

Íslands fornu skógar

Höfundar Friðgeir Grímsson og Leifur A. Símonarson

Nú á dögum fer frekar lítið fyrir náttúrulegum íslenskum skógum og heldur eru þeir snauðir af tegundum, enda bera þeir þess greinileg merki að vaxa á mörkum kuldabeltisins og tempraða beltisins. Einu tegundirnar sem voru hér þegar land byggðist og mynda eiginleg tré eru birki (*Betula pubescens* Ehrh.) og reyniviður (*Sorbus aucuparia* L.). Plöntuleifar úr fornum setlögum landsins sýna okkur þó að á fyrri jarðsögutímum var hér oft og einatt mun lífvænlegra fyrir trjágróður og þá döfnuðu hér tegundaríkir, hávaxnir og fjölbreyttir skógar í töluvert hlýju og röku loftslagi. Í þessari grein verður fjallað um nýjustu rannsóknir á gróðurfarssögu landsins eins og unnt er að rekja hana í íslenskum jarðlögum

eldri en 6 milljón ára, en þau eru frá tertíertímabili. Getið verður helstu fundarstaða plöntusteingervinga frá þessum tíma og þeirra tegunda sem þar finnast, en einnig skyldra núlifandi tegunda. Þá verður fjallað almennt um rannsóknir á gróðurfélögum í íslenskum jarðlögum, ný gögn og rannsóknaraðferðir.

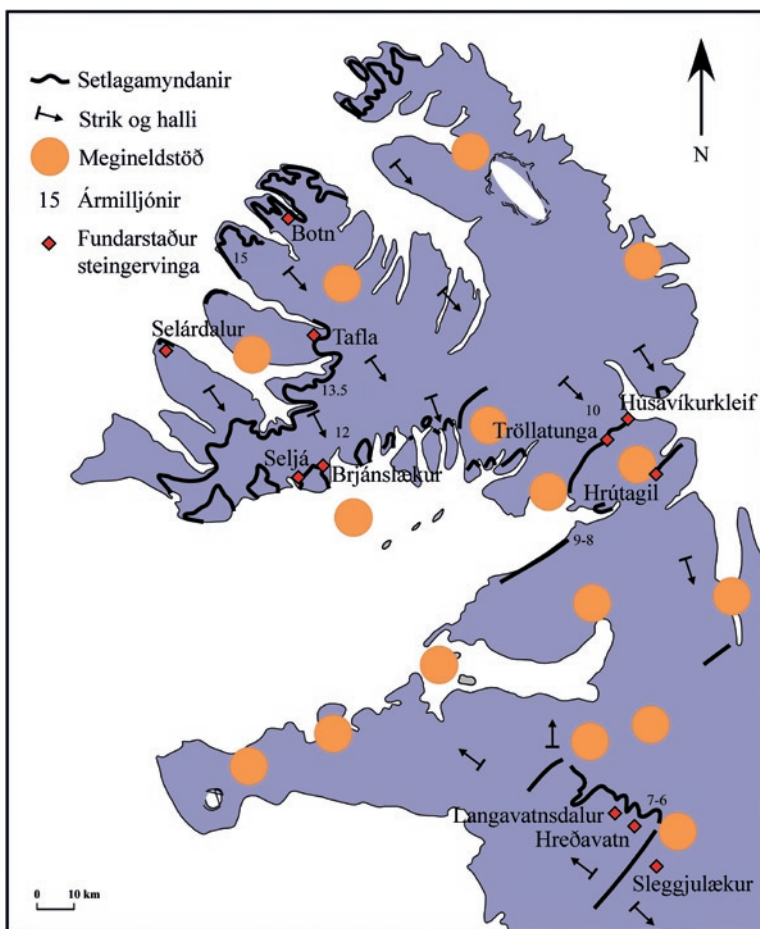
Rannsóknir á plöntuleifum

Rannsóknir á plöntuleifum úr íslenskum jarðlögum má rekja aftur til árána 1750–1760 þegar Eggert Ólafsson (1772) ferðaðist um landið, en hann kom meðal annars í Surtarbrandsgil við Brjánslæk (1. & 2. mynd). Lýsingar hans og túlkningar á steingervingum í gílinu er fyrsta ritaða heimildin um hið forna

gróðurfar landsins. Það var þó ekki fyrr en um það bil hundrað árum síðar að hið mikla tímamótaverk O. Heers (1859; 1868) var gefið út og fyrstu lýsingar á útdauðum plöntutegundum úr íslenskum jarðlögum og hugmyndir um loftslag fyrri tíma komu fram. Hann lýsti meðal annars steingerðum plöntuleifum frá Surtarbrandsgili við Brjánslæk (12 milljón ára), Húsavíkurkleif og Gautshamri (10 milljón ára), Langavatnsdal og Hreðavatni (7–6 milljón ára; 1. mynd). Stuttu seinna lýsti P. Windisch (1886) plöntusteingervingum frá Surtarbrandsgili, Tröllatungu og Húsavíkurkleif (10 milljón ára) og raunar fleiri fundarstöðum. Undir lok nítjándu aldar hóf Þorvaldur Thoroddsen (1896) viðamiklar rannsóknir á íslenskum setlögum, ekki síst surtarbrandslögum landsins.

Í upphafi tuttugustu aldar tók Guðmundur G. Bárðarson við af

1. mynd. Helstu fundarstaðir plöntusteingervinga á Vestfjörðum og Vesturlandi.





2. mynd. Surtarbrandsgil við Brjánslæk í haustlitum.

Þorvaldi og hélt áfram rannsóknum á íslenskum setlögum með plöntuleifum. Guðmundur varð fyrstur til þess að rannsaka Hrutagil í Mókollsdal í Strandasýslu (9–8 milljón ára) og sendi hann nokkra steingervinga þaðan til A. G. Nathorst í Svíþjóð (1. & 3. mynd). Nathorst fann þar tvær beykitegundir, *Fagus antipofii* Heer og *Fagus macrophylla* Unger (Guðmundur G. Bárðarson 1918). Um miðbik tuttugustu aldar fór áhugi fræðimanna vaxandi á fornum gróðurfélögum landsins. B. Lindquist (1947) lýsti þá steingerðum birkiblöðum frá Hreðavatni og Jóhannes Áskelsson (1946a, 1957) birti um þetta leyti röð greina þar sem hann lýsti steingervingum frá Þórishlíðarfjalli í Selárdal í Arnarfirði (15 milljón ára; 1. mynd) (Jóhannes Áskelsson 1946a; 1957) og Surtarbrandsgili við Brjánslæk (Jóhannes Áskelsson 1946b; 1954; 1956). Jóhannes varð fyrstur til þess að rannsaka frjókorn úr setlögum á Íslandi (Jóhannes Áskelsson 1938a, 1938b, 1946b), en margir fylgdu í kjölfarið og töldu smásæja flóru surtarbrandslaganna áhugaverða. Árið 1956 birti H. D. Pflug grein um frjókorn og gró úr setlögum við Tröllatungu og

þremur árum síðar birti hann yfirlit yfir smásæja fornflóru landsins (Pflug 1959). Var það byggt á rannsóknum hans á smásæjum plöntuleifum frá Botni í Súgandafirði (15 milljón ára), Surtarbrandsgili við Brjánslæk, Tröllatungu og Húsavíkurkleif í Steingrímsfirði, Tindum á Skarðsströnd (9–8 milljón ára) og Hreðavatni og Stafholti í Borgarfirði (7–6 milljón ára). Um svipað leyti lýsti M. Schwarzbach (1956) setlögum og birti frjólísta frá Hreðavatni samkvæmt greiningum Pflug. Nokkrum árum síðar lýsti S. Manum (1962) frjókornum frá Surtarbrandsgili við Brjánslæk og Tröllatungu í Steingrímsfirði. Um svipað leyti vann W. L. Friedrich (1966) að rannsóknum sem tók til allra þátta plöntuleifanna í Surtarbrandsgili við Brjánslæk og varð hann fyrstur til þess að birta heildarverk um ákveðið plöntufélag úr íslenskum jarðlögum. Hann lýsti einnig varðveisluháttum plantna í íslenskum hraunlögum (Friedrich 1968). Síðar birti hann ásamt Leifi A. Símonarsyni (1976; 1982; 1983) röð greina m.a. um steingerð laufblöð og hlynaldin frá Surtarbrandsgili við Brjánslæk, Tröllatungu við Steingrímsfjörð, Hrutagili í Mókollsdal og Húsavíkurkleif.



