið á gróðurfari víðs vegar um landið. Þessar breytingar tengjast því að sauðfé hefur verið fækkað og beitarálagið hefur því minnkað. Um og eftir miðja síðustu öld var beit mjög mikil og bithagar voru víða mjög illa farnir. Mikil beit rýrir gróðurþekjuna og landið verður viðkvæmara fyrir uppblæstri. Ýmsar tegundir plantna hættu að sjást í bithögum því að sauðféð hélt þeim niðri. Þegar beit minnkaði gátu margar þessara plantna náð sér á strik á ný. Víða um landið má nú sjá gamla bithaga sem eru vaxnir gróskumiklum blómjurtum, til dæmis ætíhvönn og blágresi, beitleyngi, gulvíði og fleiri lyngtegundum.

Landbúnaður – frá fjölbreytni til fábreytni

Gróðurfarið hefur líka breyst í sveitum þar sem ræktað land er nýtt til heyöflunar og kornræktar. Ræktuð tún eru yfirleitt með fáum gras- tegundum og yfirleitt eru þær mun hávaxnari en þær sem áður voru nýttar. Túnin eru nú orðin mun stærri en áður var, því að þannig nýtast stórar dráttarvélar og hevvinnuvélar betur. Kornrækt hefur vaxið hröðum skrefum hér á landi en bygg er eina tegundin sem er ræktuð í stórum stíl. Ræktað land til sveita einkennist því yfirleitt af fábreytni og stórum flæmum þar sem búið er að ryðja burt gördum og girðingum sem skiptu þessum löndum yfirleitt niður í litlar skákir áður fyrr. Í sumum tilvikum er um hreina *einrækt* að ræða, til dæmis á byggökum, og á túnunum er oft sáð aðeins einni grastegund eða tveimur. Þetta verður líka til þess að færri dýr þrífast á þessum ræktuðu spildum en þar sem fjölbreytnin er meiri.

Á ræktuðu landi vex oft aðeins ein tegund. Myndin sýnir byggakur á Þorvaldseyri undir Eyjafjöllum.





Við kóralrifin í heitum sjó er yfirleitt gríðarlega mikið og fjölbreytt lífríki. Nú er þessum vistkerfum ógnað af ofveiði, eiturefnum í sjó og loftslagsbreytingum.

Lífríki hafanna er í hættu

Kóralrifin í heitum höfum einkennast af einstaklega mörgum tegundum þörungum og dýra. Mörg þessara svæða eru nú í hættu. Olía og eiturefni, sem berast út í sjó, geta verið banvæn fyrir kóraldýrin og kippt þannig fótunum undan þessum tegundaríku vistkerfum. Umsvif manna, til dæmis tínsla þvottasvampa við kóralrifin, geta líka haft bein áhrif á afkomu þessara vistkerfa. Enn meiri ógn stafar þó af því að höfin eru að hlýna og það skaðar kóralrifin.

Árósar og grunnsævi við strendur eru mikilvæg svæði fyrir marga fiska sem hrygna þar og seiðin alast þar upp. Þar eru yfirleitt ríkuleg næringarefni og þar verður gróskumikið lífríki. Víða um heim finnst olía á grunnsævi. Þegar borað er eftir henni steðjar mikil hætta að lífríkinu þar. Jafnvel lítill olíuleki getur stórskaðað lífríkið á stóru svæði og hrygning fiska getur misfarist ef illa fer. Árið 2010 olli mikill olíuleki úr borholu á botni Mexíkóflóa gríðarlegum skaða á lífríki þessa hafsvæðis. Þetta er eitt alvarlegasta mengunarslys sögunnar.

SJÁLFSPRÓF ÚR 2.6

- 1 Hversu margar tegundir lífvera er líklegt að lifi á jörðinni?
- 2 Nefndu nokkur vistkerfi þar sem líffræðileg fjölbreytni er mikil.
- 3 Hvers vegna lifa fleiri tegundir lífvera í náttúrulegum skógi en ræktuðum?
- 4 Hvenær voru sett lög um friðun skóga á Íslandi?
- 5 Hvers vegna eru regnskógar jarðar höggvænir í svo miklum mæli sem raun ber vitni?
- 6 Gerðu stuttlega grein fyrir áhrifum beitar á gróðurfar.
- 7 Hvað er átt við þegar talað er um einrækt í landbúnaði?
- 8 Hvað er það sem helst ógnar lífríki kóralrifanna í höfunum?
- 9 Hvers vegna eru árósar og grunnsævi mikilvæg svæði fyrir fiska sjávarins?



Skógareldar geta, þótt undarlegt megi virðast, aukið líffræðilega fjölbreytni. Útskýrðu hvernig á því stendur.

SAMANTEKT

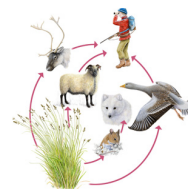
2.1

Samspilið í náttúrunni

- Vistfræði fjallar um tengslin milli lífvera og tengsl þeirra við umhverfi sitt.
- Vistkerfi nær til allra lífvera sem lifa á afmörkuðu svæði og tekur líka til ólífrænnna þátta í umhverfi þeirra. Berggrunnur, hitastig, vindur, sólargeislun og fjöldi annarra þátta hafa áhrif á lífið í hverju vistkerfi.
- Allar lífverur af sömu tegund, sem lifa í sama vistkerfi, kallast einu nafni stofn.
- Allar tegundir lífvera í tilteknu vistkerfi mynda líffélag. Það skiptist í gróður- og dýrasamfélag.
- Í hverju vistkerfi eru allar lífverur háðar hver annarri og þær mynda fæðuvef.
- Í öllum vistkerfum ríkir samkeppni um fæðu, staði til að lifa á og um maka.
- Þeir einstaklingar, sem spjara sig best í lífsbaráttunni, eru líklegir til að koma upp fleiri afkvæmum en hinir. Þetta kallast náttúruval.
- Í vistkerfi næst oft jafnvægi innan hvernar tegundar lífvera þegar stofn hennar hefur náð tiltekinni stærð. Jafnvægi næst líka milli mismunandi tegunda.
- Jafnvægið raskast í sífellu vegna náttúrulegra ástæðna. Sjúkdómar geta til dæmis fækkað dýrum af tiltekinni tegund.
- Maðurinn hefur æ meiri áhrif á umhverfi sitt og jafnvægið í náttúrunni. Við útrýmum tegundum lífvera á sumum svæðum og flytjum lífverur til heimshluta þar sem þessar lífverur lifðu ekki áður.
- Samkeppnin milli lífvera veldur aðlögun hjá þeim og þær sérhæfast að tilteknu umhverfi. Hver tegund gegnir sérstöku hlutverki í vistkerfinu og það hlutverk kallast vistfræðilegur sess. Sess lífveru nær líka til þess svæðis sem hún nýtir og samskipta hennar við aðrar lífverur.
- Lífverur laga sig stöðugt að umhverfi sínu, einkum að þáttum á borð við kulda, þurrk eða vind. Aðlögunin hefur mikil áhrif á útlit lífveranna.



Afmærkað vistkerfi.



Fæðuvefur.



Lífsbaráttan er hörð.



Gíraffi og sebrahestur skipa mismunandi sessa.



Beit hefur áhrif á gróðurfar.

2.2

Skógar á Íslandi

- Ísland er í kaldtempraða beltinu og er í reynd hluti af barrskógabeltinu. Á þessu svæði eru vetur kaldir en sumrin fremur hlý.
- Ísöldinni lauk fyrir um tíu þúsund árum og þá kom Ísland gróðurlaust undan ísnum. Birkir varð sú trjátegund sem myndaði skóga hér á landi.
- Búseta manna hafði fljótt mikil áhrif á gróðurfar landsins. Menn ruddu skóg til að setja niður hús sín, tún og akra. Mikil beit kom í veg fyrir endurnýjun skógarins og hann lét mjög fljótt á sjá. Í kjölfarið varð mikill uppblástur og annar gróður eyddist líka að miklu leyti.
- Um aldamótin 1900 fóru Íslendingar að huga að friðun þeirra skóga sem enn tórðu og fyrstu tilraunir til að rækta skóg hófust um svipað leyti. Menn ræktuðu birki en einnig var flutt inn fræ af erlendum barr- og lauftrjám og tilraunir gerðar til að rækta þau. Nú er plantað um fimm milljónum trjáa ár hvert á landinu.

SAMANTEKT

2.3

Helstu gróðurlendi

- Gróðurlendi er samheiti yfir tiltekið landsvæði þar sem gróður er alls staðar svipaður, til dæmis í skóglendi eða graslendi.
- Blóm- og graslendi eru einkum þar sem raki er miðlungi mikill, en votlendi er þar sem raki er mikill.
- Birkiskógar þekja nú aðeins rúmlega einn hundraðshluta Íslands.
- Mólendi er dæmigert gróðurlendi á þurru landi þar sem beit er mikil. Það er yfirleitt þýft.
- Votlendi er þar sem jarðvatn nær upp undir eða upp fyrir yfirborð jarðvegsins.



Myrlandi.

2.4

Stöðuvötn

- Stöðuvötnum er einkum skipt í næringarrík og næringarsnauð vötn.
- Dragavötn myndast af ám og lækjum sem falla á yfirborði jarðar, en í lindavötnin kemur vatn úr neðanjarðarlindum og uppsprettum.
- Lindavötn eru yfirleitt næringarrík og eru einkum á eldvirkum svæðum Íslands. Bæði Mývatn og Þingvallavatn eru lindavötn.
- Á sumrin hitar sólin vatn í stöðuvötnum. Yfirborð vatnanna verður heitast og flýtur því ofan á kaldara vatninu. Þar sem veðurfar er tiltölulega kyrrt myndast tvö lög í vatninu.

Næringarríkt
stöðuvatn.

2.5

Hafið — stærsta vistkerfið

- Selta hafanna er að meðaltali 3,5%. Þar eð salt vatn er þyngra en ferskt getur sjórinn orðið lagskiptur.
- Golfstraumurinn er hafstraumur sem flytur varma sunnan úr heitum höfum til norðlægra og kaldra svæða, meðal annars til Íslands.
- Ísland stendur á neðansjávarhásléttu og þar mætast margir hafstraumar sem bera stöðugt að gnægð næringarefna.
- Í hafinu er plöntusvifið í hámarki tvisvar á ári; á vorin (vortoppur) og á haustin (hausttoppur). Þetta stafar af blöndun næringarefnanna.



Marglytta.

2.6

Ósnortin náttúra í hættu

- Maðurinn stuðlar að útrýmingu margra tegunda lífvera, meðal annars með því að höggva náttúrulega skóga og með því að taka land til ræktunar og rækta þar eina eða mjög fáar tegundir.
- Allar tegundir lífvera í lífríkinu eru hver annarri háðar og þess vegna er erfitt að sjá fyrir hvaða afleiðingar það hefur ef tegundir lífvera hverfa.
- Regnskógar og kóralrif hitabeltisins eru þau svæði þar sem flestar tegundir lífvera þrífast.



Einrækt.



Lífnaðarhættir okkar hafa breyst ótrúlega mikið síðustu hundrað árin, og þær breytingar eru ekki allar til bóta. Óheppilegar afleiðingar þessara breytinga eru til dæmis umhverfisvandi sem stafar af mikilli orkunotkun.

- að þéttbýlisstaðir eru líka vistkerfi
- að við notum tífalt meira af náttúruauðlindum nú en fyrir hundrað árum
- að gróðurhúsaáhrifin geta hugsanlega valdið því að vetur verða mildari og sumrin votviðrasamari hér á landi en áður
- að ósonlagið verndar okkur gegn skaðlegri geislun
- að eiturefni í náttúrunni geta dreifst um alla jörðina
- að súrt regn og ofauðgun er víða vandamál



Ljósmengun frá þéttbýli og vegum er svo mikil að gervihnettir geta mælt hana sem varma utan úr geimnum.

3 Umhverfi okkar

Við verðum að leysa umhverfisvandamálin

Umhverfisvandamál eru mörg tilkomin vegna þess að við umgöngumst náttúruna ekki á réttan hátt. Lífnaðarhættir mannsins hafa breyst meira frá því um miðja 20. öldina en á nokkrum öðrum tíma í sögu mannkynsins. Vegna þess að við berum sjálf ábyrgð á mörgum helstu umhverfisvandamálum sem blasa við okkur verðum við líka að reyna að leysa þau. Vandamálin eru mörg og erfið, en við eigum að geta leyst þau – bæði með breyttum lífsháttum hvers og eins okkar og með alþjóðlegum samningum.

- 1 Getur þú nefnt alvarleg umhverfisvandamál sem mannkynið stendur frammi fyrir?
- 2 Hvers vegna heldur þú að við höldum áfram að dreifa eitri í náttúrunni þótt við vitum vel hversu hættuleg þau eru?
- 3 Hvað gerir þú til þess að reyna að draga úr umhverfisvandamálum?

EFNI KAFLANS

- 3.1 Vistkerfi mannsins
- 3.2 Gróðurhúsaáhrifin valda hlýnun jarðar
í BRENNIDEPLI: Loftslagsbreytingar
- 3.3 Ósonlagið
- 3.4 Loftmengun
- 3.5 Ofauðgun vatns og lands
- 3.6 Umhverfiseitur og úrgangur
- 3.7 Lausnir í sjónmáli

Þéttbýlisstaður er líka vistkerfi

Oft er sagt að við sem lifum í nútímasamfélögum séum orðin svo fjarlæg náttúrunni að við berum ekki lengur skynbragð á það hvernig hún verkar. Margt fólk býr í stórborgum og skynjar hvorki skóga, vötn né haf á sama hátt og fólk gerði áður fyrr.

Þéttbýlisstaðir eru að vissu leyti hluti náttúrunnar. Vissulega höfum við umbreytt flestum hlutum til þess að auðvelda okkur lífið – við höfum reist okkur hlý hús með rennandi vatni og frárennsli. Við höfum líka reist verksmiðjur og verslanir sem sjá okkur fyrir flestum vörum og við höfum lagt vegi til þess að geta flutt vörurnar og ferðast milli staða.

Við getum lýst nútímasamfélagi sem *vistkerfi* þar sem maðurinn er miðdepillinn. Og eins og í öðrum vistkerfum getum við bent á tiltekin *efni* sem fara eftir mismunandi hringrásum og það þarf mikla *orku* til þess að knýja þessar hringrásir.

Allar vörur, sem við notum, hafa á einn eða annan hátt áhrif á umhverfið. Bæði þegar þær eru framleiddar, fluttar, notaðar og þegar þær eru komnar í ruslið.



Aukin neysla hefur áhrif á umhverfið

Maðurinn notar í vistkerfum sínum sífellt fleiri vörur og æ meira af þeim. Til að geta framleitt allar þessar vörur höfum við tífaldað nýtingu okkar á *náttúruauðlindum* frá því sem var í upphafi tuttugustu aldar. Við vinnum málma og kol, dælum upp olíu og gasi, tökum nýtt land til ræktunar og höggvum skóga í ríkari mæli en nokkru sinni fyrr í sögu mannkynsins.

Þegar við vinnum hráefnin í náttúrunni og framleiðum hluti úr þeim verður umhverfið fyrir skaðlegum áhrifum. Önnur vandamál geta líka skapast þegar við flytjum og notum vörurnar og þegar við þurfum að losna við þær. Við sem lifum í auðugustu þjóðfélögunum sóum mestu á jörðinni. Sá fimmti hluti mannkyns, sem er auðugastur, ber ábyrgð á 80% af allri neyslunni og notar 80% af öllum náttúruauðlindum jarðar. Sá fimmti hluti mannkyns, sem er fátækastur, notar aðeins 1% af auðlindunum.

Auknir flutningar og lengri flutningar

Við þurfum að flytja allar vörur og því meira sem við viljum fá af vörum þeim mun meiri verða flutningarnir. Við erum nú orðin von því að alls kyns grænmeti og ávextir séu á boðstólum árið um kring. Eplin geta til dæmis verið frá Argentínu eða Nýja-Sjálandi. Vörur á borð við kaffi, te, kíví og mangó eru líka fluttar um óravegu.

En það eru ekki aðeins vörurnar sem fara sífellt lengri leiðir. Við sjálf ferðumst sem aldrei fyrr. Í Svíþjóð hefur það verið rannsakað og reiknað að í upphafi tuttugustu aldar hafi hver Svíi ferðast að meðaltali 400 metra á dag en nú fer hann um 40 kílómetra að meðaltali á dag.



Umferð bíla og flugvéla eykst mjög hratt

í öllum heiminum. Það eykur losun mengandi efna út í andrúmsloftið og veldur umferðaröngþveiti, bæði á vegum og í lofti.

Hreinni bruni og hagkvæmari flutningur

Öllum flutningum fylgir einhver mengun. Útblástur frá farartækjum, sem ganga fyrir olíu, bensíni eða steinolíu, skapar margs konar umhverfisvandamál. Það er því mikilvægt skref í baráttunni gegn umhverfisvandinum að smíða vélar þar sem bruninn er hreinni og flytja vörur á hagkvæmari hátt en nú er gert.

Rafknúnar járnbrautarlestir, sporvagnar og neðanjarðarlestir eru bæði vistvænni og hagkvæmari en þær hefðbundnu. Á Íslandi er hægt að gera margt til þess að gera flutninga vistvænni og hagkvæmari en þeir eru nú. Fólk ætti frekar að kaupa sparneytna bíla, nota almenningsamgöngur eða samnýta bíla meira en nú er gert.

ÍTAREFNI

Bara venjulegur sófi

Ósköp venjulegur sófi er gott dæmi um það hvernig hversdagslegur hlutur getur skapað margvíslegan umhverfisvanda. Í sófum er oft svampur úr gerviefnum, grind úr tré, spónaplötur, pappi og krossviður. Í áklæðinu er bómuill og ýmiss konar plastefni. Í honum geta verið gormar og fjaðrir úr málm og lým, málning og lökk og ýmis önnur sérvirk efni. Við framleiðslu allra þessara hluta og efna hefur þurft orku og við framleiðsluna hafa mengandi efni losnað út í andrúmsloftið.

Íhlutir í sófann hafa svo verið fluttir frá ýmsum heimshornum til húsgagnaverksmiðjunnar. Þeim flutningum fylgir losun koltvíoxíðs og annarra mengandi efna. Loks þarf að flytja sófann frá verksmiðjunni til húsgagnaverslunarinnar og síðan til kaupandans. Að lokum hafnar hann í sorpinu. Sum plastefni og sumir málmar í sófanum brotna aldrei niður í náttúrunni. Einn stakur sófi veldur engu umhverfisslysi en hundruð þúsunda sófa skilja eftir sig ummerki í umhverfinu. Allir heimsins sófar eru þó aðeins lítið brot af þeim umhverfisvanda sem við er að glíma á okkar dögum.





Mikil olía er unnin úr jörðu á oliuborpöllum á hafi úti. Áður en unnt er að dæla oliunni upp verður að brenna gasinu sem streymir upp úr borholunni.

Jarðefnaeldsneyti er helsti orkugjafi nútímans

Fram á miðja 18. öld notaði mannkynið aðeins fáa orkugjafa. *Vindurinn* knúði seglskip og vindmyllur, *vatnsaflíð* knúði sagir og kornmyllur. *Viður* úr skóginum og *mór* úr mýrum gaf til dæmis varma og ljós.

Skömmu fyrir aldamótin 1800 tóku menn að nota nýja orkugjafa. *Kol* voru meðal annars notuð til þess að knýja gufuvélar. Í lok 19. aldar fundu menn upp sprengihreyfilinn og þá hentaði að nota eldsneyti sem var unnið úr *jarðolíu*, til dæmis bensín eða dísilolíu.

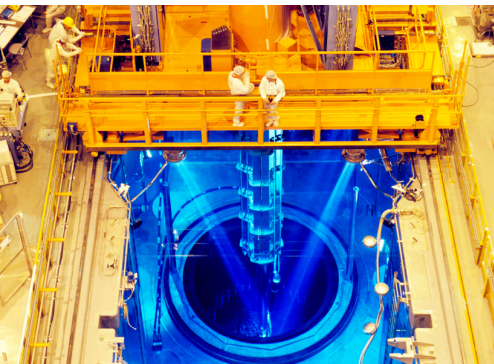
Kol, olía og jarðgas kallast einu nafni *jarðefnaeldsneyti*. Þetta eru leifar lífvera sem lifðu fyrir tugum milljónum ára. Þegar við brennum þessu eldsneyti skapast margvísleg umhverfisvandamál. Vinnsla og flutningur olíu og kola geta líka valdið umhverfisspjöllum.

Orkunotkunin hefur aukist stórkostlega í heiminum síðustu tvær aldirnar. Mesti hluti orkunnar hefur fengist úr jarðefnaeldsneyti. En þrátt fyrir að nýjar olíulindir og kolanámur finnist stöðugt kemur að því að þessar auðlindir þrýtur. Þær eru ekki endurnýjanlegar þannig að við verðum að finna nýja orkugjafa í stað þeirra. Þau vandamál, sem fylgja notkun þeirra, þrýsta líka á að nýir orkugjafar finnist sem geta komið í staðinn.

Kjarnorka til raforkuframleiðslu

Fyrsta kjarnorkuverið var byggt skömmu eftir 1950 og nú eru alls um 440 kjarnorkuver í heiminum. Í sumum löndum er talsvert mikill hluti raforku framleiddur með kjarnorku. Árið 2005 voru um 15% raforku jarðar framleidd með kjarnorku. Eldsneytið í kjarnorkuverum er *úran*. Þegar kjarnar úranfrumeindanna klofna losnar mikil orka úr læðingi sem er notuð til þess að framleiða raforku. Um leið verður til mikil *geislun* sem er stórhættuleg. Þess vegna verður að einangra kjarnaofninn, þar sem úrankjarnarnir klofna, með þykkum veggjum úr stáli og steinsteypu.

Yfirleitt er engin mengandi losun frá kjarnorkuverum, en ef eitthvað fer úrskaiðis í þeim og geislavirk efni losna út í andrúmsloftið er mikil hætta á ferðum. Í kjarnorkuverum fellur alltaf til geislavirkur úrgangur og hann skapar mikinn vanda. Úrganginn þarf að geyma í traustum geymslum því að geislavirknin verður hættuleg öllu lífi í tugi þúsunda ára.



Enginn reykur kemur frá kjarnorkuverum en geislunin getur verið lífshættuleg.

Endurnýjanlegir orkugjafar

Nú er brýnt að nota nýja orkugjafa í stað þeirra hefðbundnu sem ganga til þurrðar. Þessir nýju orkugjafar eru endurnýjanlegir og meðal þeirra eru *lífrænt eldsneyti* (sem kalla mætti líf-eldsneyti), svo sem viður, etanól, lífdísilolía og lífgas (metan-gas). Við höfum lengi notað endurnýjanlega orkugjafa, svo sem vatnsafl, vindorku, jarðvarma og sólarorku, en þessir orkugjafar hafa ekki vegið þungt í heildarorkunotkun mann-kyns.

Endurnýjanlegir orkugjafar valda ekki jafn miklum umhverfisskaða og jarðefnaeldsneyti gerir. Lífeldsneyti stuðlar til dæmis ekki jafn mikið að gróðurhúsaáhrifum og jarðefna-eldsneyti, því að lífeldsneyti verður til við ljóstillífum þar sem koltvíoxíð binst í lífrænt efni.

Rekstri vatnsorkuvera fylgir einhver losun koltvíoxíðs, en hún er miklu minni en þegar jarðefnaeldsneyti er brennt. Í uppistöðulónum vatnsorkuvera verður talsverð rotnun og henni fylgir losun koltvíoxíðs. Vatnsorkuver geta líka haft skaðleg áhrif á lífríki þeirra vatnsfalla sem eru virkjuð og mikið og verðmætt land fer víða undir lón. Á Íslandi er talið að um helmingur nýtanlegrar vatnsorku hafi verið beislaður.

Víða um heim leita menn leiða til þess að auka hlutdeild endurnýjanlegra orkugjafa í orkunotkuninni. Einkum er aukin áhersla lögð á nýtingu sólarorku, jarðvarma og vindorku, en aðrir kostir eru líka til athugunar, til dæmis sjávarfallavirkjanir.



Endurnýjanlegir orkugjafar, til dæmis vindurinn, geta séð okkur fyrir hluta þeirrar orku sem við þurfum á að halda án þess að því fylgi skaðleg áhrif á umhverfið.

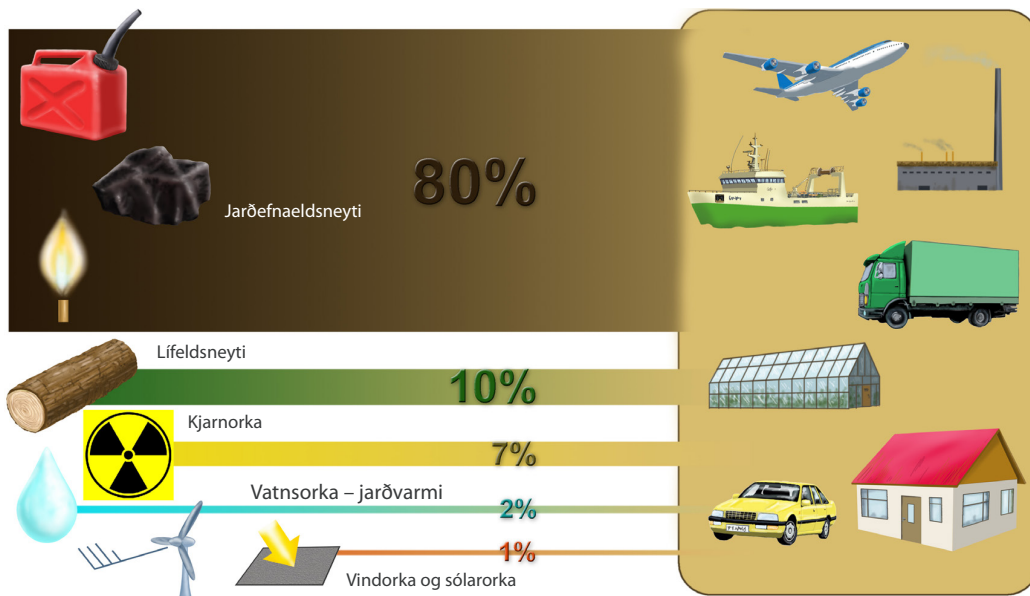
ÍTAREFNI

Kjarnorkuslys

Slysið í kjarnorkuverinu í Tsjernobyl í Úkraínu árið 1986 er alvarlegasta slys sem hefur orðið í kjarnorkuveri. Það varð vegna mannlegra mistaka og bilana í tækjabúnaði. Geislavirk efni frá Tsjernobyl dreifðust víða og höfðu alvarleg áhrif á lífríkið á stóru svæði, margir létust og aðrir biðu mikið heilsutjón.

Í kjölfar mikils jarðskjálfta þann 11. mars árið 2011 varð annað mjög alvarlegt kjarnorkuslys. Það varð í kjarnorkuveri í Fukushima í Japan eftir að mikil flóðbylgja reið yfir og olli skemmdum á verinu og eyðilagði allt á stóru svæði umhverfis verið. Miklar sprengingar urðu í kjarnorkuverinu og eldar kviknuðu og erfiðlega gekk að ráða við bilun á kælibúnaði í kjarnakljúfum versins. Ekki er gott að segja hverjar afleiðingar Fukushima-slyssins verða fyrir heilsufar og umhverfi en það skýrist á næstu árum. Slysið í Fukushima hefur hins vegar víða vakið upp deilur um nýtingu kjarnorku, meðal annars til raforkuframleiðslu, enda er mikið í húfi ef slys verða og geislavirk efni sleppa út í umhverfið. Ögnir vegna kjarnorkuknúinna skipa eru líka í umræðunni en slík skip, meðal annars, kaþbátar sigla víða, þar á meðal í grennd við Ísland.

Mestur hluti orkunnar er notaður í iðnaði, á heimilum og í þjónustugreinum. Samgöngutæki krefjast líka mikillar orku.



Um það bil 80% af þeirri orku, sem er notuð í heiminum, er fengin með því að brenna jarðefnaeldsneyti. Nú fæst innan við 1% orkunnar frá vindorkuverum og sólarorkuverum.

Vandi alls heimsins

Orku- og umhverfisvandamálin koma öllum jarðarbúum við. Við sem tilheyrum ríku þjóðunum notum mestan hluta orkunnar og meginhluta auðlindanna, en umhverfisvandinn bitnar á öllum íbúum jarðar.

Fátækar þjóðir heims geta tæpast bætt lífskjör þegna sinna nema með aukinni orkunotkun. Það er mat sérfræðinga Sameinuðu þjóðanna að íbúar ríku þjóðanna verði að draga úr orkunotkun sinni og minnka hana um allt að helming til þess að fátæku þjóðirnar fái tækifæri til þess að bæta lífskjör sín. Flestir eru á einu máli um nauðsyn þessa, en þeir eru mun færri sem vilja leggja eitthvað á sig til þess að af þessu geti orðið.

Öll orkan, sem við notum, losnar fyrir eða síðar út í geiminn með geislun. Þessi gervihnattamynd sýnir vel hvar orkunotkunin er mest.



Því meira, þeim mun betra?

Lífsskjör í okkar heimshluta hafa batnað að mörgu leyti vegna þess að við höfum nýtt náttúruauðlindir okkar æ meira og orkunotkun hefur vaxið hröðum skrefum. Ekki er þó unnt að fullyrða að enn meira framboð af vörum – sem krefst enn meira hráefnis, flutninga og orku með tilheyrandi úrgangi – færi okkur endilega meiri lífshamingju.

Okkur ber líka skylda til þess að velta því fyrir okkur hvernig lífi við viljum lifa. Viljum við hafa hrein og ómengduð stöðuvötn og höf og lifandi og heilbrigða skóga? Viljum við sleppa eiturefnum og úrgangi út í umhverfið? Er það ósk okkar að meðbræður okkar í öðrum löndum og komandi kynslóðir lifi mannsæmandi og góðu lífi? Þá hljótum við að ígrunda það hvort „meira“ þýði virkilega alltaf það sama og „betra“.



Orkunotkun og einkaneysla er í flestum löndum miklu minni en hjá okkur.

SJÁLFSPRÓF ÚR 3.1

- 1 Í ríku þjóðfélögunum búa um 20% af íbúum jarðar. Undir hversu miklum hluta neyslunnar stendur þessi fimmtungur jarðarbúa?
- 2 Hvers vegna er það heppilegra fyrir umhverfið að við hér á Íslandi borðum íslenskt nautakjöt en ekki nautakjöt sem hefur verið flutt til dæmis frá Argentínu?
- 3 Hversu mikill hluti orkunnar, sem við notum nú, er fenginn:
 - a) með brennslu jarðefnaeldsneytis?
 - b) frá endurnýjanlegum orkugjöfum?
- 4 Nefndu dæmi um nokkrar vörutegundir sem þú notar oft og hafa verið fluttar um langan veg.
- 5 Hvaða eldsneyti er jarðefnaeldsneyti?
- 6 Hvaða orkugjafi gæti komið í stað bensíns á bíla okkar?
- 7 Af hverju er nauðsynlegt að breyta stefnunni í orkunotkun jarðarbúa?
- 8 Orkunotkunin er vandi sem varðar alla jarðarbúa. Útskýrðu þessa fullyrðingu.



Lýstu því hvernig þú getur orðið vistvænni í þínu daglega lífi.

gróðurhúsaáhrifin ...

3.2

Gróðurhúsaáhrifin valda hlýnun jarðar



Geislar sólar hita jörðina. Hluti þess varma, sem jörðin geislar frá sér, verður eftir í lofthjúpnunum. Það eru því gróðurhúsaáhrifin sem halda jörðinni hlýrri.

Í lofthjúpi jarðar er koltvíoxíð

Lofthjúpur jarðar var í upphafi svipaður því sem hann er nú á reiki-stjörnunni Venusi. Lofthjúpur Venusar er að mestu leyti koltvíoxíð. Lofthjúpur jarðar tók hins vegar að breytast um leið og lífið kviknaði á jörðinni. Ljóstíllífandi lífverur hafa smám saman valdið því að styrkur *koltvíoxíðs* minnkaði samhliða því að styrkur *súrefnis* jókst. Mikill hluti þess koltvíoxíðs, sem var í lofthjúpi jarðar í árdaga hennar, er nú geymdur í kolum, olíu og gasi djúpt í jörðu.

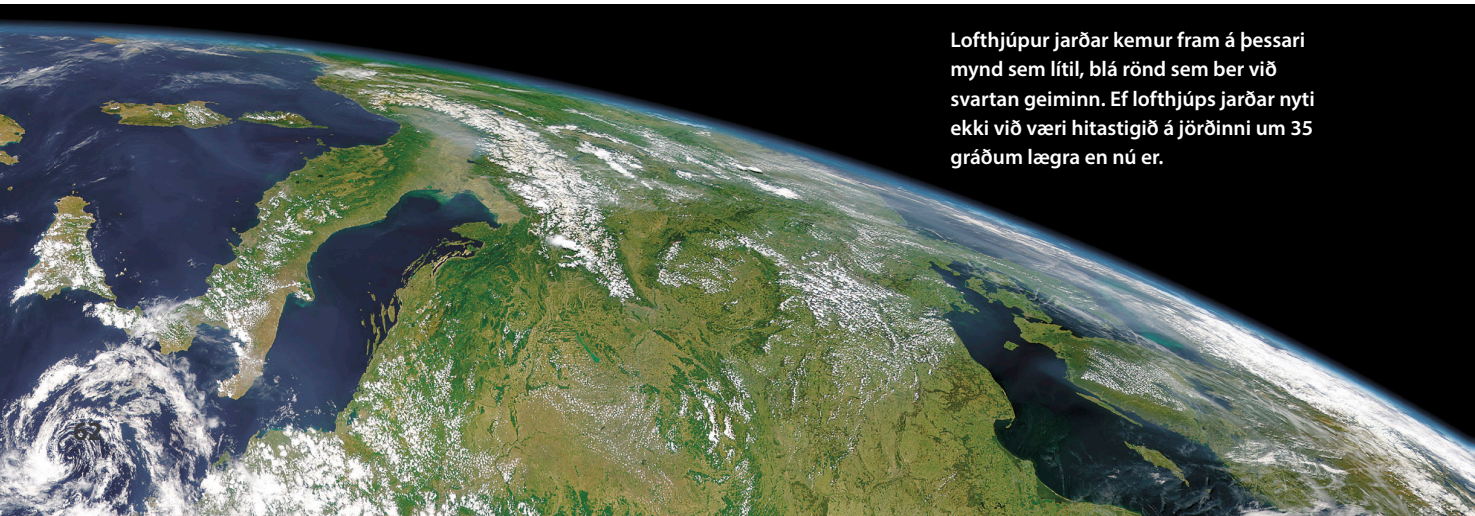
Styrkur koltvíoxíðs í lofthjúpnunum ræðst líka af því hve mikill *bruni* á sér stað á jörðinni. Koltvíoxíð myndast við allan bruna.

Jörðin er lífvænleg vegna gróðurhúsaáhrifanna

Koltvíoxíðið í lofthjúpnunum er lífsnauðsynlegt fyrir lífið á jörðinni. Þessi lofttegund hleypir gegnum sig sólargeislunum, en sleppir ekki út aftur öllum varmanum sem jörðin geislar frá sér. Varminn helst að hluta í lofthjúpnunum. Við getum líkt þessu við rúðurnar í gróðurhúsi – sólarljósið kemst inn, en varminn kemst ekki út nema að litlu leyti. Koltvíoxíðið varnar því að allur varminn fari sem geislar út í geiminn og því tölum við um *gróðurhúsaáhrif*.

Við getum þakkað það gróðurhúsaáhrifunum að meðalhitinn á jörðinni er +15 °C, en án þeirra væri meðalhitinn 35 gráðum lægri og ekkert líf gæti þrífist, að minnsta kosti ekki í þeirri mynd sem við þekkjum.

Lofttegundir, sem stuðla að því að halda varmanum í lofthjúpnunum, kallast gróðurhúsalofttegundir. Koltvíoxíð er áhrifamesta gróðurhúsalofttegundin. Af öðrum gróðurhúsalofttegundum má nefna óson, nituroxíð, metan, freon og vatnsgufu.



Lofthjúpur jarðar kemur fram á þessari mynd sem lítil, blá rönd sem ber við svartan geiminn. Ef lofthjúps jarðar nyti ekki við væri hitastigið á jörðinni um 35 gráðum lægra en nú er.

Bruni jarðefnaeldsneytis eykur styrk koltvíoxíðs

Síðustu tvær aldirnar hefur styrkur koltvíoxíðs í loftgjúpnnum aukist. Þetta stafar fyrst og fremst af því að við brennum gríðarlegu magni af jarðefnaeldsneyti, fyrst og fremst kolum, olíu og gasi. Við brunann losnar út í andrúmsloftið það koltvíoxíð sem plöntur og aðrar lífverur bundu með ljóstillífun á tugum milljóna ára.

Það bætir ekki úr skák að við höggvum nú miklu meira af skógi en vex upp í staðinn. Þess vegna verða færri tré til þess að binda koltvíoxíð með ljóstillífun og styrkur koltvíoxíðs eykst því enn frekar.

Breytingar á veðurfari

Eftir því sem styrkur koltvíoxíðs eykst í loftgjúpnnum þeim mun meiri verða *gróðurhúsaáhrifin*. Þetta veldur því að jörðin hlýnar og það hefur áhrif á veðurfarið. Síðasti áratugur tuttugustu aldar var heitasti áratugurinn í margar aldir. Vísindamenn telja að meðalhiti á jörðinni geti hækkað um eina til fimm gráður fram til ársins 2100.

Ef veðurfar á jörðu hlýnar rís sjávarborðið. Sumpart er það vegna þess að jöklar og ísbreiður heimskautanna bráðna og að hluta vegna þess að vatn sjávarins þenst út þegar það hitnar. Talsverður hluti jarðarbúa býr við strendurnar og því getur farið svo að milljónir manna neyðist til þess að flytja sig um set.

Vísindamenn hafa nýlega uppgötvað að aukinn styrkur koltvíoxíðs í andrúmslofti veldur því að efstu lög sjávar súrna. Þetta getur haft mjög alvarlegar afleiðingar fyrir lífríki hafsins.

Aukin gróðurhúsaáhrif og hlýnun jarðar geta líka valdið því að meiri öfgar verði í veðráttunni. Þurrustu svæði jarðar geta orðið enn þurrari og úrkoma getur aukist þar sem hún er mikil fyrir. Það eykur líkur á enn frekari hungursneyð í Afríku og víðar og flóð og tilheyrandi hörmungar geta orðið enn tíðari í Asíu.

Ekki fer á milli mála að veðráttan á Íslandi hefur verið mjög mild síðustu árin og það kemur meðal annars fram í því að flestir jöklar hafa hopað hratt síðustu áratugi. Þá sýna rannsóknir að birki vex nú ofar í hlíðum en fyrr (skógarmörkin hækka), skilyrði hafa batnað fyrir margvíslegar plöntutegundir og kornrækt gengur betur en fyrr.

Fárviðri geta orðið tíðari ef hlýnar í veðri. Hér er fólk á flóttu undan hamförum hitabeltisstorms.



Strætisvagnar geta gengið fyrir öðru eldsneyti en olíu, til dæmis metani og vetni.



Nýir orkugjafar í stað jarðefnaeldsneytis

Því miður eru ekki þekktar neinar aðferðir til þess að fjarlægja það koltvíoxíð sem myndast við bruna jarðefnaeldsneytis. Þegar við notum bensín á bíla eða kol eða olíu í iðjuverum getum við ekki komið í veg fyrir að koltvíoxíð losni út í andrúmsloftið.

Eini kosturinn er því að draga úr notkun jarðefnaeldsneytis. Það er meðal annars hægt með því að nota léttari og sparneytnari bíla eða með því að velja vistvænni orkugjafa. Lífrænt eldsneyti, til dæmis viður, etanól eða lífgas, hafa þann kost að við bruna þess losnar ekki meira koltvíoxíð en binst í þeim plöntum sem vaxa upp í staðinn. Hér er gengið út frá því að ræktun lífræns eldsneytis verði *sjálfbær*. Það merkir að nýjar plöntur koma ætíð í stað þeirra sem eru notaðar sem eldsneyti. Með þessu móti er tryggt að gróðurhúsaáhrifin aukast ekki við bruna lífræns eldsneytis.

Á Íslandi ganga nokkrir bílar nú þegar fyrir rafmagni, metani og vetni. Mestar vonir eru þó bundnar við rafbílavæðinguna og tækninni við framleiðslu rafgeyma hefur fleygt fram á síðustu árum.

ÍTAREFNI



Agnir og lofttegundir sem kæla jörðina

Sótagnir og brennisteinsoxíð og fleiri lofttegundir geta unnið gegn gróðurhúsaáhrifunum. Þær koma nefnilega í veg fyrir að geislar sólar nái til yfirborðs jarðar og þannig stuðla þær að kólnun jarðar. Við mikil eldgos losnar mikið af fingerðri ösku og brennisteinsoxíði út í gufuhvolfið. Þessi efni berast upp í ytri lög lofthjúpsins og geta haft áhrif á veðurfar um allan heim.

Það væri hins vegar óráð að ætla sér að dreifa þessum efnum í miklum mæli út í gufuhvolfið í þeim tilgangi að vinna gegn gróðurhúsaáhrifunum. Með því værum við að skipta á einu umhverfisvandamáli og nokkrum öðrum. Við gætum að öllum líkindum dregið úr gróðurhúsaáhrifum á þennan hátt, en sótagirnir og brennisteinsoxíð eru einnig mjög skaðleg fyrir umhverfið.

