

Leir í íslenskum jarðvegi

INNGANGUR

Jarðvegur er sú auðlind sem brauðræðir flesta jarðarbúa. Hann hylur nær allt yfirborð lands, bæði þar sem gróður dafnar og yfirborð eyðimarka og heimskautasvæða. Á Íslandi er jarðvegur margvíslegur að gerð, allt frá brúnni mold á grónu landi til örfoka yfirborðs á auðnum landsins.

Jarðvegur er ofinn úr mörgum þáttum: bergefnum, lífverum, dauðu og rotnandi lífrænu efni, vatni með uppleystum efnum og gastegundum. Hann breytist í tímans rás, því margvíslegar efnabreytingar verða þegar efni losna frá rotnandi lífverum og við veðrun á föstum bergefnum. Við það myndast ný bergefni og efnaflutningur á sér stað innan jarðvegsins og jafnvel út úr honum. Nýmynduð bergefni í jarðvegi eru alla jafna örmá og kallast þá *leirsteindir*. Segja má að leiragnir og lífrænar agnir í jarðveginum séu undirstöður vistkerfa á landi, því þessar agnir miðla vatni og næringarefnum til plantna.

Leir sem myndast þar sem gjóska er í jarðvegi er á margan hátt sérstæður, eins og síðar verður vikið að. Slíkur leir hefur aðra eiginleika en leirinn sem finnst í þeim löndum þar sem íslenskir náttúrufræðingar þekkja best til utan Íslands. Mjög erfitt er að greina leir í slíkum jarðvegi og það er ekki fyrr en á síðustu árum sem sæmilega

greinargóð mynd hefur fengist af eðli og eiginleikum leirs sem myndast við veðrun á gjósku. Algengasta leirsteindin í eldfjallajarðvegi heitir *allófan*.

Það er útbreiddur misskilningur að í íslenskum jarðvegi sé því sem næst ekkert af leir og efna veðrunar gæti lítið. Þessu er alls ekki þannig varið. Nokkrar steindir sem einkenna eldfjallajarðveg eru mjög algengar á Íslandi.

Leir mótar eðli jarðvegs á afgerandi hátt og því er tímabært að gera nokkra grein fyrir þeim leir sem einkennir íslenskan jarðveg.

STEINDIR

Grunneiningar alls bergs á jörðinni nefnast steindir. Þorleifur Einarsson (1985) gaf eftirfarandi skilgreiningu á steindum: „Steind er kristallað frumefni eða efnasamband sem finnst sjálfstætt í náttúrunnar ríki.“ Steindir geta verið myndaðar af einu frumefni, eins og t.d. gull, en algengustu steindirnar eru myndaðar af efnasamböndum, t.d. kísli, áli og súrefni. Algengar steindir í íslensku bergi eru t.d. plagíóklas, ólivín, pýroxen og kvars.

Steindum er skipt í nokkra undirhópa. Þær steindir sem finnst í storkubergi eru nefndar *frumsteindir* (enska: primary minerals). Basaltið íslenska er gott dæmi um storkuberg. Við veðrun

og ummyndun bergs myndast nýjar steindir sem hafa m.a. verið nefndar veðrunarsteindir, ummyndunarsteindir eða myndbreytingarsteindir, allt eftir því umhverfi þar sem breytingarnar eiga sér stað. Í jarðvegi nefnast slíkar steindir *veðrunarsteindir* (enska: secondary minerals, authigenic minerals). Veðrunarsteindir í jarðvegi eru flestar leirsteindir.

HVAÐ ER LEIR?

Hugtakið *leirsteind* felur í sér tvennt: agnarsmátt jarðvegskorn (leir) sem hefur jafnframt ákveðna kristalbyggingu (steind).

Jarðvegskornum er oft skipt í þrjá meginflokkar eftir stærð. Nokkuð er mismunandi eftir flokkunarkerfum hvar mörkin eru dregin en þau algengustu er að finna hér í 1. töflu.

1. tafla. Stærðarflokkar jarðvegskorna.

Stærðarflokkur	Stærðarbil (mm)
Sandur	0,05 (0,02)–2
Silt	0,002–0,05 (0,02)
Leir	<0,002

Samkvæmt skilningi jarðvegsfræðinnar telur leir öll þau korn sem eru minni en 0,002 mm, hvort sem þar er um að ræða frumsteind á borð við ólivín, veðrunarsteind eða jafnvel korn sem samsett er úr mörgum steindum. Kornid verður aðeins að uppfylla það skilyrði að vera smærra en 0,002 mm. Veðrunarsteindir í jarðvegi eru yfirleitt af leirstærð (leirsteindir) og eru alla jafna mjög smáar, oft aðeins um 0,000001 mm. Þær myndast við efnaveðrun í jarðvegin-

um þegar bergefni leysast upp. Efnin sem þannig losna flytjast til og mörg þeirra mynda síðan ný efnasambönd, þeirra á meðal leirsteindir. Það eru þessar nýmynduðu agnarsmáu steindir sem gegna lykilhlutverki í flestum gerðum jarðvegs og um þær verður einkum fjallað í þessari grein.

Algengar frumsteindir í bergi, t.d. olivín, plagióklas og pýroxen, geta brotnað niður í náttúrunni og orðið smærri en 0,002 mm og teljast þær þá einnig til leirs. Þessar steindir eru alla jafna mun stærri en veðrunarsteindirnar.

Jarðvegurinn hefur stundum verið nefndur stærsta efnaverksmiðja jarðar. Ein meginafurð þessarar efnaverksmiðju eru leirsteindir. Leir hefur ýmsa eiginleika sem eru afar mikilvægir fyrir gróður jarðar eins og síðar verður vikið að. En það er ekki aðeins gróður jarðar sem nýtur góðs af þessari framleiðslu. Flestir kannast við að leir er notaður við leirkera-smíði og í múrsteinum. Leir er einnig notaður sem bindiefni í málningu og annarri iðnaðarvöru. En það hvarflar trúlega að fáum að í mörgum tegundum matvæla er leir. Hann er notaður til þess að gera ís í brauðformi seigfljóttandi þannig að hann bráðni ekki of fljótt. Margir súkkulaðiframleiðendur nýta leir til þess að vara. Verði ekki of klístruð við stofuhita.

