



**Kornastærðargreining vatnasetts frá
síðustu 2000 árum úr Breiðavatni í
Borgarfirði**

Helga María Heiðarsdóttir



**Líf- og umhverfisvísindadeild
Háskóli Íslands
2010**

Kornastærðargreining vatnasetts frá síðustu 2000 árum úr Breiðavatni í Borgarfirði

Helga María Heiðarsdóttir

10 eininga ritgerð sem er hluti af
Baccalaureus Scientiarum gráðu í Náttúrulandfræði

Leiðbeinendur
Dr. Egill Erlendsson
Prof. Guðrún Gísladóttir

Líf- og umhverfisvísindadeild
Verkfræði- og náttúruvísindasvið
Háskóli Íslands
Reykjavík, maí 2010

Kornastærðargreining vatnasetts frá síðustu 2000 árum úr Breiðavatni í Borgarfirði
Kornastærðargreining vatnasetts úr Breiðavatni
10 eininga ritgerð sem er hluti af *Baccalaureus Scientiarum* gráðu í Náttúrufræði

Höfundarréttur © 2010 Helga María Heiðarsdóttir
Öll réttindi áskilin

Líf- og umhverfisvísindadeild
Verkfræði- og náttúruvísindasvið
Háskóli Íslands
Askja, Sturlugötu 7
101, Reykjavík

Sími: 525 4000

Skráningarupplýsingar:
Helga María Heiðarsdóttir, 2010, Kornastærðargreining vatnasetts frá síðustu 2000 árum úr
Breiðavatni í Borgarfirði, BS ritgerð, Líf- og umhverfisvísindadeild, Háskóli Íslands,
48bls.

Prentun: Háskólaprent
Reykjavík, maí 2010

Yfirlýsing

Hér með lýsi ég því yfir að ritgerð þessi er samin af mér og að hún hefur hvorki að hluta né í heild verið lögð fram áður til hærri prófgráðu.

Helga María Heiðarsdóttir

Ágrip

Umhverfisbreytingar á Íslandi hafa mikið verið í umræðunni og megin markmið margra rannsókna að komast að því hvort veldur, mannvistaráhrif eða loftslagsbreytingar, en oft er erfitt að greina þar á milli. Á Íslandi er mögulegt að skilja á milli náttúrulegra breytinga og breytinga af völdum mannsins að nokkru leyti, þar sem vitað er með nokkurri nákvæmni hvenær landið var numið.

Í þessari ritgerð er rýnt í ástæður umhverfisbreytinga við Breiðavatn í Borgarfirði. Til þess eru notaðar breytingar á kornastærð í setkjarna teknum úr vatninu. Athugað er hvort samband sé á milli setmyndunar og umhverfisbreytinga síðustu 2000 árin.

Hluti rannsóknarinnar sneri að því að þróa aðferð til að flýta undirbúningsferli sýna fyrir kornastærðargreiningu. Hefðbundin aðferð sem felst í því að sjóða set í vetnisperoxíði (H_2O_2) var endurbætt með því að reyna aðferðina á jarðvegssýnum frá Krýsuvíkureiði. Var það gert svo auðveldara væri að nýta hana við rannsóknir á jarðvegi og seti með miklu magni lífræns efnis. Breytingar á aðferðinni fólust í notkun hátíðnibylgna og ammoníum (basa) til að losa um setkornin og flýta fyrir sundrun vetnisperoxíðsins. Með þessari aðferð má stytta undirbúningstíma sýna fyrir kornastærðargreiningu töluvert. Niðurstöður kornastærðargreiningarinnar sýndu að grófar kornastærðir voru áberandi í kringum landnám og aftur við ~ 1300 e.Kr. sem má taka sem vísbendingu um aukið jarðvegsrof innan vatnasviðsins. Því ber vel saman við fyrri rannsóknir sem hafa sýnt hraða hnignun skóglendis og aukið jarðvegsrof og áfok á svipuðum tíma.

Abstract

Environmental changes, the drivers for them in particular, have been investigated to a considerable extent over the last few decades. Some studies have pointed to anthropogenic activities but others to climate changes, between which it has proved difficult to distinguish. In Iceland it is possible to separate anthropogenic from natural change in environmental archives, to some extent, as the date of the human settlement is accepted to be around 874 A.D. The purpose of the BSc research was to interpret the drivers of environmental change around lake Breiðavatn in Borgarfjörður. A sediment core from the lake was analysed for grain sizes and compared to other environmental parameters covering the last 2000 years. Part of the research focused on refining a method to prepare soil samples for a grain size analysis. The traditional method involves oxidation by heating the sediments in H_2O_2 (Hydrogen peroxide). In the refined method, which was tested on soil samples, ultrasonic waves and 25% ammoni water ($NH_4^+ OH^-$) were used to dissolve aggregates and to accelerate the dissolution of H_2O_2 . With the refined method it is possible to shorten the preparation time for grain size analysis.

The data showed an increase in the proportion of larger grain sizes around the settlement and again around ~1300 A.D, which can be interpreted as an increase in soil erosion around the lake. It was possible to connect it with changes seen in other data from the same lake, for example changes in vegetation related to landuse and a increase in soil erosion.

*Þessa ritgerð tileinka ég dóttur minni, Alexöndru Sól Jónasdóttur, og ömmu minni heitinni,
Ingu Hrefnu Búadóttur. Án þeirra hefði þetta ekki orðið.*

Efnisyfirlit

Mynda- og töfluskrá.....	ix
Myndir og töflur í Viðauka	x
Skammstafanir	xi
Þakkir	xii
1 Inngangur	1
1.1 Vatnaset.....	6
1.2 Íslenskur jarðvegur.....	7
1.3 Efnafræði jarðvegs og vatnasetts	8
2 Rannsóknarsvæðin	10
2.1 Breiðavatn (BV).....	10
2.2 Krýsuvíkurheiði	12
3 Aðferðir.....	14
3.1 Aðferðir við sýnatöku	14
3.2 Kornastærðarflokkun	15
3.3 Aðferð [B]	16
3.4 Aðferðir við úrvinnslu á kornastærðargögnum	18
4 Niðurstöður	19
4.1 Aðferð [B]	19
4.2 Kornastærðargreining kjarnans BV2A.....	21
5 Túlkun og umræður	25
5.1 Aðferð [B]	25
5.2 Kornastærðardreifing kjarnans BV2A	26
6 Lokaorð	28
Heimildir	29
Viðauki	34

Mynda- og töfluskrá

Mynd 1: Breytingar á skóglendi og júlíhita á síðnútíma eins og þær koma fram í setkjarna frá Breiðavatni frá um 800 f.Kr. til um það bil 1900 e.Kr.	3
Mynd 2: Breytingar á magni lífræns kísils og kolefnis eins og þær koma fyrir í setkjörnum frá Haukadalsvatni, 0 - 2000 e.Kr.....	4
Mynd 3: Meðalhiti hvers árs í Stykkishólmi 1798 til 2006.....	5
Mynd 4: Breiðavatn og nágrenni.	11
Mynd 5: Krýsuvíkurheiði.	12
Mynd 6: Breytingar á rúmþyngd og magni kolefnis í kjarna 4 frá Krýsuvík.....	13
Mynd 7: Kjarni BV1B.	14
Mynd 8: Kornastærðardreifing Krýsuvíkursýna (K4) unnin með aðferð [A].	19
Mynd 9: Kornastærðardreifing Krýsuvíkursýna (K4) unnin með aðferð [B].....	20
Mynd 10: Leirhlutfall í Krýsuvíkursýnum.	21
Mynd 11: Breytingar á kornastærðarhlutfalli í BV2A.....	22
Mynd 12: Breytingar á hlutfalli sands í BV2A.	23
Mynd 13: Breytingar á lífrænu efni í BV1A s.l 2000ár.....	24
Tafla 1: Samanburður á hlutfalli allófans og leirsteinda í K4.	21

Myndir og töflur í Viðauka

Myndir í Viðauka

Kornastærðarmæling – Aðferð.....	35
Mynd 14: Troel-Smith kerfið.....	36
Mynd 15: Myndræn lýsing á kjarnanum BV2A.....	39

Töflur í Viðauka

Tafla 2: Magn lífræns kolefnis (C) í Krýsuvíkursýnunum.....	34
Tafla 3: Lýsing á setkjörnum teknum í Breiðavatni eftir Troel-Smith kerfinu.....	37
Tafla 4: Hlutfall kornastærða í K4, unnið með aðferð [A].....	40
Tafla 5: Hlutfall kornastærða í K4, unnið með aðferð [B].....	42
Tafla 6: Hlutfall kornastærða í kjarnanum BV2A.....	44
Tafla 7: Glæðitap (LOI) í BV1A.....	48

Skammstafanir

á.á. - án ártals

bls. - blaðsíða/ur

e.Kr. - eftir Kristsburð

f.Kr. - fyrir Kristsburð

m.a. - meðal annars

m.á. - milljón ár

o.fl. - og fleiri

ritstj. - ritstjóri eða ritstjórar

s.l. - síðast liðnum

s.m. - sentimetrar

útg. - útgáfa

Þakkir

Þakkir fá:

Foreldrar mínir, Hrefna Einarsdóttir og Heiðar F. Jónsson og systkini mín fyrir dyggan stuðning og aðstoð þegar ég þurfti á henni að halda.

Guðrún Gísladóttir og Egill Erlendsson fyrir tækifærið, faglegar ráðleggingar og aðstoð við rannsóknina.

Vinkonur mínar, Erla Björk Jónasdóttir, Anna Guðrún Halldórsdóttir og Magnea Valdimarsdóttir fyrir að vera til.

Besta Mörgæsin, Belinda Eir Engilbertsdóttir, fyrir að gefa sér tíma til að lesa yfir ritgerðina og fyrir að hafa alltaf verið til staðar.

Niels fyrir aðstoð með efnafræðina og endalausan fjölda gullmola sem munu fylgja mér út í lífið.

1 Inngangur

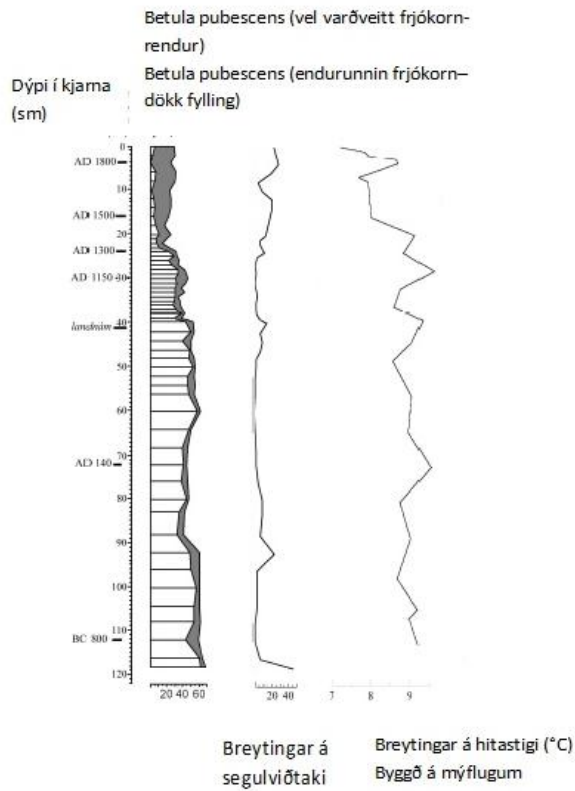
Umhverfisbreytingar á Íslandi frá landnámi hafa verið mikið í umræðunni síðustu ár og meginmarkmið margra rannsókna (sjá m.a. í Áslaug Geirsdóttir, Miller, Thorvaldur Thordarson & Kristín B. Ólafsdóttir, 2009; Gathorne-Hardy, Egill Erlendsson, Langdon & Edwards, 2009) að komast að því hvort veldur mannvistaráhrif eða loftslagsbreytingar, en oft er erfitt að greina þar á milli. Því nákvæmari og áreiðanlegri upplýsingar sem til eru um náttúrulegar sveiflur í loftslagi fyrir á tímum, því meiri möguleikar eru á því að hægt sé að koma auga á ástæður og orsök fyrir þeim umhverfisbreytingum sem eiga sér stað nú á tímum. Ef náttúrulegur breytileiki umhverfisins er ekki þekktur er mjög erfitt að segja með vissu til um það hver áhrif mannsins á umhverfi eru.

Þar sem Ísland er jarðfræðilega virkt má hér víða aldursgreina jarðveg og setlög með gjóskulögum af þekktum aldri, og þannig tímasetja þær umhverfisbreytingar sem koma fram. Landnámslagið svokallaða er gjóskulag sem upprunið er á Veiðivatnasvæðinu og á Torfajökulsvæðinu árið 871 ± 2 ár (Karl Grönvold o.fl., 1995) og dreifðist t.d yfir suðvesturhorn landsins. Gjóska úr gosunum fannst í ískjarna er tekinn var á Grænlandsjökli og var hægt að aldursgreina hana nokkuð nákvæmlega með talningu árlaga í ísnum. Þar sem almennt er talið að tímasetning landnáms hafi verið í kringum árið 874 e.Kr. nýtist þetta gjóskulag vel til þess að skilja á milli tímabilana fyrir og eftir landnám Íslands. Vegna þessa býður Ísland upp á það tækifæri að rannsaka umhverfisbreytingar af mannavöldum þar sem vitað er með nokkurri nákvæmni hvenær land var numið. Landnámsgjóskan er auðþekkjanleg þar sem hún er tvílit, neðri hluti lagsins er ljós en efri hlutinn er dökkur. Auk landnámslagsins eru fleiri gjóskulög þekkt sem nýta má til aldursgreininga. Neðan landnámslagsins má oft sjá að jarðvegur er dökkur og fínn viðkomu, en ofan landnáms er hann ljósari og grófari viðkomu. Þessi einkenni benda til meira lífræns efnis í jarðvegi fyrir landnám en eftir (Ólafur Arnalds, 2004a).

Talið er að við landnám hafi um 50% af landinu verið gróið, og þar af 15-30% skógi vaxið (aðallega birki; *Betula pubescens* Ehrh.) (Sigurður Þórarinsson, 1961; Hákon Bjarnason og Snorri Sigurdsson, 1977; Rannveig Ólafsdóttir, Schlyter & Hörður V. Haraldsson, 2001) lægri talan er þó talin sennilegri. Mikið jarðvegsrof á sér stað á Íslandi og hefur verið í langan tíma. Það er mismunandi eftir svæðum hvers konar roföfl eru að verki og má í því sambandi nefna áhrif landnýtingar, vinds og eldgosa (sjá m.a. í Guðrún Gísladóttir, Egill Erlendsson, Lal & Bigham, 2010). Talið er að gróðurhagnun hafi hafist strax í kringum 5000 f.Kr. (Rannveig Ólafsdóttir o.fl, 2001), en þá tók loftslag á Íslandi að kólna. Flestar rannsóknir benda til þess að við landnám hafi jarðvegsrof þó aukist til muna, skóglendi hörfað og graslendi aukist þegar skógar hörfuðu (Dugmore o.fl., 2005). Með því að nota gjóskulagafræði hefur verið hægt að sýna fram á að birkiskógur hafi að mestu horfið í kringum íslenska bæi á nokkrum tugum ára. Gerðist það á milli Landnámsgjóskunnar (871 e.Kr.) og Kötlugjósku frá árinu 920 e.Kr. (Margrét Hallsdóttir & Caseldine, 2005).

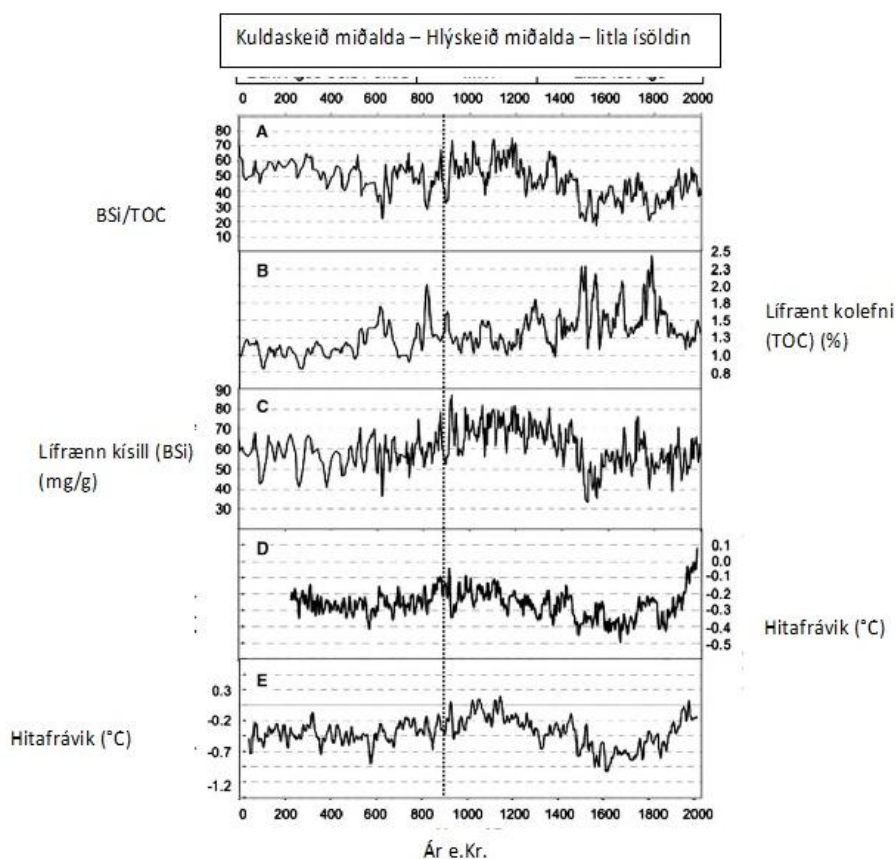
Það var ýmislegt sem hafði áhrif á minnkun skóga í kringum landnám, m.a. var járn unnið úr mýrum og krafðist sá iðnaður mikillar orku sem fengin var úr birkikolum (Þórarinn Þórarinnsson, 1974). Eftir 1300 e.Kr. fór að kólna og jók það þörf á hitun húsnæðis og því einnig álag á skógana. Auk þess sem kólnandi veðurfar jók enn á álag vegna beitar. Birkiskógurinn fékk ekki tækifæri til að ná sér á strik aftur m.a. vegna beitar, en fé var haft úti allt árið (Dugmore o.fl., 2005). Harðgerðar, beitarþolnar plöntur urðu því æ meira ríkjandi í gróðursamfélaginu. Allir þessi þættir unnu saman að því að eyða birkiskógum héraendis fljótlega eftir landnám. Mikil aukning jarðvegsrofs átti sér stað um 1500 e.Kr. og enn frekar aukning varð síðan í kringum 1700 e.Kr. Eftir það hefur gróðurhulan ekki náð sér á strik aftur (Rannveig Ólafsdóttir o.fl., 2001; Rannveig Ólafsdóttir og Hjalti J. Guðmundsson, 2002).