Spörum orku

Við getum líka dregið úr losun koltvíoxíðs með því að *spara orku* og nota hana á eins hagkvæman hátt og framast er unnt. Þetta á sérstaklega við um þá sem nota orku sem framleidd er með brennslu jarðefnaeldsneytis, en allir ættu að hafa þetta í huga, líka við Íslendingar sem erum svo lánsamir að hafa aðgang að endurnýjanlegri orku. Það hefur mikið að segja um loftslagsbreytingar ef tekst að draga úr brennslu jarðefnaeldsneytis.

Orkusparnaður getur til dæmis snúist um að sjá til þess að hús séu vel einangruð, gluggar og dyr séu þétt og vel lokað og að hitastillar á ofnum séu í lagi. Við getum líka skipt út gömlum og orkufrekum heimilis-tækjum fyrir ný og hagkvæmari. Nú hefur verið ákveðið að taka upp sparperur í stað gömlu glóperanna sem krefjast mun meiri orku. Evrópusambandið stefnir að því að glóperur verði ekki notaðar á svæði þess lengur en til ársloka 2012.

Önnur aðferð til þess að draga úr losun koltvíoxíðs er að nota reiðhjól eða almenningssamgöngur í stað einkabíls.



Því fleiri sem nota reiðhjól í stað bíls þeim mun hreinnari verður loftið.

SJÁLFSPRÓF ÚR 3.2

- 1 Hvaða lofttegund er áhrifamesta gróðurhúsalofttegundin?
 - 2 Hver er meðalhitinn á jörðinni nú?
 - 3 Nefndu nokkur dæmi um lífrænt eldsneyti.
 - 4 Af hverju stafa gróðurhúsaáhrif?
 - 5 Hvers vegna eru „náttúruleg“ gróðurhúsaáhrif af hinu góða fyrir lífríkið?
 - 6 Nefndu nokkrar ástæður fyrir því að styrkur koltvíoxíðs í andrúmsloftinu eykst.
 - 7 Hvaða áhrif getur hlýnun jarðar haft á veðurfar?
 - 8 Hvers vegna stuðlar brennsla lífeldsneytis ekki að gróðurhúsaáhrifum á sama hátt og brennsla jarðefnaeldsneytis?
 - 9 Settu saman lista yfir tillögur þínar um það hvernig við getum sparað orku.
- Hvaða áhrif telja menn að hlýnun jarðar muni hafa á veðurfar á Íslandi og hvaða áhrif getur hún haft til dæmis á fiskveiðar, landbúnað og skógrækt?



Nú eru á markaði perur sem nota minni orku en glóperur.

Loftslagsbreytingar

Loftslagið hefur tekið sífelldum breytingum alla sögu jarðarinnar. Stundum hefur veðurfarið verið miklu hlýrra en nú en þess á milli hefur það líka verið miklu kaldara. Það veldur mönnum áhyggjum hve miklar breytingar virðast hafa orðið á veðurfari á skömmum tíma. Þessar breytingar tengjast að flestra álitu aukinni losun gróðurhúsalofttegunda, einkum losun koltvívíðs, CO_2 . Hlýnandi veðurfar getur meðal annars haft þær afleiðingar að ísbreiður heimskautanna bráðna. Myndin sýnir mikinn skriðjökul í Patagóníu í Suður-Ameríku þegar ísflykki brotnar af honum og fellur í hafið.

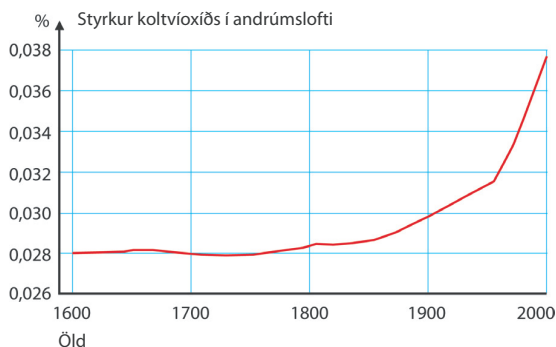
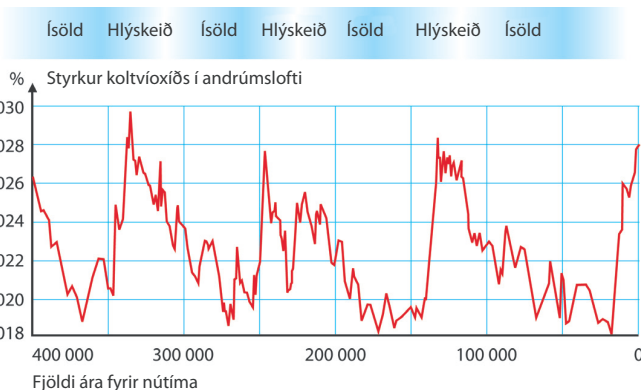
Slástu í för með okkur í „loftslagsferð“ um tímann – og kannski inn í framtíðina.



Sólin og gróðurhúsalofttegundir hafa áhrif á loftslag

Á síðustu ármilljónum hefur styrkur koltvívíðs í andrúmsloftinu stundum verið miklu meiri en hann er nú. Oft, en þó ekki alltaf, hefur ísöld skolið á þegar koltvívíðstyrkurinn hefur verið lítill.

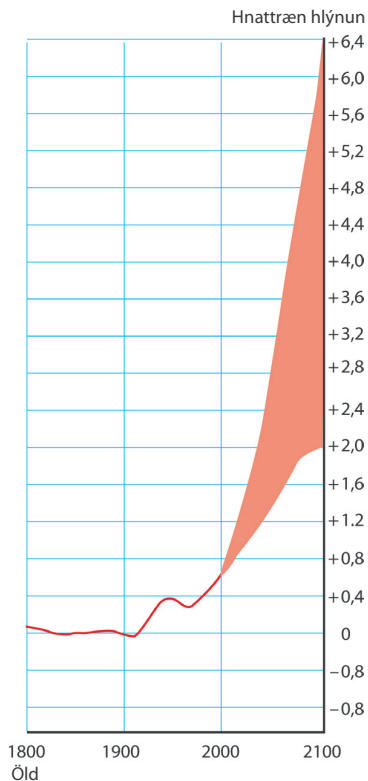
Á síðustu 400.000 árum hefur hitastigið sveiflast nokkuð reglulega eftir geislun sólar og styrk koltvívíðs í andrúmsloftinu. Þegar styrkur koltvívíðsins hefur verið lítill hafa ísaldir gengið yfir og hlýskeyð þegar styrkurinn hefur verið mikill. Þetta mynstur kemur vel fram á línuritinu hér til hægri.



Aukið koltvívíð síðustu 50 árin

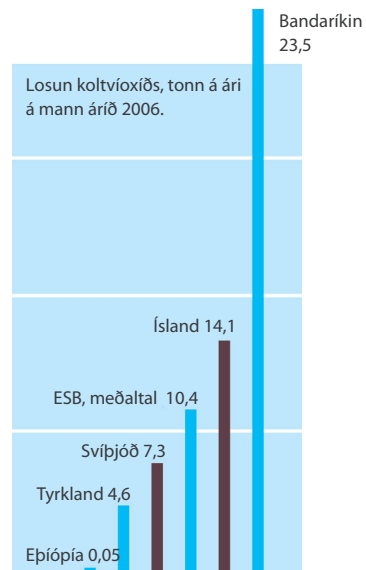
Skógarhögg hefur lengi stuðlað að aukningu koltvívíðs í andrúmslofti. Frá því í byrjun 19. aldar hefur losun koltvívíðs aukist gríðarlega hratt vegna þess að maðurinn tók að brenna jarðefnaeldsneyti í stórum stíl. Helmingurinn af allri losun frá brennslunni hefur átt sér stað eftir árið 1970.

Línuritið til vinstri sýnir hversu hratt styrkur koltvívíðs í andrúmslofti hefur aukist síðustu 50 árin.



Hljýjasta skeið í þúsund ár

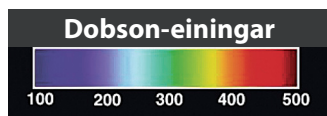
Eftir að menn tóku að losa koltvíoxíð út í andrúmsloftið í miklum mæli hefur meðalhiti jarðar breyst meira og hraðar en hann hefur gert áður á þúsund árum. Loftslagsfræðingar telja að meðalhiti geti hækkað enn um 1,4 til 5,8 gráður frá því sem hann er nú fram til ársins 2100. Þetta er sýnt með rauðbrúna fletinum milli 2000 og 2100 á línuritinu hér til vinstri. Hversu mikil þessi hlýnun verður mun að miklu leyti ráðast af því hvernig lífnæðarhættir okkar verða í framtíðinni.



Losunin er mest á Vesturlöndum

Losun koltvíoxíðs á hvern íbúa á ári er mjög breytileg eftir löndum. Bandaríki Norður-Ameríku (BNA) bera ábyrgð á rúmlega 20% af allri losun koltvíoxíðs. Losun okkar Íslendinga hlýtur að vekja spurningar um það hvort við séum á réttri leið.

Í kvikmyndinni „The Day After Tomorrow“ er fjallað um það hvernig loftslagsbreytingar gætu hugsanlega bitnað á okkur. Þessi mynd sýnir nokkra öfluga skýstrokka sem fara yfir New York-borg. Þótt margt sé stórkostlega ýkt í kvikmyndinni geta loftslagsbreytingar valdið gríðarlegum hamförum, ofsafengnum stormi og regni sums staðar og miklum hitum og þurrkum annars staðar.



Þykkt ósonlagsins er mæld í svonefndum Dobson-einingum.

Þunnt en mikilvægt lag í loftþjúpnun

Í um 20 kílómetra hæð yfir jörðu, í svokölluðu *heiðhvolfi* gufuhvolfsins, myndar lofttegundin óson þunnt lag umhverfis jörðina, ósonlagið. Óson myndast þegar súrefnissameindir í loftþjúpnun verða fyrir orkuríku geislum frá sólinni. Geislunin getur valdið því að venjulegt súrefni (O_2) umbreytist í óson (O_3).

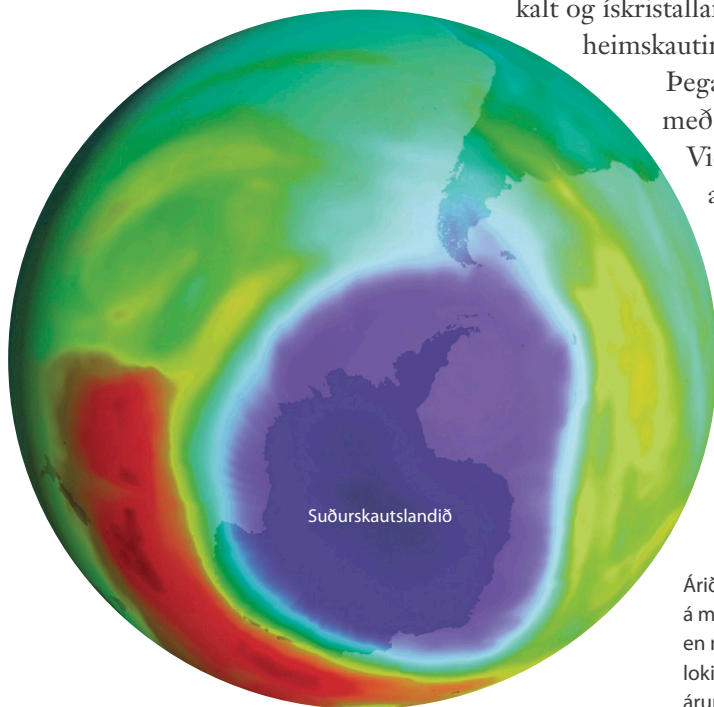
Ósonið gleypir mestan hluta skaðlegra, útfjólublárra *geisla* frá sólinni þannig að þeir ná ekki til yfirborðs jarðar. Ekki er víst að líf hefði orðið til á jörðinni ef ósonlagsins hefði ekki notið við.

Eyðing ósonlagsins er hættuleg öllu lífi

Skömmu fyrir 1980 uppgötvuðu vísindamenn að ósonlagið var tekið að þynnast, einkum við heimskautin. Rannsóknir vísindamanna beindust fljótlega að tilteknum efnum sem örvuðu niðurbrot ósons í súrefni. *Göt á ósonlaginu* myndast yfirleitt yfir báðum heimskautumunum, líklega vegna þess að niðurbrot ósonsins verður hraðara þar sem loftið er mjög kalt og ískristallar eru fyrir hendi, en þannig skilyrði eru helst við heimskautin.

Þegar ósonlagið er þunnt, eða það hefur horfið með öllu, ná útfjólubláir geislar óhindrað til jarðar.

Við það aukast líkur á húðkrabbameini og skaða á augum fólks. Geislunin hefur enn fremur áhrif á landplöntur og plöntusvif hafanna. Ef *plöntusvifið* skaðast og minnkar verður minna æti fyrir dýr sjávarins. Það hefur líka í för með sér að plöntusvifið tekur upp minna af koltvíoxíði og það stuðlar að auknum gróðurhúsaáhrifum.



Árið 2000 var gatið á ósonlaginu (fjólublátt á myndinni) yfir suðurheimskautinu stærra en nokkru sinni. Ekki er líklegt að gatið lokist algerlega aftur fyrr en að liðnum 50 árum.

Freon eyðir ósoni

Þær lofttegundir, sem skaða ósonlagið mest, eru klórflúorkolefnissambönd sem kallast *freon* einu nafni. Þessi efni eru úr kolefni, flúor og klór og hafa verið notuð í ýmiss konar tilgangi, til dæmis sem kæliefni í kælskápum og sem drifefni í úðabrusum. Þegar þessi efni losna út í andrúmsloftið stíga þau hægt upp í lofthjúpinn og geta verið mörg ár að ná upp í ósonlagið.

Helsta hættan við klórflúorkolefnissamböndin er samt sú að mörg þeirra eru mjög *þrúvirk*, þau brotna seint niður og valda því skaðlegum áhrifum mjög lengi. Hver einasta sameind nær að brjóta niður þúsundir ósonsmeinda áður en hún eyðist að lokum sjálf. Þessi efni geta því skaðað ósonlagið í allt að heila öld eftir að þau losna út í andrúmsloftið. Vandinn er sá að ósonlagið verður áratugi að ná sér aftur, þótt öll losun þessara efna yrði stöðvuð nú.

Tökum skaðleg kæliefni úr notkun

Ríki heimsins hafa náð samkomulagi um að hætta að nota klórflúorkolefnissambönd. Þessi efni eru því ekki í þeim kælskápum sem eru á boðstólum nú. En þau eru hins vegar enn í notkun í mörgum gömlum kælskápum og frystum. Þegar kælskápum og frystum er skilað til förgunar verður alltaf að fjarlægja úr þeim kolflúorkolefnissamböndin áður en plastið og málmurinn eru endurunnin.

Fyrir nokkrum árum tók gildi alþjóðlegt bann við notkun ósoneyðandi efna og í staðinn eru notuð efni sem eyða ekki ósoni eða valda mun minna tjóni á ósonlaginu en þau efni sem voru notuð áður.



Efnið freon var áður notað sem kælivökvi í kælskápum og frystum. Nú eru notuð önnur efni sem skaða ekki ósonlagið.

SJÁLFSPRÓF ÚR 3.3

- 1 Hvað er óson?
 - 2 Nefndu nokkur efni sem eru mjög skaðleg fyrir ósonlagið.
 - 3 Hvar í lofthjúpnunum verða götin á ósonlaginu yfirleitt stærst?
 - 4 Hvað merkir sú fullyrðing að „ósonlagið sé sólgleraugu jarðarinnar“?
 - 5 Hvaða hættu stafar af eyðingu ósonlagsins?
 - 6 Nefndu hluti í umhverfi þínu sem innihalda efni sem geta eytt ósoni.
 - 7 Sú eyðing ósonlagsins, sem á sér stað nú, byggist á losun efna fyrir nokkrum áratugum. Hvers vegna eyðist ósonlagið enn þótt mjög hafi dregið úr notkun ósoneyðandi efna á síðustu árum?
 - 8 Útskýrðu það að eyðing ósonlagsins getur aukið gróðurhúsaáhrifin.
- Við getum þakkað það ljóstillífun lífvera að jörðin hefur um sig ósonlag. Útskýrðu þessa fullyrðingu og hvernig ljóstillífun og ósonlagið tengjast.

Jarðefnaeldsneyti skapar margvísleg vandamál

Súrt regn og óson við jörðu hafa valdið alvarlegum umhverfisvanda víðs vegar í Evrópu. Vegna þessa hafa skógar víða orðið fyrir miklum skaða og stöðuvötn hafa súrnað svo að lífríki þeirra hefur beðið mikið tjón.

Meginástæða þessa vanda, bæði súrnunin og ósonið í umhverfi lífvera, er *brennsla* á jarðefnaeldsneyti, olíu, kolum og gasi.

Súrt regn

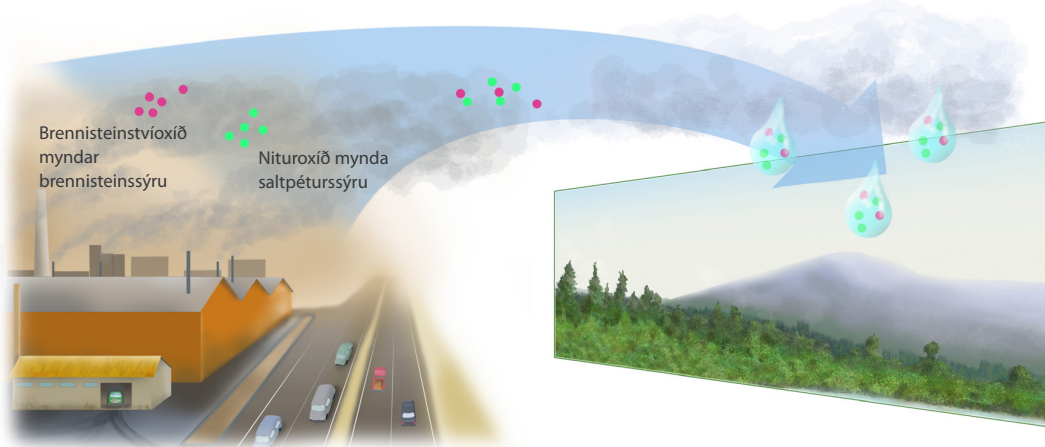
Súrt regn stafar fyrst og fremst af brennisteini og nitri sem losnar við brennslu á jarðefnaeldsneyti. Brennisteinninn er í svolitlum mæli í olíu og kolum sem er brennt víða um heim. Við brunann myndast brennisteinstvíoxíð sem losnar út í andrúmsloftið.

Nitur er algengasta efnið í andrúmsloftinu. Þegar bensíni er brennt myndar nitur andrúmsloftsins og súrefni ýmiss konar *nituroxíð*.

Þegar brennisteinstvíoxíð og nituroxíð andrúmsloftsins komast í snertingu við raka sameinast þessi efni vatninu og mynda sýrur þannig að vatnsdroparnir í skýjunum verða sýrir. Þá fellur *súrt regn* og skaðar gróður á landi og lífríki í stöðuvötnum. Þetta getur gerst á svæðum sem eru langt frá þeim stöðum þar sem brennslan fór fram. Súrt regn hefur ekki verið mikið vandamál hér á landi en í Skandinavíu og víðar í heiminum hefur talsverður skaði hlotist af því. Vandinn í Skandinavíu er þó að mestu tilkominn vegna brennslu í öðrum löndum Evrópu. Þetta staðfestir að mengunin virðir engin landamæri.

Þegar við brennum jarðefnaeldsneyti í bílum, verksmíðjum og orkuverum myndast brennisteinstvíoxíð og nituroxíð. Þessar lofttegundir geta myndað sýrur í andrúmsloftinu sem orsaka súrt regn.

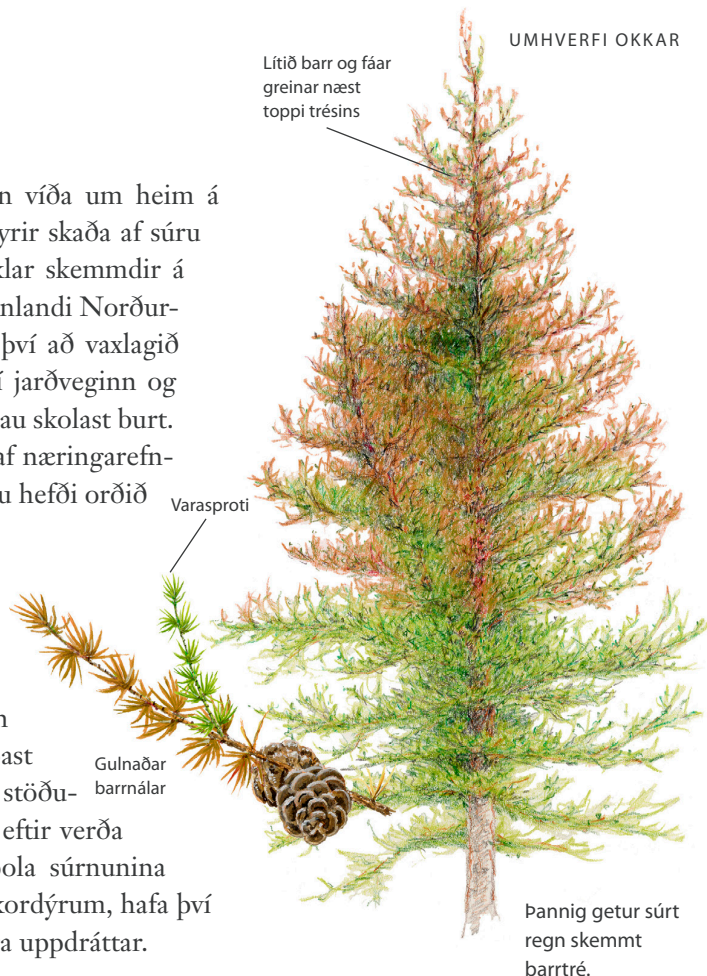
Sýrurnar falla með regnvatni og sýra gróður og vötn.



Gróðurskemmdir og súr stöðuvötn

Súrt regn hefur skaðað bæði skóga og stöðuvötn víða um heim á síðustu áratugum. *Barrskógar* hafa einkum orðið fyrir skaða af súru regni. Undir lok síðustu aldar urðu víða svo miklar skemmdir á trjám að talað var um skógardauða, einkum á meginlandi Norður-Evrópu og í Norður-Ameríku. Súrt regn veldur því að vaxlagið á barrnálunum eyðist og súrt regn hripar niður í jarðvegin og vatnið leysir upp næringarefnið í jarðveginum og þau skolast burt. Rætur trjána geta þá ekki tekið upp nógu mikið af næringarefnum. Um tíma var talið að fimmta hvert tré í Evrópu hefði orðið fyrir skemmdum af súru regni.

Súrt regn olli einnig miklum skaða á lífríki stöðuvatna, einkum í Skandinavíu og í Norður-Ameríku og laxfiskar hurfu úr vötnum á stórum svæðum þar. Súrnun vatna veldur því að plöntusvifið drepst og vatnið verður tærara, en dýrasvifið og önnur dýr, þar á meðal fiskar, drepast vegna fæðuskorts. Jafnvel sundrendurnir á botni stöðuvatnanna drepast, hrogn fiskanna klekjast ekki og eftir verða bara gamlir fiskar. Skordýr virðast hins vegar þola súrnunina betur en flest önnur smádýr og fuglar, sem lifa á skordýrum, hafa því haldið í horfinu en fuglar, sem éta fisk, eiga erfiðara uppdráttar.



Skemmdir á mannvirkjum

Súrt regn hefur ekki aðeins áhrif á lífríkið því að það skemmir líka ýmis mannvirki, svo sem myndastyttur, einkum úr marmara, og ýmsar byggingar. Súran veldur því að mannvirkin veðrast hraðar. Lagnir, kaplar og brýr úr járni ryðga líka hraðar en áður og endurnýjun þeirra er mjög kostnaðarsöm.

Súrt regn veldur því að stytur veðrast og molna og járn ryðgar hraðar en ella.



Brennisteinstvíoxíð frá jarðvarmavirkjunum

Hér á landi hafa verið reistar allmargar jarðvarmavirkjanir, einkum á Suðvesturlandi. Frá þeim leggur mikla gufustróka með ýmiss konar efnum og sum þeirra eru skaðleg bæði fyrir plöntur og aðrar lífverur. Talið er að brennisteinstvíoxíð hafi skaðlegustu áhrifin á plönturnar, einkum mosa, og rannsóknir hafa leitt í ljós að talsvert sér á mosa-breiðum í grennd við virkjanir, allt upp í nokkur hundruð metra fjarlægð frá þeim.

Náttúran getur náð sér aftur

Þótt þjóðir heims hafi samþykkt aðgerðir sem miða að því að draga úr loftmengun er enn langt í land þar til losun mengandi efna verður svo lítil að hún skaði ekki umhverfið. Reyndar hefur talsverður árangur náðst nú þegar á þessu sviði og í Noregi hafa nýlegar mælingar leitt í ljós að brennisteinninn í stöðuvötnum hefur minnkað umtalsvert frá því sem var um 1980. Súrnunin er enn yfir skaðleysismörkum en dýrategundir, sem voru horfnar úr sumum ám og vötnum, eru þó farnar að sjást aftur í sumum þeirra. Í Skandinavíu og víðar hafa menn reynt að sporna gegn súrnun vatna og skóga með því að dreifa kalki yfir þau og hlutleysa þannig sýruna. Þegar losunin hefur minnkað enn frekar og er komin undir hættumörk ætti náttúran að jafna sig tiltölulega fljótt aftur. Það gerist hins vegar ekki nema þjóðir heims dragi enn frekar úr losun brennisteins- og nitursambanda út í andrúmsloftið.

Óson við jörðu verður til í útblæstri

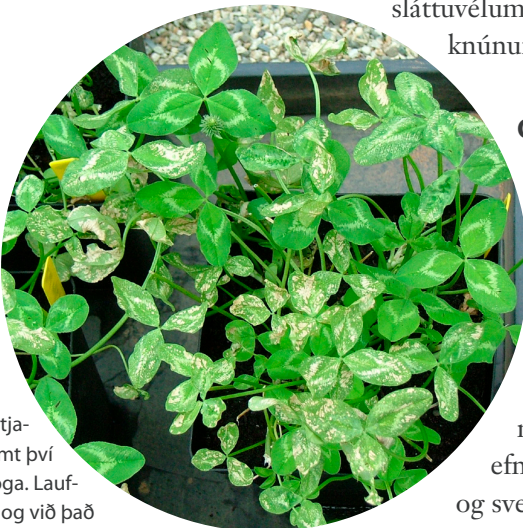
Óson er ekki bara í ósonlaginu í heiðhvolfinu heldur er það líka í veðrahvolfinu, sem er næst yfirborði jarðar. Það kallast óson *við jörðu*. Í útblæstri bíla og annarra vélknúinna tækja er mikið af *nituroxíðum* og *vetniskolefnum*. Þegar sólargeislar falla á efnin í útblæstrinum geta orðið efnahvörf þar sem súrefni loftsins breytist í óson. Yfirleitt myndast mest óson þegar sólin er hæst á lofti og umferðin er mikil. En það er ekki bara útblástur frá bílum sem er orsök vandans. Útblástur frá garðsláttuvélum, skellinöðrum, utanborðsmótorum og öðrum bensínknúnum tækjum á líka þátt í myndun ósonsins.

Óson við jörðu er skaðlegt

Ósonið, sem er hátt uppi í lofthjúpinum, í heiðhvolfinu, verndar okkur gegn skaðlegum geislum sólar. En óson, sem er við yfirborð jarðar, er hins vegar skaðlegt. Óson við jörðu skaðar blaðgrænu plantna og loftaugu þeirra og skemmir bæði tré og nytjaplöntur þannig að uppskera minnkar.

Óson verkar líka ertandi á slímhúð í öndunarfarum manna og dýra. Óson hefur auk þess skaðleg áhrif á sum efni. Gúmmí og plast missa til dæmis hluta af teygjanleika og sveigjanleika sínum og þessi efni endast því skemur vegna áhrifa ósonsins.

Ósonið skaðar plöntur og dregur úr uppskeru nytjaplantna, ásamt því að skaða skóga. Laufblöðin fölna og við það minnkar ljóstillifunin.



Hvernig getum við dregið úr loftmengun?

Evrópuríkin hafa sameinast um að draga úr losun mengandi efna í andrúmsloftið. Losun brennisteinstvíoxíðs hefur til dæmis minnkað umtalsvert, einkum vegna þess að dregið hefur verið úr magni brennisteins í olíunni sem er brennt. Þá hefur tækninni við að hreinsa útblástur frá orkuverum fleygt mjög fram á síðustu árum.

Losun nituroxíða hefur á hinn bóginn ekki minnkað jafn mikið. Það stafar að hluta af því að umferð bíla eykst stöðugt og styrkur nituroxíða í andrúmsloftinu eykst að sama skapi. Ef við minnkum notkun einkabíla og hjólum á milli staða eða notum strætisvagna drögum við úr losun á mengandi efnum út í andrúmsloftið. Þá verður regnið ekki eins súrt og styrkur ósons við jörðu lækkar.

Bílar eru nú yfirleitt sparneytnari og búnir betri hreinsibúnaði í útblásturskerfinu en áður var og losun nituroxíða og vetniskolefna hefur þess vegna minnkað. En ef bílum er ekið hratt losnar frá þeim meira af nituroxíðum og það eykur myndun ósons við jörðu. Því er það góð leið til þess að draga úr styrk ósons við jörðu að aka á hóflegum hraða.



Með því að hjóla meira og nota almenningssamgöngur í ríkari mæli getum við stuðlað að því að draga úr loftmengun.

SJÁLFSPRÓF ÚR 3.4

- 1 Hvaða tvö efni ráða mestu um að regnið verður súrt?
 - 2 Hvað er átt við þegar sagt er að mengun virði engin landamæri?
 - 3 Útskýrðu það að óson við jörðu veldur skaða í landbúnaði.
 - 4 Af hverju fækkar fiski í súrum stöðuvötnum?
 - 5 Hvernig myndast óson við jörðu?
 - 6 Hvaða áhrif hefur óson við jörðu á heilbrigði okkar?
 - 7 Settu fram tillögu um það hvernig við getum farið í frí án þess að stuðla að myndun ósons við jörðu.
 - 8 Lýstu því hvernig brennisteinn og nitur valda því að regnið verður súrt.
 - 9 Af hverju hefur losun nituroxíða ekki minnkað jafn mikið og losun brennisteinstvíoxíðs?
- Útskýrðu af hverju gufa frá jarðvarmavirkjunum getur skaðað umhverfið og lýstu einkennum skaðans.

Baðstrendur sem ná sér á ný

Á tuttugustu öldinni jókst þéttbýli mjög mikið víða um heim. Í borgum og bæjum voru byggð frárennsliskerfi sem leiddu yfirleitt úrgangsvatnið, *skólpið*, út í næstu á eða stöðuvatn eða út í fjöru.

Smám saman fór þetta að hafa áhrif á hreinleika og hollustu vatnsins sem tók við skólpinu. Of mikil næringarefni bárust í mörg stöðuvötn og þau fylltust af illgresi og urðu óhæf til baða.

Fosfór og nitur valda ofauðgun

Ef of mikið af næringarefnum berst út í stöðuvötn eða höf er talað um *ofauðgun*. Yfirleitt stafar hún af því að of mikið er af fosfór eða nitri í vatninu. Í „heilbrigðum“ stöðuvötnum og höfum verður gróður yfirleitt ekki óhóflega mikill því að oftast verður skortur á öðru hvoru þessara frumefna. Næringarefnin nægja ekki fyrir fleiri lífverur. Ofauðgun er ekki algeng í íslenskum vötnum eða hafsvæðum en þetta er víða mikið vandamál erlendis, einkum í og við mikil landbúnaðarhéruð.

Í stöðuvötnum er oftast skortur á *fosfór*. Ef mikill fosfór er í skólpinu, sem losað er í stöðuvatn, eykst gróðurinn til mikilla muna. Plöntusvif og ýmsar vatnaplöntur vaxa þá gríðarlega hratt og einnig bakteríur. Hið sama getur gerst í sjónum en yfirleitt er það skortur á nitri sem hindrar of mikinn vöxt plöntusvifs og baktería. Svokallaður *þörungablómi* í sjó stafar því alla jafna af of miklu nitri í sjónum. Oftast er það ein tegund svifþörungum sem fjölgar sér gríðarlega og svo mjög að sjórinn getur litast.

Á þessari mynd má sjá að sjórinn fyrir vestan og sunnan Ísland er grænlitadur af miklu magni svifþörungum – svokölluðum þörungablóma.





Skólp, landbúnaður og umferð hafa mest áhrif

Ofauðgun í stöðuvötnum og sjó stafar meðal annars af skólpinu, eins og áður var nefnt, en hana má líka rekja til *landbúnaðar*. Í tilbúnum áburði, sem er oft notaður í landbúnaði, er bæði fosfór og nitur. Hluti þessara efna nýtist ekki nýtjaplöntunum heldur skolest út í jarðveginum og út í stöðuvötn eða sjó með ám og lækjum.

Skólpið inniheldur ekki bara þessi frumefni heldur einnig hættulegar bakteríur og þess vegna getur sjór mengast illa þar sem skólp er losað í hann. Sjór við strendur Íslands var á síðustu öld víða orðinn varasamur til baða, til dæmis í Nauthólsvík í Reykjavík, vegna hættulegra baktería. Í lok síðustu aldar var frárennislískerfi höfuðborgarsvæðisins lagfært og skólpinu veitt lengra á haf út og nú er sjórinn í Nauthólsvík orðinn hreinn á ný og hæfur til baða.

Fiskeldi er stundað í sjó á nokkrum stöðum við Ísland og þar er nokkur hætt á ofauðgun vegna efna sem berast út í sjóinn.

Ofauðgun í stöðuvötnum og sjó verður vegna efna sem koma frá landbúnaði, umferð og skólpi.

Líflausir botnar og sködduð tré

Í ofauðguðum stöðuvötnum og hafsvæðum verður gróðurinn yfirleitt mjög mikill, bæði svifþörungur og háplöntur, þar sem þær geta vaxið. Mikið af dauðum þörungum og plöntuhlutum fellur til botns og þá eykst fjöldi sundrenda. Rotnunar eykst mjög og það hefur í för með sér að súrefni minnkar og súrefnisskortur getur komið fram við botninn.

Í súrefnisláusum botnlögunum geta síðan eingöngu lifað bakteríur sem þurfa ekki súrefni og þær framleiða brennisteinsvetni. Þetta efni er illa lyktandi lofttegund og fiskar og önnur dýr færa sig úr botnlögunum og ofar, þar sem súrefni er meira, en flestar lífverur, sem ekki geta flutt sig ofar, drepast. Þetta gerist sjaldan eða ekki við strendur Íslands, vegna mikilla strauma og vinda en þessi vandi kemur helst upp í lokuðum innhöfum og fjörðum.

Skógar og gróið land geta einnig fengið of mikið af nitri með nitur-oxíðum sem bílar og verksmiðjur láta frá sér. Trén vaxa þá of hratt, verða veikbyggð og hafa lítinn þrótt gegn ýmiss konar skaðvöldum.

Björgum stöðuvötnum og höfum

Nú er yfirleitt skylt að hreinsa skólp og því eru öflugar skólphreinsistöðvar við flesta þéttbýlisstaði í löndum Evrópu og víðar. Hér á landi hefur mikið verið gert til úrbóta í frárennismálum á síðustu árum. Auk úrbóta á höfuðborgarsvæðinu, sem fyrr var greint frá, hefur skólphreinsistöðvum verið komið

upp til dæmis í Hveragerði og á Blönduósi. Í skólphreinsistöðvum er megnið af fosfór og nitri fjarlægt úr skólpinu. Þessi mál eru þó alls ekki í nógu góðu lagi víða um lönd, einkum í fátækum löndum. Enn fremur þarf að bæta úr í þessum efnum víðs vegar á Íslandi.

Sumar skólphreinsistöðvar eru þannig að skólpið er lát-ið síast gegnum jarðveg og vatnið, sem kemur frá slíkri síu, getur verið hreint og algerlega óskaðlegt.

Við gætum að sjálfsögðu líka bætt ástandið með því að nota minna af *tilbúnum áburði* og nota hann betur. Það bætir líka ástandið ef við *drögum úr akstri bíla* og ökum hægar til að minnka losun nituroxíða sem verka sem áburður á umhverfið.



Ef skólp er hreinsað nægilega vel geta vötn við þéttbýli verið heilnæmir baðstaðir. Þessi mynd er úr Nauthólsvík en þar var búin til ylströnd eftir úrbætur í frárennismálum.

SJÁLFSPRÓF ÚR 3.5

- 1 Hvaða efni valda einkum ofauðgun?
- 2 Hvaða efni hefur mest áhrif á ofauðgun í sjó?
- 3 Hvers vegna mátti ekki synda í Nauthólsvík undir lok síðustu aldar?
- 4 Hvernig má sjá hvort sjór er ofauðgaður?
- 5 Hvers vegna er mikilvægt að hreinsa skólp?
- 6 Hvernig getur ofauðgun valdið súrefnisskortri við botn stöðuvatna?
- 7 Hvernig getur ofauðgun skaðað tré?
- 8 Af hverju er æskilegt að draga úr bílaumferð og minnka ökuhraðann þar sem ofauðgun er vandamál?



Gerðu grein fyrir því á hverju skólphreinsistöð byggist.

Hvað er umhverfiseitur?

Hvítabirnir, sem lifa allt umhverfis norðurlandinn, ættu að lifa í hreinasta umhverfi jarðar, langt frá öllum reyksháfum og skólpveitum. Þrátt fyrir það greinast framandi og skaðleg efni í líkama þeirra. Hvernig hafa þessi efni borist alla leið til norðurlandsins?

Skýringin er sú að til eru svokölluð *þrávirk* efni sem dreifast langar leiðir með vindi og vatni og alla leið til hvítbjarnanna lengst norður í höfum. Að efni sé þrávirkt merkir að það brotnar mjög hægt niður í náttúrunni og endist áratugum og jafnvel öldum saman. Efnin eru eitruð, jafnvel í litlum styrk, og kallast *umhverfiseitur*.

Umvhverfiseitur safnast upp í lífverum

Umvhverfiseitur eru yfirleitt *fituleysanleg efni*, þau leysast upp í fitu. Þess vegna komast þau auðveldlega inn í fituríka vefi og safnast þar fyrir. Styrkur þessara eitrefna í plöntu- og dýrasvífi getur verið margfalt meiri en í vatninu sem svifið lifir í. Fiskar éta síðan dýrasvífið og eitrið úr því berst yfir í líkama fiskanna og safnast fyrir í fituvefjum. Vegna þess að hver fiskur étur mikið af svífi safnast sífellt meira af eitrefnunum upp í líkama hans. Þegar styrkur eitrefna eykst þannig í fæðukeðjunni tölum við um *uppsöfnun eitrefna*.

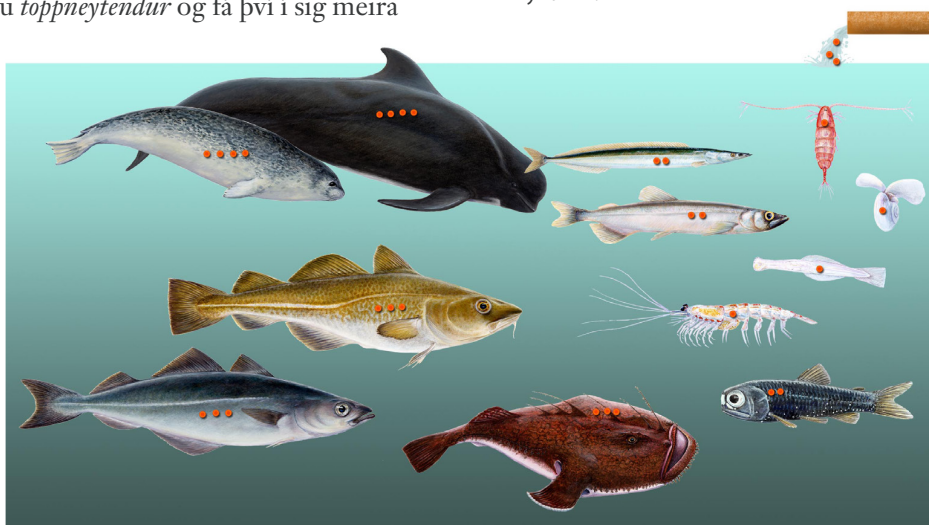
Ef selur étur mikið af eitruðum fiski halda efnin áfram að hlaðast upp í líkama selsins. Loks getur hvítbjörn étið seldinn og enn magnast styrkur eitrefnanna. Því ofar sem lífveran er í fæðukeðjunni þeim mun meiri verður styrkur eitrefnanna í líkama hennar. Menn, ránfuglar, selir, hvítabirnir og önnur rándýr eru *toppneytendur* og fá því í sig meira af umhverfiseitri en önnur dýr.

Hjá spendýrum geta þessi eitrefni enn fremur borist frá móður til fósturs um naflastrenginn og með móðurmjólkinni. Hún er fiturík og eitrefnin safnast því fyrir í henni.



Þótt hvítbjörn lifi fjarri öllum stöðum þar sem mengun á upptök sín safnast margvísleg eitrefni fyrir í líkama hans.

Vegna þess að eitrefni safnast fyrir í lífverum er oft mikið af þeim í topprándýrum á borð við seli og hvali. Eitrefnin eru sýnd sem rauðir deplar á myndinni.





Plastpoka er brugðin utan um bananaklasana til þess að verja þá gegn skordýrum og halda á þeim hæfilegum raka. Þannig má minnka óæskilega notkun eiturefna.