Ástæða þess hve mikilvægur leir er í jarðveginum er fólgin í smæð kornanna. Vegna smæðarinnar getur leir haft gífurlegt yfirborð miðað við rúmmál eða þyngd. Þannig hefur hvert gramm af hreinum leir af algengri tegund (smektít) um 800 fermetra yfirborð. Við þetta yfirborð loðir vatn, sem og ýmis næringarefni. Þegar rignir bindur jarðvegurinn hluta úrkomunnar við yfirborð leirsins. Að auki hafa margar leirsteindir rafhleðslu, eins og

1. mynd. Í kvasi mynda grunneingar kristalgrindarinnar (SiO_4) þrívíða grind með sömu eiginleika í allar áttir. Ljós-
Sigurður Sveinn Jónsson.



síðar verður vikið að. Rafhleðslan veldur því að leirinn getur bundið næringarefni og miðlað þeim síðan til gróðurs.

Bygging og myndum blaðlaga leirsteinda

Kísill (Si), ál (Al) og súrefni (O) eru meðal algengustu frumefna við yfirborð jarðar. Það er því engin tilviljun að þessi frumefni mynda kristalgrindur leirsteinda eins og svo margra annarra steindaflokka. Þessir hópar steinda nefnast silfíköt og álsilfíköt og flokkun þeirra fer eftir því hvernig grunneingar kristalgrindarinnar SiO_4 (eða AlSi_3O_8) tengjast innbyrðis. Í kvasi, svo dæmi sé tekið, mynda þær þrívíða grind með sömu eiginleika í allar áttir (1. mynd) og í pýroxeni einvíðar keðjur. Í blaðlaga leirsteindum mynda þær stakk af tvívíðum flögum, líkum spilum í spilastokk, með gerólíka eigin-

leika samsíða flögunum og þvert á þær (2. mynd). Slíkar grindur nefnast blaðsilfíköt. Þessi uppröðun veldur því að yfirborð leirsteinda getur orðið mikið. Hópi slíkra steinda má líkja við blaðsíður í bók. Dæmigerð kennslu-

2. mynd. Múskóvítt (ljóst glimmer). Í blaðlaga leirsteindum mynda grunneingar kristalgrindarinnar stakk af tvívíðum flögum sem minna á spil í spilastokk. Eiginleikar kristalgrindarinnar eru gerólíkir samsíða flögunum eða þvert á þær. Steindir með slíkar kristalgrindur nefnast blaðsilfíköt. Ljós-
Sigurður Sveinn Jónsson.



bók í jarðvegsfræði er um 465 blaðsíður, vegur um 800 g og ef flatarmál allra blaðsíðnanna er reiknað saman er niðurstaðan um 17 m², eða um 0,02 m² á hvert gramm. Blöð leirsins eru svo örþunn að yfirborðið verður mun meira, eða 200–800 m²/g.

Aðstæður í jarðveginum ráða því hvaða leirsteind myndast hverju sinni. Við hitabeltisaðstæður skolest flest efni burt úr jarðveginum, önnur en járn og ál, ef nógu langur tími líður. Við þær aðstæður myndast járnríkar og álríkar steindir á borð við goethít og hematít (járnsteindir) og gibbsít (álsteind). Báxítíð sem notað er við framleiðslu áls í álverinu í Straumsvík er einmitt gamall álríkur leirjarðvegur. Járnríkur jarðvegur hitabeltisins þolir afskaplega illa að þorna, því að þá getur hann límst saman og myndað grjótharða skán við yfirborðið (laterít). Þar sem kalsíum er í jarðveginum myndast gjarnan smektít, sem ásamt kaolíni er líklega algengasta leirsteindin. Af öðrum algengum leirsteindum má nefna illít, vermikúlít og klórít.

Mörg setlög eru rík af leirsteindum og í jarðvegi sem myndast í slíku seti erfast leirsteindirnar. Því eru ekki allar leirsteindir myndaðar í þeim jarðvegi sem þær finnast í, heldur voru þær til staðar þegar við upphaf jarðvegsmyndunar. Þannig eru setlög sem mynda flestar ársléttur jarðar leirríkar að upplagi. Þessar leirsteindir leysast þó upp með tímanum og aðrar myndast í staðinn ef upprunalegi leirinn er ekki í góðu jafnvægi við umhverfis-aðstæður í jarðveginum.

Nánari umfjöllun um uppbyggingu blaðlaga leirsteinda og myndun þeirra má m.a. finna í bókinni „Minerals in soil environments“, sem er ritstýrt af Dixon og Weed (1989), en sú bók er mjög ítarleg greinargerð um leir í jarðvegi. Í bókinni er aðgengilegur

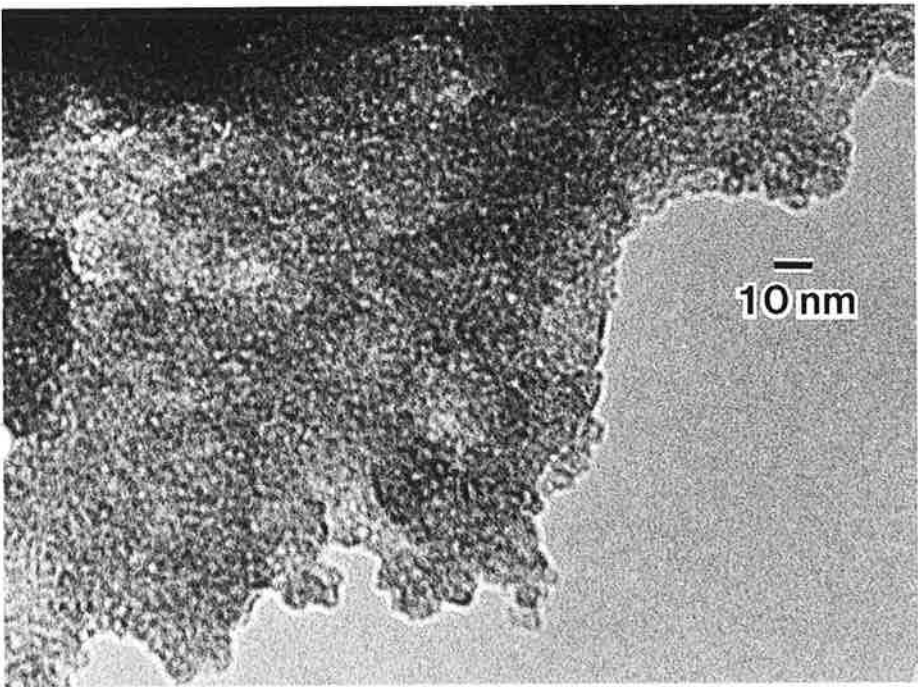
inngangskafli sem lýsir helstu gerðum leirs í jarðvegi (Schulze 1989). Af öðrum góðum yfirlitsgreinum má nefna ritgerð eftir Allen og Fanning (1983).