Fjöldi rannsókna (sjá m.a. í Caseldine, Áslaug Geirsdóttir & Langdon, 2003; Sicre o.fl., 2008; Áslaug Geirsdóttir o.fl., 2009; Gathorne-Hardy o.fl., 2009) hefur snúið að fornloftslagsbreytingum á Íslandi og benda flestar til þess sama, að fyrsta kólnunin á nútíma hafi átt sér stað fyrir um 6000 árum en þá sjást merki kólnunar í veðurháðum gögnum. Miðaldir voru framan af hlýjar en á 14.öld tekur við kalt tímabil. Það tímabil er kennt er við litlu ísöld, varði hún frá ~1300-1900 e.Kr. og er talið að kaldasti hluti hennar hafi verið í lok 19 aldar. Hitastigskúrfa (Mynd 1), byggð á rannsóknum á mýflugum í setkjarna er tekinn var í Breiðavatni í Borgarfirði, sýnir að meðalhitastig í júlí á árunum frá 800-1000 e.Kr. hafi verið um 9°C. Upp frá árinu 1000 e.Kr. kólnaði eilítið en á árunum 1100-1300 e.Kr. hitnaði aftur um tæplega 1°C. Það tímabil hefur verið þekkt sem hlýjasta skeið miðalda og er talið einkennast af köldum og hlýjum tímabilum. Um 1500 e.Kr fellur hitastig síðan um 1°C og er það upphafið á litlu ísöldinni. Rétt eftir landnám minnkar magn birkifrjókorna í setinu og aftur um 1300 e.Kr. er þá orðið mjög lítið af þeim (Gathorne-Hardy o.fl., 2009). Magn lífræns kísils og kolefnis úr setkjörnum sem teknir voru í Haukadalsvatni (Áslaug Geirsdóttir o.fl., 2009) segir svipaða sögu (Mynd 2). Miðaldir voru hlýjar en þó með köldum tímabilum inn á milli. Samkvæmt þeim gögnum hófst litla ísöldin með köldu tímabili í kringum 1250-1300 e.Kr. og síðan varð enn frekari kólnun um 1450 -1500 e.Kr. Rannsóknin benti til þess að mikil eldvirkni á Íslandi á þessum tímum hafi hugsanlega valdið sveiflunum. Einnig telja þau að toppar í heildarmagni kolefnis segi til um aukið magn vindborins efnis inn í vatnið frá jarðvegi, á tímabilum kaldra og vindsamra vetra sem fylgdu í kjölfarið á köldum sumrum (Áslaug Geirsdóttir o.fl., 2009).



Mynd 1: Breytingar á skóglendi og júlíhita á síðnútíma eins og þær koma fram í setkjarna frá Breiðavatni frá um 800 f.Kr. til um það bil 1900 e.Kr. (Gathorne-Hardy o.fl., 2009). Texti hefur verið íslenskaður.

Erfitt hefur þó verið að greina á milli áhrifa vegna versnandi veðurfars annars vegar og landnýtingar hins vegar. Benda rannsóknir á frjókornum í vatnasetkjörnum teknum í Breiðavatni til þess að dregið hafi úr magni birkifrjókorna fljótlega eftir landnám. Er það talið vera landhnignun vegna landnáms þar sem flestar vísbendingar benda til þess að hitastig hafi ekki breyst á þessum tíma (Gathorne-Hardy o.fl., 2009).

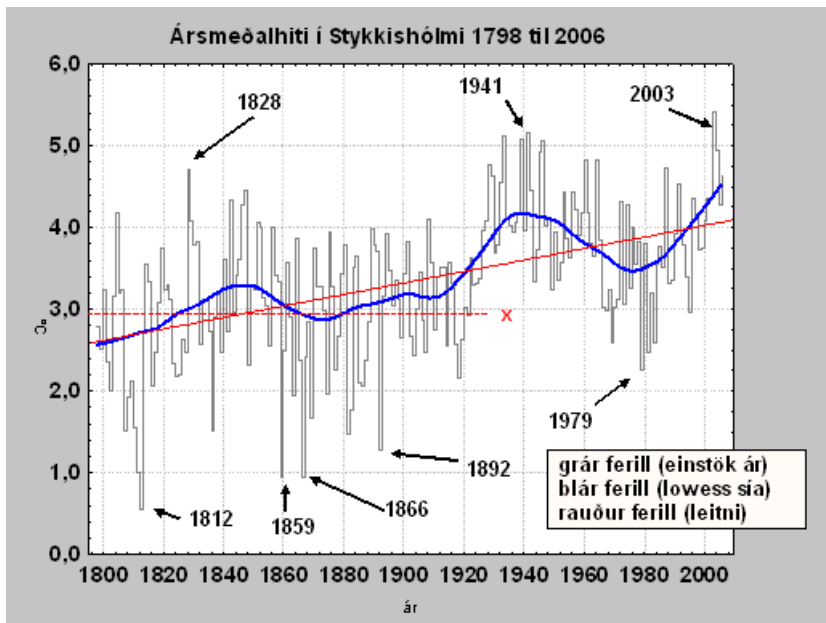


Mynd 2: Breytingar á magni lífræns kísils og kolefnis eins og þær koma fyrir í setkjörnum frá Haukadalsvatni, 0 - 2000 e.Kr.

(Áslaug Geirsdóttir o.fl., 2009). Texti hefur verið íslenskaður.

Þessar niðurstöður eru þó ekki einhlýtar og sumir fræðimenn hafa tengt rofið að mestu við breytingar á loftslagi. Niðurstöður er fengust úr vatnaseti í Haukadalsvatni í Dalasýslu sýndu að jarðvegsrof hófst nokkrum öldum fyrir landnám og að í nokkrar aldir eftir landnám, þegar sumarhitastig var frekar hátt, hafi lítið sem ekkert rof átt sér stað. Það var ekki fyrr en komið var inn í tímabil litlu ísaldar að bera fór á rofi aftur. Kuldaskeiðum litlu ísaldarinnar fylgdu að öllum líkindum sterkari vindar sem hefðu geta valdið miklu rofi á gróðurhulunni og auk þess flutningi jarðvegsagna (Áslaug Geirsdóttir o.fl., 2009). Umræða um útbreiðslu og tímasetningu upphafs jarðvegsrofs á Íslandi hefur verið þó nokkuð í umræðunni og ekki eru allir sammála um tímasetningar eða áhrifavalda (Rannveig Ólafsdóttir og Hjalti J. Guðmundsson, 2002), einnig er um mismun á milli svæða að ræða. En það eru þó all flestir sammála um það að mikið rof hefur átt sér stað á Íslandi. Nýjar athuganir hafa sýnt að u.þ.b. 40% af yfirborði landsins sýnir merki einhvers konar rofs (Hlynur Óskarsson, Ólafur Arnalds, Jón Guðmundsson & Grétar Guðbergsson, 2004) og víða hefur jarðvegur alveg rofnað af landinu.

Ekki þarf að skoða set eða annað til að fá upplýsingar um loftslagsbreytingar síðustu 200 ára á Íslandi, þar sem til eru hitafarsmælingar frá árinu 1798. Á Mynd 3 má sjá ársmeðalhita í Stykkishólmi frá árinu 1798 og fram til ársins 2006 (Trausti Jónsson, 2007). Þær sýna að eftir 1800 voru töluverðar sveiflur í veðurfari, hitastigið hækkaði smá saman en inn á milli voru kaldari skeið. Leitnin til hlýrra loftslags svarar til um 0,7°C á öld (Trausti Jónsson, 2007), en loftslagsbreytingarnar voru þó mjög sveiflukenndar. Kalt var í upphafi 19. aldar en árið 1813 tók við hlýrra tímabil sem lauk árið 1858 en þá kólnaði mjög. Sá kuldi náði hámarki í lok 19. aldar en tímabilið sem kom á eftir einkenndist af stórrí hitasveiflu, með köldu tímabili á milli árunna 1965 og 1986.



Mynd 3: Meðalhiti hvers árs í Stykkishólmi 1798 til 2006.

Örvar benda á nokkur sérlega köld og hlý ár. Rauði ferillinn sýnir leitni alls tímabilsins, en strikaða rauða línan gefur til kynna að túlka megi skeiðið fyrir 1920 sem jafnstöðuskeið. Blái ferillinn sýnir dempaðar hitasveiflur (Trausti Jónsson, 2007).

Rannsóknir á vatnaseti og jarðvegi eru tvær af mörgum aðferðum sem hægt er að beita til að skoða umhverfisbreytingar fortíðarinnar, þar sem veðurfar og umhverfi hefur áhrif á myndun þeirra. Þessi rannsókn sem fjallað er um í þessari ritgerð er hluti af stærra rannsóknarverkefni sem Guðrún Gísladóttir prófessor og dr. Egill Erlendsson hafa veg og vanda að. Sú rannsókn snýr að umhverfisbreytingum á seinni hluta nútíma á Vesturlandi. Kjarni frá Breiðavatni var notaður til kornastærðargreiningar en auk þess voru m.a. framkvæmdar rúmþyngdarmælingar á honum, kolefni og köfnunarefni var mælt og sýni tekin til frjókorna- og öskulagarannsókna. Tilgangurinn með kornastærðarmælingunni var að athuga hvort samband væri á milli setmyndunar og umhverfisbreytinga síðustu ~2000 ár. Leitast var við að skoða hvernig kornastærðin breyttist með tíma og meta hvort að þættir, eins og mannvist eða loftslag, hafi haft áhrif á setupphleðslu í vatninu. Auk þess var aðferð sem notuð hefur verið við eyðingu lífræns efnis úr vatna- og djúpsjárvarseti (sjá í Sædís Ólafsdóttir, 2001) aðlöguð að seti með hærra hlutfalli lífræns efnis. Miðað var að því að aðferðin myndi flýta fyrir sundrun samkorna og eyðingu lífræns efnis á sem skilvirkastan hátt.

1.1 Vatnaset

Í botn stöðuvatna safnast saman efni frá umhverfinu, þar fellur það til botns og eftir það hafa vindur og önnur ferli ekki lengur áhrif á það. Myndun setsins einkennist því af þeim umhverfisaðstæðum sem ríktu þegar það myndaðist. Set sem finna má í vötnum eru vel til þess fallin að nota við rannsóknir á umhverfisbreytingum, ef möguleiki er á því að aldursákvarða setið. Þar sem setmyndunarhraðinn er yfirleitt frekar hraður og samfelldur, er mögulegt að nálgast háupplausnargögn þaðan (Bradley, 1999).

Vötn eru yfirleitt staðsett á lægsta punkti í vatnasviði sínu og taka því við vatni sem rennur í átt til þess, bæði grunnvatni og yfirborðsvatni, auk þeirra setagna sem því fylgja. Segja má að eðli stöðuvatna sé að fyllast upp og breytast í mýri eða þurrlendi með tímanum (Kalff, 2002). Umhverfið og veðráttan í kringum vötn hafa áhrif á setmyndun í þeim, auk líffræðilegra þátta. Vatnaset er ekki eðlisfræðilega ólíkt jarðvegi, til dæmis er setið myndað af ólífrænu efni, sem hefur að stærstum hluta orðið til utan vatnsins, og lífrænu efni sem myndast í og í kringum vatnið. Ólífrænt efni berst til vatnsins eftir ýmsum leiðum, til að mynda með ám og lækjum, vegna rennslis á yfirborði lands og með vindi. Mestur hluti ólífræna efnisins er vatns- og vindborið efni og uppleyst sölt.

Mögulegt er að nýta ólífrænt efni við fornumhverfisrannsóknir og er þá kornastærðin skoðuð auk þess sem efnafræði og segulstefna setsins er könnuð (Bradley, 1999). Leir, silt og sandur í vatnaseti hafa sömu eiginleika og í jarðvegi (sjá kafla 1.2) þó eru hlutfall kornastærða yfirleitt annað. Leir- silt- og sandhlutfall getur gefið hugmynd um flutningsgetu og orku rofaflanna. Næst strönd vatna eru miklar líkur á því að set verði fyrir aflögun vegna athafna dýra, manna og ölduróts og því eru setkjarnar yfirleitt teknir sem fjærst strönd þeirra. Þar er yfirleitt dýpst og þangað leitar setið. Má gera ráð fyrir því að slíkur kjarni gefi minna truflaða mynd af setmyndun í vatninu.

Yfirleitt er einhver lífræn framleiðsla í vötnum og má þá oft finna ummerki um það í setinu. Hægt er að nota vatnaset við ýmiskonar mælingar og byggja upp mynd af umhverfisbreytingum í kringum vatnið fyrir þann tíma sem sýnin ná yfir. Til dæmis geta frjókornamælingar sagt til um magn og gerð gróðurs í nágrenni við vatnið (Margrét Hallsdóttir, 1995; Gathorn-Hardy o.fl., 2009), rykmý, sem bregst tiltölulega hratt við veðurfarsbreytingum, hefur verið notað til að byggja upp hitastigskúrfur (sjá m.a. í Axford, Áslaug Geirsdóttir, Miller & Langdon, 2008; Gathorn-Hardy o.fl., 2009). Lífrænn kísill er notaður til að kanna frumframleiðslu sem á sér stað í vatninu, en hann kemur frá kísilþörungum sem lifa og deyja í stöðuvötnum. Segir magn þeirra til um hitastig í vatninu þar sem það hefur áhrif á lífsskilyrði kísilþörunga og framleiðni þeirra (Áslaug Geirsdóttir o.fl., 2009).

1.2 Íslenskur jarðvegur

Jarðvegur er skilgreindur sem allar jarðvegsagnir sem eru minni en 2 mm í þvermál. Sandur er stærsta kornastærðin sem skilgreind er sem jarðvegur og er hann frá 0,05-2 mm, minnsta kornastærðin er leir sem er allt efni minna en 0,002 mm. Allt þar á milli telst til silts (Brady & Weil, 2002). Lengi vel var talið að lítið sem ekkert væri af leir í íslenskum eldfjallajarðvegi. Það sem villti fyrir vísindamönnum var að leirsteindin allófan bindst saman í klasa, samkorn, sem eru mjög stöðug og því er auðvelt að villast á þeim og silti við hefðbundnar kornastærðarmælingar (Ólafur Arnalds, 1994).

Íslenskur jarðvegur er að mestum hluta eldfjallajarðvegur (Andosol). Eldfjallajarðvegur er ekki algengur í heiminum, og einskorðast við basaltsvæði og þau svæði þar sem eldvirkni eða gjóskufall er til staðar (Wada, 1985). Á Íslandi er stærsta eldfjallajarðvegssvæði í heiminum eða um það bil 5% af öllum slíkum jarðvegi jarðar (Ólafur Arnalds, 2004a). Jarðvegur eldfjallasvæða er mjög frábrugðinn öðrum jarðvegsgerðum af ýmsum ástæðum, er hann til dæmis basískari vegna gosösku. Meirihluti íslenskra gosefna er basískur og þar sem gjóska veðrast hraðar eftir því sem hún er basískari, er efnaveðrun mjög hröð á Íslandi. Vegna veðrunarferla myndast þær leirsteindir í jarðvegnum sem einkenna hann, t.d allófan, ímógólít og halloysít (Ólafur Arnalds, 2004b; Sigurður Reynir Gíslason, 2008). Litur eldfjallajarðvegs er brúnn og stafar hann af lífrænum efnum og svörtu eldfjallagleri. Einnig er rauður litur oft ráðandi og stafar hann af járnsteind er nefnist ferrihýdrít.

Leir er mikilvægur í samsetningu jarðvegs, hann eykur vatnsheldni, hefur mikla jónrýmd og miðlar vel katjónum. Einnig stuðlar hann að miðlun næringarefna og bindingu kolefnis (C) úr koltvísýringi (CO₂) í andrúmslofti (Ólafur Arnalds, 2004b).

Eiginleikum leirs til að binda kolefni er einkum að þakka leirsteindunum allófan og ferrihýdrít. Leirsteindirnar valda því að íslenskur jarðvegur nær að halda í hið lífræna efni og hefur því nær enga lóðrétta færslu og blandast því einungis með áfoki. Leirinnihald íslensks jarðvegs er í kringum 10-25%, en mun lægra í frumstæðum jarðveg eins og svartjörð (Ólafur Arnalds, 2009). Ekki einungis getur jarvegurinn haldið miklu lífrænu efni heldur gerir leirinn honum kleift að innihalda mikinn raka og þar með auka flutning næringarefna í jarðveginum. Vatnið getur bundist leirnum með rafbindingu og hleðst vatnið utan um leiragnirnar. Þessi eiginleiki leirsins gerir honum kleift að binda meira en jafnþyngd sína af vatni (Ólafur Arnalds, 1994). Þessir eiginleikar, auk lágrar rúmþyngdar íslensks jarðvegs, valda því að íslenski jarðvegurinn er viðkvæmur fyrir rofi. Mest af kolefnismagni jarðvegs er í efsta laginu, fyrir neðan það eða á 10-30 sm dýpi er yfirleitt minnst af lífrænu kolefni og má rekja það til mikils áfoks íslensks jarðvegs á þeim tíma (Ólafur Arnalds, 2004a). Það sem skilur íslenska eldfjallajörð frá öðrum jarðvegi er ungur aldur hans, tíð eldgos og mjög virkt jarðvegsrof og áfok (Björn Traustason, 2006). Jarðvegur hér á landi tók að myndast fyrir um 10 000 árum eða undir lok síðasta jökulskeiðs (Ólafur Arnalds 2004a).

Jarðvegur sem inniheldur mikið af silt og leir hefur yfirleitt hærra innihald af lífrænu kolefni en jarðvegur sem er með hátt hlutfall sands. Það er vegna þess að slíkur jarðvegur framleiðir meira af lífrænum plöntumassa, hann tapar minna af lífrænu efni vegna þess að það loftar lítið um jarðveginn og mikið af lífræna efninu er verndað fyrir rotnun vegna þess að það er bundið í samblöndu af leir og moldarefni (Brady & Weil, 2002).

Loftslagið á Íslandi er hagkvæmt fyrir uppsöfnun lífræns efnis í jarðvegi, sérstaklega í mýrarjarðvegi. Næstum stöðugt flæði af vindbornu setefni og ösku leiðir til þess að lífrænt efni grefst og eykur með því hlutfall lífræns efnis í jarðveginum (Ólafur Arnalds, 2008) að því gefnu að gróðurhula sé enn til staðar. Mikið áfök getur aftur á móti leitt til lægra kolefnishlutfalls þar sem hluti kolefnisins oxast við flutninginn. Slíkt áfök getur dregið úr gæðum jarðvegsins og aukið á rofgirni hans (Guðrún Gísladóttir, Egill Erlendsson, Lal & Bigham, 2009).

