

**Túflag á fyrirhuguðu lónstæði Háslóns
Flikrubergr eða móberg við Lindur?**

Árman Höskuldsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

NÍ-03008

Reykjavík, mars 2003



NÁTTÚRUFRAEÐISTOFNUN ÍSLANDS

ISSN 1670-0121

ÚTDRÁTTUR

Hér er gerð grein fyrir rannsóknum á túfflagi sem er að finna í farvegi Jökulsár á Brú. Gjósukulag þetta hafði verið greint sem flikrberg og því var farið þess á leit við Landsvirkjun að hún kostaði rannsókn á uppruna og eðli myndunar lagsins. Við nákvæma rannsókn á laginu hefur komið í ljós að það er gert úr basískum gosefnum. Efnasamsetning þess bendir til að um sé að ræða þóleiít basalt af þeirri gerð sem er mjög algeng á Íslandi. Þá hefur nákvæm skoðun í smásjá leitt í ljós að um er að ræða gjósku myndaða við svipaðar aðstæður og almennt ríkja í eldgosum þar sem vatn hefur greiðan aðgang að gosrásinni. Skýr merki þessa eru öskubaunir sem einkenna efsta hluta lagsins. Neðri hluti þess er aftur á móti myndaður í hlaupvatni, líklega tengdu bræðslu á fornum jökli.

Niðurstaða rannsóknarinnar er því að lagið er ekki flikrberg, heldur er hér um að ræða móberg af einni algengustu tegund sem finnst á Íslandi.

EFNISYFIRLIT

ÚTDRÁTTUR	3
1 INNGANGUR	7
1.1 Flikrberg	7
1.2 Súr sprengigos	9
1.3 Rannsóknaraðferðir	10
1.4 Lagið í gljúfri Jökulsár á Brú við Lindur	12
1.5 Jarðlagaskipan við Lindur	13
2 LÝSING Á LAGSYRPUM	16
2.1 Lindur, svæði norður af brotabelti B1	16
2.2 Lindur, svæði milli brotabela B1 og B2	18
2.3 Laugarvellir	20
3 BERGLÝSINGAR	23
3.1 Þunnsneiðalýsingar	23
3.1.1 Lindur 09 snið 1	24
3.1.2 Lindur 09 snið 2	25
3.1.3 Lindur 08 snið 1	26
3.1.4 Lindur 03 snið 2	27
3.1.5 Lindur 10 snið 2	28
3.1.6 Lindur 06 þversnið	29
3.1.7 Laugarvellir 07 gulleitt	30
3.1.8 Laugarvellir 05 rauðbrennt	31
3.1.9 Laugarvellir 04 rauðbrennt	32
4 SAMANTEKT	33
4.1 Gjóskulagið við Lindur	33
4.2 Setbergið milli B1 og B2	33
4.3 Höggun	34
4.4 Landslag	34
4.5 Gjóskulagið á Laugarvöllum	34
5 NIÐURSTAÐA	35
6 HEIMILDIR	36

MYNDIR

1. mynd. Strúktur í Reyðarfjarðar-flikrubergrinu	8
2. mynd. Dæmigert snið í gegnum flikrubergr	9
3. mynd. Öskubaunir í Lindum	11
4. mynd. Afstaða á rannsóknarstað	12
5. mynd. Afstaða lagsins í Lindum	13
6. mynd. Gjóskulagið við Lindur, austan ár	14
7. mynd. Öskubaunir í gjóskulaginu við Lindur norðan brotabeltis B1	15
8. mynd. Gjóskulagið við Lindur, rauður hluti	15
9. mynd. Snið tekin í gjóskulagið við brotabelti B1 við Lindur	16
10. mynd. Gjóskulagið við Lindur, bergbrot og gjallmolar	17
11. mynd. Gjóskulagið við Lindur séð austur yfir Jöklu	18
12. mynd. Nærmynd af þursabergi milli brotabeltanna B1 og B2	19
13. mynd. Langsnið eftir gjóskulaginu vestan Laugarvallaár	19
14. mynd. Rauðbrenndur hluti þursabergsins við Lindur	20
15. mynd. Snið tekið á vesturbökkum Laugarvallaár	21
16. mynd. Afstaða gjóskulagsins á Laugarvöllum	21
17. mynd. Snið á vesturbakka Laugarvallaár	22
18. mynd. Þunnsneið af öskubaunalagi í sniði 1	24
19. mynd. Þunnsneið af öskubaunalagi í sniði 2	25
20. mynd. Þunnsneið af sýni á mörkum lagskipta hlutans og neðsta hluta sniðs 1	26
21. mynd. Þunnsneið af sýni við gang í sniði 2 á mörkum finnar gjósku og grófrar	27
22. mynd. Þunnsneið af sýni úr rauðum oxuðum botnhluta í sniði 2	28
23. mynd. Þunnsneið af grófkorna einingu ofan á setlögnum sunnan við brotabelti B1	29
24. mynd. Þunnsneið af sýni úr gulleita hluta gjóskulagsins á Laugarvöllum	30
25. mynd. Þunnsneið af sýni úr rauðbrennda hluta gjóskulagsins á Laugarvöllum, austan ár	31
26. mynd. Þunnsneið af sýni úr rauðbrennda hluta gjóskulagsins á Laugarvöllum, vestan ár	32

TÖFLUR

1. tafla. Efnagreiningar á plagioklas nálum úr takýlitglerti	26
--	----

1 INNGANGUR

Haustið 2001 var farið í leiðangur í gljúfur Jökulsár á Brú til að kanna lag sem hafði verið greint sem flikruberger í jarðlagastaflanum þar (Sigmundur Einarsson og fl. 2000). Lag þetta er að finna í gljúfrinu á móts við Lindur. Upplýsingar um flikruberger eru mikilvægar svo betur verði hægt að gera grein fyrir þeim hættum sem samfara eru myndun slíkra jarðlaga en talið er að þau myndist við stór súr sprengigösum. Með athugun á laginu er hægt að greina uppruna þess og væntanlega aldur. Ef fyrirhugað Háslón verður að veruleika fer lagið á kaf og aðgengi að því heft um þann tíma er nemur endingartíma virkjunarinnar. Því er mikilvægt að afla allra gagna um lagið áður en það fer undir vatn og aur.

1.1 Flikruberger

Orðið flikruberger hefur verið notað á Íslandi um ljós, súr til ísúr berglög er finnast víða í tertíer og árkvarter jarðlagastaflanum. Flikruberger er mun ljósara en basaltlögin sem það er innan um. Ennfremur hefur flikruberger ásýnd móbergs, að litnum undanskildum, þ.e. bergið ber með sér að vera gert úr kvörnuðu gosgleri, gjósku. Flikruberger er oft stuðlað, eins og hraun, og gjarnan finnast í bergstálinu leifar útflattra vikurmöla. Nafn sitt dregur bergið raunar af þessum vikurmöllum, *flikrum*. Stuðlun bergsins og tilvist útflattra vikurmöla bendir til þess að gjóskan hafi verið mjög heit þegar hún lagðist til, nægilega heit til þess að vikurmölnir leggjast saman og byrja að mynda fast berg, þ.e. þeir byrja að bráðna saman á ný. Til að svo megi verða þarf hitastigið í gjóskunni að vera hærra en glerjunarhiti, þ.e. hærra en 750°C ef um rhyólít er að ræða.

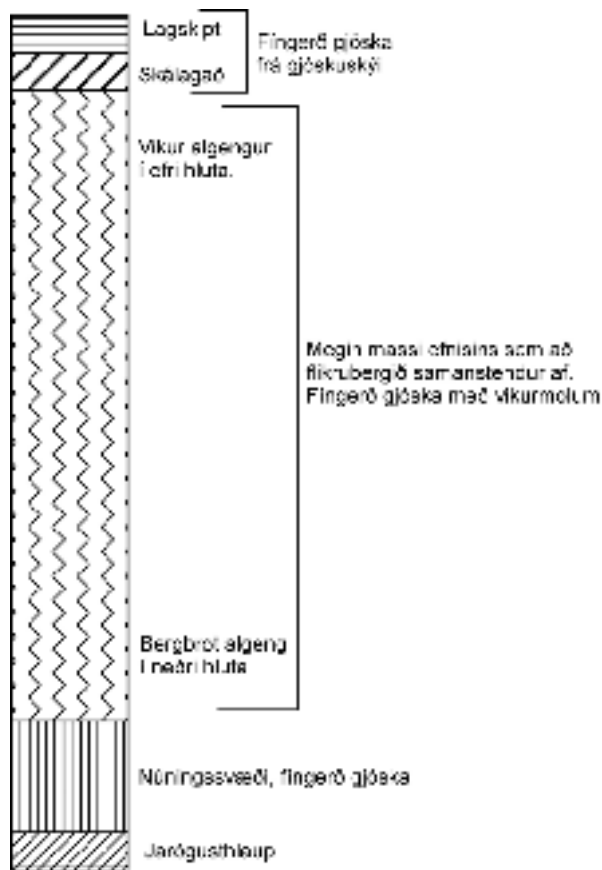
Íslensk flikruberger eru yfirleitt mjög rúmmálsmiklar einingar og má þar nefna Skessutúffið á Austfjörðum sem er um 4,5 km³ og Reyðarfjarðartúffið (1. mynd) sem er um 2,5 km³ (Walker 1962). Flikruberger á uppruna sinn að rekja til stórra, súrra sprengigösa. Í slíkum gösum rísa gosefnin upp frá gosopi og teygja sig til himins. Kalt loft umhverfis eldstöðina sem dregst inn í gosmökkinn hitnar og eykur rúmmál sitt. Við það lækkar eðlisþyngd gosfnanna niður fyrir eðlisþyngd andrúmsloftsins svo gosfnin geta stigið til himins. Ef gosmökkurinn nær ekki að draga til sín nægilega mikið af lofti frá umhverfi eldstöðvarinnar verður eðlisþyngd gosfnanna aftur á móti hærra en umhverfisins. Ef það gerist fellur gosmökkurinn saman og tekur að skriða sem mikið flóð út frá eldstöðinni. Þetta eiga öll gjóskuflóð raunar sameiginlegt. Hins vegar kólna smærri gjóskuflóð (<1 km³) mjög hratt og því ná þau hvorki að stuðlast né að mynda samfallna vikurmöla.



1. mynd. Myndin sýnir strúktur í Reyðarfjarðar-flikrubergrinu. Hvítu skellurnar er vikurmolar sem eru á floti í finni grunnmassa. Vikurinn er fallinn saman á köflum, en það eru merki þess að hitinn í gjóskunni hafi verið yfir glerjunarhita þegar hún settist til (ljósm. Ármann Höskuldsson).