3. mynd. Hrútagil í Mókollsdal. Steingervingar eru í setlögum á miðri mynd.

kollsdal og úr setlögum í nágrenni Hreðavatns. Þeir félagar lýstu einnig öðrum plöntu- og dýraleifum frá Hrútagili í Mókollsdal (Friedrich o.fl. 1972). Leifur (1988; 1991) birti stuttu síðar greinar um ákveðnar tegundir úr setlögum í Botni í Súgandafirði (4. mynd) og Tröllatungu við Steingrímsfjörð og fjallaði um gróðurfélög í Dufansdals-Ketilsseyrar setlagamyndun (13,5 milljón ára) ásamt samstarfsmönnum sínum (Leifur A. Símonarson o.fl. 2000; 2002).

Fyrsta yfirlitsverkið um gróðurfarsbreytingar sem rekja má í íslenskum jarðlögum var birt á rússnesku árið 1978, en það byggði á gögnum rússneskra jarðvísindamanna sem skiptu jarðlagastafla landsins niður í fjölda jarðlagaeininga eftir breytingum á frjóinnihaldi (Akhmetiev o.fl. 1978). Einnig var fjallað um stærri plöntuleifar í rannsóknum Rússa, en þeim var ekki lýst nánar þó af þeim birtust myndir. Rússar héldu áfram rannsóknum á íslenskum plöntusteingervingum og I. N. Sveshnikova (1984) lýsti nýrri ættkvísl og barrviðartegund frá Surtarbrandsgili við Brjánslæk. Nokkrum árum síðar birti N. I. Blokhina (1992) grein um steingerða viðardrumba, meðal annars frá Tröllatungu og Mókollsdal.

Í lok síðustu aldar hóf Friðgeir Grímsson rannsóknir á fornum íslenskum gróðurfélögum og hef-

ur birt ásamt samstarfsmönnum sínum allmargar greinar um landsins forna gróður (Denk o.fl. 2005; Friðgeir Grímsson & Denk 2005, 2007; Friðgeir Grímsson & Leifur A. Símonarson 2006; Friðgeir Grímsson o.fl. 2005, 2007a, 2007b, 2008).

Þetta stutta, sögulega yfirlit rannsókna á plöntuleifum úr íslenskum jarðlögum nær einungis yfir rannsóknir þar sem fjallað hefur verið um stærri og smærri plöntuleifar, þeim verið lýst að einhverju leyti og myndir eða teikningar af plöntunum fylgt með. Ýmsir höfundar hafa birt greinar þar sem fjallað hafa verið um fornan íslenskan gróður án þess að þeir hafi sjálfir rannsakað hann. Slíkar greinar eru ekki tíundaðar hér.

Nýjar aðferðir og hugmyndir

Alloft hafa fræðimenn, sem unnið hafa að rannsóknum á plöntuleifum úr íslenskum jarðlögum, aðeins haft undir höndum eitt eða sárafá eintök af hverri tegund (sjá t.d. Jóhannes Áskelsson 1954, 1957) og því hefur oft vantað formfræðilegan breytileika í tegundalýsingar. Þetta hefur á stundum orðið til þess að ákveðnir tegundir sem einkennast af miklum formfræðilegum breytileika hefur verið lýst sem tveimur eða jafnvel fleiri tegundum. Í þessu sambandi nægir

að nefna að oft er allverulegur munur á stærð og formi laufblaða á sama tré eftir því hvort blöðin eru sífellt í mikilli sól eða langvarandi skugga. Undanfarin ár hefur verið safnað eins mörgum eintökum af hverri tegund eins og mögulegt er og formfræðilegur breytileiki innan hversrar tegundar mældur og metinn og síðan hefur verið farið yfir eldri greiningar og þær stundum leiðréttar (Friðgeir Grímsson & Denk 2005, Friðgeir Grímsson o.fl. 2007b).

Löngum hefur því verið haldið fram að íslensk tertíerflóra sé skyldust núlifandi gróðurfélögum í austurhluta Norður-Ameríku og íslensk tertíerflóra eigi uppruna sinn að rekja til lauf- og barrskóga á þessu svæði (Friedrich 1966, Þorleifur Einarsson 1968). Þessi niðurstaða fékkst með því að bera íslenskan tertíergróður saman við núlifandi tegundir og þá bárust böndin mjög að skóglendi í austurhluta Norður-Ameríku. Ef íslenskir plöntusteingervingar frá tertíertímabili eru einnig bornir saman við útdauðar tegundir frá Norður-Ameríku, Evrópu og Asíu virðast allmargar útdauðar tegundir í íslenskum jarðlögum einungis þekktar úr jarðlögum í Evrópu og Asíu (Friðgeir Grímsson & Denk 2007). Það virðist því ljóst að íslensk tertíerflóra er einnig skyld núlifandi plöntufélögum í austurhluta Evrópu og vesturhluta Asíu svo og Austur-Asíu og rekur því að einhverju leyti uppruna sinn austur á bóginn (Denk o.fl. 2005, Friðgeir Grímsson o.fl. 2007b). Plöntur hafa því numið land bæði úr vestri, frá Norður-Ameríku og Grænlandi, og úr austri frá Evrópu og Asíu.

Ekki er vitað með vissu hvenær Ísland varð eyja. Með rannsóknum á því hvenær tegundir koma inn í íslensk jarðlög og hvenær þær síðan hverfa, ásamt rannsóknum á dreifiháttum einstaka tegunda má fá nokkra hugmynd um einangrun landsins. Miklu máli skiptir hvort aldin og fræ dreifast með hjálp vinda, vatns, fugla eða spendýra. Stór aldin sem berast með landspendýrum benda til þess að viðkomandi tegund gæti ekki hafa dreifst yfir víðáttumikið hafsvæði. Plöntutegundir úr eldri jarðlögum landsins, sem dreifast með hjálp spendýra, benda til þess að á tertíertímabili hafi Ísland verið mun nær nágrannalöndum í vestri og austri en það er nú. Fjölgun tegunda sem berast langar leiðir með vindi og fuglum í yngri jarðlögum endurspeglar síaukna einangrun landsins í Norður-Atlantshafi (Friðgeir Grímsson & Denk 2007).

Með því að kanna landfræðilega útbreiðslu núlifandi tegunda, sem skyldastar eru íslensku tertíer-

plöntunum, ásamt yfirliti yfir það loftslag, hitastig og úrkomu sem þær þrífast við má geta sér til um þær umhverfisaðstæður sem plöntufélög landsins lifðu við á mismunandi jarðsögutímum. Þannig má rekja þróun og breytingar á loftslagi landsins á tertíertímabili.

Rannsóknir síðustu ára hafa aðallega beinst að stærri plöntuleifum, þ.e. greinum, laufblöðum, barrnálum, könglum, köngulblöðum, aldinum og fræjum. Niðurstöður og túlkanir sem birtar hafa verið byggja að mestu á greiningum á þessum plöntuhlutum. Því má gera ráð fyrir að allnokkuð vanti upp á að tegundalisti íslensks tertíergróðurs sé fullkominn þar sem stórir plöntuhlutar varðveitast frekar sjaldan í jarðlögum og víst er að einungis þær tegundir sem vaxa næst setdæld (t.d. stöðuvatni) berast út í hana og varðveitast. Tegundir sem lifa á fjarlægari svæðum vantar því oft í þau setlög sem söfnuðust fyrir í setdældinni. Vissulega geta leifar þessara plöntutegunda borist út í setdældirnar með straumvötnum og vindum en þá eru leifarnar oft tætingslegar og illgreinalegar. Til þess að fylla upp í hluta af þeirri eyðu sem víst er til staðar er hafin ítarleg rannsókn á frjókornum og gróum úr fornum setlögum landsins. Eldri rannsóknir á smásæjum gróðurleifum úr íslenskum jarðlögum hafa allar farið fram í smásjá með gegnumfallandi ljósi (t.d. Jóhannes Áskelsson 1946b, Manum 1962). Við þær aðstæður er stækkun frekar lítil og yfirborðseinkenni oftast illgreinanleg (5. mynd). Við þannig aðstæður er erfitt að greina einstaka frjó eða gró til ættar, ættkvíslar eða tegundar. Nú er hugmyndin að nota bæði smásjá með gegnumfallandi ljósi svo og rafeindasmásjá. Rafeindasmásjá gefur möguleika á mikilli stækkun og í henni má sjá öll smáatriði á yfirborði frjóa og gróa (5. mynd). Þetta auðveldar til muna greiningu kornanna og þar með tegundagreiningu. Samræmdar niðurstöður frjó- og grórannsóknar og rannsókna á stærri plöntuleifum ætti að geta gefið okkur áreiðanlegri tegundagreiningu og trúverðugra yfirlit yfir samsetningu gróðurfélaga frá mismunandi tímum á tertíertímabili.