Bygging leirs í eldfjallajarðvegi

Allófan er algengasta leirsteindin í eldfjallajarðvegi, eins og fyrr sagði. Bygging allófans er með nokkuð öðrum hætti en blaðlaga leirsteinda. Í stað þess að raðast saman í tvívíðar flögur (2. mynd) myndar allófan eins konar kúlur sem hver um sig er agnar smá, eða um 5 nm (nanómetrar, einn milljónasti úr millímetra) í þvermál. Á 3. mynd sést allófan í íslenskum jarðvegi. Myndin er tekin með rafeinda-smásjá í Japan, fyrir tilstuðlan jarðvegsfræðingsins K. Wada. Á henni sést kúlulaga bygging allófans mjög vel.

K. Wada (1989) ritaði þá lýsingu á byggingu allófans sem helst er vitnað til. Allófan er gert af kísli (Si), áli (Al) og vatni (H₂O), sem mynda hringlaga grind þannig að úr verða kúlur sem eru holar að innan (Parfitt og Childs 1988, Parfitt og Kimble 1989, Wada 1989, Parfitt 1990). Hlutfall kísils og áls er nokkuð breytilegt, þannig að atómhlutfallið Al:Si reikar á milli 1 og 3 en er þó oftast nálægt 2 (Parfitt og Kimble 1989). Vegna þessa breytileika merkir „allófan“ í raun hóp eða flokk steinda með breytilega efnasamsetningu. Þessi samsetning er háð því umhverfi sem allófan myndast í, m.a. sýrustigi og járn magni (Parfitt og Kimble 1989). Mælingar á yfirborði leirsins sýna að allófan hefur gríðarlega mikið yfirborð vegna smæðar sinnar og lögunar, eða 300–1000 m²/g eftir því hvernig yfirborðið er mælt (Wada 1989).

Allófan með atómhlutfallið Al:Si nálægt 2 er náskyld annarri leirsteind



3. mynd. Allófan í íslensku jarðvegssýni. Myndin er tekin með rafeindasmásjá í Japan („TEM“-tækni). Strikið á myndinni gefur mælikvarða í nanómetrum. Kúlurnar eru um 5 nm í þvermál (0,000005 mm; hver nanómetri er 10^{-9} m). Þær samanstanda af Al, Si og O sem mynda hringlaga grind þannig að úr verða kúlur sem eru holar að innan.

sem finnst í eldfjallajarðvegi: ímógólíti. Í stað kúlnanna sem einkenna allófan myndar ímógólít langa þræði (4. mynd).

Ferríhýtrat er algengt í ungum járníkkum jarðvegi og í eldfjallajarðvegi (Schwertmann og Taylor 1989). Ferríhýtrat hefur mjög sterkan rauðan til rauðbrúnan lit sem litar íslenskan jarðveg ásamt rauðbrúnu allófani.

ÁHRIF LEIRS Á EIGINLEIKA JARÐVEGS

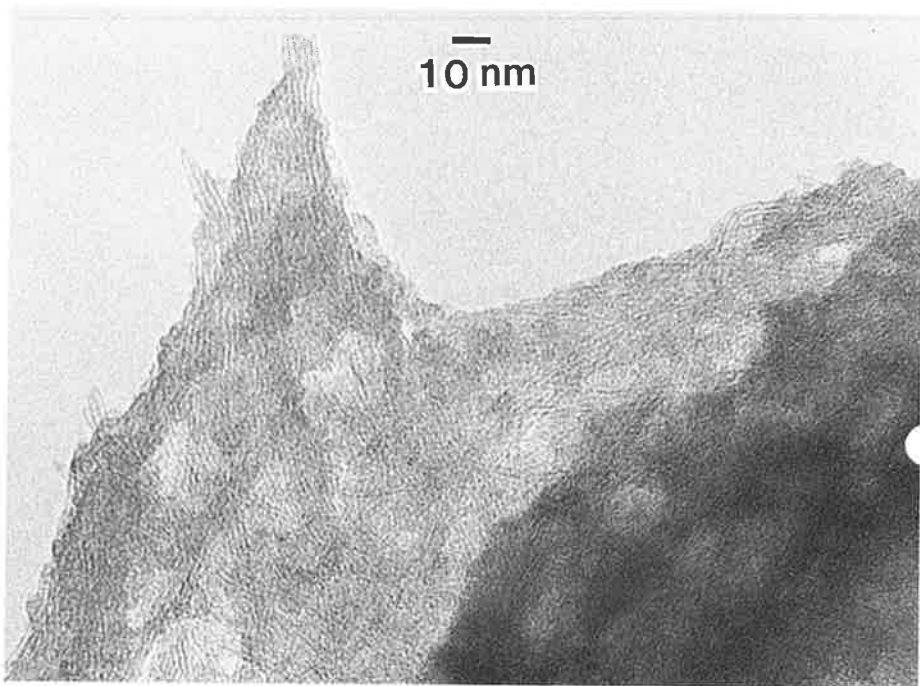
Rafhledsla og jónrýmd

Einn mikilvægasti eiginleiki leirsteinda er að þær geta bundið steinefni í jarðveginum um leið og þau losna vegna veðrunar á bergefnum.