Á síðari árum hefur skilningur á uppruna og eðli flikrubergrs verið að breytast. Á erlendum málum er það kallað „ignimbrite“. Raunar er mælt með því víða að orðin „ignimbrit“ og „pyroclastic flow“ séu lögð að jöfnu og þá í þeim skilningi að hér sé um gjóskuflóð að ræða (Fisher og Schmincke 1984 og Francis 1993). Hins vegar hefur „ignimbrite“ verið skilgreint sem undirtegund gjóskuflóða sem innhalda vikur, sambrædd eður ei og óháð rúmmáli (Sparks og fl. 1978). Tvær aðrar megin tegundir gjóskuflóða eru þekktar, en þær eru ösku- og gjallflóð og ösku- og blokkflóð (Francis 1993). Fyrri tegundin einkennist eins og nafnið bendir til af ösku og gjalli og er að jafnaði úr mun basískara efni en flikrubergr, dæmi eru gjóskuflóðin sem mynduðust í Heklugosinu 2000 (Ármann Höskuldsson og Rósa Ólafsdóttir 2002). Seinni tegundin einkennist af grjóthnullungum og ösku úr sama efni og á uppruna sinn að rekja til tróðgosa þar sem miklir hraungúlar myndast. Slík gjóskuflóð hafa ekki fundist enn á Íslandi svo vitað sé.

Dæmigert snið í gegnum flikrubergrsstraum er að finna á 2. mynd. Þar kemur fram að neðst er lag með mjög skálöguðum einingum. Lagið er myndað í gjóskuskýi sem rennur framan við flóðið. Því næst kemur öfugt lóðgreint lag sem myndast vegna núnings flóðsins við undirlag sitt. Þá tekur við mjög þéttur hluti sem oft á tíðum er stuðlaður eða inniheldur flikrur, þetta er meginmassi gjóskunnar í flóðinu. Loks leggst ofan á þetta allt eining sem er að hluta skálöguð og að hluta lárétt, lagskipt, loftborin gjóska. Þessi eining er myndað í gjóskuskýi sem fylgir flóðinu.



2. mynd. Dæmigert snið í gegnum flikrberg (Sparks og fl. 1973).

Á Íslandi, einu fárra landa í heiminum, verða einnig gjóskuhlaup í gosum er eiga sér stað í vatni eða undir jökli. Þetta er nefnt jökulhlaup og jökulhlaupaset, þar sem að þessi gjóskuhlaup eru í raun seinni tíma afleiðing eldgossins og tengd framrás bræðsluvatns. Samfara eldgosum af þessu tagi fellur mikil gjóska úr lofti sem oftast en ekki er mjög rík af öskubaunum.

Einni annarri berggerð svipar mjög til flikrbergs en það er flikrubreskja, sambræðingur loftborinnar gjósku. Meginmunur þessara tveggja berggerða er að flikrubreskjan myndast í nánasta umhverfi gosrásarinnar og á uppruna sinn að rekja til hraðrar upphleðslu loftborinnar gjósku. Þekktasta dæmi þessa hér á landi er flikrubreskjan í SV-horni Öskju sem myndaðist í gosinu 1875.

1.2 Súr sprengigos

Tíðni súrra sprengigos á Íslandi er frekar lág og er rúmmál þessara gosa ennfremur mjög breytilegt. Á sögulegum tíma hefur um það bil eitt sprengigos átt sér stað á hverri öld. Tíðni súrra sprengigos virðist hafa verið svipuð síðastliðin 10.000 ár, þó með hugsanlegri undantekningu í kjölfar bráðunar stóru ísaldarjökla.

Ummerki um súr sprengigos finnast í jarðmyndunum frá tertíer. Þekktustu lögin eru flikrbergslögin tvö á Austfjörðum og Húsafellsflikrbergið í Borgarfirði (Walker 1962 og Kristján Sæmundsson 1979). Við kortlagningu á tertíer jarðlagastafla Íslands hefur komið í

Ljós að súr sprengigos og myndun flikrubeigs er hluti af þróunarsögu flestra megineldstöðva er þar finnast.

Í jarðlögum frá kvarter tíma kemur svipað mynstur fram, einkum í árkwarter jarðlögum. Erfiðara er að rekja jarðsöguna eftir að jöklar ísaldarinnar hafa numið land á Íslandi. Hinsvegar má greina leifar nokkurra súrra sprengigosa og flikrubeigslaga. Frægust eru flikrubeigslögin í Þórsmörk (um 54 þúsund ára, Sigurður Þórarinsson 1969) og á Sólheimahéiði (um 12 þúsund ára, Haraldur Sigurðsson o. fl.1995).

Jarðsaga Íslands á kvarter staðfestir þá þróunarsögu sem lesin hefur verið í tertíer jarðlagastaflanum að súr sprengigos og myndun flikrubeigslaga er hluti af þróunarsögu flestra íslenskra megineldstöðva.

Hér á eftir verður gerð grein fyrir athugunum á svonefndu flikrubeigi við Lindur og á Laugarvöllum og þeim niðurstöðum sem má draga af þeim.

1.3 Rannsóknaraðferðir

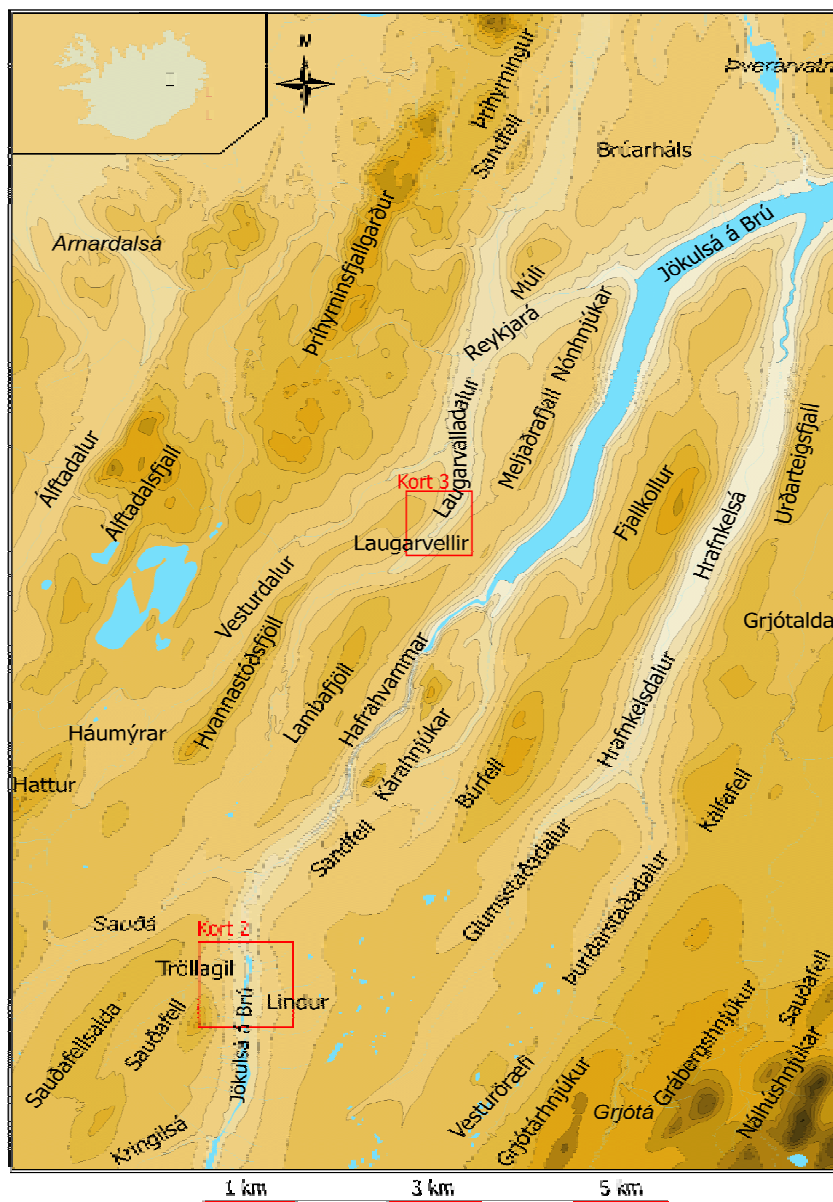
Rannsóknin hófst á uppmælingu sniða og sýnatöku haustið 2001. Farið var nákvæmlega yfir lagið við Lindur. Skráð voru misgengi og gangar á svæðinu sem skera lagið. Sýni voru tekin úr hverri einingu lagsins til frekari rannsóknar á rannsóknastofu (3. mynd). Ennfremur voru sýni send til Japans til aldursákvæðana. Hins vegar hefur ekki enn sem komið er tekist að fá aldur á sýnin þar sem þau eru mjög ummynduð. Eftir að mælingum á laginu við Lindur lauk vaknaði sú spurning hvort ekki gæti verið um skyldleika að ræða á milli þess og meints flikrubeigs á Laugarvöllum.

Á Laugarvöllum var beitt sömu aðferðum, laginu var lýst og það mælt upp. Ennfremur voru tekin af því sýni til rannsóknar á rannsóknastofu.

Gerðar voru þunnsneiðar af sýnunum til þess að greina berggerð og strúktúr efnisins sem lagið er gert úr. Ennfremur var farið með þunnsneiðar í örgreini Norrænu eldfjallastöðvarinnar til þess að greina efnasamsetningu gjóskunnar.



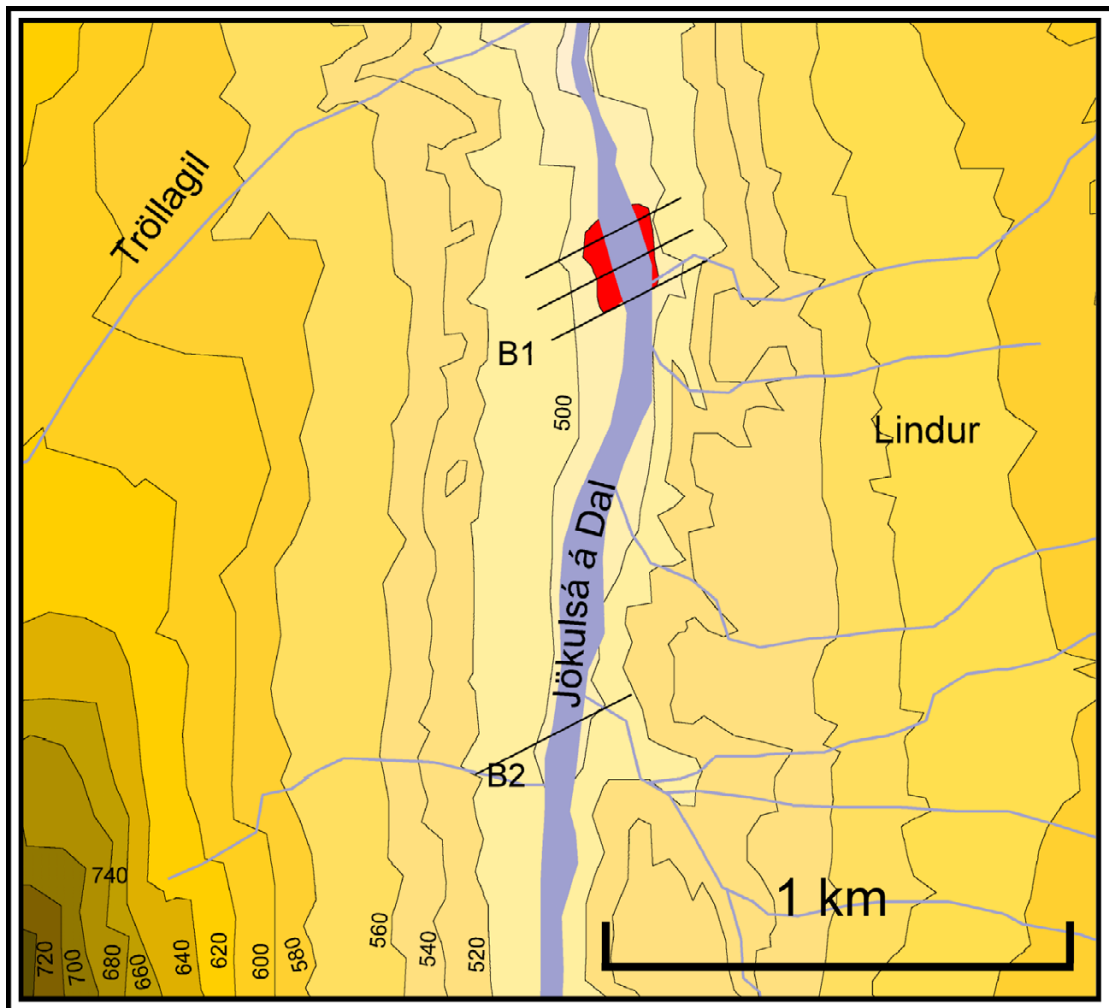
3. mynd. Öskubaunir (ljósir dýlar) í Lindum (ljósm. Ármann Höskuldsson).



