

Inngangur

Þróunarkenningin tengist nafni enska náttúrufræðingsins Charles Darwin órjúfanlegum böndum. Þar ber hæst útgáfu bókar hans *Uppruni tegundanna* árið 1859. Þann 24. nóvember 2009 voru 150 ár liðin frá útgáfu hennar. Það sama ár voru einnig liðin 200 ár frá fæðingu Darwins, en hann fæddist 12. febrúar 1809 í Shrewsbury á Englandi og lést árið 1882. Þessi tvöföldu tímamót urðu kveikjan að bók þessari og nokkrum viðburðum sem ritstjórn hennar stóð fyrir og nefndust Darwin-dagar 2009. Að þeim dögum komu einnig nokkrir samstarfsaðilar: Samtök líffræðikennara, Líffræðifélag Íslands, Líffræðistofnun Háskóla Íslands, Siðmennt, Hið íslenska náttúrufræðifélag og Hið íslenska bókmenntafélag.

Frekar lítið hefur verið skrifað um þróun lífvera á íslensku, en af því efni eru þrjár greinar eftir Þorvald Thoroddsen einna merkastar. Þær birtust í *Tímariti Hins íslenska bókmenntafélags* á árunum 1887–1889, en tvær síðustu greinarnar eru útdráttur úr 6. útgáfu *Uppruna tegundanna*. Þær voru endurútgefnar árið 1998 í Lærdómsritinu *Um uppruna dýrategunda og jurta* með skýringum og ítarlegum inngangi eftir Steindór J. Erlingsson.¹ Árið 2004 kom *Uppruni tegundanna* loks út á íslensku í röð Lærdómsrita Hins íslenska bókmenntafélags í þýðingu Guðmundar Guðmundssonar.² Þeirri bók sem hér er fylgt úr hlaði er ætlað að fylla upp í þetta tómarúm, en markhópur hennar er fólk með áhuga á lífinu, þróun þess og fjölbreytileika, sögu hugmyndanna og stórum spurningum um líffræði mannsins og stöðu hans í náttúrunni. Bókin nýttist einnig nemum í framhaldsskólum og háskólum sem inngangur og ítarefni um þróun lífvera.

Í *Uppruna tegundanna* setur Darwin fram þá kenningu að lífið á jörðinni hafi þróast í aldanna rás og að orsök þróunarinnar liggi í náttúrulegu vali. Darwin var ekki einn um hituna því á sama tíma og hann var að leggja

1 Þorvaldur Thoroddsen 1887–1889/1998.

2 Darwin 1959/2004; Guðmundur fjallar um flokkunarfræði að fornu og nýju í 6. kafla bókarinnar.

lokahönd á þróunarkenningu sína setti breski náttúrufræðingurinn Alfred Russel Wallace fram náskyldar hugmyndir. Wallace hafði safnað sýnum og unnið að rannsóknum á lífríkinu á Amazonsvæðinu og á eyjum Indónesíu og Malasíu. Hann veitti eftirtekt landfræðilegri dreifingu lífvera, sérhæfingu þeirra að mismunandi umhverfisaðstæðum og samkeppni lífvera á milli. Hugmyndir sínar um náttúrulegt val setti Wallace niður á blað og sendi Darwin í bréfi árið 1858,³ ári áður en *Uppruni tegundanna* kom út. Þann 1. júlí 1858 var hugmynd Wallace og Darwins um þróun vegna náttúrulegs vals kynnt á fundi The Linnean Society of London.⁴ Þeir áttuðu sig báðir á því að breytileiki milli einstaklinga, erfðir, mishröð æxlon eða lífslíkur einstaklinga leiða til þess að sumar gerðir veljast náttúrulega fram yfir aðrar. Einnig fundu báðir í skrifum Thomasar Malthus hugmyndina um baráttuna fyrir lífinu, og settu báðir fram hugmyndina um náttúrulegt val. Ástæðan fyrir því að þróunarkenningin er eignuð Darwin fremur en Wallace er bók hins fyrrnefnda um uppruna tegundanna. Wallace setti fram eitt handrit en Darwin heila bók með margvíslegum rökum fyrir kenningunni og dæmum um það hvernig hún leysir mörg líffræðileg álitamál. Í bókinni varpaði Darwin skýru ljósi á það hvað valdi fjölbreytileika lífríkisins og hvernig ólík lífsform hafi þróast og greinst að á löngum tíma.