Þannig er komið í veg fyrir að þeim skoli burt úr jarðveginum. Rætur plantna geta síðan nýtt sér steinefnið eftir þörfum.

Þessi eiginleiki leirsteinda stafar af því að þær hafa neikvæða rafhleðslu. Eiginleiki leirsins til að binda jónir með jákvæða hleðslu heitir *jónrýmd* (e: cation exchange capacity, skammstafað CEC). Nákvæmari þýðing væri „katjónrýmd“ en þar sem oftast er aðeins fjallað um katjónirnar tölum við aðeins um jónrýmd. Þær jónir sem algengast er að leirinn bindi eru kalsíum (Ca^{++}), magnesíum (Mg^{++}), kalí (K^{+}) og natríum (Na^{+}). Allar þessar jónir eru mikilvægar fyrir gróður jarðar.

Sumar leirsteindir hafa einnig *an-jónrýmd* (anion exchange capacity) og



4. mynd. Ímógólít þræðir í íslensku jarðvegssýni. Myndin er tekin með rafeindasmásjá í Japan. Þræðirnir eru nálarlaga og hafa svipaða samsetningu og allófan. Strikið gefur mælikvarða fyrir myndina.

geta þá bundið anjónir á borð við Cl⁻ (klór).

Einingin sem notuð er til að lýsa jónrýmd í jarðvegi er millíekvivalentar á hver 100 g jarðvegs. Algengast er að jarðvegur hafi jónrýmd á bilinu 5–40. Yfirleitt er jarðvegur því frjósamari sem jónrýmdin er meiri.

Leirsteindir hafa mjög misjafna jónrýmd. Þannig hefur smektít jónrýmdina 100–200, kaolínít aðeins um 8 og steindirnar sem einkenna hitabeltisjarðveg hafa enn minni jónrýmd. Allófan er í hópi þeirra steinda sem hafa mikla jónrýmd, 10–40 (Wada 1989). Jónrýmd allófans er háð sýrustigi og er því meiri sem pH er hærra. Þess vegna er mikilvægt að mæla jónrýmd við þekkt pH. Allófan hefur

einnig umtalsverða jónrýmd fyrir anjónir. Þess ber að geta að lífrænar agnir sem myndast við rotun á lífrænum efnum í jarðveginum geta haft mjög mikla jónrýmd. Því hefur lífrænn jarðvegur í mýrum og flóum mikla jónrýmd.

Vatnsheldni jarðvegs

Þar sem vatn (H₂O) er skautað, með neikvætt hlaðið súrefni (O²⁻) og tvær jákvæðar prótónur (H⁺), geta vatnssameindirnar bundist rafbindingu við yfirborð leiragnanna. Síðan bindast vatnssameindirnar hver annarri og þannig hleðst vatnslag utan um agnirnar. Vatnið næst leirnum er mjög fast bundið en krafturinn sem heldur í vatnið minnkar eftir því sem fjær dregur ögninni.

Sá eiginleiki leirtegunda að binda vatn er afskaplega mikilvægur gróðr-
inum á yfirborðinu. Án leirsins og líf-
rænna efna myndi vatn sem berst í
jarðveginn í rigningu hripa jafnskjótt
niður úr honum. Leirinn bindur vatnið
og miðlar því aftur til gróðursins, sem
getur nýtt vatnið í langan tíma eftir að
úrkomann fellur. Það er síðan háð
hitastigi, jarðvegsgerð, uppgufun og
gróðurhulu hve lengi rakinn endist í
jarðveginum.

Jarðvegur ríkur af allófanum getur
bundið mjög mikið vatn og er það
áunur einn helsti eiginleiki eldfjalla-
jarðvegs. Algengt er að eldfjallajarð-
vegur geti bundið meira en jafnþyngd
sína af vatni og er slíkt mjög sjaldgæft
þegar ólífærnn jarðvegur á í hlut.

GREINING LEIRSTEINDA

Sökum þess hve smáar leirsteindir
eru verður að beita ýmsum óbeinum
aðferðum til þess að meta hlutfall og
gerð leirs í jarðvegi.

Kornastærðarmælingar

Kornastærðardreifing er meðal
mikilvægustu eiginleika jarðvegs og
sá sem hvað mest gefur til kynna um
eðli hans, t.d. hve hentugur jarðvegur-
inn er til ýmiss konar ræktunar eða
hversu hætt honum er við rofi.

Hægt er að mæla kornastærð í jarð-
vegi með nokkrum aðferðum. Þær
algengustu fela í sér að jarðvegur er
sigtaður til að meta hlutfall sands. Þau
korn sem falla í gegnum þéttustu sigtin
(yfirleitt um 0,05 mm, sem skilur á
milli sands og silts) eru sett í vökva-
súlu til mælingar á silti og leir. Jarð-
vegurinn er hristur upp í vökvasúlunni
og síðan er eðlisþyngd vökvans mæld
með flotholti. Eftir því sem meira er
af silti og sandi í lausninni er hún
þyngri og þar með flýtur flotholtið
hærra. Síðan er fylgst með því hvern-

ig vökvinn léttist þegar jarðvegskornin
falla til botns og á þennan hátt má
meta með nokkurri nákvæmni korna-
stærðardreifingu jarðvegsins. Þar sem
flestar gerðir blaðlaga leirsteinda hafa
þann eiginleika að kornin loða saman
þarf að bæta efnum í lausnina til að
sundra samkornum svo að leirinn loði
ekki lengur saman. Annars er ekki
hægt að beita þessari aðferð.