Lífrænt efni í jarðvegi/seti er að stærstum hluta plöntuleifar á mismunandi stigi rotnunar. Magn lífræns efnis fer eftir myndunarskilyrðum jarðvegsins og því jarðvegsgerðinni. Í mýrarjarðvegi brotnar lífrænt efni hægt niður enda í loftfyrirðu umhverfi, en í vel ræstum jarðvegi á sér stað oxun og brotnar lífræna efnið því hraðar niður þar. Lífrænu efni má skipta upp í þrjá flokka. Fyrsti flokkurinn samanstendur af grófu lífrænu efni sem er að hefja niðurbrotsferilinn, annar flokkurinn er húmmus sem samanstendur af sundruðum lífrænum efnunum og hægt rotnandi leifum. Í þriðja flokknum eru lifandi örverur og dýr (Pitty, 1979; Brady & Weil, 2002). Hlutfall grófs lífræns efnis í jarðvegi getur verið frá 2-50%, sá jarðvegur sem er með hátt hlutfall grófs lífræns efnis brotnar mjög hægt niður (Brady & Weil, 2002).

1.3 Efnafræði jarðvegs og vatnaset

Jarðvegur og vatnaset eru að stórum hluta byggð upp af smáum kornum. Kornin geta verið af ýmsum toga og mynduð eftir mismunandi leiðum. Ákveðinn hluti setsins er lífrænn og kemur frá lífríkinu, en annar hluti setsins er ólífrænn og er upprunninn í berghvolfinu. Flokkun sets í mismunandi kornastærðir er ein af þeim undirstöðu aðferðum sem beitt er í setlagfræði (Boggs, 2001). Leir-, silt- og sandhlutfall gefur hugmynd um flutningsgetu rofaflanna og fjarlægð þeirra frá upprunastað. Vindborið set segir sögu vindstyrks, veikir vindar flytja með sér smáar kornastærðir en sterkari vindar geta hreyft til stærri korn. Því meiri orka í flutningsmiðlinum því stærri korn má finna í setlögnum og því hærra hlutfall sands. Breytingar á vindstyrk eru nátengdar veðurfarsbreytingum og má því gera ráð fyrir að kornastærðarbreytingar í vindbornuseti séu tengdar breytingum í veðráttu. Gert er ráð fyrir að öðru óbreyttu segi stærri setkorn til um kaldara loftslag og aukinn vindstyrk (Jackson o.fl., 2005).

Eins og áður segir er jarðvegur og vatnaset myndað úr tvenns konar efnunum, ólífrænu annars vegar og lífrænu hinsvegar. Kolefni er einnig af sama uppruna, sem sagt lífrænum og ólífrænum. Uppruni lífræns efnis hefur verið útskýrður að ofan. Ólífrænt kolefni er aftur á móti upprunnið frá karbónatsteinum (CaCO_3) í bergi. Íslenskur jarðvegur inniheldur lítið sem ekkert af ólífrænu kolefni og hefur því aðallega verið talað um lífrænt kolefni í jarðvegi hérlandis.

Til að rannsaka hlutfall lífræns efnis í jarðvegi og seti hefur aðferð er kallast *Loss on Igniton* verið beitt. Íslenska orðið er jafnvel meira lýsandi fyrir aðferðina en hérlendis hefur nafnið glæðitap verið notað yfir þessa aðferð. Þessi aðferð hefur mikið verið notuð til að áætla lífrænt innihald í setlögum og er talið að hún gefi nákvæma, ódýra og góða niðurstöðu samanborið við dýrari og flóknari aðferðir, sem mæla t.d. lífrænt kolefni. Mikilvægt er að vinna hvert sýni eftir sömu aðferð til að fá nákvæmar og samanburðarhæfar niðurstöður (Dean, 1974).

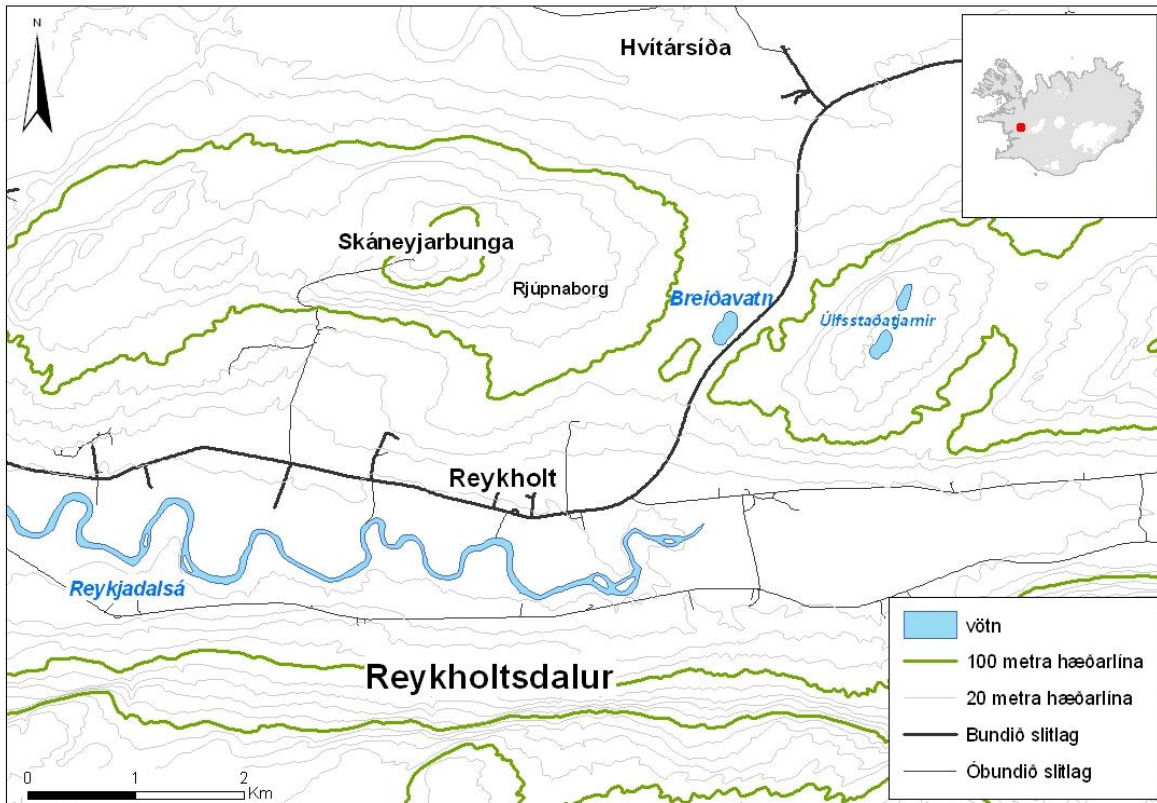
Kolefnismælingar hafa verið notaðar í fornumhverfisrannsóknnum og þá aðallega til stuðnings öðrum gögnum. Eru þær taldar hjálpa til við túlkun annara gagna en standa ekki einar þar sem hægt er að lesa úr gögnunum á ýmsan hátt. Ef magn kolefnis er hátt er talið að umhverfið í kringum setmyndunarstaðinn sé lífvænlegt, hlýtt og lífvirkni mikil (Caseldine, Áslaug Geirsdóttir & Langdon, 2003). En hlutfall kolefnis getur einnig verið hátt á köldum og þurrum tímum. Ástæðan fyrir því er fok lífrænna efna vegna rofs. Vindur ber með sér kolefni frá gömlum kolefnisríkum jarðvegi og eykur kolefnismagn í setinu (Áslaug Geirsdóttir o.fl., 2009; Gathorn-Hardy o.fl., 2009). Því er nauðsynlegt að nota annars konar mælingar ásamt kolefnismælingum. Til að mynda hefur verið sýnt fram á fylgni með frjókornum, rykmýi, kjarnalýsingum, kornastærð og segulviðtaki (Caseldine o.fl., 2003; Áslaug Geirsdóttir o.fl., 2009).

2 Rannsóknarsvæðin

Kornastærðargreining fór fram á sýnum frá Breiðavatni í Borgarfirði og Krýsuvíkurheiði og verður því fjallað stuttlega um svæðin. Er það gert til að auka skilning á þeim mun sem er á milli svæðanna. Kjarninn sem tekinn var í Breiðavatni er vatnasetskjarni en sá frá Krýsuvíkurheiði er moldarkjarni tekinn í brúnjörð.

2.1 Breiðavatn (BV)

Rétt norðan við Reykholt í Borgarfirði er lítið ávalt vatn sem nefnist Breiðavatn ($64^{\circ}40,706'N$ $21^{\circ}15,167'W$) (Mynd 4). Vatnið er á hæðinni milli Reykholtsdals og Hvítársíðu. Næst vatninu er mýri en hæðirnar umhverfis eru lítt grónar. Samkvæmt jarðvegskorti Ólafs Arnalds og Einars Grétarssonar (2001) er brúnjörð ráðandi á þessu svæði auk mójarðar. Í bók um jarðvegseyðingu á Íslandi (Ólafur Arnalds o.fl., 1997) kemur fram að landið sé lítið rofið og jarðvegseyðing lítil miðað við aðra staði á Íslandi. Breiðavatn er um 100 metra yfir sjávarmáli og $0,03 \text{ km}^2$ að stærð. Vatnið er um 80 sm djúpt og með tiltölulega flatan botn. Ekkert sjáanlegt inn- eða frárennsli er í vatnið (Egill Erlendsson, 2007) og má því búast við að helsta innkoma vatns í Breiðavatn sé með grunnvatni, úrkomu og yfirborðsrennsli frá brekkunum umhverfis vatnið. Vegna þess að engin á rennur í vatnið má gera ráð fyrir því að það set sem í því er sé að mestu tilkomið vegna foks. Meðalhitastig fyrir árin 1931-1960 á svæðinu var um $4^{\circ}C$ og meðalúrcoma 720 mm/yr (Markús Á. Einarsson, 1976). Samkvæmt Hauki Jóhannessyni og Kristjáni Sæmundssyni (1998) er berggrunnurinn úr basísku eða ísúru gosbergi og/eða setlögum frá síðari hluta tertíer. Svæðið er á jaðri virka gosbeltisins og berggrunnurinn myndi því teljast nokkuð lekur.



Mynd 4: Breiðavatn og nágrenni.

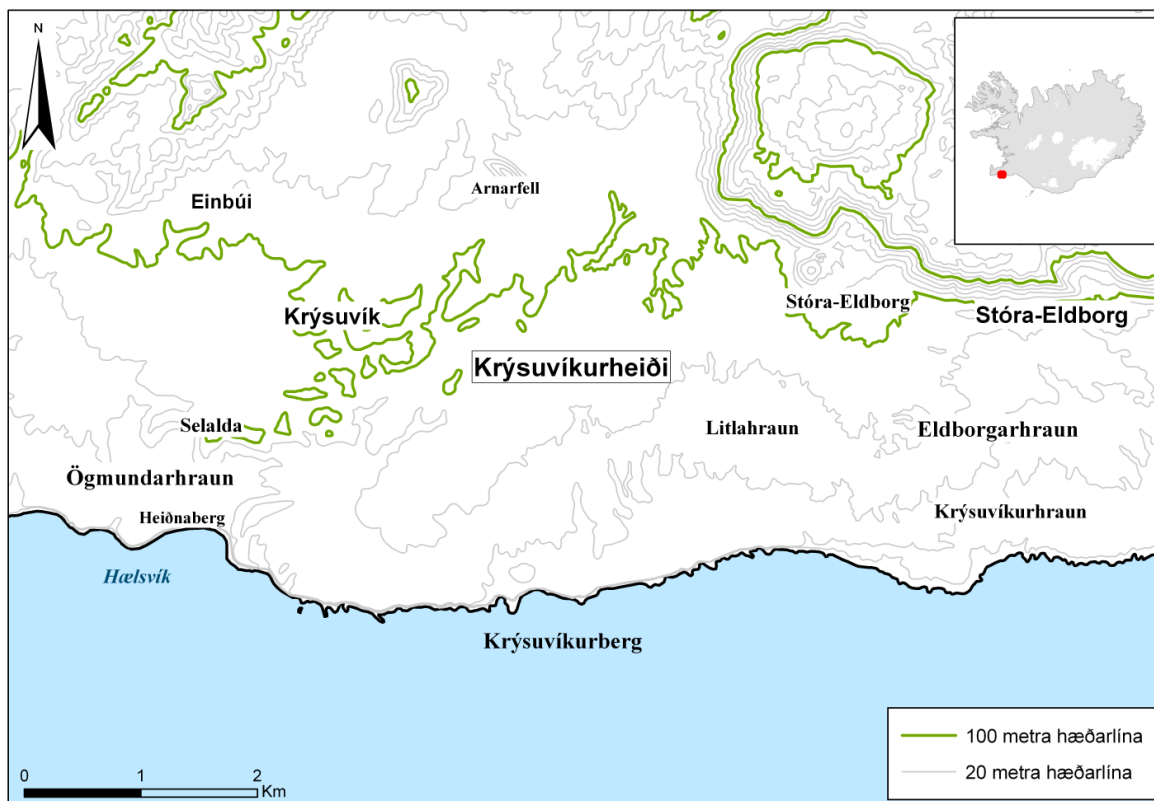
Saga mannvistar er löng í Reykholti og er það eitt af fornum höfuðbólum Íslands. Einn þekktasti rithöfundur Íslendinga Snorri Sturluson (1179-1241) bjó þar frá árinu 1206 og fram á dánardag sinn 1241. Frá öndverðu var Reykholt virðulegur staður og höfuðvígi goðorðsmanna í margar kynslóðir (Benedikt Eypórssson, 2008), þar hefur verið kirkjustaður frá 11. öld (Hjalte Hugason, 2000). Í dag er þar kirkjustaður auk þess sem Snorrastofa er þar til húsa. Unnið hefur verið að fornleifarannsóknum í Reykholti frá árinu 1988 en þó með hléum (Guðrún Sveinbjarnardóttir o.fl., 2007), auk þess sem fornvistfræðirannsóknir hafa verið gerðar á svæðinu (sjá m.a. í Vickers, 2006; Egill Erlendsson, 2007; Gathorne-Hardy o.fl., 2009).

Fornleifarannsóknir hafa bent til að bær hafi verið byggður í Reykholti snemma á 11.öld og auk þess kirkja snemma á dögum kristni á Íslandi (1000 e.Kr.) (Guðrún Sveinbjarnardóttir o.fl., 2007). Samkvæmt Benedikt Eypórssyni (2008) var stórbýlið Reykholt reist á góðum aðgangi að sumar- og vetrarþétt og gjörnýtingu á beitarslóðum, bæði í landi Reykholt og á öðrum eignarjörðum. Ýmislegt hefur bent til þess að járnsmiðja hafi verið starfrækt í Reykholti fyrir 13.öld (Guðrún Sveinbjarnardóttir o.fl., 2007), slíkt hefði sett mikið álag á þáverandi skóglendi vegna mikillar orkunotkunnar við járnbræðslu (Egill Erlendsson, 2007). Fornvistfræðirannsóknir á seti úr Breiðavatni hafa sýnt fram á áhrif mannvistar og landnotkunar samfara henni á umhverfið fljótlega eftir landnám (Egill Erlendsson, 2007). Frjórnarannsóknir sýna fram á hnignun skóglendis strax eftir landnám (lok 9. aldar), og aldursgreiningar á kolefni (^{14}C) sýna fram á að jarðvegsrof jókst til muna á sama tíma. Sjá má aukningu eldra kolefnis í setinu sem talið er benda til þess að jarðvegur sem inniheldur eldra kolefni hafi þá verið farinn að berast inn á vatnið. Þessar breytingar virtist ekki mega rekja til kólnunar í loftslagi (Gathorne-Hardy o.fl., 2009). Enginn skógur var í landi Reykholt á síðari öldum og þurftu staðarhaldarar að nýta skóg á eignarjörðum sínum. Jörð sem til að mynda var

nýtt var Hraunsás en það land eignaðist Reykholt á fyrri helmingi 15. aldar, má gera ráð fyrir því að frá þeim tíma hafi Hraunásskógur séð staðarhöldurum í Reykholti fyrir viði (Benedikt Eyþórsson, 2008). Talið er að búseta og áköf landnýting í kringum Reykholt hafi valdið miklu álagi á gróður og jarðveg á svæðinu.

2.2 Krýsuvíkurheiði

Krýsuvíkurheiði er á Reykjaneskaga, sunnan Krýsuvíkur og nær að sjó (Mynd 5). Norðan hennar er Sveifluháls en í honum er berg sem hefur komið upp í eldgosi undir jökli, s.s bólstraberg og móberg. Vestan og austan megin hafa runnið hraun á nútíma, til vestur er Ögmundarhraun sem rann árið 1151 (Haukur Jóhannesson & Sigmundur Einarsson, 1988) en til austurs má finna Eldborgarhraun sem er eldra en 1100 ára (Jón Jónsson, 1998). Grunnberg Krýsuvíkurheiði er að mestu hraunlög úr grágryti frá síðari hluta ísaldar (yngra en 0,3 milljón ára) en hluti hennar nær þó inn á móbergið sem áður var minnst á (Haukur Jóhannesson & Kristján Sæmundsson, 1998). Jarðvegsmyndun hófst á svæðinu í lok síðasta kuldaskiðs ~13.0 ka B.P (~10,5 ka B.C). Ekki er talið að Yngri Dryas jökullinn hafi gengið yfir svæðið (Hreggviður Norðdahl, Ólafur Ingólfsson, Halldór G. Pétursson & Margrét Hallsdóttir, 2008) og hefur jarðvegsmyndun því verið í gangi á svæðinu allt frá lokum kuldaskiðsins.

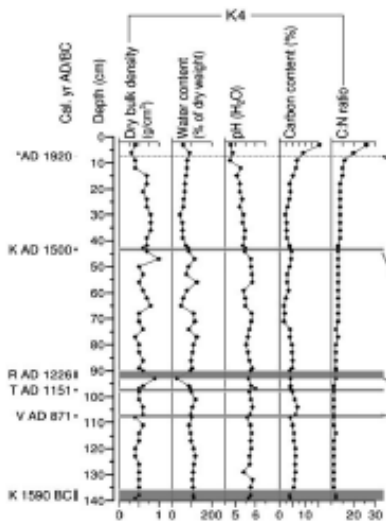


Mynd 5: Krýsuvíkurheiði.

