



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

NESJAVELLIR

Kjarnar úr holu NJ-17

Ómar Sigurðsson, Ásgrímur Guðmundsson
og Hjálmar Eysteinnsson

Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur

OS-88010/JHD-05 B

Apríl 1988



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

Verknr.: 611113

NESJAVELLIR

Kjarnar úr holu NJ-17

Ómar Sigurðsson, Ásgrímur Guðmundsson
og Hjálmar Eysteinnsson

Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur

OS-88010/JHD-05 B

Apríl 1988

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. KJARNATAKA	3
2.1 Kjarni 1	3
2.2 Kjarni 2	6
2.3 Kjarni 3	9
2.4 Nokkur bortæknileg atriði um kjarnatökuna	12
3. BERGGERÐ OG UMMYNDUN	13
3.1 Kjarni 1 (875,9-880,0 m)	14
3.1.1 Ummyndun	14
3.1.2 Niðurstöður athugana á kjarna 1	15
3.2 Kjarni 2 (1003-1010 m)	17
3.2.1 Ummyndu	17
3.2.2 Niðurstöður athugana á kjarna 2	18
3.3 Kjarni 3 (1447-1454 m)	19
3.3.1 Ummyndun	19
3.3.2 Niðurstöður athugana á kjarna 3	20
4. MÆLINGAR Á KJÖRNUM	20
4.1 Mæling á grophlutfalli	20
4.2 Mæling á lekt	21
4.3 Mælingar á kjörnum í U.S.A.	22
4.3.1 Mælingar hjá Core Lab	22
4.3.2 Mælingar hjá Terra Tek	23
4.3.3 Mælingar hjá LBL	25
5. SAMANBURÐUR VIÐ BORHOLUMÆLINGAR	26
HEIMILDIR	27
MYNDIR	29

1. INNGANGUR

Hola NJ-17 er staðsett syðst í Kýrdal um 500 m sunnan holu NJ-12. Holan var boruð á tímabilinu 2. júní til 25. ágúst 1986 og tók 46 verkdaga. Holan var boruð í 2100 m dýpi og er steipt $9\frac{5}{8}$ " vinnslufóðring í 763 m. Raufaður 7" leiðari nær frá 642 m og niður í 1968 m. Ekki reyndist unnt að setja leiðarann neðar í holuna því hann lenti í þrengingum eða á stalli í holunni á um 1972 m dýpi. Ástæða þess er líklega sú að neðan 1450 m dýpis fer holan að byggja upp halla sem er orðinn rúmar 4° í 1500 m og fer upp í 7° í 1700 m dýpi. Þannig hélst hallinn nær óbreyttur til botns.

Ákveðið var að taka alls þrjú kjarna úr jarðlögum sem væru einkennandi fyrir jarðhitakerfið. Þessi jarðlög voru basalt, ummyndað móberg og ísúrt innskotsberg (ummyndað díorít). Tilgangurinn var að fá einkennandi bergsýni, sem hentuðu til að mældir væru við þekktar aðstæður ýmsir eiginleikar bergsins. Var þá fyrst og fremst miðað við eiginleika sem skiptu verulegu máli fyrir hermireikninga og afkastamat fyrir jarðhitakerfið á Nesjavöllum, en það eru lekt bergsins og grophlutfall þess. Auk þess þótti rétt að rannsaka fleiri þætti svo sem berggerð og ummyndun bergsins, aldursákvörðun, könnun vökvabóla, rafviðnám bergsins við mismunandi hitastig, segulstefnur, hljóðbylgjuhraða bergsins og fleira.

Í þessari skýrslu er kjarnatökunni lýst og kynntar niðurstöður jarðfræðirannsókna á kjörnunum. Þá eru birtar niðurstöður mælinga á lekt, grophlutfalli og varmaleiðni sem framkvæmdar voru í Bandaríkjunum, og gerður samanburður við borholu-mælingar. Fleiri athuganir á kjörnunum eru í gangi og má þar nefna mælingar á rafviðnámi sem gerðar verða hjá Bandarísku jarðfræðistofnuninni (U.S.G.S.) í Denver, en ekki verður fjallað um þær hér.

2. KJARNATAKA

Tilgangur kjarnatökunnar var að fá einkennandi bergsýni fyrir jarðhitakerfið sem hentuðu til ýmissa mælinga. Kjarnatökustaðirnir voru því valdir af staðarjarðfræðingum Orkustofnunar, þeim Ásgrími Guðmundssyni og Hjalta Franzsyni. Til verksins var notað kjarnatökutæki sem borar stóran kjarna um 10 cm í þvermál og allt að 7 m að lengd. Keypt var ný demantskróna og tækið allt rækilega yfirfarið fyrir notkun. Tíu ár voru frá því kjarni var síðast tekinn á háhitasvæði hér á landi og var því vandað til undirbúnings verksins. Á eftir fer stutt lýsing á framkvæmd verksins, en nánari upplýsingar eru einnig settar fram í töflum og á myndum. Einnig eru dregnar ályktanir af þeirri reynslu sem fékkst við kjarnatökuna, sem gæti orðið að gagni við næstu verk. Þar má helst nefna að borkróna sem smíðuð var hér á landi reyndist mjög vel, en kostir karbítkrónu af því tagi fram yfir hefðbundnar demantskrónur er mun lægra verð og styttri tími sem verkið tekur.