Elstu íslensku plöntufélögin

Elstu plöntusteingervingar á Íslandi eru í setlögum á Vestfjörðum. Setlögin eru að mestu úr sandsteini og siltsteini og eru þau elstu um 15 milljón ára gömul. Aldur þeirra er reiknaður út frá aldri nærliggjandi hraunlaga sem hafa verið aldursgreind með geisla-



4. mynd. Kolanáman í Botni í Súgandafirði. Plöntusteingervíngum safnað úr setlögum við námuopið.

virikum samsætum og með aðstoð segultímatafs (Moorbath o.fl. 1968, Leó Kristjánsson o.fl. 1975, 2003, McDougall o.fl. 1984, Björn S. Harðarson o.fl. 1997). Setlögin má rekja eftir ystu nesjum Vestfjarða og eru þau víða aðgengileg, meðal annars í Selárdal í Arnarfirði (6. mynd), Ófæruvík í Dýrafirði, Botni í Súgandafirði, Breiðhillu og Gili í Bolungarvík (1.

mynd). Þó að setlög séu aðgengileg á mun fleiri stöðum er sjaldgæft að finna þar greinanlegar plöntuleifar eins og laufblöð, aldin og fræ. Víða finnst þó surtarbrandur myndaður úr samblandi af niðurbrotnum gróðurleifum og rofefnum úr nærliggjandi bergi. Í brandinum má oft finna frjókorn og gró sem flest eru vel greinanleg til ættkvísla og jafnvel tegunda, og þar eru víða samanpressaðir viðardrumbar sem hafa ekki verið nema lítilla rannsakaðir.

Þórishlíðarfjall í Selárdal í Arnarfirði (1. & 6. mynd) er líklega þekktasti staður með plöntuleifum úr elstu setlögum landsins og gefa þær allgóða vitneskju um gróðurfar og loftslag hér á landi fyrir um 15 milljónum ára. Stærri plöntusteingervíngar (störgervíngar) frá Selárdal eru að langmestum hluta (yfir 95%) leifar lauftrjáa. Frá Selárdal hefur verið lýst blöðum arnarbeykis (*Fagus friedrichii* Grímsson & Denk; 7. mynd), arnarlindar (*Tilia selardalense* Grímsson, Denk & Símonarson), kastaníu (*Aesculus* sp.), hjartatrés (*Cercidiphyllum* sp.), álms



5. mynd. Frjókorn atlantsfjórmiðju úr setlögum í Botni í Súgandafirði. Myndin er tekin með rafeindasmásjá. Mælikvarði er 1 μ m. Litla myndin í horninu er sama frjókorn myndað í gegnumfallandi ljósi í venjulegri smásjá (mælikvarði á ekki við).



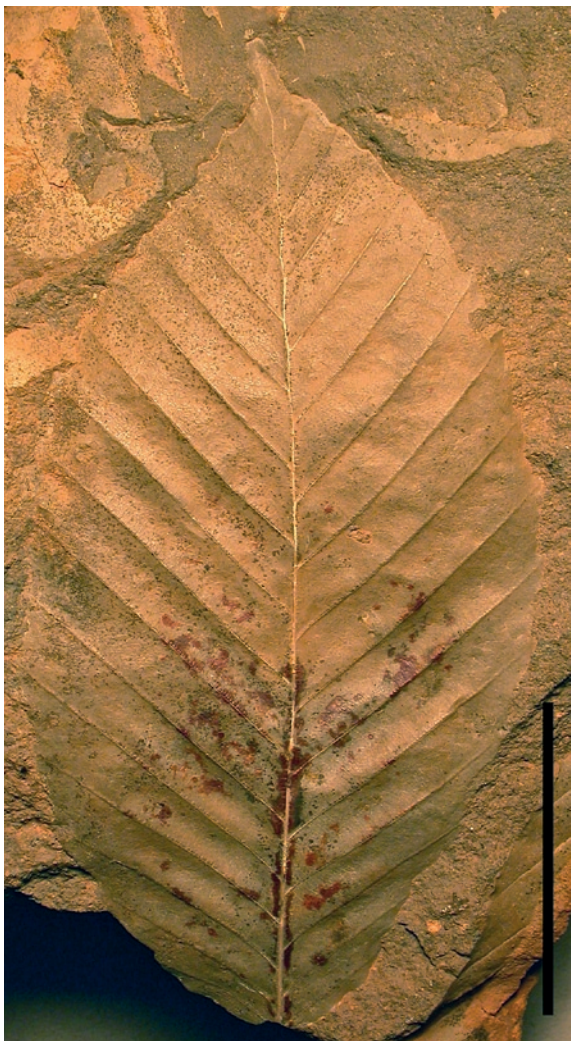
6. mynd. Pórishlíðarfjall í Selárdal í Arnarfirði. Við fjallsræturnar sést Uppsalabær Gísla bónda.

(*Ulmus* sp.), hvítplatanviðar (*Platanus leucophylla* (Unger) Knobloch), magnólíu (*Magnolia* sp.), róslyngs (*Rhododendron* sp.) og topps (*Lonicera* sp.), svo og barrnálum grenis (*Picea* sp.) (sjá Friðgeir Grímsson o.fl. 2007a, 2007b). Í setlögum við kolanámuna í Botni í Súgandafirði (1. & 4. mynd) ber hins vegar langmest á leifum barrtrjáa (yfir 90%) en þau eru af sama aldri og setlögin í Selárdal. Frá Botni er búið að greina barrnalar og köngla evrópuvatnafuru (*Glyptostrobus europaeus* (Brongn.) Unger; 8. mynd) og fornrauðviðar (*Sequoia abietina* (Brongn.) Knobl.), en þessar tvær tegundir eru algengastar í setlögnum. Að auki hefur fundist þar nokkuð af aldinum arnarbeykis (Friðgeir Grímsson & Leifur A. Símonarson 2006).

Plöntusteingervingar frá Selárdal og Botni benda til þess að fyrir um 15 milljónum ára hafi þrífist hér á landi víðáttumiklir laufskógar blandaðir barrtrjám og þeir þakið efri hluta láglendis og teygt sig hér og þar upp á mun hálendari svæði (Friðgeir Grímsson o.fl. 2007a, 2007b). Arnarbeyki (7. mynd) virðist hafa verið ríkjandi tegund í þessum skógum, en arnarlind, álmur, hjartatré, hvítplatanviður, kastanía, róslyng, magnólía og toppur voru einnig áberandi. Á láglendissvæðum blandaðist laufskógurinn barr-

skógarflákum, þar sem fornrauðviður var áberandi (frekar þurr svæði), og einnig barrfenjaskógum þar sem evrópuvatnafura (8. mynd) var allsráðandi (grunnvatn stóð hátt).

Tegundir sem þrífust hér á landi fyrir um 15 milljónum ára eru nú útdauðar en sambærilegar og náskyldar tegundir lifa nú á suðlægari breiddargráðum, í heittempruðum og tempruðum lauf- og barrskógum á vesturströnd og í austurhluta Norður-Ameríku (Maycock 1994), austurhluta Evrópu og vesturhluta Asíu, við norðan- og austanvert Svartahaf og sunnanvert Kaspíhaf (Zohary 1973), og í Austur-Asíu, á Japanseyjum og í Mið- og Austur-Kína (Wang 1961). Sem dæmi um barrtré má nefna að eina núlifandi tegundin sem er skyld hinni útdauðu evrópuvatnafuru (7. mynd) er hin eiginlega vatnafura (*Glyptostrobus pensilis* (Staunton) K. Koch), en í dag vex þessi planta einvörðungu í heittempruðu loftslagi Suðaustur-Kína (frá Fujian héraði til Yunna) og Suður-Víetnam. Svipaða sögu er að segja af fornrauðviði, einungis er til ein núlifandi tegund náskyld honum og það er sjálfur rauðviðurinn (*Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl.), oft nefndur strandrauðviður eða kalífornírauðviður. Núlifandi rauðviður vex á mjög afmörkuðu svæði meðfram



7. mynd. Arnarbeykiblað úr setlögum Þórishlíðarfjalls í Selárdal í Arnarfirði. Mælikvarði er 5 cm.