Gróðurhulan einkennist af mosaheiði á láglandi en fellin sem umkringja svæðið eru svo til gróðurlaus (Guðmundur Guðjónsson & Einar Gíslason, 1988; Guðrún Gísladóttir, 2001). Ráðandi jarðvegsgerð á svæðinu er brúnjörð en einnig má þar finna mójörð (Ólafur Arnalds & Einar Grétarsson, 2001; Guðrún Gísladóttir, Egill Erlendsson, Lal & Bigham, 2010). Byggð

var á svæðinu frá því um landnám en lagðist af þegar Ögmundarhraun rann. Síðar fluttist byggðin að Krýsuvík. Krýsuvíkurheiði var því mikilvægt beitarnland en hraun liggja að heiðinni eins og kom fram að framan (Guðrún Gísladóttir 1993). Eldgos og landnýting hafa haft mikil áhrif á vistkerfið, bæði gróðurfar og jarðveg. Svæðið sýnir í dag mikil merki ofbeitar og er jarðvegshulan mikið rofin eða með öllu horfin á stórum svæðum (Guðrún Gísladóttir, 2001).

Fornvistfræðirannsóknir hafa verið unnar á Krýsuvíkursvæðinu (Guðrún Gísladóttir o.fl., 2010) og benda þær til þess að við landnám hafi landnotkun orsakað upphaf jarðvegsrofs á svæðinu. Rofið jókst til muna vegna tíðra eldgosa á hlýskeyði miðalda og svo aftur þegar loftslag fór kólnandi á litlu ísöld. Þessir áhrifaþættir auk mannvistar hafa valdið því að í dag er rof mjög mikið á svæðinu. Þegar gróðurhulan hverfur verður jarðvegur viðkvæmur fyrir rofi. Vindur hefur mikil áhrif og getur setflutningur jarðvegsagna með honum verið gríðarlegur og haft áhrif á jarðvegsmyndun og gróðurframvindu þar sem setið sest fyrir. Hið mikla áfok og jarðvegsrof hefur leitt til mikillar landhnignunnar á svæðinu. Einn af þeim kjörnum sem notaður var í þessari rannsókn og gaf upplýsingar um umhverfisbreytingar í Krýsuvík er K4 (Krýsuvík 4). Kjarninn var tekinn í brúnjörð (Brown Andosol) í lyngmóa og er 140 sm langur (Guðrún Gísladóttir o.fl., 2010). Sýni voru tekin úr kjarnanum með 3 sm millibili og notuð við mælingar á rúmþyngd, magni kolefnis, á sýrustigi (pH H₂O) og hlutfalli kolefnis (C) og köfnunarefnis (N) (Mynd 6). Auk þess voru kornastærðarmælingar gerðar þó þær hafi ekki verið birtar.



Mynd 6: Breytingar á rúmþyngd og magni kolefnis í kjarna 4 frá Krýsuvík. (Guðrún Gísladóttir o.fl., 2010).

3 Aðferðir

Setkjarni tekinn í Breiðavatni var undirbúinn fyrir kornastærðargreiningu. Var það gert eftir að undirbúningsaðferðin var aðlöguð að seti með háu hlutfalli lífræns efnis. Í þessum kafla verður fjallað um aðferðina og kornastærðargreininguna. Lýsingin sem hér fer á eftir á við um 36 sýni í kjarna BV2A og 14 sýni í jarðvegskjarna frá Krýsuvíkurheiði (K-4).

3.1 Aðferðir við sýnatöku

Þann 9. febrúar 2009 voru setkjarnar teknir úr miðju Breiðavatni með svo kölluðum Rússabor (Jowsey, 1966) og má sjá einn kjarnann (BV1B) í bornum á Mynd 7. Vatnið var ísi lagt sem auðveldaði sýnatöku. Borinn er 100*10 cm að stærð, er notkun með honum talin draga úr líkum á þjöppun setefna og smiti milli jarðlaga af ólíkum aldri. Samtals voru teknir fjórir kjarnar. Tveir náðu frá topp setsins og niður að 100 sm dýpi, hinir tveir voru teknir neðar og skörun höfð um 20 sm. Úr fengust tveir tæplega 190 sm langir kjarnar (BV1A+B og BV2A+B). Sköruðust þeir á þekktum gjóskulögum. Dýpið 93 sm í kjarna BV2A er samsvarandi 17 sm í kjarna BV2B. Kjarnarnir voru teknir hlið við hlið og mátti sjá sömu



lög in í samsvarandi kjarna, eru þeir því taldir endursegja sömu umhverfisaðstæður og tímabil. Nokkur áberandi gjóskulög voru í kjörnunum og voru þau greind af Agli Egilssyni, við 50-51 sm mátti sjá Landnámslagið og við 121 sm Kötlu-E sem hefur verið aldursgreind 1000 f.Kr (Bryndís Guðrún Róbertsdóttir, 1992) og fannst lagið á sama dýpi í þeim kjörnum er Gathorne-Hardy og félagar (2009) tóku úr vatninu.

Gert var ráð fyrir jafnri setuppsöfnun í vatninu á milli þessara tveggja öskulaga og árssetsöfnun reiknuð, var það gert til að finna út aldurinn á neðsta laginu í BV2A. Niðurstöðurnar urðu uppsöfnun upp á ~1cm á 26 árum, og neðsta laginu því gefinn aldurinn 300 ár f.Kr. Í kornastærðardreifingunni var dýpst farið niður á 90 sm og því dýpi var gefið aldurinn 100 ár f.kr í þessari ritgerð.

Mynd 7: Kjarni BV1B.

Kjarnarnir voru fluttir til Reykjavíkur og geymdir í kæli við 4°C. Hér verður þó aðallega fjallað um einn þeirra BV2A þar sem rannsóknin sem hér er kynnt nær til setefnis úr honum. Í kjörnunum voru öskulög sem nýta mátti við aldursgreiningu setlaga. Litaskiptum, stöðu öskulaga og áferð var lýst þegar kjarnarnir voru teiknaðir upp. Kjörnunum var líst eftir Troels-Smith kerfi (Aaby & Berglund, 1986), en þar er samsetningu setsins og innihaldi, grófleika og litabreytingum lýst og hluti lífræns efnis út frá örlitlum jarðvegshluta áætlaður. Hverju sýni er

í heild gefið 5 stig þar sem hvert sýni fær stig eftir því hvernig setið er byggt upp (sjá lýsingu í viðauka). Var þetta gert til að reyna að skilja upphleðslu setsins í kjarnanum betur (sjá niðurstöður og nánari lýsingu á kjörnum í viðauka). Allar stærðir (dýptir) eru miðaðar við efsta hluta kjarnanna.

Kjarnanum (BV1A+B) var skipt upp í 1 sm þykka hluta og sýnin þurrkuð við stofuhita í 7-10 daga, tekin voru lítil sýni úr kjörnunum til frjókornarannsóknna en um þau verður ekki fjallað hér. Einnig voru 0,5 sm³ stór sýni tekin til mælinga á glæðitapi (Loss on ignition (LOI)). LOI sýnin (0,5 sm³ ≈ 2 grömm) voru tekin úr hverjum sentimetra í BV1A, vigtuð blaut og þurrkuð í 24 tíma við 105°C. Þegar sýnin voru tekin út úr ofninum voru þau strax mulin varlega í mortéli og sigtuð í gegnum 2000 µm möskvasigti, sett í keramikdeiglu og vigtuð. Að því loknu voru þau glædd við 550°C í 3 tíma og vigtuð aftur. Báðir ofnarnir eru á rannsóknarstofu í setlaga- og jarðvegsfræði í Öskju, Náttúrufræðihúsi Háskóla Íslands. Við glæðingu er allt lífrænt efni brennt í burtu úr sýninu við 500-550°C í 1-4 klst og eftir situr ólífræna efnið. Sýnin eru vigtuð fyrir og eftir glæðinguna og þyngdirnar notaðar til að reikna út hlutfall lífræns efnis (Heiri, Lotter & Lemcke, 2001). Við útreikning á hlutfalli lífræns efnis (LOI) er notast við formúluna =

$$LOI_{550} = ((DW_{105} - DW_{550}) / DW_{105}) * 100 \quad [1]$$

Tölurnar vísa til hitastigs. LOI (Loss on ignition)=glæðitap (%). DW (Dry weight)= þurrvigt.

3.2 Kornastærðarflokkun

Kornastærðarflokkun miðast einungis við ólífræna hluta setsins og því þarf að losna við lífræna hluta sýnisins áður en það er kornastærðarlokkað. Notast var við *Malvern Masterizer 2000 particle size analyzer*. Tækið flokkar í kornastærðir á milli 0,02 µm og 2000 µm, eða í sand, silt og leir (Malvern Instruments, 2010). Kjarni BV2A+B var notaður til kornastærðarflokkunar.

Algennt er að eyða lífrænu efni í jarðvegi og seti með vetnisperoxíði (H₂O₂). Í rannsóknum þar sem notast hefur verið við vetnisperoxíð vantar oft nákvæma lýsingu á aðferðinni (sjá m.a í Jackson o.fl., 2005; Áslaug Geirsdóttir o.fl., 2009). Samkvæmt Gray og félögum (2010) ríkir ákveðið andvaraleysi í kringum þessa aðferð vegna þess hve lengi og mikið hún hefur verið notuð í slíkum rannsóknum. Í heimildum er yfirleitt einungis greint frá því að lífrænu efni hafi verið eytt með aðstoð vetnisperoxíðs en aðferðin síðan ekki útlistuð frekar. Oftast er þó tekið fram hvort aðferðin hafi verið notuð með eða án hitunar, og þá þangað til sýnileg verkun efnisins (freyðing) hefur hætt eða þangað til ákveðnum lit á sýnunum hefur verið náð. Auk þess hefur magn lífræns efnis áhrif á þann tíma sem það tekur H₂O₂ að eyða öllu lífrænu efni úr sýnunum (Gray o.fl., 2010). Þeirra niðurstöður urðu þær að til að vera viss um að allt lífrænt efni væri horfið úr sýnunum þyrfti að gefa H₂O₂ langan tíma til að vinna á lífræna efninu án hitunar og jafnvel að fjarlægja stærstu lífrænu agnirnar með handvirkri aðferð.

Til að byrja með var notast við aðferð sem lýst hefur verið í B.S. ritgerðum Sædísar Ólafsdóttur (2001) og Kristbjargar Maríu Guðmundsdóttur (2006). Aðferðin var liður í því að undirbúa sýni vatna- og djúpsjársets fyrir kornastærðarmælingu í Malvern tæki Orkustofnunnar. Lesa má lýsingu á aðferðinni í ritgerð Sædísar Ólafsdóttur (2001,19):

Áður en hægt var að renna sýnum minni en 2 mm í gegnum Malvern kornastærðargreiningartækið þurfti að losna við allan lífræna hluta sýnisins. Til þess voru sýnin soðin upp úr 35% sterkri hydrogen peroxide lausn (H_2O_2). Eftir suðuna var eimað vatn notað til að blautsigta sýnið gegnum 0,125 mm möskva til að vera viss um að ekki fylgdu lífrænar leifar né plastagnir frá kjarnaskurðinum. Blandað var magnesíum klóríð hexahydrat ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) út í lausnina og látið standa yfir nótt til að flýta fyrir botnfallinu. Setið var því næst skilið frá vökvanum í skilvindu. Skilið var í 20 mínútur á hraðanum 14.000 snúningar á mínútu og vökvanum síðan hellt af botnfallinu án þess að eiga hættu á að missa setefnið. Þá var sodium metafosfati ($Na(PO_3)_{13}$) blandað saman við til að agnirnar héldust í upplausn. Efnið stuðlar að fráhrindandi jónakröftum milli leiragnanna og kemur í veg fyrir að þær ysti og myndi botnfall.

Þessari aðferð (aðferð [A]) var beitt á fimm sýni frá Breiðavatni. Eitt gramm af seti var vigtað í 250 ml mæliglas, 25 ml af afjónuðu vatni ($DI H_2O$) og 5ml af H_2O_2 (35%) bætt út í. Þess var gætt að allt efnið færi ofan í lausnina og barmar glassins því skolaðir með $DI H_2O$. Samkvæmt aðferðarlýsingu (sjá viðauka) átti að sjóða lausnina í að minnsta kosti 10 mínútur. Lausnin var hituð á plötu, eftir suðu í 3 klst með 10 ml (5 ml var bætt við, 1ml í einu) af H_2O_2 voru sýnin skoðuð í smásjá (1:100 stækkun) til að kanna hvort allt lífrænt efni væri horfið þar sem lausnin freyddi ennþá. Í smásjánni mátti enn sjá lífrænar leifar og var því ákveðið að betrubæta aðferðina áður en öll sýnin yrðu unnin með þessari aðferð, bæði til að spara tíma og efni. Eins og áður segir tekur lengri tíma að vinna sýni með miklu magni af lífrænu efni og eru Breiðvatnssýnin með hærra innihald lífræns efnis en djúpsjávarset en ekki var búist við að tímamunur væri þetta mikill. Var vinna við sýnin fimm því endurtekin með annari aðferð, aðferð [B].

Til að taka ekki óþarfa áhættu með sýnin frá Breiðavatni var ákveðið að þróa aðferðina með öðrum sýnum. Til að byrja með voru gerðar tilraunir á sýnum frá Krýsuvík (K4) þar sem þau sýni innihéldu meira magn lífræns efnis en Breiðavatnssýnin og hafa auk þess verið kornastærðarmæld með upprunalegu aðferðinni. Aðferð [B] var þróuð á sjö sýnum úr K4 0-3, þar sem þau innihéldu mest magn lífræns efnis (sjá viðauka), var það gert til að athuga hvort að munur yrði á kornastærð innan sama dýpis. Auk þess á sjö sýnum er tekin voru á þriggja sentimetra bili að 24 sentimetrum. Var gert ráð fyrir því að ef það næðist að eyða lífrænu efni í sýnunum frá Krýsuvík, þá yrði það einnig mögulegt við Breiðavatnssýnin þar sem þau innihalda minna magn lífræns efnis.

3.3 Aðferð [B]

Þegar kemur að því að sundra ólífrænu efni í setsýnum fyrir kornastærðargreiningu koma ýmsar leiðir til greina, en mismunandi aðferðir henta mismunandi gerðum sýna (Pye & Blott, 2004). Með mörgum aðferðum er mögulegt að skaða og leysa upp leirsteindirnar í jarðvegnum, gerist það einkum með súrum lausnum, saltsýru, sterkum bösum og einnig með miklum hita. Talið er að væg basísk meðferð skaði steindirnar síður en sterkar sýrur (Jozefaciuk, Muranyi & Alekseeva, 2002). Því er eðlilegt að forðast notkun aðferða sem skaðað gætu leirsteindirnar, en markmiðið var að mæla hlut þeirra í kornastærðarsamsetningunni. Eins og lesa má um í inngangi eru leirsteindir í jarðvegi og var því valin eins væg efnameðhöndlun og mögulegt var og einkum treyst á sundrun jarðvegsins og losað um samkorn með hátíðnibylgjum.

Hátíðnibylgjur (ofan við 20 KHz að 1 MHz) berast í vatni með þreföldum til fimmföldum hljóðhraða (1200-1500m/s) miðað við andrúmsloft (340m/s). Við áverka hátíðnibylgjunnar, sem endurvarpast af veggjum íláta og myndar sterkar staðbylgjur, slitnar vatnsmassinn í sundur og myndar smásæ lofttæmd holrými í vatninu. Holrýmin sem að sjálfsgöðu eru fyllt með vatnsgufu má líta á sem gufubólur við lágan hita. Eftir örskotsstund falla holrýmin saman og mynda sterka höggbylgju, til dæmis á yfirborði kornanna. Þessi hátíðniáverki sundrar leirflyksum og kemur þeim í grugglausn og einnig þvær hátíðnibylgjan smá korn utan af þeim stærri (sjá m.a. í Christensen, 1988; Mason, Collings & Sumel, 2004). Það að nota hátíðnibylgjur til að losa upp jarðvegsagnir er ekki ný aðferð (sjá m.a. í Christensen, 1988), einnig hafa þær verið notaðar til að losa upp jarðvegsborn í menguðum jarðvegi til að mögulegt yrði að fjarlægja eiturefni úr honum (Mason o.fl., 2004). Notast var við Elma Transsonic Digital S hátíðnibað.

Eins og áður segir er lífrænt efni oxað burt með aðstoð vetnisperoxíðs. Við hraða oxun er nauðsynlegt að lausnin sé annað hvort súr eða basísk en það eykur sundrunarhraða peroxíðs. Í þessari tilraun var 25% ammoníak-vatn ($\text{NH}_4^+ \text{OH}^-$) notað til að gera sýnið basískt. Vatnisperoxíð er stöðugt í vatnslausn sem er um 30% eða sterkari, þynnri lausnir eru óstöðugar og eyðast smám saman. Við sundrun peroxíðs myndast vatn og súrefni; $\text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{O}^*$. Súrefnið, sem losnar og er merkt O^* hvarfast umsvifalaust við umhverfið, algengast er að það hvarfast við venjulegt súrefni og myndi óson: $\text{O}_2 + \text{O}^* = \text{O}_3$ (Ozone) en bæði óson og O^* oxa lífrænt efni. Þau efnahvörf eru í engu frábrugðin venjulegum bruna þar sem til dæmis kolvetni brenna: $\text{C}_n\text{H}_{(n+2)} + (n+2)\text{O}_2 = n\text{CO}_2 + (n+2)\text{H}_2\text{O}$ (Níels Örn Óskarsson, sérfræðingur hjá Jarðvísindastofnun Háskólans, munnleg heimild, 26.mars 2010).

Í tilrauninni (aðferð [B]) var sýni sigtað í gegnum 2000 μm sigti og sett í tilraunatúbu (1 gramm sýni í 10 ml af DI H_2O), sýnið var síðan gert basískt með 2 dropum af 25% ammoníak-vatni (NH_4^+OH^-) (14,7M styrk). Því næst var 7 dropum af vetnisperoxíði bætt út í og sýnið látið hvarfast í hátíðnibaði á hæsta styrk við 20-30°C þar til vetnisperoxíðið var sundrað. Beita þurfti þessari aðferð nokkrum sinnum (7-16 sinnum) á hvert sýni uns allt lífræna efnið var horfið. Oxunin tók um 9 daga fyrir Krýsuvíkursýnin, og 7 daga fyrir Breiðavatnssýnin. Prófað var að taka stærstu lífrænu agnirnar ofan af einu sýni ($\text{K}_4\text{O}-3\text{F}_{\text{toppur}}$) og þær oxaðar í sér tilraunatúbu. Var það gert til að athuga hvort ólífrænar agnir væru þar á meðal.