Holan er fóðruð í 763 m dýpi með $9\frac{5}{8}$ " stálfóðringu, og boruð þar fyrir neðan með $8\frac{1}{2}$ " krónu. Kjarnakrónan er með sama ytra þvermáli, en með gat sem er hálfútanmálið. Krónan þarf því að fjarlægja mun meira berg en þær kjarnakrónur sem notaðar eru við rannsókn virkjanastaða og mest reynsla er af hér á landi.

2.1 Kjarni 1

Þegar komið var niður á 876 m dýpi var ákveðið að taka fyrsta kjarnann í basaltlagi. Borhraðinn hafði verið um 6 m/klst við 10-20 þúsund punda álag og snúningshraða krónu 60 sn/mín (krónutegund Hughs J-44). Þá var óverulegt skoltap í holunni (21/s) og náðist að hreinsa allt svarf úr holunni með vatnsskolun.

Í ljós kom við upptekt borkrónu að allir boltar sem héldu þéttigúmmínu í "Grant" öryggislokanum, sem var á holutoppi, höfðu losnað og fallið niður í holuna. Boltar

Þessir, átta að tölu, höfðu losnað þrátt fyrir að þeir væru splittaðir með vír. Ekki er tiltæk skýring á því hvernig stendur á því að boltarnir losnuðu. Reynt var að ná boltunum úr holunni með svonefndri "ruslakörfu" (junk basket) sem slakað var í holuna með borstöngum og komu upp nokkur boltabrot og splittvír. Einsýnt þótti að ekki tækist að ná öllum brotunum úr holunni og því ákveðið að nota karbítkrónu í stað demantskrónu þar eð hún þolir ekki járnbrot. Karbítkrónan var hönnuð af Ólafi Sigfússyni vélstjóra og smíðuð í Vélsmiðju Einars Guðbrandssonar í Reykjavík árið 1981. Á sínum tíma stóð til að reyna hana við kjarnatöku í Færeyjum. Karbítkrónur eru nær eingöngu notaðar við að mylja og skera járn sem fallið hefur í borholu (junk mill), en ekki við kjarnaborun. Við kjarnaborun eru í flestum tilfellum notaðar demantskrónur, eða hjólakrónur. Að þessu leyti var hér um athyglisverða tilraun að ræða. Auk fyrr nefndar hreinsunar á holunni fór fram sprunguleit í álagsstöngum og tafði hvoru tveggja nokkuð fyrir verkinu. Þessi tími er þó talinn með verktíma sem fór í kjarnatökuna.

Kjarnaborunin var framkvæmd samkvæmt sérstökum leiðbeiningum sem Sverrir Þórhallsson verkfræðingur hafði tekið saman. Upplýsingar um skolmagn, álag á borkrónu, snúningshraða o.fl. voru byggðar alfarið á upplýsingum frá framleiðanda kjarnatækisins og frá framleiðanda demantskrónunnar. Nákvæmt eftirlit var haft með kjarnaboruninni og voru helstu mæligildi skráð jafnóðum og fylgst með breytingum. Tafla 1 sýnir niðurstöður, en þar er skráður tími, og tímalengd borunar á botni, snúningur borstanga á mínútu (RPM), slagafjöldi stimpildælu á mínútu (SPM), ($95 \text{ SPM} = 17,6 \text{ l/s}$), dæluþrýstingur í pundum á fertommu (PSI), lengd bor-kjarna á hverjum tíma (cm), straumnotkun rafmótors til stangarsnúnings í amperum (Amp), álag á kjarnakrónu í þúsundum punda (lbs) og þvermál kjarna á nokkrum stöðum (dia).

Sundurliðun verktíma er sýnd í töflu 2, og kemur þar fram að tími frá því borun var stöðvuð og þar til hún hófst aftur var 36 klukkustundir. Kjarnaborunin sjálf tók 3 tíma og boruðust 4,1 m á þeim tíma. Borun var hætt fyrr en áformað var því þrýstingur á dælu jókst skyndilega. Í ljós kom við skoðun á kjarnatækinu að verki loknu að haldari fyrir kjarnagrind (core catcher sub) hafði losnað að hluta og hindraði það skolvatnsstreymið.

Við skoðun á kjarnanum kom í ljós að hann var all sprunginn og höfðu endarnir núist saman. Ennfremur var kjarninn mikið eyddur, sem benti til ónógrar miðjustillingar á kjarnarörinu í holunni. Að hluta var þetta talið stafa af borkrónunni þar eð hún er slétt að neðan og veitir því ekki sömu miðjustillingu og demantskrónan, sem er með ávölum bana. Skoðun á krónunni sýndi að hún var furðu lítið slitin, en samt var soðið á hana viðbótar karbít á verkstæði VEG þannig að nýta mætti hana seinna.

Kjarninn var 3,05 m að lengd, en borunin var 4,19 m; kjarnaheimta var því 73% sem verður að teljast allgott.

TAFLA 1. Kjarni 1 í holu NJ-17.

Kjarnataeki: Dowdco 6 7/8" X 25 ft

Borkróna: Karbítkróna, smíðuð hjá VEG 1981
 Utanmál 8 1/2", Innanmál 11.1 cm (4 3/8")
 Skolun 17 l/s
 Álag 2.000-10.000 lbs.