Greining á gerð leirsins

Eiginleikar leirs eru mjög breytilegir
og þegar meta skal jarðveginn er
mikilvægt að kanna hvaða leirsteindir
finnast í honum. Leirsteindir eru svo
smáar að ekki er hægt að greina þær
í venjulegri smásjá vegna þess að
bylgjulengd sýnilegs ljóss er meiri en
kornastærð leirsins. Þess vegna hafa
röntgengeislar, sem hafa mun styttri
bylgjulengd en sýnilegt ljós, verið
helsta tækið til að greina leirsteindir
til tegunda sem næst alla þessa öld.
Aðferðin er talin sjálfsagður þáttur í
jarðvegsrannsóknnum en dugar ekki
fyrir íslenskan jarðveg því algengar
leirsteindir í eldfjallajarðvegi greinast
ekki á þennan hátt.

Aðferðir sem nú ryðja sér til rúms
við rannsóknir á leir byggjast m.a. á
notkun innrauðra geisla og rafeinda-
smásjártækni.

Erfiðleikar við greiningu allófans og skyldra steinda

Hefðbundnar aðferðir við rann-
sóknir á leir henta illa fyrir eldfjalla-
jarðveg. Á það bæði við um korna-
stærðarmælingar og notkun röntgen-
geisla.

Ástæðan fyrir erfiðleikum við
kornastærðarmælingar er sú að allófan
binnt saman í klasa (*samkorn*) sem eru
mjög stöðugir. Efnin sem notuð eru til
þess að sundra blaðlaga leirögnnum
verka ekki á allófan. Einna skást hefur

reynst að nota orkumiklar hljóðbylgjur til að skilja agnirnar að.

Ekki er heldur unnt að beita greiningu með röntgengeislum á eldfjallajarðveg. Til þess að röntgengeislarnir endurvarpast frá jarðvegssýninu þarf leirinn að vera blaðlaga og með hvert lagið ofan á öðru, eins og blaðsíður í bók. Því er vitaskuld alls ekki til að dreifa hjá kúlulaga allófani eða þráðlaga ímógólíti og því hafa þessar steindir oft verið kallaðar „X-ray amorph“ (myndlausar séðar með röntgengeislum). Síðar verður vikið að aðferðum til að greina leir í eldfjallajarðvegi.

ÞRÓUN HUGMYNDA UM LEIR Í ELDFJALLAJARÐVEGI

Gerð og eiginleikar blaðlaga leirs hefur verið þekkt í alllangan tíma. Öðru máli gegnir um leirsteindir í eldfjallajarðvegi. Lengi var talið að lítið sem ekkert af leir væri að finna í eldfjallajarðvegi og svo var einnig um íslenskan jarðveg. Var það m.a. talið stafa af kulda sem kæmi í veg fyrir myndun leirs. Þessu til stuðnings bentu menn á hve auðugur íslenskur jarðvegur er af lífrænum efnum, sem stafar þá einnig af kuldinum sem hamlar rotnun lífrænna efna.

Við jarðvegsmyndun í nágrenna-löndunum myndast yfirleitt eitthvert afbrigði af hefðbundnu jarðvegssniði á borð við það sem sýnt er á 5. mynd. Efst er lífrænt en leirsnautt yfirborðslag (A-lag) en þar fyrir neðan leirríkt B-lag og síðan C-lag sem líkist móðurefnunum þar fyrir neðan.

Hefðbundið leirlag vantar yfirleitt í eldfjallajarðveg og hefur það oft villt mönnum sýn við rannsóknir á eðli eldfjallajarðvegs. Ástæðan er meðal annars sú að á virkum gossvæðum bætist í sífelli gjóska ofan á jarðveginn, sem kemur í veg fyrir upp-

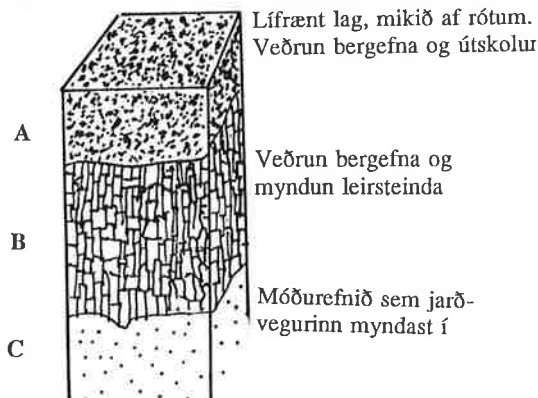
byggingu klassískra jarðvegssniða. Þá er algengt að eldfjallajarðvegur hafi mikið af lífrænum efnum langt undir yfirborðinu. Ástæðan er m.a. sú að agnir í eldfjallajarðvegi binda lífræn efni svo þau safnast fyrir í jarðveginum. Þess vegna getur eldfjallajarðvegur í hitabelti Japans verið ríkur af lífrænum efnum þrátt fyrir hlýtt loftslag og öra rotnun lífrænna efna.

Það er ekki fyrr en á síðustu árum sem sámileg mynd hefur fengist af eðli leirs í eldfjallajarðvegi og ennþá er deilt um sum atriði er varða byggingu þessara leirsteinda. Þekkingunni hefur einkum fleygt fram í Japan og á Nýja-Sjálandi þar sem víðáttumikil svæði eru þakin eldfjallajarðvegi.

GREINING STEINDA Í ELDFJALLAJARÐVEGI

Áður var vikið að því að ekki er hægt að nota hefðbundnar aðferðir við greiningu á leir í eldfjallajarðvegi. Ýmsar aðrar aðferðir má þó nota til þess að greina þennan leir. Aðferðunum má skipta í þrjá meginflokkka: Í fyrsta lagi eru efnafræðilegar aðferðir, í öðru lagi kornastærðargreining með sérstökum aðferðum og í þriðja lagi hátækniaðferðir til að skoða byggingu steindanna. Kornastærðargreiningin byggist á því að nota orkumiklar hljóðbylgjur til að sundra klöunum sem leiragnirnar mynda en auk þess eru notuð ýmis efni til að skilja kornin sundur. Ekki er rúm til að skýra hátækniaðferðirnar sem notaðar eru í þessu skyni. Þær byggjast m.a. á mælingum á atómupbyggingu steindanna, t.d. með innrauðri geislun. Þá hafa náðst ágætir myndir af þessum leirtegundum með rafeindasmásjám (sjá t.d. 3. og 4. mynd). Auk þess gefa mælingar á rafhleðslu og vatnsheldni jarðvegsins til kynna hve mikið er af leir í eldfjallajarðvegi.