Best er að setja 5 dropa af H_2O_2 kvölds og morgna, og 1-2 dropa af $\text{NH}_4^+ \text{OH}^-$ á 2 daga fresti og auk þess skola hliðarnar með DI H_2O reglulega. Þó þarf að varast að fylla túburnar af H_2O því það getur valdið því að efnið freyði upp úr. Tiltölulega auðvelt var að sjá á sýninu þegar lífræna efnið hafði oxast í burt, vökvinn varð tærari auk þess sem ekkert efni var í upplausn í vökvannum þar sem setið sekkur allt til botns. Sýni voru einnig skoðuð í smásjá til að meta hvort að sundrun og eyðing lífræns efnis hafi tekist, ekkert lífrænt efni sást við þá skoðun. Samkvæmt Níels Óskarssyni (sérfræðingur við Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, munnleg heimild, 15.mars 2010) freyðir H_2O_2 jafnvel þó að ekkert lífrænt efni sé eftir í sýninu, gerist það vegna þess að H_2O_2 oxast að einhverju magni við H_2O . Er því ekki nóg að fylgjast eingöngu með freyðingunni.

Að því loknu voru sýnin sigtuð í gegnum 150 μm sigti yfir í stærra glas (600 ml tilraunaglas) og 25 ml af magnesíumklóríði-hexahydrati ($\text{MgCl}_2 * 6\text{H}_2\text{O}$) bætt út í. MgCl_2 degur agnirnar saman og flýtir fyrir botnfalli. Ef engar óeðlilega stórar agnir fundust í sigtinu var innihaldi þess hellt út í glasið. Glasið var síðan fyllt upp að 400 ml með eimuðu vatni (DI H_2O). Eftir 1-2 daga hafði sýnið botnfallið og vökvinn orðinn tær. Ef 25 ml af $\text{MgCl}_2 * 6\text{H}_2\text{O}$ duga ekki til

að botnfella sýnið má bæta við 10-20 ml í viðbót. Þess þurfti ekki með Breiðavatnssýnin en var nauðsynlegt við nokkur Krýsuvíkursýni. Eftir að sýnin höfðu botnfallið var vatnið sogað af (með sogslöngu og pípettu) og sýnið sjálft sett yfir í skilvindutúbu, þær settar í skilvindu í 15 mínútur við 20°C á 3000 snúningum. Að því loknu var vatninu hellt af og 20 ml af natríummatafosfati ($\text{Na}(\text{PO}_3)_{13}$) bætt í túbuna. Eftir að $\text{Na}(\text{PO}_3)_{13}$ er búið að leysa upp sýnið, en það ýtir undir fráhrindandi jónakrafta milli leiragnanna og kemur þannig í veg fyrir að þær ysti og myndi botnfall, þá er það tilbúið fyrir kornastærðargreiningu.

Kornastærðartækið Malvern 2000 er byggt upp á ljósfræðilegri lasertækni, sem byggist þannig upp að korn af ákveðinni stærð sveigir ljósgeisla eftir ákveðnu horni (minna korn=stærri horn). Tækið notast við geisla af samsíða, einsleitu ljósi sem beint er á lausnina, kornið er mun stærra en bylgjulengd ljóssins (yfirleitt He-Ne gas með minnstu bylgjulengd 3 μm) og brotnar geislinn því undir ákveðnu horni allt eftir stærð kornanna. Nemi er síðan í tækinu sem nemur dreifingu á stærð hornanna (Rawle, á.á). Áður en sýnin voru greind í Malvern tækinu þurfti að skipta sýnunum í fjóra helminga, með sýnaskipti (splitter), þar sem það þótti of þykkt fyrir tækið. Of þykkt sýni eykur hættuna á því að tækið nemi tvö eða fleirri korn sem eitt. Tækið mælir eitt sýni í einu. Var ¼ hluta sýnis hellt út í 600 ml af DI H₂O og til að halda ögnunum í lausn eru hvoru tveggja hræra og hátíðnihljóðbylgjur á tækinu sem sjá til þess að agnirnar loði ekki saman eða botnfalli. Þess var gætt að hvert sýni uppfyllti þær kröfur sem tækið gerir til sýna og hvert sýni var mælt þrisvar sinnum.

3.4 Aðferðir við úrvinnslu á kornastærðargögnum

Gögnin frá kornastærðargreiningunni eru unnin í sérstöku forriti er kallast Malvern application (útgáfa 5.6) og er gefið út af *Malvern Instruments Ltd.* Sniðmát (Data Export Templates) voru búið til fyrir hverja kornastærð, þar sem hlutfall þeirra stærða sem fóru inn í hvern flokk var tekið saman. Upplýsingar voru færðar yfir í Excel forritið þar sem meðaltal var fundið af þeim þrem mælingum sem gerðar voru á hverju sýni. Sjá niðurstöður í næsta kafla.

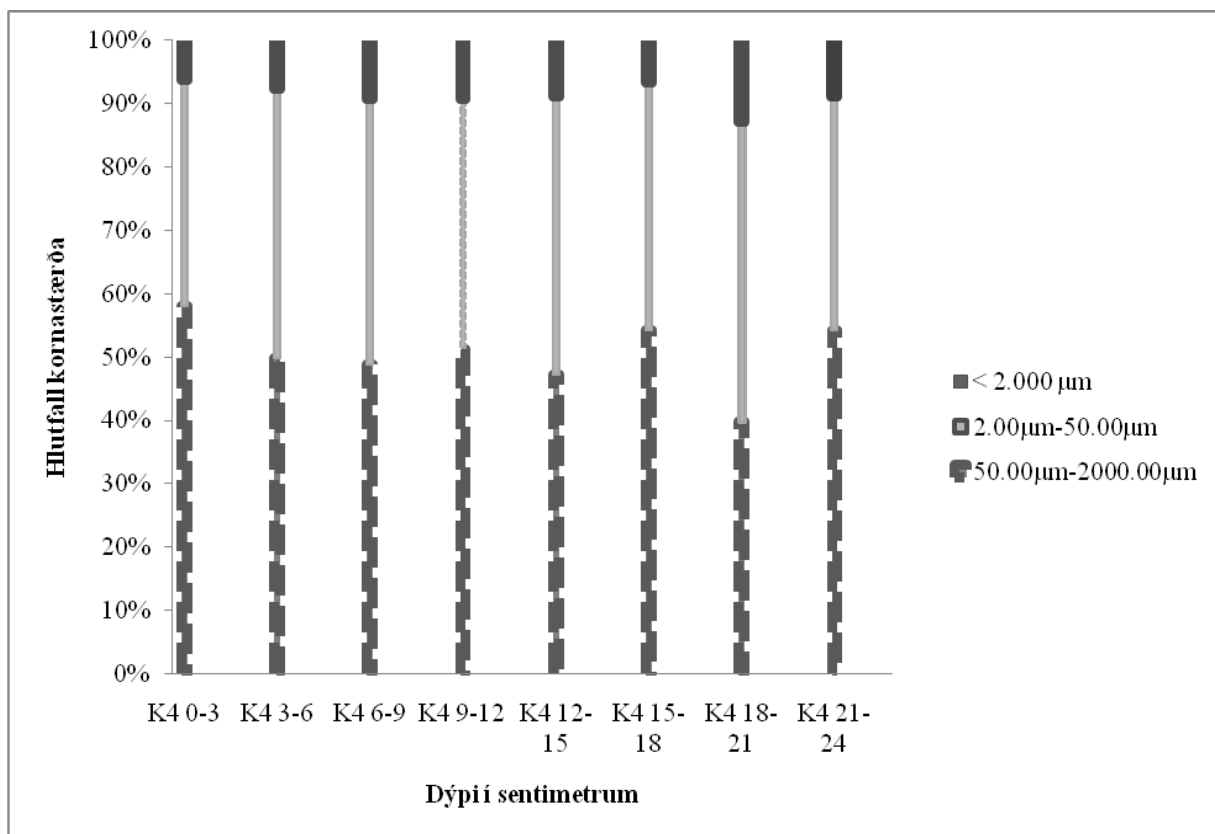
4 Niðurstöður

Niðurstöður frá kornastærðargreiningu á sýnum unnum eftir aðferð [A] og [B] eru borin saman. Auk þess sem óbirt gögn um hlutfall allófans í sýnum frá Krýsuvík eru sett fram og borin saman við hlutfall leirs í mældum sýnum.

Kornastærðargreining sýna frá Breiðavatni unnin eftir aðferð B er sett fram og hlutfall lífræns efnis í þeim sýnum einnig.

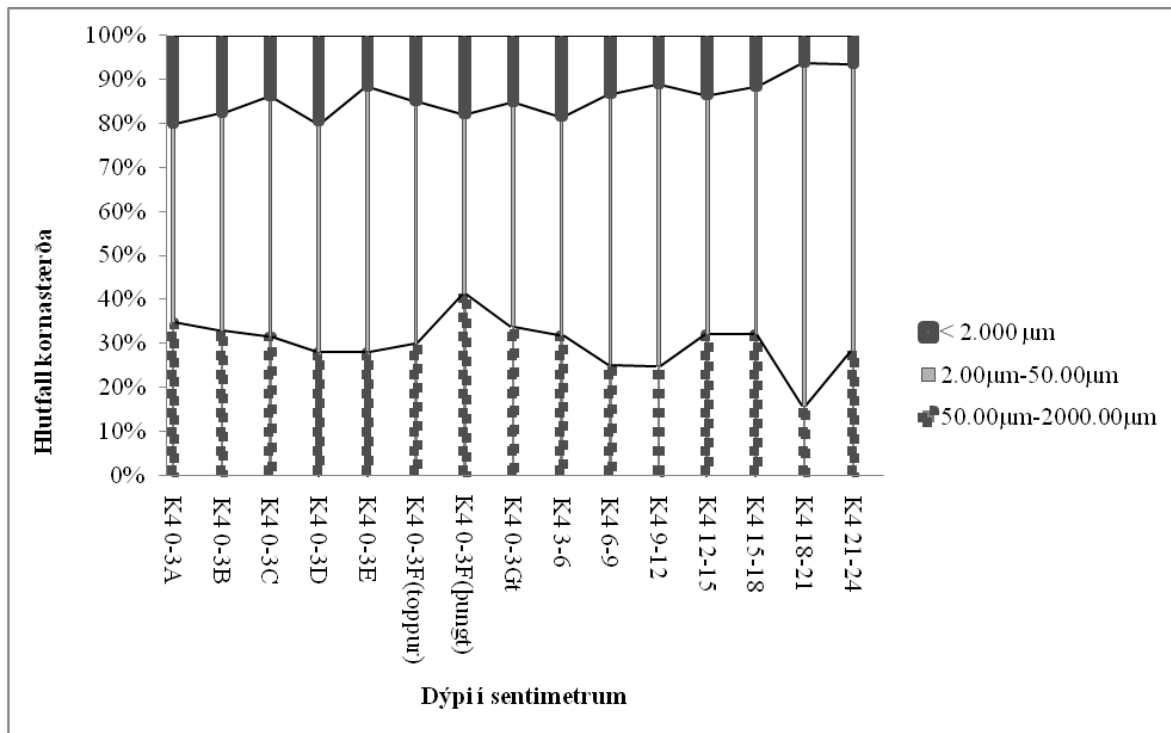
4.1 Aðferð [B]

Talsverður munur var á kornastærðardreifingu eftir þeim aðferðum er beitt var á sýnin. Mesti munurinn var á hlutfalli sands og leirs. Eins og sjá má á Mynd 8 er hlutfall sands á milli ~35 og 60% og hlutfall leirs á milli 6 og 13%. Hlutfall silts er í kringum um 40%.



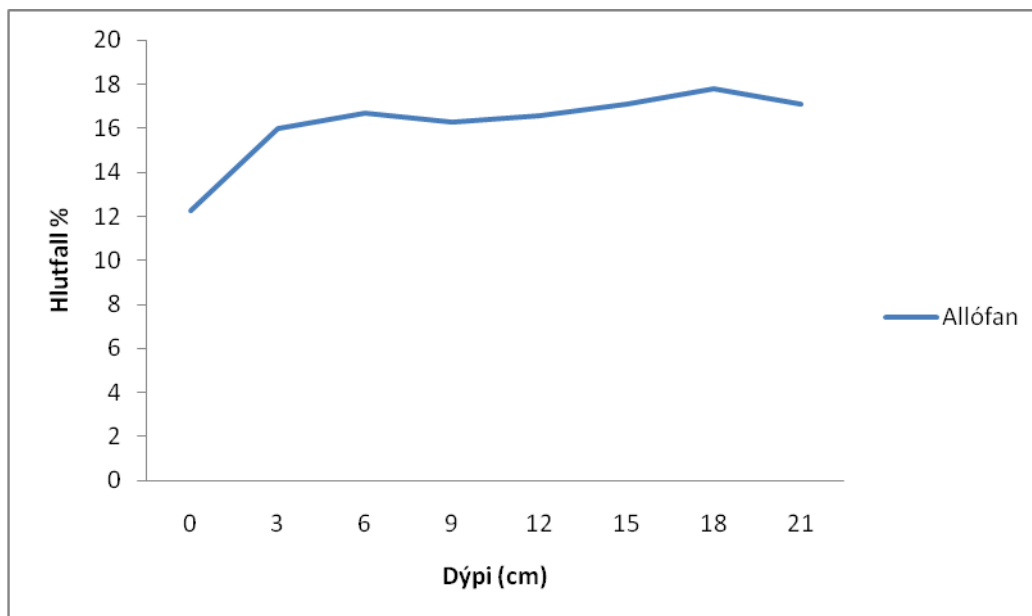
Mynd 8: Kornastærðardreifing Krýsuvíkursýna (K4) unnin með aðferð [A].

Á Mynd 9 má sjá hlutfall kornastærða þar sem lífræna efnið var oxað í burtu með aðferð [B]. Hlutfall sands er á milli 15 og 40 % og því töluvert lægra en sjá má á Mynd 8, þar sem sýnin voru unnin með aðferð [A]. Hlutfall leirs er á milli 7 og 19% sem er nokkuð hærra en í þeim sýnum er unnin voru með aðferð [A]. K4 0-3 sýnin gefa öll álíka niðurstöður, er sandhlutfall þeirra í kringum 30% og leirhlutfallið á milli 14 og 20%. Eins og sjá má á mynd 9 voru setkorn í stærsta lífræna efninu (K4 0-3F_{toppur}) sem tekið var ofan af sýni K4 0-3F. Sýnir það sömu dreifingu og hin K4 0-3 sm sýnin, en það efni sem féll til botns er með hærra hlutfall sands (K4 0-3F_{þungt}).



Mynd 9: Kornastærðardreifing Krýsuvíkursýna (K4) unnin með aðferð [B].

Óbirt gögn um hlutfall allófans í Krýsuvíkursýnum er birt á Mynd 10 og í Töflu 1 með leyfi Guðrúnar Gísladóttur. Í Töflu 1 má sjá samanburð á allófán hlutfalli í sýnunum og magni kornastærða <math>< 2.000 \mu\text{m}</math> í sýnum unnunum með aðferð [B] annars vegar og aðferð [A] hins vegar. Eins og sjá má er hlutfall mælds allófans á milli ~16 -17%, hlutfall leirs í sýnum unnin með aðferð aðferð [B] er frá ~6,5-18% en ef síðustu tveim dýptunum er sleppt er hlutfallið á milli 11-18%. Sýni unnin með aðferð [A] sýna hlutfall leirs á milli 6-13%.



Mynd 10: Leirhlutfall í Krýsuvíkursýnum.

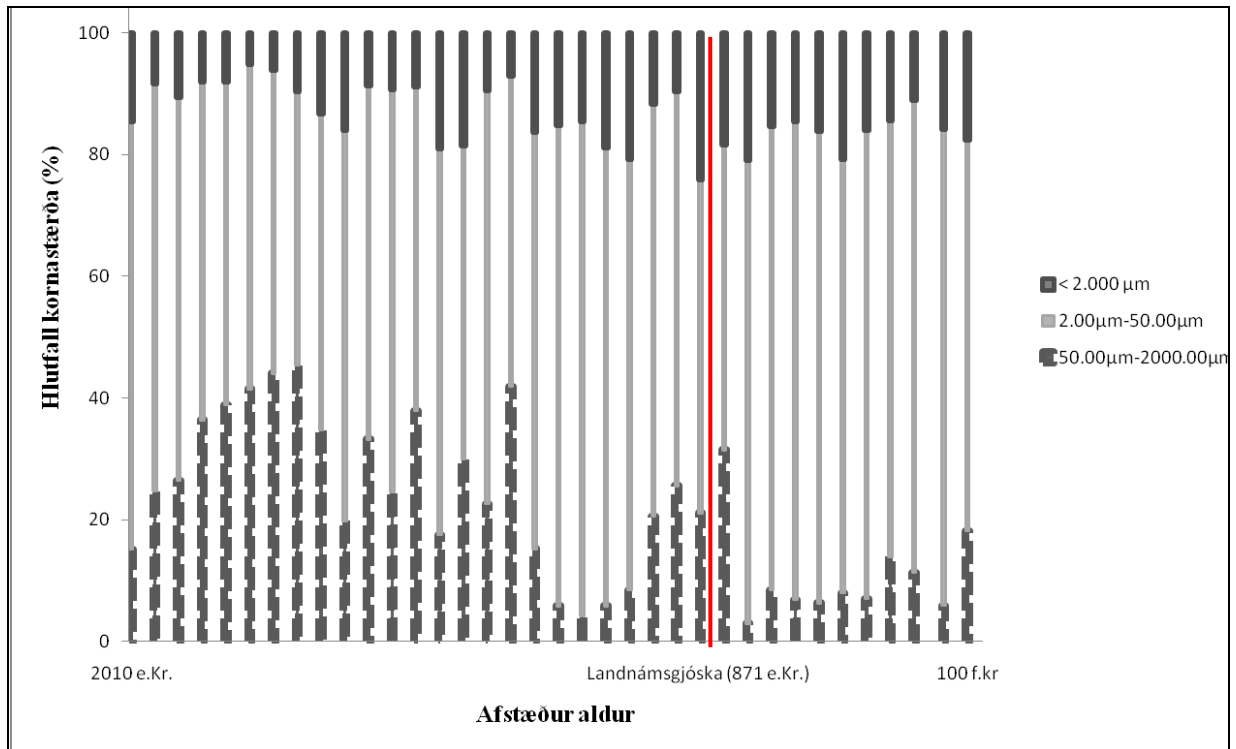
Tafla 1: Samanburður á hlutfalli allófans og leirsteinda í K4.