(Friedrich 1966, Friedrich & Leifur A. Símonarson 1982, McDougall o.fl. 1984, Berggren 1995). Þó svo að setlög frá þessum tíma séu aðgengilega á all-nokkrum stöðum eru aðeins tveir vel þekktir fundarstaðir steingervinga, en það eru Surtarbrandsgil við Brjánslæk (1. & 2. mynd) og Seljá í Vaðalsdal (1 & 9. mynd). Þó að stutt sé á milli þessara tveggja fundarstaða og setlögin á báðum stöðum mynduð á sama tíma er nokkur munur á tegundasamsetningu gróðurfélaganna og hvernig einstaka plöntuhlutar hafa varðveist (Friðgeir Grímsson 2007b).

Plöntuleifarnar frá Seljá eru að mestu selvíðisblöð (*Salix gruberi* Denk, Grímsson & Kvacek), asparblöð (*Populus* sp.) og blöð fornleis (*Alnus cecropiifolia* (Ettingshausen) Berger). Blöð, stöngulhlutar og jarðstönglar reysr (*Phragmites* sp.) og elftingar (*Equisetum* sp.) eru einnig algeng í þessum setlögum. Einnig eru þar fáein laufblöð íslandshlýns (*Acer crenatifolium* Ettingshausen ssp. *islandicum* (Heer) Denk, Grímsson & Kvacek) og smáblöð vænghnotu (*Pterocarya* sp.). Töluvert er af kvenreklum forn-evrópuelis (*Alnus* cf. *kefersteinii* (Goepp.) Goepp.), laufblöðum íslandsbirkis (*Betula islandica* Denk, Grímsson & Kvacek), rekilhlífum agnbeykis (*Carpinus* sp.), laufblöðum heslis (*Corylus* sp.), fræjum magnólíu (*Magnolia* sp.), laufblöðum og aldinum af rósaætt (Rosaceae gen. et spec. indet) og kvenreklum aspar (*Populus* sp.). Plöntuleifarnar frá Seljá endurspeglar staðbundinn láglendisgróður sem þrífst í óstöðugu votlendisumhverfi (Grímsson 2007b) og setlögin við Seljá og steingervingarnir benda til þess að á svæðinu hafi verið víðáttumikið straumvatnakerfi með skóglendi meðfram árbökkum og lækjum fyrir 12 milljónum ára. Þetta skóglendi var frekar tegundasnautt en hver einstök tegund var þó nokkuð útbreidd á svæðinu. Plöntuleifar úr setlögum í Surtarbrandsgili (10 & 11. mynd) við Brjánslæk eru mjög fjölbreytilegar og er þegar búið að bera kennsl á yfir 35 mismunandi tegundir plantna út frá stærri leifum eins og blöðum, aldinum, fræjum og stöngulbrotum (Friedrich 1966, Denk o.fl. 2005, Friðgeir Grímsson 2007b).

Í Surtarbrandsgili við Brjánslæk hafa fundist nokkrar sömu plöntutegundir og við Seljá þó svo að það sé ekki alltaf um að ræða sömu plöntuhluta, t.d. blaðleifar af viðkomandi tegund í Surtarbrandsgili

Kyrrahafsströnd Bandaríkjanna, á 750 km löngu og 8–75 km breiðu strandsvæði í mið-vestur Kaliforníu (Thompson o.fl. 2000). Þá var líkt á komið með lautré, sem hér lifðu um þetta leyti, og af ættkvísl hjartatrjáa eru t.d. aðeins tvær núlifandi tegundir, japanshjartatré (*Cercidiphyllum japonicum* Siebold & Zuccarini) og fjallhjartatré (*Cercidiphyllum magnificum* (Nakai) Nakai). Fyrirnefnda tegundin er algeng í Suðaustur-Kína, á Kóreuskaga og Japanseyjum, hin síðarnefnda er staðbundin á japönsku eyjunni Honsu og þrífst þar í fjallendi ofan við kjörsvæði japanshjartatrés.

Tegundarík tertíerflóra í Surtarbrandsgili

Leifar tegundaríkustu skóga, sem fundist hafa hér á landi, eru í 12 milljón ára gömlum setlögum í Surtarbrandsgili við Brjánslæk á Barðaströnd



en ef til vill aldin við Seljá. Flestar tegundir sem lýst hefur verið úr Surtarbrandsgili hafa ekki fundist í öðrum íslenskum setlögum þar með töldum lögunum við Seljá. Algengustu plöntuleifar í Surtarbrandsgili eru fornleirblöð og blöð íslandsbirkis svo laufblöð og aldin íslandshlyns. Einnig eru blaðleifar surtar-elris (*Alnus gaudinii* (Heer) Knobloch & Kvacek), magnóliu (12. mynd) og fornanganviðar (*Sassafras ferrettianum* Mass.; 13. mynd) algengar og blöð af tegundum sem tilheyra ættkvíslum af rósaætt (Friðgeir Grímsson 2007b). Aðrar gerðir síður algengar, eru laufblöð og aldin forntúlípanatrés (*Liri-*

8. mynd. Köngull evrópuvatnafuru úr setlögum í Botni í Súgandafirði. Mælikvarði er 1 cm.

odendron procaccinii Unger; 14. mynd), laufblöð topps (*Lonicera* sp.), agnbeykis, heslis, vallhnotutrés (*Juglans* sp.) og laufblöð af tegundum tilheyrandi lárviðarætt (*Laurophyllum* sp.). Þá má nefna klifurþyrni (*Smilax* sp.), fornsætblöðku (*Comptonia hesperia* Berry; 15. mynd), tvær aðrar blaðagerðir tegunda af rósaætt, svo og selvíðir og álm (*Ulmus* cf. *pyramidalis* Goepp.) ásamt laufblöðum og aldinum vænghlyns (*Acer askelssonii* Friedrich & Símonarson). Reyrbloð eru mjög sjaldgæf í setlögum í Surtarbrandsgili. Leifar barrtrjáa eru nokkuð algengar og áberandi eru nálóttir greinarbútar fornjapansrauðviðar (*Cryptomeria anglica* Boulter; 16. mynd), svo og greinar, nálar, könglar og fræ af greni (*Picea* sect. *Picea* sp.). Einnig er nokkuð um greinar, nálar, köngulblöð og fræ af barðþin (*Abies steenstrupiana* (Heer) Friedrich).

Flestar plöntutegundir sem mynduðu skóga landsins fyrir 12 milljónum ára eru útdauðar og skyldustu núlifandi tegundirnar þrífast á suðlægar breiddargráðum í heittempruðum og tempruðum lauf- og barrskógum. Meðal barrtrjáa má nefna fornjapansrauðvið (16. mynd), en hann er nú útdauður og af þessari rauðviðarættkvísl lifir nú aðeins ein tegund, japansrauðviðurinn (*Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don.) á Japanseyjum. Meðal lauftrjáa er fornanganviður (13. mynd) gott dæmi, en nú eru aðeins til þrjár tegundir lifandi. Vestanganviður (*Sassafras albidium* (Nuttall) Nees, vex í skóglendi í austurhluta Norður-Ameríku frá sunnanverðu Ontaríófylki í Kanada suður í miðhluta Flórída og í vesturátt að suðurhluta Iowa og austurhluta Texas (Thompson o.fl. 2000). Kínanganviður (*Sassafras tzumu* (Hemsl.) Hemsl. vex einungis í skóglendi Mið- og Suðvestur-Kína og taiwanganviður (*Sassafras randaiense* (Hayata) Rehd.) er staðbundinn á Taiwan. Önnur áberandi tegund er fornsætblaðka, en nú er aðeins lifandi ein tegund sætblöðkuættar, hin eiginlega sætblaðka (*Comptonia peregrina* (L.) J. M. Coulter). Sætblaðkan er lágvaxið tré eða runni sem vex í skóglendi í austurhluta Norður-Ameríku.