Dags: 1986.07.03

Klukka	mín	RPM	SPM	PSI	cm	Amp	lbs	dia
8:30		0	95	120				
8:35		35	95	155				
8:45	0	40	162	450	borun hefst			
8:50	5	37	95	160	4		2	9,4
8:55	10	38	95	156	10	90	3	
9:00	15	38	95	154	12	90	3	
9:05	20	39	95	154	17	90	3	
9:10	25	39	95	152	20	90	3	
9:15	30	50	95	154	27	100	6	
9:20	35	51	95	154	33	100	6	
9:25	40	48	95	162	41	110	8	
9:30	45	49	95	162	51	110	8	9,6
9:35	50	52	95	162	60	125	10	
9:40	55	51	95	190	71	125	10	
9:45	60	51	95	190	80	125	10	
9:55	70	50	95	190	97	125	10	9,7
10:05	80	50	95	190	115	125	10	
10:15	90	49	95	190	132	125	10	
10:27	102	53	95	190	164	125	10	
10:40	115	55	95	210	192	125	10	
10:50	130	51	95	200	250	125	10	9,4
11:05	140	52	95	200	288	125	10	
11:15	150	52	95	190	312	125	10	
11:25	160	53	95	190	340	125	10	
11:35	170	53	95	190	367	125	10	9,6
11:45	180	52	95	195	396	125	10	
11:53	188	52	92	600	419	125	10	
12:00	borun hætt vegna þrýstingsaukningar haldari fyrir kjarnagrind hafði losnað							

TAFLA 2. Sundurliðun tíma við borun kjarna 1

2. Júlí, 1986

1.	Borun hætt á 875.9 m dýpi	21:50
2.	Upptekt hefst	23:00

3. Júlí, 1986

3.	Upptekt borstanga lokið	0:30
4.	Kollar og subbar mældir um nóttina	
5.	Sett niður ruslakarfa (junk basket)	6:00
6.	Skolað frá botni	8:00-10:00
7.	Karfa komin upp	12:30
8.	Kjarnatæki tilbúið til hífingar	14:00
9.	Kjarnatæki tilbúið í rotary	17:00
10.	Kjarnatæki komið niður og skolun hefst	20:30
11.	Kjarnatöku lokið, lengd kjarna 4,1 m	24:00

4. Júlí, 1986

12.	Kjarni kominn upp	3:00
13.	Gengið frá kjarnatæki	5:00
14.	Borun hefst aftur á 880 m dýpi	9:45

HEILDARTÍMI KJARNATÖKU 36 KLUKKUSTUNDIR

2.2 Kjarni 2

Næsti kjarni var tekinn í ummynduðu móbergi á 1003 m dýpi. Valin var demantskróna, enda holan hrein af járnarusli. Borkróna þessi var keypt af bresku fyrirtæki J.K. Smith and Sons, og tók hönnun hennar mið af uppgefnum jarðfræðilegum skilyrðum á Nesjavöllum, enda krónan sérpöntuð. Verkið gekk allt samkvæmt áætlun og tók kjarnatakan 37 tíma. Tókst að bora fulla 7 m, en kjarninn reyndist aðeins 3,0 m að lengd. Kjarnaheimtan var því 43%. Demantskrónan var nokkuð slitin, sérstaklega á innri bana, þar sáust allmargir brotnir demantar.

Í töflum 3 og 4 eru sýndar helstu tölulegu upplýsingar við þessa kjarnatöku.

TAFLA 3. Kjarni 2 í holu NJ-17.

Kjarnatæki: Dowdco 6 7/8" X 25 ft

Borkróna: Demantskróna, J.K. Smit & sons.
 Utanmál 8 7/16", Innanmál 4 3/8", Typ. PXX
 Skolun 17,6 l/s
 Álag 2.000-5.000 lbs.
 I.R. 260796

Dags: 1986.07.06

Klukka	mín	RPM	SPM	PSI	cm	Amp	lbs	Aths.
7:25		0	95	130	0	0	0	
7:30	0	36	100	130		50	2	borun hefst
7:35	5	36	95	150	1	80	2	
7:40	10	37	94	150	4	80	2	
7:45	15	37	95	150	10	80	2	
7:50	20	37	95	150	14	80	3	
7:55	25	37	95	150	19	80	3	
8:00	30	41	95	150	22	80	3	
8:05	35	41	95	150	24	80	3	
8:10	40	54	95	150	28	80	3	
8:15	45	54	95	150	36	70	3	
8:20	50	55	95	150	48	70	3	
8:25	55	54	95	150	59	70	3	
8:30	60	54	95	150	72	70	3	
8:35	65	54	95	150	86	70	3	
8:40	70	56	90	150	100	70	3	
8:45	75	56	90	160	119	90	5	
8:50	80	55	90	180	136	90	5	
8:55	85	55	91	180	152	90	5	
9:00	90	56	95	190	168	90	5	
9:05	95	55	95	190	186	90	5	
9:10	100	57	95	190	209	90	5	
9:15	105	55	95	200	233	90	5	
9:20	110	55	95	210	251	90	5	
9:25	115	56	95	220	269	95	5	
9:30	120	56	95	230	283	100	5	
9:35	125	56	95	230	300	100	5	
9:40	130	56	95	240	314	100	5	
9:45	135	56	96	250	326	100	5	
9:50	140	57	96	250	340	110	5	
9:55	145	56	96	250	353	110	5	
10:00	150	57	96	245	365	110	5	
10:05	155	56	96	250	376	110	5	
10:10	160	57	96	240	384	110	5	
10:15	165	58	96	250	393	110	5	