Sentimetrar	Allófan	< 2.000 μm [B]	< 2.000 μm [A].
0-3	12.26	13.93	6.28
3-6	15.97	15.33	7.64
6-9	16.66	18.44	9.24
9-12	16.30	13.27	9.30
12-15	16.57	11.21	8.93
15-18	17.07	11.81	6.67
18-21	17.81	6.26	12.94
21-24	17.10	6.43	8.81

4.2 Kornastærðargreining kjarnans BV2A

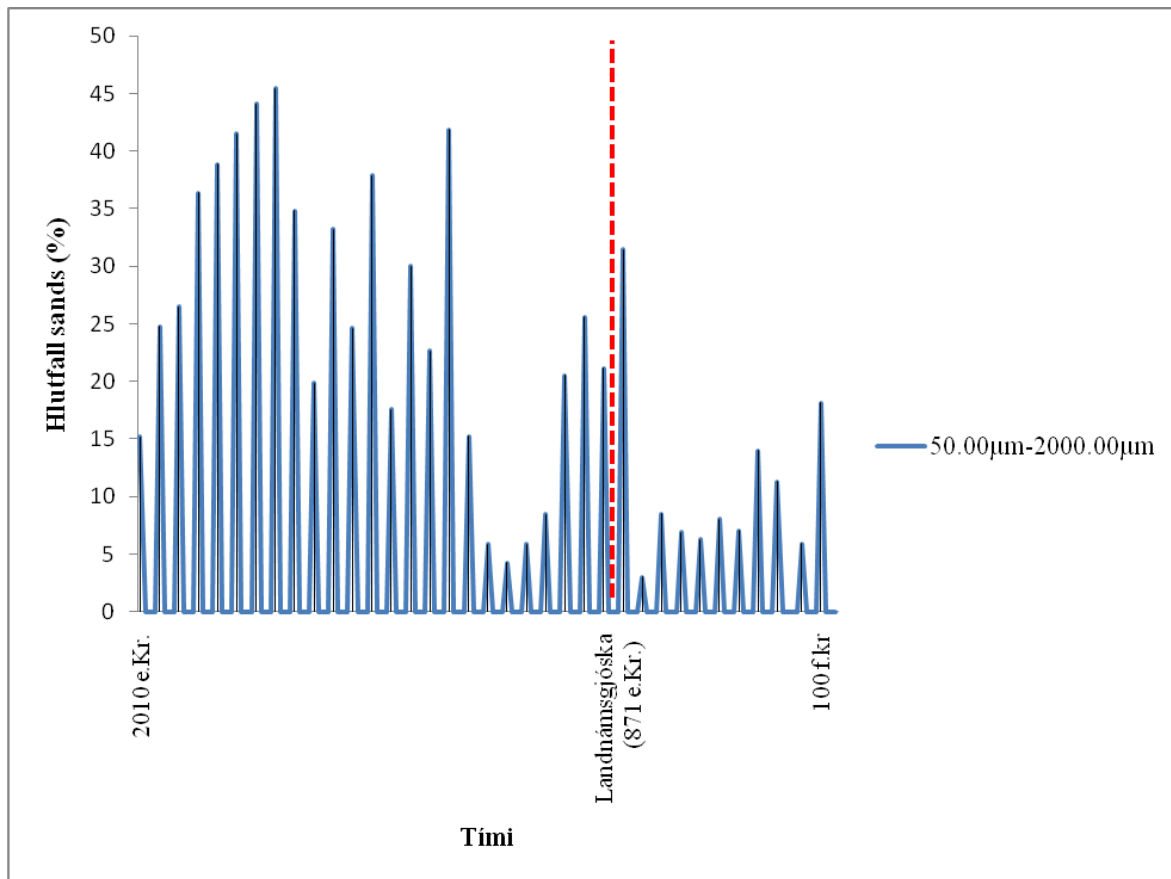
Þess ber að geta áður en gröfin eru skoðuð að ekki er um algildann tímaskala að ræða á þeim. Gröfin gefa því einungis grófa mynd af breytingunum.

Þó nokkrar sveiflur eru í hlutfalli mismunandi kornastærða í setinu eins og sjá má á Mynd 11. Hlutfall silts er mest neðst í kjarnanum (~100 f. Kr.), en um og í kringum landnám eykst hlutfall stærri kornastærða á kostnað silts. Nokkru eftir landnám dregur úr stærri kornastærðum en hlutfall þeirra eykst síðan aftur. Aukningin gæti hugsanlega verið í kringum ~1300 e. Kr. Má á þessu tímabili sjá mikila aukningu í hlutfalli stærri kornastærða í BV2A kjarnanum. Hlutfall stærri kornastærðanna sveiflast á milli 15 og 40% en mikil aukning á sér síðan stað aðeins fyrir neðan efsta lag kjarnans og fer hlutfallið þar hæst í ~ 45%.



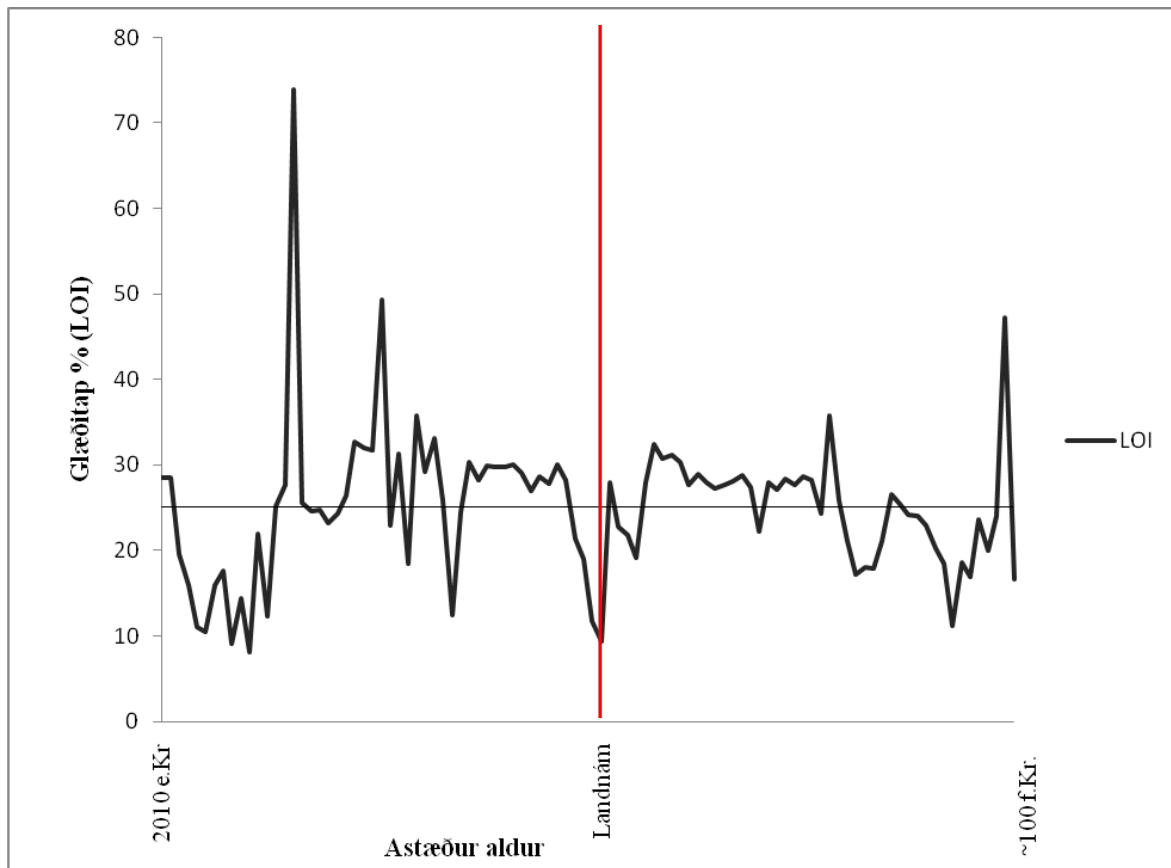
Mynd 11: Breytingar á kornastærðarhlutfalli í BV2A.

Á Mynd 12 má sjá breytingar á hlutfalli stærri kornastærða í BV2A. Það mætti skipta grafinu upp í þrjá hluta. Í neðsta hluta kjarnans er hlutfall sands undir 20%. Í kringum Landnámsgjóskuna eykst hlutfallið upp í 30% og er yfir 20% í nokkrum lögum en fellur síðan niður fyrir 10%. Síðan má sjá mikla aukningu í hlutfalli sands er það fer yfir 40% og helst hátt upp í topp kjarnans.



Mynd 12: Breytingar á hlutfalli sands í BV2A.

Á mynd 13 má sjá breytingar á lífrænu innihaldi í BV1A. Glæðitapið sveiflast í kringum 25% með nokkrum toppum. Stór toppur er í neðsta lagi kjarnans við 97 sm, tvo stóra toppa má síðan sjá í efri hlutanum, við 16 sm og 26 sm. Nokkrar lægðir eru í grafinu, glæðitapið er undir 15% við 91 sm, 30 sm, 50 sm og einnig rétt undir toppi kjarnans en þar er glæðitapið lágt frá 11 sm til 8 sm. Í efsta laginu eykst lífræna efnið síðan aftur.



Mynd 13: Breytingar á lífrænu efni í BV1A s.l 2000ár.

5 Túlkun og umræður

5.1 Aðferð [B]

Hlutfall leirs (6-13%) í sýnum unnum með aðferð [A] er frekar lágt miðað við dæmigert hlutfall leirs í íslenskri brúnjörð en samkvæmt Ólafi Arnalds (2004a) inniheldur brúnjörð venjulega 10-25 % leir. Sýni unnin með aðferð [B] voru með lægra hlutfall sands en hærra hlutfall leirs. Bendir þetta til þess að minna haft verið af stærri ögnum eftir að sýnin voru unnin með þeirri aðferð. Má því gera ráð fyrir að tekist hafi að oxa meira af lífræna efninu með aðferð [B] og rjúfa samkornun setagna. Stórar jarðvegsagnir greinast sem sandur í Malverntækinu auk þess sem hugsanlegt er að ekki hafi tekist að sundra öllum samkornunum, sem greinast því sem stærri korn en leir.

Það að notast við hljóðbylgjur og basískt efni við eyðingu lífræns efnis virðist virka vel. Ekki einungis tókst að eyða öllu lífrænu efni úr sýnunum heldur sparaðist mikill tími í vinnu auk þess sem magn vetnisperoxíðs sem nota þurfti var mun minna en ella hefði orðið. Að komast hjá því að standa og hræra í sýnum allan daginn er mikill kostur fyrir rannsóknarvinnu. Þessi rannsókn sýndi fram á það að mikilvægt er að vinna öll sýnin eftir sömu aðferð svo hægt sé að bera niðurstöður þeirra saman. Að taka stærstu lífrænu agnirnar í burtu eins og Gray og félagar (2010) stungu upp á virðist geta haft áhrif á kornastærðardreifinguna. Samræmi var á milli allra sýna úr K4 0-3 og sýna þau svipaða kornastærðardreifingu, er hlutfall leirs á milli 10-25% eins og flokkun brúnjarðar segir til um (sjá Ólafur Arnalds, 2004a). Aðferð [B] virðist vinna vel á lífræna efninu og sundrunin hafa tilskyld áhrif, eins og áður segir voru sýnin skoðuð í smásjá þar sem ekkert lífrænt efni sást.

Eins og sjá mátti þegar hlutfall mælds allófans var borið saman við hlutfall kornastærða <2 µm var hlutfallið svipað þegar borið saman við sýni unnin með aðferð [B], að minnsta kosti fyrir sýni frá 0-18sm. Í síðustu tveim sýnunum (18-24sm) verður hlutfall leirs í sýnum unnum með aðferð [B] mun lægra en mælds allófans. Þetta gæti stafað af því að ekki hafi tekist að sundra samkornum, sem mælast því stærri en leir. Þegar allófanhlutfallið er borið saman við hlutfall leirs í sýnum unnum eftir aðferð [A] má aftur á móti sjá að mikill munur er á hlutföllunum, er hlutfall mælds allófans oft helmingi hærra en leirhlutfallið. Leiða má að því líkum að aðferð [B] geti nýst vel við undirbúning fyrir kornastærðargreiningu vatnasetts, sem að uppruna má að litlum hluta má rekja til áfoks jarðvegs. Hugsanlega verður kornastærðardreifing eldfjallajarðvegs þó enn um sinn erfiðleikum háð, einkum vegna þess hve erfitt er að rjúfa hin sterku tengi milli leirsteindanna eins og sýnt hefur verið fram á (Ólafur Arnalds, 1994)

5.2 Kornastærðardreifing kjarnans BV2A

Breytingar verða á kornastærðardreifingunni um og ofan Landnámsgjósunnar og má rekja þær til rofs á jarðvegshulunni. Þó að Landnámsgjóskan hafi ekki verið staðsett við upphaf þessara breytinga þá gæti það hugsanlega verið ónákvæmni í mælingum um að kenna enda var ekki farið út í nákvæmar gjóskurannsóknir á þessu stigi. Auk þess er tímakvarði kjarnans ekki góður, reiknað var með samfelldri upphleðslu sem er ekki raunin (Gathorn-Hardy o.fl., 2009) sem veldur einhverri skekkju. En kjarninn gefur þó nokkuð góða mynd af heildarbreytingum innan setsins.

Þegar hlutfall sands í kjarnanum er borðið saman við gögn Gathorne-Hardy og féлага (2009) á Myndum 1 og 12 má sjá að fljótlega eftir landnám eykst hlutfall stærri kornastærða í setinu og birkifrjókornum fækkar. Birkið virðist síðan ná sér aðeins á strik og er ekki hægt að sjá miklar breytingar á magni þess fram til 1300 e.Kr. en þá verður mikil fækkun, má segja að vel varðveitt birkifrjókorn hverfi úr setinu. Á sama tíma og birkið er í jafnvægi lækkar hlutfall sands í setinu og helst lágt í þó nokkurn tíma. Eftir það eykst magn sands, gæti það hugsanlega verið í kringum 1300 e.Kr. og því samsvarandi með hvarfi vel varðveittra birkifrjókorna úr setinu. Fyrir landnám er ekki sjáanlegt samband á milli breytinga á hitastigi og kornastærð. Lítið samband sést á milli hitastigsbreytinga og kornastærðardreifingar í kringum landnám, hitastigið breytist lítið sem ekkert á þeim tíma sem hlutfall sands eykst.

Þó nokkuð er um sveiflur í kornastærðinni ofarlega í kjarnanum, þær sveiflur og aukning stærri kornastærða eiga sér hugsanlegar skýringar í litlu ísöldinni en þar skiptust á köld, vindasöm skeið og síðan hlýrri skeið inn á milli. Kornastærðdreifing setsins í Breiðavatni virðist verða fyrir áhrifum landnáms og en auk þess áhrifum loftslagsbreytinga. Hugsanlega er aukning stærri kornastærða tilkomin vegna aukins flutningskrafts sterkari vinda í tengslum við litlu ísöldina, auk þess sem skógar og gróðurhula eru horfin af stórum svæðum í nágrenni við vatnið (Gathorn-Hardy o.fl., 2009; Egill Erlendsson, 2007) og upprunasvæði setsins því búið að færast nær vatninu.

Á Mynd 3 má sjá að miklar sveiflur voru í hitastigi eftir 1800 e.Kr. (Trausti Jónsson, 2007), við lok 19.aldar var síðan hámark litlu ísaldar. Af þessu má draga þá ályktun að upphaf jarðvegseyðingar megi rekja til landnýtingar en með versnandi veðurfari hafi hnignunin orðið enn meiri sem skilaði sér í enn auknu áfoki. Sambland af áhrifum manns og loftslags hafi valdið því jarðvegsrofi sem á sér stað í kringum Breiðavatn í dag.

Efst í kjarnanum dregur úr magni stærri kornastærða og má jafnvel rekja það til þeirrar hlýnunar sem á sér stað í dag, og er þá gert ráð fyrir að hlýrri tímum fylgi veikari vindar (Áslaug Geirsdóttir o.fl., 2009). Setið í Breiðavatni bíður upp á möguleika á fjölbreyttum rannsóknum á umhverfisbreytingum og loftslagsbreytingum á seinni hluta nútíma, eins og sjá má á þessari rannsókn auk þeirra rannsókna sem áður hafa verið unnar á seti úr vatninu. Samband virðist vera á milli kornastærðardreifingu og annara breyta í setinu. Fróðlegt verður að sjá niðurstöður úr kornastærðardreifingu neðri kjarnans (BV2B) sem unnið er að núna.

Ekki er að sjá neina fylgni með magni lífræns efnis í setkjörnunum og kornastærðardreifingunni. Sveiflur í magni lífræns efnis virðast ekki sýna neina ákveðna leitni eins og sjá mátti á mynd 13. Magn lífræns efnis getur eins og áður segir sýnt breytingar á magni innfoks af gömlum jarðveg sem inniheldur tiltölulega hátt magn lífræns kolefnis, en kolefnisrík mýri er umhverfisvatnið. Hið lága magn lífræns efnis við 50-51 sm gæti stafað af því að þar er Landnámsgjóskan. Ástæðan fyrir hækkun lífræns efnis í efsta lagi kjarnans má að öllum líkindum rekja til þess að mest lífræn framleiðsla fer fram efst í setinu, og niðurbrot efna styst á veg komið einmitt þar.

6 Lokaorð

Undirbúningur sýna tók mun skemmri tíma með aðferð [B]. Hægt var að undirbúa 30 sýni í einu og ekki þurfti að standa yfir þeim allan tímann. Undirbúningur eins sýnis úr Breiðavatnskjarnanum tók um þrjár klukkustundir með aðferð [A]. Að þurfa einungis að fara tvisvar á dag í ~5 mínútur til að sinna sýnunum í stað þess að standa yfir þeim í margar klukkustundir er ómetanlegt. Í kjölfar þessarar rannsóknar væri spennandi að skoða betur áhrif oxunar á kornastærðarflokkun, til að mynda væri spennandi að rannsaka betur áhrif þess að taka stærstu lífrænu agnirnar ofan af sýnunum. Auk þess sem áhrif hátíðniþylgna og basískra efna á sundrun jarðvegsagna mætti skoða betur þar sem hugsanlega gætu þau brotið niður hluta af minnstu steindunum. Við kornastærðarflokkun í BV2A þarf að hafa í huga að lítil skekkja í afmörkun sýna getur haft áhrif á nákvæmni niðurstaðna, enda var tekið fram að hér var einungis um grófa mynd af breytingum innan kjarnans að ræða. Mátti þó útskýra og tengja sveiflur sem sáust í kornastærðarflokkuninni við aðrar breytur í setinu, gagnlegt er því að nýta hana við fornvistfræðirannsóknir. Í framhaldinu væri fróðlegt að bera saman efsta hluta kjarnans við veðurfarsgögn frá nágrenni svæðisins til að sjá hvort að einhverjar veðurfarslegar sveiflur eigi sér samsvörun með kornastærðarbreytingum í kjarnanum. Myndi það auðvelda enn frekar túlkun á gögnum kornastærðarflokkunar.