Klóruð vetniskolefnissambönd eru þrávirk eiturefni

Klóruð vetniskolefnissambönd eru flokkur eiturefna sem finnast í umhverfinu. Þau eru úr frumefnunum kolefni, vetni og klór. Eitt þessara efna er skordýraeitríð DDT. Það var notað sem varnar-efni gegn skordýrum. PCB-efni eru annað dæmi. Þau eru notuð meðal annars í rafmagnsbúnað til einangrunar og sem varma-leiðarar. Þessi efni voru bönnuð með alþjóðlegum samningi árið 2001. Klóruð vetniskolefni geta myndast þegar sorpi er brennt. Þá myndast meðal annars *díoxín* sem eru í hópi eitruðustu efna sem þekkjast. Díoxín myndast líka þegar klór er notaður til bleikingar og við margs konar framleiðslu.

Klóruð vetniskolefni geta valdið krabbameini og þau geta haft áhrif á *fjölgun* dýra. Skurnin á eggjum ránfugla verður til dæmis veikari og hún getur brotnað og þá koma engir ungar úr þeim. Legið í urtum (kvendýrum sela) getur orðið vanskapað svo að þær geta ekki eignast kópa.

Nú hafa þjóðir heims náð samkomulagi um að banna framleiðslu á DDT og PCB-efnum og Ísland er aðili að þessu samkomulagi. En menn uppgötva stöðugt ný efni sem verka sem eitru á umhverfið. Nú eru gluggatjöld, húsgagnaáklæði, rafeinda-tæki og fleiri hlutir meðhöndlaðir með sérstökum *eldtefjandi efnum* til að draga úr eldhættu. Eldtefjandi efni minna um margt á PCB-efni og þau eru talin búa yfir sambærilegri hættu fyrir lífverur. Framleiðsla sumra þessara efna hefur nú verið bönnuð.



Hér má sjá aðvörunarmerki jónandi geislunar sem hefur verið notað áratugum saman. Það er þriggja laufa tákn með punkti í miðju.

Geyma verður geislavirkan úrgang

Í kjarnorkuverum jarðar verða til á hverju ári mörg þúsund tonn af *mjög geislavirkum* úrgangi. Hann myndast úr því geislavirka eldsneyti sem er orkugjafi kjarnorkuveranna. Árlega falla auk þess til þúsundir tonna af *lítið eða miðlungi mikið geislavirkum* úrgangi úr tækjum sem eru einnig notuð í kjarnorkuverunum. Sá úrgangur, sem er mjög geislavirkur, sendir frá sér hættulega geislun í hundruð þúsund ára en úrgangur, sem er lítið eða miðlungi mikið geislavirkur, verður að vera í öruggum geymslum í 500 ár hið minnsta.

Menn hafa ekki enn fundið örugga aðferð til þess að geyma mjög geislavirkan úrgang. Hvernig getum við verið viss um að geislavirknin leki ekki út í framtíðinni og skapi mikla hættu fyrir komandi kynslóðir?

Pungmálmar

Málmar geta líka verið eitur í umhverfinu. Þeir málmar, sem kallast þungmálmar, eru sérstaklega hættulegir, einkum blý, kadmín og kvikasilfur. *Kvikasilfur* hefur verið notað í hitamæla, rafeindabúnað og í fyllingar í tennur. Áður var miklu kvikasilfri sleppt út í umhverfið, einkum út í stöðuvötn, í löndum þar sem pappírsiðnaður var mikill. Þar safnaðist kvikasilfrið fyrir á botninum og fiskur varð óhæfur til neyslu. Kvikasilfur skaðar taugakerfið og getur valdið fósturskaða.

Blý er einkum notað í rafgeyma, rafmagnskapla og í sum plastefni. Blýi var áður fyrr bætt í bensín, en því hefur nú verið hætt, og aðeins blýlaust bensín er notað á bíla. Blý veldur taugaskaða hjá dýrum.

Kadmín losnar út í umhverfið einkum með hleðslurafhlöðum. Ef þeim er fargað með venjulegu sorpi, sem er urðað eða brennt, kemst málmurinn út í umhverfið. Kadmín getur skaðað nýrun, beinin og taugakerfið. Þess vegna er mikilvægt að draga úr notkun kadmíns í rafhlöðum og gæta þess að þær séu endurunnar.

Eitt tonn af sorpi á fjölskyldu á ári

Í nútímaþjóðfélögum myndast mikill úrgangur af ýmsu tagi. Hver fjögurra manna fjölskylda lætur frá sér um eitt tonn af úrgangi á ári. Mestur hlutinn fer á urðunarstaði eða til brennslu í sorpbrennslustöðvum. En það merkir ekki að þar með sé vandinn úr sögunni.

Eitrað vatn getur lekið frá urðunarstöðum út í umhverfið. Eiturefni geta borist út í andrúmsloftið með *reyk* frá stöðvum þar sem sorpi er brennt. Auk þess geta eiturefni orðið eftir í sínum sem hreinsa reykinn og í því *gjalli* sem myndast þegar sorpinu er brennt.

Við niðurbrot lífræns úrgangs á urðunarstöðum myndast eldfimt gas sem nefnist *metan*. Þessi lofttegund veldur gróðurhúsaáhrifum og því er mikilvægt að koma í veg fyrir að hún losni út í andrúmsloftið. Safna má metangasi á urðunarstöðum og nota það sem eldsneyti á bíla og önnur vélknúin tæki. Við brennslu sorps losnar varmi sem nýta má til húshitunar.



Í sumum rafhlöðum eru hættulegir þungmálmar. Þess vegna er mikilvægt að koma öllum notuðum rafhlöðum á sérstaka söfnunarstaði sem eru til dæmis á bensinstöðvum og móttökustöðvum sorps.



Árlega er mörg hundruð tonnum af sorpi fargað á Íslandi. Sorp má nýta að nokkru leyti hvort sem það er urðað eða því er brennt.



Nú eru fáanlegir í verslunum margir hlutir sem gerðir eru úr endurunnum pappír. Við endurvinnnum líka mikinn hluta áldósa sem við notum.

Við endurvinnnum æ meira

Mestur hlutinn af því sorpi, sem fellur til hjá okkur, er algerlega hættulaus. Vandinn er hins vegar sá að við blöndum saman alls kyns sorpi og úrgangi – bæði hættulegum og skaðlitlum. Þá verður allur sorphaugurinn að umhverfisvandamáli. Um 90% af sorpinu eru efni sem unnt er að *endurvinna* og þess vegna verður það æ algengara að fólki er gert skylt að *flokka* sorpið sem það lætur frá sér. Þess vegna má nota pappír til þess að búa til nýjan pappír og áldósir geta orðið að nýjum dósum. Úr plastúrgangi má framleiða nýja plastpoka og bræða má málmhluti og nota í nýja hluti. Eldhús- og garðaúrgangur getur orðið að mold í safnhaugi eða vinna má úr honum metangas sem getur nýst til þess að knýja bíla.

Það eru aðeins um 10% sorpsins sem er erfitt að endurvinna og verða að hafna á urðunarstað eða í sorpbrennsluofni. Um 1% af sorpinu er úrgangur sem er hættulegur umhverfinu og verður að meðhöndla á sérstakan hátt. Þessi hluti kallast *spilliefni* og til þeirra heyra til dæmis rafgeymar, rafhlöður, málningarleifar og ýmis annar efnaúrgangur.

Nýlega voru sett lög hér á landi um ábyrgð framleiðenda og innflytjenda á vörum sínum. Það merkir að þeir sem framleiða vöru bera ábyrgð á að taka við henni aftur þegar hún verður orðin að sorpi. Þetta á meðal annars við um hvers kyns rafeindatæki. Með þessu er reynt að auka endurvinnslu sem mest.

Það væri þó allra best ef ekki yrði til svo mikið sorp sem raun ber vitni. Ef við færum betur með hlutina okkar og létum gera við þá og notuðum þá svolítið lengur gætum við komið í veg fyrir að sorphaugarnir stækkuðu jafn hratt og þeir gera nú.

SJÁLFSPRÓF ÚR 3.6

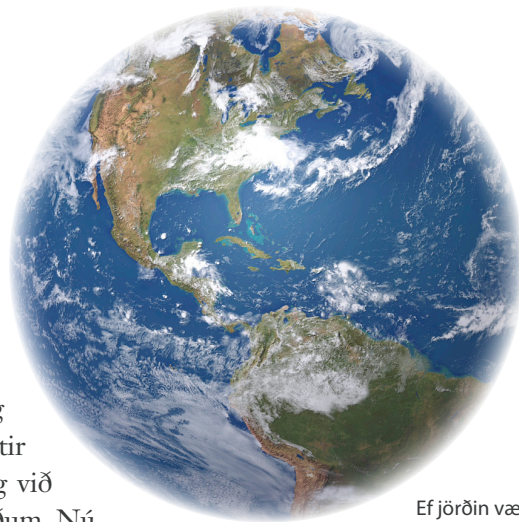
- 1 Nefndu þrjá málma sem eru sérlega hættulegir umhverfinu.
 - 2 Hversu mikið sorp myndast hjá hverri fjögurra manna fjölskyldu á ári hverju?
 - 3 Hversu lengi verður að geyma geislavirkan úrgang?
 - 4 Lýstu því hvernig umhverfiseitur getur safnast fyrir í fæðukeðju.
 - 5 Nefndu dæmi um klóruð vetniskolefnissambönd og þann skaða sem þau geta valdið.
 - 6 Nefndu dæmi um það hvernig við getum endurunnið sorpið frá okkur.
 - 7 Hvað er ábyrgð framleiðenda og hvers vegna er hún bundin í lögum?
 - 8 Áður töldu menn að sorphaugar og sorpbrennsla væru góð aðferð til þess að losna við eiturefni í sorpinu. Hvers vegna er þetta ekki svona einfalt?
-  Nefndu nokkrar leiðir sem mætti fara til þess að minnka sorpmagn frá venjulegu heimili.

3.7 Lausnir í sjónmáli

Frá staðbundnum vanda til alheimsvanda

Þegar umræða um umhverfisvandamál hófst var litið á þau sem *staðbundinn* vanda. Þá snerist umræðan kannski um losun hér og losun þar sem þurfti að „bæta úr“. Hvert land fann sínar eigin lausnir og þær voru yfirleitt til skamms tíma.

Þegar fram liðu stundir skildist mönnum sífellt betur að umhverfisvandamálín eru tengd því hvernig við vinnum hráefni og orku úr náttúrunni. Það skiptir líka miklu máli hvernig við rekum verksmiðjur, hvernig við ræktum jörðina og skógana og hvernig við stjórnum veiðum. Nú lítum við á umhverfisvandann sem alheimsvandamál – sem hnattrænan vanda.

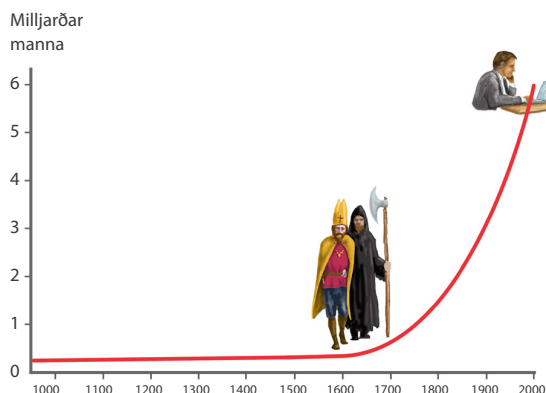


Ef jörðin væri á móta stór og appelsína væri lífhvolfið – sá hluti reikistjörnunnar þar sem líf þrífst – aðeins nokkrir millimetrar á þykkt.

Sjálfbærni

Nú blasir við að *umhverfisröskun* helst í hendur við *fátækt*. Þess vegna skipta umhverfisvandamálín líka miklu máli í alþjóðlegu tilliti, rétt eins og atriði á borð við menntun, heilbrigði og öryggi.

Sameinuðu þjóðirnar hafa bent á að þjóðir heims þurfi að stefna að *sjálfbærni*. Hugtakið sjálfbærni merkir að nýta skuli allar auðlindir jarðar þannig að komandi kynslóðir hafi sama gagn af þeim og við höfum nú. Þetta felur í sér að við verðum að varðveita og vernda náttúruna og auðlindir hennar. Við verðum líka að koma á heilbrigðu atvinnulífi og traustu lýðræði og réttlæti. Því er stundum talað um vistfræðilegt, hagfræðilegt og félagslegt réttlæti.



Þegar Jón Arason biskup var hálfhöggevinn árið 1550 lifðu alls um 450 milljónir manna á jörðinni. Árið 2011 var mannfjöldinn orðinn sjö milljarðar. Fólki fjölgar mest í fátækustu löndum heims.

Tré geta gefið ber og aðra ávexti en þau veita líka skugga fyrir aðrar nytjaplöntur og viðinn má nota til smíða eða sem eldsneyti. Þá er einnig minni hætt á að land breytist í eyðimörk þar sem tré vaxa.



Umferðarljós með díóðum nota 90% minni orku en eldri ljósgjafar. Ljósin gegna hlutverki sínu jafn vel þrátt fyrir það.



Gríðarleg tækifæri

Ef við ætlum að byggja upp sjálfbær þjóðfélög verðum við að breyta mörgu. Við verðum að leysa erfiðu umhverfisvandamál og um leið verðum við að berjast gegn fátækt og efla og styrkja lýðræði og réttlæti í öllum þjóðfélögum.

Þetta snýst þó að mörgu leyti um sjálfsagða hluti, þegar grannt er skoðað. Við eigum að nota jörðina, skógana og höfin skynsamlega. Við eigum ekki að losa skaðleg efni út í andrúmsloftið eða út í höf eða vötn. Allir eiga rétt á því að hafa aðgang að hreinu vatni, fá nóg að borða og húsnaði til að búa í. En líka rétt til þess að njóta heilbrigðisþjónustu og menntunar, rétt til þess að afla fjár og hafa áhrif á stjórnmál. Sjálfbærni snýst um ótalmargt fleira en bara umhverfismál – hún snertir alla þætti samfélagsins.

Tækni eða lífsstíll?

Lengi töldu menn að lausnin á umhverfisvandinum væri einfaldlega sú að finna réttu *tæknina* til þess að ráða bót á vandanum. Hreinsistöðvar og síur áttu að koma í veg fyrir að eiturefni bærast út í náttúruna. Það er þó miklu vænlegra til árangurs að þróa tækni sem er án mengunar og nú standa víða um heim yfir umfangsmiklar rannsóknir með það í huga að finna „hreinni tækni“.

Margt er líka unnið með því að nýta betur þær auðlindir sem við eigum. Umferðarljós með díóðuperum í stað hefðbundinna glópera er einfalt og skýrt dæmi. Díóðuperurnar gefa að minnsta kosti jafn mikið ljósmagn en nota aðeins tíunda hluta þeirrar orku sem gömlu perurnar nota.

Hvernig lífi viljum við lífa?

Ef til vill getum við ekki leyst öll umhverfisvandamál með því einu að finna upp umhverfisvænni tækni. Við neyðumst kannski til þess að íhuga *hvernig við lifum* og *hvaða kröfur* við gerum. Framandi ávextir geta verið bæði góðir og gagnlegir, en er það verjandi að flytja þá flugleiðis allt árið um kring hvaðanæva að úr heiminum? Einkabílar eru bæði nýtsamlegir og þægilegir en er það réttlætanlegt að við getum farið hvert sem við viljum og hvenær sem við viljum?

Við þessum vangaveltum er ekkert eitt „rétt svar“. Sá sem vill temja sér „umhverfisvæna lifnaðarhætti“ verður sjálfur að ákveða hvernig hann hagar lífi sínu.

Hugsum hnattrænt en grípum til aðgerða heima fyrir

Þættir, sem varða umhverfisvandann og sjálfbærni, eru hnattrænir í eðli sínu. En jafnvel hnattræn umhverfisvandamál stafa af *staðbundnum atburðum* og *staðbundinni losun* mengandi efna. Ef við öll tökum þátt í að vernda umhverfið þar sem við búum fer það að skipta miklu máli í heildina. Ef við til dæmis minnkum notkun á hráefnum sitjum við uppi með minni úrgang og ef við drögum úr flutningum og orkunotkun náum við að breyta einhverju til batnaðar.

Það er gott að byrja á því að hugsa sig vel um og gera sér grein fyrir vandanum. Annað skref gæti verið að leita uppi vistvænar eða siðgæðisvottaðar (réttlætismerktar) vörur í verslunum. Og þriðja skrefið gæti verið að taka fram reiðhjólíð í stað þess að láta skutla sér á æfingu eða annað og að fá foreldrana til þess að gera það sama.

Hugsum hnattrænt og göngum vel um umhverfi okkar.



SJÁLFSPRÓF ÚR 3.7

- 1 Hvað felst í hugtakinu sjálfbærni?
 - 2 Hvað er átt við þegar sagt er að umhverfisvandamálin séu hnattræn?
 - 3 Við hvað er átt þegar Sameinuðu þjóðirnar tala um vistfræðilegt, efnahagslegt og félagslegt réttlæti?
 - 4 Hvernig getur þú tamið þér vistvænni lifnaðarhætti en hingað til?
 - 5 Hvers vegna skipta aðstæður á hverjum stað svo miklu máli þegar finna skal sjálfbærar lausnir á vandamáli?
 - 6 Sjálfbærni snertir mörg atriði önnur en umhverfisvandamál. Útskýrðu þessa staðhæfingu.
 - 7 Hvernig getur þú dregið úr notkun vara, flutningum og orkunotkun í daglegu lífi þínu?
-  Kynntu þér með hvaða hætti Gro Harlem Brundtland setti mark sitt á umfjöllun um umhverfismál í heiminum, meðal annars á notkun hugtaksins sjálfbærni.

SAMANTEKT

3.1

Vistkerfi mannsins

- Allar vörur, sem við notum, hafa einhver áhrif á umhverfið. Það á jafnt við um þegar þær eru framleiddar, fluttar, notaðar og þegar þær eru komnar í ruslið.
- Í auðugustu löndum heims býr fimmti hluti mannkyns. Þessi hluti manna ber ábyrgð á 80% af allri neyslunni og notar einnig 80% af auðlindum jarðar.
- Mestur hluti orkunnar, sem við notum, fæst með því að brenna jarðefnaeldsneyti, einkum olíu, kolum og gasi. Þetta veldur miklum umhverfisvanda og brýnt er að finna aðra orkugjafa í stað þessara.
- Kjarnorka veldur í reynd engri mengandi losun, svo lengi sem allt er í lagi í kjarnorkuverunum. Ef óhapp verður geta afleiðingarnar hins vegar orðið hörmulegar.
- Lífeldsneyti, til dæmis viður og lífdísilolía, eru endurnýjanlegir orkugjafar. Þeir stuðla miklu síður að gróðurhúsaáhrifum en jarðefnaeldsneyti.
- Vatns- og vindorka, sólarorka og jarðvarmi eru einnig endurnýjanlegir orkugjafar.



Neysla okkar eykst stöðugt.



Jarðefnaeldsneyti er helsti orkugjafinn.

3.2

Gróðurhúsaáhrifin valda hlýnun jarðar

- Sumar lofttegundir í lofthjúpi jarðar, til dæmis koltvíoxíð, draga úr varmatapi jarðarinnar út í geiminn. Þær valda svokölluðum gróðurhúsaáhrifum.
- Ef gróðurhúsaáhrifanna nyti ekki við væri um 35 gráðum kaldara á jörðinni en nú er.
- Þegar við brennum jarðefnaeldsneyti, það er kolum, olíu eða jarðgasi, eykst styrkur koltvíoxíðs í andrúmsloftinu og þá verða gróðurhúsaáhrifin meiri.
- Þegar styrkur koltvíoxíðs eykst í andrúmsloftinu helst jörðinni betur á varmanum. Þetta getur valdið loftslagsbreytingum, meðal annars meiri öfgum í veðurfari, og því að sjávarborðið hækkar og sjórinn súrnar.
- Nauðsynlegt er að minnka notkun jarðefnaeldsneytis. Í staðinn þarf að finna aðra og vistvænni orkugjafa og draga líka úr orkunotkun mannkynsins.



Gróðurhúsaáhrifin hita jörðina.

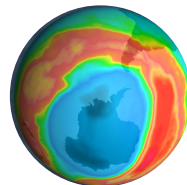


Breytingar á veðurfari.

3.3

Ósonlagið

- Hátt í lofthjúpnnum er örþunnt lag úr lofttegundinni ósoni. Óson gleypir meginhluta skaðlegra, útfjólublárra geisla frá sólinni. Án ósonlagsins væri jörðin líklega algerlega líflaus.
- Ýmis efni, sem menn framleiða, fyrst og fremst klórflúorkolefnissambönd (freon), stíga hægt upp í efri lög lofthjúpsins og eyða ósonlaginu. Þá verður útfjólublá geislun meiri og hún getur orðið hættuleg öllum lífverum.
- Klórflúorkolefnissambönd eru meðal annars notuð sem kæliefni í kælikápum. Þessi efni brotna hægt niður og haldast lengi í andrúmsloftinu. Þótt öll losun þessara efna stöðvaðist nú hefðu þau skaðleg áhrif á ósonlagið nokkra áratugi í viðbót.



Gatið á ósonlaginu.

SAMANTEKT

3.4

Loftmengun

- Brennisteinstvíoxíð og nituroxíð frá verksmiðjum og bílum eru sýrandi efni. Þau geta borist langar leiðir í andrúmsloftinu. Þau breytast í sýrur sem falla síðan með regninu og sýra jarðveg og vatn.
- Í súrum stöðuvötnum drepast margar tegundir lífvera. Vatnið verður tærara þegar allt plöntusvifið drepst. Vinna má gegn súrnun stöðuvatna með því að dreifa kalki yfir þau. Tré verða líka fyrir skaða af súru regni.
- Óson við jörðu myndast þegar sólargeislir falla á nituroxíð og vetniskolefni. Ósonmyndunin er mest á sumrin og stafar einkum af mikilli losun þessara efna frá bílum.
- Ósonið skemmir laufblöð plantna og getur líka skaðað öndunarfæri manna og dýra.
- Við þurfum að draga úr loftmengun, til dæmis með því að finna upp betri tækni til að minnka losun mengandi efna, nota hreinna eldsneyti og bæta hreinsibúnað bíla.

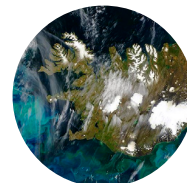


Súrt regn getur skaðað tré.

3.5

Ofauðgun vatns og lands

- Nitur og fosfór eru náttúruleg næringarefni. Ef þau eru í of miklum mæli í náttúrunni valda þau ofauðgun.
- Í ofauðguðu stöðuvatni verður allt of mikill gróður, bæði þörungur og háplantna. Við botn vatnsins verður súrefnisskortur og margar lífverur þar drepast. Ofauðgun er sjaldgæf í fersku vatni á Íslandi, en hennar hefur þó orðið vart.
- Ofauðgun stafar einkum af næringarefnum sem berast í stöðuvötn og sjó frá landbúnaði, með skólpi og umferð bíla.



Ofauðgun í sjó.



Umhverfiseitur eykst.

3.6

Umhverfiseitur og úrgangur

- Umhverfiseitur eru þrávirk eiturefni og brotna mjög hægt niður. Ef rándýr étur mörg dýr sem hafa umhverfiseitur í líkamanum eykst styrkur eitursins í rándýrinu. Þau dýr, sem eru efst í fæðukeðjunni, verða verst úti vegna þessara eiturefna.
- Klóruð vetniskolefnissambönd, þungmálmar og geislavirkur úrgangur frá kjarnorkuverum eru hættuleg umhverfiseiturefni.
- Hver fjölskylda kastar um það bil einu tonni af sorpi á ári. Ef við flokkum sorpið og endurvinnum og endurnýtum efni í sorpinu minnkar álagið á umhverfið.



Umhverfissvænni tækni.

3.7

Lausnir í sjónmáli

- Umhverfisvandinn verður bara leystur með því að leysa jafnframt vandann sem stafar af fátækt og misrétti manna. Þess vegna er stundum talað um vistfræðilegt, hagfræðilegt og félagslegt réttlæti.
- Sameinuðu þjóðirnar hafa lagt fram áætlun um sjálfbærni fyrir alla. Hugtakið sjálfbærni merkir að nýta skuli allar auðlindir jarðar þannig að komandi kynslóðir hafi sama gagn af þeim og við höfum nú.
- Ný og betri tækni og nýir og hófsamari lífnaðarhættir eiga að geta skapað öllum íbúum jarðar gott líf, án þess að þeir skaði umhverfi sitt og náttúruna.



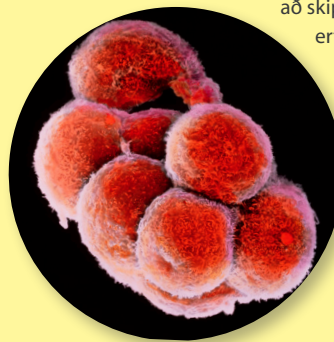
Jörðin okkar allra.



Tveir ólíkir einstaklingar sem eiga margt sameiginlegt – líka djúpt inni í frumunum.

Í ÞESSUM KAFLA LÆRIR ÞÚ

- hvers vegna barn líkist foreldrum sínum en er þó ekki lífandi eftirmynd þeirra
- hvernig frumurnar vita hvaða prótín þær eiga að smíða
- hvers vegna sumir sjúkdómar leggjast á marga í sömu ætt
- hvernig þekking á erfðum getur hjálpað mönnum að uppgötva ný lyf og ný matvæli
- hvers vegna líffræðileg fjölbreytni er mikilvæg auðlind



Frjóvgað egg konu tekur að skipta sér um leið og erfðaeefni foreldranna hefur sameinast við frjóvgunina. Ein fruma verður að tveimur, sem verða að fjórum sem verða að átta frumum ...

4

Erfðir og erfðaeefni

Stafróf lífsins

Nýfrjóvguð eggfruma býr yfir öllum upplýsingum sem hún þarf á að halda til þess að verða að fullsköpuðum manni. Hver er þessi nýi maður? Upplýsingarnar í frumum litla fósturvísisins geta gefið okkur svarið við því. Þar finnast skýringar á því að barn líkist foreldrum sínum; þar er grunnurinn að erfðunum.

Þekking manna á erfðum eykst ótrúlega hratt. Erfðatækni gerir mönnum kleift að hafa áhrif á erfðir. Þekkingu fylgir vald og valdinu fylgir ábyrgð. Hvernig komum við til með að notfæra okkur þekkingu okkar á erfðum?

- 1 Nefndu dæmi um einkenni eða eiginleika sem þú hefur erfð frá móður þinni eða föður. Býrð þú yfir einhverjum eiginleikum sem þú heldur að séu ekki komnir frá foreldrum þínum?
- 2 Hvers vegna eru börn lík foreldrum sínum en ekki endilega eftirmynd þeirra?
- 3 Hvað vilt þú vita um genin sem þú hefur og um framtíð þína?
- 4 Hvað heldur þú að erfðabreytt matvæli séu?

EFNI KAFLANS

- 4.1 Lykill erfðanna
- 4.2 Frá kynslóð til kynslóðar
- 4.3 Lögmál erfðanna
- 4.4 Erfðagallar
- 4.5 Erfðatækni
- Í BRENNIDEPLI: Klónun og stofnfrumur
- 4.6 Erfðafræði og matvæli

Erfðafræði – fræðin um erfðir hjá lífverum

Þegar við skoðum fjölskyldumyndir tökum við oft eftir því að tilteknir drættir hjá foreldrum koma gjarna fram hjá börnunum, þeir berast frá kynslóð til kynslóðar. Þetta getur verið andlitsfallið, lögun nefs eða höku eða freknur, svo að dæmi séu nefnd. Önnur einkenni geta líka legið í ættum, til dæmis mikil eða lítil líkamshæð.

Orðtakið „margt er líkt með skyldum“ skýrir sig sjálft. Okkur er það líka ljóst að ekkert barn verður nákvæm eftirmynd foreldra sinna. Hvert barn fær þess í stað *eiginleika* frá báðum foreldrum sínum, þótt sum börn séu líkari föður sínum og önnur líkari móður sinni.

Erfðafræði er sú grein líffræðinnar sem fjallar um *erfðir lífvera*. Þessi fræðigrein auðveldar okkur að skilja hvers vegna maður, eða önnur lífvera, fær tiltekna eiginleika. Til þess að átta okkur á því skulum við líta inn í innsta hluta frumunnar – *frumukjarnann*.

Hvaða andlitsdrættir heldur þú að séu einkennandi í þessari ætt?

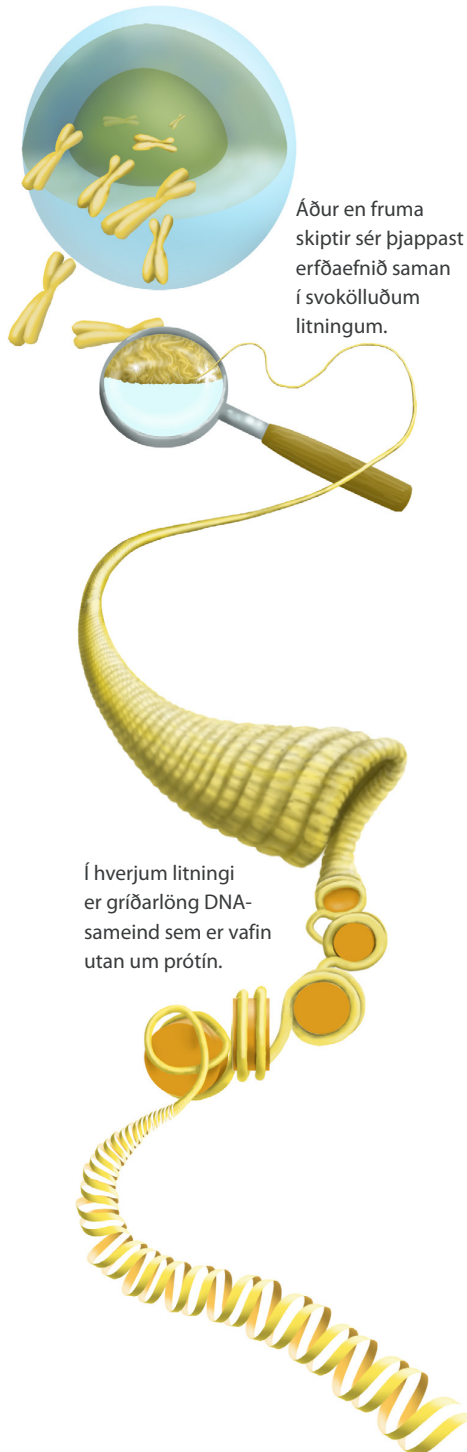


Litningar, DNA og gen

Ef við skoðum í smásjá frumur sem eru að skipta sér sjáum við fyrirbæri sem kallast *litningar*. Í þeim er meðal annars lífrænt efnasamband sem kallast *DNA*, *deoxý-ríbósakjarnsýra* öðru nafni. Það er DNA-sameindin sem ber í sér erfðaupplýsingarnar og stjórnar líkamlegum eiginleikum okkar, svo sem lit augnanna og hársins, sem og öðrum eiginleikum. Þessi sameind er *erfðæfni* lífvera.

Upplýsingarnar í DNA-sameindinni skiptast niður í margar einingar. Hver eining kallast gen, líka nefnd erfðavísir. Í litningum manna eru um það bil 25 000 mismunandi *gen*. Hvert gen ræður einum tilteknum eiginleika.

Hvernig getur erfðæfnið (DNA) búið yfir upplýsingum sem nægja til þess að skapa mann úr einni frjóvgaðri eggfrumu? Svarið byggist á því að frumurnar lesa erfðæfnið sem leiðarvísi eða leiðbeiningabók.

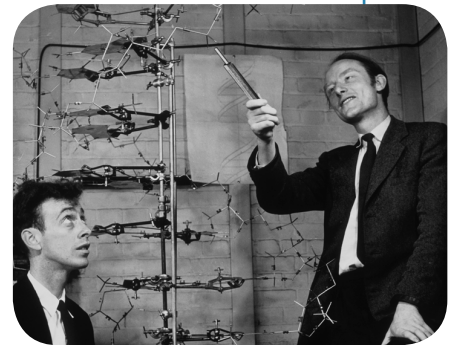


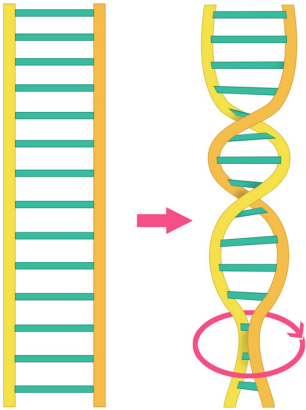
SAGNFRÆÐI

Vísindalegt kapphlaup

Gátan um eðli erfðanna varð til þess að mikið kapphlaup hófst innan líffræðinnar á árunum eftir 1950. Vísindamenn reyndu hver sem betur gat að leysa gátuna um það hvernig DNA-sameindin er byggð upp. Með því að beina röntgengeislum á kristalla af DNA-sameindum tókst Rosalind Franklin að finna út hvernig sameindin væri í lögun.

Með hjálp þessara röntgenmynda og líkana af byggingareiningunum í DNA-sameindinni tókst Bandaríkjamanninum James Watson og Englendingnum Francis Crick að búa til líkan af sameindinni sem sýndi lögun hennar. Það nægði til þess að skýra hvernig upplýsingarnar í DNA-sameindinni eru geymdar og hvernig þær geta borist frá kynslóð til kynslóðar.





DNA-sameindin er tvöfaldur gormur úr tveimur langböndum sem eru tengd saman með þverböndum. Þverböndin eru úr fjórum mismunandi niturbösum, A (adenín), C (sýtósín), G (gúanín) og T (týmín). Þessir fjórir basar eru stafróf erfðanna.

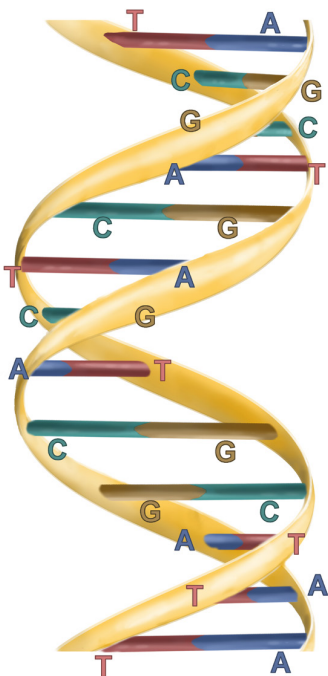
Fjögurra bókstafa stafróf

Líkja má DNA-sameindinni við kaðalstiga sem hefur verið undinn upp í gorm. Þrepin í stiganum eru úr fjórum „bókstöfum“, það er að segja A, C, G og T. Bókstafirnir standa fyrir heiti *niturbasa* sem eru bygg-ingareiningar í DNA-sameindinni og mynda þverböndin eins og áður sagði. Þessir basar tengjast ávallt saman tveir og tveir og alltaf A á móti T og C á móti G.

Bókstafirnir fjórir mynda stafróf erfðanna. Röð þeirra í þrepum DNA-stigans myndar stutt „orð“. Þegar farið er eftir stiganum er unnt að lesa úr orðunum og fá þannig fram upplýsingar um einn eiginleika. Eitt gen ber í sér upplýsingar sem stýra einum eiginleika lífverunnar.

Þrír metrar af DNA í hverri frumu

Um það bil þrír milljarðar para bókstafa eru í DNA-sameindunum í hverri frumu mannslíkamans. Ef við vildum skrifa allar upplýsingarnar niður á blað sem orð þyrftum við um 100 metra langa hillu undir allar bækurnar sem yrðu þá til. DNA-sameindirnar eru undnar saman í frumukjarnanum. Ef við tækjum allar DNA-sameindirnar úr einum frumukjarna og tengdum þær saman í eina keðju yrði keðjan um þrír metrar á lengd.



Með sérstökum tækjabúnaði og háþróaðri tækni hefur vísindamönnum tekist að lesa erfðaupplýsingarnar bókstaf fyrir bókstaf. Á myndinni hér fyrir ofan sjást raðir þessara fjögurra bókstafa.

Gen eru forskrift að prótínum

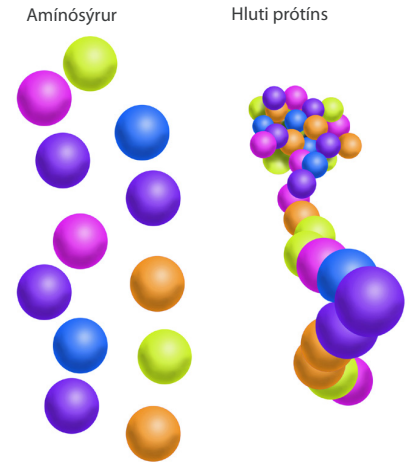
Við getum líkt DNA-sameindinni við safn mjög margra uppskrifta. Röð bókstafanna eftir DNA-sameindinni felur í sér upplýsingar um það hvernig fruman skuli búa til hin ýmsu prótín. Hvert gen er uppskrift að einu *tilteknu* prótíni eða lýsing á samsetningu þess.

Prótín eru langar keðjur sem eru settar saman úr aminosýrum. Með hjálp forskriftarinnar í DNA-sameindinni tengir fruman saman mismunandi aminosýrur í tiltekinni röð. Röð aminosýranna ákvarðar hvers konar prótín verður til.

Prótínin gegna margvíslegum hlutverkum í frumunum. Sum þeirra eru byggingarefni frumnanna, önnur eru ensím og enn önnur eru boðefni sem stýra starfsemi líkamans. Protínin í líkamanum eru þess vegna grunnurinn að mismunandi líffræðilegum eiginleikum okkar.

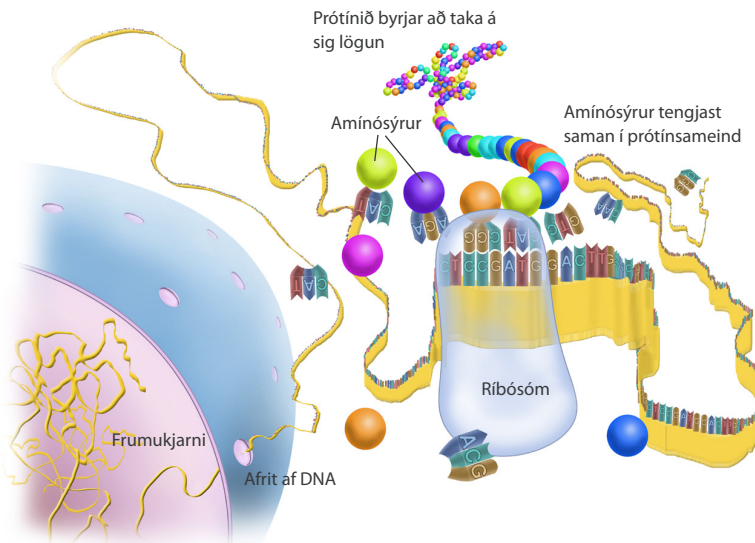
Genin eru ekki öll virk í einu

Allar frumur líkamans hafa sömu upplýsingar í DNA-sameindum sínum. Hvers vegna eru þá ekki allar frumurnar eins úr því að þær hafa allar sömu forskriftirnar að prótínum? Skýringin er sú að í tiltekinni frumugerð er aðeins hluti genanna *virkur* og sá hluti er ekki sá sami og í öðrum frumugerðum. Þetta veldur því að mismunandi prótín eru framleidd í hverri frumugerð. Þær verða því ólíkar í útliti og starfsemi.



Aminosýrur eru af mörgum gerðum og þær má tengja saman á mismunandi vegu í margs konar prótín.

LÍF Í PRÓUN



Prótínverksmiðjum er stýrt af DNA-sameindunum

Frumur smíða prótín eftir forskrift tiltekins gens. Fyrst er búið til afrit af geninu í DNA-sameindinni. Afritið fer út úr kjarna frumunnar til prótínverksmiðja frumnanna, ríbósómana. Þar er afritið af geninu í DNA-sameindinni notað sem mót til þess að tengja saman aminosýrur og búa til nýtt prótín. Bókstafirnir í DNA-sameindinni ákvarða í hvaða röð aminosýrurnar tengjast saman. Þrír bókstafir í röð í DNA-sameindinni eru kóði, venjulega nefndur tákni, fyrir tiltekna aminosýru. Til eru tuttugu mismunandi gerðir af aminosýrum og má tengja þær saman á marga vegu og fá þannig mörg og mismunandi prótín. Röð aminosýranna í prótínkeðjunni ákvarðar lögun prótínsameindarinnar og starfsemi hennar. Tiltekin röð aminosýra ræður því hvort prótínið verður til dæmis ensím eða byggingareining í vöðvafrumu.



Það er jafn eðlilegt að vera lágvaxinn eins og að vera hávaxinn. Mörg og ólík gen stjórna líkamshæðinni, en hún ræðst þó líka af því sem við borðum.

Frumur kveikja og slökkva á genunum

Gen eru ekki alltaf virk alla ævi hverrar lífveru. Sum eru ræst þegar þörf er á en eru annars í hvíld. Það getur ráðist af ýmiss konar boðefnum frá öðrum frumum líkamans hvort þau eru virk eða ekki. Sem dæmi má nefna að þegar kynþroskaaldri er náð taka kynhormónin að myndast. Þau virkja meðal annars húðfrumurnar við kynfærin þannig að þær framleiða prótín sem mynda hár þar.

Í öðrum tilvikum geta það verið merki frá *umhverfinu* sem „kveikja á“ genum. Dæmi um það er að húðfrumurnar auka framleiðslu á dökku litarefni þegar sólin skín á húðina. Við verðum brún og útitekin.

Samspil erfða og umhverfis

Samspilið milli DNA-sameindanna og umhverfisins veldur því að oft reynist erfitt að átta sig á því hvaða eiginleikar ráðast af erfðum og hverjir eru vegna áhrifa frá umhverfinu. Margir eiginleikar ráðast þó fremur af *samspili* milli erfða og umhverfis.