Klukka	mín	RPM	SPM	PSI	cm	Amp	lbs	Aths.
10:20	170	58	96	250	404	110	5	
10:25	175	58	96	260	416	110	5	
10:30	180	57	96	260	430	110	5	
10:35	185	57	96	260	443	110	5	
10:40	190	58	96	260	455	110	5	
10:45	195	58	96	260	467	110	5	
10:50	200	57	96	260	476	110	5	
10:55	205	57	96	280	481	110	5	
11:00	210	59	97	280	485	110	5	
11:05	215	59	97	280	493	110	5	
11:10	220	58	97	300	505	110	5	
11:15	225	57	97	350	519	110	5	
11:21	231	57	96	340	546	110	5	
11:25	235	57	97	320	556	110	5	
11:30	240	57	97	320	566	110	5	
11:35	245	57	97	320	575	110	5	
11:40	250	57	97	320	584	110	5	
11:45	255	58	97	330	594	110	5	
11:50	260	57	98	330	602	110	5	
11:55	265	57	97	360	611	110	5	
12:00	270	58	97	320	618	110	5	
12:05	275	58	97	330	627	110	5	
12:10	280	58	96	350	635	110	5	
12:15	285	58	97	340	643	110	5	
12:20	290	58	97	360	652	110	5	
12:25	295	59	97	350	661	110	5	
12:30	300	59	97	350	669	110	5	
12:35	305	58	97	340	676	110	5	
12:40	310	58	97	330	684	110	5	
12:45	315	58	97	320	691	110	5	
12:50	320	58	97	300	700	110	5	borun hætt
12:55	325	59	98	280	700	80	1	
13:00	330	59	99	260	700	80	1	
13:05	335	0	0	0	700	0	1	(0-skekkja)

TAFLA 4. Sundurliðun tíma við borun kjarna 2

5. Júlí, 1986

1.	Borun hætt á 1003 m dýpi	8:35
2.	Skolun botnfallins svarfs með vatni	9:00-13:00
	Botnfall mældist 3,5 m	10:00
	" " 2,6 m	11:00
3.	Ákveðið að setja borleðju í holuna	11:00
4.	Borleðja löguð í kar 1 og 2, samtals 47 m ³ . Leðjunotkun 3 tonn af bentoniti. Trektartími 56 sek. (vatn hefur trektartíma 29 sek).	
5.	Þykkri borleðju dælt í holuna	15:30
6.	Holan hrein	16:30
7.	Upptekt borkrónu lokið	19:00
8.	Niðurstetning ruslakörfu hafin	20:30
9.	Ruslakarfa á botni, skolun hafin	22:30
10.	Upptekt ruslakörfu hafin	24:00

6. Júlí, 1986

11.	Upptekt ruslakörfu lokið	2:00
12.	Kjarnarör í rotary	3:00
13.	Niðurstetning kjarnarörs hefst	4:00
14.	Kjarnarör komið að botni, skolun hefst	6:00
15.	Kjarnaborun hefst	7:30
16.	Kjarnaborun 7 metra kjarna lýkur	12:50
17.	Upptekt kjarnarörs hefst	13:30
18.	Kjarnarörið komið upp	16:00
19.	Kjarnarörið lagt út, kjarnaheimta 3 m	17:00
20.	Niðurstetning borkrónu hefst	18:00
21.	Borun hefst aftur á 1010 m dýpi	21:30

KJARNATAKAN TÓK SAMTALS 37 TÍMA.

2.3 Kjarni 3

Þriðji og síðasti kjarninn var tekinn á 1447 m dýpi í ummynduðu díorít innskoti (ísúrt innskotsberg). Kjarnatakan var gerð með íslensku karbítkrónunni frá VEG, þar eð demantskrónan hafði ekki sýnt neina yfirburði. Verkið gekk allt samkvæmt áætlun, og eru helstu upplýsingar um gang kjarnatökunnar sýndar í töflum 5 og 6. Kjarnaheimtan við þessa kjarnatöku varð léleg, eða aðeins 1,0 m af 7,0 m boruðum. Þetta er um 14% kjarnaheimta.

Frekar er fjallað um þetta á eftir, þar sem helstu niðurstöður eru dregnar saman.

TAFLA 5. Kjarni 3 í holu NJ-17

Kjarnatæki: Dowdco 6 7/8" X 25 ft

Borkróna: Karbítkróna, smíðuð hjá VEG 1981
 Utanmál 8 1/2", Innanmál 11.1 cm (4 3/8")
 Skolun 14 l/s
 Álag 5.000 lbs.

Dags: 1986.07.11

Klukka	mín	RPM	SPM	PSI	cm	Amp	lbs	Aths.
11:40		0	125	200	120	botnfall		
11:50		30	125	290				
12:00	0	30	95	220	0	80	2	borun hefst
12:05	5	30	95	220	4	100	2	
12:10	10	28	98	220	10	100	2	
12:15	15	29	97	230	17	100	2	
12:20	20	51	95	220	22	130	2	
12:25	25	51	98	230	32	120	2	
12:30	30	52	97	220	37	130	2	
12:30	35	52	98	220	48	120	5	
12:40	40	53	98	230	56	120	5	
12:45	45	54	96	240	65	120	5	
12:50	50	53	98	240	77	120	5	
12:55	55	53	98	240	89	120	5	
13:00	60	53	98	240	99	120	5	
13:05	65	52	74	150	108	120	5	
13:10	70	52	75	150	117	120	5	
13:15	75	66	75	140	129	170	5	
13:20	80	67	74	140	141	170	5	
13:25	85	67	74	140	152	170	5	
13:30	90	67	76	140	165	170	5	
13:35	95	68	77	140	175	160	5	
13:40	100	68	77	140	185	150	5	
13:45	105	67	77	140	198	160	5	
13:52	112	68	78	140	216	150	5	
13:55	115	68	78	140	223	150	5	
14:00	120	69	75	130	235	150	5	
14:05	125	69	76	130	256	150	5	holan full
14:10	130	69	78	120	270	150	5	
14:15	135	68	77	130	284	150	5	
14:20	140	69	78	130	296	150	5	
14:25	145	68	77	130	311	150	5	
14:30	150	68	78	130	325	150	5	
14:35	155	68	78	130	340	150	5	
14:40	160	69	78	130	357	150	5	
14:45	165	69	77	130	372	150	5	