Heimildir

- Aaby, B. og Berglund B.E. (1986). Characterization of peat and lake deposits. Í B.E. Berglund (ritstj.), *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology* (bls. 231-246). Chichester: John Wiley and Sons.
- Áslaug Geirsdóttir, Miller G.H., Thorvaldur Thordarson & Kristín B.Ólafsdóttir (2009). A 2000 year record of climate variations reconstructed from Haukadalsvatn, West Iceland. *Journal of Paleolimnology*, 41, 95-115.
- Axford, Y., Áslaug Geirsdóttir, Miller, G.H. & Langdon, P. (2008). Climate of the Little Ice Age and the last 2000 years in northeast Iceland inferred from chironomids and other lake sediment proxies. *Journal of Paleolimnology*, 41, 7-24.
- Benedikt Eyþórsson (2008). *Búskapur og rekstur staðar í Reykholti 1200-1900*. Útgefin meistaraprófsritgerð, Háskóli Íslands, Ísland.
- Björn Traustason (2006). *Kolefni og sýrustig í eldfjallajörð*. Óútgefin meistaraprófsritgerð, Háskóli Íslands, Reykjavík.
- Boggs, S. (2001). *Principles of sedimentology and stratigraphy* (3.útg). New Jersey: Prentice Hall.
- Bradley, R.S. (1999). *Paleoclimatology: reconstruction climates of the Quaternary* (2.útg). San Diego: Academic Press.
- Brady, N.C. & Weil, R.R. (2002). *The nature and properties of soils* (13.útg). New Jersey (USA): Prentice Hall.
- Bryndís Guðrún Róbertsdóttir (1992, apríl). *Gjóskulagátímatál fyrir Suðurlandsundirlendi. Forsöguleg gjóskulög frá Kötlu, áður nefnd Katla 5000*. Veggspjald kynnt á veggspjaldaráðstefnu Jarðfræðifélags Íslands, Reykjavík.
- Dean, W.E. (1974). Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *J. Sediment Petrol*, 44, 242-248.
- Dugmore, A.J., Church, M.J., Buckland, P.C., Edwards, K.J., Lawson, I., McGovern, T.H., Panagiotakopulu, E., Simpson, I.A., Skidmore, P. & Guðrún Sveinbjarnardóttir (2005). The Norse landnám on the North Atlantic islands: an environmental impact assessment. *Polar Record*, 41(1), 21-37.

- Caseldine, C., Áslaug Geirsdóttir & Langdon, P. (2003). Efstadalsvatn- a multi-proxy study of a Holocene lacustrine sequence from NW Iceland. *Journal of Paleolimnology*, 30, 55-73.
- Christensen, B.T. (1988). Effects of animal manure and mineral fertilizer on the total carbon and nitrogen contents of soil size fractions. *Biol fertil soils*, 5, 304-307.
- Egill Erlendsson (2007). *Environmental change around the time of the Norse settlement of Iceland*. Óútgefin doktorsritgerð, University of Aberdeen, England.
- Gathorne-Hardy, F.J., Egill Erlendsson, Langdon, P.G. & Edwards, K.J. (2009). Lake sediment evidence for late Holocene climate change and landscape erosion in western Iceland. *Journal of Paleolimnology*, netútgáfa.
- Gray, A.B., Pasternack, G.B & Watson, E.B. (2010). Hydrogen peroxide treatment effects on the particle size distribution of alluvial and marsh sediments. *The Holocene*, 20(2), 293-301.
- Guðmundur Guðjónsson og Einar Gíslason (1988). *Gróðurkort af Íslandi 1:500 000*. Yfirlitskort (1.útg). Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Guðrún Gísladóttir (1993). *Geographical analysis of natural and cultural landscape. A methodological study in Southwestern Iceland*. Óútgefin lokaritgerð (A 289), Háskólinn í Stokkhólm, Svíþjóð.
- Guðrún Gísladóttir (2001). Ecological Disturbance and Soil Erosion on Grazing Land in Southwest Iceland. Í: Conacher A.J. (ritstj.) *Geojournal Library series - Land degradation* (bls 111-129). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holland.
- Guðrún Gísladóttir, Egill Erlendsson, Lal, R. & Bigham, J. (2010). Erosional effects on terrestrial resources over the last millennium in Reykjanes, southwest Iceland. *Quaternary Research*, 73, 20-32.
- Guðrún Sveinbjarnardóttir, Egill Erlendsson, Vickers, K., McGovern, T.H., Milek, K.B., Edwards, K.J, Simpson, I.A. & Cook, G. (2007). The palaeoecology of a high status Icelandic farm. *Environmental Archaeology*, 12(2), 187-206.
- Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson (1998). *Jarðfræðikort af Íslandi*. Berggrunnskort (2.útg.), 1:500 000. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Haukur Jóhannesson og Sigmundur Einarsson (1988). Krísuvíkureldar I - Aldur Ögmundarhrauns og Miðaldarlagsins. *Jökull*, 38, 71-87.
- Hákon Bjarnason og Snorri Sigurðsson (1977). Skóglendi á Íslandi - athuganir á stærð þess og ástandi. Fjölrit. Skógrækt ríkisins og Skógræktarfélag Íslands. Reykjavík.
- Heiri, O., Lotter, A.F. & Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of paleolimnology* 25, 101-110.

- Hjalti Hugason (2000). Kristni á Íslandi I. Frumkristni og upphaf kirkju. Í Hjalti Hugason (ritstj.), *Kristni á Íslandi (172-174)*. Reykjavík: Alþingi.
- Hlynur Óskarsson, Ólafur Arnalds, Jón Guðmundsson & Grétar Guðbergsson (2004). Organic carbon in Icelandic Andosols – geographical variation and impact of erosion [rafræn útgáfa]. *CATENA*, 56, 1-3.
- Hreggviður Norðdahl, Ólafur Ingólfsson, Halldór G. Pétursson & Margrét Hallsdóttir (2008). Late Weichselian and Holocene environmental history of Iceland. *Jökull* 58, 343-365.
- Jackson G.M., Níels Óskarsson, Tronnes, R.G., McManus, J.F., Oppo, D.W., Karl Grönvold, Hart, S.R. & Sachs, J.P. (2005). Holocene loess deposition in Iceland: Evidence for millennial-scale atmosphere-ocean coupling in the North Atlantic. *Geology*, 33(6), 509-512.
- Jowsey, P.C. (1966). An improved peat sampler. *New Phytologist*, 65, 245-248.
- Jozefaciuk, G., Muranyi, A. & Alekseeva, T. (2002). Effect of extreme acid and alkali treatment on soil variable charge. *Geoderma*, 109(3-4), 225-243.
- Jón Jónsson (1998). Eldgos á sögulegum tíma á Reykjanesskaga. *Náttúrufræðingurinn*, 52, 127-139.
- Kalff, J. (2002). *Limnology: Inland water ecosystems*. New Jersey: Prentice Hall.
- Karl Grönvold, Níels Óskarsson, Sigfús J. Johnsen, Clausen H.B., Hammer C.U., Bond, G. & Bard, E. (1995). Ash layers from Iceland in the Greenland GRIP ice core correlated with oceanic and land sediments. *Earth Planet Science Letter*, 54, 238-246.
- Kristbjörg María Guðmundsdóttir (2006). *Tengsl setmyndunar í Hvítárvatni og veðurfars á Hveravöllum 1966-2003*. Óútféfin bachelor ritgerð (B.S.), Háskóli Íslands.
- Malvern Instruments (2010). *Particle Size Analyzer- Malvern*. Skoðað 2. apríl 2010 á: <http://www.malvern.com/LabEng/products/Mastersizer/MS2000/mastersizer2000.htm>
- Margrét Hallsdóttir (1995). On the pre-settlement history of Iceland vegetation. *Búvísindi*, 9, 17-29.
- Margrét Hallsdóttir & Caseldine, C.J. (2005). The Holocene vegetation history of Iceland, state-of-the-art and future research. Í C.J. Caseldine, A. Russel, Jórunn Harðardóttir & Óskar Knudsen (ritstj.), *Iceland- Modern processes and past environments (bls.319-334)*. England: Elsevier.
- Markús Á. Einarsson (1976). *Veðurfar á Íslandi*. Reykjavík: Iðunn.
- Mason, T.J., Collings, A. & Sumel, A., (2004). Sonic and ultrasonic removal of chemical contaminants from soil in the laboratory and on a large scale. *Ultrasonics sonochemistry*, 11(3-4), 205-210.

- Ólafur Arnalds (1994). Leir í íslenskum jarðvegi. *Náttúrufræðingurinn*, 63(1-2),73-85.
- Ólafur Arnalds (1996). *Jarðvegsfræði* (2.útg). Reykjavík: Ólafur Arnalds.
- Ólafur Arnalds (2004a). Volcanic soils of Iceland [rafræn útgáfa]. *CATENA*,56(1-3).
- Ólafur Arnalds (2004b). *Hin íslenska jarðvegsauðlind*. Skoðað 15.apríl 2010 á vef Landbúnaðar :
<http://www.landbunadur.is/landbunadur/wgsamvef.nsf/8bbba2777ac88c4000256a89000a2ddb/eb9dca78d32954c900256e3500337e56?OpenDocument>
- Ólafur Arnalds (2008). Soils of Iceland. *Jökull*, 58, 409-421.
- Ólafur Arnalds (2009). Íslenskt jarðvegskort. *Náttúrufræðingurinn* 78(3-4), 107-121.
- Ólafur Arnalds og Einar Grétarsson (2001). *Jarðvegskort af Íslandi 1:700 000*. Ísland: Rannsóknarstofnun landbúnaðarins (RALA).
- Ólafur Arnalds, Elín Fjóla Þórarinsdóttir, Sigmar Metúsalemanson, Ásgeir Jónsson, Einar Grétarsson & Arnór Árnason (1997). *Soil Erosion in Iceland*. Reykjavík: Soil Conservation Service and Agricultural Research Institute.
- Pitty, A.F. (1979). *Geography and soil properties*. London: Methuen & Co ltd.
- Pye, K. & Blott, S.J. (2004). Particle size analysis of sediments, soils and related particulate materials for forensic purposes using laser granulometry. *Forensic science international*, 144(1), 19-27.
- Rannveig Ólafsdóttir og Hjalti J. Guðmundsson (2002). Holocene land degradation and climatic change in NE Iceland. *The Holocene*,12(2), 159-167.
- Rawle, A. (á.á). *The basic principles of particle size analysis*. Skoðað 28.apríl á vef Rutgers: <http://www.rci.rutgers.edu/~moghe/PSD%20Basics.pdf>
- Sigurður Reynir Gíslason (2008). Weathering in Iceland. *Jökull*, 58, 387-407.
- Sigurður Þórarinsson (1961). Uppblástur á Íslandi í ljósi öskulagarannsóknna. *Ársrit Skógræktarfélags Íslands*, 17-54.
- Sædís Ólafsdóttir (2001). *Endurvarpsgögn, kornastærðardreifing og ísrekið efni í setkjarna frá Djúpál (MD99-2264) á tímabilinu 9.600- 12.800 14C B.P.* Óútgefin Bachelor ritgerð (B.S.), Háskóli Íslands.
- Trausti Jónsson (2007). *Hitafar á Íslandi eftir 1800*. Skoðað 15.apríl á vef Veðurstofu Íslands: <http://www.vedur.is/loftslag/loftslag/fra1800/hitafar/bigimg/728?ListID=0>
- Vickers, K.A. (2006). *The Palaeoentomology of the North Atlantic Islands*. Óútgefin doktorsritgerð, University of Sheffield, England.

Þórarinn Þórarinsson (1974). Þjóðin lifði en skógurinn dó. *Ársrit Skógræktarfélags Íslands*, 25, 16-29.

Wada, K. (1985). The Distinctive Properties of Andosols. *Advances in Soil Science*, 2, 173-229.

Viðauki

Tafla 2: Magn lífræns kolefnis (C) í Krýsuvíkursýnunum
(Guðrún Gísladóttir, munnleg heimild, mars 2010).

0-3 sm	15,32 %
3-6 sm	9,3 %
6-9 sm	6,9 %
9-12 sm	6,5 %
12-15 sm	5,29 %
15-18 sm	4,03 %
18-21 sm	4,27 %
21-24 sm	3,89 %

Kornastærðarmæling – Aðferð

I. Hluti:

1. Frostþurrkuð sýni eru sigtuð í gegnum 2000 μm sigti, allt finna en 2000 μm er keyrt í gegnum Malvern.
2. Vigta 1-2 gr af sýni í 250 ml glös (magn fer eftir grófleika sýnis, því grófara því meira þarf af sýni), gott er að sprauta með eimuðu vatni á hliðarnar til að ná öllu sýninu niður.
3. Muna að merkja glösin með t.d dýpi.
4. Sett 5 ml af peroxíði (H_2O_2 35%) saman við, glasinu “swirlað”.
5. Sýnið hitað upp á hitahellu, byrjað á vægum hita og soiðan aukið þar til suðu hefur verið náð. Soðið í það minnsta í 10 mín. Við suðu í peroxíði eyðist lífræni hlutinn, sýnið freyðir. Glösunum er swirlað til skiptis og sprautað með eimuðu vatni á hliðarnar til að ná niður öllum ögnunum. Setja má meira af peroxíði í sýnið (aftur 5 ml) til að vera viss um að unnið hefur verið á öllum lífræna hlutanum. Gott er að nota “rubber policeman” til að nudda ögnunum niður af hliðunum.
6. Sýnið látið kólna
7. Magnesíumklóríð (8-10ml) helt út í sýnið. Notaði 20 ml fyrir jarðvegssýnin (GG).
8. Því næst er sýninu hellt í gegnum sigti og yfir í stærra glas (150 μm sigti). Ef engar óeðlilegar agnir (t.d plast úr kjarnaröri) eða stórar lífrænar leifar (rót, planta) finnast í sigtinu má tæma úr sigtinu aftur í glasið.
9. Muna að merkja stóru glösin með sama sýnanúmeri t.d. dýpi.
10. Glasið er síðan fyllt upp af eimuðu vatni og látið bíða yfir nótt (magnesíumklóríðið dregur saman agnirnar og flýtir því að sýnið falli sem hraðast niður á botn).
11. Sama magni af magnesíumklóríði má bæta út í ef ekki hefur allt fallið niður eftir sólarhring. Fyrir jarðveg látið bíða í 5 daga.

II. hluti:

12. Vatnið sogað ofan af sýninu með “sogslöngunni”. Slangan er fyllt af vatni og lokað fyrir með fingri að ofan (gúmmíendinn). Glasið sett hátt upp og glerendanum stundið undir yfirborð sýnavatnsins. Um leið og fingur er losaður af gúmmíendanum sogast vatnið upp, stundum gott að halla glasinu til að ná sem mestu af vatninu. Stoppað (glerendanum lyft uppúr vatninu) um leið og helst áður en gruggið sogast upp.
13. Restinni er “swirlað” og eimuðu vatni er sprautað á hliðarnar um leið og sýninu er hellt yfir í skilvindutúbu. Ef ekki næst að setja allt sýnið í eina túbu má setja restinu í aðra (muna að merkja að um sama sýni sé að ræða). Lok sett á.
14. Sýnin eru vigtuð í pör fyrir skilvinduna. Raða þarf jafn þungum túbum á móti hvor annarri í skilvinduna.
15. Sett í skilvindu 3000 snúninga, 20°, 10mínútur.
16. Eftir skilvinduna er vatninu hellt snöggt af sýninu (sýnið ætti að sitja þétt á botninum).
17. Að lokum er bætt 20 ml af sodíummetafosfati út í túbuna og sýnið þá tilbúið fyrir Malvern

NB! Við blöndun á magnesíumklóríðlausn er notað 25gr í 1L af eimuðu vatni. Notað segulhræru í nokkra mín til að blanda saman. Við blöndun á natríummetafosfati er vigtað 2,5 gr af efninu í 1 L af eimuðu vatni. Efnið gæti tapað virkni sinni ef látið er sitja mikið lengur en mánuð.

Class	Symbol	Element	Description
Turfa	Tb ⁴	T. brycphytica	Mosses, +/- humous substance
	Tl ⁰⁻⁴	T. lignosa	Stumps, roots, intertwined rootlets, of ligneous plants +/- trunks, stems, branches, etc., connected with these. +/- humous substance
	Th ⁴	T. herbacea	Roots, intertwined rootlets, rhizomes, of herbaceous plants +/- stems, leaves, etc., connected with these. +/- humous substance
Detritus	Di	D. lignosus	Fragments of ligneous plants > 2 mm
	Dh	D. herbosus	Fragments of herbaceous plants > 2 mm
	Dg	D. granosus	Fragments of ligneous and herbaceous plants, and sometimes of animal fossils < 2 mm > ca. 0.1 mm
Limus	Ld ⁰⁻⁴	L. detrituosus	Plants and animals or fragments of these; particles < ca. 0.1 mm. +/- humous substance
	Lsc	L. siliceus organogenes	Diatoms, needles of sponge, siliceous skeletons, etc., of organic origin, or parts of these. Particles < ca. 0.1 mm
Argilla	Lc	L. calcareus	Marl, not hardened like calcareous tufa. Particles < ca. 0.1 mm
	Lf	L. ferrugineus	Iron oxide. Particles < ca. 0.1 mm
	As	Clay	Mineral particles < 0.002 mm
	Ag	Silt	Mineral particles 0.002 to 0.06 mm
Grana	Ga	Fine sand	Mineral particles 0.06 to 0.6 mm
	Gs	Coarse sand	Mineral particles 0.6 to 2 mm
	Gg	Gravel	Mineral particles > 2 mm
Substantia humosa	Sh	Humous substance	Completely disintegrated organic substances and precipitated humic acids

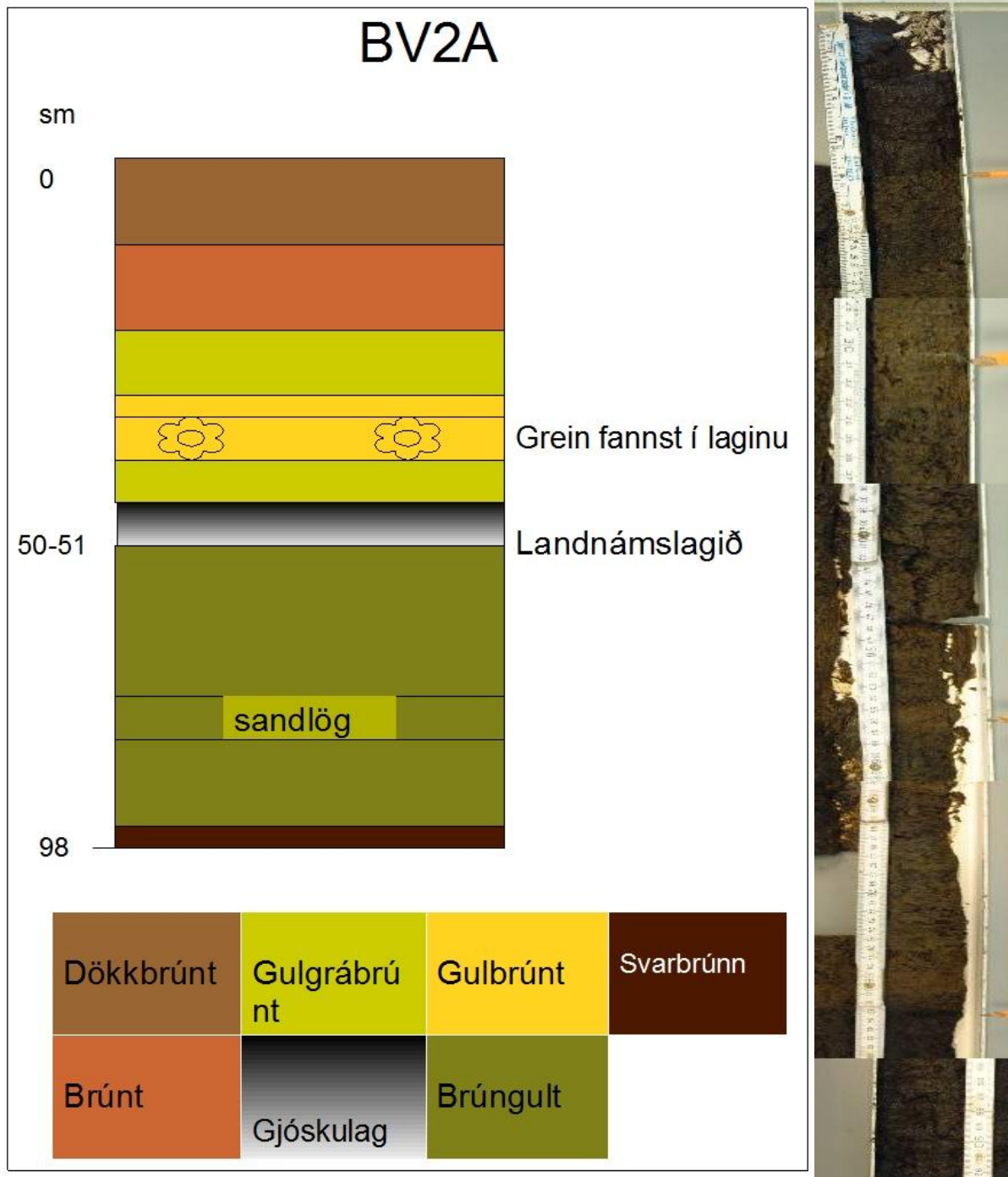
Mynd 14: Troel-Smith kerfið.
(Aaby og Berglund, 1986).