4. mynd. Kortið sýnir afstöðu á rannsóknarstað. Tveir staðir voru skoðaðir sérstaklega og eru þeir merktir inn á kortið. Syðri staðurinn er Lindur og er merktur sem Kort 2 og nyðri staðurinn er Laugarvellir merktur sem Kort 3.

1.4 Lagið í gljúfri Jökulsár á Brú við Lindur

Hér á eftir fer lýsing á þeim sniðum sem mæld voru. Byrjað er að lýsa sniðum í nyrsta hlutanum sem jafnframt mun vera efsti hluti sniðsins. Gjóskulagið er staðsett beggja vegna Jökulsár á Brú á móts við Lindur (4. mynd). Lagið liggur í botni dalsins, alveg niður við á (sjá 4. mynd). Höggun á svæðinu er töluverð. Á athugasvæði mátti greina tvö meginbrotabelti B1 og B2 (sjá 5. mynd). Brotabeltunum hefur fylgt eldvirkni sem gosgangar á svæðinu vitna um. Höggun er samkvæmt reglum um normal misgengi með stefnuna N38A og falli til vesturs í brotabelti B1 og stefnuna N59A í brotabelti B2. Gangar sýna sömu stefnu.



5. mynd. Kortið sýnir afstöðu lagsins í Lindum. Skoðað var gjóskulagið merkt með rauðu sem og svæðið á milli brotabeltanna B1 og B2. Tvö meginmismengji eru merkt inn á kortið og brjóta þau gjóskulagið upp í þrjú meginfleka.

Brotabelti B1 einkennist af þremur göngum sem skera jarðlagastaflann þvert yfir ána með stefnuna N34A til N42A (sjá 5. mynd). Gangarnir eru um 2 m á þykkt og úr fínkornóttu basalti. Norðan við gangana eru þrjú mismengji með fall til norðurs. Stefna á mismengjum er N38A. Gangarnir eru staðsettir í mismengisfleti með fall til norðurs. Ásýnd bergsins, sem gangarnir skera, gjörbreytist um gangana. Rauð oxun á jarðlögum sem gangarnir skera er mest áberandi næst göngunum og fjarar út til beggja hliða.

1.5 Jarðlagaskipan við Lindur

Gjóskulagið er greinilegt beggja vegna árinna (6. mynd). Austan árinna er aðgengi mjög slæmt, þar sem bakkinn er nær þverhniptur. Vestan megin árinna er aðgengi mun betra og verður hér lýst sniðum sem þar voru tekin.



6. mynd. Gjósukulagið við Lindur. Lagið sést á 200 m kafla með ánni á milli ganga og misgengja í suðri og hraunlags í norðri (ljósm. Ármann Höskuldsson).

Gjósukulagið má rekja um 200 metra langs með ánni (5. mynd). Það afmarkast í suðri af ganga- og misgengjabelti, B1, en í norðri af roffleti. Ofan í rofflötinn hefur síðan sest til set og síðan hraun er tilheyra „farvegabasalti“ samkvæmt Ágústi Guðmundssyni (1978). Gjósukulagið er brotið upp af misgengjum sem hafa fall til vesturs. Hver blokk er um 40–100 metra breið. Lagið hverfur alveg þegar þétt misgengisbelti kemur fram um 200 metra suður af roffletinum (5. mynd). Gjósukulagið er gulleitt að lit hið efra (7. mynd) en verður rauðara er neðar dregur (8. mynd). Neðsti hluti þess er dumbrauður. Lagið verður ennfremur mun rauðara er nær dregur brotabeltinu.

Sunnan við brotabeltið tekur við lag, rauðbrennt á köflum. Í langsniði nær þetta lag um 900 metra til suðurs þar sem það endar við syðra brotabeltið, B2. Sunnan við brotabeltið B2 þynnist lagið út á nokkrum metrum (5. mynd).



7. mynd. Öskubaunir (ljósir dýlar) í gjóskulaginu við Lindur norðan brotabeltis B1 (ljósm. Ármann Höskuldsson).

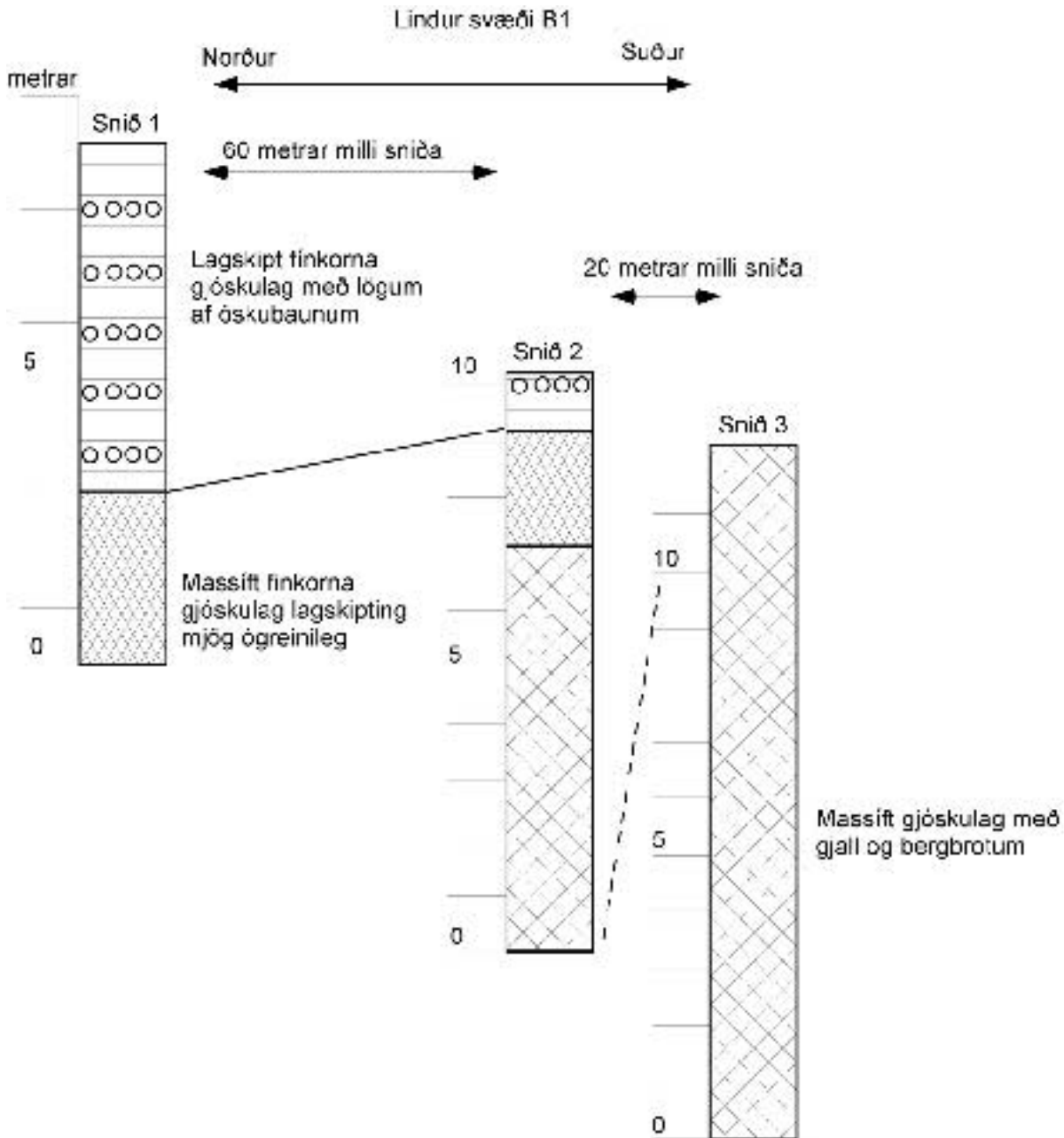


8. mynd. Gjóskulagið við Lindur. Lagið er mikið ummyndað og brotið. Rauði liturinn verður mun meira áberandi er nær dregur göngunum, fjær þeim tekur lagið á sig gulan lit. Myndin er tekin austan ár og er séð vestur yfir Jöklu (ljósm. Ármann Höskuldsson).

2 LÝSING Á LAGSYRPUM

2.1 Lindur, svæði norður af brotabelti B1

Fyrsta snið er tekið norðan við brotabelti, B1 (9. mynd). Tvö megin misgengi skera lagið hér og skipta því upp í þrjár megin blokkir. Fall á hverju misgengi er áætlað um 9 til 10 metrar. Heildarþykkt lagsins hér er því um 30 metrar (9. mynd).



9. mynd. Snið tekin í gjóskulagið við brotabelti B1 við Lindur.

Nyrsta blokkinn er um 9 m á hæð og gerð úr mjög finkorna efni. Efri hlutinn er greinilega lagskiptur með láréttum lögum (11. mynd). Óskubaunir koma fram í reglulegum lögum aðgreindum af finna efni. Þessi lagskipting er greinileg í efstu 6 metrunum. (7. mynd).

Neðstu 3 metrarnir í opnunni eru mjög finkorna og eru ekki lagskiptir. Efnið er rauðleit og gulleitt í opnunni (10. mynd).



10. mynd. Gjóskulagið við Lindur. Myndin sýnir þann hluta lagsins sem inniheldur mikið af bergbrotum og gjallmolum. Þessi ásjón er áberandi undir lagskipta hlutanum með öskubauninum (ljósm. Ármann Höskuldsson).

Næsta snið er tekið í blokk 2 um 60 metrum suður af blokk 1 (9. mynd). Efsti hlutinn er gulleitur með lagskiptingu. Öskubaunir sjást í efsta metranum af sniðinu en síðan verður sniðið einsleitt og mjög finkorna (7. mynd). Um 3 metrum frá topp tekur sniðið að roðna og meira fer að bera á bergbrotum í efninu (10. mynd). Rauði liturinn verður afgerandi í neðsta hluta þess. Innan um bergbrotin má greina einstaka gjallmola. Bæði bergbrotin og gjallmolarnir eru á víð og dreif í fínna efni. Gjallið í sniðinu er ekki afmyndað. Lagskipting er engin í þessum hluta. Heildarþykkt lagsins er um 10 metrar (9. mynd).