Dæmi um þetta er líkamshæð fólks. Hún ræðst meðal annars af virkni *vaxtarhormónsins* en það skiptir líka miklu máli hversu mikla og góða næringu við fáum í æsku. Kynslóðir nútímans eru hávaxnari en þær sem eldri eru og það stafar örugglega af því að fólk fær hollari og næringarríkari fæðu en áður. Umhverfið hefur breyst en genin eru hin sömu.

SJÁLFSPRÓF ÚR 4.1

- 1 Hvar eru genin?
 - 2 Hvað heitir efnasambandið sem ber í sér erfðaupplýsingarnar?
 - 3 Hvað framleiða frumurnar með hjálp upplýsinga frá DNA-sameindunum?
 - 4 Hvað er litningur?
 - 5 Hvað er gen?
 - 6 Hvað ákvarðar hvers konar prótín eru smíðuð?
 - 7 Teiknaðu hluta af DNA-sameind og útskýrðu hvernig upplýsingarnar eru geymdar.
 - 8 Lýstu því hvernig prótín myndast í frumunum – allt frá DNA-sameindinni í frumukjarnanum og þar til fullmyndað prótín hefur orðið til.
 - 9 Nefndu dæmi um það að umhverfið getur haft áhrif á DNA-sameind í frumum líkamans.
-  Lögum og starfsemi prótínsameindar ræðst af röð aminósýranna í henni. Stundum skemmist DNA-sameind þannig að einn bókstafur hverfur og annar kemur í staðinn. Sú breyting hefur yfirleitt alltaf minni áhrif en þegar einn bókstafur bætist við eða einn bókstafur dettur út. Hvers vegna heldur þú að viðbót eða brottfall eins bókstafs hafi meiri áhrif en þegar einn bókstafur kemur í stað annars í DNA-sameindinni?

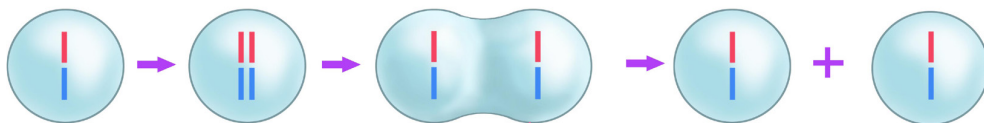
Erfðaupplýsingarnar berast áfram

Flestar frumur líkamans geta *skipt sér*. Þannig er hægt að skipta út dauðum frumum fyrir nýjar. Þegar frumurnar skipta sér verður að færa erfðaupplýsingarnar í DNA-sameindunum yfir í nýju frumurnar. Þetta er gerlegt vegna þess að DNA-sameindin getur búið til *afrit* af sjálfri sér. Þannig berast erfðaupplýsingarnar frá foreldrum til afkvæma.

Eftirmyndun er undanfari frumuskiptingar

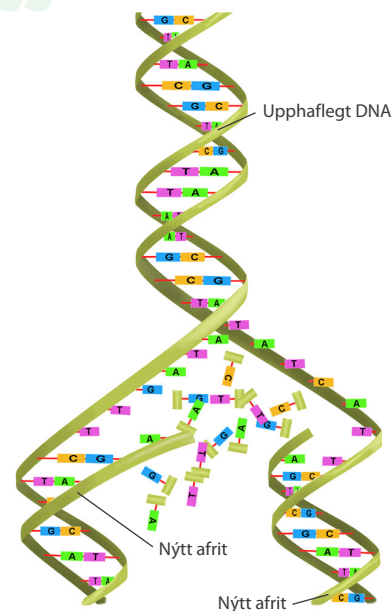
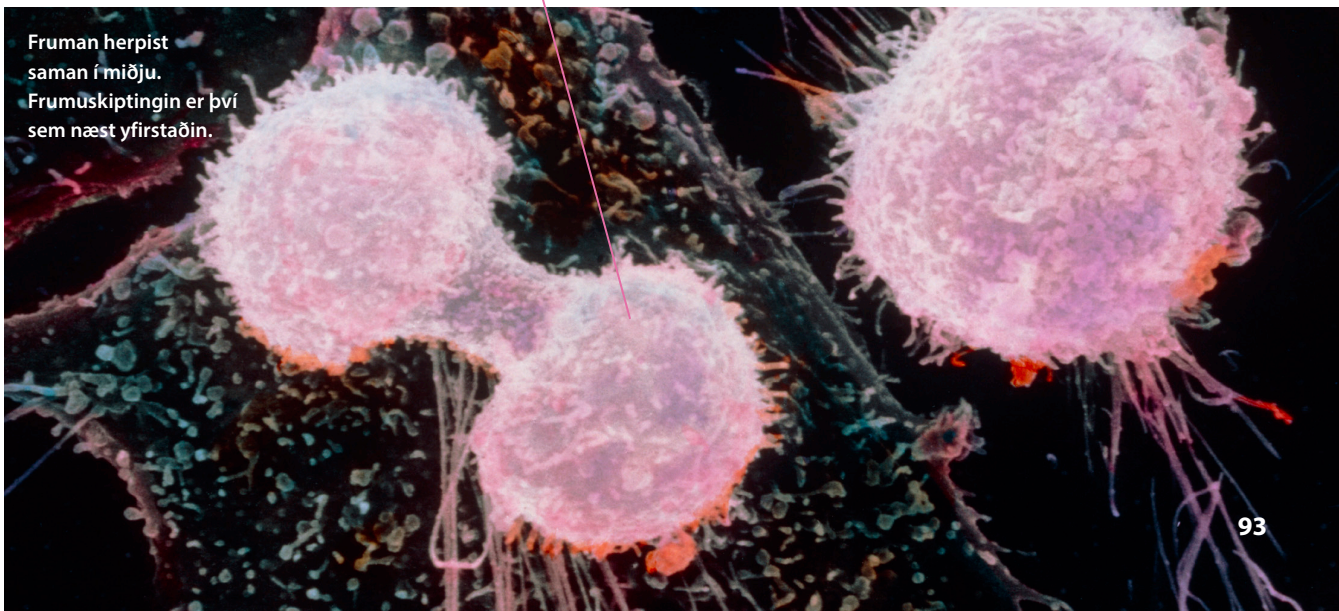
Þegar fruma skiptir sér býr hún fyrst til afrit af DNA-sameindum sínum. DNA-gormurinn raknar upp þannig að hvort langbandið um sig verður mót fyrir nýtt langband. Af langböndunum tveimur myndast tvær nýjar DNA-sameindir. Þær verða *nákvæm afrit* af upphaflegu DNA-sameindinni vegna þess að A tengist alltaf T og C tengist alltaf G, og öfugt.

Þessar nýju DNA-sameindir eru síðan undnar upp í litningunum. Þegar frumuskiptingin hefst eru tvö eintök af hverjum litningi og í frumuskiptingunni skiljast eintökin að og fara hvort út í sinn enda á frumunni. Fruman dregst svo saman í miðjunni og frumuhelmingarnir tveir skiljast hvor frá öðrum. Útkoman verður tvær frumur sem eru með nákvæmlega sömu erfðaupplýsingar og upphaflega fruman sem skipti sér. Þetta kallast *jafnskipting* eða *mítósa*.

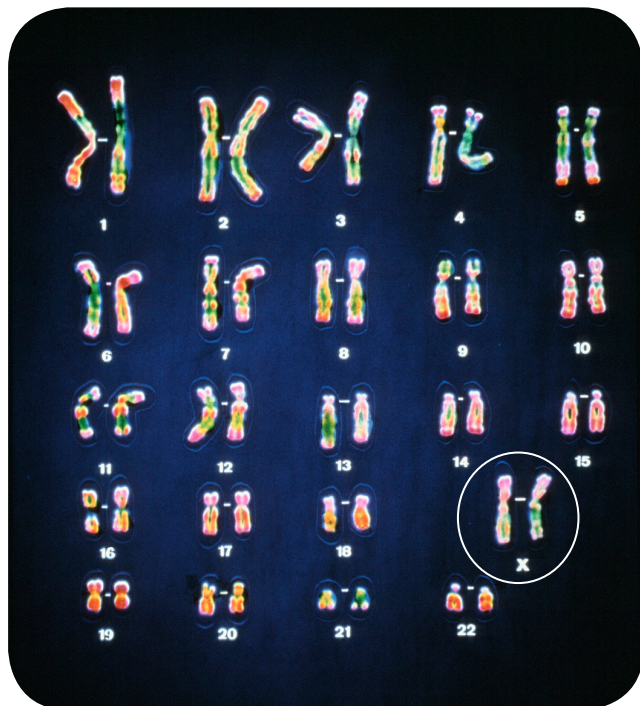


Jafnskipting hjá frumu með tveimur litningum. Útkoman verður tvær nákvæmlega eins frumur.

Fruman herpist saman í miðju. Frumuskiptingin er því sem næst yfirstaðin.



DNA-sameindin eftirmyndar sjálfa sig þannig að einn DNA-gormur verður að tveimur. Þar eð niturbasarnir tengjast alltaf eins verða nýju DNA-sameindirnar nákvæmlega eins og fyrirmyndin.



Í hverri frumu mannslíkamans eru 46 litningar, 23 pör. Í litningapari númer 23 eru svokallaðir kynlitningar, X- og Y-litningarnir. Myndin sýnir litninga í frumu konu og hvítur hringur hefur verið dreginn um X-litningana.

Við frjóvgun hjá mönnum sameinast 23 litningar eggfrumunnar og 23 litningar sæðfrumunnar og til verður nýr einstaklingur, ólíkur öllum öðrum.

Kynfrumur verða til við sérstaka frumuskiptingu

Lífverur, sem fjölga sér með kynæxlun, hafa tvö eintök af öllum litningum í líkamsfrumum sínum. Litningarnir eru ávallt í pörum. Í frumum mannsins eru 46 litningar, 23 litningar eru komnir frá móður og 23 frá föður. Þess vegna hefur hver fruma mannslíkamans 23 pör litninga.

Kynfrumur okkar eru þó undantekning frá þessu, því að þær hafa helmingi færri litninga, það er að segja 23 litninga. Kynfrumurnar myndast í sérstakri frumuskiptingu sem er ólík jafnskiptingunni að því leyti að fjöldi litninga helmingast. Þessi frumuskipting kallast *rýriskipting* eða *meiósa*. Forliðurinn rýri- merkir að eitthvað minnkar og vísar til þess að í skiptingunni verða til egg- eða sæðfrumur sem hafa helmingi færri litninga en fruman sem skipti sér í upphafi. Í hverri egg- eða sæðfrumu er einn stakur litningur af hverri gerð, ekki par eins og í venjulegum frumum.

Litningapörin myndast á ný við frjóvgunina

Við frjóvgun sameinast 23 litningar eggfrumunnar 23 litningum sæðfrumunnar. Frjóvgaða eggfruman fær þá aftur 46 litninga. Litningarnir eru aftur í pörum – annar helmingurinn frá föðurnum og hinn helmingurinn frá móðurinni. Samsetning litninganna frá föður og móður er aldrei eins, þótt þau eignist annað barn verður samsetningin aldrei aftur sú sama.

Frjóvað egg kallast okfruma og er fyrsta fruma hvers einstaklings. Okfruman skiptir sér nú með *jafnskiptingu* og verður að tveimur, síðan að fjórum og þannig koll af kolli.

ÍTAREFNI

Þú átt engan þinn líka

Hver einstaklingur fær í arf samsetningu af litningum frá móður sinni og föður. Samsetning litninganna getur verið á næstum því óendanlega marga vegu. Litningarnir skiptast strax í upphafi af handahófi milli kynfrumnanna í rýriskiptingunni. Litningapörin eru 23 talsins og því geta litningarnir raðast saman á um það bil átta milljón vegu og það þýðir að kynfrumurnar geta verið af átta milljón mismunandi gerðum.

Við frjóvgunina margfaldast enn hugsanlegur fjöldi mismunandi samsetninga litninganna svo að það er ekki skrátið að systkini verða aldrei nákvæmlega eins. Karl og kona geta sem sagt raðað litningum sínum saman á 64 000 000 000 000 mismunandi vegu. Þú átt svo sannarlega engan þinn líka!

**Stúlka eða strákur?**

Í líkamsfrumum karls er eitt litningaparið öðruvísi en öll hin; litningar þess eru ekki eins, heldur er annar *X-litningur* og hinn *Y-litningur* og þeir eru ólíkir í útliti, til dæmis misstórir, og þeir innihalda ekki eins gen. Þeir kallast einu nafni *kynlitningar*. Minni kynlitningurinn er kallaður Y-litningur og í honum eru þau gen sem valda því að úr okfrumunni þroskast einstaklingur sem verður drengur.

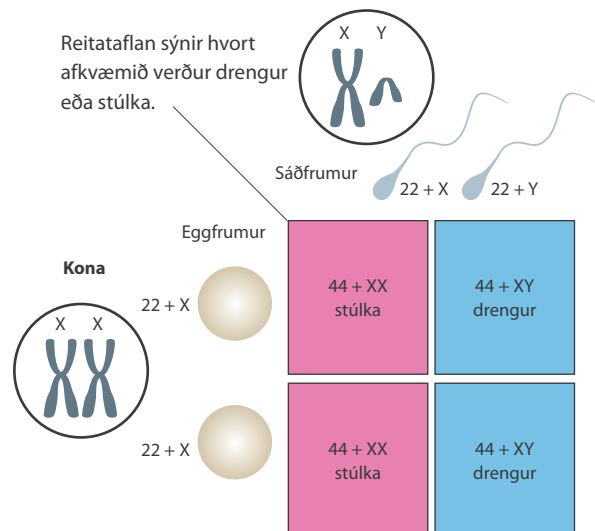
Það eru kynlitningarnir sem ákvarða kyn hvers einstaklings. Frumur konu innihalda 22 pör litninga og svo eitt par kynlitninga, sem er XX. Frumur karls hafa sams konar 22 pör litninga og eitt par kynlitninga, en nú er parið XY.

Kynið ræðst af því hvers konar sáðfruma nær fyrst til eggfrumunnar og frjóvgar hana. Helmingur sáðfrumnanna hefur Y-litning og hinn helmingurinn X-litning. Í öllum eggfrumum konu er einn X-litningur.



Karl

Reitataflan sýnir hvort afkvæmið verður drengur eða stúlka.





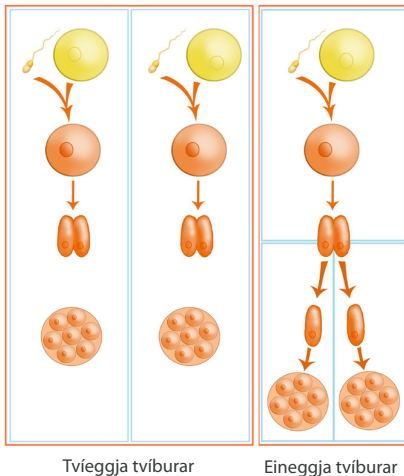
Tvíburar

Stundum eignast konur tvíbura. Oftast er það vegna þess að tvær eggfrumur hafa frjóvgast samtímis og af tveimur mismunandi sáðfrumum. Þá fæðast *tvíeggja tvíburar* og þeir eru ekkert líkari hvor öðrum en hver önnur systkini. Á sama hátt geta fæðst þríburar, fjórburar og svo framvegis.

Ein frjónuguð eggfruma getur hins vegar líka orðið að tvíburum. Það byggist á því að frjóvgaða eggfruman skipist í tvær og frumurnar aðskiljast. Hvor frjóvgaða eggfruman um sig verður þá að sjálfstæðum einstaklingi. Eineggja tvíburar hafa nákvæmlega eins gen og eru erfðafræðileg spegilmynd hvor af öðrum. Sá litli munur sem verður á þeim síðar stafar af því að umhverfið verkar mismunandi á þá. Umhverfið verkar aldrei nákvæmlega eins á tvo einstaklinga, jafnvel þótt þeir séu eineggja tvíburar og nánast eins í upphafi.

Stúlkurnar á myndinni eru tvíburar. Þrátt fyrir það eru þær ekki nákvæm eftirmynd hvor annarrar. Hvers vegna ekki?

Þannig verða tvíburar til.



Tvíeggja tvíburar

Eineggja tvíburar

SJÁLFSPRÓF ÚR 4.2

- 1 Hversu margir litningar eru í hverri líkamsfrumu okkar?
 - 2 Hversu margir litningar eru í hverri kynfrumu – eggfrumu og sáðfrumu?
 - 3 Hvernig eru kynlitningar konu táknaðir og hvernig táknum við kynlitninga karls?
 - 4 Hvar fer jafnskipting (mítósa) fram?
 - 5 Hvers vegna er nauðsynlegt að sumar frumur skipti sér með rýriskiptingu (meiósu)?
 - 6 Hvað ræður því hvort drengur eða stúlka þroskast úr frjóvgaðri eggfrumu?
 - 7 Lýstu nokkrum mikilvægum skrefum við jafnskiptingu.
 - 8 Hvers vegna eru tvíeggja tvíburar ekkert líkari hvor öðrum en hvaða önnur systkini sem er?
-  Lífverur fjölga sér á mismunandi vegu. Nefndu dæmi um lífverur sem fjölga sér kynlaust með skiptingu og um lífverur sem fjölga sér með kynæxlun. Hver er helsti munurinn á þessu tvennu?

4.3 Lögsmál erfðanna

Eru freknur í ættinni þinni?

Þótt fjölbreytileiki genanna sé óendanlega mikill er það augljós staðreynd að sumir eiginleikar eru áberandi í tilteknum ættum, og þá er stundum talað um ættarsvip eða ættareinkenni. *Freknur* eru dæmi um þetta. En tilteknir eiginleikar geta komið fram þótt hvorugt foreldrið sýni þá. *Brúneygðir* foreldrar geta til dæmis átt bláeygt barn.

Skýringin liggur í því hvernig litningar foreldranna raðast saman við frjóvgunina. Við tiltekna samsetningu geta arfbundnir eiginleikar, sem hafa ekki verið sýnilegir, komið fram hjá börnunum. Lögsmál erfðanna eru augljósust þegar hver eiginleiki ræðst bara af *einu geni*.



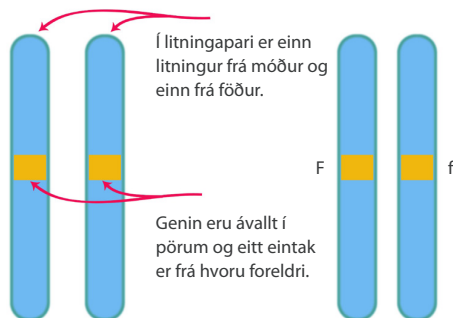
Freknur eru dæmi um eiginleika sem gengur í ættir.

Ríkjandi og víkjandi gen

Við frjóvgun mynda litningarnir pör og í hverju pari er einn litningur frá föðurnum og annar frá móðurinni. Það merkir að genin eru líka í pörum og hvert par kallast *genasamsæta*. En hvort genanna í genasamsætunni ræður því hvort eiginleikinn kemur fram?

Sum gen virðast alltaf ráða því að eiginleikinn kemur fram, jafnvel þótt það hafi bara erfist frá öðru foreldrinu. Þessi gen eru sögð *ríkjandi*. Freknur stafa til dæmis af *ríkjandi* geni. Aðrir eiginleikar eða einkenni koma því aðeins fram að genið erfist frá báðum foreldrum. Þau eru sögð *víkjandi*. Margir arfgengir sjúkdómar ráðast af víkjandi genum.

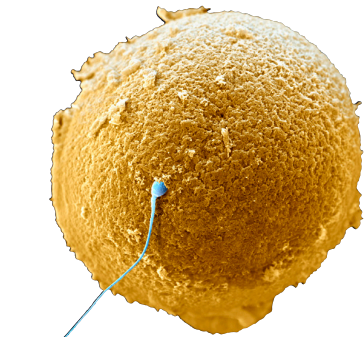
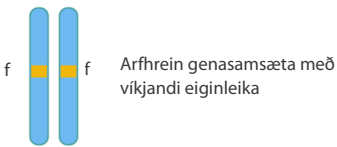
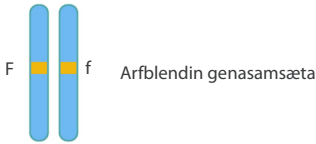
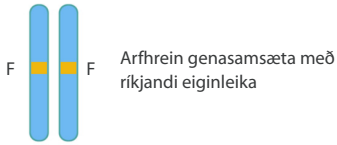
Stundum eru bæði genin í genasamsætunni ámóta sterk og þegar svo háttar til getur barn fengið blöndu eiginleika frá báðum foreldrum.



F = gen fyrir freknum (ríkjandi)

f = gen fyrir engum freknum (víkjandi)

Ríkjandi gen eru oft táknuð með stórum bókstaf, víkjandi gen með litlum.



Sáðfruma frjóvgar eggfrumu. Litningarnir eru nú í þörum, annar í hverju pari frá móðurinni og hinn frá föðurnum.

Taflan sýnir þær samsetningar genanna sem geta komið fram og líkurnar á því að barn erfi tiltekið gen.

Arfhreinn eða arfblendinn

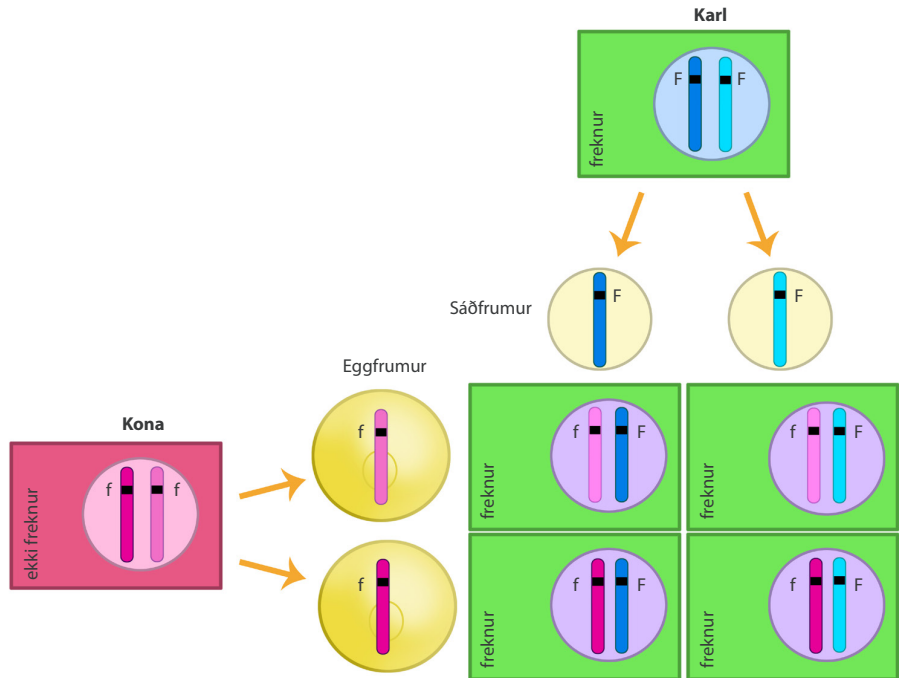
Sá sem hefur tvö ríkjandi eða tvö víkjandi gen í genasamsætu er sagður *arfhreinn* með tilliti til viðkomandi eiginleika. Sá sem hefur eitt ríkjandi gen og annað víkjandi í genasamsætu er hins vegar sagður *arfblendinn*.

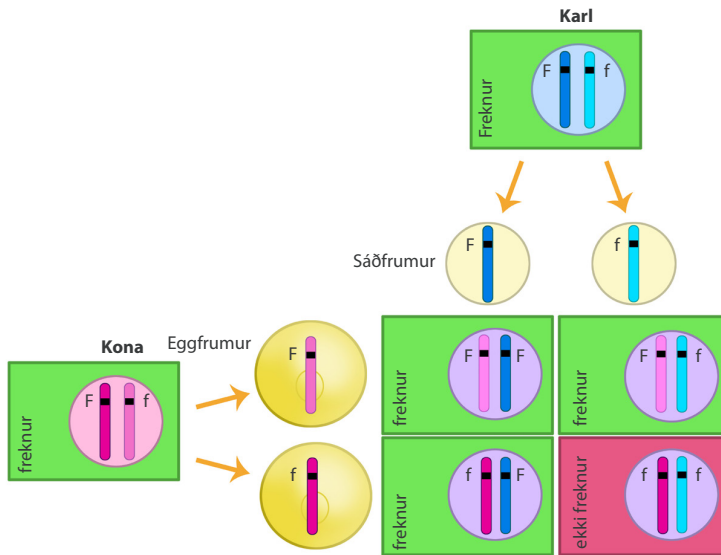
Eiginleikar, sem ráðast af ríkjandi genum, til dæmis freknur, koma fram hvort sem genið erfist frá öðru foreldri eða báðum. Eiginleikar víkjandi gena koma á hinn bóginn aðeins fram hjá arfhreinum einstaklingum.

Reitatafla sýnir erfðir gena

Ef við vitum hvort tiltekinn eiginleiki ræðst af ríkjandi eða víkjandi geni getum við reiknað út hvernig eiginleikinn erfist. Þá setjum við upp *reitistöflu* sem sýnir hvernig gen móður og föður geta raðast saman.

Tökum freknur sem dæmi. Þær ráðast af genasamsætu þar sem ríkjandi genið (F) veldur því að freknur koma fram. Hjá freknóttum föður, sem er arfhreinn (FF) fyrir freknum, fá allar sáðfrumurnar ríkjandi genið (F). Ef móðirin er ekki freknótt hefur hún tvö eintök af víkjandi geninu (ff). Allar eggfrumur hennar hljóta því að fá víkjandi genið (f). Á reitistöflunni hér fyrir neðan getur þú séð hvernig þessi gen erfast.





Þegar báðir foreldrar hafa eitt ríkjandi og annað víkjandi gen getur víkjandi eiginleikinn líka komið fram hjá börnum þeirra.

Stundum kemur víkjandi eiginleiki fram

Hvað gerist þegar freknóttur karl og freknótt kona eignast barn og bæði eru arfblendin (Ff)? Þú sérð það á reitistöflunni hér að ofan. Sumar kynfrumur þeirra fá F og aðrar f. Á reitistöflunni kemur fram að kynfrumurnar geta raðast saman á fjóra mismunandi vegu: FF, Ff, fF og ff. Líkurnar á því að barnið verði freknótt eru því þrír af fjórum, þar eð F er ríkjandi. Líkurnar á því að barnið verði ekki freknótt eru einn af fjórum.

Reitataflan gefur hins vegar engar upplýsingar um það fyrir fram hvernig samsetning gena verður hjá hverju barni; við getum ekki spáð fyrir um það. Í raunveruleikanum vitum við ekkert um það hvaða sáðfruma frjóvgar tiltekið egg.

SAGNFRÆÐI

Tilraunir Mendels á ertum

Það hefur ávallt vakið forvitni manna að sumir eiginleikar koma oftast fram en aðrir koma bara fram öðru hverju. Á 19. öld gerði austurríski (bæheimski) munkurinn Gregor Mendel fjölda tilrauna á ertuplöntum í því skyni að komast að því hvernig eiginleikar lifvera erfðust. Til þess að vera öruggur á því hvaða plöntur væru foreldrar nýrra ertuplantna færði hann sjálfur frjókornin á milli foreldraplantnanna með pensli.

Mendel hafði þá enga hugmynd um tilvist gena eða litninga. En af tilraunum sínum dró hann þá ályktun að einhvers konar upplýsingar, erfðaeindir, bærust á milli við frjóvgunina og þær gætu borist frá kynslóð til kynslóðar. Nútímaþekking gerir okkur kleift að útskýra niðurstöður Mendels út frá þeirri staðreynd að litningar og gen eru í þörum í frumum lifvera og að afkvæmin fá gen sín frá báðum foreldrunum.



Litur húðar og hárs
ræðst af mörgum
genum og því er ekki
að undra að þessir
eiginleikar birtast í
mörgum afbrigðum.



Fjölgena erfðir og áhrif umhverfis

Flestir eiginleikar okkar ráðast af *tveimur eða fleiri genasamsætum*. Litur húðar og augna og háralitur eru vel þekkt dæmi. Þegar mörg gen ráða erfðum tiltekins eiginleika geta þau ráðast saman á marga vegu við frjógvunina. Þess vegna er húðlitur fólks svo margbreytilegur, frá biksvörtum og yfir í skjannahvítan lit. Þegar mörg gen ráða tilteknum eiginleika verður erfitt að spá fyrir um það hvernig hann erfist.

Margir eiginleikar okkar ráðast auk þess bæði af erfðum og af áhrifum frá umhverfinu. Dæmi þessu til stuðnings er það hvernig við bregðumst við geislun sólar. Þeir sem baða sig lengi í sólinni verða oftast brúnir en hinir sem sitja inni eða í skugga, jafnvel þótt allir hafi nánast sama húðlitinn í upphafi. En ekki verða allir jafn brúnir, þótt þeir séu álíka lengi í sólbaði. Skýringin er sú að við höfum erfð mismunandi hæfni til þess að mynda brúnt litarefni í húðfrumunum.

SIJÁLFSPRÓF ÚR 4.3

- 1** Hvers vegna eru gen alltaf í pörum?
- 2** Hvað kallast þau gen sem koma alltaf eiginleikum sínum fram?
- 3** Hvað kallast þau gen sem verða að erfast frá báðum foreldrum til þess að koma fram?
- 4** Nefndu dæmi um eiginleika sem ráðast af mörgum genum.
- 5** Nefndu dæmi um eiginleika sem ræðst af samspili milli erfða og umhverfis.
- 6** Hjá kanínum ræðst svartur litur á feldi af ríkjandi geni (S) og hvítur litur á feldi ræðst af víkjandi geni (s). Tvær svartar kanínur, sem eru arfblendnar parast og eignast afkvæmi. Búðu til reitatöflu og sýndu þær genasamsetningar sem geta komið fram hjá ungunum.
- 7** Hvers vegna er erfitt að segja fyrir um það hvernig eiginleiki erfist ef hann ræðst af mörgum genum?

4.4 Erfðagallar

Of margir litningar

Þegar kynfrumurnar myndast eiga að vera 23 litningar í hverju eggi og hverri sáðfrumu. Stundum kemur þó fram galli í kynfrumum. Margir gallar leiða til þess að engin frjóvgun getur orðið eða að föstrið á sér enga lífsvon. Aðrir gallar geta valdið ýmiss konar þroskahömlun eða annars konar fötlun.

Algengasti meðfæddi erfðagallinn, sem stafar af röngum fjölda litninga, er *heilkenni Downs*. Börn, sem fæðast með þennan erfðagalla, hafa þá 47 litninga í frumum sínum í stað 46 litninga. Þroskahömlunin er mjög mismunandi eftir einstaklingum en margir þurfa mikla aðstoð, jafnvel þegar þeir hafa náð fullorðinsaldri.



Barn með heilkenni Downs getur verið haldið ýmiss konar þroskahömlun.

Stökkbreyting: breyting í DNA-sameind

Stundum koma fram nýir gallar í DNA-sameind í einhverri af frumum líkamans og það getur gerst hvenær sem er á ævinni. Þetta getur gerst vegna þess að mistök verða þegar fruma eftirmyndar DNA-sameindir sínar. DNA-sameindirnar geta líka skaðast vegna ýmiss konar sérvirkra efna og geislunar frá geislavirkum efnum eða frá sólinni. Frumurnar geta yfirleitt gert við gallana en stundum mistekst það og þá verður varanlegur galli í því geni. Slík breyting kallast *stökkbreyting*.

Sumar stökkbreytingar leiða til þess að fruman veit ekki lengur hvenær hún á að hætta að skipta sér. Frumur af þessari gerð geta orðið að *krabbameini*. Stökkbreytingar í líkamsfrumunum ganga að erfðum við frumuskiptingar en erfast ekki milli kynslóða.

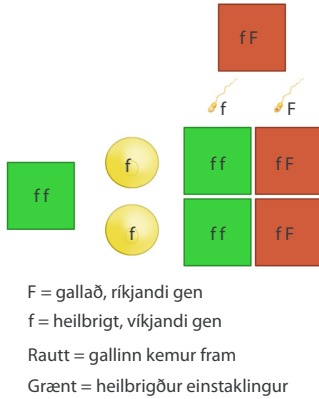
Gallar, sem koma fram í kynfrumunum, geta hins vegar erfst til afkvæmanna því að það er erfðaefti þessara frumna sem berst til næstu kynslóðar.

Flestar stökkbreytingar eru skaðlegar. Öðru hverju kemur þó fram breyting sem kallar fram nýjan og heppilegan eiginleika. Þetta getur á löngum tíma orðið til þess að nýjar tegundir lífvera verða til.

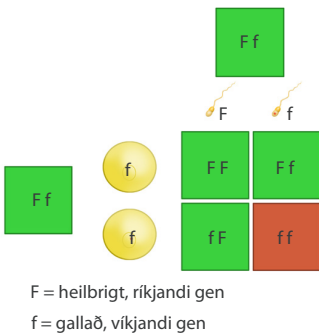
Hvítur krókódíll. Orsökina er sú að erfðaefti hans er gallað vegna stökkbreytingar sem veldur því að frumurnar geta ekki framleitt þau efni sem gefa krókódílum lit sinn.



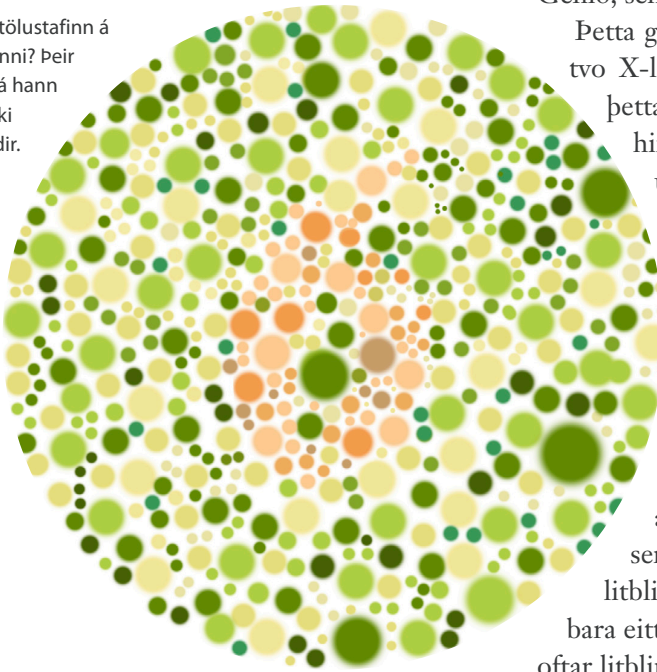
Ef foreldri ber eitt gallað, ríkjandi gen eru 50% líkur á því að gallinn komi fram hjá barni þess.



Ef báðir foreldrar bera eitt gallað, víkjandi gen eru líkurnar 25% á því að gallinn komi fram hjá barni þeirra.



Sérðu tölustafinn á myndinni? Þeir sem sjá hann eru ekki litblindir.



Erfðasjúkdómar stafa af gölluðum genum

Erfðasjúkdómar stafa af því að barn hefur erfð gallað gen frá foreldrum sínum, öðru eða báðum. Margir þessara sjúkdóma stafa af *gölluðu, víkjandi geni*. Sjúkdómur af því tagi kemur aðeins fram ef barnið hefur fengið genið frá báðum foreldrum. Foreldrarir eru heilbrigðir vegna þess að þeir hafa eitt ógallað gen í þessari genasamsætu. Oft er alls ekki vitað að gallað gen finnist í ættinni þegar það loks kemur fram.

Til eru líka erfðasjúkdómar sem koma alltaf fram. Þeir stafa af *gölluðu, ríkjandi geni* og koma alltaf fram hjá þeim sem bera það. Ef annað foreldrið ber slíkt gen fær það sjúkdóminn. Þá eru líkur á því að helmingur barnanna fái sjúkdóminn. Ef annað foreldrið er arfhreint um þetta gallaða, ríkjandi gen fá öll börnin sjúkdóminn.

Gallar í kynlitningum

Sumir erfðasjúkdómar geta stafað af göllum í kynlitningunum, t.d. *dreyrasýki*. Þá kemur fram skortur á prótíni sem er nauðsynlegt til þess að blóðið storkni ef sár opnast. Genið, sem ákvarðar byggingu prótínsins, er gallað.

Þetta gallaða gen er bara í *X-litningunum*. Konur hafa tvo X-litninga og þess vegna eru þær heilbrigðar ef þetta gen er heilbriggt í öðrum þeirra. Karlar hafa hins vegar bara einn X-litning og ef genið í honum er gallað eru þeir með sjúkdóminn, því að ekkert slíkt gen er í Y-litningnum. Þetta veldur því að dreyrasýki kemur nær eingöngu fram hjá strákum. Svona erfðir kallast *kýntengdar erfðir*.

Annað dæmi um þess konar erfðir er *litblinda*. Í X-litningum eru gen sem gera okkur kleift að greina sundur rauða og græna liti. Stökkbreytingar á þessum genum valda því að rauður og grænn litur renna saman hjá þeim sem bera genin. Konur hafa eðlilega litasjón þótt litblindugen sé í öðrum X-litningnum, en karlar hafa bara eitt gen í sínum eina X-litningi. Þeir eru því miklu oftast litblindir en konur.

ÍTAREFNI

Fósturgreining

Unnt er að greina suma erfðasjúkdóma í fósturum meðan þau eru enn í móðurkviði. Þessi greining nefnist fósturgreining og er gerð með því að rannsaka gen og litninga, en líka með ómskoðun. Slíkrí greiningu er oft beitt ef foreldrar vilja vita hvort barnið kemur til með að fá einhvern erfiðan sjúkdóm. Þá þarf að ákveða hvort fóstureyðing sé vænlegasti kosturinn. Þessa tækni og þekkingu má líka nota ef foreldrar vilja fá tíma til að undirbúa sig fyrir það að eignast veikt eða fatlað barn. Á myndinni er kona í ómskoðun. Með ómskoðun má greina ýmiss konar galla fyrir fæðingu, til dæmis hjartagalla.

Rannsókn á genum og litningum er líka beitt í tengslum við tæknifrjóvgun. Upplýsingarnar úr þeirri rannsókn eru notaðar til þess að velja fósturvísi. Þannig má auka líkurnar á að konan eignist heilbriggt barn þótt háskalegur erfðasjúkdómur sé í ættinni.



Samspil erfða og umhverfis

Margir sjúkdómar, sem ganga í erfðir, byggjast á samspili milli gena og umhverfis. Dæmi um þetta er *sykursýki af gerð I*. Sjúkdómurinn kemur oft fram á unga aldri og stafar af því að frumurnar, sem framleiða insúlín, starfa ekki eðlilega. Þekkt eru margvísleg genaafbrigði sem auka líkurnar á því að sjúkdómurinn komi fram en talið er að umhverfi hafi líka áhrif á það. Einkum er talið að mataræði skipti miklu máli. Þeir sem bera þessi gen þurfa að neyta hollrar fæðu og neysla sætinda er mjög óheppileg.

Ofnæmi er annað dæmi um samspil erfða og umhverfis. Líkurnar á því að barn hafi ofnæmi fyrir einhverju eru miklu meiri ef annar eða báðir foreldrar eru ofnæmissjúkir. Áhættan vex ef reykt er á heimilinu. Það sýnir að umhverfið getur gegnt miklu hlutverki.



Sá sem er með ofnæmi fyrir einhverju getur þurft að fara í ofnæmispróf. Þannig má komast að því hvað veldur ofnæminu.

SJÁLFSPRÓF ÚR 4.4

- 1 Nefndu dæmi um sjúkdóm sem stafar af röngum fjölda litninga í líkamsfrumunum.
 - 2 Hvað er stökkbreyting?
 - 3 Nefndu dæmi um sjúkdóm þar sem áhrif erfða og umhverfis spila saman.
 - 4 Hvernig getur stökkbreyting komið fram?
 - 5 Útskýrðu þá staðreynd að stökkbreyting getur valdið krabbameini.
 - 6 Útskýrðu þá staðreynd að tveir heilbrigðir foreldrar geta eignast barn með erfðagalla.
 - 7 Til eru erfðasjúkdómar sem koma nær eingöngu fram hjá körlum. Nefndu dæmi um slíkan sjúkdóm og útskýrðu ástæðuna fyrir þessu.
- Með fósturgreiningu getum við fengið margvíslegar upplýsingar. Veltu því fyrir þér hver eigi að ákveða hvernig megi nota þær upplýsingar sem fást við fósturgreiningu.

4.5 Erfðatækni



Þessi sojabauajurt hefur fengið nýtt gen sem veldur því að hún þolir sérstakan illgresiseyði. Hann eyðir öllum grænum plöntum, nema sojabauajurtinni. Þetta erfðabætta afbrigði sojabauajurtarinnar hefur verið ræktað frá árinu 1996.

Hvað er erfðatækni?

Þekking manna á erfðum hefur aukist gríðarlega hratt. Þessi aukna þekking hefur leitt af sér nýja tækni við að rannsaka genin og hefur jafnframt gert mönnum kleift að breyta þeim. Þetta kallast *erfðatækni*.

Strax á áttunda áratug síðustu aldar gátu erfðafraeðingar „klippt“ út gen og „límt“ þau inn á nýjum stöðum. Þeir gátu til dæmis flutt gen úr einni frumu og inn í aðra og búið til lífverur sem voru gæddar eiginleikum sem þær höfðu ekki áður. Þar eð nær allar lífverur nota sama erfðafraeðilega stafrófið getur til dæmis baktería lesið gen úr mannsfrumu og framleitt prótín sem aðeins mannsfrumur hafa búið til áður.