Klukka	mín	RPM	SPM	PSI	cm	Amp	lbs	Aths.
14:50	170	69	77	130	386	150	5	
14:55	175	69	78	130	394	150	5	
15:00	180	69	76	130	409	150	5	
15:05	185	69	77	130	425	150	5	
15:10	190	69	78	130	437	150	5	
15:15	195	69	78	130	447	150	5	
15:20	200	69	77	130	459	150	5	
15:25	205	69	78	140	471	150	5	
15:30	210	68	76	140	482	150	5	
15:35	215	68	76	150	490	150	5	
15:40	220	69	76	160	496	140	5	
15:45	225	68	76	160	505	140	5	
15:50	230	68	78	160	512	140	5	
15:55	235	67	76	160	523	140	5	
16:00	240	67	77	150	532	140	5	
16:05	245	68	77	160	542	140	5	
16:10	250	68	77	160	549	140	5	
16:15	255	67	77	150	557	140	5	
16:20	260	68	77	150	566	140	5	
16:25	265	65	77	170	586	160	8	
16:30	270	65	76	170	604	160	8	
16:35	275	65	78	180	621	160	8	
16:40	280	64	40	30	638	160	8	
16:45	285	64	40	30	656	160	8	
16:50	290	63	38	30	678	170	10	
16:55	295	63	41	30	700	170	10	borun hætt
17:00	300	69	39	30	700	130	0	
17:05	305	69	38	30	700	130	0	

TAFLA 6. Sundurliðun tíma við borun kjarna 3

10. Júlí, 1986

1.	Borun hætt á 1447 m dýpi í díorít innskoti	13:20
2.	Skolun botnfallins svarfs með vatni	13:20-16:30
3.	Hitamælt í stöngum við 27,5 l/s	16:30-19:15
4.	Vatnsborð mældist á 267 m, og botnfall 4,0 m	20:00
5.	Löguð þykk borleðja 40 m ³ , gelnotkun 3,7 tonn	21:00
6.	Borleðju dælt í holuna	23:30

11. Júlí, 1986

7.	Upptekt borkrónu hefst, botnfall 0,2 m	2:30
8.	Upptekt borkrónu lokið Ruslakarfa ekki sett niður til hreinsunar.	6:30
9.	Kjarnarör í rotary	7:00
10.	Niðursetning kjarnarörs hefst	7:15
11.	Niðursetningu kjarnarörs lokið	11:30
12.	Borun kjarna hefst á botni	12:00
13.	Kjaranaborun lokið, boraðir 7,0 m	17:00
14.	Upptekt hefst	17:30
15.	Upptekt lokið	21:30
16.	Kjarninn reyndist 1 m að lengd, tækið lagt út	22:00

KJARNATAKAN TÓK SAMTALS 33 TÍMA.

2.4 Nokkur bortæknileg atriði um kjarnatökuna

Helstu atriðin sem fram komu við kjarnatökuna í þessari holu voru eftirfarandi:

1. Áætlað hafði verið að kjarnatakan tæki þrjá sólarhringa frá því borun væri hætt á botni, þar til hún gæti hafist aftur. Kjarnatakan gekk í öllum tilfellum vel fyrir sig og tók hún einn og hálfan sólarhring, eða mun styttri tíma en áætlað hafði verið. Trúlega má stytta tímann enn frekar, ef karbítkróna er notuð, því þá þarf ekki að fara sér ferð niður með "ruslakörfu" til að hreinsa holuna. Við þetta getur heildartíminn stytst um þann tíma, sem nemur einni niðursetningu (sjá töflu 7).

TAFLA 7. Helstu verkþættir og verktími

Kjarni nr.	Upptektir og hreinsun holu (klst)	Kjarnataka (klst)
1	24	12
2	23	14
3	18	15

2. Borkjarni náðist að einhverju leyti í öll þrjú skiptin. Tafla 8 sýnir samandregnar niðurstöður um kjarnaheimtu, og tíma sem fór í verkið.

TAFLA 8. Helstu niðurstöður um kjarnaheimtu og verk tíma

Kjarni nr.	Dýptar-bíl (m)	Lengd kjarna (m)	Kjarna-heimta (%)	Heildar-tími (klst)
1	876-880	3,0	73	36
2	1003-1010	3,0	43	37
3	1447-1454	1,0	14	33