Plöntufélögin breytast

Þegar bornar eru saman þær plöntutegundir sem finnast í 10 milljón ára gömlum setlögum og tegundir úr eldri lögum, 15 og 12 milljón ára göml-



9. mynd. Horft inn eftir Vaðalsdal á Barðaströnd. Seljá er fyrir miðri mynd. Þar hafa fundist plöntuleifar af sama aldri og steingervingarnir í Surtarbrandsgili við Brjánslæk.



10. mynd. Setlög í Surtarbrandsgili við Brjánslæk. Innskot hefur troðist inn á milli setlaganna fyrir miðri mynd.



11. mynd. Nærmynd af setlögum í Surtarbrandsgili. Setlögin eru ljós á lit og lagþynnót, en ljósi liturinn stafar af kísilþörungum í setinu.

um, má sjá nokkrar breytingar. Allmargar tegundir sem voru algengar í setlögum í Selárdal í Arnarfirði, Botni í Súgandafirði, við Seljá og í Surtarbrandsgili við Brjánslæk eru horfnar og nýjar eða áður lítt áberandi tegundir orðnar algengar. Setlög af þessum aldri eru aðgengileg umhverfis Steingrímsfjörð og má rekja þau yfir Tröllatunguheiði og suður að Króksfirði. Þekktustu staðir með plöntuleifum frá þessum tíma eru við Tröllatungu og í Húsavíkurkleif (1. mynd).

Við Tröllatungu eru laufblöð íslandshlyns og róslyngs (17. mynd) algengust og smávaxin laufblöð bjöllulyngs (*Vaccinium* sp.) og sortulyngs (*Arctostaphylos* sp.) koma þar fyrst inn í jarðsögu landsins. Leifar barrtrjáa eru einnig algengar og má þar nefna fornrauðvið, greni, lerki (*Larix* sp.), furu (*Pinus* sp.) og dögglingarvið (*Pseudotsuga* sp.). Einnig hefur fundist allmikið af laufblöðum vænghnotu, klifurþyrnis, fornleis (18. mynd), fornevrópuelris, vænghlyns og vatnabirkis (*Betula cristata* Lindquist emend. Denk, Grímsson & Kvacek) ásamt blöðum af tegundum tilheyrandi rósaætt. Blaðleifarnar við Tröllatungu tilheyra að mestu tegundum af valhnotuætt (*Juglandaceae*), bjarkarætt (*Betulaceae*), sápubersætt (*Sapindaceae*) og rósaætt (Denk o.fl. 2005, Friðgeir Grímsson & Denk 2007).

Í Húsavíkurkleif (19. mynd) hafa fundist mun færri tegundir en við Tröllatungu, en þar ber mest á laufblöðum selvíðis, vænghnotu og fornleis. Einnig eru leifar fornkóngaburkna (*Osmunda parshlugiana* (Unger) Andreánszky) þar í allmiklu magni og hér er

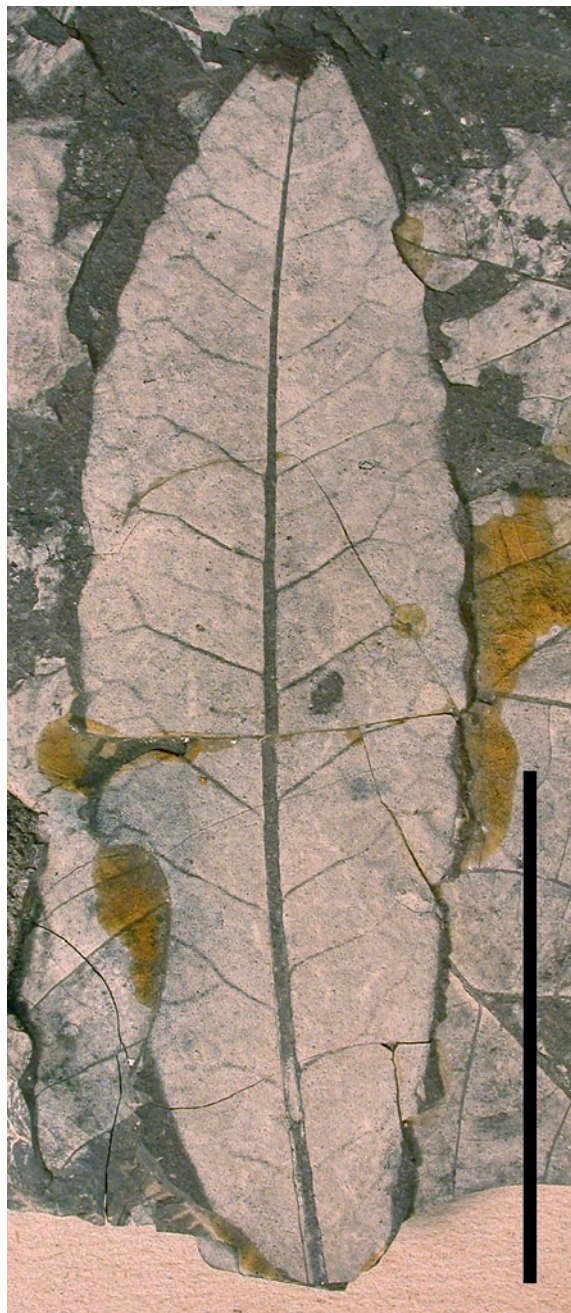
Þessi tegund hvað algengust í íslenskum jarðlögum (Denk o.fl. 2005).

Plöntuleifar í setlögum frá þessum tíma gefa allgóðar upplýsingar bæði um gróðursamsetningu á láglendissvæðum og nærliggjandi hálendi. Setlög- in í Húsavíkurkleif virðast hafa myndast á frekar láglendu votlendissvæði, en þau í nágrenni Tröllatungu og lengra í suðvestri endurspeglar þurrara og hálendara svæði svo og meiri nálægð við megineldstöð. Plöntusteingervingar sýna að á þessum tíma, fyrir um 10 milljónum ára, óx enn heittempruð eða frekar tempruð flóra á Íslandi, sem einkenndist af blönduðum lauf- og barrskógi. Tegundasamsetning og hvarf kulvísra tegunda benda til þess að loftslag hafi kólnað jafnt og þétt frá því fyrir 12 milljónum ára og gróðurfélögin fengið á sig meira temprað útlit. Plöntuleifar og setlög sýna að selvíðir, fornleirir, vatnabirki og vænghnota uxu meðfram ám og lækjum. Aðrar harðviðartegundir urðu meira áberandi er fjær dró rökum láglendissvæðum þar sem jarðvegurinn varð þurrari, má þar nefna fleiri tegundir valhnotuættar, íslandshlyn, vænghlyn og róslyng (Denk o.fl. 2005, Friðgeir Grímsson 2007b, Friðgeir Grímsson & Denk 2007).

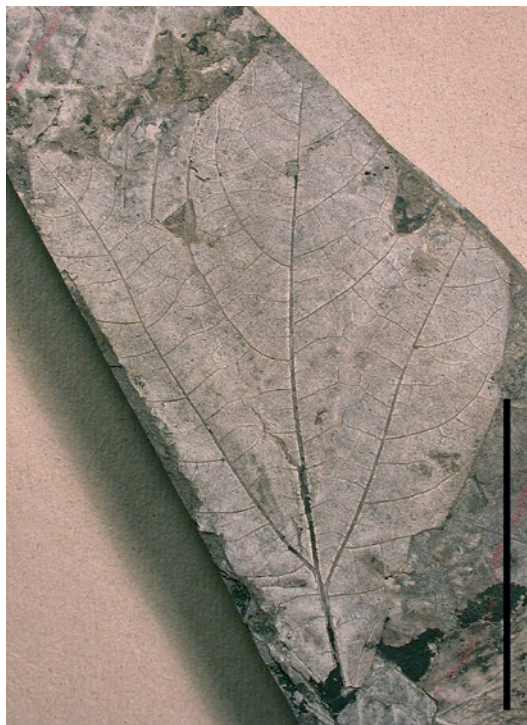
Dögglingsviður er ein athyglisverðasta tegundin sem hefur fundist í setlögum frá þessum tíma. Fimm núlifandi tegundir hafa fundist af dögglingsviði, tvær í vesturhluta Ameríku, risadögglingsviður (*Pseudotsuga macrocarpa* (Vasey) Mayr) sem vex á afmörkuðu svæði meðfram suðurströnd Kaliforníu (Thompson o.fl. 2000) og ameríkudögglingsviður (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) algengur í suðvestur Kanada og vesturhluta Bandaríkjanna og áfram suður til Mexíkóborgar (Thompson o.fl. 2000). Í Suðaustur-Asíu eru þrjár tegundir, kínadögglingsviður (*Pseudotsuga sinensis* Dode) algengur í Mið- og Suður Kína, japansdögglingsviður (*Pseudotsuga japonica* (Shirasawa) Beissner) staðbundinn á Japanseyjum og loks taiwandögglingsviður (*Pseudotsuga wilsoniana* Hayata) staðbundinn á Taiwan.