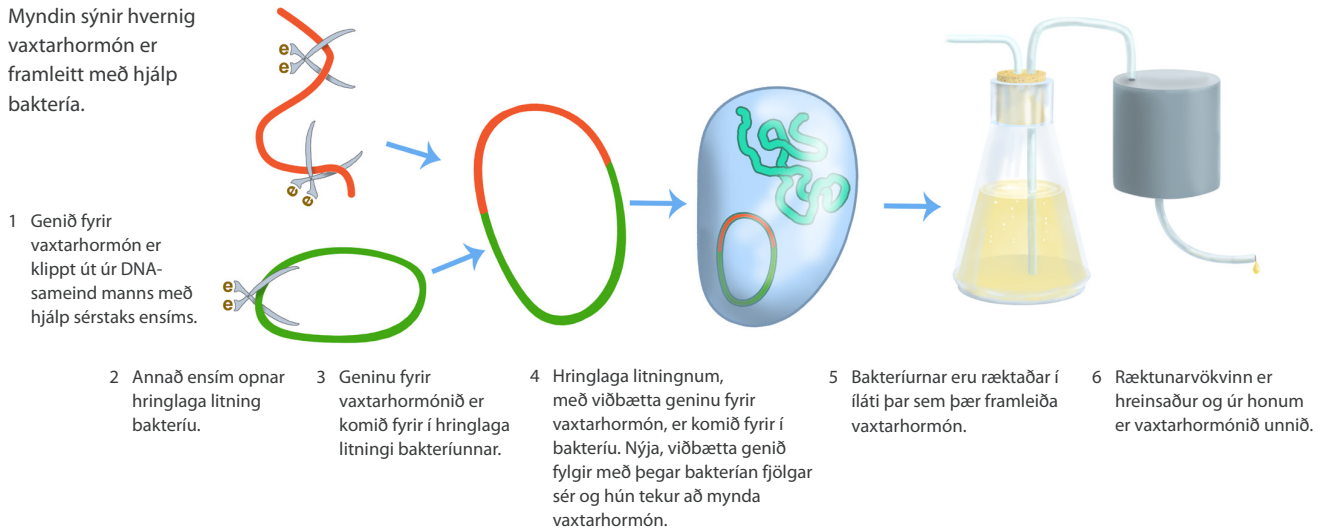
Erfðatæknin er nú notuð víða, svo sem til að framleiða ný lyf, búa til nýjar plöntur og til að auka þekkingu okkar á erfðum lífvera.

Lyf úr bakteríum

Við getum nú búið til lyf, sem áður var erfitt að framleiða, með því að koma geni, sem ákvarðar lyfið, úr manni fyrir í *bakteríum* og láta þær mynda það. *Vaxtarhormón* var meðal fyrstu efnanna sem framleidd voru með aðferðum erfðatækninnar. Börn, sem mynda of lítið af þessu hormóni, verða lægri vexti en eðlileg börn. *Insúlín* er einnig framleitt með hjálp erfðatækni en það er notað til að ráða bót á sykursýki.

Nota má aðrar frumur en bakteríur til að framleiða prótín manna, til dæmis *frumur úr dýrum* eða *gersveppi*.

Myndin sýnir hvernig vaxtarhormón er framleitt með hjálp baktería.



Genalækningar: ný gen í líkamanum

Með því að koma nýjum genum fyrir í líkamanum er reynt að láta frumur líkamans framleiða sjálfar þau lyf sem hann þarf á að halda. Það að koma nýjum genum fyrir í frumum líkamans kallast *genalækningar*. Nú standa yfir rannsóknir í þeim tilgangi að ráða bót á ýmsum erfðasjúkdómum, svo sem dreyrasýki, en líka til þess að lækna krabbamein. Þessar aðferðir eru enn á tilraunastigi.

Genalækningum hefur hingað til aðeins verið beitt á *líkamsfrumur* manna. Þau gen, sem bætt er við í frumurnar, eru því aðeins hjá þeim einstaklingi sem var meðhöndlaður en þau berast ekki til afkvæma hans. Ef beita á genalækningum á *kynfrumur*, það er á egg- og sáðfrumur, geta breytingarnar (lagfæringarnar) gengið að erfðum. Ekki er gott að segja fyrir um hvaða afleiðingar það kann að hafa og þess vegna liggur bann við því að beita genalækningum á kynfrumur.

Genapróf

Við getum líka beitt erfðatækni til þess að leita uppi gen sem valda erfðasjúkdómum. Ef við vitum hvernig gallinn í DNA-sameindinni er getum við gert *genapróf* á nokkrum frumum úr munnvatni. Við getum líka greint genagalla með því að finna til dæmis prótín sem starfar ekki rétt.

Á Íslandi er tekið blóðsýni úr öllum nýfæddum börnum til þess að kanna hvort þau eru haldin einhverjum sjaldgæfum en erfðum sjúkdómum. Þetta gerir læknum kleift að hefja meðhöndlun sjúkdómanna strax, sem getur verið mjög mikilvægt.

Genapróf veita oft óskýr svör. Það er alls ekki víst að einstaklingur verði veikur þótt hann beri gallað gen. Mörg önnur gen geta ráðið því hvort gallinn, sem genið veldur, komi fram eða ekki og umhverfið getur líka haft áhrif á það.

Í sumum tilvikum er engin lækning til við genagalla. Þá er sá kostur í boði að fara alls ekki í genapróf. Vildir þú vita um erfðafræðilega áhættu sem ekkert er hægt að gera við? Hvernig á að fara með slíkar upplýsingar? Hvernig heldur þú að upplýsingar um gen þín gætu haft áhrif á möguleika þína til að fá starf eða líftryggingu?



Blóðpróf, sem er tekið úr nýfæddum börnum, gerir mönnum kleift að greina snemma nokkra erfðaerfðasjúkdóma og beita þeirri meðferð sem best gagnast.



Nú hafa verið gerð genakort af erfðamengi margra plantna og dýra, til dæmis músar. Genakortin sýna röð niturbasanna í DNA-sameindunum og hvar hin ýmsu gen eru í litningunum.

DNA-preifarar finna bakteríur og veirur

Þekking manna á genum nýtist meðal annars til þess að greina bakteríur og veirur sem valda sýkingum. Ef læknar vita nákvæmlega hvaða tegund bakteríu eða veiru veldur sýkingu geta þeir gefið það lyf sem ræður niðurlögum hennar. Með hjálp svokallaðra *DNA-þreifara* leita menn að þekktum niturbasaröðum í erfðaeftni bakteríunnar eða veirunnar. Þetta er í reynd mjög svipað því og þegar við leitum í tölvu að upplýsingum á netinu. Þessa tækni má líka nota til þess að finna sjúkdómsvaldandi bakteríur í matvælum.

Kort sem sýna erfðamengið

Allar upplýsingar, sem erfðaeftni hvorrar lífveru geymir, kallast erfðamengi hennar. Með hjálp erfðatækni hefur mönnum tekist að búa til kort yfir allar upplýsingar í DNA-sameindum okkar. Þær upplýsingar eru erfðamengi okkar. Við vitum sem sagt nákvæmlega í hvaða röð niturbasarnir fjórir, A, C, G og T, eru í DNA-sameindum okkar og við vitum líka hvar einstök gen sitja í litningunum. Svona kort eru líka til yfir erfðamengi sumra annarra lífvera, til dæmis ýmissa baktería, músa og hrísgrjóna.

En hvers vegna viljum við eiga kort af genunum okkar? Einn kostur við það er sá að kortið gerir okkur kleift að rannsaka hvernig genin starfa saman og hafa áhrif hvert á annað. Með þessu móti getum við rannsakað allar erfðir mannsins í heild og hvernig þær verka á tiltekna frumu eða heila lífveru.

Genakortin eru líka notuð til þess að skilja hvaða *blutverki hvert gen gegnir*. Kannski viljum við vita hvar í líkamanum prótín frá tilteknu geni er mikilvægt. Margir binda vonir við að þessi nýja þekking auðveldi okkur að segja fyrir um sjúkdóma, koma í veg fyrir þá og finna lækningu við þeim.

Genakortin sýna að munurinn á erfðaeftni manns og simpansa er aðeins eitt prósent. Um 99% erfðamengisins eru nákvæmlega eins í þessum lífverum.



AAAAAGTGACGGTGAAGACTGAGGGAGGAGCGACTCTGACAGTGAAGGATGATCAGGTCTCCCCATGAACCTCCCA

Genakort leiða skyldleika í ljós

Genakort auðvelda mönnum mjög að bera saman erfðæfni ólíkra lífvera. Bæði það sem er eins og það sem er ólíkt segir til um *hversu skyldar* hinar ýmsu lífverur eru.

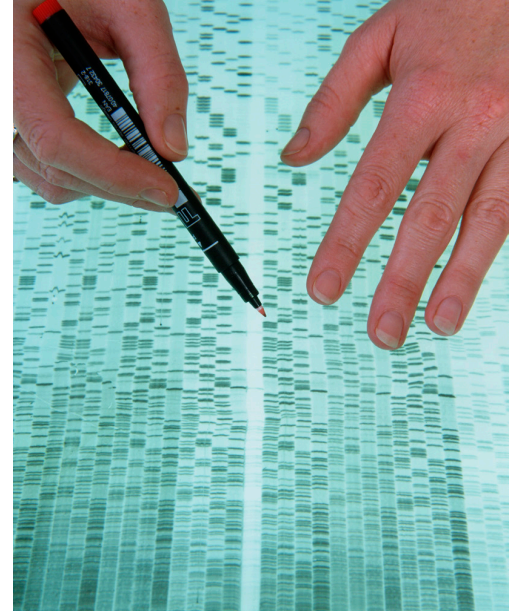
Það sem er eins getur líka aukið þekkingu okkar á sjúkdómum manna þegar við rannsökum samsvarandi gen hjá til dæmis gersveppum.

DNA-greining

Hver maður er algerlega einstæður í erfðafræðilegu tilliti. Sú staðreynd gerir mönnum kleift að nota DNA til þess að finna afbrotamenn og sanngreina látna sem ekki er vitað hverjir eru. Við getum beitt *DNA-greiningu* ef við höfum einhvers konar sýni úr manni í höndunum og í því eru DNA-sameindir. Þær geta til dæmis verið í blóði, sæði, munnvatni eða húðfrumum.

DNA-sameindirnar eru síðan klipptar niður í búta með sérstökum ensímum. Síðar eru búin til fjölmörg afrit af DNA-bútunum og þess vegna þarf ekki að vera nema örlítið magn af DNA-sameindum í því sýni sem menn hafa í höndum. Bútarnir eru svo flokkaðir eftir stærð og þá fæst mynstur sem líkist strikamerki. Mynstrið er svo til dæmis borið saman við erfðæfni úr manni sem er grunaður um afbrot.

Þessi tækni er líka notuð til þess að kanna hvort tveir einstaklingar séu skyldir, til dæmis ef skera þarf úr um faðerni barns.



DNA-greining er notuð til þess að sanngreina fólk út frá mjög litlu magni erfðæfnis, jafnvel úr einni frumu.

SJÁLFSPRÓF ÚR 4.5

- 1 Hvað er erfðatækni?
 - 2 Hvers vegna eru gen flutt milli mismunandi lífvera?
 - 3 Nefndu dæmi um lyf sem er framleitt með hjálp erfðatækni.
 - 4 Lýstu því hvernig bakteríur eru látnar framleiða vaxtarhormón manna.
 - 5 Nefndu dæmi um það hvernig genapróf eru notuð.
 - 6 Hvernig geta menn fundið afbrotamenn með hjálp erfðatækni?
 - 7 Menn geta beitt erfðatækni til þess að greina sýkingar. Hvernig er það gert?
 - 8 Hvað eru genalækningar og hvers vegna er gerður greinarmunur á genalækningum á líkamsfrumum annars vegar og kynfrumum hins vegar?
- 🧠 Ræddu um kosti þess og galla ef þú færð að vita hvort þú ert með genaafbrigði sem veldur sjúkdómi þar sem samspil er milli erfða og umhverfis.

Klónun og stofnfrumur

Klónun (einræktun) er tækni sem gerir okkur kleift að búa til nákvæmt afrit (eitt eða mörg) af frumum eða sjálfstæðum lífverum. Þekkingin á klónun hefur vaxið mjög hratt á síðari árum og með henni hefur mönnum tekist að klóna nokkrar tegundir dýra.

Rannsóknir í læknisfræði beinast að því að klóna svokallaðar stofnfrumur í von um að geta búið til „varahluti“ svo að gera meg við skemmdar frumur og jafnvel vefi eða hluta líffæra fólks sem glímir við sjúkdóma.

Dolly – klónun fullvaxinna dýra

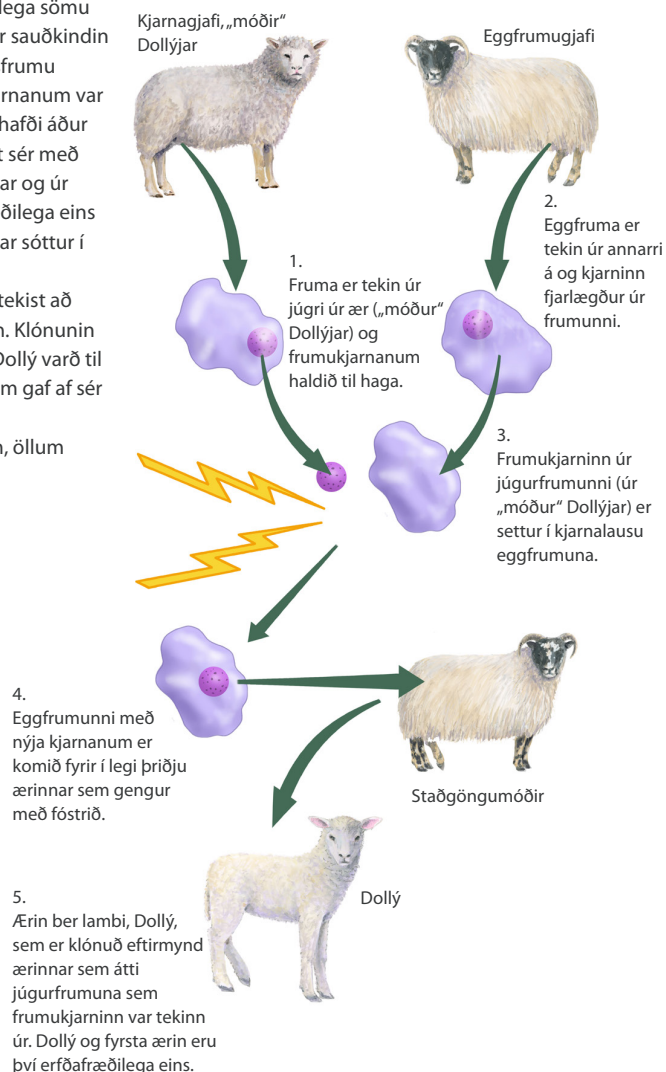
Þegar dýr eru klónuð fást afkvæmi sem hafa nákvæmlega sömu gen og foreldrið. Fyrsta spendýrið, sem var klónað, var sauðkindin Dolly. Hún varð til úr frumukjarna úr venjulegri líkamsfrumu „móður“ sinnar, sem var sex vetra sauðkind. Frumukjarnanum var komið fyrir í eggfrumu annarrar sauðkindar. Kjarninn hafði áður verið tekinn úr þeirri eggfrumu og hún gat síðan skipt sér með nýja kjarnanum úr líkamsfrumu hinnar sauðkindarinnar og úr henni þroskaðist ný sauðkind, Dolly, sem var erfðafræðilega eins og sauðkindin sem átti frumuna sem frumukjarninn var sóttur í („móðir“ Dollyjar).

Frá því að Dolly fæddist árið 1997 hefur mönnum tekist að klóna mús, svín, kött, kanínu og dýr af fleiri tegundum. Klónunin tekst aðeins í fáeinum tilvikum af mörgum og þegar Dolly varð til var þetta eina eggfruman af tæplega þrjú hundruð sem gaf af sér heilbrigðan einstakling.

Dolly varð sex vetra gömul og bar alls sex lömbum, öllum heilbrigðum. Hún var þrílembd eitt árið.



Þannig var Dolly klónuð.



Stofnfrumur úr fósturvísun og fullorðnu fólki

Stofnfrumur eru frumur sem geta orðið að hvaða gerð frumna sem er í líkamanum. Þegar fósturið er nýbyrjað að vaxa kallast það fósturvísir og í honum verða stofnfrumurnar til. Á síðasta áratug síðustu aldar fóru vísindamenn að nýta sér fósturvísa sem gengu af við tæknifrjóvgunaraðgerðir og rækta stofnfrumur úr þeim. Hugmynd þeirra er sú að nota þær til þess að koma í stað gallaðra frumna í líkamanum.

En stofnfrumur finnast líka hjá fullorðnu fólki. Sumar þessara stofnfrumna má taka úr líkamanum og rækta þær á sama hátt og stofnfrumur úr fósturvísun. Tæknin er meðal annars notuð þegar beinmargur er fluttur milli manna til þess að lækna ýmsa sjúkdóma í blóði. Margir binda vonir við að unnt verði að nota stofnfrumur úr fullorðnum í stað stofnfrumna úr fósturvísun.



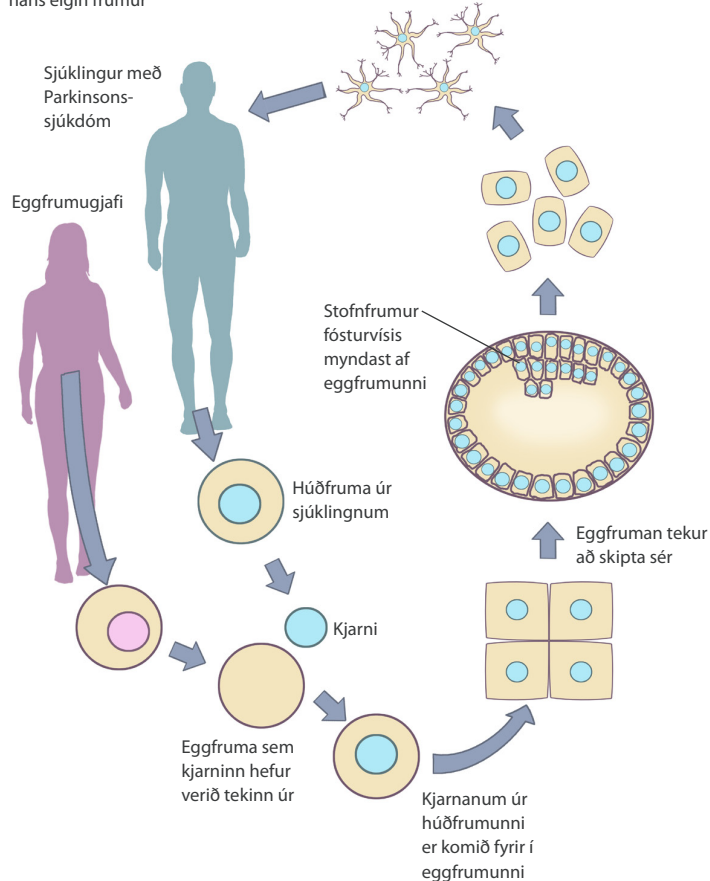
Klónun í þágu læknavísindanna

Ef menn ætla að nota stofnfrumur til þess að búa til varahluti í menn verða þær að vera eins líkar líkamsfrumur viðkomandi manna og framast er kostur. Helst þurfa þær að hafa sömu gen og líkamsfrumurnar. Ef genin eru mjög ólík er hætt á að ónæmiskerfi líkamans hafni þeim.

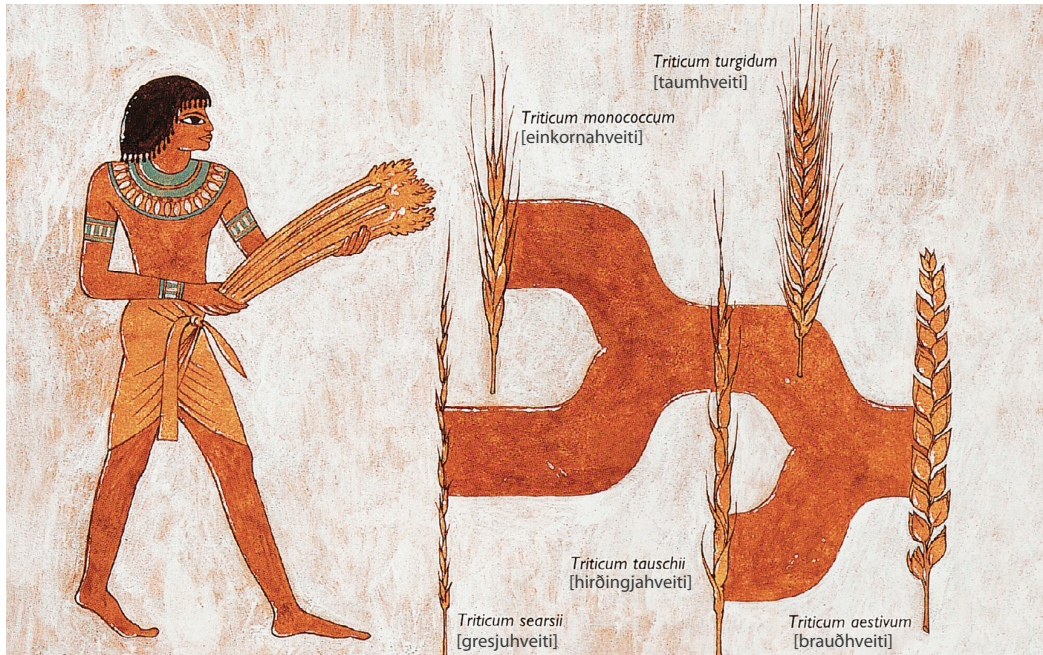
Ef það gengur ekki að nota stofnfrumur frá þeim sem er haldinn sjúkdómi er hugsanlegt að í framtíðinni geti menn beitt svokallaðri klónun þar sem kjarni er færður milli frumna. Þetta gæti til dæmis komið sér vel fyrir þá sem eru haldnir Parkinsons-sjúkdómi. Þá framleiða frumur í heilanum ekki nægilega mikið af boðefninu dópamíni. Frumukjarni úr þeim sjúka væri þá tekinn og honum komið fyrir í eggfrumu sem kjarninn hefði verið tekinn úr (sjá mynd). Ef eggjið tekur að skipta sér er hugsanlegt að til verði nýjar stofnfrumur sem eru erfðafræðilega mjög líkar líkamsfrumur sjúklingsins. Þá má koma þeim fyrir í líkama sjúklingsins án þess að hætta sé á að líkaminn hafni þeim. Klónun hefur ekki verið beitt fram til þessa í því skyni að lækna fólk.

Sjúklingur fær nýju taugafrumurnar sem eru erfðafræðilega eins og hans eigin frumur

Stofnfrumur eru teknar úr fósturvísunum og þær verða að taugafrumum sem mynda dópamín



Hveitið, sem nú er ræktað, er afrakstur mörg þúsund ára ræktunar sem hófst með ræktun villtra grastegunda. Öxin með fræjunum hafa lengst jafnt og þétt og stráin hafa styst.



Kynbætur plantna og dýra í þúsundir ára

Fyrir meira en tíu þúsund árum fóru menn við Miðjarðarhafið að rækta villta grastegund sem hveiti er komið af. Fræið mátti nota heilt eða mala það og fá mjöl. Hveiti er nú ræktað í þúsundum afbrigða en vex hins vegar hvergi villt.

Hveitijurtin er ein af mörgum plöntum sem bændur hafa *kynbætt* frá alda öðli. Kynbæturnar byggðust á því að þeir völdu jafnan plöntur sem voru gæddar góðum eiginleikum og æxluðu þeim saman og þannig urðu til plöntur með enn betri eiginleika en foreldraplönturnar. Þá komu fram plöntur sem voru til dæmis með stærri fræ eða meira af prótíni eða plöntur sem höldu kulda betur en áður þekktist.

Kynbætur plantna byggjast nú einkum á *vali* og *kynblöndun*. Með nútímaþekkingu í erfðafræði geta menn greint og fundið tiltekin gen í erfðaefni plantnanna og þá verður auðveldara að velja réttu „foreldraplönturnar“ til kynbótanna.

Sama meginregla gildir um *kynbætur dýra*. Þau húsdýr, sem við ræktum nú, eru afrakstur margra alda kynbóta um allan heim. Kynbætur á nautgripum hafa ýmist miðað að því að fá gripi sem mjólka meira eða gefa af sér meira kjöt en áður.

Líffræðileg fjölbreytni

Við kynbætur plantna og dýra er gengið út frá því að hver tegund lífvera búi yfir sem flestum og fjölbreytilegustum eiginleikum, að *erfðافرæðilegur breytileiki* sé sem mestur. Markmiðið er ekki að búa til ný gen heldur að velja þau gen sem best henta hverju sinni og raða þeim saman á ýmsa vegu.

Á það má benda að um leið stuðlum við að því að *minnka fjölbreytileikann*. Í landbúnaði og skógrækt rækta menn yfirleitt örfáar tegundir og best þykir að breytileiki innan hverrar tegundar sé sem minnstur.

Ef líffræðileg fjölbreytni verður of lítil getur *landbúnaðurinn* komist í vanda. Lítil erfðافرæðilegur breytileiki getur valdið því að tiltekinn sjúkdómur eyði gjörsamlega allri uppskeru eða hann drepri öll tré tiltekinnar tegundar í ræktuðum skógi. Erfitt getur líka reynst að finna einstaklinga af tiltekinni tegund sem búa yfir mótstöðuafli gegn sjúkdómum. En ef þeir finnast má ef til vill nota þá til þess að æxla þeim saman á nýjan máta þannig að til verði plöntur sem hafa þol gegn sjúkdómnum.

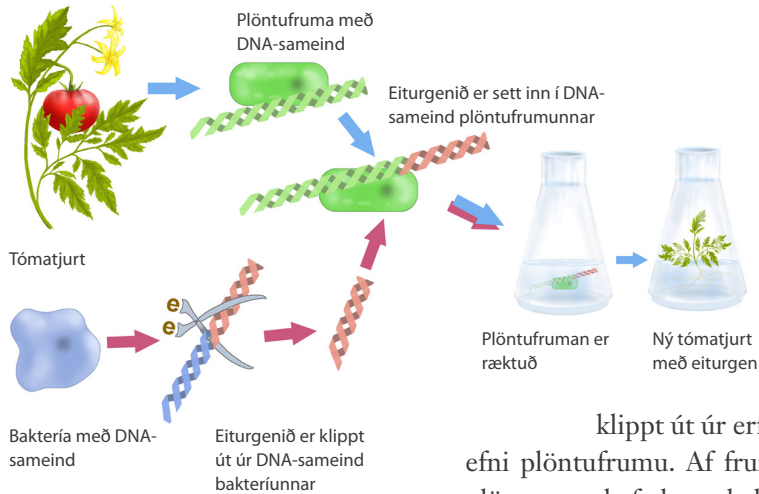


Í ósnortinni náttúru er ótrúlegur fjölbreytileiki, en því er hins vegar þveröfugt farið í nútímalandbúnaði. Á ræktuðu landi vaxa yfirleitt aðeins fáar tegundir og best þykir að breytileiki innan tegundanna sé sem minnstur.

Genabankar

Menn hafa haft áhyggjur af því að erfðافرæðilegur breytileiki nytjaplantna minnki stöðugt og þess vegna hafa verið settir á fót *genabankar*. Í þessum bönkum eru geymd fræ eins margra tegunda og framast er kostur. Í genabönkunum eru fræ villtra ættingja helstu nytjaplantna og fræ ýmissa tegunda sem ekki þykir lengur henta að rækta. Það er líka mikilvægt að halda áfram að rækta gamlar tegundir og skapa þannig lifandi genabanka sem hægt verður að ganga í um alla framtíð.

Í genabönkum eru varðveitt fræ með genum sem gætu annars horfið úr plöntum. Fræjunum er safnað víða í heiminum, þeim pakkað í sérstaka poka og komið fyrir í genabönkum.



Plöntur með viðbættum genum

Erfðatæknin gerir mönnum kleift að flytja gen milli tegunda. Þannig getum við búið til erfðabreytt dýr, erfðabreyttar plöntur og bakteríur. Einu nafni kallast slíkar lífverur *erfðabreyttar lífverur*.

Menn hafa til dæmis tekið gen úr bakteríu sem geymir upplýsingar um eitur sem drepur skordýr. Eiturgenið er

klippið út úr erfðæfni bakteríunnar og því er bætt við erfðæfni plöntufurmu. Af frumunni er ræktuð ný planta og allar frumur plöntunnar hafa þetta bakteríugen í sér. Þær framleiða því þetta eitur og skordýr, sem éta plöntuna, drepast.

Kostir og gallar erfðatækninnar

Erfðatæknin gerir okkur kleift að búa til plöntur sem aldrei hefðu orðið til við venjulegar kynbætur. Til dæmis þarf ekki að eituruða plöntur, sem hafa í frumum sínum gen fyrir skordýraeitri, jafn mikið og plöntur sem hafa ekki genið í sér. Með erfðatækni hefur mönnum líka tekist að búa til hrísgrjónaplöntur sem mynda næringarríkari hrísgrjón og repju með heppilegri olíu en sú sem áður var ræktuð.

En hvaða hættu getur stafað af erfðatækni? Hvað gerist til dæmis ef frá erfðabreyttra plantna berast frá ökrunum og út í villta náttúru? Þar geta þær kynblandað villtum plöntum og afkvæmin fá þá nýju eiginleikana. Þau gætu orðið illgresi sem erfitt væri að uppræta.

RANNSÓKNIR

Gullnu hrísgrjónin

Með erfðatækni hefur mönnum tekist að búa til nytjaplöntur sem eru næringarríkari en þær sem áður voru ræktaðar. Gullnu hrísgrjónin, sem svo eru kölluð, eru dæmi um þetta. Í þessar plöntur hefur verið bætt geni sem var tekið úr sólfífl og það veldur því að hrísgrjónin verða mjög auðug að A-vítamíni. Í mörgum fátækum löndum þjáist fólk af A-vítamínskorti og mörg börn verða blind vegna þess. Hugmyndin með þessari erfðabreytingu er að börnin fái meira A-vítamín

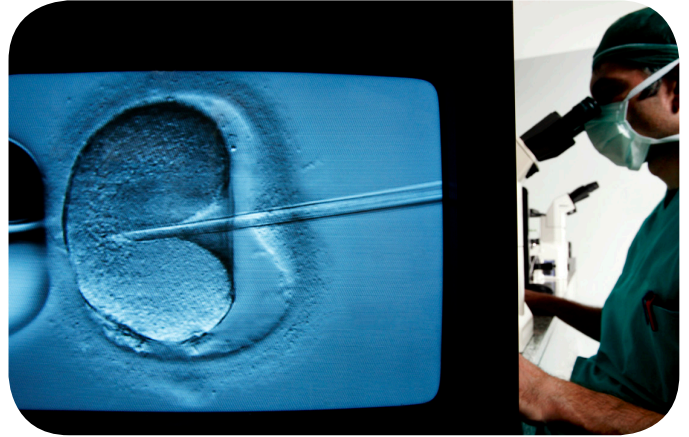
úr þessum hrísgrjónum en hinum hefðbundnu. Menn hafa líka bætt genum í hrísgrjónaplöntur sem valda því að líkaminn á auðveldara með að taka upp járn úr hrísgrjónunum. Járnskortur er sömuleiðis algengur hjá fólki í fátækum löndum.

Þrátt fyrir þessa jákvæðu eiginleika hafa margir verið andsnúnir ræktun þessara gullnu hrísgrjóna og efast um að erfðatæknin sé rétta lausnin til þess að ráða bót á næringarskortum í fátækum löndum.

Erfðabreytt dýr

Beita má erfðatækni til þess að bæta genum í frumur dýra. *Erfðabreytt dýr* eru einkum notuð við rannsóknir á sjúkdómum.

Erfðabreytingar hafa reynst erfiðar þegar um húsdýr er að ræða því að það er vandasamt að hafa áhrif bara á þá eiginleika sem sóst er eftir, vegna þess að þeir ráðast oft af mörgum genum. Þetta hefur þó tekist, til dæmis eru nú í ræktun grísir sem hafa *heppilegri fitu* en þeir sem áður voru ræktaðir. Til er líka eldislax sem er með sérstakt vaxtargen. Þessir laxar *vaxa hraðar* og þurfa minni næringu en villtur lax.



Bútar úr DNA-sameind eru fluttir í frjóvgaða eggfrumu með hárfinni glerpípu. Þannig búa menn til erfðabreytt dýr.

Erfðabreytt matvæli

Miklar deilur hafa staðið um erfðabreytt matvæli. Eru þau ef til vill hættuleg? Genin í þessum matvælum verða ekki hluti af erfðaeefni okkar en matvælin geta hins vegar fengið óæskilega eiginleika. Ef tiltekið gen úr hnetum er til dæmis sett í sojabauðir geta þeir sem hafa ofnæmi fyrir hnetum veikst af því að borða bauðirnar.

Áður en erfðabreytt matvæli eru sett á markað eru þau rannsökuð vel og vandlega. Í mörgum tilvikum telja sérfræðingarnir að erfðatæknin skapi engin vandamál. Þrátt fyrir það eru margir efins og þess er víða krafist að þessi matvæli verði merkt sérstaklega. Þá getur hver og einn gert það upp við sig hvort hann vill borða þau eða ekki.

SJÁLFSPRÓF ÚR 4.6

- 1 Nefndu dæmi um kynbætur plantna.
 - 2 Nefndu dæmi um erfðabreytt dýr eða erfðabreytta plöntu.
 - 3 Hver er helsti munurinn á hefðbundnum kynbótum plantna og kynbótum með erfðatækni?
 - 4 Hvers vegna er líffræðileg fjölbreytni mikilvæg fyrir landbúnaðinn til framtíðar?
 - 5 Hvað er genabanki og hvers vegna er hann nauðsynlegur?
 - 6 Settu fram nokkur rök með erfðabreyttum matvælum og nokkur sem mæla gegn þeim.
-  Erfðatæknin hefur orðið til þess að gen eru orðin mikilvæg söluvara. En hver á þá genin? Hvaða rök eru með því að menn geti fengið einkaleyfi á genum og hvaða rök mæla gegn því?

SAMANTEKT

4.1

Lykill erfðanna

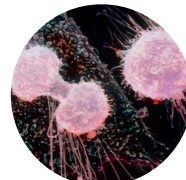
- Erfðafræðin fjallar um erfðir lífvera.
- Erfðaeiginleikar eru varðveittir í litningunum í kjörnum frumna. DNA-sameindir geyma upplýsingar um eiginleikana.
- Upplýsingarnar í DNA-sameindunum eru „skrifaðar“ með fjögurra stafa erfðastafrófi. Röð þessara bókstafa í DNA-sameindunum felur í sér upplýsingar sem fruman nýtir sér.
- Litningar skiptast í margar erfðaeiningar sem kallast gen.
- Í hverju geni eru upplýsingar sem segja til um það hvernig frumurnar geti framleitt eitt tiltekið prótín.
- Röð bókstafa í genunum segir til um það í hvaða röð aínósýrur raðast saman í prótínum. Hvert prótín hefur sína sérstöku röð aínósýra.
- Prótín geta meðal annars verið byggingarefni, boðefni eða ensím.
- Allar frumur líkamans hafa sömu upplýsingarnar í DNA-sameindum sínum. Frumurnar eru ólíkar hver annari vegna þess að mismunandi gen eru virk í hinum ýmsu frumgerðum.



Margt er líkt með skyldum.



Stafróf erfðanna.



Jafnskipting (mitósa).



Freknur ráðast af ríkjandi geni.

4.2

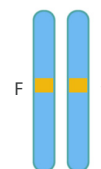
Frá kynslóð til kynslóðar

- Við stækkum vegna þess að frumurnar fjölga sér. Við venjulega frumuskiptingu, svokallaða jafnskiptingu, eftirmynda DNA-sameindirnar sjálfar sig. Það tryggir að báðar frumurnar, sem myndast, verða erfðafræðilega nákvæmlega eins.
- Við myndun kynfrumna skipta frumurnar sér með sérstakri frumuskiptingu sem kallast rýrskipting. Þá myndast frumur sem hafa helmingi færri litninga en upphaflega fruman. Þegar kynfrumurnar sameinast við frjóvgun verður til okfruma. Af henni þroskast nýr einstaklingur sem hefur sama fjölda litninga og foreldrarnir.
- Í frumum manna eru 46 litningar, 23 úr eggfrumu móður og 23 úr sæðfrumu föður.
- Kynlitningar í frjóvgaðri eggfrumu ákvarða hvort af henni þroskast strákur eða stelpa. Ef kynlitningarnir eru XY fæðist strákur en stelpa ef kynlitningarnir eru XX.

4.3

Lögmál erfðanna

- Genin eru ávallt í þörum sem kallast genasamsætur. Annað genið er frá móður en hitt frá föður.
- Eiginleikar, sem ráðast af ríkjandi geni, koma alltaf fram. Þá nægir að genið erfist frá öðru foreldrunum.
- Eiginleikar, sem ráðast af víkjandi geni, koma bara fram ef barnið hefur fengið genið frá báðum foreldrunum.
- Með hjálp reitatóflu getum við reiknað út hversu miklar líkur eru á því að eiginleiki, sem ræðst af einu geni, komi fram.
- Flestir eiginleikar hjá hverjum einstaklingi ráðast af mörgum genasamsætum. Sumir eiginleikar lífvera byggjast líka á samspili milli gena og umhverfisins.



Genin eru ávallt í þörum.

SAMANTEKT

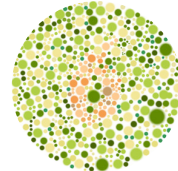
4.4

Erfðagallar

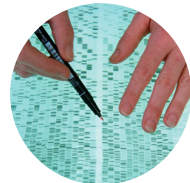
- Ef fjöldi litninga verður ekki réttur eftir frjóvgunina getur fósturvísirinn dáið eða barnið orðið á einhvern hátt óeðlilegt, til dæmis með einhverja þroskahömlun.
- Erfðasjúkdómar stafa af gölluðum genum sem ganga að erfðum. Heilbrigðir foreldrar geta eignast barn með erfðasjúkdóm ef hann ræðst af víkjandi geni. Barnið hefur þá fengið gallaða genið frá báðum foreldrum sínum.
- Erfðasjúkdómar, sem stafa af galla í X-litningi, koma nær eingöngu fram hjá körlum. Þetta er dæmi um kynbundnar erfðir. Konur geta borið genið, sem veldur sjúkdómnum, og arfleitt börn sín að því án þess að þær séu sjálfar haldnar honum.
- Margir sjúkdómar stafa af samspili milli erfða og umhverfis.
- Ef galli kemur fram í erfðæfninu er talað um stökkbreytingu. Stökkbreyting í líkamsfrumum getur valdið krabbameini eða öðrum sjúkdómum. Stökkbreytingar ganga því aðeins að erfðum að þær verði í kynfrumum.



Heilkenni Downs stafar af aukalitningi í einu litningapari.



Litblinda stafar af gölluðu geni í X-litningnum.



DNA-greining.



Fræ plantna eru varðveitt í genabönkum.



Erfðabreytt matvæli.

4.5

Erfðatækni

- Erfðatækni byggist á því að „klippa og líma“ erfðæfni og flytja gen milli mismunandi tegunda lífvera. Með aðferðum erfðatækninnar getum við meðal annars látið bakteríur framleiða lyf.
- Genapróf eru notuð til þess að greina sjúkdómsvaldandi gen. Vitneskjan, sem þau veita, getur jafnvel nýst til þess að draga úr líkum á því að sjúkdómur komi fram.
- Genalækningar byggjast á því að setja ný gen í frumur manns til að reyna að lækna sjúkdóm.
- Kort af erfðamengi sýnir hvar í litningunum hin ýmsu gen eru og það sýnir líka allt stafróf DNA-sameindanna.
- DNA-greining er aðferð sem er notuð til þess að sanngreina fólk út frá örlitlu magni af erfðæfni (DNA). Þessi aðferð getur líka skorið úr um það hver er faðir tiltekins barns.

4.6

Erfðafræði og matvæli

- Kynbætur plantna og dýra byggjast á því að æxlað er saman einstaklingum með eiginleika sem menn vilja að komi fram hjá afkvæmunum.
- Kynbætur og ræktun byggjast á því að erfðafræðilegur breytileiki sé mikill, til dæmis að plöntutegundir búi yfir mörgum og mismunandi eiginleikum. Við varðveitum fjölbreytileikann í lífandi og fjölbreyttri náttúru og í svokölluðum genabönkum.
- Með aðferðum erfðatækninnar getum við búið til plöntur og dýr með algerlega nýja eiginleika. Við getum fært gen milli tegunda sem geta venjulega alls ekki eignast afkvæmi saman.



Risaeðlurnar hurfu úr lífríki jarðarinnar fyrir um það bil 65 milljónum ára. Þær hafa varðveist sem steingervingar í jarðlögum og merki um fótspor þeirra finnast þar líka. Myndin sýnir hvernig menn telja að finngálkn (*Brachiosaurus*) hafi litið út. Finngálkn er talið hafa verið þyngsta risaeðlan.

Í ÞESSUM KAFLA LÆRIR ÞÚ

- að þróun lífsins byggist á fjölbreytileika og náttúruvali
- að menn geta greint skyldleika hinna ýmsu lífvera
- að byggingareiningar lífvera urðu til í andrúmsloftinu fyrir nokkrum milljörðum ára
- að fyrstu lífverurnar voru mjög einfaldar frumur
- að hafið var iðandi af lífi löngu áður en plöntur eða dýr sáuust á landi
- að maðurinn er í hópi primata
- að forfeður núlifandi manna komu fram í Afríku fyrir um 200 000 árum



Lúsi og ættingjar hennar voru forfeður manna sem lifðu í Afríku fyrir um 3,5 milljónum ára.

5

Þróun lífsins

Fjölbreytni, náttúruval og skyldleiki

Við skulum hefja þennan kafla á hraðferð gegnum tímann, frá því að alheimurinn varð til. Tímaflakkið hefst á tímanum núll fyrir næstum fjórtán milljörðum ára. Við stillum klukkuna á miðnætti og ætlum að vera komin til baka til nútímans klukkan tólf á hádegi.