11. mynd. Gjósulagið við Lindur séð austur yfir Jöklu. Lagskipting er greinileg í efri hluta lagsins en það verður aftur mun efnismeira er neðar dregur (ljósm. Armann Höskuldsson).

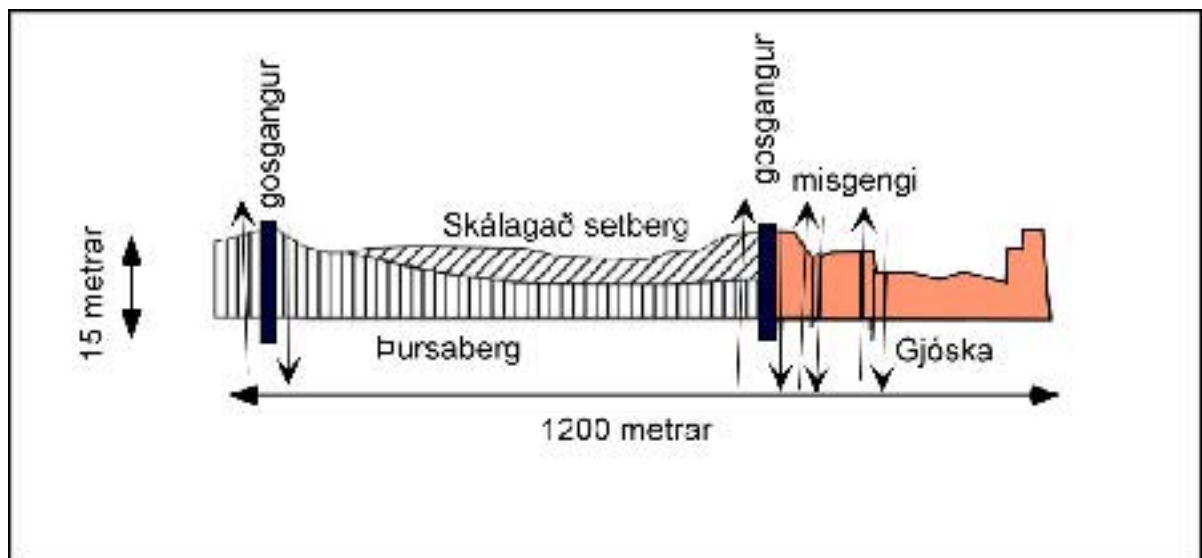
Þriðja sniðið er í um 100 metra breiðri blokk er nær alveg út að brotabelti, B1 (9. mynd). Rauður litur er mjög áberandi á efninu á þessu svæði. Bergið er gert úr bergbrotum og gjallmolum á víð og dreif í finkorna efni. Lagskipting er engin. Ekki var hægt að greina neina afmyndun á gjalli í sniðinu. Heildarþykkt lagsins er um 12 metrar (9. mynd).

2.2 Lindur, svæði milli brotabela B1 og B2

Þetta svæði er um 900 m langt og einkennist af rauðbrenndu bergi. Bergið hér hefur allt aðra ásýnd en norðan við B1. Efri hluti lagsins er lagskiptur með einkennandi skálögum hallandi til NNV. Skálagaða einingin er gerð úr steinvölum innan um finni korn. Steinvölur eru ávalar sem og finni kornin. Næst brotabelti B2 ber mikið á grófum bergbrotum innan um finni korn, þ.e. þursabergi (12 mynd). Blokkir allt að 30x50 cm í þvermál eru algengar. Blokkirnar eru margar hverjar gerðar úr hörðu skálaga seti. Rauði liturinn nær í gegnum bergið allt og er sterkastur næst brotabeltunum en dofnað eftir því sem nær dregur miðju blokkarinnar (13. og 14. mynd). Ekki var hægt að áætla færslu á misgengjum sem fundust á svæðinu sökum þess hve bergið er einsleitt.



12. mynd. Nærmynd af þursaberginu sem er að finna á milli brotabeltanna B1 og B2. Á myndinni má greina stærri blokkir af lagskiptu seti í þursaberginu. Blokkirnar jafnt sem grunnmassinn eru rauðbrenndar í gegn (ljósm. Armann Höskuldsson).



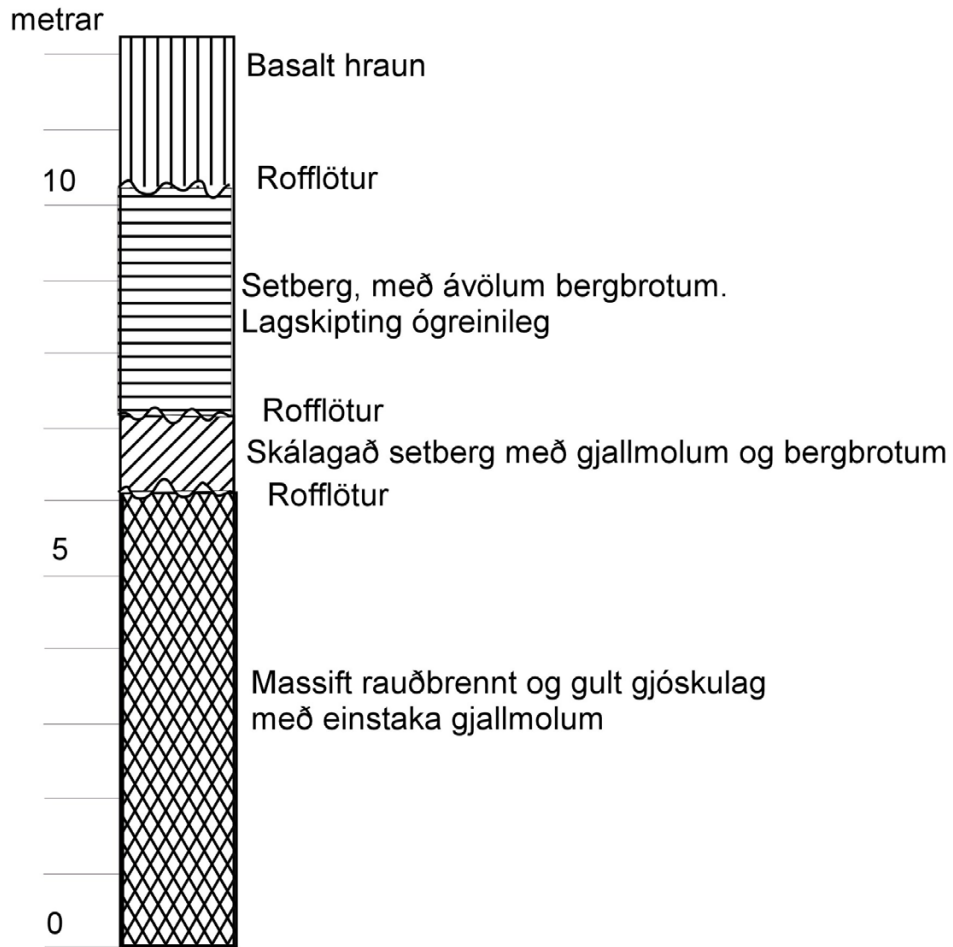
13. mynd. Langsnið eftir gjóskulaginu vestan ár. Sniðið er um 1200 metra langt. Við nyrðra brotabeltið, B1, verður breyting á samsetningu lagsins og við tekur skálagað set og þursaberg. Lagið á milli brotabeltanna lýsist að miðju. Rauði liturinn er mest áberandi næst gösgöngunum.



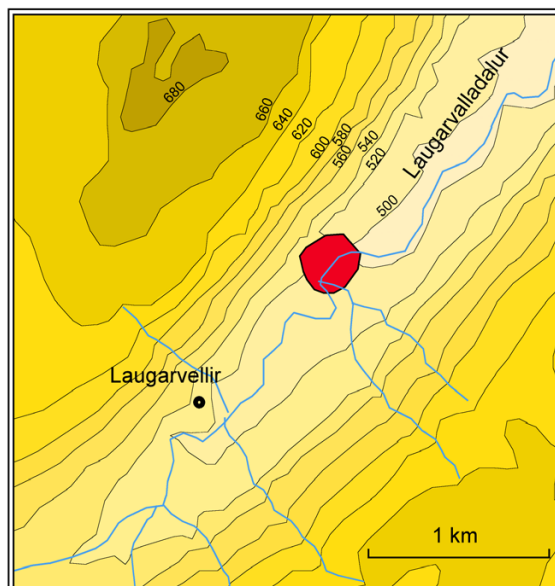
14. mynd. Rauðbrenndur hluti þursabergsins við Lindur. Myndin er tekin austur yfir ána frá brotabelti B2. Á myndinni sést einn af göngunum í brotabeltinu vel. Efst í bakkannum kemur skálagað setbergið vel fram (ljósm. Ármann Höskuldsson).

2.3 Laugarvellir

Á Laugarvöllum hefur verið lýst súru gjóskulagi (Elsa G. Vilmundardóttir 1997; 15. og 16. mynd). Ástæða þótti til að skoða lagið nánar og athuga hvort hér gæti verið um sama lag að ræða og kemur fram við Lindur. Lagið er gulleitt og grófkorna vestan ár en rauðbrennt austan hennar. Um það bil 12 metra snið var tekið í bakkann vestan megin ár (15. og 17. mynd). Í efsta hluta sniðsins er hraun sem er um 2 metrar á þykkt. Undir hrauninu er um 3 metra þykkt setlag. Á milli hrauns og setlags er greinilegur rofflötur. Undir setlaginu kemur skálagað gjall og bergbrot. Gjallmolar eru ávalir sem og þau bergbrot sem hér fundust. Á milli þessa skálagaða hluta og næstu einingar fyrir neðan er greinilegur rofflötur. Undir gjallinu kemur síðan heilsteypt rauðleitt lag án lagskiptingar. Í laginu má greina bergbrot og gjallmola. Gjallmolar eru ekki afmyndaðir. Bæði gjallmolarnir og bergbrotin eru á dreif í finni massa. Austan við ána eru eingöngu opnur í rauðleita hluta lagsins. Lagið er mjög ummyndað eins og merkja má af litbrigðum í því.



15. mynd. Snið tekið á vesturbökkum Laugarvallaár.



16. mynd. Kortið sýnir afstöðu gjóskulagsins á Laugarvöllum. Þetta lag var skoðað með tilliti til þess hvort það væri raunverulega flikruberger og þá hið sama og sést í við Lindur.



17. mynd. Ljósmynd af vesturbakka Laugarvallaár þar sem snið var tekið. Litabreytingin sem kemur fram í miðju sniðinu markar skálagaða flötinn. Neðan hans er lagið massíft án sjáanlegrar lagskiptingar (ljósm. Ármann Höskuldsson).