Kenningin um þróun er öflug og hefur styrkst verulega á síðustu 150 árum og endurspeglast það í efnistökm þessarar bókar. Kaflarnir eru settir fram í ákveðinni röð, allt frá inngangskafli um þróunarkenninguna til tveggja kafla um tengsl þróunar og menningar. Engu að síður er hver kafli sjálfstæður og má lesa þá í hvaða röð sem er.

Í fyrsta kafla rekur Einar Árnason meginskýringar Darwins á þróun. Í fyrsta lagi hvernig saga lífsins tengist vegna erfða og myndar eitt ættartré sem greinst hefur á milljónum ára í bakteríur, plöntur og dýr, og í öðru lagi hvernig náttúrulegt val hefur leitt til margvíslegra aðlagana sem áður voru taldar helstu vitnisburðir um almáttugan skapara. Einar gerir einnig grein fyrir helstu áföngum í þróunarfræði 20. aldar, þegar þróunarkenningin festist í sessi með aukinni þekkingu, m.a. á erfðafræði og breytileika í genum og prótínum. Í öðrum kafla ræðir Einar hvernig svipfar eða eiginleikar einstaklinga mótast af samspili umhverfis og erfða. Hann kynnir hugtökin arfgengi og svörunarföll og ræðir þýðingu þeirra fyrir þróun lífvera. Í þriðja kafla bókarinnar gerir Steindór J. Erlingsson grein fyrir

3 Bréf Wallace til Darwins var birt á íslensku í viðauka tvö í íslenskri þýðingu *Uppruni tegundanna* (Darwin 1859/2004).

4 Raby 2002. Nánar er fjallað um samskipti Darwins og Wallace í 3. kafla, bls. 76–77.

viðtökum þróunarkenningar Darwins á Íslandi á árunum 1872–1910. Þar fjallar hann m.a. um skoðanir Benedikts Gröndal, Þorvalds Thoroddsen og fleiri á kenningunni. Flestir voru þeir á einhverjum tíma hlyntir þróunarkenningunni, en skoðanir voru skiptar um gildi náttúrulega valsins.

Eyjar eru að mörgu leyti tilraunastofur þróunar og samanburður á lífríki þeirra og nærliggjandi meginlanda var ein kveikjan að hugmyndum Darwins. Mörg dæmi í bók hans fjalla um sérstakt lífríki eyja. Finkurnar á Galapagoseyjum eru einmitt gott dæmi um hraða aðgreiningu skyldra stofna. Hafdís Hanna Ægisdóttir gerir þessu efni skil í fjórða kafla bókarrinnar auk þess að segja frá hnattreisu Darwins. Á ferð sinni bar Darwin saman lífríki og steingervinga ólíkra heimsálfa og áttaði sig á sögulegri aðgreiningu þeirra. Sú aðgreining er hvergi betur staðfest en í steingervingasögunni, sem er umfjöllunarefni Ólafs Ingólfssonar og Ingibjargar Svölu Jónsdóttur í fimmta kafla bókarrinnar. Kaflinn spannar jarðsöguna allt frá fyrstu tíð og að nútímalífverum. Nýlegar rannsóknir á steingervingalögum, t.d. í Kína, og fundir á ýmsum áður óþekktum millistigum hafa haldið áfram að fylla upp í myndina af sögu lífsins. Guðmundur Guðmundsson greinir í sjötta kafla frá sögu flokkunarfræðinnar. Flokkunarfræði nútímans byggist á hugmynd Darwins um eitt lífsins tré og hafa niðurstöður flokkunarfræðinga endurspeglad sögu lífsins á svipaðan hátt og steingervingasagan. Lengi vel voru menn ekki á eitt sáttir um aðferðir í flokkunarfræði, en meiri sátt um vinnuáðferðir hefur náðst á síðustu árum með nýjum aðferðum. Flokkunarfræðingar búa nú einnig að miklu magni upplýsinga sem felst í erfðamengjum lífvera.