Aðlögun að kólnandi loftslagi

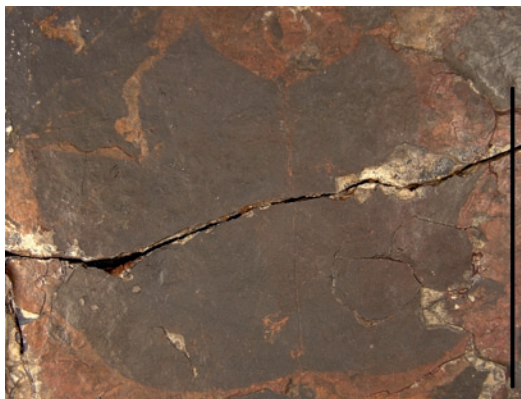
Þegar líður á tertíertímabil fór kulvísun tegundum fækkandi á Íslandi og tempraðar tegundir urðu meira áberandi. Í 9 til 8 milljón ára gömlum setlög-



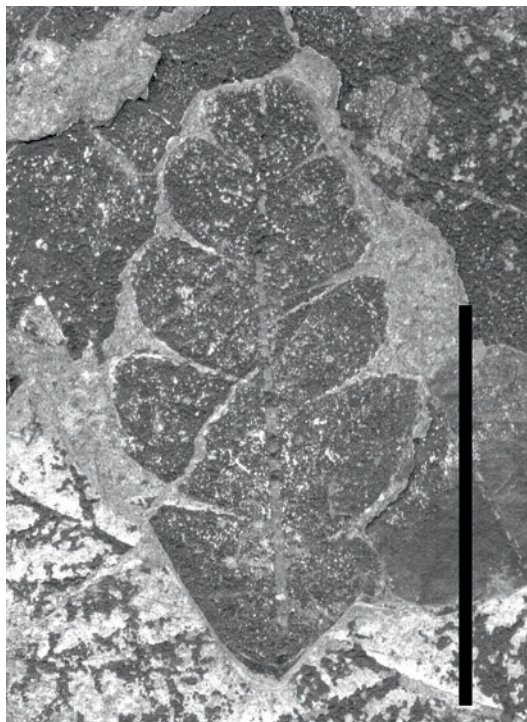
um við Kollafjörð í Strandasýslu, í Mókollsdal, Gilsfirði og út með Skarðsströnd hefur fundist þó nokkuð af plöntusteingervingum. Þekktasti staðurinn er án efa Hrótagil í Mókollsdal (1. mynd), en þar hafa einnig fundist vel varðveittar skordýraleifar (Heie & Friedrich 1971, Friedrich o.fl. 1972). Setlögin í Hrótagili eru allt að 130 m þykk og virðast hafa sest til í sigdæld sem myndaðist í tengslum við megineldstöð á svæðinu. Athyglisvert er að hrútabeyki



13. mynd. Fornanganviðarblað úr Surtarbrandsgili við Brjánslæk. Mælikvarði er 5 cm.



14. mynd. Laufblað forntúlípantrés úr Surtarbrandsgili við Brjánslæk. Mælikvarði er 5 cm.



15. mynd. Laufblað fornsætublöðku úr Surtarbrandsgili við Brjánslæk. Mælikvarði er 2 cm.



16. mynd. Nálótt grein af fornjapansrauðviði úr Surtarbrandsgili við Brjánslæk. Mælikvarði er 2 cm.



17. mynd. Róslýngsblað úr setlögum við Tröllatungu í Steingrímsfirði. Mælikvarði er 5 cm.

(*Fagus gussonii* Massalongo emend. Knobloch & Velitzelos; 20. mynd) er algengasta tegundin í þessum setlögum (Friðgeir Grímsson & Leifur A. Símonarson 2006). Hrutabeyki er hins vegar óþekkt úr eldri jarðlögum á Íslandi, en virðist algengt í síðmíósen setlögum Suður-Evrópu. Algengustu leifar barrtrjáa í þessum lögum tilheyra greni og töluvert er um laufblöð og aldin lauftrjáa, einkum hrútabeykis, vænghlyns og vænghnotu (21. & 22. mynd), en álmur er minna áberandi. Þá hafa fundist í lögnum blaðleifar fornleis, agnbeykis, aspar, selvíðis, topps, tegunda af valhnotuætt, svo og laufblöð, rekilhlífir og fræ af vatnabirki.

Plöntufélögin eru mismunandi eftir fundarstöðum, en í flestum tilvikum var um að ræða sumargræna laufskóga sem uxu í tempruðu loftslagi. Á einstaka stöðum hafa fundist plöntufélög sem benda til skóglendis þar sem barrtré voru meira áberandi.

Tegundir úr 9-8 milljón ára gömlum íslenskum setlögum eru eins og tegundir úr eldri setlögum landsins skildar núlifandi tegundum sem flestar þrífast mun sunnar á hnettinum, í heittempruðu eða tempruðu loftslagi. Sem dæmi má nefna hrútabeyki (20. mynd) sem er náskylt skógarbeyki (*Fagus sylvatica* L.) og langbeyki (*Fagus longipetiolata* Seem.). Skógarbeyki er oft kallað evrópubeyki þar sem tegundin hefur víðáttumikla dreifingu í Evrópu og nær frá Suður-Skandinavíu í norðri, til Spánnar, Ítalíu, Grikklands og Tyrklands í suðri. Tegundin nær einnig lengra í austur til Asíu og vex m.a. í Íran. Langbeykið vex einvörðungu í Suðaustur-Asíu, einkum í Mið- og Suður-Kína og Víetnam.

Tegundum fer fækkandi

Steingervingar úr 7–6 milljón ára gömlum setlögum benda til þess að loftslag hafi farið kólnandi í lok tertíertímabils og tegundasamsetning plöntufélaganna bendir til þess að þá hafi verið temprað loftlag á Íslandi. Allmargir staðir með plöntuleifum eru þekktir frá þessum tíma einkum á Vesturlandi (Friðgeir Grímsson 2007a). Þannig má rekja setlög með plöntusteingervingum upp eftir Borgarfirði að Hreðavatni og þaðan vestur að Langavatni og Hítarvatni (1. & 23. mynd). Í setlögum þessum eru leifar barrtrjáa af þallarætt mjög algengar og allsráðandi meðal berfrævinga. Algengt er að finna greinar, nál-ar, köngla, köngulblöð og fræ er tilheyra barðþin, greni, furu, dögglingsvíði og lerki. Af lauftrjám ber mest á laufblöðum, rekilhlífum og fræjum vatna-

birkis (24. mynd), en laufblöð, forneldris, vænghlyns, víðis, aspar, og tegundum af rósætt eru einnig algeng. Kvenreklar fornevrópueldris (25. mynd) finnast víða í þessum setlögum. Kulvísar tegundir voru að mestu horfnar eða orðnar sjaldgæfar. Það vekur athygli að í þessum setlögum finnast töluvert af laufblöðum og aldinum atlantsfjórmiðju (*Tetracentron atlanticum* Grímsson, Denk & Zetter).

Tegundasamsetning plöntufélaga bendir til þess að loftslag hafi kólnað töluvert frá því sem áður var, sérstaklega ef borið er saman við tegundir úr 15-10 milljón ára gömlum setlögum. Kulvísu tegundirnar eru flest allar horfnar og barrtré af þallarætt orðin alláberandi. Út frá setlögum og steingervingum að dæma má ætla að á þessum tíma hafi sumargræn lauftré, einkum birki, elri, víðir og hlynur vaxið umhverfis straumvötn og stöðuvötn, en nærliggjandi hálendi verið þakið barrtrjám þar sem mest bar á greni, þin og furu.