3 BERGLÝSINGAR

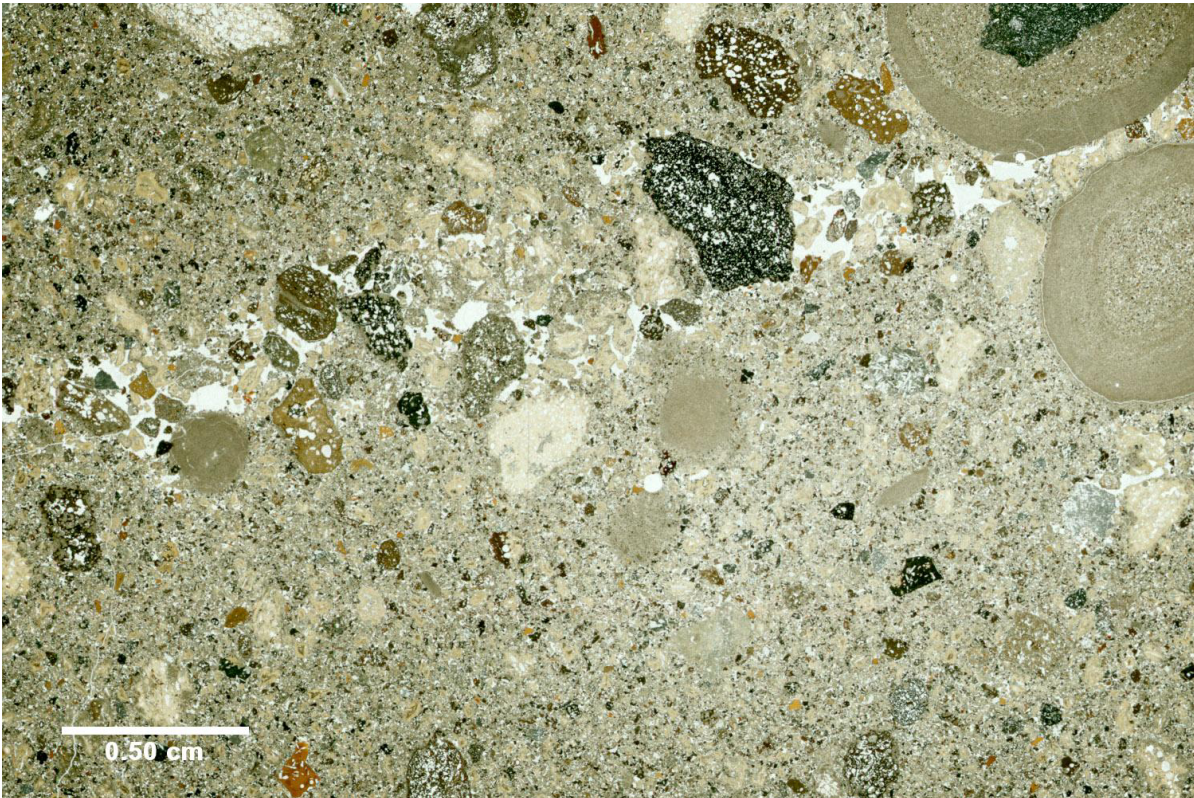
Hér verður lýst sýnasyrpu sem tekin var í sniðum við Lindur sem og á Laugarvöllum. Tilgangur þessa er að berggreina efnið sem í gjóskulögunum finnst. Jafnframt er ætlunin að kanna skyldleika á milli opna í Lindum og Laugarvöllum. Öll sýnin reyndust of ummynduð til þess að unnt væri að aldursgreina þau. Eins og fram kemur í lýsingum hér á eftir er efnið mjög ummyndað og upprunalegt gosgler ekki til staðar í neinu sýnanna. Mikið er um geislasteindir og leirsteindir sem myndast hafa við ummyndun og skolun gosglersins. Í lok kaflans verður greint frá efnagreiningum sem gerðar voru á Norrænu eldfjallastöðinni með örgreini. Sökum ummyndunar var brugðið á það ráð að greina feldspatkrystalla í glerinu, enda eru þeir mun harðgerðari en gosgler og ummyndast við mun hærra hitastig og þrýsting.

Sýni voru tekin úr öllum einingum sem skoðaðar voru. Við Lindur var sýnum safnað úr öllum helstu ásýndum gjóskulagsins. Hið sama var gert við gjóskulagið á Laugarvöllum.

3.1 Þunnsneiðalýsingar

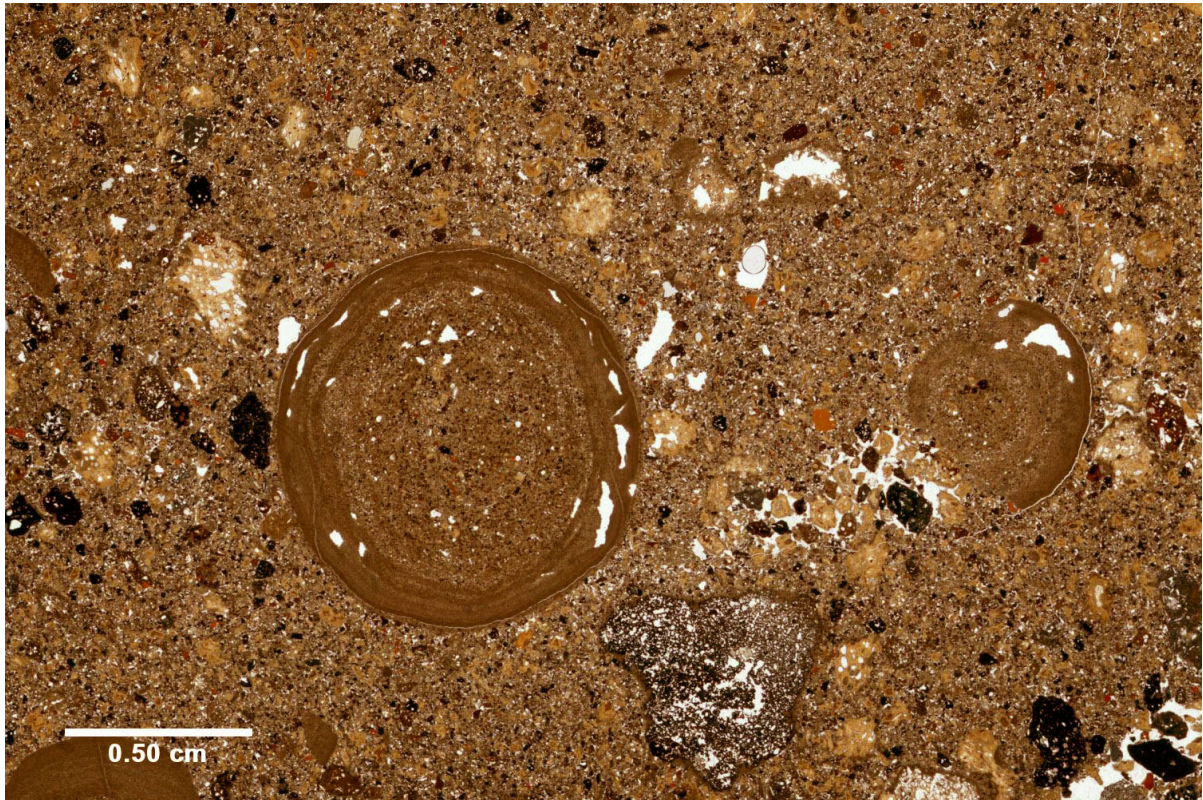
Lýsingar á þunnsneiðum fara hér á eftir ásamt ljósmynd af hverri þunnsneið. Allar þunnsneiðarnar eru um 30 micron að þykkt og voru skoðaðar í bergfræðismásjá. Þrátt fyrir ummyndun glersins geymir það upprunalegar útlínur sínar og má af því ráða marga um aðstæður á gosstað.

3.1.1 Lindur 09 snið 1



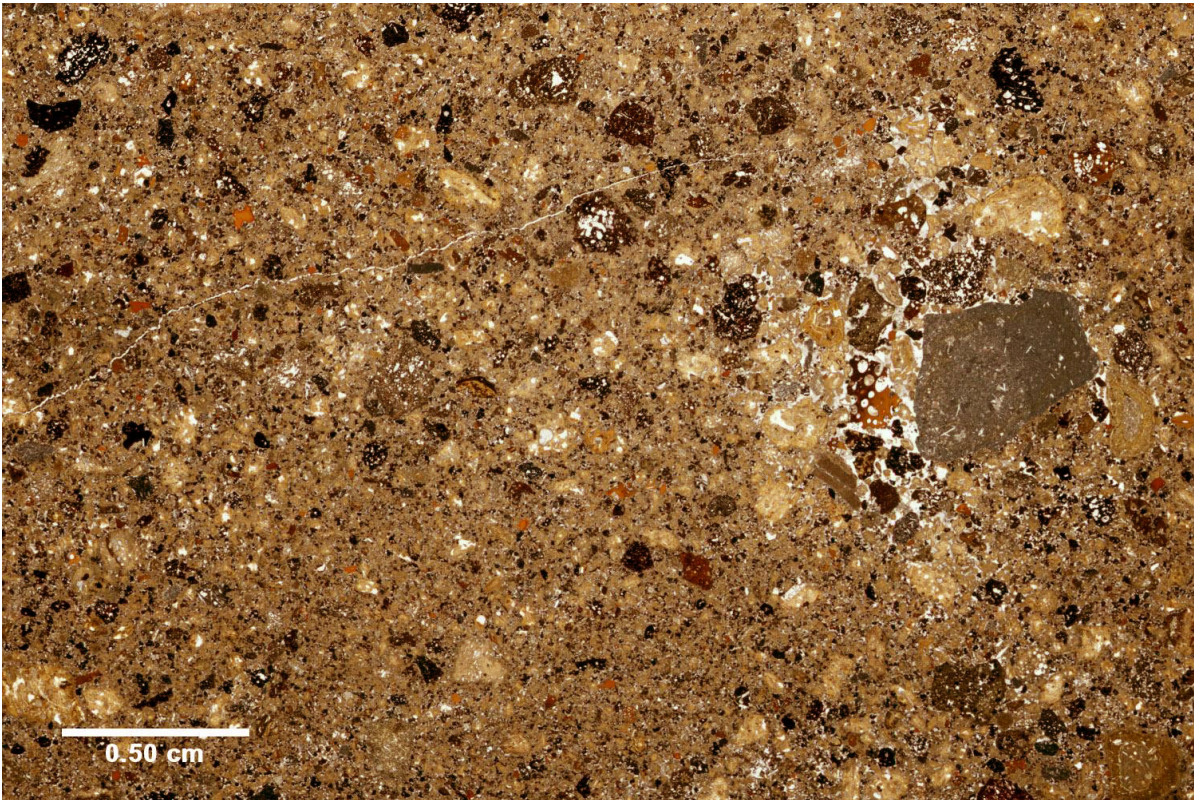
18. mynd. Sýnið er tekið í öskubaunalagi í sniði 1. Kornastærð grunnmassans er fín, þ.e. kornin eru vel undir einum millimetra í þvermál. Kornastærð grunnmassans og öskunnar sem myndar öskubaunirnar er svipuð og askan telst kornborin. Þegar að öskubaunalögum kemur eykst kornastærðin, stærri kornin eru á dreif í grunnmassanum. Með öskubauninum er að finna korn af „takýlit“ gerð (basískt ógegnsætt gler) og leifar hefðbundinna glerkorna. Tvær stærstu öskubaunirnar eru lagskiptar út frá miðju, hinsvegar eru nokkrar smærri sem ekki sýna lagskiptingu sökum þess hve kornastærð í þeim er fín og jafndreifð. Efsta öskubaunin til hægri á myndinni er all sérkennileg með kjarna af takýlitkorni sem fín askan hefur síðan lagst utan um. Öskubaunir eru einkennandi fyrir eldgos í tengslum við vatn. Öll glerkorn í sneiðinni eru blöðrótt. Blöðrurnar eru oft á tíðum aflagaðar og teygðar. Öskubaunirnar á myndinni eru um 0,8 cm í þvermál. Myndflöturinn er 3.18 x 2.12 cm (ljósm. Armann Höskuldsson).