Fyrst gerist nánast ekki neitt. Smám saman taka stjörnur og stjörnuþokur að myndast. Ein þessara stjörnuþoka er vetrarbrautin okkar. Um klukkan átta um morguninn myndast sólkerfið okkar og við sjáum jörðina, heimkynni okkar. Þar eru aðstæður ofsafengnar, gjósandi eldfjöll og loftsteinum rignir á yfirborðið, en ekkert líf þrífst enn.

Stuttu fyrir klukkan níu tekur að lygna og klukkustund síðar hefur lofthjúpurinn breyst. Nú er súrefni í lofthjúpnunum. Klukkan tifar áfram. Um klukkan háltólf tekur hafið að iða af lífi. Skömmu síðar hafa bæði plöntur og dýr numið land. Klukkan tíu mínútum fyrir tólf rekumst við á risaeðlur. En nú gerist allt hratt. Aðeins ein mínúta er eftir fram að hádegi og enn örlar ekki á mönnum. Þrjátíu sekúndur. Tuttugu. Tíu. Nú gerist eitthvað ...

- 1 Sköpun lífsins hefur verið lýst á marga vegu. Hvernig heldur þú að lífið hafi byrjað?
- 2 Getur þú bent á einhverjar vísbendingar sem staðfesta þróun lífsins?
- 3 Hvernig heldur þú að lífverur muni þróast í framtíðinni?

EFNI KAFLANS

5.1 Þróunin

5.2 Upphaf lífsins

5.3 Lífverur nema land

Í BRENNIDEPLI: frá miklahvelli til mannsins

5.4 Uppruni manna

Steingervingar eru leifar fornra lífvera

Í fornum jarðlögum má víða finna ummerki löngu liðinna lífvera. Þessi ummerki eru ýmist mót af lífverum, heilum eða hluta þeirra, eða för eftir lífverur, til dæmis fótspor. Ummerkin varðveitast í jarðlögum því að leifar lífveranna steingerast með tímanum. Þá koma steinefni í stað lífrænna sameinda í vefjum lífveranna. Þessar leifar fornra lífvera og ummerki eftir þær kallast *steingervingar*. Þetta getur til dæmis verið kuðungur af snigli sem fylltist af leir og varð svo að steini. Mótið heldur sér þótt kuðungurinn sjálfur sé horfinn fyrir löngu.

Á 17. öld var það mjög vinsæl iðja að safna steingervingum. Safnararnir áttuðu sig á því að margir steingervinganna voru eins og þær lífverur sem finna mátti í náttúrunni. En aðrir steingervingar voru allt öðruvísi og safnararnir þekktu þær lífverur alls ekki. Menn slógu því föstu að þeir steingervingar væru frá þeim hlutum heimsins sem höfðu þá enn ekki verið rannsakaðir. Síðar fóru menn að átta sig á því að þessir torkennilegu steingervingar hlytu að vera af *aldauða plöntum* og *dýrum*. Sumir töldu að þetta væru lífverur sem hefðu farist í syndaflóðinu sem lýst er í Biblíunni.

Vísbendingar í jarðlögum

Undir lok 18. aldar fór skilningur manna á steingervingum að vaxa. Þá áttuðu menn sig á því að þeir steingervingar, sem fundust í mismunandi jarðlögum, höfðu myndast á mismunandi tímum. Lífverurnar hefðu eftir dauða sinn grafist í eðju og orðið að steingervingum. Hvert nýtt lag lagðist yfir þau sem fyrir voru og steingervingar í neðstu lögunum hlutu því að vera eldri en þeir sem voru ofar í jarðlagastaflanum. Það staðfesti að jarðsagan skiptist í mörg *tímabil* sem einkenndust af mismunandi tegundum dýra og plantna.

Menn skildu líka að það hlaut að hafa tekið mjög langan tíma að mynda þessi miklu jarðlög með steingervingunum. Lífið hlaut að eiga sér miklu lengri sögu á jörðinni en talið hafði verið fram til þessa.



Fornleifafræðingar þurfa að sýna mikla gætni og vinna skipulega þegar þeir losa um leifar af dýrum sem grófust fyrir óralöngu og umbreyttust síðar í berg.



Þróunarkenningin verður til

Þessi nýja vitneskja og skilningur á steingervinum varð til þess að menn skildu að lífverur höfðu þróast frá einföldum lífverum til sífellt flóknari lífvera. Það gekk í berhögg við ríkjandi hugmyndir þess tíma sem gengu út frá því að allar tegundir lífvera hefðu orðið til við sköpun heimsins.

Þessar nýju hugmyndir um að lífverur hefðu þróast og breyst á löngum tíma mótuðust og styrktust á 19. öld og fram komu margar kenningar um þróun lífvera. Margir náttúruvísindamenn glímdu við að skýra þróun lífsins. Þekktastur þeirra er breski náttúrufræðingurinn *Charles Darwin*, sem setti fram *þróunarkenningu* sína árið 1859.

Náttúruval

Darwin bauðst að fara í rannsóknarleiðangur umhverfis jörðina á her-skipinu *Beagle*. Í ferðinni kom hann meðal annars til Galapagos-eyja undan strönd Suður-Ameríku. Þar sá hann fjöldamargar dýrategundir sem hann hafði hvergi séð annars staðar. Margar þeirra höfðu lagað sig á einstæðan hátt að mismunandi umhverfi eyjanna.

Darwin dró þá ályktun að það væri *náttúruvalið* sem lægi að baki allri þróun lífvera. Það byggist á því að bæði dýr og plöntur eignast fleiri afkvæmi en geta lifað. Þeir einstaklingar, sem hafa einhverja eiginleika sem gera þá hæfari en aðra til þess að afla fæðu, vaxa og fjölga sér, lifa fremur af en þeir sem hafa ekki þessa eiginleika. Náttúruvalið er því prófsteinninn á það hversu vel lífverum gengur að *laga sig að því umhverfi* sem þær lifa í. Hinir hæfustu lifa af hverju sinni.

Árið 1859 gaf Charles Darwin út bókina *Uppruni tegundanna*. Þar setti hann fram þá kenningu að allar lífverur ættu sér sameiginlegan uppruna.

Miklagljúfur (Grand Canyon) í Bandaríkjunum er stórkostlegur staður þar sem lesa má þróun lífsins í gljúfurveggjunum. Kóloradófljót hefur grafið sig niður í gegnum ótalmörg jarðlög og þar má ganga að ýmiss konar steingervinum. Elstu steingervingarnir eru í neðstu lögunum og eru 550 milljón ára gamlir. Efstu jarðlögin eru 250 milljón ára gömul.



Charles Darwin hélt því fram að allar tegundir lífvera ættu sér sama uppruna. Sú hugmynd að við hefðum þróast af öpum vakti andagift margra teiknara.



Piparfetari er fiðrildi sem er til í tveimur litbrigðum, ljósu og dökku. Ljósa litbrigðið dylst vel á ljósum trjástofnum og á því meiri möguleika á að lifa og fjölga sér en það dökka sem sker sig vel úr á þessum ljósa bakgrunni.

Piparfetari og loftmengun

Náttúruvalið sér til þess að þróun á sér alltaf stað. Sem dæmi getum við tekið fiðrildi sem kallast piparfetari. Það er yfirleitt ljóst með dekkri flekkjum og þess vegna sést það nánast ekki þegar það situr á ljósum trjástofnum og fuglar sjá það illa eða ekki.

Á 19. öld tóku menn að brenna kolum í stórum stíl og sótmengun jókst stórlega. Það varð til þess að trjástofnar urðu dekkri en áður vegna sótsins. Þá urðu fiðrildi af *dökka litbrigði* piparfetarans mjög algeng. Líklegt er að dökka litarafbrigðið hafi verið til áður hjá tegundinni. Þegar umhverfið breyttist og trjástofnarnir urðu dekkri féllu fiðrildi af þessu litbrigði betur inn í umhverfið og duldust betur á trjástofnunum en ljósa litbrigðið. Skyndilega varð þessi eiginleiki til þess að fiðrildin af dökka litbrigðinu sáust verr en þau ljósu og fuglar átu meira af þeim ljósu. *Náttúruvalið* var allt í einu orðið hliðholtt dökku fiðrildunum.

Á síðari árum hefur sótmengun minnkað og trjástofnarnir eru orðnir ljósir á ný. Það kemur ekki á óvart að ljósu fiðrildin eru nú orðin fleiri en þau dökku.

Aðlögun og afkoma

Dæmið af piparfetaranum leiðir í ljós hvernig náttúruvalið getur dregið fram kosti nýrra eiginleika. Náttúruvalið byggist á því að hjá hverjum hópi dýra eða plantna er viss *fjölbreytni í eiginleikum*. Sumir eiginleikar verða til þess að þeir sem bera þá eiga meiri möguleika til þess að komast af og fjölga sér. Af þessu leiðir að einstaklingar, sem eru búnir eiginleikum sem *nýtast best í tilteknu umhverfi*, komast best af og eignast að jafnaði fleiri afkvæmi en aðrir. Þessir eiginleikar verða því algengari í næstu kynslóð.

Það er ekki endilega sá sterkasti sem lifir heldur sá sem býr yfir eiginleikum sem valda því að hann nær sér í meiri fæðu og eignast fleiri afkvæmi en aðrir. Ef umhverfið breytist verða kannski aðrir eiginleikar heppilegir en þeir sem reyndust best áður en breytingin kom til.

LÍF Í PRÓUN

Bakteríur sem þola pensilín

Raunverulegt dæmi, sem staðfestir að þær lífverur lifa af sem hafa lagað sig best að umhverfi sínu, er sú staðreynd að til eru bakteríur sem hafa öðlast þol gegn pensilíni. Þolið er oftast fyrir hendi hjá nokkrum bakteríum. Ef pensilín er sjaldan eða aldrei notað hefur þessi eiginleiki ekki mikið gildi fyrir bakteríurnar.

En ef pensilín er notað að staðaldri búum við til umhverfi þar sem þolnu bakteríurnar standa mjög vel að vígi. Þær lifa af vegna þess að þær þola pensilín og geta fjölgað sér ört því að nú er ekki lengur samkeppni við hinar bakteríurnar sem pensilínið vann á. Næst verða það kannski bara þolnu bakteríurnar sem valda veikindum og þá kemur pensilínið ekki að neinu gagni. Það er því mjög mikilvægt að nota pensilín aldrei nema þegar rík ástæða er til.

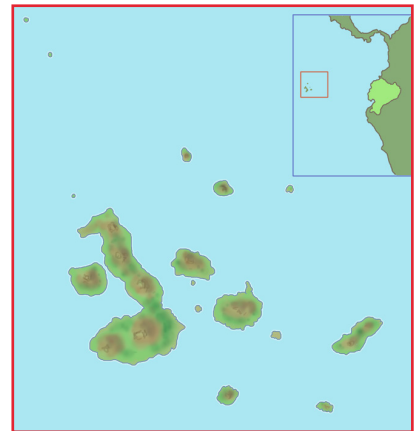
**Tegund verður til**

Á mjög löngum tíma getur náttúruvalið breytt tilteknum hópi innan tegundar svo mjög að lífverur í þeim hópi geta ekki lengur eignast afkvæmi með öðrum lífverum upphaflegu tegundarinnar. Þá hefur orðið til *ný tegund* lífvera.

Dýralífið á Galapagos-eyjum leiðir skýrt í ljós að samspil milli erfða og umhverfis getur orðið til þess að nýjar tegundir verða til. Eyjarnar mynduðust við eldgos á sjávarbotni og voru í fyrstu algerlega lífvana. Þótt þær séu langt undan meginlandinu bárust ýmsar lífverur þangað með tíð og tíma, bæði plöntur og dýr.

Ein af þeim lífverum sem námu land á eyjunum var finkutegund sem breiddist út um eyjarnar. Finkurnar *sérhæfðu sig* og lifðu á mismunandi fæðu. Fuglarnir voru einangraðir hverjir á sinni eyju og það varð til þess að þeir þróuðust á mismunandi hátt.

Nú getum við séð að til dæmis goggurinn er ekki eins hjá öllum fuglunum. Finkurnar eru nú orðnar svo ólíkar að þær geta ekki lengur eignast unga saman. Eina finkutegundin, sem kom upphaflega til eyjanna, hefur nú getið af sér þrettán nýjar tegundir.



Á Galapagos-eyjum, undan strönd Suður-Ameríku, má finna skýr dæmi um það hvernig tegundir geta orðið til.



Finkurnar á Galapagos-eyjum hafa lagað sig að mismunandi æti. Lögun goggsins sýnir vel hvort viðkomandi tegund lifir á skordýrum, fræi eða hnetum.

LÍF Í ÞRÓUN

**Nýjar tegundir verða líka til án einangrunar**

Stundum myndast nýjar tegundir án þess að einhver hópur lífvera hafi einangrast. Þetta gerist oft innan plönturíkisins. Margar plöntur þola betur en dýr breyttan fjölda litninga. Stöku sinnum koma fram í náttúrunni – eða eru kallaðar fram á tilraunastofum eða í gróðrarstöðvum – plöntur með margfeldi af eðlilegum litningafjölda tegundarinnar. Prestaflíflar (oft kallaðir krýsur) bera falleg blóm og vaxa bæði í náttúrunni og í görðum og gróðrarstöðvum. Grunntala litninga í frumum þeirra í náttúrunni er 18, en líka þekkjast villtar tegundir með tvöfalda þá tölu, það er 36 litninga, auk þess sem frjórar tegundir eru ræktaðar með fjórfalda þá tölu, eða 72 litninga.

Lífrikið er fjölskrúðugt í regnskógum hitabeltisins og fjölbreytni þess er mikil. Þessi litskrúðugi fugl er ein fjölmargra lífvera frumskóganna.

**Stökkbreytingar og kynæxlun skapa breytileika**

Forsenda þess að náttúruvalið verki er að innan hvernar tegundar lífvera ríki *breytileiki* eiginleika. Þessi breytileiki getur aukist vegna þess að genin taka sifelldum breytingum sem stafa af svokölluðum *stökkbreytingum*. Við stökkbreytingarnar geta komið fram nýir eiginleikar hjá afkvæmunum og stundum hafa þeir mikla kosti í för með sér.

Breytileikinn verður þó yfirleitt enn meiri hjá lífverum sem *fjölga sér með kynæxlun*. Þá raðast genin saman á nýjan hátt í hverri kynslóð og mikill breytileiki verður því hjá afkvæmunum. Líklegt er að einhver afkvæmanna búi yfir eiginleikum sem auka líkurnar á því að þau standi vel gagnvart náttúruvalinu.

Líffræðileg fjölbreytni

Sá *breytileiki* og sú *fjölbreytni* sem við sjáum hjá lífverum nú er af-rakstur af aðlögun lífvera að umhverfi sínu. Umhverfið er breytilegt og sums staðar eru aðstæður þannig að fjölbreytni lífvera verður mjög mikil. Í regnskógum hitabeltisins lifir til dæmis líklega um helmingur allra lífverutegunda jarðar.

Lífrikið er því afar fjölbreytilegt þarna og þar er margs konar „lífsrými“ í boði fyrir tegundirnar. Hver tegund velur sér tiltekinn stað og tiltekið hlutverk í umhverfinu og það kallast *sess* hennar. Í rás þróunarinnar hefur það komið sér vel fyrir tegundirnar að sérhæfa sig og verða sér úti um tiltekinn sess.

Þar sem umhverfið býður upp á fáa sessa eru tegundir lífvera yfirleitt fáar. Þannig háttar meðal annars til í fjalllendi.



Líffræðileg fjölbreytni hefur líka mikið efnahagslegt gildi. Í regnskógum Madagaskar vex planta sem kallast vonarneisti og hún inniheldur efni sem er árangursríkt lyf gegn blóðkrabbameini í börnum.

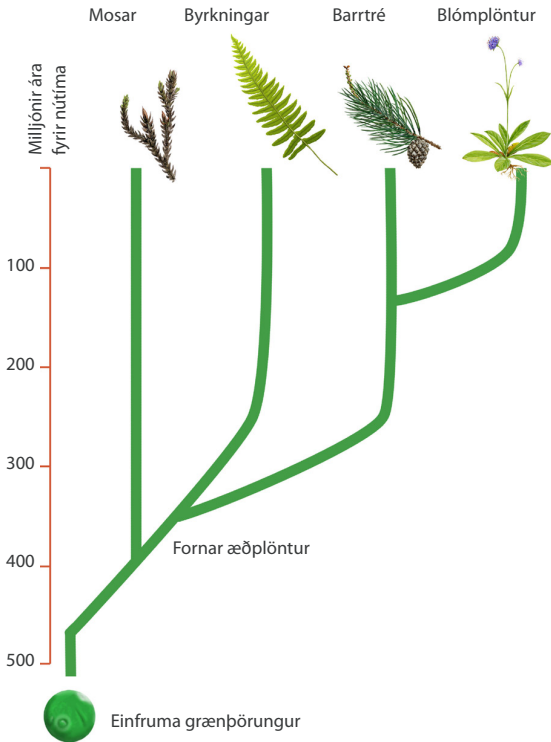
Maðurinn er ógn við líffræðilega fjölbreytni

Mannkynið stendur frammi fyrir margvíslegum umhverfisvanda. Einn þáttur vandans er sú staðreynd að maðurinn heldur sífellt áfram að skerða líffræðilega fjölbreytni. Þegar við eyðileggjum vistkerfi þar sem margar lífverur eiga sér sinn sess útrýmum við um leið fjöldamörgum tegundum lífvera á svæðinu, hugsanlega deyja þær þar með algerlega út.

Þegar menn fella til dæmis regnskóg til þess að fá beitoland fyrir húsdýr eða akra fyrir nytjaplöntur missa allar tegundir skógarins sinn sess. Þær tegundir, sem hafa þróast og lagað sig að umhverfi sínu í regnskóginum um milljónir ára, eiga skyndilega á hættu að deyja út.

Landbúnaður og skógrækt nútímans stuðla líka að því að draga úr líffræðilegri fjölbreytni því að yfirleitt rækta menn aðeins örfáar tegundir á stórum svæðum. Erfðabreytileiki innan hvernar tegundar er líka yfirleitt mjög lítill. Allar ræktuðu plönturnar eru því sem næst eins.

Það er ákaflega mikilvægt að varðveita líffræðilega fjölbreytni. Erfðafræðilegur breytileiki er forsenda þess að plöntur og dýr geti lagað sig að nýju umhverfi þar eð náttúruvalið velur úr þá einstaklinga sem eru hæfastir hverju sinni. Þess vegna er okkur skylt að vernda svæði með ósnortinni náttúru. Við getum ekki með góðu móti endurvakið lífverutegund sem hefur orðið aldauða.



Samkvæmt þessu þróunartré hafa allar plöntur þróast af einum forföður, einfurma grænþörungum.

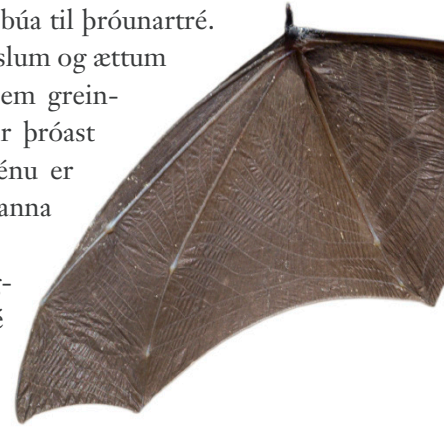
Hvalur, maður og leðurblaka eru öll spendýr. Skyldleikinn er augljós þegar bein þessara dýra eru borin saman. Beinín hafa breyst vegna aðlögunar þessara dýra að mismunandi umhverfi.

Útlit og erfðaeftni gefa vísbendingar um skyldleika

Þekkingin á þróun lífvera og myndun nýrra tegunda af þeim sem fyrir eru gerir okkur fært að búa til þróunartré.

Í þróunartré er tegundum, ættkvíslum og ættum lífvera raðað kerfisbundið. Þar sem greinarnar kvíslast hafa nýjar tegundir þróast af eldri tegundum og neðst í trénu er sameiginlegur forfaðir allra lífveranna sem eru ofar í trénu.

Lengi vel gátu þróunarfræðingarnir, sem settu saman þróunartré lífvera, bara stuðst við rannsóknir sínar á því sem var líkt og því sem var ólíkt í útliti lífvera. Nú geta þeir líka rannsakað hversu líkt *erfðaeftnið* og *prótínin* eru hjá hinum ýmsu lífverum. Niðurstöður þeirra rannsókna hafa oft kallað á endurskoðun á þróunartrénu því að þær hafa leitt í ljós að skyldleiki lífvera er alls ekki eins og menn töldu að hann væri og flokkun lífvera tekur nú miklum breytingum. Í þessari bók er þó að mestu stuðst við hefðbundna skiptingu lífvera, eins og hún hefur verið í mörgum kennslubókum fram til þessa, en það er ljóst að þróunartré lífvera er flóknara en hér er sýnt.

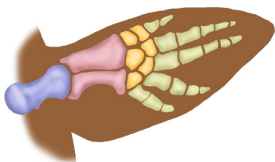


Aðlögun lífvera

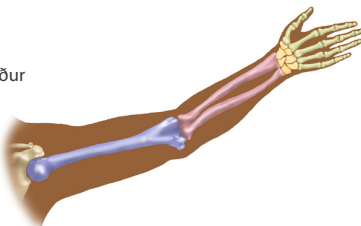
Dýr eru gjarnan mjög ólík í útliti en í innri gerð líkamans og starfsemi má oft sjá sameiginleg einkenni sem benda til skyldleika. Ytra útlit dýra hefur oft tekið breytingum vegna aðlögunar þeirra að mismunandi umhverfi sem þau lifa í.

Skoðum til dæmis framlími ýmissa spendýra. Skyldleiki hvala, manns og leðurblakna kemur greinilega fram ef við skoðum beinin í bægslum, höndum og vængjum. Í meginatriðum er um sams konar bein að ræða en þau hafa þróast á mismunandi vegu við aðlögun að mismunandi umhverfi – lífi í vatni, á landi og í lofti.

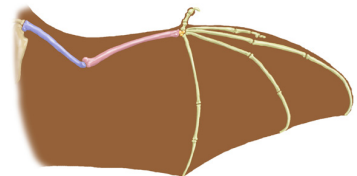
Hvalur



Maður



Leðurblaka





Aðlögun að umhverfinu

Stundum sjáum við að tvær tegundir eru að ytra útliti talsvert líkar þótt þær séu allsendis óskyldar. Sameiginleg einkenni í útliti stafa þá af aðlögun að svipuðu umhverfi. *Hvalur* líkist til dæmis á margan hátt *fiski*. Hvalurinn hefur lögun fiskis og báðir lifa í vatni. Þrátt fyrir svipað útlit er hvalurinn ekki fiskur heldur spendýr sem fæðir lifandi afkvæmi og nærir þau á mjólk.

Ef við skoðum beinagrind af hval finnum við leifar af beinum afturli-manna, bein sem eru orðin mjög rýr og sjást ekki utan á líkamanum. Framlimirnir hafa umbreyst í bægsl. Hvalir eru dæmi um dýr sem lifðu áður á landi en leituðu aftur út í vatnið og hafa lagað sig að þessu nýja umhverfi. Aðlögunin hefur orðið til þess að þeir minna á fiska í útliti.

Leðurblaka og drekafluga eru óskyld dýr og vængir þeirra eiga sér gerólikan uppruna. Bein leðurblökunnar, sem svara til handleggs- og handarbeina, eru aðlöguð til flugs. Í vængjum skordýrsins eru engin bein. Talið er að vængir skordýra hafi þróast af tálknum sem fengu nýtt hlutverk.



SJÁLFSPRÓF ÚR 5.1

- 1 Hvað er steingervingur?
 - 2 Hvað merkir orðið þróun?
 - 3 Hvað sýnir þróunartré?
 - 4 Hvað er náttúruval?
 - 5 Hvers vegna er líffræðileg fjölbreytni mikilvæg fyrir þróun lífsins?
 - 6 Hvers vegna líkast hvalir og fiskar á margan hátt þótt þeir séu mjög fjarskyldir?
 - 7 Hvernig getum við nýtt þekkingu í erfðafræði til þess að átta okkur betur á þróun lífsins?
 - 8 Nefndu dæmi sem skýrir hvernig ný tegund lífvera getur orðið til.
-  Meðal skordýra finnast tvö mismunandi erfðafræðileg afbrigði. Annað þeirra drepst ef það fær í sig skordýraeitur en hitt þolir það vel. Notaðu kenningar og hugmyndir Darwins til þess að útskýra það sem gæti gerst ef menn nota skordýraeitur stöðugt og lengi.

upphaf lífsins

5.2

Upphaf lífsins

Náttúruvísindalegt sjónarhorn

Hvaðan komum við? Hvert stefnum við? Maðurinn hefur alltaf leitað svara við brennandi spurningum um lífið. Sumir finna svörin í *trúnni*, en aðrir leita vísindalegra skýringa.

Sú skýring, sem *náttúruvísindamenn* setja fram um upphaf lífsins, er ólík kenningu bókstafstrúarmanna sem túlka kenningar ýmissa trúarrita. Mestu skiptir að vísindalega myndin, sem dregin er upp af uppruna lífsins, breytist stöðugt eftir því sem þekkingu manna fleygir fram. Hún byggist ekki á eilífum og óbreytanlegum sannleika heldur á athugunum og tilraunum. Stundum verða nýjar uppgötvanir til þess að við verðum að breyta kenningum sem taldar voru sannaðar.

Óralangur tími

1 milljarður ára =

1000 milljónir ára =

1 000 000 000 ára

Snemma í sögu alheimsins tóku stjörnur og stjörnuþokur að myndast úr skýjum úr vetni og helíni.

Alheimurinn verður til

Nú telja flestir vísindamenn að alheimurinn hafi orðið til fyrir um það bil 14 milljörðum ára í atburði sem kallaður er *miklibvellur*. Áður en miklibvellur varð var hvorki til tími né rými, en með honum varð mikil geislun og einföld *frumefni* á borð við vetni og helín mynduðust.

Með tímanum mynduðust stjörnur og stjörnuþokur. Í upphafi voru stjörnurnar bara úr vetni og helíni en við þróun þeirra mynduðust líka þyngri frumefni, svo sem kolefni, nitur, súrefni og járn.





Þegar jörðin var ung var allt yfirborð hennar glóandi haf úr hraunkviku. Þegar stöðugu regni loftsteina linnti loks tók yfirborðið að kólna og þá storknaði kvikan og varð að bergi.

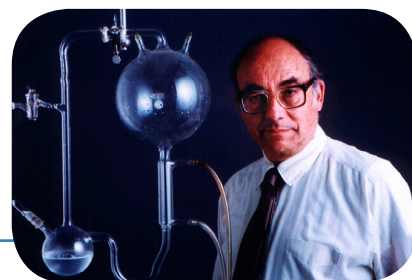
Tilurð jarðar – höf og lofthjúpur myndast

Sú sólstjarna, sem er næst okkur, *sólin*, myndaðist fyrir um það bil 4,6 milljörðum ára. Jörðin og aðrar reikistjörnur sólkerfis okkar eru ámóta gamlar og mynduðust úr gasskýjum og ögnum sem svifu umhverfis þessa ungu sólstjörnu.

Geislun frá geislavirkum efnum og sífelldir árekstrar mikilla berg-hnallunga úr geimnum ollu því að *jörðin* hitnaði og varð að bráðnum efnismassa. Fyrir rúmlega fjórum milljörðum ára fækkaði árekstrunum og smám saman kólnaði yfirborðið og tók að storkna.

Mikil og stöðug eldgos ollu því að vatnsgufa og ýmsar aðrar lofttegundir söfnuðust fyrir og mynduðu lofthjúp og þrumuveður geisuðu. Síðan tók að kólna og vatnsgufan þéttist og varð að regni. Þá urðu fyrstu höfin til.

Auk vatnsgufu voru í *frumlofthjúpi jarðar* aðrar lofttegundir, til dæmis koltvíoxíð, nitur, brennisteinsvetni, metan og ammoníak. Þessar lofttegundir voru forsenda þess að líf gæti orðið til. Tilraunir hafa sýnt fram á að eldingar geta umbreytt efnum frumlofthjúpsins þannig að myndist til dæmis aminosýrur og niturbasar – byggingareiningar lífvera. Úr þeim myndast svo prótín og DNA-sameindir.



ÚR SÖGU VÍSINDANNA

Tilraun Millers

Árið 1953 birti bandaríski efnafræðingurinn Stanley Miller niðurstöður úr tilraun sinni þar sem hann bjó til eftirlíkingu af frumlofthjúpi jarðar, eins og menn töldu þá að hann hefði verið samsettur. Í tilrauninni notaði hann vatnsgufu, vetni, ammoníak og metan og lét rafmagnsneista (til að líkja eftir eldingum) fara gegnum blönduna. Hann hefur sjálfur lýst því sem hann sá þegar vatnsgufan varð aftur að vökva. „Í fyrsta sinn sem ég gerði tilraunina varð blandan rauð. Það

var mjög áhrifamikið. Og eftir að rauði liturinn kom fram gulnaði hún og varð loks brún eftir því sem neistaflugið hélt áfram.“ Tilraunin stóð í nokkrar vikur og niðurstöðurnar voru furðulegar því að til höfðu orðið meðal annars aminosýrur, byggingareiningarnar í prótínum. Með svipuðum aðferðum hefur tekist að búa til fitusýrur, sykursameindir og niturbasa, sem eru byggingareiningar í DNA-sameindum.

Efnin verða lifandi

Fyrstu lifandi einingarnar hafa ef til vill orðið til þegar regndropar féllu á heita steina eða heitan leir. Þá gátu efnafræðilegar byggingareiningar í vatninu myndað langar keðjur. Þannig mynduðust hugsanlega einfaldir *undanfara DNA-sameinda*.

En lífverur þurftu að mynda einhvers konar himnu utan um erfðaefnið. Við vitum að fituefni í vatni geta myndað himnur sem líkjast *frumubimnu*. Fyrstu og *frumstæðustu frumurnar* kynnu að hafa myndast þegar DNA-líkar sameindir urðu innlyksa í slíkum fitubólum.

Þá hafa komið fram tilgátur þess efnis að fyrstu einföldu, lifandi einingarnar hafi ekki orðið til hér á jörðinni heldur borist hingað með loftsteinum utan úr geimnum. Eftir sem áður er þeirri spurningu ósvarað hvernig og hvar þær sameindir hafi þá orðið til.

Kviknun lífsins

Ein forsendan fyrir lífi er að lífverur geti *fjölgað sér*. Það gátu þær eftir að fram komu undanfara DNA-sameindanna, erfðaefni sem gat eftirmyndað sjálft sig. Þegar þær voru lokaðar af inni í frumuhimnu gátu lífverurnar fjölgað sér með einfaldri frumuskiptingu.

Önnur forsenda lífs er að lífverur geti *aflað sér orku* úr umhverfi sínu. Orkuna þurfa þær meðal annars til þess að tengja saman efni í nýjar byggingareiningar sem eru forsenda fyrir vexti frumnanna. Fyrstu og einföldustu frumurnar gátu ef til vill sótt orku í einföld kolefnissambönd og gosgufur.

Því verður víst seint eða aldrei slegið föstu hvenær og hvernig lífið varð til. Allt umrótið í árdaga jarðar hefur eytt nær öllum ummerkjum frá þessum löngu liðnu tímum. Elstu steingervingar af einföldum frumum eru í kringum 3,5 milljarða ára gamlir, en vísbendingar hafa fundist um líf fyrir næstum fjórum milljörðum ára.

Fyrir rúmlega 3,5 milljörðum ára mynduðust sambú einfruma baktería. Þessi sambú kallast mottuberg eða strómatólítar. Bakteríurnar beisluðu orku sólar og mynduðu súrefni við ljóstillífun. Enn má finna lifandi mottuberg við strendur Ástralíu.





Blábakteriur geta myndað svokallaðan þörungablóma. Þessar núlifandi bakteríur eru skyldar þeim blábakteríum sem voru fyrstu lífverurnar sem mynduðu súrefni lofthjúpsins.

Blábakteriur mynda súrefni

Fyrstu frumurnar á jörðinni voru einfaldar að gerð og höfðu til dæmis engan frumukjarna. Þær líktust að mörgu leyti þeim *bakteríum* sem nú lifa. Sumar nýttu sér vetni og koltvíoxíð sem orkugjafa og lifðu í heitu umhverfi.

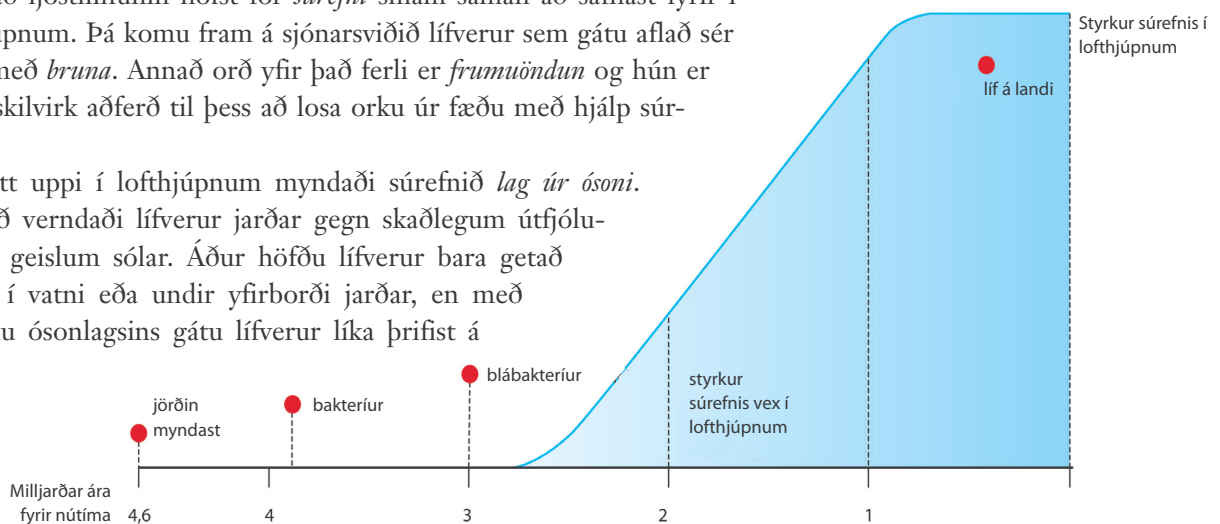
Smám saman komu fram frumur sem gátu beislað *sólarorkuna* og myndað sykur og súrefni á sama hátt og blábakteriur, þörungar og plöntur gera enn þann dag í dag. Þessar ljóstillífandi frumur eru skyldar blábakteríum nútímans. Með þeim varð *ljóstillífunin* til.

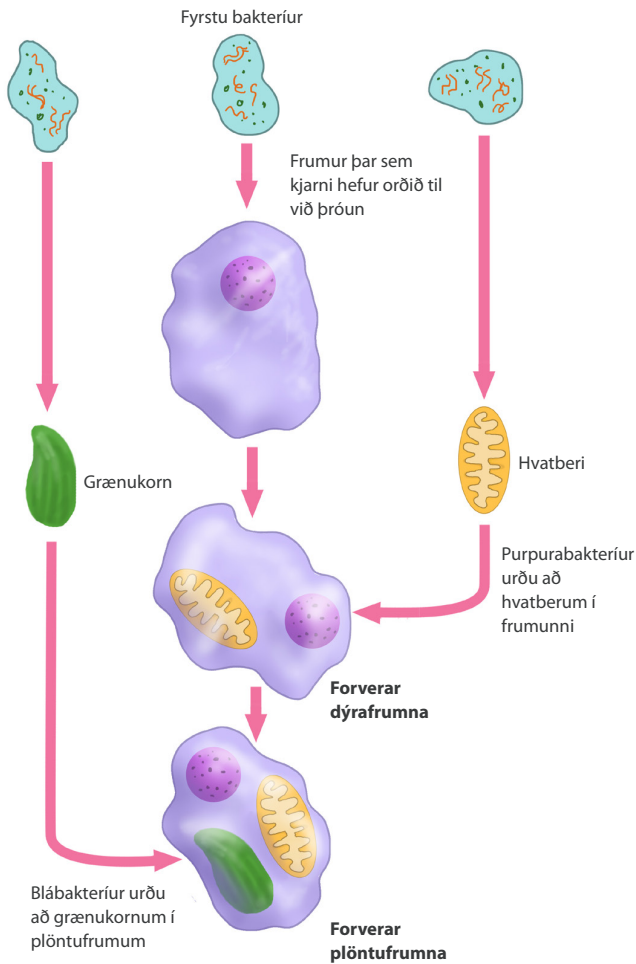
Frumuöndun og óson

Eftir að ljóstillífunin hófst fór *súrefni* smám saman að safnast fyrir í lofthjúpnum. Þá komu fram á sjónarsviðið lífverur sem gátu aflað sér orku með *bruna*. Annað orð yfir það ferli er *frumuöndun* og hún er mjög skilvirk aðferð til þess að losa orku úr fæðu með hjálp súrefnis.

Hátt uppi í lofthjúpnum myndaði súrefnið *lag úr ósoni*. Ósonið verndaði lífverur jarðar gegn skaðlegum útfjólubláum geislum sólar. Áður höfðu lífverur bara getað þrífist í vatni eða undir yfirborði jarðar, en með tilkomu ósonlagsins gátu lífverur líka þrífist á landi.

Þegar blábakteriur byrjuðu að mynda súrefni, sem safnaðist fyrir í lofthjúpi jarðar, gjörbreyttust öll skilyrði fyrir lífverur og þróun lífs.





Forverar plantna og dýra

Fyrstu forverar plantna og dýra nútímans komu fram á sjónarsviðið fyrir um tveimur milljörðum ára. Þetta voru bakteríur sem höfðu komið sér upp *sérhæfðum frumulíffærum*, meðal annars með því að innlima aðrar bakteríur sem voru minni en þær sjálfar. Þessi þróun er sýnd á myndinni hér til hliðar.

Hvatberarnir, frumulíffærin þar sem frumuöndunin fer fram, voru upphaflega purpurabakteríur. *Grænukornin*, frumulíffærin þar sem ljóstillífunin á sér stað, voru einfaldar bláabakteríur. Frumur með grænukornum þróuðust frekar og urðu að plöntum, en frumur án grænukorna urðu forverar dýra.

Við þróunina kom líka fram *afmarkaður frumukjarni* þar sem erfðaeftið er varðveitt. Sumar þessara nýju lífvera fóru líka að fjölga sér með kynæxlun í stað jafnskiptingar.

Fyrstu fjölfruma lífverurnar

Sumar af þessum nýju og flóknari frumum tóku þegar fram liðu stundir að sameinast og mynda *fjölfruma lífverur*. Elstu minjar um slíka lífveru er lítill þörungur sem lifði fyrir 1,2 milljörðum ára. Fyrir 600 milljónum ára var kominn fram mikill fjöldi fjölfruma þörungna.

Elsti steingervingur *dýrs*, sem fundist hefur, er 575 milljón ára gamall. Líklegt má þó telja að fyrstu dýrin hafi verið komin fram fyrir rúmlega milljarði ára.

SJÁLFSPRÓF ÚR 5.2

- 1 Hversu gömul er jörðin?
 - 2 Nefndu nokkur efni sem geta myndast í eftirlíkingu af frumlofthjúpi jarðar.
 - 3 Bláabakteríur mynduðu efni sem gjörbreytti lífinu á jörðinni. Hvaða efni er það?
 - 4 Hvað er það sem við köllum miklahvelli?
 - 5 Nefndu nokkur einkenni lífvera.
 - 6 Hvers vegna var súrefnið í höfunum og lofthjúpnun mikilvægt fyrir áframhaldandi þróun lífvera?
 - 7 Hvernig hafa þróaðar frumur plantna og dýra nútímans líklega orðið til?
- Ræddu um mikilvægi þess að vita hvernig jörðin varð til og lífið kviknaði.

5.3 Lífverur nema land

Lífauðgi hafanna

Elstu lífverur hafanna hafa ekki skilið eftir sig mikil ummerki. Fyrstu bitastæðu ummerkin um lífverur finnast í jarðlögum sem eru um 540 milljón ára. Í jarðlögum frá þessum tíma finnast margir steingervingar. Talið er að hafið hafi þá verið iðandi af margvíslegum lífverum, svo sem *svampdýrum* og ýmsum *liðdýrum* sem höfðu um sig harðan ham eða skurn.

Næstu ármilljónir eftir þetta héldu lífverur áfram að þróast í höfunum. Að því kom að fyrstu hryggdýrin komu fram á sjónarsviðið, kjálkalausir fiskar sem nefnast vankjálkar. Síðar komu fram fiskar með kjálka og sumir þeirra urðu mjög öflug rándýr. Margir fiskar höfðu stoðgrind úr brjóski, líkt og hákarlar og skötur okkar daga. Síðar komu fram fiskar með stoðgrind úr beini. Þetta voru fyrstu dýrin með beina-grind.