Þó að flestar kulvísu tegundirnar séu ekki lengur til staðar eða orðnar sjaldgæfar í flóru landsins fyrir 7–6 milljónum ára finnast nokkrar eftirlegukindur. Þar á meðal er atlantsfjórmiðja. Aðeins ein núlifandi tegund er þekkt af fjórmiðju, en það er asíufjórmiðjan (*Tetracentron sinense* Oliver). Þessi sjaldgæfa tegund vex aðeins á afmörkuðu og slitróttu svæði sem nær frá Mið- og Suður-Kína, suður til Norður-Víetnams og vestur til Norður-Burma, Austur-Nepal, Bhutan og Norðaustur-Indlands.

Loftslagsbreytingar

Ísland er á mörkum tempraða beltisins og kuldabeltisins og ef litið er til hnattrænnar gróðurþekju er það á mörkum barrskógarbeltisins og freðmýrabeltisins (túndru). Því eru vetur langir og frostakafar frekar tíðir en sumur stutt og köld. Loftslagið er töluvert mildara á Suður- og Vesturlandi og á strandsvæðum (einkennist af Cfc loftslagi, sbr. Köppen 1936) en í öðrum landshlutum og inn á hálendinu (einkennist af ET loftslagi, sbr. Köppen 1936), þar sem freðmýri er ráðandi og sumur varla teljandi. Ársmeðalhiti er á bilinu 3,5 til 5°C eftir því hvar á landinu hann er mældur.

Rannsóknir á plöntuleifum úr íslenskum setlögum benda til þess að fyrir 15 milljónum ára hafi loftslagið hér á landi verið mun hlýrra en það er í dag. Loftslag á Íslandi virðist þá hafa verið heittemprað, hlýtt og rakt. Úrkoma hefur verið töluverð allt árið um kring og ekkert árstíðabundið þurrkatímabil. Sumur



18. mynd. Forneldriblað frá Tröllatungu í Steingrímsfirði. Mælikvarði er 3 cm.



20. mynd. Hrubabeykiblað úr setlögum í Hrubagili í Mókollsdal. Mælikvarði er 5 cm.



19. mynd. Húsavíkurkleif í Steingrímsfirði. Setlög með áberandi surtarbrandslögum.



22. mynd. Vænghnotualdin frá Hrútagili í Mókollsdal. Mælikvarði er 1 cm.

21. mynd. Samsett vænghnotublað frá Hrútagili í Mókollsdal. Mælikvarði er 5 cm.



23. mynd. Setlög með plöntusteingervingum við Hreðavatn í Borgarfirði. Dökkleitar plöntuleifar sjást vel í ljósu setinu ríku af kísilþörungum.



24. mynd. Laufblað, rekilblif og fræ af vatnabirki úr setlögum við Hreðavatn í Borgarfirði. Mælikvarði er 2 cm á blaði, en ekki rekilblif og fræi.



25. mynd. Kvenreklar fornevrópuelris frá Hreðavatni. Mælikvarði er 1 cm.

voru löng og hlý og vetur voru mildir og án frosta (einkenndist af Cfa loftslagi, sbr. Köppen 1936). Steingervingar úr 12 milljón ára gömlum setlögum sýna að loftslagið hélst eins eða varð örlítið hlýrra hér á landi á þeim tíma og ársmeðalhitið allt að 15°C. Hvarf kulvísra tegunda úr íslenskum gróðurfélögum fyrir 10 milljónum ára, 9–8 milljónum ára og 7–6 milljónum ára, bendir til hægfara kólnunar loftslags í lok tertíertímabils. Svo virðist sem allar kulvísustu tegundirnar hafi smám saman látið undan síga og dáðið út samfara kólnandi loftslagi. Þetta sést greinilega í gróðurfélögum fyrir 10 milljónum ára en í þær vantar kulvísar tegundir sem einkenna eldri setlög (t.d. 12 milljón ára gömul). Þetta eru tegundir eins og fornanganviður, fornjapansviður, fornsætublaðka og forntúlípanatré. Í setlögum sem eru 10 milljón ára finnast fyrst leifar kuldapölinna plantna eins og sumar- og sigræn smáblöð tegunda af lyngætt. Yngri plöntufélög, sem eru 9–6 milljón ára gömul, einkennast af sífelldri fjölgun stórbláða tegunda af bjarkar- og víðisætt svo og leifum barrtrjáa af þallarætt. Breytingar á gróðri landsins bendir til kólnandi loftslags (einkenndist af Cfb loftslagi, sbr. Köppen 1936) sem varð meira temprað. Þegar á leið orðu því sumur stytttri og kaldari. Tegundasamsetning gróðurfélaga úr 7–6 milljón ára gömlum setlögum sýnir að vel var mögulegt að frost hafi verið hér á veturna og það gæti hafa snjóað í fjöll. Ársmeðalhita á Íslandi var þá líklegast á bilinu 5,5 til 9,5 °C, ennþá töluvert hærri en hann er í dag.

Pakkir

Við viljum þakka starfsfélögum okkar Walter L. Friedrich, Thomas Denk og Reinhard Zetter fyrir samvinnu og rannsóknir á fornum flórum Íslands á undanförunum árum. Einnig viljum við þakka Margréti Hallsdóttur og Náttúrufræðistofnun Íslands fyrir veitta aðstoð. Rannsóknir Friðgeirs voru styrktar af RANNÍS (Rannsóknánámsjóði svo og Rannsóknasjóði) og Rannsóknasjóði Háskóla Íslands (Styrkir til nýdóktora).

Heimildir

Akhmetiev, M. A., G. M. Bratseva, R. E. Giterman, L. V. Golubeva og A. I. Moiseyeva 1978. Late Cenozoic Stratigraphy and flora of Iceland. *Trudy Geologicheskogo Instituta Akademii Nauk SSSR* 316, 1-188.
Berggren, W. A., D. V. Kent, C. C. Swisher III og M.-P. Aubry 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. Í: (ritstj. Berggren, W. A., Kent, D. V. Aubry, M.-P., Hardenbol, J. Geochronology, time

scales and global stratigraphic correlation. *SEPM Special Publication* 54, 129-212.

- Björn S. Harðarson, J. G. Fitton, R. M. Ellam og M. S. Pringle 1997. Rift relocation – a geochemical and geochronological investigation of a palaeo-rift in north-west Iceland. *Earth and Planetary Science Letters* 153, 181-196.
Blokina, N. I. 1992. Fossil woods from the Tertiary deposits of Iceland. Í: (ritstj. Kovar-Eder, J.) Palaeovegetational development in Europe and regions relevant to its palaeofloristic evolution. *Proceedings of the Pan-European Palaeobotanical Conference Vienna* 1991, 111-115.
Denk, T., Friðgeir Grímsson og Z. Kvacek 2005. The Miocene floras of Iceland and their significance for late Cainozoic North Atlantic biogeography. *Botanical Journal of the Linnean Society* 149, 369-417.
Eggert Ólafsson 1772. *Vice-Lavmand Eggerts Olafsens og Land-Physici Bjarne Povelsen Reise igiennem Island, foranstaltet af Videnskabernes Selskab i København* 1-2. Videnskabernes Selskab, Sorø, 1126 bls.
Friðgeir Grímsson 2007a. Síðmíósen setlög við Hreðavatn. *Náttúrufræðingurinn* 75, 21-33.
Friðgeir Grímsson 2007b. The Miocene floras of Iceland. Origin and evolution of fossil floras from north-west and western Iceland, 15 to 6 Ma. Doktorsritgerð í Háskóla Íslands, Reykjavík, 1-33.
Friðgeir Grímsson og Leifur A. Símonarson 2006. Beyki úr íslenskum setlögum. *Náttúrufræðingurinn* 74, 81-102.
Friðgeir Grímsson, Leifur A. Símonarson og T. Denk 2007a. Elstu flórir Íslands. *Náttúrufræðingurinn* 75, 85-106.
Friðgeir Grímsson, Leifur A. Símonarson og W. L. Friedrich 2005. Kynlega stór aldin úr síðtertíurum setlögum á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn* 73, 15-29.
Friðgeir Grímsson og T. Denk 2005. *Fagus* from the Miocene of Iceland: systematics and biogeographical considerations. *Review of Palaeobotany and Palynology* 134, 27-54.
Friðgeir Grímsson og T. Denk 2007. Floristic turnover in Iceland from 15 to 6 Ma – extracting biogeographical signals from fossil floral assemblages. *Journal of Biogeography* 34, 1490-1504.
Friðgeir Grímsson, T. Denk og Leifur A. Símonarson 2007b. Middle Miocene floras of Iceland – the early colonization of an island? *Review of Palaeobotany and Palynology* 144, 181-219.
Friðgeir Grímsson, T. Denk og R. Zetter 2008. Pollen, fruits, and leaves of *Tetracentron* (Trochodendraceae) from the Cainozoic of Iceland and western North America and their palaeobiogeographic implications. *Grana* 49, 1-14.
Friedrich, W. L. 1966. Zur Geologie von Brjánslækur (Nordwest-Island) unter besonderer Berücksichtigung der fossilen Flora. *Sonderveröffentlichungen des Geologischen Instituts der Universität Köln* 10, 108 bls.
Friedrich, W. L. 1968. Tertiäre Pflanzen im Basalt von Island. *Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening* 18, 265-276.
Friedrich, W. L. og Leifur A. Símonarson 1976. *Acer askellsoni* n. sp., grosse Neogene Teilfrüchte aus Island.