3.1.2 Lindur 09 snið 2



19. mynd. Öskubaunir úr öskubaunalagi í sniði 2. Eins og áður finnst baunirnar innan um grófari korn. Stóra öskubaunin á miðri sneiðinni er 1 cm í þvermál. Takýlitkorn eru algeng ásamt blásnum glerkornum. Grunnmassinn hefur eins og áður kornastærð vel undir einum millimetra í þvermál. Kjarni öskubaunarinnar er úr sömu kornagerð og finnst í grunnmassanum. Hinsvegar hafa mun finni korn sest utan um kjarnann. Í raun er hér um sambærilegt fyrirbrigði að ræða og í sniði 1, nema að þar var kjarninn takýlitkorn. Bergið er mjög ummyndað þannig að upprunaleg efnasamsetning glersins er ekki greinanleg með örgreini. Hins vegar má ráða í hana út frá feldspatkristöllum og takýlitkornum. Myndflöturinn er 3,18 x 2,12 cm (ljósm. Armann Höskuldsson).

3.1.3 Lindur 08 snið 1

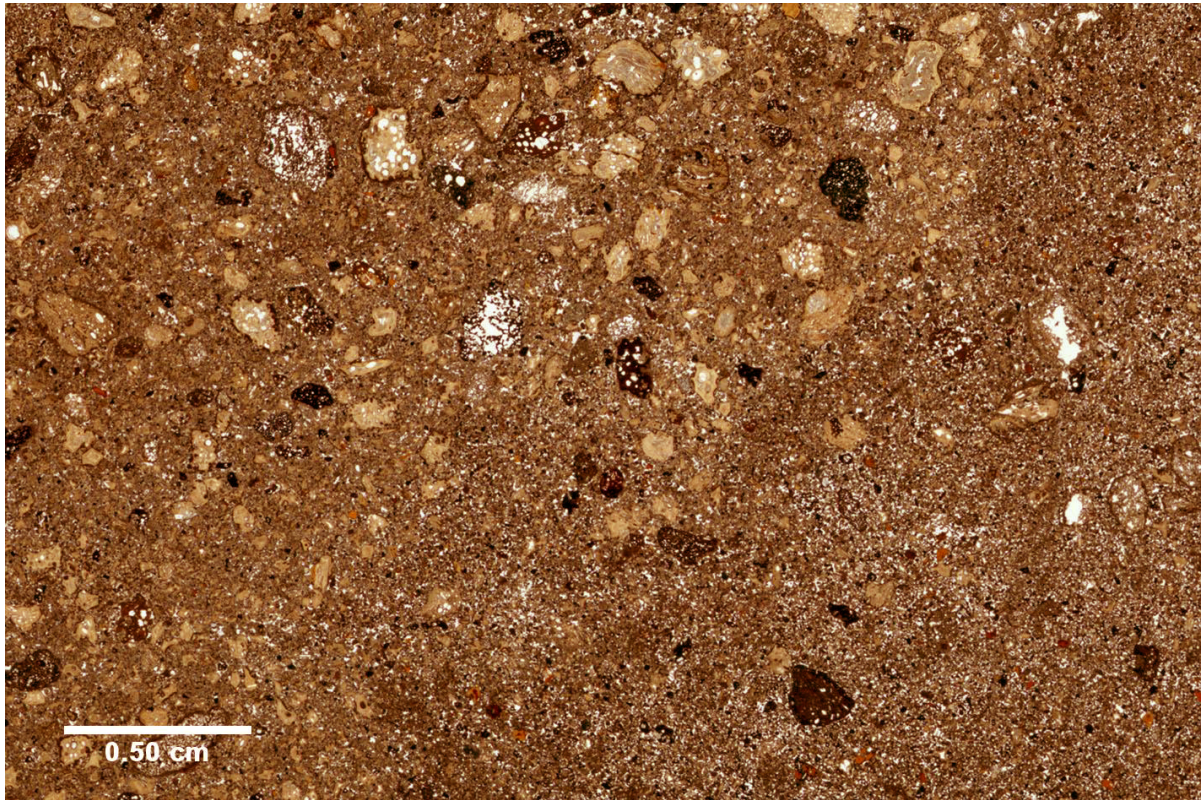


20. mynd. Sýnið er tekið í sniði 1 á mörkum lagskipta hlutans og þétts massífs neðsta hluta sniðsins. Kornastærðin í grunnmassanum er enn sem fyrr vel undir einum millimetra í þvermál. Stærsta kornið í sneiðinni er basískt bergbrot, þvermál þess er um 0,6 cm. Í kringum bergbrotið eru glerkorn, mjög blöðrótt. Blöðrur er óafmyndaðar og afmyndaðar, þ.e. teygðar. Takýlítakorn eru mjög algeng í þessu sýni. Öll glerkorn eru mjög ummynduð. Hvíti massinn á milli kornanna eru kalsít útfellingar. Myndflöturinn er 3,18 x 2,12 cm (ljósm. Armann Höskuldsson).

1. tafla. Efnagreiningar á plagioklas nálum úr takýlítgleri. Tölurnar sýna þungaprósentur. Greiningarnar gefa til kynna að hér sé um labradorít kristalla að ræða, en þeir eru ríkjandi í kvarts þóleiít basalti.

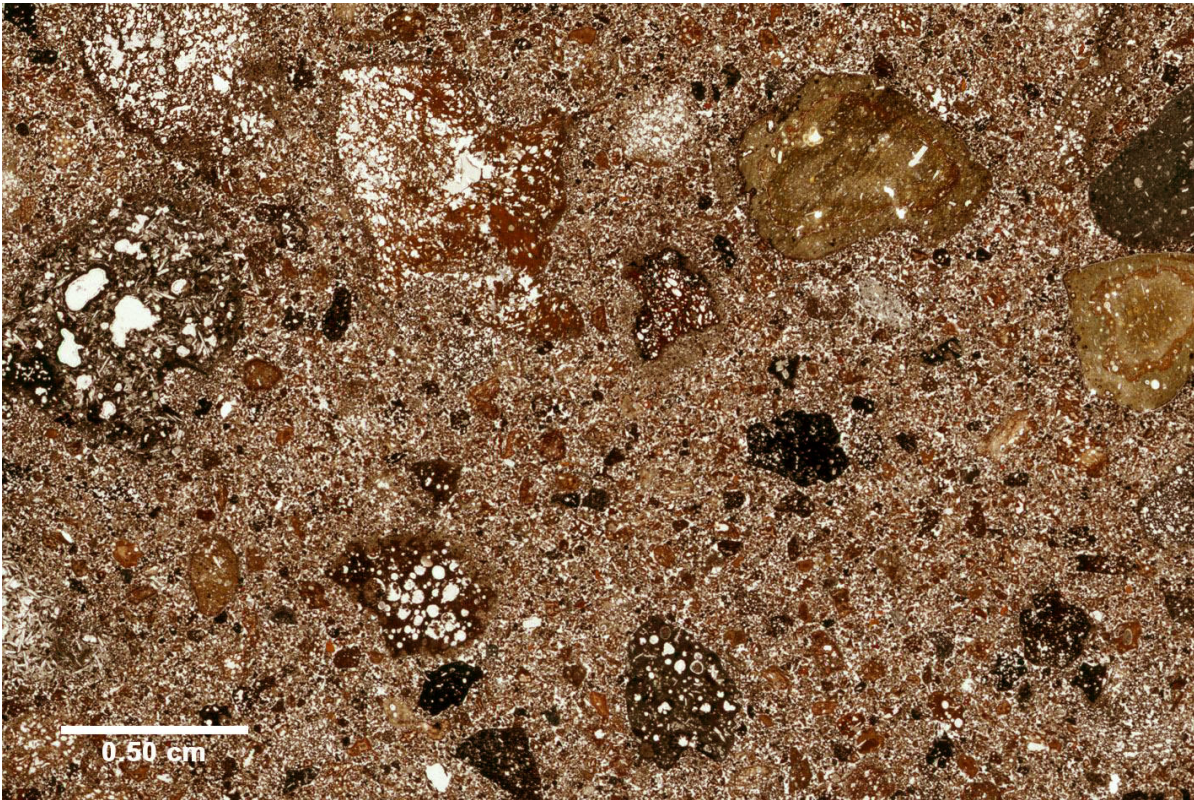
SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Alls
56,19	27,18	0,83	12,78	3,79	0,16	100,93
53,65	31,07	1,06	12,59	4,12	0,16	102,65
55,09	29,28	0,87	15,46	4,23	0,15	102,08

3.1.4 Lindur 03 snið 2



21. mynd. Sýnið er tekið upp við gang í sniði 2 og á mörkum finnar gjósku og grófrar. Grunnmassinn er myndaður af kornum sem eru vel undir einum millimetra í þvermál. Takýlitkorn eru algeng. Grófari gjóskukorn sem eru á floti í grunnmassanum eru mjög blöðrótt með reglulegum blöðrum. Þó ber á afmynduðum og teygðum blöðrum í kornum inn á milli. Kornin eru jafnframt afar skörðótt og bera ekki merki þess að hafa verið flutt á staðinn í háorku umhverfi. Seinni tíma ummyndunarsteindir eru algengar í holrýmum, ber þar mest á kalsíti. Stærstu korn í myndinni eru um 0,15 til 0,2 cm. Myndflöturinn er 3,18 x 2,12 cm (ljósm. Armann Höskuldsson).