Fyrsta aðferðin sem hér var nefnd er ódýrust og einföldust í framkvæmd og er því rétt að víkja lítilega að henni. Hún felst í því að skola jarðvegs-sýni með efnum sem leysa aðeins upp hluta þeirra steinda sem eru í jarðveginum. Í ljós hefur komið að ammóníum-oxalat er mjög heppilegt í þessum tilgangi. Ammoníum-oxalat leysir ekki upp blaðlaga leirsteindir (né frumsteindir) en sýsir ferríhýtrat, allófan og



ímógólít algjörlega upp. Ál og kísill ásamt súrefni eru uppistaðan í allófani og ímógólíti. Með því að mæla kísil og ál sem þannig leysist úr jarðveginum (skammstafað Si_0 og Al_0) má fá góða mynd af magni allófans og ímógólíts í jarðveginum (Parfitt og Henmi 1982, Parfitt og Wilson 1985, Wada 1989, Parfitt og Kimble 1990). Járn sem leyst er úr jarðveginum á þennan hátt (Fe_0) má sömuleiðis nota til að meta magn ferríhýtrats (Parfitt og Childs 1988). Þessi aðferð er vita-skuld aðeins mat á allófani og ímógólíti í jarðveginum. Hún hentar vel á Nýja-Sjálandi til að mæla allófan því þar er lítið af ímógólíti í jarðvegi. Aðferðin hefur aftur á móti þann annmarka að sé mikið af ferríhýtrati í jarðveginum er hætt við að sumt af því Si_0 sem mælist sé bundið við yfirborð þess en komi ekki frá allófani.

LEIR Í ÍSLENSKUM JARÐVEGI

Mælingar á leir í íslenskum jarðvegi eru fáar. Þær mælingar sem hafa verið gerðar með hefðbundnum aðferðum hafa ekki leitt í ljós neitt umtalsvert magn af leir.

Í 2. töflu eru niðurstöður mælinga með ammóníumoxalat-skolun á íslenskum jarðvegssýnum sem birtar hafa verið annars staðar (Ólafur Arn-

5. mynd. Dæmigert snið með hefðbundinni lagskiptingu. Efst er A-lag og í því eru rætur gróðurs og nokkuð af lífrænum efnum. Veðrun hefur leyst upp bergefni í A-laginu sem síðan mynda leir í B-laginu. B-lagið er með mun meira af leir en A-lagið. Neðst er C-lagið sem dregur dóm af móðurefninum, en þar á sér stað hægara veðrun.

alds 1990). Fleiri jarðvegslög voru mæld í þessum sniðum en hér eru aðeins nokkur valin úr. Taflan sýnir einnig niðurstöður nákvæmra mælinga á heildarmagni leirs sem gerðar voru í Japan (Wada o.fl. 1992). Sýnin eru úr sniðum af fjórum stöðum á landinu sem eru nokkuð dæmigerð fyrir áfoksjarðveg á þeim slóðum. Nánari lýsingar á sniðum og umhverfi þeirra eru í fyrrgreindri ritgerð. Eitt sniðanna (Þingvallasveit) er sýnt á 6. mynd. Á það skal bent að tölur fyrir allófan og ferríhýtrat eru áætlaðar með óbeinum aðferðum og geta því verið nokkuð ónákvæmar.

Talsvert er af allófani í þessum jarðvegslögum en nokkru minna af ferríhýtrati. Magn allófans er sambærilegt við það sem þekktist í svipuðum jarðvegi annars staðar, t.d. í Alaska (Ping o.fl. 1988, Ping o.fl. 1989). Frekar óalgenget er að finna jafn mikið af

2. tafla. Leirinnihald nokkurra jarðvegslaga í fjórum sniðum.

Lag	Dýpi (cm)	Allófan ¹ (%)	Ferríhýtrat ² (%)	Leir alls ³ (%)
Þingvallasveit				
A1	0-12	13	9	
A2	12-28	16	11	46
Bw1	28-61	17	12	
Bw2	61-68	19	6	37
Mýrdalur				
A1	0-8	12	10	18
A3	16-36	12	9	
A4	36-51	14	9	
Bw2	74-91	18	10	
C1	124-171	15	9	22
C2	171-181	17	14	
Biskupstungur				
A1	0-10	13	8	
A3	23-43	10	6	16
A4	43-60	12	8	
Bw5	124-142	14	9	
CB	155-180	15	11	
C3	195-205	23	12	13
Goðafoss				
A2	4-12	12	7	
A3	12-20	12	6	
A4	20-26	9	5	
Bw2	29-41	11	8	28
Bw3	41-49	7	9	
Bw6	65-70	10	5	
Bw8	73-91	17	12	

¹Áætlun byggð á oxalat-leysanlegum kísli (Si_o) (Parfitt og Wilson 1985, Parfitt 1990).
²Áætlun byggð á oxalat-leysanlegu jární (Fe_o × 1,7) (Parfitt og Childs 1988).
³Mæling gerð í Japan með hljóðbylgjum og sérstökum efnafræðilegum aðferðum til þess að stífa leirögnum í sundur.

ferríhýtrati og hér gerist. Skýringin er sennilega fólgin í því að gjóskan frá virkustu eldstöðvunum er basísk og þar með járnrík, sem og glerkennt

áfok frá auðnum landsins. Það er m.a. eftirtektarvert að mest af ferríhýtrati mælist í Mýrdalnum í nágrenni Kötlu, sem gýs basískri gjósku. Sneitt var hjá þykkum gjóskulögum í töflunni. Leirinnihald þeirra er mjög breytilegt en alla jafna mun minna ef gjóskan er gróf. Lítið er af ferríhýtrati í ljósu Hekluögnum en nokkuð af allófani.