Lífríkið er í stöðugri þróun og þróunarkraftar hafa á skömmum tíma áhrif á mismunandi eiginleika, m.a. atferli dýra. Í sjöunda kafla bókarrinnar fjalla Hrefna Sigurjónsdóttir og Sigurður S. Snorrason um rannsóknir á þróun atferlis og hvernig mismunandi hegðun eins og fórnfýsi hefur getað þróast. Afbrigði gens sem veldur fórnfýsi og jafnvel dauða þess einstaklings sem sýnir fórnfýsina getur aukist í tíðni ef ættingjar njóta góðs af hegðuninni og verða líklegri til að lifa af. Þróunarbreytingar meðal ólíkra stofna innan tegunda geta leitt til æxlunarlegrar einangrunar milli stofnanna og þannig til aðskilnaðar tegunda. Guðbjörg Ásta Ólafsdóttir og Bjarni K. Kristjánsson fjalla í áttunda kafla um ástæður tegundamyndunar og taka dæmi úr rannsóknum sínum á afbrigðamyndun bleikju og hornsíla á Íslandi. Tegundirnar sýna þess merki að vera á fyrstu stigum tegundamyndunar þar sem fjölbreytileiki búsvæða, tegundafábreytni og samkeppni innan tegunda virðist hafa leitt til örrar aðgreiningar. Í níunda kafla fjallar Snæbjörn Pálsson um þróun kynæxlunar sem hefur verið talin ein helsta

ráðgáta þróunarfræðinnar, þ.e. hvers vegna nær öll dýr og plöntur stunda kynæxlun þrátt fyrir ýmiss konar kostnað umfram kynlausa æxlun. Uppruni lífsins er einnig ein helsta ráðgáta þróunarfræðinnar sem Darwin fjallaði lítið sem ekkert um. Kenning hans skýrir aðeins sameiginlegan uppruna allra lífvera á jörðinni og hvernig lífið þróast en ekki hvernig það varð til í upphafi. Guðmundur Eggertsson fyllir hér inn í og í tíunda kafla dregur hann saman helstu hugmyndir manna um fyrstu skref lífs á jörðinni.⁵

Maðurinn hefur sérstöðu í lífríkinu vegna vitsmuna, en einnig er hann sú tegund sem við þekkjum einna best, bæði í tilliti til útbreiðslusögu og líffræði. Arnar Pálsson fjallar um þróun mannsins í ellefta kafla, hvernig rannsóknir hafa sýnt þróun mannsins frá skyldum lífverum og hvernig þróunarfræðin hjálpar okkur til að skilja orsakir að baki sjúkdómum. Hagnýtt gildi þróunarfræði má einnig finna í kynbótum dýra og plantna sem stundaðar hafa verið um árabil. Darwin tók ýmis dæmi úr kynbótum til að skýra náttúrulegt val. Í tólfta kafla ræðir Áslaug Helgadóttir um kynbætur og rannsóknir á uppruna nytjaplantna. Hún ræðir einnig um samþættingu þróunarfræði og kynbóta og nýjar aðferðir við kynbætur sem byggjast á erfðatækni.

Tveir síðustu kaflar bókarinnar fjalla um það hvernig þróunarfræðin tengist menningu okkar og skilningi. Guðmundur Ingi Markússon greinir frá þýðingu þróunarfræðinnar í trúarbragðafræðum og menningu, hvernig hugmyndir geta þróast líkt og erfðamengi og hvernig trúariðkun gæti hafa þjónað hlutverki í þróun mannsins. Trúariðkun kann að hafa dregið úr átökum og tryggt samvinnu sem gæti hafa aukið lífslíkur og frjósemi manna og þannig átt sér á vissan hátt náttúrulegar skýringar. Hrefna Sigurjónsdóttir lýkur svo bókinni á umfjöllun um hugtakaskilning og athuganir á hugtakaskilningi nemenda. Merking orða, líkt og gena og atferlis, er háð því samhengi sem þau eru sett fram í og til að merking orða sé sem skýrust þarf að gera þeim góð skil. Þetta er vissum vandkvæðum bundið þar sem ýmis hugtök hafa ólíka merkingu í þróunarfræði og í daglegu máli, en einnig innan þróunarfræðinnar, sbr. tegundarhugtakið eins og vikið er að í nokkrum köflum bókarinnar. Að nokkru leyti stafar þetta af því hve lítið hefur verið fjallað um þróunarfræði á íslensku, en það er þó ekki eina skýringin.