3.1.5 Lindur 10 snið 2



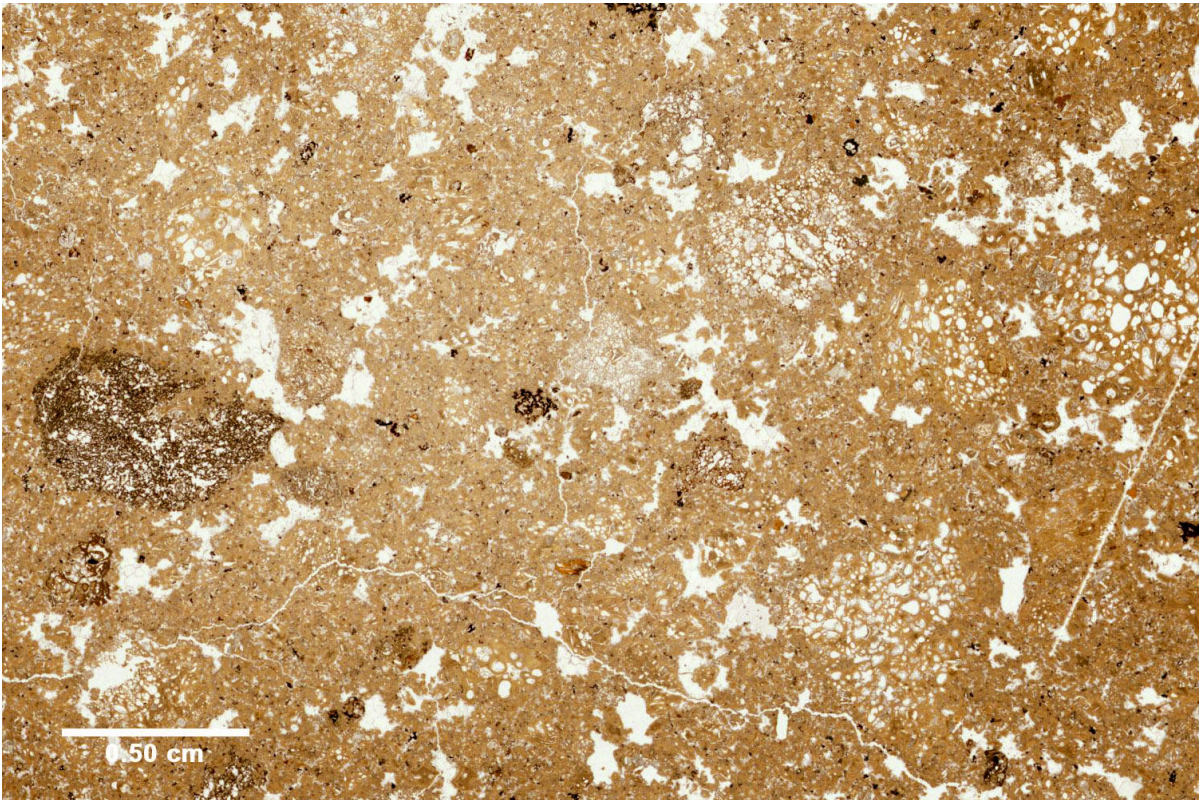
22. mynd. Sýnið er tekið úr rauðum oxuðum botnhluta í sniði 2. Grunnmassinn hefur kornastærð vel undir einum millimetra í þvermál og grófari korn eru á dreif í honum. Glerkornin eru blöðrótt, mikið um takylit (svörtu kornin). Afmyndun korna er ekki algeng en þó til staðar. Glerkorn og bergbrot eru ávöl. Bergbrotin eru af basísku kristölluðu bergi (efst til hægri á mynd) sem og móbergsmolar. Í holrýmum má greina geislasteindir og kalsít. Stærstu korn á myndinni eru um 0,7 cm í þvermál. Myndflöturinn er 3,18 x 2,12 cm (ljósm. Ármann Höskuldsson).

3.1.6 Lindur 06 þversnið



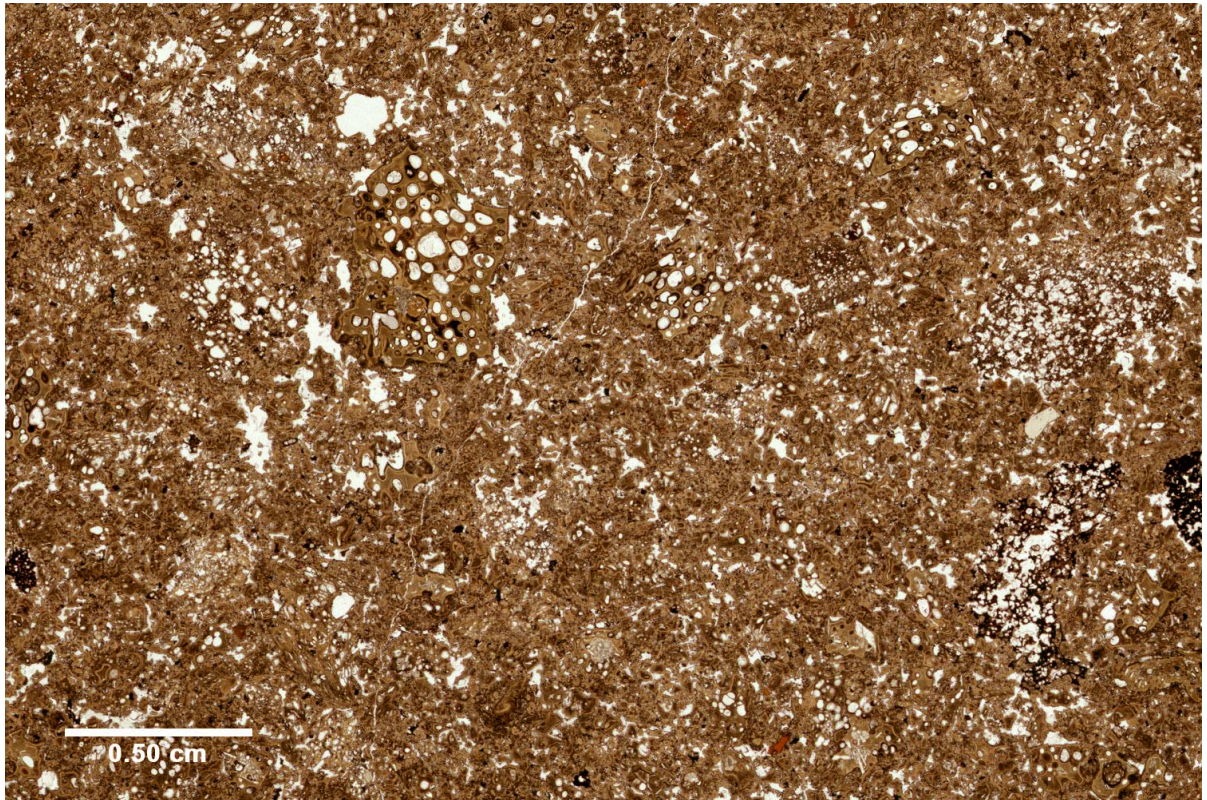
23. mynd. Grófkorna eining sem liggur ofan á setlögum sunnan við brotabelti B1. Í þunnsneiðinni má greina bergbrot sem og gjöskukorn. Öll korn eru tiltölulega nún. Stærri korn á dreif í tiltölulega finkorna grunnmassa. Öll bergbrot eru af basískum uppruna. Stærstu korn í myndinni eru 0,8–0,6 cm. Holrými á myndinni eru fyllt af kalsíti og geislasteindum. Myndflöturinn er 3,18 x 2,12 cm (ljósm. Ármann Höskuldsson).

3.1.7 Laugarvellir 07 gulleitt



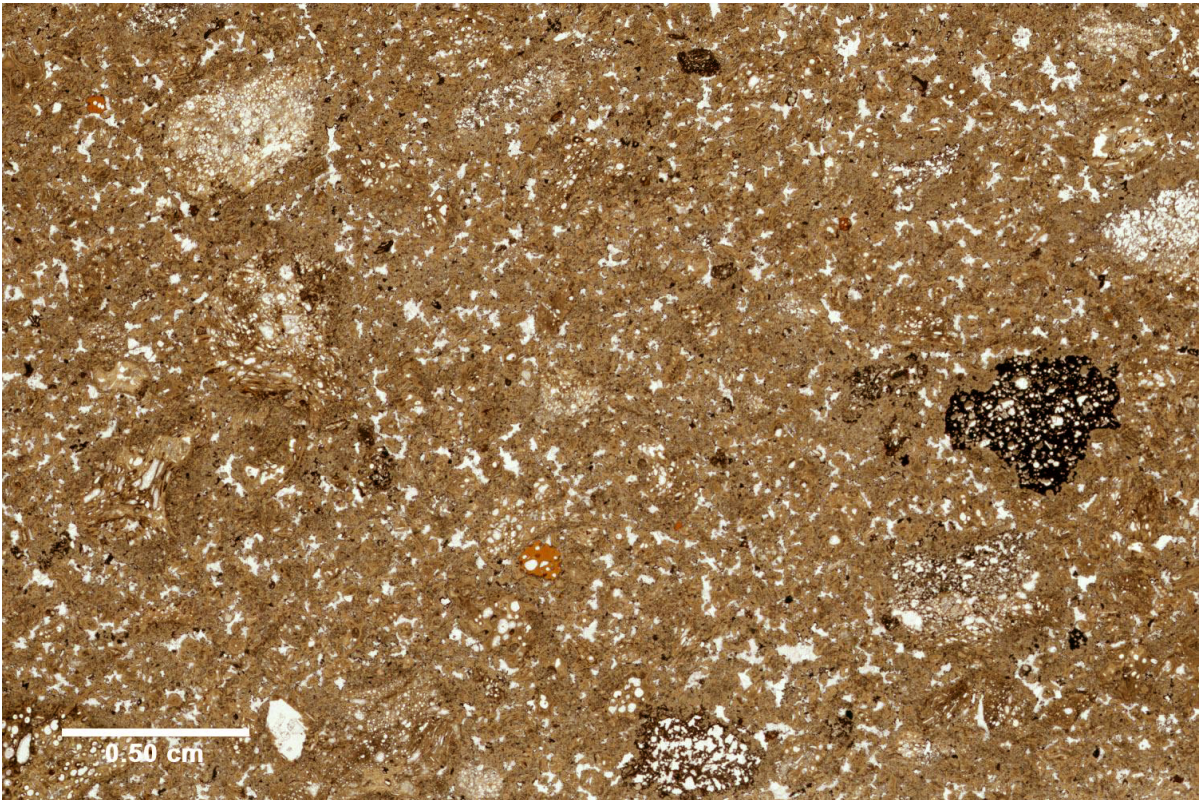
24. mynd. Sýni tekið úr gulleita hluta gjóskulagsins á Laugarvöllum. Lagið er mjög finkorna, grunnmassakornin eru vel undir einum millimetra í þvermál. Einstaka stærri korn af takylíti og hefðbundnu gosgleri má greina á dreif í grunnmassanum. Glerkorn eru mjög blöðrótt með reglulega mynduðum blöðrum en einnig er töluvert um korn með afmynduðum og teygðum blöðrum. Mikið um kalsít í holufyllingum og holrýmum. Gosgler er mjög ummyndað. Stærstu glerkornin eru um 0,6–0,7 mm í þvermál. Öll glerkorn eru skörðótt og bera lítil merki núnings. Myndflöturinn er 3,18 x 2,12 cm (ljósm. Armann Höskuldsson).

3.1.8 Laugarvellir 05 rauðbrennt



25. mynd. Sýni tekið úr rauðbrennda hluta gjóskulagsins á Laugarvöllum. Sýnið er með blásin glerkorn, stærð frá 0,5–0,4 cm á dreif i mun finni grunnmassa. Grunnmassi einkennist af kornum sem eru minni en einn millimetri í þvermál. Öll glerkorn eru mjög ummynduð að undanskildum takýlittkornum. Blöðrur í glerkornunum eru bæði reglulegar og afmyndaðar. Kornin eru öll mjög skörðótt. Kalsít mest áberandi ummyndunarsteind í holrýmum. Myndflöturinn er 3,18 x 2,12 cm (ljósm. Ármann Höskuldsson).

3.1.9 Laugarvellir 04 rauðbrennt



26. mynd. Sýni tekið úr rauðbrennda hluta gjóskulagsins á Laugarvöllum. Í sýninu eru stærri gjóskukorn á við og dreif í grunnmassanum. Takylítakorn áberandi. Allt gler er blöðrótt með reglulegum blöðrum en einnig eru töluvert um afmyndaðar blöðrur í kornunum. Allt gler er mjög ummyndað, mest áberandi ummyndunarsteind eru kalsít. Stærstu korn í myndinni eru 0,2–0,4 cm. Öll korn eru mjög skörðótt. Myndflöturinn er 3,18 x 2,12 cm (ljósm. Ármann Höskuldsson).