- Palaeontographica* 155 B, 140-148.
- Friedrich, W. L. og Leifur A. Símonarson 1982. *Acer-Funde aus dem Neogen von Island und ihre stratigraphische Stellung*. *Palaeontographica* 182 B, 151-166.
- Friedrich, W. L., Leifur A. Símonarson og O. E. Heie 1972. Steingervingar í millilögum í Mókollsdal. *Náttúrufræðingurinn* 42, 4-17.
- Guðmundur G. Bárðarson 1918. Um surtarbrand. *Andvari* 43, 1-71.
- Heer, O. 1959. *Flora Tertiaria Helvetiae. Die tertiäre Flora der Schweiz* 3. Wurster & Co., Winterthur, 378 bls.
- Heer, O. 1868. *Flora fossilis arctica* 1. Die Fossile Flora der Polarländer enthaltend die in Nordgrönland, auf der Melville-Insel, im Banksland, am Mackenzie, in Island und in Spitzbergen entdeckten fossilen Pflanzen. Friedrich Schulthess, Zürich, 192 bls.
- Heie, O. E. og W. L. Friedrich 1971. A fossil specimen of the North American Hickory Aphid (*Longistigma caryae* Harris) found in Tertiary deposits in Iceland. *Entomologica Scandinavica* 2, 74-80.
- Jóhannes Áskelsson 1938a. Um íslensk dýr og jurtir frá jökultíma. *Náttúrufræðingurinn* 8, 1-16.
- Jóhannes Áskelsson 1938b. Kvartärgeologische Studien auf Island II. Interglaziale Pflanzenablagerungen. *Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening* 9 (3), 300-319.
- Jóhannes Áskelsson 1946a. Um gróðurmenjar í Þórishlíðarfjalli við Selárdal. *Andvari* 71. 80-86.
- Jóhannes Áskelsson 1946b. Er hin smásæja flóra surtarbrandslaganna vænleg til könnunar? *Skýrsla Menntaskólans í Reykjavík* 1945-1946, 45-57.
- Jóhannes Áskelsson 1954. Myndir úr jarðfræði Íslands II. Fáeinar plöntur úr surtarbrandslögunum hjá Brjánslæk. *Náttúrufræðingurinn* 24, 92-96.
- Jóhannes Áskelsson 1956. Myndir úr jarðfræði Íslands IV. Fáeinar plöntur úr surtarbrandslögunum. *Náttúrufræðingurinn* 26, 42-48.
- Jóhannes Áskelsson 1957. Myndir úr jarðfræði Íslands VI. Þrjár nýjar plöntur úr surtarbrandslögunum í Þórishlíðarfjalli. *Náttúrufræðingurinn* 27, 22-29.
- Köppen, W. P. 1936. Das geographische System der Klimate. Í: (ritstj. W. P. Köppen, W. Graz and R. Geiger) *Handbuch der Klimatologie* 1C. Bornträger, Berlin, 1-44.
- Leifur A. Símonarson 1988. Kínarauðviður (*Metasequoia*) frá Súgandafirði. *Náttúrufræðingurinn* 58, 21-26.
- Leifur A. Símonarson 1991. Hikkoría frá Tröllatungu. *Náttúrufræðingurinn* 60, 144.
- Leifur A. Símonarson, M. A. Akhmetiev, Ólöf E. Leifsdóttir, W. L. Friedrich og Jón Eiríksson 2000. Rannsóknir á tertíerflóru í Dýrafirði. *Ágrip erinda og veggspjalda. Vorráðstefna Jarðfræðifélags Íslands* 2000, 31-33.
- Leifur A. Símonarson, M. A. Akhmetiev, Ólöf E. Leifsdóttir, W. L. Friedrich og Jón Eiríksson 2002. The Upper Miocene Dufansdalur-Ketilseyri plant-bearing horizon in Northwest Iceland. *Abstracts of the 25th Nordic Geological Winter Meeting*, Reykjavík, 189.
- Leifur A. Símonarson og W. L. Friedrich 1983. Hlynblöð og hlynaldin í íslenskum jarðlögum. *Náttúrufræðingurinn* 52, 156-174.
- Leó Kristjánsson, Björn S. Harðarson og Haraldur Auðunsson 2003. A detailed palaeomagnetic study of the oldest (ca. 15 Myr) lava sequences in Northwest Iceland. *Geophysical Journal International* 155, 991-1005.
- Leó Kristjánsson, R. Pätzold og J. Preston 1975. The palaeomagnetism and geology of the Patreksfjörður-Arnarfjörður regions of northwest Iceland. *Tectonophysics* 25, 201-216.
- Lindquist, B. 1947. Two species of *Betula* from the Iceland Miocene. *Svensk Botanisk Tidskrift* 41, 339-353.
- Manum S. 1962. Studies in the Tertiary flora of Spitsbergen, with notes on the Tertiary floras of Ellesmere Islands, Greenland, and Iceland. *Norsk Polarinstitutt Skrifter* 125, 127 bls.
- Maycock, P. F. 1994. The ecology of beech (*Fagus grandifolia* Ehrh.) forests of the deciduous forests of southeastern North America, and a comparison with the beech (*Fagus crenata*) forests of Japan. Í: (ritstj. Miyawaki, A., Iwatsuki, K., Grantner, M. M.) *Vegetation in Eastern North America. Vegetation system and dynamics under human activity in the eastern North American cultural region in comparison with Japan*. University of Tokyo Press, Tokyo, 351-407.
- McDougall, I., Leó Kristjánsson og Kristján Saemundsson 1984. Magnetostratigraphy and geochronology of Northwest Iceland. *Journal of Geophysical Research* 89, 7029-7060.
- Moorbath, S., Haraldur Sigurðsson og R. Goodwin 1968. K-Ar ages of the oldest exposed rocks in Iceland. *Earth and Planetary Science Letters* 4, 197-205.
- Pflug, H. D. 1956. Sporen und Pollen von Tröllatunga (Island) und ihre Stellung zu den pollenstratigraphischen Bildern Mitteleuropas. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie* 102, 409-430.
- Pflug, H. D. 1959. Sporenbilder aus Island und ihre stratigraphische Deutung. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie* 107, 141-172.
- Schwarzbach, M. 1956. Das Vulkangebiet von Hredavatn (West-Island). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie* 104, 1-29.
- Sveshnikova, I. N. 1984. A new genus of the family Taxodiaceae from the Middle Miocene of Iceland. *Yearbook of the All-Union Palaeontological Society* 27, 263-269.
- Thompson, R. S., K. H. Anderson og P. J. Bartlein 2000. Atlas of relation between climatic parameters and distributions of important trees and shrubs in North America. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 1650 A, B, C.
- Wang, C.-W. 1961. The forests of China, with a survey of grassland and desert vegetation. *Maria Moors Cabot Foundation, Publication* 5. Harvard University, Cambridge, 282 bls.
- Windisch, P. 1886. Beiträge zur Kenntniss der Tertiärflora von Island. *Zeitschrift für Naturwissenschaften* 4 (5), 215-262.
- Zohary, M. 1973. *Geobotanical foundations of the Middle East*. Gustav Fischer, Stuttgart, 738 bls.
- Þorleifur Einarsson 1968. *Jarðfræði. Saga bergs og lands*. Mál og Menning, Reykjavík, 335 bls.
- Þorvaldur Thoroddsen 1896. Nogle iagttagelser over surtarbrandens geologiske forhold i det nordvestlige Island. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* 18, 114-154.