Í bókinni erum við ekki alls kostar laus við mismunandi notkun hugtaka. Hinir ýmsu höfundar hafa vanist því að nota ákveðin íslensk orð yfir erlend heiti og ekki hefur ævinlega náðst samkomulag um eitt íslenskt orð

5 Hann gaf einnig út bók um þetta efni, *Leitin að uppruna lífs* (2008).

yfir sama hugtak. Þannig hafa ensku orðin *sexual selection* ýmist verið þýdd sem kynjað val og kynval. Í bókinni höfum við leyft höfundum að halda því orðavali sem þeim er tamast, en til að forðast misskilning vekjum við athygli á því ef mismunandi orð eru notuð í þessum tilvikum.

Í bókinni er enska hugtakið *natural selection* annaðhvort þýtt sem náttúrulegt val eða náttúrlegt val. Við höfnum alfarið orðinu *náttúruval* á þeirri forsendu að það hlutgeri um of náttúruna. Ein meginniðurstaða líffræðinnar er sú að náttúrulegt val er vélrænt ferli, þar er enginn gerandi eða ytri valkraftur, heldur er aðeins um að ræða afleiðingu mishraðrar æxlunar vegna breytileika arfbundinna eiginleika.

Í daglegu máli hafa orðin þróun og þroskun mjög áþekka merkingu. Þau þýða yfirleitt jákvæða breytingu á einhverju fyrirbæri yfir eitthvert tímabil, og eru notuð jöfnum höndum. Í líffræði hafa hugtökin mun þrengri merkingu. Þroskun er ferli með upphaf og endi, frá frjóvgun eggis til fullburða einstaklings. Úr hænueggi þroskast kjúklingur. Þróun fjallar um breytingar á samsetningu stofna og breytingar á tegundum vegna náttúrulegs vals og tilviljanakenndra breytinga; líffræðileg þróun er stefnulaust ferli án nokkurra fyrirfram markmiða. Viðfangsefni þróunarfræðinnar er að skilja áhrif þeirra þátta sem valda þróun og hvernig þeir hafa mótað lífverur og vistkerfi á löngum tíma. Til að fyrirbyggja misskilning er rétt að benda á að hugtakið þróunarfræði hefur einnig verið notað sem lýsing á þeirri fræðigrein sem fjallar um þróunarlönd eða þriðja heiminn (*developmental studies*). Í bókinni eru mörg lykilhugtök þróunarfræðinnar og líffræðinnar kynnt og skilgreind. Aftast í bókinni er að finna atriðisorðalista lesendum til hægðarauka.

Bók Darwins vakti miklar deilur þegar hún kom út. Enn þann dag í dag er deilt um þróunarfræðina, en algengast er að slíkar deilur tengist trúarskoðunum. Á síðustu árum hefur einkum borið á gagnrýni á þróunarkenninguna frá sköpunarsinum (*creationists*) í Bandaríkjum Norður-Ameríku, en stór hluti Bandaríkjamanna trúir því að Guð hafi skapað manninn og efast um sannleiksgildi þróunarkenningarinnar.⁶ Gagnrýni sköpunarsinna er ekki byggð á faglegum eða vísindalegum grunni og miðar fyrst og fremst að því að móta skoðanir almennings og þeirra sem sjá um námsskrár sveitarfélaga og fylkja. Hér á landi og í nágrannalöndum okkar hefur borið á aukinni umræðu um hugmyndir sköpunarsinna. Það er full ástæða til að vera vakandi og líta gagnrýnum augum á þann málflutning, þar sem slíkar hugmyndir grafa undan stöðu raunvísinda og þekkingar í

6 Eldredge 2002.

samfélaginu.⁷ Rangtúlkun á þróunarfræði hefur verið notuð til að réttlæta valdbeitingu og leitt til ýmissa hörmunga, og má þar nefna aðskilnaðarstefnu fyrrum stjórnvalda í Suður-Afríku, mannkynbótastefnu nasista og landbúnaðarstefnu Lysenkos í Sovétríkjunum.⁸ Mikilvægt er að átta sig á að þetta eru dæmi um rangtúlkun á staðreyndum en ekki áfellingisdómur um þróunarfræðina.