Hið mikla magn ferríhýtrats í jarðveginum rýrir gil matsins á allófani, því sumt af því Si_o sem lagt er til grundvallar kann að vera bundið við yfirborð ferríhýtratsins. Það kann aftur að skýra hið óvenjulega lága hlutfall Al/Si sem mælist (Si ofmetið). Svo lágt hlutfall er þó alls ekki óþekkt í heiminum en það er fremur sjaldgæft. Parfitt og Kimble (1989) ályktuðu að svo lágt hlutfall stafaði af hlutfallslega miklum styrk Si í jarðvegslausninni í rökum jarðvegi þar sem útskolun er lítil.

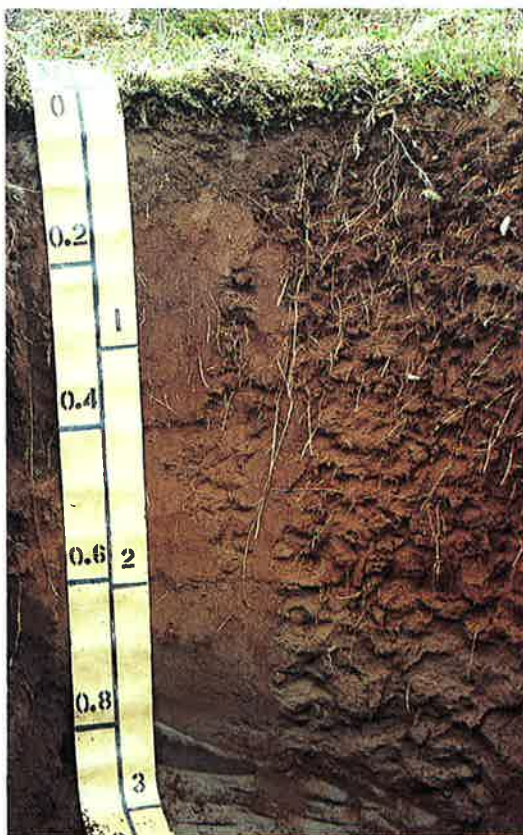
Tölurnar sem gefa til kynna allófan fela einnig í sér eitt-hvað af ímógólíti, en rannsóknir Wada o. fl. (1992) sýna að ímógólít finnst í flestum jarðvegssýnanna en minna er af því en allófani. Mest fannst af ímógólíti í sýnum frá Þingvallasveit.

Í flestum tilfellum er sæmilegt samræmi á milli matsins á allófani og ferríhýtrati og kornastærðarmælingarinnar í

aftasta dálkinum í 2. töflu. Oxalat-aðferðin mælir ekki allan leirinn sem er í jarðveginum og því ættu tölurnar fyrir heildarmagn leirs að vera nokkru

hæri en samanlagt magn allófans og ferríhýtrats. Allófan er trúlega ofmetið í öllum sniðunum nema Þingvallasveit vegna þess hve mikið er af ferríhýtrati. Eitt sýni frá Biskupstungum sýnir verulegt ósamræmi sem erfitt er að skýra. Jarðvegslagið sem sýnið var tekið úr var nokkuð samlímt, trúlega af völdum járn, og því kann skýringin að vera sú að ekki hafi tekist að skilja samræmin algjörlega í sundur við kornastærðarmælinguna.

Bæði grunnvatn og árvatn á Íslandi mælist með hátt efnainnihald (Sigurður Gíslason 1988). Þetta bendir til umtalsverðrar efnavirkni við yfirborðið, sem er í samræmi við þær niðurstöður sem hér eru kynntar. Gjóska veðrast að öllu jöfnu auðveldlega, ekki síst í votviðrasömu landi, og því á sér stað talsverð efnaveðrun í íslenskum jarðvegi.



EIGINLEIKAR JARÐVEGSINS Í LJÓSI LEIRGERÐAR

Eldfjallajarðvegur hefur að mörgu leyti sérstæða eiginleika, sem eru svipaðir hvar í heiminum sem slíkur jarðvegur finnst. Þess vegna er eldfjallajarðvegur yfirleitt talinn sérstök jarðvegsgerð (soil order), sem ýmist er kölluð *Andosol* eða *Andisol* í erlendum flokkunarkerfum.

Það sem einkennir eldfjallajarðveg er m.a. lítil rúmþyngd, mikil vatnsheldni, fastheldni á fosfórsambönd, mikið af lífrænum efnum og ýmsir eðlis- og efnaeiginleikar sem rekja má til leirsins.

Í eldfjallajarðvegi myndast Al-P sambönd sem valda því að jarðvegurinn virðist fosfórsnauður enda

6. mynd. Snið í Þingvallasveit. Mælikvarðinn sýnir fet og metra. A2 jarðvegslagið (12–28 cm dýpi) hefur um 46% leir, einkum allófan og ferríhýtrat ásamt nokkru af ímógólíti. Allófan og ferríhýtrat gefa jarðveginum hinn dæmigerða rauðbrúna lit.

þótt mikið af fosfór geti verið til staðar. Af þessum ástæðum þarf að bera mikinn fosfór á eldfjallajarðveg við ræktun hans.

Hin mikla vatnsheldni jarðvegsins hefur umtalsverð áhrif á íslenskan jarðveg, þar sem hann er sífellt að frjósa og þiðna á víxl. Rúmmálsbreytingarnar sem verða við að vatnið frýs valda því m.a. að þúfur myndast og jarðvegur skríður hægt og

sígandi undan halla (jarðsil). Áhrif frosts á jarðveg eru óviða meiri en á Íslandi vegna þess að hve jarðvegurinn heldur miklu vatni og hve oft hann frýs og þiðnar.

Algengt einkenni jarðvegs með miklð af allófani er að við vatnsmettun missir jarðvegurinn alla samloðun, („thixotropic“ einkenni) en þannig er jarðvegurinn m.a. oft á vorin. Skortur á samloðun eykur hættu á skriðuföllum og veldur ýmsum vandkvæðum við mannvirkjagerð (Maeda o.fl. 1977), raunar svo mjög að það væri nægilegt efni í aðra grein.