4 SAMANTEKT

4.1 Gjóskulagið við Lindur

Það sem vekur sérstaka athygli við gjóskulagið í Lindum er fínleiki efnisins í efsta hluta lagsins. Fín gjóska getur einungis orðið til við tvenns konar aðstæður; í fyrsta lagi við óeðlilega hátt hlutfall kvikugasa í kvikunni og öðru lagi snertingu við utanaðkomandi vatn. Fyrri möguleikinn er ólíklegur vegna þess að þrátt fyrir tætingu af völdum kvikugasa ætti að vera töluvert um gjall eða vikurmola í laginu. Gjall eru hinsvegar hverfandi og fín askan ríkjandi eins og glögglega kemur fram í þunnsneiðum af berginu.

Ef utanaðkomandi vatn kemst í nægu magni að kviku í eldgosi verður tæting hennar næsta fullkomin. Sökum tætingar verða fínkorna efni ríkjandi í gjóskufalli frá slíku gosi. Önnur merki utanaðkomandi vatns eru öskubaunir. Öskubaunir myndast er kornin í gosmekkinum byrja að dragast hvert að öðru og mynda einskonar hagl. Límið í þessum baunum er upphaflega talið vera eingöngu raki. Raki í gosmekki verður mikill ef utanaðkomandi vatn kemst í snertingu við kviku, vatnið gufar upp og rís í andrúmsloftinu samfara gosefnum. Tilvist öskubauna og fínkorna efnis verður því að teljast öruggt merki þess að mikið vatn hafi verið á gosstöðvum þegar gaus. Þetta kemur fram í öskubunkanum í Surtsey og víðar. Raunar eru öskubaunir mjög algengar í basískum túffbingjum hér á landi (Sigurður Þórarinsson 1955, Lorenz 1974). Efsti hluti lagsins telst því vera að uppruna gjóskufall sem fallið hefur á þurt land.

Efnasamsetningu var hægt að ákvarða óbeint með aðstoð feldspat kristalla, beinar mælingar á gosgleri voru hins vegar ógerlegar sökum þess hve ummyndað lagið er. Hins vegar má benda á að mikið er um takýlítakorn í gjóskunni. Takýlít er algengt í basískri gjósku en er ekki til í súrri gjósku. Efnagreiningar á feldspötum sýna jafnframt að um er að ræða basíska feldspata af labradorít gerð (anorþít 62), en þeir eru algengir í þóleiít basalti (1. tafla, bls. 25). Það er því alveg ljóst að hér er ekki um súra gjósku að ræða heldur basíska. Túffið sem er að finna í efri hlutanum er því ekki hægt að flokka öðruvísi en móberg af mjög algengri tegund sem fyrirfinnst um allt land.

Neðri hluti lagsins er massífur með mikið af bergbrotum og vikurmolum á floti í fínni gjósku. Þessi hluti er um það bil 20–25 m þykkur. Rauður blær er ennfremur á þessum hluta. Neðri hlutinn er túlkaður sem jökulhlaupaset sem á ættir að rekja til þess eldgoss er myndaði gjóskufallið í efri hlutanum. Hins vegar er ekki hægt að sjá skyldleika við flikruberger. Neðri hluti lagsins við Lindur ber engin merki flikruberger að undanskildum rauðum blæ sem á því er. Rauði liturinn verður sterkari því nær brotabelti B1 sem lagið liggur. Það er mjög algengt að set eða gjóska roðni vegna oxunar járn af völdum kvikugasa (aðallega H₂S) og hita sem kemur frá kólnandi göngum eða innskotum. Því er ekki er hægt að draga þá ályktun að rauði liturinn sé upprunalegur heldur mun hann vera tilkominn vegna seinnitíma innskota í nágrenninu. Hér er því klárlega ekki um að ræða flikruberger.

4.2 Setbergið milli B1 og B2

Bergið á milli brotabeltanna tveggja er að uppruna greinilega set. Næst brotabelti B1 er um að ræða ármöl sem sest hefur til að einhverjum hluta í vatni, samanber hallann á lögunum. Um 200 metra kafli frá brotabeltinu B2 til norðurs er aftur á móti mun grófari og telst til brekksíu eða þursabergs með stórum bitum af setbergi. Skyldleiki milli þessara tveggja svæða er því ekki ljós en líklega er hér um að ræða „periglacial“ umhverfi, það er

setumhverfi fyrir framan jökul. Setbergið er rautt í gegn, jafnvel setbitarnir í þursaberginu eru rauðir í gegn. Hér er greinilegt að rauðbrennslan hefur átt sér stað eftir að setið settist til. Ljóst er að seinnitíma eldvirkni, sem kemur fram í göngunum í báðum brotabeltonum, hefur valdið rauðbrennslu efnisins hér.

4.3 Höggun

Af höggun má ráða að því sunnar sem dregur í gílinu þeim mun eldra verður bergið. Þannig er allt gjóskulagið norðan við brotabeltið B1 ofan á setberginu á milli brotabelta B1 og B2. Hugsanleg heildarþykkt lagsins, þ.e. gjóskulagsins og setbergsins er því einhversstaðar á bilinu 100 til 200 metrar.

4.4 Landslag

Af rofi í gjóskulaginu að dæma og basalhrauninu sem rennur eftir roflægðinni má áætla að allt hafi þetta sest til í einhverskonar laut eða dal í landinu. Þessar hugrenningar vöktu áhuga á að kanna skyldleika við meint flikrubergr á Laugarvöllum.

4.5 Gjóskulagið á Laugarvöllum

Gjóskulaginu á Laugarvöllum svipar mjög til lagsins við Lindur. Smásjárgreining á sýnum úr laginu gefur svipaða niðurstöðu og í Lindum; mikið um fínefni og takýlítakorn. Ekki tókst að efnagreina lagið sökum þess hve ummyndað það er. En tilurð takýlitsins og basískra feldspata rennir sterkum rökum undir það að hér eru á ferðinni basísk gosefni en ekki súr. Lagið getur því ekki talist vera flikrubergr heldur er hér um að ræða móberg af mjög algengri gerð.

Efri hluti lagsins er að uppruna setberg, þ.e.a.s. það á ekki beinar ættir að rekja til eldsumbrota, heldur til rofs á eldri gjóskulögum. Neðsti hluti lagsins er eini hlutinn sem getur talist vera myndaður í tengslum við eldgos. Lagið ber svipuð ummerki og neðri hlutinn í sniðinu í Lindum og því ekki ólíklegt að hér sé um að ræða jökulhlaupaset sem myndast hefur við eldsumbrot í jökli. Þrátt fyrir að ekki hafi fengist óbyggjandi sannanir fyrir því að bergið í Lindum og á Laugarvöllum sé hið sama, kemur það sterklega til greina. Efnid hefur sest til í dal eða laut í landslaginu eins og uppi við Lindur.

5 NIÐURSTAÐA

Gjóskulagið við Lindur og á Laugarvöllum er ekki flikrberg. Hér er um að ræða gjóskufall með fallegum öskubaunum eins og vel sést í efri hlutanum í laginu við Lindur. Gjóskulag þetta hefur myndast í eldgosi þar sem vatn hefur haft greiðan aðgang að gosrásinni. Við það verður tæting kvikunnar umfangsmikil og mikið af mjög finni gjósku myndast. Neðsti hluti lagsins er aftur á móti gerður úr hlaupaseti, líklegast er að hér sé um að ræða jökulhlaupaset. Því er líklegt að á gostíma hafi eldstöðin verið hulin jökli eða vatni. Öll gosefni sem í þessari rannsókn voru skoðuð eru af basískum uppruna. Þrátt fyrir að efnið sé afar ummyndað reyndist unnt að ákvarða efnasamsetningu feldspatkristalla í takýlíglerkornum. Út frá henni má leiða líkur að því að hér hafi verið um að ræða basalt af gerðinni þóleiít sem er ein algengasta berggerð á Íslandi.

Rauði liturinn á lögunum stafar af seinni tíma innskotavirkni og oxun járns vegna afgösunar innskotanna.

Aldur lagsins er ekki ljós en út frá kortlagningu Ágústar Guðmundssonar 1978, Elsu G. Vilmundardóttur 1997 og Árna Hjartarssonar og Elsu G Vilmundardóttur 1998 má ætla að aldurinn sé einhversstaðar á bilinu 0,8 til 1,0 miljón ár. Ekki tókst að aldursgreina lagið með K/Ar né Ar/Ar aðferð sökum þess hve ummyndað efnið er.

Lokaniðurstaða þessarar rannsóknar er að hér er um að ræða móberg af algengri gerð sem finnst mjög víða í kvarter jarðlagastaflanum á Íslandi.

6 HEIMILDIR

- Ágúst Guðmundsson 1978: Austurlandsvirkjun. Forkönnun á jarðfræði Múla og umhverfis. Múlavirkjun. Orkustofnun, OS ROD 7818, 50 bls + kort og snið.
- Ármann Höskuldsson og Rósa Ólafsdóttir, 2002: Pyroclastic flows formed in the eruption of Hekla 2000. 25th Nordic Geological Winter Meeting. Reykjavík 2002.
- Árni Hjartarsson og Elsa G Vilmundardóttir, 1998: Vesturöræfi-Hraun, Samræming jarðfræðkorta á Austurlandi. OS98027, Orkustofnun, 34 bls + kort.
- Elsa G Vilmundardóttir, 1997: Bergrunnskort af Fjallgörðum. Áfangaskýrsla. OS-97-97066. Orkustofnun, 35 bls + kort.
- Fisher R.V. and Schmincke H.-U 1984: Pyroclastic Rocks. Springer verlag. ISBN 3 540 12756 9.
- Francis P. 1993: Volcanoes a planetary perspective. Clarendon Press, ISBN 0 19 85403
- Haraldur Sigurðsson, Cristianne Lacasse og Haukur Jóhannesson 1995. Katla seilist suður í Atlantshaf. Eyjar í eldhafi. Reykjavík.
- Kristján Sæmundsson 1979: Outline of the geology of Iceland. Jökull, 29, 7-28.
- Lorenz, V. 1974: Vesiculated tuffs and associated features. Sedimentology 21, 273-291.
- Sigmundur Einarsson, Sigurður H Magnússon, Erling Ólafsson, Kristinn Haukur Skarp-héðinsson, Guðmundur Guðjónsson, Kristbjörn Egilsson og Jón Gunnar Ottósson 2000: Náttúruverndargildi á virkjunarsvæðum norðan jökla. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-00009.
- Sigurður Þórarinsson 1955: Innri gerð öskubauna við Jarðbaðshóla. Náttúrufræðingurinn 25, 104.
- Sigurður Þórarinsson 1969: Ignimbrít í Þórsmörk. Náttúrufræðingurinn 39, 3-4 hefti.
- Sparks, R.S.J., Wilson, L. and Hulme, G., 1978: Theoretical modelling of the generation, movement and emplacement of pyroclastic flows by column collapse. J. Geophys Res. 83, 1727-1739.
- Walker, G.P.L. 1962: Tertiary welded tuffs in Iceland. Geological Society of London, Quarterly Journal 119, 29-63.