Rannsóknir á þróun eru raunvísindi. Því hefur verið haldið fram að þróunarkenningin sé ekki prófanleg, því að hún staðhæfi að lífið hafi orðið til einu sinni á jörðinni og að slíkar sögulegar staðhæfingar sé ekki hægt að prófa eða afsanna. Þetta er misskilningur. Þróunarkenning Darwins er samsett úr fjölmörgum prófanlegum tilgátum sem fjalla t.d. um byggingu þróunartrésins, náttúrulegt val, tilurð aðlagana og áhrif annarra krafta. Um ástæður þróunar, byggingu þróunartrésins og breytingar, t.d. í steingervingasögu, má setja fram tilgátur sem hægt er bæði að styðja og hafna. Þróunarkenningin hefur staðist öll próf, og því má tala um hana sem staðreynd.

Þróunarkenningin er einnig hagnýt. Hún gerir okkur kleift að skilja samspil tegunda í ólíkum vistkerfum en einnig meðal einstaklinga innan tegunda. Þróunarfræðileg þekking hefur nýst á ólíka vegu, við náttúruvernd, nýtingu náttúrulegra stofna, við kynbætur og heilsugæslu. Þróunarsaga lífvera hefur gagnast við leit að æskilegum eiginleikum og sameindum sem nýta má bæði í iðnaði og við lyfjaþróun. Þekking á þróunarfræðilegum breytileika og náttúrulegu vali nýtist einnig til að rækta þolin afbrigði nytja-plantna og við að þróa varnir gegn ásælni sýkla. Þannig getur slík þekking nýst til að koma í veg fyrir að lyfjagjöf leiði til hraðrar þróunar veirustofna, t.d. HIV, eða til fjölonæmra bakteríustofna sem er ein mesta heilbrigðisögn Vesturlanda.

Það er von okkar að lesendur þessarar bókar geri sér grein fyrir því að þróunarkenning Darwins er ekki 150 ára gömul tilgáta, heldur lifandi vísindi sem teygir anga sína víða. Þróun hafði átt sér stað í milljarða ára áður en maðurinn kom fram á sjónarsviðið, og þróunin mun halda áfram svo lengi sem líf þrífst á jörðinni. Sem lögmál varðar þróunarkenningin allt líf ekki síður en lögmál Newtons um þyngdarkrafta milli tveggja hluta. Því má telja víst að ef afkomendur okkar finna einhvern tíma líf á annarri plánetu muni það lúta lögmálum Darwins. Ef viti bornar verur á umræddri plánetu hafa öðlast skilning á þróunarkenningunni er líklegast að þær kenni hana við sinn eigin Darwin.

7 Sjá t.d. vefsíðu Evrópusamtaka þróunarfræðinga, <http://www.oew.ac.at/klivv/evolution/>

8 Sjá t.d. inngang Örnólfs Thorlacius að íslenskri þýðingu Guðmundar Guðmundssonar á *Uppruna tegundanna* (Darwin 1859/2004) og Oldroyd (1983).

Við viljum þakka Hinu íslenska bókmenntafélagi, sérstaklega Gunnari Hauki Ingimundarsyni, fyrir gott samstarf og öllum sem styrktu útgáfu bókarinnar. Þorvaldur Kristinsson las handrit bókarinnar yfir af natni og kunnnum við honum bestu þakkir fyrir. Egill Baldursson braut um bókina af stakri þrýði og Bjarni Helgason hannaði kápu af miklu listfengi. Án þeirra væri bókin hrygg- og húðlaus. Þá þökkum við Páli Hersteinssyni góð ráð við ritstjórn og Sigríði Rut Franzdóttur fyrir hjálp við myndirnar. Að endingu viljum við þakka nokkrum ónefndum yfirlesurum sem lásu yfir einstaka kafla eða hluta handritsins. Gallar á verkinu skrifast á reikning ritstjórnanna, en allt það sem vel er gert á höfunda einstakra kafla. Við þökkum þeim öllum gott samstarf, því að án fagmennsku þeirra og ósérhlífni hefði verkið ekki orðið að veruleika.

Reykjavík í ágúst 2010.

*Arnar Pálsson, Bjarni Kristófer Kristjánsson, Hafðís Hanna Ægisdóttir,
Snæbjörn Pálsson, Steindór J. Erlingsson*