Uppruni og þróun jarðvegsins móta íslenska náttúru á afgerandi hátt. Fátt hefur meiri áhrif á eiginleika jarðvegsins en leirinn. Því er mikilvægt að afla meiri þekkingar á því hvaða leir finnst í íslenskum jarðvegi og hvaða munur er á leirnum milli landshluta og innan minni svæða. Rannsóknir á leir og öðrum grundvallareiningum jarðvegs hafa að mörgu leyti verið ónógar og ekki fylgt rannsóknum á öðrum þáttum íslenskrar náttúru. Þetta kemur m.a. fram í þeim misskilningi að lítinn sem engan leir sé að finna í íslenskum jarðvegi. Þá er það útbreiddur misskilningur að auðnir landsins, t.d. lítið grónir melar, hafi ekki jarðvegsyfirborð. Einnig þar á sér stað jarðvegsmyndun og rannsóknir á nokkrum sýnum úr melajarðvegi sýna að þar finnst leir (5–15%), m.a. allófan, ímógólfít og smektít (Wada o.fl. 1992). Vonandi ber framtíðin með sér aukna þekkingu á íslensku jarðvegsauðlindinni og þeim þáttum sem mest móta eðli jarðvegsins.

ÞAKKARORÐ

Ása L. Aradóttir og Sigurður Steinþórsson lásu yfir handrit að þessari grein og færðu margt til betri vegar og kann höfundur þeim bestu þakkir fyrir.

HEIMILDIR

- Allen, B.L. & D.S. Fanning 1983. Composition and soil genesis. Í *Pedogenesis and Soil Taxonomy. I. Concepts and interactions* (ritstj. L.P. Wilding, N.E. Smeck & G.F. Hall). *Developments in Soil Science 11A. Elsevier, New York*. Bls. 141-192.
- Dixon, J.B. & S.B. Weed (ritstj.) 1989. Minerals in soil environments. 2. útg. *Soil Sci. Soc. of Am. Madison, Wisconsin*. 1244 bls.
- Maeda, T., H. Takenaka & B.P. Warkentin 1977. Physical properties of allophane soils. *Adv. Agron.* 29. 229-264.
- Ólafur Arnalds 1990. Characterization & erosion of Andisols in Iceland. Óprentuð doktorsritgerð, *Texas A&M University, College Station, Texas*. 179 bls.
- Parfitt, R.L. 1990. Allophane in New Zealand - A review. *Aust. J. Soil Res.* 28. 343-360.
- Parfitt, R.L. & C.W. Childs 1988. Estimation of forms of Fe and Al: A review, and analysis of contrasting soils by dissolution and Moessbauer methods. *Aust. J. Soil Res.* 26. 121-144.
- Parfitt, R.L. & T. Henmi, 1982. Comparison of an oxalate-extraction method and an infrared spectroscopic method for determining allophane in soil clays. *Soil Sci. Plant Nutr.* 28. 183-190.
- Parfitt, R.L. & J.M. Kimble 1989. Conditions for formation of allophane soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53. 971-977.
- Parfitt, R.L. & A.D. Wilson 1985. Estimation of allophane and halloysite in three sequences of volcanic soils, New Zealand. Í *Volcanic soils. Weathering and landscape relationships of soils on tephra and basalt* (ritstj. E.F. Caldas & D.H. Yaalon). *Catena Supplement 7*. Bls. 1-8.
- Ping, C.L., S. Shoji & T. Ito 1988. Properties and classification of three volcanic ash-derived pedons from Aleutian Islands in Alaska Peninsula, Alaska. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52. 455-462.
- Ping, C.L., S. Shoji, T. Ito, T. Takahashi & J.P. Moore 1989. Characteristics and classification of volcanic-ash-derived soils in Alaska. *Soil Science* 148. 8-28.
- Schulze, D.G. 1989. An introduction to soil mineralogy. Í *Minerals in soil envi-*

- ronments. 2. útg. (ritstj. J.B. Dixon & S.B. Weed). *Soil Sci. Soc. of Am. Madison, Wisconsin*. Bls. 1-34.
- Schwertmann U. & R.M. Taylor 1989. Iron Oxides. Í *Minerals in soil environments*. 2. útg. (ritstj. J.B. Dixon & S.B. Weed). *Soil Sci. Soc. of Am. Madison, Wisconsin*. Bls. 379-438.
- Sigurður Gíslason 1988. Efnafraði árvatns og hraði efnaröfs. *Náttúrufræðingurinn* 58. 183-197.
- Þorleifur Einarsson 1985. Jarðfræði. *Mál og menning, Reykjavík*. 233 bls.
- Wada, K. 1989. Allophane and imogolite. Í *Minerals in soil environments*. 2. útg. (ritstj. J.B. Dixon & S.B. Weed). *Soil Sci. Soc. of Am. Madison, Wisconsin*. Bls. 1051-1088
- Wada K., Ólafur Arnalds, Y. Kakuto, L.P. Wilding & C.T. Hallmark 1992. Clay minerals of four soils formed in eolian and tephra materials in Iceland. *Geoderma* 52. 351-365.

SUMMARY

Notes on clay minerals in Icelandic soils

By Ólafur Arnalds

Agricultural Research Institute (RALA)

Keldnaholt

IS-112 REYKJAVÍK

Iceland

The paper describes in general terms the formation of clay minerals in soils. It provides discussion on minerals that are common in volcanic soils (Andosols), which are allophane, ferrihydrate and imogolite. It has been assumed that Icelandic soils are poor in soil clays since traditional methods to measure particle size reveal limited clay content. X-ray diffraction has also shown lack of layer silicates. This is common for volcanic soils, even if clays are an important constituent of the soils. Alternative methods have to be used for analysis of clays in volcanic soils. These include chemical analysis (e.g. oxalate extraction), infrared analyses, transmission electron microscopy and high energy dispersion for particle size analyses.

Results of such analyses based on Wada et al. (1992) and Ólafur Arnalds (1990), are presented in Table 2. Allophanes, imogolite and ferrihydrate are common minerals in Icelandic soils, but layer silicates are uncommon.