- Slit á demantskrónunni var allmikið, en íslenska (VEG) karbítkrónan var lítið slitin, og hægt að gera við hana að lokinni notkun. Ástæða er til að þróa þessa krónugerð frekar, enda er hún mun ódýrari og skemmri tími ætti að fara í verkið, því hún krefst þess ekki að holan sé hreinsuð með sérstakri ruslakörfu.
- Mismikil kjarnaheimta (14%-73%) ræðst m. a. af berginu sjálfu. Bergið er mishart, sprungið og ummyndað og náðust sýnin fyrst og fremst af harðari hlutanum. Skoðun á kjörnunum sýndi að bergið molnar og skolast burtu með skolvatninu áður en það nær að komast í "skjól" upp í kjarnarörið. Hugsanlega má minnka skolvatnsrennsli fyrir karbítkrónu, frá því sem gefið er upp fyrir demantskrónu. Einnig er athugandi að bæta miðjustillinguna, þannig að kjarninn eyðist síður. Séstaklega var gengið úr skugga um að engin kjarnabrot væru á botni holunnar þegar borun hófst aftur.
- Borhraðinn var mjög viðunandi í öllum tilfellum, um 1.5 m/klst. Auðvelt reyndist að auka borhraðann með meira álagi. Mynd 1 sýnir borhraðann og hversu líkur hann var öll skiptin. Borhraðinn í þriðju kjarnatökunni er sýndur í töflu 9.

TAFLA 9. Borhraði karbítkrónu við mismunandi álag (kjarni 3)

Framleiðandi: Vélsmiðja Einars Guðbrandssonar.
Snúningshraði krónu: 68 RPM
Skolvatnsrennsli: 14 l/s

Álag á krónu (lbs)	Borhraði (m/klst)
2000	0.75
5000	1.55
8000	2.10
10000	2.70

Hugsanlega mætti beita meira álagi til að stytta bortímann og flýta fyrir að kjarninn komist í "skjól" upp í kjarnarörið. Kjarnarörið þolir þó ekki álag yfir 10.000-15.000 pund.

- Kostnaður við kjarnatöku er allverulegur. Kostnaður við borun 7 m kjarna er svipaður og væri annars við borun 70 m kafla með hefðbundnum hætti. Þær vísindalegu upplýsingar sem kjarnarnir veita, fást hins vegar ekki með öðrum hætti.

3. BERGGERÐ OG UMMYNDUN

Við jarðhitaboranir undanfarin ár hefur lítil sem engin áhersla verið lögð á kjarnatöku í borholum. Þess í stað hefur borsvarfi verið safnað reglulega, en athugun þess gefur fyrst og fremst nálgun fyrir þær upplýsingar er fá má við rannsóknir á kjarna. Til að bæta þar úr ákváðu stjórnendur Hitaveitu Reykjavíkur að láta taka þrjá kjarna úr holu NJ-17. Markmiðið með kjarnatökunni var að afla áreiðanlegri gagna varðandi eiginleika jarðhitageymisins með beinum mælingum á kjörnunum.

Hér á eftir verður fjallað um bergfræðihlutann þ.e.a.s. berggerð og ummyndun með tilliti til berghita. Við þessa vinnu var aðallega stuðst við rannsóknir á þunnsneiðum úr kjörnunum og

útliti kjarnanna. Í töflu 10 er skrá yfir þunnsneiðarnar úr öllum kjörnunum.

TAFLA 10. Þunnsneiðalisti

KJARNI 1	KJARNI 2	KJARNI 3
14695	14701	14706
14696	14702	14707
14697	14703	14708
14698	14704	14709
14699	14705	

Seinna verður nánar fjallað um efnasamsetningu bergsins og ummyndunarsteinda, og reynt að spá í efnaflytninga innan jarðhitakerfisins út frá því. Alls voru 11 sýni valin til efnagreininga. Þar af þrjú úr kjarna 1, fjögur úr kjarna 2 og sömuleiðis fjögur úr kjarna 3. Þau voru send til efnagreiningastofu McGill háskóla í Kanada um mánaðamótin febrúar/mars 1988 og eru niðurstöður væntanlegar fljótlega. Einnig er gert ráð fyrir að niðurstöður efnagreininga á ummyndunarsteindum liggi fyrir á svipuðum tíma, en þær verða gerðar á Norrænu Eldfjallastöðinni þegar aðstæður leyfa.

3.1 Kjarni 1 (875,9-880,0 m)

Boraðir voru 4,1 m og fengust 3,05 m af kjarna sem er 73% kjarnaheimta. Í borun var fylgst vandlega með hvernig kjarnarörið færðist niður sentimetra fyrir sentimetra og auk þess sem fylgst var m.a. með skoli. Á um það bil eins metra bili litaðist skolið sterk rautt, en ekkert jarðlag sem samsvaraði því kom fram í kjarnanum. Aftur á móti mátti greina lagamót tveggja basalthrauna þaðan sem rauðlitaða skolið átti rót sína að rekja. Því leikur varla nokkur vafi á, að þarna hafi verið um að ræða rautt lint setlag, sem hefur flotið burtu með skolvatninu meðan á kjarnatöku stóð. Lagið hefur verið um einn metri á þykkt og kemur það heim og saman við kjarnaheimtuna og kjarnaborunina. Í kjarnanum voru neðri og efri hluti af tveimur basalhraunlögum og eru þau sýnd á mynd 2. Þar kemur einnig fram ytri ásýnd bergsins svo sem brot og

blöðrur. Kjarninn kom upp í smá bútum og höfðu fletirnir núst saman í láréttu plani. Því var ekki hægt að greina neinar láréttar sprungur, en því sem næst lóðréttar sprungur sáust greinilega og eru þær sýndar á mynd 2. Reynt var að raða bútum saman í þeirri röð er þeir komu upp til þess að fá sem heillegasta mynd af kjarnatöku-svæðinu.