Tafla 3: Lýsing á setkjörnum teknum í Breiðavatni eftir Troel-Smith kerfinu.

Kjarnarnir skarast á 93 sm (BV1A) og 17 sm (BV2B).

Breiðavatn (BV)	Troel-Smith greining	Litur	Annað
Kjarni 2 A sm frá topp			
0-10	Sh2Ag1Ga1 Dl+	Dökk brúnn	
10-24	Ga1Ag2Sh1 Dl+	Brúnn	
24-29	Sh2Ag2 Dl+Ga+	Gulgrábrúnn	
29-31	Dl1Sh2Ag1 Ga+	Gulbrúnn	
31-33	Sh2Ag1Dh1 D++ Ga+	Gulbrúnt	Vel veðruð grein - dökk brún
33-50	Dl2Sh1Ag1 Ga+	Gulgrábrúnt	
50-51		Ljósgrá/hvít	Landnámsgjóskan – grófkorna- tvískipt ljósari undir og svört að ofan.
51-81	Sh3Ag1 Dh+	Brúngult	
81-82	Ga2Sh1Ag1 Dh+	Brúngult	Svart grófkorna - staðbundið
82-94	Sh2Ag2 Dh+	Brúngult	Svart grófkorna - staðbundið
94-98	Sh2Ag2 Ga+	Brúngult	
Kjarni 2B			
0-5	Sh2Ag2 Dh+	Brúngult	
5-6	Ga2Sh1Ag1 Dh+	Brúngult	Staðbundin sandlög/gjóskulög
6-16	Sh2Ag2 Ga+	Brúngult	Staðbundin sandlög/gjóskulög
16-33	Dh2Sh1Ag1	Brúnsvart	Framhald

33-42	Dh1Sh2Ag1	Svarbrúnt	
42-48	Dh1Sh2Ag1	Brúngultgrátt	
48-51	Ga4 Sh+	Svart	Fínkorna gjóskulag
51-57	Sh2Ag2 Dh+	Gulbrúnn	
57-65,5	Sh2Ag2 Dh+Ga+	Brúnsvart	
65,5-67	Ga4 Sh+	Svart	Fínkorna gjóskulag
67-78	Sh2Ag1Dh1 Ga+	Brúnsvart (smá gult)	
78-92	Dh2Ag1Sh1	Brúnsvart	
92-94,5	As2Ag1Sh1 Dh+	Hvítt-grátt-svart	
94,5 -100	Sh2Dh1Ag1	Svarbrúnn	



Mynd 15: Myndræn lýsing á kjarnanum BV2A.

Tafla 4: Hlutfall kornastærða í K4, unnið með aðferð [A]

Hlutfall kornastærða (%)						
Unnið með aðferð [A]						
	< 2 μm	Meðaltal	2 μm -50 μm	Meðaltal	50 μm -2000 μm	Meðaltal
	Leir		Silt		Sandur	
K4 0-3	6.47	6.28	36.675	35.71267	56.855	58.00733
	6.168		35.131		58.701	
	6.202		35.332		58.466	
K4 3-6	7.512	7.638333	41.697	42.449	50.791	49.91267
	7.619		42.373		50.008	
	7.784		43.277		48.939	
K4 6-9	9.259	9.241	42.145	41.99533	48.595	48.76333
	9.276		42.108		48.616	
	9.188		41.733		49.079	
K4 9-12	9.319	9.301667	39.39	39.35267	51.292	51.346
	9.114		38.581		52.305	
	9.472		40.087		50.441	
K4 12-15	8.967	8.925667	44.168	43.89967	46.866	47.175
	8.823		43.364		47.813	
	8.987		44.167		46.846	
K4 15-18	6.668	6.666333	39.115	39.018	54.218	54.316
	6.586		38.5		54.914	
	6.745		39.439		53.816	
K4 15-18b	8.767	8.531667	48.036	46.371	43.197	45.09733
	8.406		45.485		46.109	
	8.422		45.592		45.986	
K4 15-18c	9.978	9.964	48.803	48.555	41.22	41.481
	9.976		48.562		41.461	
	9.938		48.3		41.762	
K4 15-18d	10.065	10.01967	48.313	47.82367	41.622	42.157
	9.958		47.456		42.587	
	10.036		47.702		42.262	
K4 18-21	12.817	12.94167	46.962	47.159	40.221	39.89933
	13.02		47.29		39.69	
	12.988		47.225		39.787	

Framhald

K4 18-21b	14.017	13.55567	41.235	41.005	44.749	45.43933
	13.867		40.795		45.338	
	12.783		40.985		46.231	
K4 18-21c	11.505	11.365	43.04	42.28133	45.455	46.35367
	11.259		41.755		46.986	
	11.331		42.049		46.62	
K4 18-21d	11.141	11.039	42.708	42.23733	46.151	46.72333
	10.933		41.787		47.279	
	11.043		42.217		46.74	
K4 18-21e	8.511	8.387333	37.849	37.254	53.639	54.35867
	8.406		37.257		54.338	
	8.245		36.656		55.099	
K4 18-21f	9.856	9.760667	41.642	41.187	48.502	49.05233
	9.753		41.167		49.08	
	9.673		40.752		49.575	
K4 21-24	8.51	8.812667	35.76	36.86033	55.73	54.327
	8.929		37.254		53.817	
	8.999		37.567		53.434	
K4 21-24b	11.916	11.93967	51.93	51.96867	36.154	36.09167
	11.804		51.594		36.602	
	12.099		52.382		35.519	
K4 21-24c	9.38	9.409	40.737	40.79233	49.883	49.79867
	9.085		39.381		51.534	
	9.762		42.259		47.979	
K4 21-24d	7.687	7.441667	36.594	35.38567	55.718	57.172
	7.317		34.849		57.833	
	7.321		34.714		57.965	
K4 21-24e	8.166	8.099333	38.1	37.699	53.734	54.20167
	8.138		37.93		53.932	
	7.994		37.067		54.939	
K4 21-24f	7.878	7.761	34.683	34.098	57.439	58.14133
	7.884		34.564		57.553	
	7.521		33.047		59.432	

Tafla 5: Hlutfall kornastærða í K4, unnið með aðferð [B].

Hlutfall kornastærða (%)						
Unnið með aðferð [B]						
	< 2 μm Leir	Meðaltal	2 μm -50 μm Silt	Meðaltal	50 μm -2000 μm Sandur	Meðaltal
K4 0-3A	19.588	20.159	46.111	45.13433	34.301	34.70633
	19.927		44.708		35.364	
	20.962		44.584		34.454	
K4 0-3B	16.001	17.63667	52.227	49.507	31.772	32.85633
	17.791		48.721		33.488	
	19.118		47.573		33.309	
K4 0-3C	11.406	13.92833	55.292	54.60067	33.302	31.47067
	14.015		54.032		31.953	
	16.364		54.478		29.157	
K4 0-3D	18.434	19.63567	53.486	52.38867	28.08	27.97533
	19.871		52.59		27.538	
	20.602		51.09		28.308	
K4 0-3E	10.36	11.807	61.471	60.14333	28.169	28.049
	11.991		60.301		27.707	
	13.07		58.658		28.271	
K4 0-3F (toppur)	14.7	14.81833	52.893	55.384	32.407	29.798
	14.82		57.229		27.952	
	14.935		56.03		29.035	
K4 0-3F (Þungt)	17.688	17.993	43.555	40.67567	38.757	41.331
	18.333		40.154		41.513	
	17.958		38.318		43.723	
K4 0-3G	13.978	15.33167	51.396	50.929	34.626	33.73967
	15.762		51.27		32.968	
	16.255		50.121		33.625	
K4 3-6	16.776	18.43833	51.416	49.80233	31.808	31.75967
	19.343		49.737		30.921	
	19.196		48.254		32.55	
						Framhald

K4 6-9	12.417	13.267	61.68	61.64533	25.903	25.08767
	13.512		62.524		23.964	
	13.872		60.732		25.396	
K4 9-12	9.33	11.205	64.546	63.988	26.124	24.807
	11.24		63.431		25.329	
	13.045		63.987		22.968	
K4 12-15	12.04	13.697	53.517	54.23333	34.442	32.06933
	14.131		55.53		30.339	
	14.92		53.653		31.427	
K4 15-18	11.005	11.80667	56.261	56.18	32.734	32.01367
	11.752		55.563		32.685	
	12.663		56.716		30.622	
K4 18-21	4.76	6.257667	77.461	78.02767	17.78	15.715
	6.572		78.098		15.33	
	7.441		78.524		14.035	
K4 21-24	5.994	6.426333	65.076	65.33567	28.93	28.238
	6.448		65.4		28.152	
	6.837		65.531		27.632	

Tafla 6: Hlutfall kornastærða í kjarnanum BV2A.

Hlutfall kornastærða (%)						
Breiðavatn 2A (BV2A)						
	< 2 µm Leir	Meðaltal	2 µm-50µm Silt	Meðaltal	50 µm-2000µm Sandur	Meðaltal
BV2A 0-1	14.526	14.5123	70.489	70.3093333	14.985	15.1783
	14.538		70.392		15.07	
	14.473		70.047		15.48	
BV2A 1-2	8.236	8.30033	67.004	66.9166667	24.76	24.783
	8.322		66.972		24.706	
	8.343		66.774		24.883	
BV2A 2-3	10.611	10.5857	63.243	62.9666667	26.147	26.4483
	10.557		62.831		26.612	
	10.589		62.826		26.586	
BV2A 3-4	8.108	8.04433	56.107	55.5673333	35.784	36.388
	8.084		55.792		36.124	
	7.941		54.803		37.256	
BV2A 4-5	8.086	8.08267	53.409	53.0513333	38.505	38.866
	8.101		53.098		38.801	
	8.061		52.647		39.292	
BV2A 5-6	4.545	5.14233	54.929	53.344	40.526	41.5137
	5.259		53.501		41.24	
	5.623		51.602		42.775	
BV2A 7-8	6.028	6.06267	50.217	49.8693333	43.755	44.068
	6.068		49.747		44.185	
	6.092		49.644		44.264	
BV2A 9-10	9.632	9.58667	45.705	44.9923333	44.663	45.421
	9.619		45.01		45.371	
	9.509		44.262		46.229	
BV2A 11-12	13.148	13.195	52.263	51.9916667	34.589	34.813
	13.223		51.923		34.854	
	13.214		51.789		34.996	

Framhald

BV2A 13-14	15.985	16.033	64.438	64.111	19.578	19.8563
	16.002		63.892		20.106	
	16.112		64.003		19.885	
BV2A 15-16	8.631	8.69933	58.238	58.0943333	33.132	33.2067
	8.716		58.032		33.252	
	8.751		58.013		33.236	
BV2A 17-18	9.143	9.21233	66.093	66.1716667	24.764	24.616
	9.231		66.152		24.617	
	9.263		66.27		24.467	
BV2A 19-20	8.764	8.86233	53.372	53.2686667	37.864	37.869
	8.957		53.54		37.503	
	8.866		52.894		38.24	
BV2A 24-25	18.972	19.0403	63.78	63.3996667	17.248	17.56
	19.018		63.267		17.715	
	19.131		63.152		17.717	
BV2A 25-26	18.986	18.5303	53.489	51.492	27.525	29.9777
	18.397		50.886		30.717	
	18.208		50.101		31.691	
BV2A 27-28	9.275	9.46467	68.167	67.8996667	22.558	22.636
	9.531		67.981		22.488	
	9.588		67.551		22.862	
BV2A 31-32	7.028	7.07267	51.361	51.0676667	41.611	41.8593
	7.064		50.948		41.988	
	7.126		50.894		41.979	
BV2A 34-35	16.305	16.2233	69.144	68.5633333	14.551	15.2133
	16.171		68.45		15.379	
	16.194		68.096		15.71	
BV2A 36-37	15.241	15.2343	79.174	78.934	5.586	5.832
	15.205		78.9		5.896	
	15.257		78.728		6.014	
						Framhald

BV2A 37-38	14.547	14.4847	81.664	81.2516667	3.789	4.26333
	14.539		81.34		4.121	
	14.368		80.751		4.88	
BV2A 43-44	18.678	18.813	75.424	75.3373333	5.899	5.85033
	18.876		75.392		5.733	
	18.885		75.196		5.919	
BV2A 45-46	20.865	20.753	71.459	70.7853333	7.676	8.462
	20.856		71.008		8.136	
	20.538		69.889		9.574	
BV2A 47-48	11.784	11.7443	67.98	67.7183333	20.237	20.5377
	11.721		67.719		20.56	
	11.728		67.456		20.816	
BV2A 49-50	9.607	9.58633	65.576	64.814	24.817	25.5997
	9.605		64.669		25.726	
	9.547		64.197		26.256	
BV2A 51-52	24.209	24.0293	55.541	54.8266667	20.25	21.1437
	24		54.727		21.272	
	23.879		54.212		21.909	
BV2A 55-56	17.176	18.2997	49.055	50.2716667	33.769	31.4283
	19.254		49.43		31.315	
	18.469		52.33		29.201	
BV2A 57-58	20.805	20.832	76.188	76.162	3.006	3.006
	20.803		76.591		2.607	
	20.888		75.707		3.405	
BV2A 59-60	16.28	15.3913	78.967	76.1336667	4.753	8.47467
	14.353		78.006		7.641	
	15.541		71.428		13.03	
BV2A 63-64	14.457	14.5457	79.182	78.5693333	6.361	6.88467
	14.67		78.868		6.461	
	14.51		77.658		7.832	

Framhald

BV2A 75-76	16.142	16.1973	77.633	77.5163333	6.226	6.28667
	16.229		77.487		6.284	
	16.221		77.429		6.35	
BV2A 77-78	20.718	20.7997	71.452	71.1863333	7.83	8.014
	20.885		71.141		7.974	
	20.796		70.966		8.238	
BV2A 86-87	16.598	15.8993	77.465	77.051	5.936	7.049
	16.568		77.115		6.316	
	14.532		76.573		8.895	
BV2A 81-82	14.273	14.4037	71.585	71.6236667	14.142	13.9727
	14.516		71.826		13.658	
	14.422		71.46		14.118	
BV2A 87-88	15.85	15.8637	78.75	78.232	5.401	5.90433
	15.932		77.82		6.247	
	15.809		78.126		6.065	
BV2A 89-90	17.863	17.5977	65.035	64.2696667	17.102	18.1323
	17.673		64.651		17.676	
	17.257		63.123		19.619	

Tafla 7: Glæðitap (LOI) í BV1A

Glæðing BV1A					
Sentimetrar	LOI (%)	Sentimetrar	LOI (%)	Sentimetrar	LOI (%)
0-1	28.44	32-33	25.9	65-66	28.03
1--2	28.54	33-34	12.48	66-67	28.74
2--3	19.63	34-35	24.38	67-68	27.37
3--4	15.96	35-36	30.38	68-69	22.15
4--5	11.02	36-37	28.26	69-70	27.99
5--6	10.42	37-38	29.96	70-71	27.1
6--7	15.98	38-39	29.78	71-72	28.34
7--8	17.54	39-40	29.71	72-73	27.59
8--9	9.12	40-41	30.04	73-74	28.69
9--10	14.44	41-42	28.99	74-75	28.17
10--11	8.16	42-43	26.96	75-76	24.24
11--12	21.96	43-44	28.69	76-77	35.79
12--13	12.28	44-45	27.78	77-78	25.84
13--14	25.17	45-46	30	78-79	21.11
14--15	27.65	46-47	28.21	79-80	17.25
15--16	73.84	47-48	21.41	80-81	17.96
16--17	25.57	48-49	19.06	81-82	17.95
17--18	24.54	49-50	11.8	82-83	21.05
18--19	24.74	50-51	9.4	83-84	26.6
19--20	23.13	51-52	27.9	84-85	25.45
20--21	24.31	52-53	22.77	85-86	24.13
21--22	26.41	53-54	21.75	86-87	24.08
22-23	32.72	54-55	19.09	87-88	22.85
23-24	32.04	55-56	27.99	88-89	20.29
24-25	31.75	56-57	32.41	89-90	18.45
25-26	49.26	57-58	30.67	90-91	11.18
26-27	22.84	58-59	31.22	91-92	18.52
27-28	31.25	59-60	30.33	92-93	16.91
28-29	18.39	60-61	27.69	93-94	23.66
29-30	35.74	61-62	28.85	94-95	19.93
30-31	29.21	62-63	27.89	95-96	24.05
31-32	33.09	63-64	27.31	96-97	47.27
		64-65	27.72	97-98	16.67