Lífverur laga sig að lífi á landi

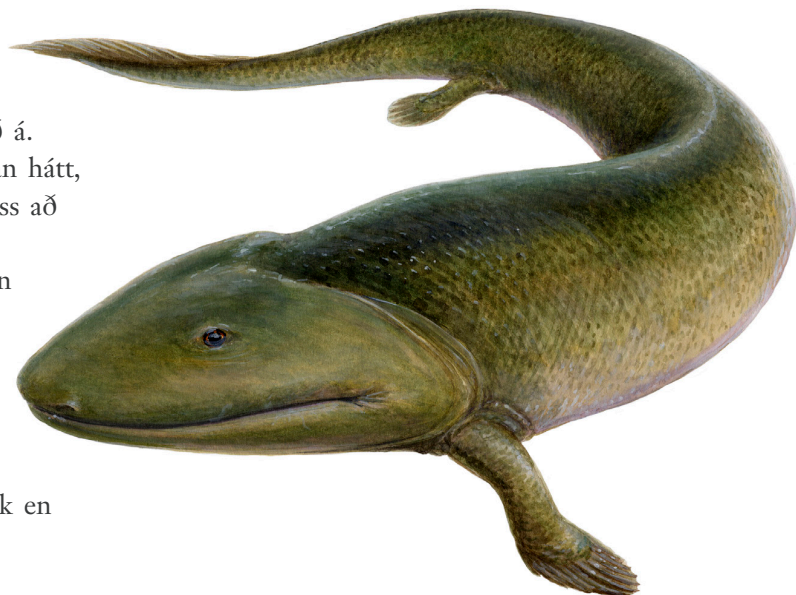
Í hópi beinfiska þessa tíma voru forfeður fyrstu hryggdýranna á landi. Þeir voru ólíkir öðrum fiskum að því leyti að þeir höfðu vísi að *lungum*, sem þeir önduðu með, og sterklega ugga sem minna á útlími land-hryggdýra. Þessir fiskar voru svokallaðir *holduggar*.

Af þessum fiskum þróuðust fyrstu *froskdýrin* sem komu fram fyrir um 400 milljónum ára. Uggar forfeðra þeirra voru nú orðnir að fótum sem dýrin gátu gengið á. Þau höfðu lagað sig að lífi á landi á margan hátt, en urðu þó að snúa aftur til vatnsins til þess að fjölga sér.

Plönturnar námu þurrlendið miklu fyrr en dýrin. Fyrstu einföldu plönturnar gátu þó ekki þrífist lengi án þess að vera í miklum raka. Af þeim þróuðust eiginlegar landplöntur með rætur sem sóttu vatn í jarðveg og æðar sem fluttu það um líkamann. Þessar plöntur þöldu betur þurrk en forverar þeirra og kallast æðplöntur.



Berghveljur voru ef til vill forfeður þeirra hryggdýra sem nú lífa.



Talið er að fyrstu hryggdýr sem leituðu úr vatni á land hafi verið fiskar sem kallast holduggar.



Á kolatímanum þöktu æðplöntur þurrlandið. Innan um byrkningatrén flögruðu skordýr, meðal annars risavaxnar drekaflugur.

Kolatímabilið

Fyrir um það bil 300 milljónum ára uxu á jörðinni skógar með risavöxnum trjám sem voru ættingjar burknanna sem við þekkjum nú. Plönturnar héldu áfram að laga sig að lífi á þurrlandinu. Meðal annars komu fram plöntur sem fjölguðu sér með *fræi*. Fræ plantnanna þoldi þurrk vel og plönturnar komust betur af og dreifðust um þurrlandið.

Þetta tímabil í sögu jarðar kallast *kolatímabilið* því að á þessum tíma mynduðust mikil kolalög í jörðu. Kolin urðu til úr dauðum trjám sem féllu í gríðarlega miklum skógum sem uxu á þessum tíma á votlendum svæðum.

Á kolatímabilinu komu *skriðdýr* fram á sjónarsviðið. Það greindi þau helst frá froskdýrunum að þau þurftu ekki að fara í vatn til þess að fjölga sér. Þau verptu eggjum með skurn sem kom í veg fyrir að egginn þornuðu upp á þurru landi. Frjóvgunin fór auk þess fram innan líkamans en ekki utan hans eins og hjá froskdýrum. Þess vegna gátu skriðdýrin breiðst út og lagt undir sig þurr landsvæði.

LÍF Í PRÓUN

Flekar á hreyfingu

Meginlönd jarðar eru sýnilegi hlutinn af tugum stórra fleka sem eru á yfirborði hennar, það er að segja sá hluti þeirra sem stendur upp úr hafinu. Flekarnir eru á stöðugri hreyfingu og meginlöndin fylgja með. Lögum og lega meginlandanna hefur því breyst í sögu jarðar og það hefur haft mikið að segja fyrir þróun lífvera.

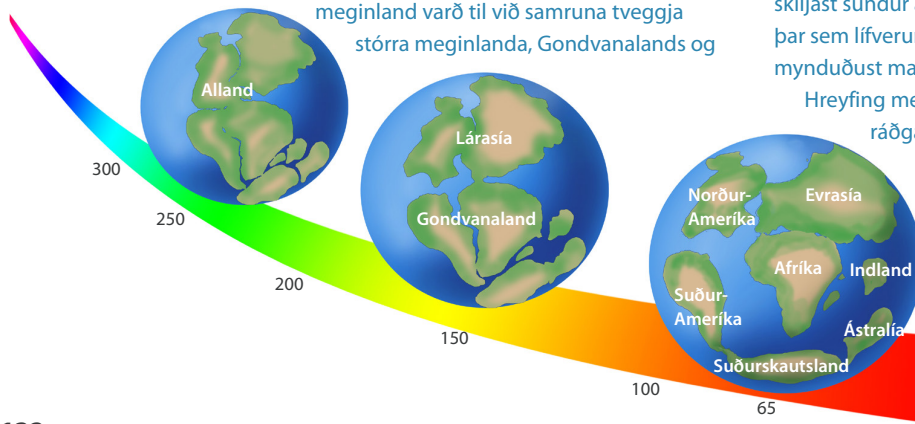
Fyrir um 250 milljónum ára var allt þurrlandi jarðar saman komið í einu risavöxnu meginlandi sem kallast *Alland* (Pangaea). Þetta stóra

meginland varð til við samruna tveggja stórra meginlanda, Gondvanalands og

Lárasíu. Við sameininguna í Alland komu saman ýmsar tegundir lífvera sem áður höfðu verið aðskildar og milli þeirra varð hörð samkeppni. Við samrunann minnkuðu strandsvæðin og grunnsævið og margar lífverur hafanna dóu út. Á landi urðu til stór svæði með þurru og heitu meginlandsloftslagi og við það hurfu líka margar tegundir lífvera.

Önnur breyting, sem hafði afdrifaríkar afleiðingar fyrir lífverur, varð fyrir um 180 milljónum ára þegar meginlöndin tóku að skiljast sundur á ný. Þá urðu til stórar „eyjar“ þar sem lífverur einangruðust og við það mynduðust margar nýjar tegundir.

Hreyfing meginlandanna skýrir margar ráðgátur um þróun lífvera sem lengi voru óleystar, til dæmis þá gátu hvers vegna pokadýr og strútfuglar lifa bæði í Suður-Ameríku og Ástralíu, þótt þessi meginlönd séu nú fjarri hvort öðru.



Milljónir ára fyrir nútíma

Risaeðlur og fuglar

Risaeðlurnar voru hópur landhryggdýra sem áttu blómaskeið sitt fyrir um 210 milljónum ára. Margar risaeðlanna voru plöntuætur en aðrar voru ráneðlur. Litlu síðar tóku fyrstu *frumfuglarnir* sig á loft. Rannsóknir á steingervingum hafa leitt í ljós að þeir – og allir fuglar – eru afkomendur tiltekins hóps risaeðla.

Fyrir um 65 milljónum ára hurfu allar risaeðlur á fremur skömmum tíma. Margir telja að þá hafi stór *loftsteinn* rekist á jörðina. Við áreksturinn mynduðust miklar flóðbylgjur og öflug eldgos hófust. Þá þyrtaðist mikið af ösku og ryki upp í lofthjúpinn og rykský umlukti jörðina sem dró úr geislun frá sólu. Afleiðingin varð sú að það kólnaði verulega um allan heim. Plöntur urðu illa úti vegna kulda og lítillar ljósgeislunar frá sólu og þá var úti um risaeðlurnar, bæði um plöntuæturnar og ráneðlurnar. Að sjálfsögðu dóu margar aðrar lífverur út við þessar hamfarir.

Eins dauði er annars brauð

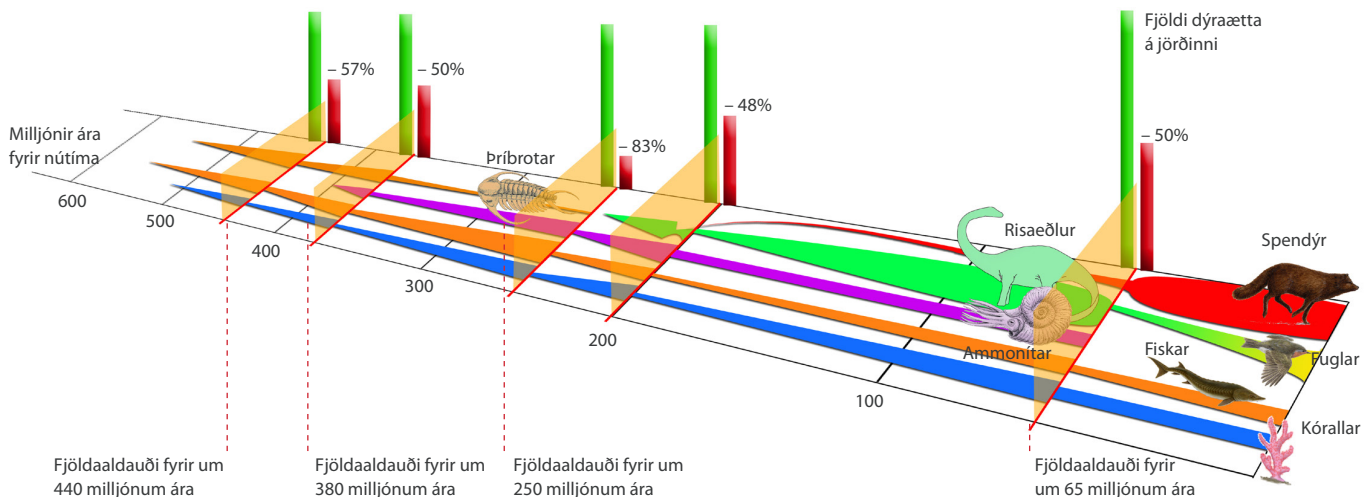
Saga lífsins er líka saga um *fjöldaaldauða* lífvera. Á síðustu 500 milljón árunum í sögu jarðarinnar hafa orðið að minnsta kosti fimm atburðir þar sem mikill hluti lífverutegunda dó út. Sagan af risaeðlunum er bara eitt dæmi um slíkan atburð. Fyrir um 250 milljónum ára urðu til dæmis nær allar tegundir dýra í höfunum aldaða og líka margar dýrategundir á landi. Talið er að loftsteinn hafi rekist á jörðina eða að hamfaraeldgos hafi orðið sem gjörbreyttu veðurfari og hafstraumum. Hamfaraeldgos hafa veruleg áhrif á lífsskilyrði allra lífvera á jörðinni.

Í kjölfar hvers fjöldaaldauða verður mjög hröð þróun hjá lífverum og nýjar lífverur koma fram á sjónarsviðið. Þegar lífvera deyr út losnar umhverfi fyrir nýjar tegundir lífvera.



Frumfuglinn öglir (*Archaeopteryx*) lifði fyrir um 150 milljónum ára og er kominn af skriðdýrum. Hreistrið varð að fiðri en klær voru á vængjunum.

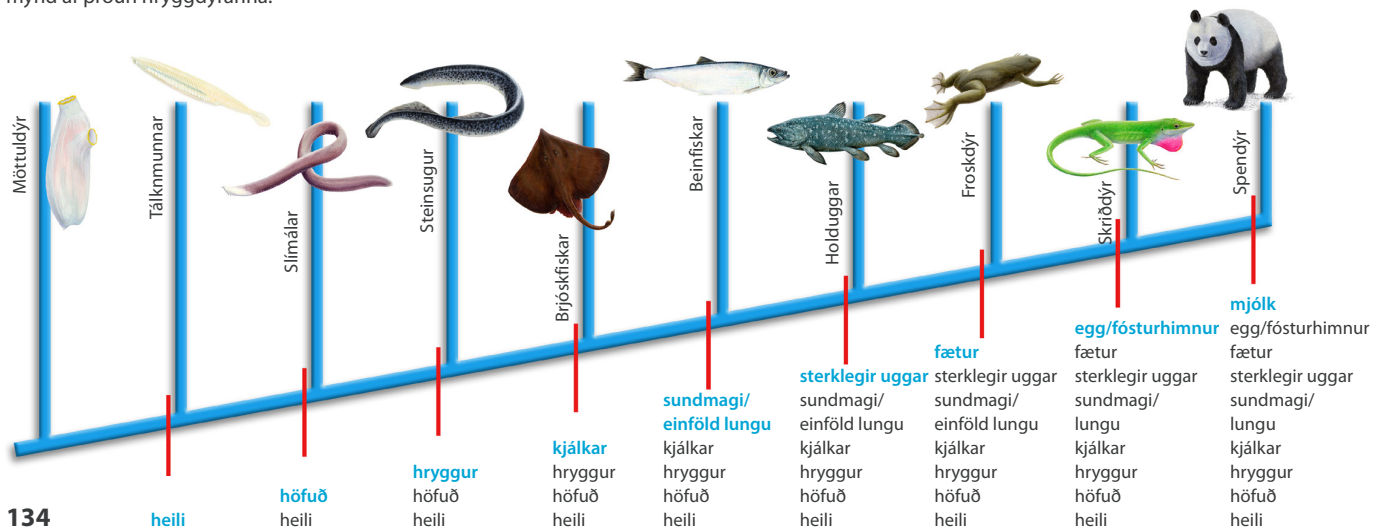
Grænu og rauðu súlurnar sýna fjölda dýraætta og munurinn á þeim sýnir fækkun dýraætta í tengslum við fjöldaaldauða í jarðsögunni.





Fyrstu spendýrin voru agnarsmá og líktust helst snjáltrum. Þegar risaeðlurnar hurfu skapaðist lífsrými fyrir spendýrin og í kjölfarið varð mikil og ör þróun hjá þeim sem lagði grunninn að þeirri fjölbreytni sem við sjáum nú.

Út frá steingervingum, rannsóknum á erfðaeefni (DNA) og sameiginlegum einkennum í líkamsgerð hafa menn reynt að draga upp mynd af þróun hryggdýranna.

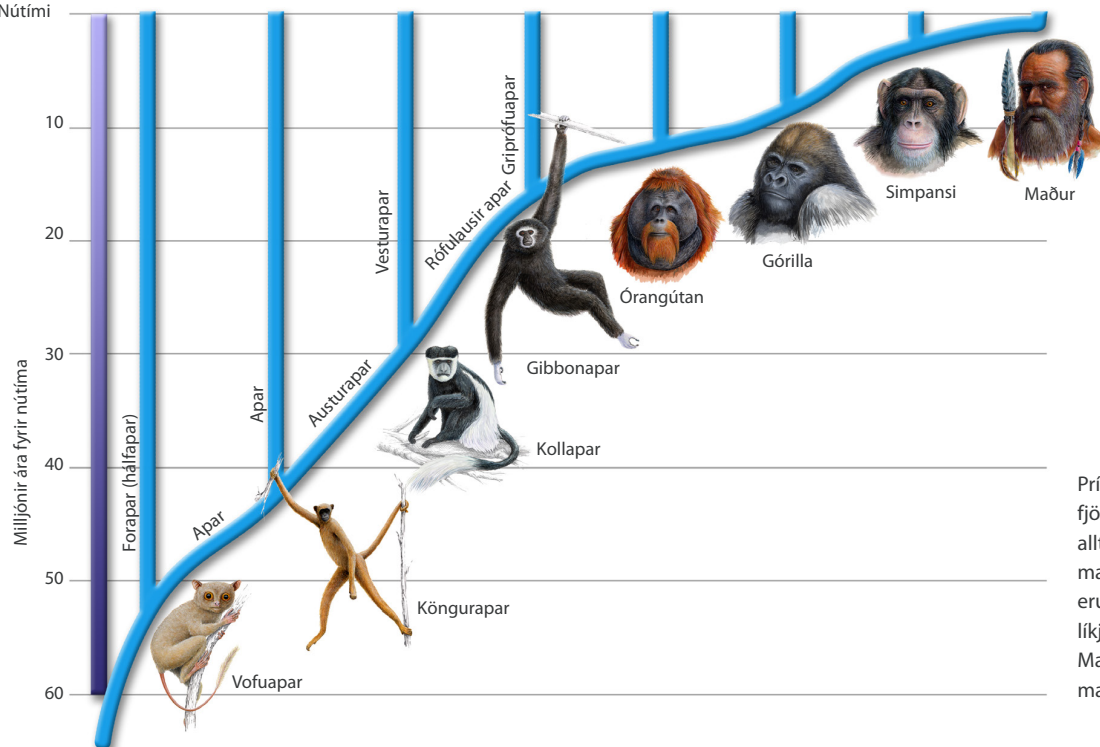


Upphaf spendýra

Spendýrin þróuðust af frumstæðum skriðdýrum fyrir rúmlega 200 milljónum ára. Þetta voru örsmá dýr sem líkjast einna helst snjáltrum nútímans og voru einkum á kreiki á nóttunni og veiddu aðallega skordýr til matar. Talið er að sum þeirra að minnsta kosti hafi klifrað í trjá. Í fyrstu stóðu spendýrin í skugga risaeðlanna og gátu ekki keppt við þær um æti og lífsrými. En þegar risaeðlurnar dóu út blómstruðu smávöxnu spendýrin og þau nýttu sér nýfengið svigrúm til fulls.

Spendýrin löguðu sig að margvíslegu og mjög breytilegu umhverfi á landi og í höfunum. Þau voru *jafnheit* dýr og gátu því haldið líkamshitanum jöfnum þótt hitinn í umhverfinu sveiflaðist. Þetta gerði þeim kleift að lifa við mjög mismunandi lífsskilyrði í náttúrunni.

Það er sameinkenni spendýra að þau næra unga sína á *mjólk*. Spendýrin eru auk þess yfirleitt *félagslynd* og þau bera gjarnan meiri umhyggju fyrir afkvæmum sínum en flest önnur dýr og afkvæmin fylgja móður sinni eða hópnum lengur en títt er hjá öðrum dýrum. Þetta verður til þess að afkvæmin fá langan tíma til þess að læra af hinum fullorðnu.



Prímatar eru mjög fjölbreyttur hópur, allt frá foröpum til mannanna. Mannaparnir eru rófulausir og líkjast mönnum mest. Mannaparnir skiptast í marga og ólíka hópa.

Prímatar – nánustu ættingjar mannsins

Maðurinn er kominn af hópi spendýra sem kom fram á sjónarsviðið fyrir um 65 milljónum ára. Þetta voru prímatar, öðru nafni fremdardýr. Fyrstu prím-atarnir voru að líkindum smá og náttförlur dýr sem lifðu í trjám.

Margir prímatar nútímans lifa í trjám og sumir hafa sérstæða eiginleika sem maðurinn býr líka yfir. Einn þessara eiginleika er að augun vita fram og það gefur þessum dýrum skýra dýptarsjón þannig að þau skynja fjarlægðir mjög vel. Annar eiginleiki þeirra er að þau hafa hendur með fjóra fingur sem grípa á móti þumalfingerinum. Þetta veldur því að þeir hafa mjög *nákvæmt grip*.

Nánustu, núlifandi ættingjar mannsins eru simpansar, górilla og órangút-anar. Nokkru fjarskyldari okkur eru gibbonaparnir.

SJÁLFSPRÓF ÚR 5.3

- 1 Hvaða hryggdýr voru fyrst til þess að nema land?
 - 2 Hvaða núlifandi dýr eru skyldust risaödlunum?
 - 3 Hvaða hópur dýra þróaðist mjög hratt eftir að risaödlurnar dóu út?
 - 4 Nefndu nokkur dæmi um það hvernig plöntur og dýr hafa lagað sig að lífi á landi.
 - 5 Af hverju dregur kolatímabilið nafn sitt?
 - 6 Gerðu grein fyrir fjöldaaldauðanum sem varð á jörðinni fyrir um 65 milljónum ára.
 - 7 Útskýrðu það að pokadýr og strútfuglar lifa bæði í Ástralíu og Suður-Ameríku.
- Hvers vegna varð þróun spendýra mjög hæg í fyrstu og hvers vegna hafa þau spjarað sig svo vel í mismunandi umhverfi sem raun ber vitni?

Í BRENNIDEPLI

Frumur með sérhæfðum frumulíffærum, meðal annars frumukjarna, koma fram.

Fyrir tveimur milljörðum ára

Blábakteriur mynda súrefni með hjálp blaðgrænu.

Fyrir tíu milljörðum ára

Fyrir einum milljarði ára

5.

Ísöld.

FRUMLÍFSÖLD

KAMBRÍUM

ORDÓVISÍUM

SILÚR

DEVON

KOL

PERM

TRÍAS

JÚRA

Fyrir 500 milljónum ára

Fyrir 400 milljónum ára

Fyrir 300 milljónum ára

Fyrir 200 milljónum ára

Strómatólítar eru meðal elstu steingervinganna.

1.

Miklihvellur á sér stað.

Fyrir fjórtán milljörðum ára

4.

Vetrarbrautin fer að mótast.

2.

Rauðglóandi jörðin verður til.

3.

Jörðin kólnaði, yfirborðið verður að skorpu. Vatnsgufa þéttist, höfin verða til og líf getur kviknað.

Loftsteinaárekstur, eldgos eða aðrar hamfarir sem valdið hafa aldauða.

Ísaldir

Frá miklahvelli til mannsins

Fyrir 4,6 milljörðum ára kviknaði sólin okkar í stjörnuþökunni vetrarbrautinni. Jörðin varð til á nánast sama tíma. Þegar hún kólnaði gat lífið kviknað. Fyrstu lífverur jarðarinnar hafa skilið eftir sig afar fá ummerki. Þegar frá leið fjölgaði lífverum og þær urðu æ fjölskrúðugri. Steingervingar í jarðlögum gera okkur kleift að lesa sögu lífsins.

Sögu lífs á jörðinni er oft skipt í fjórar jarðsögualdir: **frumlífsöld**, **fornlífsöld**, **miðlífsöld** og **nýlífsöld**. Þær skiptast svo aftur í styttri tímabil.

Frumlífsöld

Þeir fáu steingervingar, sem fundist hafa frá þessum tíma, benda til þess að lífríkið hafi þá verið orðið talsvert fjölskrúðugt. Margar lífverur þessa tíma dóu út í einhverjum atburðanna þar sem fjöldaaldauði varð.

Kambrium fyrir 540–490 milljónum ára: Fyrsta tímabil fornlífsaldar.

Fjölskrúðugt líf í höfunum, meðal annars liðdýr, svampdýr, ormar, sniglar og skrápdýr.

Ordóvisíum fyrir 490–440

milljónum ára: Fjölbreytni sjávarlífvera eykst stöðugt. Fáeinar plöntur og liðdýr hafa numið land.

Silúr fyrir 440–415 milljónum ára:

Í höfunum lifðu risavaxnir sæsporðdrekar og fyrstu fiskarnir með kjálka komu fram. Æðplöntur taka að þróast á landi.

Devon fyrir 415–360 milljónum ára:

Öld fiskanna. Fyrstu froskdýrin lifa á landi og skordýr koma fram.

Kol fyrir 360–300 milljónum ára:

Miklir fenjaskógar með byrkningatrjám á landi og froskdýr eru áberandi. Fyrstu fræplöntur og skriðdýr koma fram.

Perm fyrir 300–250 milljónum ára:

Skriðdýrin koma fram á landi. Stór hluti dýrategunda deyr út í miklum hamförum í lok tímabilsins.

Trías fyrir 250–200 milljónum ára:

Miðlífsöld jarðar hefst. Skriðdýrin ríkja. Barrtré og köngulpálmar vaxa og fyrstu spendýr koma fram.

Júra fyrir 200–145 milljónum ára:

Öld risaeðlanna. Fuglar þróast af þeim.

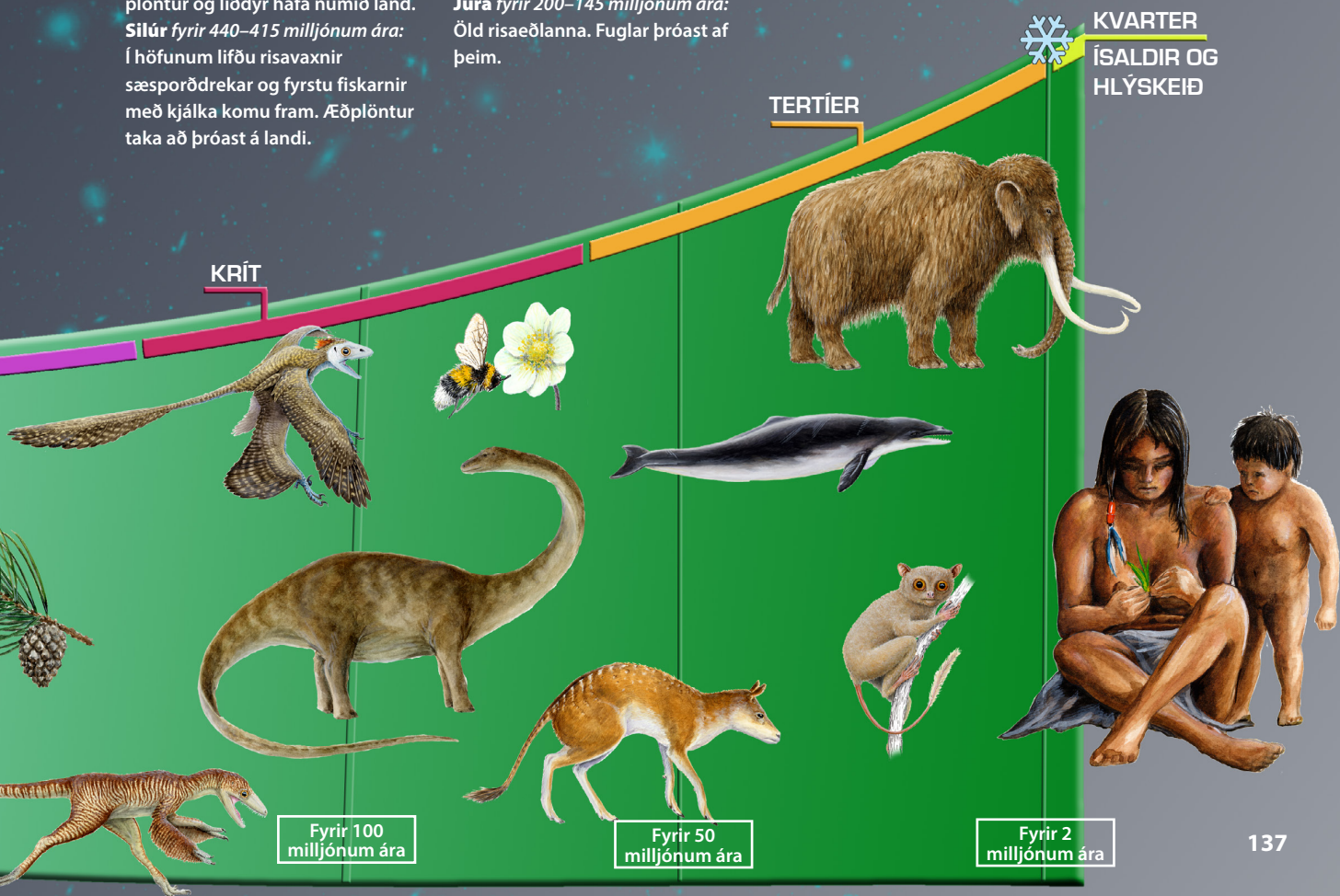
Krít fyrir 145–65 milljónum ára:

Fyrstu blómplönturnar koma fram og með þeim fjöldi skordýra sem frævar þær. Risaeðlur deyta út í lok tímabilsins.

Tertíer fyrir 65–2 milljónum ára:

Nýlífsöld jarðar hefst. Þróun fugla og spendýra er hröð og tegundaauði er mikil. Forfeður manna koma fram.

Kvarter fyrir 2 milljónum ára til nútíma: Maðurinn dreifist um alla jörð. Ísaldir og hlýskeið skiptast á.



Nánustu ættingjar okkar

Menn eru prímatar og simpansar og góririllur eru nánustu ættingjar okkar. Við tilheyrum ætt mannapa og höfum hlutfallslega stóran heila miðað við líkamsstærð. Annað sameiginlegt einkenni okkar og mannapa er flókin félagsgerð.

Rannsóknir á DNA-sameindum hafa leitt í ljós að 99% af erfðaeðni okkar og *simpansa* eru eins. Við og simpansar eru komin af sameiginlegum forföður. Vísindamenn leita stöðugt steingervinga til að tengja saman óviss skeið í forsögu okkar. Nýlega hafa fundist steingervingar í Afríku sem sýna fram á það að þegar fyrir um sjö milljónum ára lifðu þar lífverur sem líktust öpum og gengu uppértar. Þær lifðu á skógi vöxnum svæðum.

Púsluspil með mörgum bitum

Menn eru talsvert langt frá því að hafa raðað saman púsluspílinu um uppruna mannsins. Steingerð bein og ummerki, sem sýna mannlegar athafnir, finnast og gefa stöðugt nýjar vísbendingar. Menn hafa fundið steingervinga af um það bil 20 tegundum *frummanna* sem eru líkari mönnum en simpönsum. Margar þessara lífvera voru uppi á sama tíma. Nú eru þær allar horfnar af sjónarsviðinu.

Ein þessara lífvera hefur vakið meiri eftirtekt en aðrar. Hún lifði í Afríku þar sem Tansanía er nú. Þar fannst beinagrind af frummanni sem var uppi fyrir 3,5 milljónum ára. Þessi lífvera, sem fékk gælunafnið *Lúsí*, var um metri á hæð.

Lúsí tilheyrir hópi frummanna sem hafa skilið eftir sig spor á mörgum stöðum í Afríku. Þessi hópur frummanna var af ættkvísl sem kallast *sunnapar* (*Australopithecus*). Okkar ættkvísl, *maður*, *Homo*, er líklega komin af einhverri tegund sunnapanna.

Það er álíka erfitt að átta sig á uppruna manna og að raða saman púsluspíli þar sem suma bitana vantar.



Ættkvísl hins vitiborna manns kemur fram

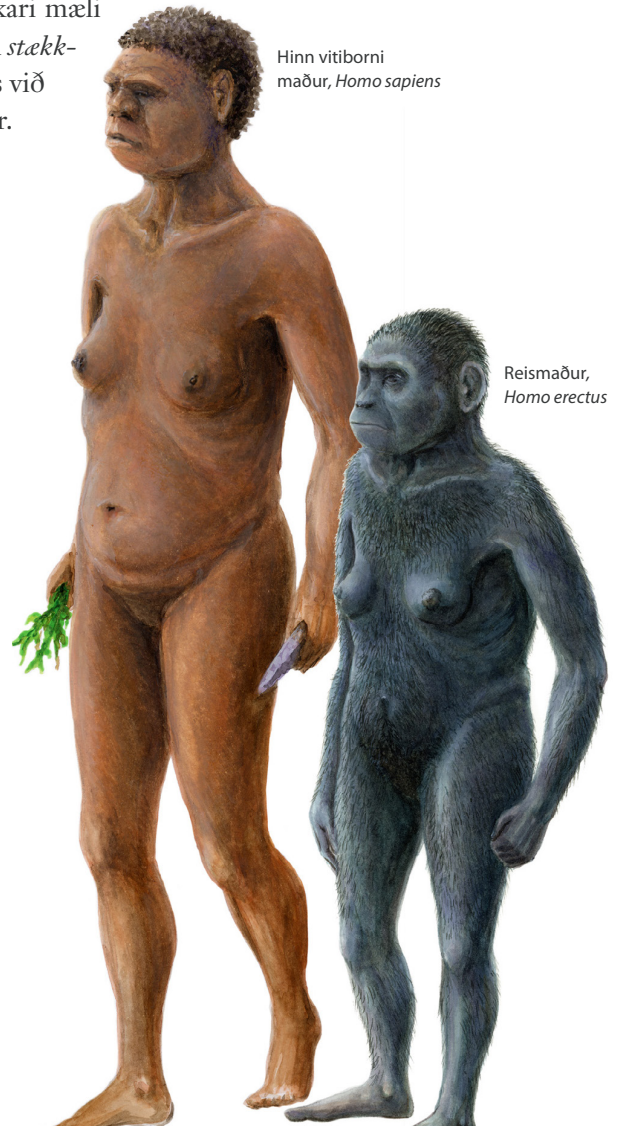
Elstu steingervingar af lífveru af okkar eigin ættkvísl, *hinum vitiborna manni*, *Homo*, eru um 2,4 milljóna ára gamlir. Þeir eru af öðrum frummanni sem nefndur er *hæfimaður*, *Homo habilis*. Hann var hugsanlega fyrsti frummaðurinn sem kunni að nota verkfæri.

Verkfærin voru yfirleitt steinar sem voru höggðir til á sérstakan hátt þannig að á þá fékkst hvöss egg, líkt og á hnífi. Með þeim gátu þessir forfeður manna skorið kjöt af dýrum og brotið bein til þess að ná mergnum. Frummenn gátu nýtt sér prótínríka fæðu í ríkari mæli en forfeður þeirra og talið er að það hafi stuðlað að frekari *stækkingun heilans*. Stærri heilabú stuðlaði svo að þróun samstarfs við veiðar og kom sér einnig vel í samkeppni við önnur rándýr.

Reismaðurinn yfirgefur Afríku

Fyrir um 1,6 milljónum ára kom *reismaðurinn*, *Homo erectus*, fram á sjónarsviðið í Afríku. Heilinn var tvöfalt stærri en í simpansa en þó talsvert minni en í nútímamönnum. Reismaðurinn smíðaði ýmiss konar verkfæri og kunni að kveikja eld.

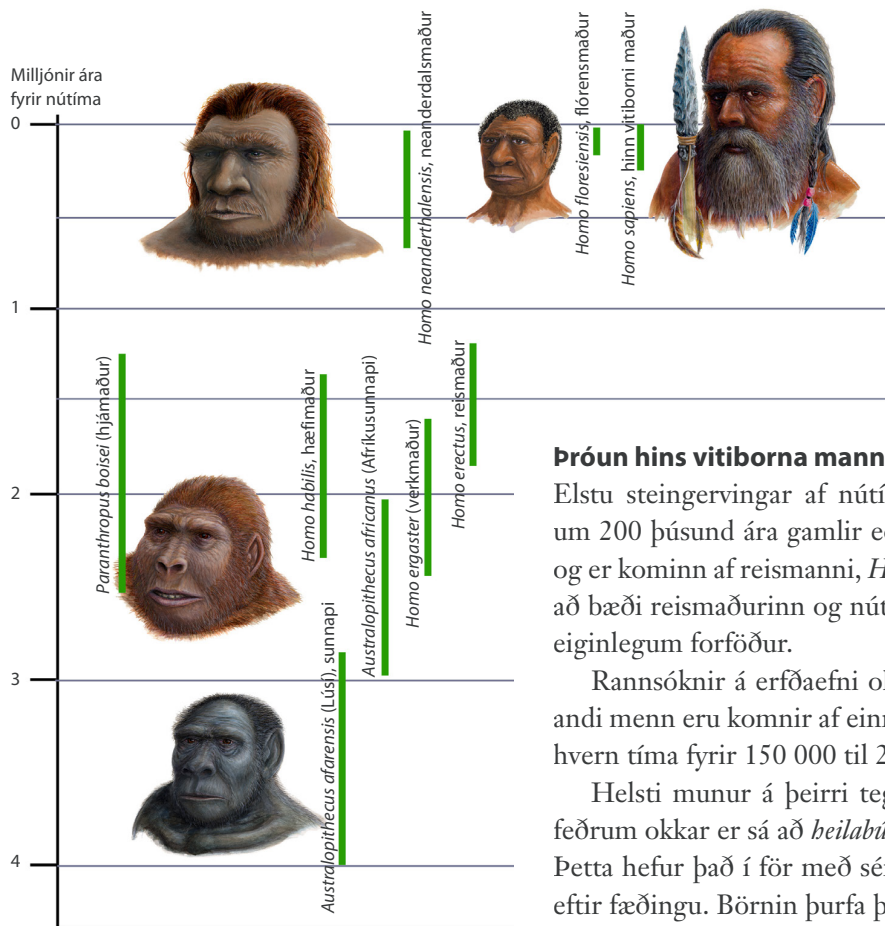
Reismaðurinn var fyrstur ættingja okkar til þess að *flytja frá Afríku*. Steingervingar af honum hafa fundist bæði í Asíu og Evrópu. Reismaðurinn þróaðist á mismunandi vegu í hinum ýmsu heims hlutum. Í Evrópu kom *neanderdalsmaðurinn* fram fyrir um 400 000 árum. Þetta var á einni af ísöldunum og hann átti auðvelt með að laga sig að köldu loftslaginu.



Hinn vitiborni maður, *Homo sapiens*

Reismaður, *Homo erectus*

Nei, þessir hittust aldrei, en steingervingar af þeim benda til sameiginlegrar fortíðar. Kannski hjá einhverjum af ættingjum Lúsíar.



Enginn veit nákvæmlega hvernig þróun mannsins og ættingja hans hefur verið. Þessi mynd er byggð á beinum sem hafa fundist í ýmsum heimshlutum, en þó einkum í Afríku.

Þróun hins vitiborna manns í Afríku

Elstu steingervingar af nútímamanninum, *Homo sapiens*, eru um 200 þúsund ára gamlir eða eldri. Hann kom fram í Afríku og er kominn af reismanni, *Homo erectus*. Það er líka hugsanlegt að bæði reismaðurinn og nútímamaðurinn séu komnir af sameiginlegum forföðum.

Rannsóknir á erfðaefti okkar hafa leitt í ljós að allir núlifandi menn eru komnir af einni formóður sem lifði í Afríku einhvern tíma fyrir 150 000 til 200 000 árum.

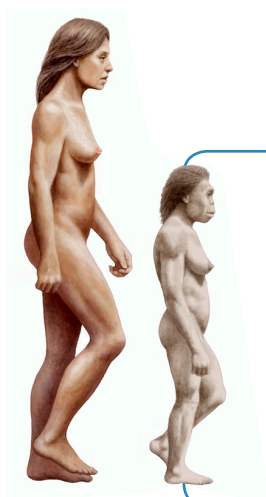
Helsti munur á þeirri tegund, sem við tilheyrum, og forföðrum okkar er sá að *heilabú* okkar er talsvert stærra en hinna. Þetta hefur það í för með sér að höfuðið hlýtur að vaxa áfram eftir fæðingu. Börnin þurfa því lengri tíma með foreldrum sínum áður en þau verða sjálfbjarga og það gefur færi á að flytja reynslu og þekkingu frá kynslóð til kynslóðar.

Frummaðurinn lifði líklega á ýmiss konar plöntum og hræjum dýra en síðustu 50 000 árin hefur hann líklega líka getað veitt sér til matar. Stundum urðu veiðarnar svo miklar að hann útrýmdi mörgum tegundum dýra.

RANNSÓKNIR

Flóresarmaðurinn – *Homo floresiensis*

Á eyjunni Flóres í Indónesíu hafa menn fundið beinagrind af mannveru sem var tæpur metri á hæð. Sumir vilja telja þessar mannverur til sérstakrar tegundar, *Homo floresiensis*, sem uppi var þar til fyrir um 12 000 árum og var því samtíða okkar eigin tegund. Dvergvoxturinn var ef til vill aðlögun að því að æti var af skornum skammti á þessari einangruðu eyju. Flóresarmenn lifðu meðal annars á dvergfilum. Forföður þeirra hafa líklega komist til þessarar afskekktu eyjar á einhvers konar farkosti og menn hafa undrast að svo forn ættingi mannsins hafi búið yfir þeirri kunnáttu og færni sem til þess hefur þurft.

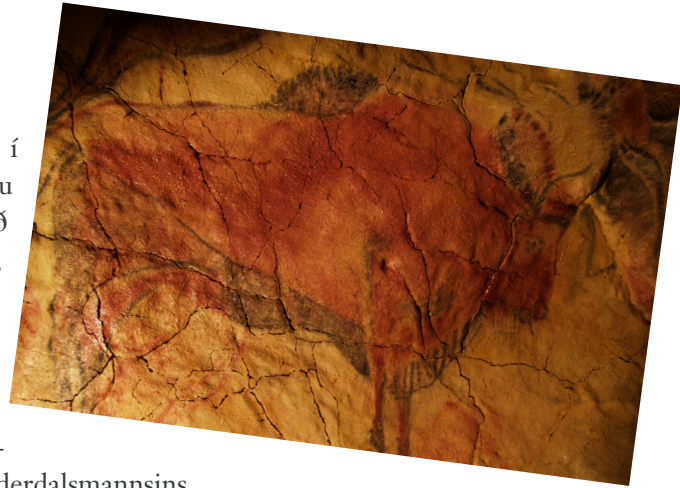


Í útrás frá Afríku

Menn af ættkvíslinni *Homo* lögðust mörgum sinnum í útrás frá Afríku á síðustu tveimur milljónum ára. Í Asíu og Evrópu hafa fundist bein þessara frummanna og talið er að þau séu af þróunarlínunum manna sem enduðu þar, þeir dóu út.

Sú útrásarbylgja, sem leiddi til þess að nútímamaðurinn kom fram, hófst líklega fyrir um 50 000 árum. Hinn vitiborni maður kom til Vestur-Evrópu fyrir um 30 000 árum og er það afsprenghi mannsins kallað *krómagnonmaður*. Um skeið var hann samtíðarmaður neanderdalsmannsins, en einhverra hluta vegna dó sá síðarnefndi út eða honum var útrýmt eftir nokkurra þúsunda ára sögu. Krómagnonmaðurinn var flinkur verkfæra-smiður og eftir hann liggja jafnframt frábærlega vel gerð hellamálverk.

Nútímaðurinn tók sér bólfestu nánast á sama tíma í Evrópu, Ástralíu og Suðaustur-Asíu og á Nýju-Gíneu. Fyrir um það bil 20 000 árum hafði hann lagt undir sig bæði Norður- og Suður-Ameríku.