3.1.1 Ummyndun

Gerðar voru 5 þunnsneiðar úr kjarnanum (tafla 10) til að meta ummyndun í berginu, grop og sprungur. Til efnagreiningar á ummyndunarsteindum voru valdar þrjár "próp-" sneiðar, einnig var reynt að skilja steindir að í segulskilju til þess að fá hreinan hluta til efnagreininga. Þrjú sýni voru valin til efnagreininga.

Hér á eftir verður lýst einstökum þunnsneiðum og gerð grein fyrir ummyndun og innbyrðis afstöðu steindanna:

Þunnsneið nr. 14695: Grunnmassi bergsins er fín-dulkornóttur og stakdílóttur. Plagíóklasinn greinist skv. aðferð Michel-Lévy sem labradorít (An 54-56). Pyroxeninn er mjög smár og erfiður í greiningu. Málmsteindir eru aðallega magnetít, en ilmenít nálar sjást. Þær eru óreglulega dreifðar og þekja um 5-10% af flatarmáli sneiðarinnar. Einn ólívín dill sást.

Ummyndun er mest tengd finum sprungum og smáum blöðrum. Blöðrunar eru fylltar af grænum leir og einnig liggur hann í böndum á sprungujöðrum. Hér er um að ræða svellandi klórít (skv. XRD-greiningu). Á stökum stað í sprungum sést í kalsít og lámontít, en annars eru sprungurnar tómar. Líklegast hafa lámontít og kalsít fyllt þær, en þurkast að mestu út við gerð þunnsneiðarinnar. Magnetít er víða ummyndað yfir í sphene og er ummyndunin sérstaklega áberandi, þar sem magnetít liggur að blöðru eða sprungu eða er innan ummyndaðs svæðis í berginu. Plagíóklasdílir virðast vera veikir fyrir ummyndun og sést lámontít myndast á þeirra kostnað, auk

Þess er leir nánast án undantekninga í sprungum eða á brotflötum þeirra.

Smásjármyndir voru teknar til að sýna megin ummyndunarþætti. Alls voru teknar 14 myndir af sneiðinni.

Sýni var valið til efnagreininga af sama kjarnahluta og þunnsneið 14695 var gerð af.

Þunnsneið nr. 14696: Sama bergerð og á undan, en er verulega ummyndaðra. Bergið er greinilega dílótt og eru plagióklasdílarnir mikið ummyndaðir eða eyddir. Einnig sjást mjög sóneraðir pyroxen dílar. Það sést hér nokkuð skýrt, að þegar tvær eða fleiri sprungustefnur mætast þá eykst rúmmál sprungnanna verulega í skurðfletinum. Ummyndunarstig er það sama og í sneiðinni á undan en nú bætast kvars og pýrít í steindasamfélagið, sem samanstendur þá auk þeirra af kalsíti, leir (svellandi klórít), sphene og lámontít. Leirbönd liggja að jafnaði næst berginu hvort sem um sprungur eða blöðrur er að ræða. Í sumum tilfellum sést eingöngu leir, en í öðrum sést hvernig kvars kristallar vaxa út í blöðrur sem annars eru fylltar af kalsíti og/eða lámontíti.

Alls voru teknar 11 smásjármyndir af blöðru- og sprungufyllingum í sneiðinni.

Þunnsneið nr. 14697: Enn er um sama berg að ræða og í þunnsneiðunum hér á undan. Hér er bergið blöðróttara og ummyndaðra ásamt því að vera allbrotið. Ummyndun er svipuð og á undan, þ.e. sama steindafélag, en að magni er ummyndunin þó meiri hér. Í sneiðinni sést mjög skýrt ummyndunar-svæði í og út frá sprungu. Í sprungunni sjálfri eru útfellingar eins og leir, kvars, kalsít og lámontít, en sphene sóna er við snertiflöt bergsins. Ummyndun nær lítið út fyrir sjálfa sprunguna, nema þar sem veikleikar eru í berginu eins og við örfinar sprungur eða við díla sem liggja að sprungunni. Til dæmis eru aðliggjandi plagióklasdílar mikið ummyndaðir og eru leir og lámontít þar orðin nánast einráð.

Teknar voru átta myndir af ummyndun í og við sprunguna.

Eitt sýni var valið til efnagreininga þ.e. af sama hluta kjarnans og þunnsneiðin er af. Ennfremur var gerð ein próp-sneið af sama fleti og þunnsneiðin sýnir.

Þunnsneið nr. 14698: Enn er um sama berg að ræða og lýst var í þunnsneið 14695 enda sama hraunlag.

Ummyndunarsamfélagið hefur ekkert breyst frá því í sneiðunum hér á undan. Í smáum blöðrum er algengt að sjá leirinn einan sér. Í sprungum er leirinn að jafnaði við snertiflöt bergsins en kvars áberandi sprungufylling. Á nokkrum stöðum sést kalsít og leir vera inn á milli kvars þyrpinga. Hugsanlega eru þetta steindir sem hafa myndast á kostnað lámontíts. Fleiri en ein kynslóð af kvars sjást í sprungum. Pýrít er til staðar í og við sprungur.

Alls voru teknar 10 smásjár-myndir af sprungu- og blöðrufyllingum. Auk þess var valin til próp-greininga sami flötur og þunnsneiðin sýnir.

Þunnsneið nr. 14699: Enn er sama berg og var lýst í þunnsneið 14695, en það er allt mikið ummyndað og þá sérstaklega við sprungur. Ólivín sést í grunnmassanum. Ummyndunarsamfélagið er hið sama og í sneiðunum hér á undan. Kvars, kalsít og leir eru greinilega að ryðja lámontíti í burtu. Skurðfletir sprungustefna sýna greinilega aukið rúmmál í sprungum.