Hellamálverk eftir menn sem voru uppi fyrir um tíu þúsund árum.

Fjölbreytni og sameiginleg einkenni

Fólk, sem byggir nú jörðina, er mismunandi í útliti. En sameiginleg einkenni eru mjög mörg og þau vega þyngra en það sem greinir fólk að. Sá munur, sem er á útliti manna, er fyrst og fremst til kominn vegna aðlögunar að mismunandi aðstæðum. Húðlitur manna er til dæmis dekkri þar sem mikilvægt er að verjast mikilli sól. Ljóst litaraft er hins vegar aðlögun sem veldur því að húðin getur myndað D-vítamín fyrir tilstilli sólargeisla.

SJÁLFSPRÓF ÚR 5.4

- 1 Hvaða núlífandi dýr eru nánustu ættingjar mannsins?
 - 2 Hvar hafa menn fundið elstu leifar frummanna?
 - 3 Hvert er vísindaheiti nútímamannsins?
 - 4 Hversu gömul er tegund okkar, að því að talið er?
 - 5 Hvaða frummaður var það sem talið er að hafi fyrst farið út fyrir Afríku?
 - 6 Teiknaðu tímaás, merktu hina ýmsu frummenn inn á hann og nefndu helstu einkenni þeirra.
 - 7 Allir menn eru af sömu tegund og eru erfðafræðilega mjög líkir. Hvernig skýra menn þann mun sem er á fólki í mismunandi heimshlutum og hvað skýrir þau sameiginlegu einkenni sem allir menn búa yfir?
- Erfræðilegur munur á simpönsum og mönnum er afar lítill. Skýrðu það út hvers vegna þessi smávægilegi munur hefur samt sem áður mjög mikla þýðingu.

SAMANTEKT

5.1 Þróunin

- Steingervingar eru ummerki dauðra dýra og plantna. Steingervingar í jarðlögum frá ýmsum tímum leiða í ljós hvernig lífverur hafa þróast í rás tímans.
- Á 19. öld setti Charles Darwin fram hugmyndir sínar þess efnis að lífið hafi þróast og drifkraftur þróunarinnar sé val sem fer fram í náttúrunni, náttúruvalið.
- Þróun, sem náttúruvalið kallar fram, byggist á því að lífverur eignast mörg afkvæmi. Sum þeirra lifa ekki af eða eignast ekki afkvæmi. Þau afkvæmi, sem eru best löguð að umhverfi sínu, spjara sig best og gen þeirra erfast til næstu kynslóðar.
- Nýir eiginleikar geta komið fram við breytingar á erfðaefninu, breytingar sem kallast stökkbreytingar.
- Þegar svo miklar breytingar hafa orðið að lífverur, sem áður tilheyrðu einni og sömu tegund, eru ófærar um að eignast saman frjó afkvæmi hefur ný tegund orðið til.
- Þróun lífvera og aðlögun þeirra að mismunandi umhverfi hefur í aldanna rás kallað fram mikla líffræðilega fjölbreytni.
- Þekking manna á þróun lífvera gerir okkur kleift að setja upp þróunartré sem sýnir skyldleika plantna og dýra.
- Menn geta sýnt fram á skyldleika lífvera með því að rekja sameiginleg einkenni í útliti þeirra, rekja ættir núlifandi tegunda til steingervinga eða með því að bera saman erfðaeftni þeirra.
- Sumar lífverur geta verið þýsna líkar í útliti en þó verið mjög fjar skyldar. Svipaðir eiginleikar slíkra tegunda hafa þá komið til við aðlögun að svipuðu umhverfi.



Fornleifafræðingar leita steingervinga.



Náttúruval.



Aðlögun að umhverfi sínu.

5.2 Upphaf lífsins

- Alheimurinn varð til við miklahvell sem átti sér stað fyrir um 14 milljörðum ára. Þá urðu til einföld frumefni og úr þeim mynduðust fyrstu stjörnur.
- Sú sólstjarna, sem er næst okkur, er sólin og hún varð til fyrir um 4,6 milljörðum ára og jörðin varð til á sama tíma.
- Í upphafi var jörðin heitur og bráðinn efnismassi. Þegar hún kólnaði urðu höfin til. Efnin í frumlofthjúpi jarðar gátu með tíð og tíma myndað DNA-sameindir og prótín – byggingareiningar lífvera.
- Elstu ummerki lífvera á jörðinni eru 3,5 til 4,0 milljarða ára gömul. Fyrstu lífverurnar voru líklega mjög einfaldar frumur.
- Blábakteriur gátu ljóstillífað og smám saman safnaðist súrefni fyrir í höfunum og í lofthjúpnunum. Súrefnið gerði frumunum kleift að vinna meiri orku úr fæðu með bruna en áður var hægt.
- Súrefnið myndaði líka lag úr ósoni í lofthjúpnunum sem verndar lífverur gegn skaðlegri geislun.
- Einfurma lífverur, sem mynduðu stór og mikil sambú, eru forverar fjölfruma plantna og dýra.



Jörðin var glóandi í fyrstu.



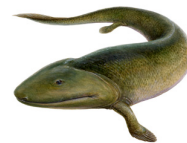
Blábakteriur mynduðu súrefni.

SAMANTEKT

5.3

Lífverur nema land

- Fyrstu dýr jarðar voru hryggleysingar. Mörg þeirra höfðu um sig harða skel og ummerki um þau finnast nú í jarðlögum sem steingervingar. Fyrstu hryggdýrin voru kjálkalausir fiskar með stoðgrind úr brjóski.
- Af beinfiskum með sterklega ugga og einföld lungu þróuðust froskdýr sem lifðu á þurru landi.
- Aðstæður voru allt aðrar á landi en í vatni og aðlögun lífvera að þurru umhverfi kemur meðal annars fram í því að þær geta lifað og fjölgað sér án þess að vera í stöðugri nánd við vatn.
- Af froskdýrum þróuðust skriðdýr með innri frjóvgun og þau verptu eggjum með skurn sem kom í veg fyrir ofþornun þeirra.
- Plöntur með rótum og æðum fjölguðu sér með gróum eða fræjum og lifðu á þurru landi.
- Risaeðlur voru sérstakur hópur skriðdýra og fuglar eru líka komnir af skriðdýrum. Risaeðlurnar hurfu af sjónarsviðinu fyrir um 65 milljónum ára í miklum hamförum þar sem mikill fjöldi lífvera dó út. Við brotthvarf risaeðlanna skapaðist rými fyrir spendýrin.
- Maðurinn og aðrir mannapar eru í þeim hópi spendýra sem kallast prímatar.



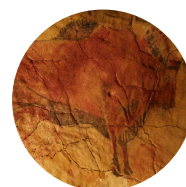
Fiskar með sterklegum uggu og einföldum lungum.



Frumfuglinn er kominn af skriðdýrum.



Við og forverar okkar.



Hellamálverk.

5.4

Uppruni manna

- Maðurinn er náskyldur simpönsum og górilla. Fyrstu mannverurnar lifðu í skógum Afríku fyrir um sjö milljónum ára. Þekktastir þessara forvera mannsins eru þeir sem kallast sunnapar (*Australopithecus*).
- Elstu steingervingar, sem hafa fundist af mönnum af okkar ættkvísl, *Homo*, eru 2,4 milljóna ára gamlir.
- Sá frummaður, sem fór fyrstur út úr Afríku, var reismaðurinn. Síðar kom önnur manntegund fram í Evrópu, neanderdalsmaðurinn.
- Nútímaðurinn, hinn vitiborni maður (*Homo sapiens*), eins og hann heitir fullu nafni á máli vísindanna, kom fram á sjónarsviðið í Afríku fyrir um 200 000 árum.
- Hinn vitiborni maður dreifðist um alla jörð frá Afríku.
- Þótt menn séu mismunandi í útliti eigum við fleira sameiginlegt en það sem skilur okkur að. Við erum öll af einni og sömu tegundinni. Sá munur, sem er á útliti manna, er fyrst og fremst kominn til vegna aðlögunar að mismunandi umhverfi.

orðskýringar

Orðskýringar

arfbleindin lífvera: lífvera sem hefur mismunandi gen í genasamsætu, til dæmis eitt ríkjandi gen og annað víkjandi.

arfhrein lífvera: lífvera sem hefur sams konar gen í genasamsætu, t.d. tvö ríkjandi eða tvö víkjandi gen.

bruni: ferli sem á sér stað í frumum lífvera og aflar þeim orku til ýmiss konar starfsemi. Bruni fer fram í hvatberum frumna í plöntum og dýrum, í ferlinu er glúkósa sundrað í koltvíoxíð og vatn og orkan er notuð til vaxtar og viðhalds, svo og til hreyfingar. Frumuöndun er annað heiti á þeim bruna sem fer fram í frumum.

DNA-greining: greining sem gerð er á erfðaeftni úr mönnum eða öðrum lífverum. Vegna þess að engar tvær lífverur hafa nákvæmlega eins DNA-sameindir er unnt að greina sýni með erfðaeftni, til dæmis sýni af blóði, munnvatni eða húðfrumum, og sanna eða afsanna að það tilheyri til dæmis tilteknum manni. Þessi aðferð er meðal annars mikið notuð við sakamálarannsóknir og til að skera úr um fæðerni.

DNA-sameind: afar löng, lífræn sameind sem er í frumum og ber í sér erfðaupplýsingar þeirra. DNA-sameindin heitir öðru nafni deoxíribósakjarnsýra (skammstafað á íslensku DKS). Erfðaupplýsingarnar skiptast í einingar sem kallast gen (eða erfðavísar). Hvert gen ræður einum tilteknum eiginleika lífveru.

einrækt: ræktun þar sem aðeins ein tegund nytjaplöntu er ræktuð á stórrí landspildu. Ræktun byggs og kartafna á akri er dæmi um einrækt.

einræktun: sjá klónun.

endurnýjanlegur orkugjafi: orkugjafi sem endurnýjast stöðugt þannig að hann gengur aldrei til þurrðar. Sólarorka, orka í vatnsföllum og orka vindsins eru dæmi um endurnýjanlega orkugjafa. Þessir orkugjafar hafa enn fremur þann kost að þeir valda yfirleitt mun minni mengun

og hafa minni áhrif á umhverfið en þeir orkugjafar sem ganga til þurrðar, t.d. jarðolía og kol.

erfðabreytt lífvera: lífvera sem er með viðbótargen, eitt eða fleiri, í erfðaeftni sínu. Erfðataekni gerir mönnum kleift að klippa gen með tiltekinn eiginleika út úr erfðaeftni einhvers lífveru og bæta því við erfðaeftni annarrar lífveru. Genum er meðal annars bætt við í frumur nytjaplantna í því skyni að auka þol þeirra gegn snikjudýrum, sveppum eða öðrum plágum, en líka til þess að auka næringargildi plantna, til dæmis hrísgrjóna.

erfðaeftni: eftni í frumum lífvera sem geymir allar erfðaupplýsingar þeirra og miðlar þeim til afkomenda. Erfðaeftni í frumum mannsins, og langflestum lífverum, er DNA-sameind, en einföldustu lífsformin (til dæmis veirur) hafa eingöngu RNA-sameind.

erfðafraeði: fraeðigrein sem fjallar um erfðir lífvera. Erfðafraeðin skýrir hvernig eiginleikar erfast frá kynslóð til kynslóðar og einnig hvers vegna engir tveir einstaklingar eru nákvæmlega eins.

erfðamengi: allar upplýsingar sem erfðaeftni lífveru geymir. Gerð hafa verið kort yfir allt erfðamengi nokkurra lífvera, til dæmis erfðamengi mannsins.

fjöldaaldaði: atburður í sögu jarðar þar sem mikill fjöldi lífverutegunda deyr út vegna mikilla hamfara, til dæmis við óskaplegt eldgos eða við árekstur stórs loftsteins á jörðina.

frumframleiðandi: lífvera sem ljóstíllífar og er fær um að búa til lífræn eftni úr ólífrænum með hjálp orku frá sólarljósi.

frumlíffæri: eining í frumum sem gegnir sérstöku hlutverki í starfsemi hennar. Hvatberar og grænakorn eru dæmi um frumlíffæri. Hvatberar annast frumuöndunina og ljóstíllífunin fer fram í grænakornunum.

frumuöndun: sjá bruni.

fæðukeða: ferli sem sýnir hvernig eftni og orka flæða frá einni lífveru til annarrar í vistkerfi. Fæðukeða er til dæmis: gras, sauðkind, maður.

fæðupíramíði: ferli sem sýnir orkuflæði í vistkerfi. Orkan er mest hjá frumframleiðendum en er umtalsvert minni hjá plöntuætum og enn minni hjá rándýrum. Frumframleiðendur, plöntuætur og rándýr mynda mismunandi hjalla í fæðupíramíðum.

fæðuvefur: net gert úr mörgum fæðukeðjum sem sýnir flæði eftis og orku milli lífvera í vistkerfi.

gen: sá hluti DNA-sameindar sem geymir upplýsingar sem ákvarða einn tiltekinn eiginleika. Í litningum manna eru um 25 000 mismunandi gen.

genasamsæta: par af genum sem ákvarða sama eiginleika og koma hvort frá sínu foreldri. Genin í hverri genasamsætu eru stundum eins, þá er lífveran arfhrein um þann eiginleika, en stundum eru genin mismunandi í sömu samsætunni og þá er lífveran sögð arfbleindin.

gróðurhúsaáhrif: áhrif sem koma fram vegna eftna í lofthjúpi jarðar sem halda jörðinni heitri, það er að segja eftnin valda því að jörðin missir minni varma út í geiminn en ella væri. Helstu eftni sem valda gróðurhúsaáhrifum eru koltvíoxíð, vatnsgufa og metan. Styrkur koltvíoxíðs í andrúmsloftinu hefur aukist síðustu áratugi vegna þess hve miklu menn hafa brennt af jarðefnaeldsneyti og það hefur leitt til aukinna gróðurhúsaáhrifa og hlýnunar jarðar.

gróðurlendi: afmarkað landsvæði þar sem gróður er alls staðar svipaður. Birkiskógur er dæmi um sérstakt gróðurlendi og einkennist af birki og lágvaxnari plöntum, svo sem lyng- og víðitegundum, sem mynda undirgróðurinn, það er gróðurinn á skógarbotninum.

grænakorn: frumlíffæri í frumum plantna þar sem ljóstíllífun fer fram. Í grænakornum er blaðgræna sem beislar orku sólarljóssins sem er nauðsynleg til að tengja saman ólífræna eftnin koltvíoxíð og vatn í lífrænt eftni, sykur.

hitaskiptalag: skil milli heits yfirborðslags og kaldara lags þar undir í stöðuvötnum. Þessi skil, hitaskiptalagið, valda því að blöndun verður lítil milli þessara tveggja

misheitu vatnsmassa. Hitaskiptalag myndast sjaldan í íslenskum stöðuvötnum vegna þess hve vindar eru tíðir hér.

jafnskipting (mítósa): ferli þar sem kjarni frumu skiptir sér í tvennt og til verða tvær frumur sem eru nákvæmar eftirmyndir móðurfrumunnar (frumunnar sem skipti sér í upphafi). Allar frumur líkamans, nema kynfrumurnar, verða til við jafnskiptingu.

jarðefnaeldsneyti: eldsneyti sem unnið er úr jörðu og er leifar lífvera sem lifðu fyrir milljónum ára. Jarðefnaeldsneyti er fyrst og fremst kol, olía og gas.

klónun (einræktun): aðferð til að búa til nákvæma eftirmynd af frumu eða heilli lífveru. Heilar lífverur eru klónaðar með því að kjarni er tekinn úr venjulegri frumu í líkamanum og honum er komið fyrir í eggfrumu, en áður hefur kjarni hennar verið fjarlægður. Þessi eggfruma skiptir sér á sama hátt og frjóvguð eggfruma og til verður nýr einstaklingur. Sauðkindin Dollý var fyrsta spendýrið sem varð til við klónun.

kvæmi: hópur plantna sem hafa lagað sig að sérstökum veðurfarsskilyrðum á tilteknum stað. Kvæmi birkis eru til dæmis mismunandi eftir því hvort trén vaxa nálægt hafi, þar sem seltu gætir og vindar eru tíðir, eða inni í landi þar sem selta er lítil og veður eru að jafnaði kyrrari.

kynbætur: ævagömul aðferð manna til að fá fram sífellt betri og afurðameiri plöntur eða húsdýr. Aðferðin byggist á því að velja alltaf úr plöntur eða dýr sem eru augljóslega með eftirsóknarverðustu eiginleikana í hverjum hópi og nota þau til fjölgunar eða undaneldis. Með aukinni þekkingu í erfðafræði er unnt að kynbæta plöntur og dýr á mun markvissari hátt en áður. Kynbætur eru ekki það sama og erfðatekni.

kynlitningur: sjá X-litningur.

kyntengdar erfðir: erfðir eiginleika sem ráðast af genum sem eru í kynlitningunum, X- eða Y-litningum. Erfðir litblindu og dreyrasýki eru dæmi um kyntengdar erfðir.

litningur: þráðlaga frumulíffæri með DNA-sameind sem geymir erfðaupplýsingar frumna. Í hverri frumu mannslíkamans eru 46 litningar í 23 pörum. Í litningapari númer 23 eru kynlitningarnir, X- og Y-litningarnir.

lifeldsneyti: lífrænt eldsneyti sem er endurnýjanlegt, til dæmis víður, etanól, lífdísilolía og lífgas. Lifeldsneyti er vistvænna en jarðefnaeldsneyti vegna þess að það fyrrnefnda myndast við ljóstillífun og það endurnýjast stöðugt.

líffræðileg fjölbreytni: fjölbreytileiki tegunda í náttúrunni, það er hversu margar tegundir lífvera finnast á tilteknu svæði. Líffræðileg fjölbreytni byggist líka á fjölbreytileika lífveranna innan hversrar tegundar. Líffræðileg fjölbreytni er mikilvæg en umsvif mannsins hafa víða orðið til þess að hún hefur minnkað og nú reyna menn að snúa þeirri þróun við.

ljóstillífun: efnaferli í plöntum þar sem ólífræn efni verða að lífrænum efnum. Ferlið krefst orku sem fengin er úr sólargeislum og þannig binst orka sólar í lífrænu efnunum.

meiósa: sjá rýriskipting.

mítósa: sjá jafnskipting.

náttúruval: val sem á sér stað í náttúrunni og stafar af flóknu samspili milli lífvera og umhverfis þeirra. Þær lífverur, sem búa yfir heppilegustu eiginleikum í því umhverfi sem þær lifa í, komast betur af en hinar. Þær afla sér til dæmis meiri næringar en hinar lífverurnar og geta því komið fleiri afkvæmum á legg og þannig erfast þessir eiginleikar frekar en þeir eiginleikar sem eru síður heppilegir.

neytandi: dýr sem aflar sér næringar með því að éta aðrar lífverur. Neytandi, sem étur plöntur, er fyrsta stigs neytandi og neytandi, sem étur plöntuætur, er annars stigs neytandi. Toppneytandi er dýr sem ekkert annað dýr étur, til dæmis ljón eða maður.

ofauðgun: ástand í vistkerfi sem stafar af því að of mikið af næringarefnum hefur borist inn í vistkerfið og raskað eðlilegu jafnvægi. Ofauðgun stafar oftast af of miklu nitri og fosfór,

einkum í stöðuvötnum og innilokuðum hafsvæðum (innhöfum). Við svona skilyrði vex plöntusvifið gríðarlega og ýmsar vatnaplöntur geta fjölgað sér óhóflega. Sumar bakteríur geta líka fjölgað sér óeðlilega mikið. Þörungablómi er það þegar ein tegund svífþörungna fjölgar sér óeðlilega mikið.

okfruma: fyrsta fruma hvers einstaklings hjá lífverum sem fjölga sér með kynæxlun. Okfruman verður til við samruna eggfrumu og sæðfrumu.

reitatafla: tafla sem er sett upp til að reikna út hvernig tiltekinn eiginleiki erfist. Arfgerð bæði móður og föður verður að vera þekkt og einnig hvort viðkomandi gen eru víkjandi eða ríkjandi.

réttlætismerking: sjá siðgæðisvottun.

ríkjandi gen: gen, sem stýrir eiginleika sem kemur ávallt fram, jafnvel þótt hann hafi bara erfst frá öðru foreldrinu.

rotvera: sjá sundrandi.

rýriskipting (meiósa): sérstök tegund frumuskiptingar þar sem fruma skiptir sér og til verða fjórar dótturfrumur sem hafa helmingi færri litninga en móðurfruman hafði. Kynfrumur eru einu frumur líkamans sem verða til við rýriskiptingu.

samkeppni: barátta, sem á sér stað í náttúrunni, milli lífvera um að komast af. Samkeppni ríkir í náttúrunni bæði milli lífvera af sömu tegund og milli lífvera af mismunandi tegundum. Baráttan snýst fyrst og fremst um fæðu, vatn, búsvæði og maka.

sess: hlutverk og staða lífveru í vistkerfinu. Sess nær meðal annars til þess svæðis sem lífvera nýtir sér og til samskipta við aðrar lífverur. Samkeppni milli lífvera verður til þess að hver tegund skipar sérstakan sess í vistkerfi, sem glögglega má sjá til dæmis í beltaskiptingu lífvera í fjörum.

sérhæfing: það að lífverur laga sig að sérstökum lífnaðarháttum, til dæmis að sérstöku fæðuvali eða sérstökum umhverfisskilyrðum. Samkeppni milli lífvera neyðir þær til að aðlagast sérstökum aðstæðum og þannig sérhæfast þær á ýmsan hátt. Sérhæfing

kemur vel fram hjá mismunandi afbrigðum bleikju í Þingvallavatni sem sjá má á mismunandi lögun munnsins eftir því hvaða fæðu þær nýta.

siðgæðisvottun (réttlætismerking): sérstök vottun vara sem tryggir að allir, sem koma að framleiðslu, dreifingu og sölu tiltekinnar vöru, fá sanngjarnar og eðlilegar greiðslur fyrir sinn þátt. Siðgæðisvottuninni er ætlað að bæta mannréttindi og stuðla að betra lífi fyrir fólk í fátækum löndum.

sjálfbærni: það að allar auðlindir og önnur náttúrugæði séu nýtt þannig að komandi kynslóðir hafi sama gagn af þeim og við höfum nú. Hugtakið var fyrst sett fram árið 1987 í skýrslu Sameinuðu þjóðanna um umhverfi og þróun og þá skilgreint svo: „Mannleg starfsemi sem fullnægir þörfum samtímans án þess að draga úr möguleikum framtíðarkynslóða til að fullnægja sínum þörfum.“

stofn: hópur lífvera af sömu tegund sem lifa í einu og sama vistkerfinu. Dæmi um stofn eru öll birkitré í Bæjarstaðaskógi í Örfæssveit eða allir urriðar í Þingvallavatni.

stökkbreyting: breyting sem verður í geni lífveru sem veldur því að lífveran verður öðruvísi en aðrar lífverur sömu tegundar. Flestar stökkbreytingar eru skaðlegar en öðru hverju kemur fram breyting sem kallar fram nýjan og heppilegan eiginleika.

sundrandi (rotvera): lífvera, sem nærast á leifum annarra lífvera. Helstu sundrendur

náttúrunnar eru bakteríur og sveppir og starfsemi þeirra sér til þess að koma næringarefnum aftur í umferð í náttúrunni.

súrt regn: regn sem er óeðlilega súrt vegna mengunar í andrúmslofti. Regnvatnið verður einkum súrt vegna brennisteins og niturs sem sameinast raka (vatni) andrúmsloftsins og mynda sýrur. Sýrurnar valda því að vatnsdroparnir í skýjunum verða súrir og þeir skaða bæði gróður á landi og lífríki í stöðuvötnum.

tegund: minnsta flokkunareining lífvera. Lífverur, sem geta átt saman frjó afkvæmi, eru af sömu tegund. Náskyldum tegundum lífvera er skipað í sömu ættkvísl.

toppneytandi: neytandi sem er efst í fæðukeðju. Toppneytendur eru ýmis rándýr, til dæmis hvítbjörn og haförn, og þau fá í sig meira af umhverfiseitri en önnur dýr vegna þess að eitrið safnast fyrir í lífverum eftir því sem ofar kemur í fæðukeðjum. Maðurinn er einnig í hópi toppneytenda.

umhverfiseitur: eitruð efni sem safnast fyrir í náttúrunni og hafa skaðleg áhrif á lífverur, jafnvel í mjög litlum styrk. Mörg þessara efna eru þrávirk, sem merkir að þau brotna mjög hægt niður í náttúrunni og þau hafa því skaðleg áhrif áratugum saman og jafnvel öldum saman.

uppsöfnun eiturefna: það að eiturefni, fyrst og fremst þau sem leysast upp í fitu, safnast fyrir í lífverum. Efni eru skaðlegri eftir því sem þau eru í meiri styrkleika í

lífverum. Sum eiturefni eru í litlum mæli í plöntusvifi, þau verða síðan í meiri mæli í smádyrum, sem éta svifið, og styrkur þeirra verður síðan enn meiri í þeim dýrum sem éta smádyrin. Styrkurinn er síðan mestur í topprándýrunum, til dæmis í haförnum og ísbjörnum.

vistfræði: fræðigrein, sem fjallar um samskiði í náttúrunni, um tengslin milli dýra, plantna og annarra lífvera og samspil þeirra við umhverfi sitt.

vatnabobbar: ættkvísl snigla með skel (kuðungar öðru nafni) sem lifa í fersku vatni, meðal annars í Þingvallavatni.

vistkerfi: afmarkað svæði í náttúrunni, til dæmis stöðuvatn eða eyja, og allar lífverur sem lifa þar. Til vistkerfis teljast líka allir lífvana þættir í umhverfinu sem hafa áhrif á lífverurnar, til dæmis loft, vatn, hiti og birta. Lífverurnar geta líka haft áhrif á þessa umhverfisþætti.

víkjandi gen: gen, sem stýrir eiginleika sem kemur eingöngu fram ef hann erfist frá báðum foreldrum.

X-litningur: annar tveggja kynlitninganna í mannsfrumum. Í frumum kvenna eru tveir X-litningar, en í frumum karla er einn X-litningur og einn Y-litningur. X-litningar og Y-litningar kallast einu nafni kynlitningar og þeir ákveða kynferði hvers einstaklings.

Y-litningur: --> X-litningur.

þrávirk efni: --> umhverfiseitur.

Atriðisorðaskrá

aldauði	118	fyrsta stigs neytandi	14, 20	litningapar	94, 95	stöðuvatn	38
annars stigs neytandi	14, 20	fæðukeðja	14, 25	litningur	89	stökkbreyting	101
arfblandinn	98, 99	fæðupíramíði	20	lífeldsneyti (lífrænt eldsneyti)	59	stöngull	10
arfhreinn	98	fæðuvefur	25	líffélag	25	sundrandi	15
áburður	10	Galapagos-eyjar	121	líffræðileg fjölbreytni	48, 111	sunnapi	138
ásæta	35	Golfstraumur	44	ljóstillifun	5, 6, 7	súrefni	10
beðmi (sellulósi)	8, 13	geislavirkur úrgangur	58	loftauga	7	súrt regn	70, 71
birkiskógur	32, 33, 34	gen	89, 91	lofthjúpur	62	tertíer	137
blaðgræna	7	genabanki	111	loftmengun	71, 73, 120	toppneytandi	14
blábaktería	7	genakort	106	loftslagsbreyting	66	trías	137
bruni	11	genalækning	105	Mendel, Gregor	99	Tsjernobyl	59
Brundtland, Gro Harlem	83	genapróf	105	mikliahvellur	126	tvíbúrar	96
Crick, Francis	89	genasamsæta	97	mjölvi (sterkja)	8	tvíeggja tvíbúrar	96
Darwin, Charles	119	glúkósi	6	mólendi	36	umhverfisröskun	81
devon	137	gróðurhúsaáhrif	62	Mývatn	39	úran	58
DNA-sameind	89, 90, 91	gróðurfélag	25	náttúruval	119	varafruma	7
Dobson-eining	68	gróðurlendi	35	neanderdalsmaður	139	vatnsorka	60
Dollý	108	grænukorn	7, 130	neytandi	14	vindorka	59
Downs-heilkenni	101	hausttoppur	45	ofauðgun	74	vistfræði	24
dreyrasýki	102	heiðhvolf	68	ordóvisíum	136	vistkerfi	24
dýrasamfélag	25	Helmont, J.B	6	óson	68	víkjandi gen	97, 98
dýrasvif	45	hinn vitiborni maður	140	ósonlag	68	vítamín	9
eftirmyndun	93	hitaskiptalag	41	Parkinsons-sjúkdómur	109	vortoppur	45
eineggja tvíbúrar	96	hringrás efna	15	perm	137	votlendi	36
einrækt	48	hæfimaður	139	plöntusvif	45	X-litningur	95
einræktun	108	jafnheitt dýr	134	prímati	135	Y-litningur	95
endurnýjanlegur orkugjafi	59	jafnskipting (mítósa)	93	prótín	9	Þingvallavatn	40
erfðabreytt lífvera	112	jarðefnaeldsneyti	17, 58	raforka	58	þrávirkt efni	69, 77
erfðaeftni	89	júra	137	regnskógur	122	þriðja stigs neytandi	14
erfðafraði	88	kambrium	136	reitatafla	95, 98	þróunarkenningin	119
erfðafraðilegur breytileiki	111	kjarnorka	58	reismaður	139	Watson, James	89
erfðagalli	101	kjarnorkuslys	59	ríbósóm	91		
erfðamengi	106	klónun	108	ríkjandi gen	97, 98		
erfðataækni	104	kol	137	rýriskipting (meiösa)	94		
fituefni	9	kolatímabilið	132	samkeppni	26, 28		
flóresarmaður	140	kolefnisfrumeind	6, 7	sess	28, 29		
fjöldaaldauði	133, 136	koltvíoxíð	7	sérhæfing	28		
fornlífsöld	136, 137	kolvetni	8	sílúr	136		
fósturgreining	103	krít	137	sjálfbærni	46, 81		
Franklin, Rosalind	89	krómagnonmaður	141	sjávarnytjar	46		
frekna	97	kúluskítur	39	skógrækt	34, 37		
freon	69	kvarter	137	skólp	74, 75		
frumframleiðandi	14, 20	kvæmi	34	skyldleiki	124		
frumfugl	133	kynblöndun	110	sólarorka	6, 13		
frumlífsöld	136	kynbætur	119	steinefni	10		
frumskipting	93	kynfruma	94	steingervingur	118		
frumuöndun	11	kynlitningur	95	stofn	25		
Fukushima	59	litblinda	102	stofnfruma	108, 109		

Rétthafar myndefnis

Teikningar: Jón Baldur Hlíöberg

Ljósmyndir

Forsíðumynd: Claude Nuridsany & Marie Perennou / Science Photo Library

Smámyndir á forsíðu, talið frá vinstri: Javier Trueba / MSF / Science Photo Library; Bernhard Edmaier / Science Photo Library; John Shaw / Science Photo Library

Smámyndir á baksíðu, talið frá vinstri: Alfons Finnsson / MBL; Thomas Pullicino / iStockphoto; Adrian Bicker / Science Photo Library

Bls. 3 a.o., Hörður Kristinsson; bls. 3 a.n., Sergey Ilin / Dreamstime

Bls. 4, Kristinn Ingvarsson / Mbl.

Bls. 5, Djik / Dreamstime

Bls. 7, Nancy Nehring / iStockphoto

Bls. 8 t.v., Duncan Walker / iStockphoto; bls. 8 t.h., johnnyscriv / iStockphoto

Bls. 9 a.o., Emilia Stasiak / iStockphoto; bls. 9 f.m., Dean Turner / iStockphoto; bls. 9 a.n., Peter Chigmaroff / Dreamstime

Bls. 11, Mameev Dmitry / Dreamstime

Bls. 12 a.o., Stefano Tiraboschi / iStockphoto; bls. 12 t.h. Vitali Dyatchenko / Dreamstime

Bls. 13, Alfons Finnsson / Mbl.

Bls. 15, NASA

Bls. 16, Olena Zhuchkova / Dreamstime

Bls. 17 a.o., Rui Saraiva / Dreamstime; bls. 17 f.m., Mikhail Surkov / Dreamstime; bls. 17 a.n., Fesus Robert / Dreamstime

Bls. 18, Kristinn Ingvarsson / Mbl.

Bls. 19 a.o., Gert Vrey / Dreamstime; bls. 19 a.n., Krzysztof Susarczyk / Dreamstime

Bls. 22, Mats Wibe Lund

Bls. 23, Jóhann Óli Hilmarsson

Bls. 24 a.o., Michael Flippo / Dreamstime; bls. 24 a.n., Hafðis Finnbogadóttir / Námsgagnastofnun

Bls. 25, Bengt Ekman / N / IBL Bildbyrå

Bls. 26 a.o., NordicPhotos; bls. 26 a.n., Daniela Spyropoulou / Dreamstime

Bls. 27, Dieniti / Dreamstime

Bls. 28, Jonnycwh / Dreamstime

Bls. 29, Thomas Zenker / iStockphoto

Bls. 30 a.o., Hörður Kristinsson; bls. 30 a.n., Hafðis Finnbogadóttir / Námsgagnastofnun

Bls. 31, Valerie Crafter / iStockphoto

Bls. 32, Jóhann Óli Hilmarsson

Bls. 33 a.o., Enterprise Systems, Inc. Db Virginia Hamrick Photography / Dreamstime; bls. 33 a.n., Einar Falur Ingólfsson / Mbl.

Bls. 34, NateAbbott / iStockphoto

Bls. 35 a.o., Darren Baker / Dreamstime; bls. 35 a.n., Hálfan Ómar Hálfanarson

Bls. 36, Bluedeep / Dreamstime

Bls. 37, Jóhann Óli Hilmarsson

Bls. 38 a.o., Tupungato / Dreamstime; bls. 38 a.n., Birkir Fannal / Mbl.

Bls. 39 a.o., RAX / Ragnar Axelsson / Mbl.; bls. 39 a.n., Jóhann Óli Hilmarsson

Bls. 41, ÞÓK / Mbl.

Bls. 43, Joel Carillet / iStockphoto

Bls. 44 a.o., Friðþjófur Helgason / Mbl.; bls. 44 a.n., Erlendur Guðmundsson

Bls. 46, RAX / Mbl.

Bls. 48, Kristinn Ingvarsson / Mbl.

Bls. 49, Lars-Gunnar Magnusson / NO-pedagog

Bls. 50 a.o., Icerock / Dreamstime; bls. 50 a.n., Jónas Erlendsson / Mbl.

Bls. 51, Richard Carey / iStockphoto

Bls. 54, Chhobi / Dreamstime

Bls. 55, Antartis / Dreamstime

Bls. 56, John Woodcock / iStockphoto

Bls. 57 a.o., Árni Sæberg / Mbl.; bls. 57 a.n., Fckncg / Dreamstime

Bls. 58, Maxim Chupashkin / iStockphoto; bls. 58 a.n., Patrick Landmann / Science Photo Library

Bls. 59, Patrice Latron / Look At Sciences / Science Photo Library

Bls. 60, Planetobserver / Science Photo Library

Bls. 61, Peter Marlow / Magnum / IBL

Bls. 62, SeaWiFS Project, NASA / Goddard Space Flight Center / Orbimage

Bls. 63, Jim Edds / Science Photo Library

bls. 64 a.o., Júlíus Sigurjónsson / Mbl.; bls. 64 a.n., Jón Helgason / Dreamstime

Bls. 65 a.o., Nuttakit / Dreamstime; bls. 65 a.n., Windujedi / Dreamstime

Bls. 66, Bernhard Edmaier / Science Photo Library

Bls. 67, Fotoblitzz / Stills / Gamma / IBL

Bls. 68, NASA / GSFC

Bls. 69, JazzlRT / iStockphoto

Bls. 71, NordicPhotos

Bls. 72, Gina Mills / Centre for Ecology & Hydrology

Bls. 73, Eggert Jóhannesson / Mbl.

Bls. 74, NASA

Bls. 76, Júlíus Sigurjónsson / Mbl.

Bls. 77, John Shaw / Science Photo Library

Bls. 78 a.o., Philippehalle / Dreamstime; bls. 78 a.n., fstockfoto / Dreamstime

Bls. 79 a.o., RAX / Ragnar Axelsson / Mbl.; bls. 79 a.n., Árni Sæberg / Mbl.

Bls. 80, Bjarni Eiríksson / Mbl.

Bls. 81, Planetary Visions Ltd. / Science Photo Library

Bls. 82 a.o., Ulf Simonsson / Tiofoto / NordicPhotos; 82 a.n., Kai Zhang / Dreamstime

Bls. 83, Beboy Ltd. / iStockphoto

Bls. 86, Alekso94 / Dreamstime

Bls. 87, P.M. Motta & J. Van Blerkom / Science Photo Library

Bls. 88, Bluestone / Science Photo Library

Bls. 89 a.o., Wikimedia Commons

Bls. 89 a.n., A. Barrington Brown / Science Photo Library

Bls. 90, Philippe Pailly / Science Photo Library

Bls. 92, Ft photography / Dreamstime

Bls. 93, P.M. / Dept. Of anatomy / University LA SAPIENZA, Rome / Science Photo Library

Bls. 94, CNRI / Science Photo Library

Bls. 95 a.o., Eggert Jóhannesson / Mbl.; bls. 95 f.m., Kati1313 / Dreamstime; bls. 95 a.n., Monkey Business Images / Dreamstime

Bls. 96, Kevin Russ / iStockphoto

Bls. 97, Ian Hooton / Science Photo Library

Bls. 98, Eye of Science / Science Photo Library

Bls. 99, Wikimedia Commons

Bls. 100, Goldenkb / Dreamstime

Bls. 101 a.o., Joti / Science Photo Library; bls. 101 a.n., James H. Robinson / Science Photo Library

Bls. 102, Thomas Pullicino / iStockphoto

Bls. 103 a.o., Jesse / Science Photo Library; bls. 103 a.n., Paul Rapson / Science Photo Library

Bls. 104, Bill Barksdale / Agstockusa / Science Photo Library

Bls. 105, Ron Sutherland / Science Photo Library

Bls. 106 a.o., Eric Isselee / iStockphoto; bls. 106 a.n., Susan Kuklin / Science Photo Library

Bls. 107, Simon Fraser / Science Photo Library

Bls. 108, NordicPhotos

Bls. 109, Pasquale Sorrentino / Science Photo Library

Bls. 110, Bonahoe / from So a simple beginning, MacMillan PC

Bls. 111 a.o., Erling Ólafsson; bls. 111 a.n., The International Institute of Tropical Agriculture, Nigeria (IITA)

Bls. 112, Courtesy Golden Rice Humanitarian Board

Bls. 113, Mauro Fermariello / Science Photo Library

Bls. 116, Ryan Brocklehurst / iStockphoto

Bls. 117, Javier Trueba / MSF / Science Photo Library

Bls. 118, Cathleen Abers-Kimball / iStockphoto

Bls. 119 a.o., NordicPhotos; bls. 119 a.n., Science Source / Science Photo Library

Bls. 120, Claude Nuridsany & Marie Perennou / Science Photo Library

Bls. 121, Cordelia Mollot / Science Photo Library

Bls. 122 a.o., Natalia Sdobnikova / Dreamstime; bls. 122 a.n., Worakit Sirijinda / Dreamstime

Bls. 123, Nigel Dennis / Science Photo Library

Bls. 125 a.o., Valeriy Kirsanov / iStockphoto; bls. 125 a.n., Adrian Bicker / Science Photo Library

Bls. 126, NASA

Bls. 127 a.o., RAX / Mbl.; bls. 127 a.n., Nasa

Bls. 128, Georgette Douwma / Science Photo Library

Bls. 129, Michael Marten / Science Photo Library

Bls. 132 a.o., Christian Jegou Publiphoto Diffusion / Science Photo Library

Bls. 133, Jim Amos / Science Photo Library

Bls. 134, Sergey Ilin / Dreamstime

Bls. 138, Kell / Dreamstime

Bls. 140 a.n., Mauricio Anton / Science Photo Library

Bls. 141, Javier Trueba / MSF / Science Photo Library

TIL NEMANDA

Þessi bók er eign skólans þíns og þú hefur hana að láni. Bækur eru dýrar og því mikilvægt að farið sé vel með þær. Gættu þess að skrifa ekki í þessa bók.

			Bók nr.	
			Tekin í notkun	
Skóli				
Nemandi/bekkur	Útlán dags.	Ástand	Skil dags.	Ástand
1. Nafn nemanda skal greinilega skrifað í línurnar hér að ofan. 2. Ástandi bókar við útlán og skil skal lýst þannig: N: ný bók, G: gott, S: sæmilegt, L: lélegt.				



MAÐUR OG NÁTTÚRA

Maður og náttúra er í flokki kennslubóka í náttúrufræði sem kallast Litróf náttúrunnar. Þetta efni er ætlað efstu bekkjum grunnskóla.

Maður og náttúra er í fimm köflum. Í upphafi er fjallað um ljóstillífun og bruna og vakin athygli á hvernig grænar plöntur skapa skilyrði fyrir allar aðrar lífverur á jörðinni. Síðan er umfjöllun um vistfæði þar sem lýst er tengslum milli mismunandi lífvera og milli lífvera og umhverfis þeirra. Í þriðja kafla er lýst hvernig umræður um umhverfismál hafa þróast frá staðbundnum vandamálum yfir í hnattræn og lögð áhersla á að allir geta lagt sitt af mörkum í þeim efnum. Þá tekur við kynning á erfðafræði þar sem nokkur hugtök eru útskýrð, fjallað um frumuskiptingu og lýst hvernig erfðaupplýsingar berast frá kynslóð til kynslóðar. Lokakafla bókarinnar fjallar um þróun lífs á jörðinni.

Kennarabók og verkefnablöð fylgja efninu.



MENNTAMÁLASTOFNUN
40106