Alls voru teknar 8 smásjár-myndir af sprungum og sprungufyllingum.

3.1.2 Niðurstöður athugana á kjarna 1

Kjarninn er úr tveimur basalhraunlögum. Þau eru fínkornótt og ummyndunin í berginu er mest í nágrenni við lagamót (aukið grophlutfall) og við sprungur. Bergið er einhvers konar millistig af þóleíti og ólivín-þóleíti. Eins metra rautt setlag er á milli hraunlaganna, en ekki náðist sýni af

Því við kjarnatökuna. Bergið er stórbloðrött við lagamótin, en blöðrunar verða finni inn að miðju lagsins. Talsvert er um sprungur í berginu og er erfitt að greina aðrar með vissu en þær sem eru lóðréttar eða lítið hallandi frá lóðréttu (mynd 2).

Ummyndunarsamfélagið samanstendur af lámontítí, kvarsí, kalsíti, sphene og svellandi klórítí. Lámontítí er greinilega komið úr jafnvægi við ríkjandi umhverfi og kalsít, kvars, pýrít og svellandi klórít myndast á þess kostnað. Magnetít er einnig víða ummyndað og að hluta til komið yfir í sphene. Magnetít sem er í snertingu við blöðrur eða sprungur hefur ummyndast í nánast öllum tilfellum. Í töflu 11 eru sýndar hitaháðar ummyndunarsteindir og stöðugleikasvið þeirra.

TAFLA 11. Hitakvörðun ummyndunarsteinda.

Hiti °C	100-180	180-200	200-230	230-250	250-280	280-?
Lámontít	-----					
Smektít	-----					
Kvars		-----	-----	-----	-----	-----
Wairakít			-----	-----	-----	?
Prenít			-----	-----	-----	?
Sv. klórít			-----			
Klórít				-----	-----	-----
Epidót					-----	-----
Aktínólít						-----

Það að lámontít er í ójafnvægi og kvars, kalsít og leir myndast á kostnað þess gefur til kynna berghita á bilinu 180-200°C. Fjarvera smektíts og tilvist svellandi klóríts gefur til kynna berghita um eða yfir 200°C. Fjarvera wairakíts og preníts gefur til kynna berghita um eða undir 200°C. Niðurstöður smásjárathuguna á berginu og steindasamfélaginu í kjarna 1 eru þær, að berghiti er um 200°C.

3.2 Kjarni 2 (1003-1010 m)

Annar kjarninn var tekinn í ummynduðu móbergi á 1003-1010 m dýpi. Alls voru 7 metrar boraðir, en kjarnaheimta var aðeins 3.0 m eða 43%. Ekki er ljóst hvar á þessum 7 m kafla kjarnin kom nákvæmlega frá. Eins og títt er um móberg þá er það sundurleitt (heterogent). Jafnvel þessi stutti kaflar sem komu upp við kjarnatökuna hefur mismunandi ásýnd. Bútarnir sem komu upp voru mjög núnir og brotnir. Bergið er að hluta brúnt á lit vegna oxunar eða þá grágrænt til grænt og virðist leirinn þá setja megin svip á bergið. Auk þess sem liturinn var mismunandi þá var sjálfur strúktúrinn frábrugðinn milli kjarnabúta. Brúnleiti hlutinn hafði svokallaðan mósáik strúktúr og var það vegna grófra óreglulegra brota sem voru samlímd eða pökkuð saman í einni massa. Í efri hluta kjarnans eða bútonum sem voru efstir í kjarnarörinu er bergið breksíulegra, en til dæmis í neðri hlutanum. Allt bergið er mölbrotið, en er samlímt af útfellingum og allt gler er ummyndað.

3.2.1 Ummyndu

Valdar voru 5 þunnsneiðar úr kjarnanum (tafla 10) til að meta ummyndunarstig bergsins og útfellingar í gropum og sprungum. Til efnagreininga á ummyndunarsteindum voru valdar tvær próp-sneiðar. Einnig var reynt að skilja að steindir í segulskilju til að fá hreinan hluta til efnagreininga. Fjögur sýni voru valin til efnagreininga á berginu úr kjarnanum og voru þau send til Kananda eins og sýnin úr kjarna 1.

Hér á eftir verður lýst einstökum þunnsneiðum og gerð grein fyrir ummyndun og innbyrðisafstöðu steindanna:

Þunnsneið nr. 14702: Bergið er að hluta til kristallað og að hluta gler. Kristallaði hlutinn er fyrst og fremst smáir plagióklaslistar í mjög ummynduðum massa. Í einstaka tilfellum má sjá leifar af pyroxen milli plagióklaslistanna. Í svarfgræiningu hefur berg eins og þetta verið kallað illa-hálf kristallað basalt, sem þýðir í raun að bergið

flokkast til móbergs þ.e. breksíuhluta þess. Eins og berggerðin gefur til kynna þá er ummyndun mikil í sjálfu berginu. Glerið er allt ummyndað og aðrar frumsteindir en plagióklas eru nánast horfnar eins og til dæmis pyroxen og magnetít. Bergið er mjög blöðrótt og sprungið og eru allar glufur fylltar af útfellingum. Samfélag ummyndunarsteinda samanstendur af kvasi, kalsíti, wairakíti, prenití, pýrít og leir (blandlag, svellandi klórít og klórít) og einnig sjást leifar af lámontít. Veik vísbending um myndun epidóts sést þar sem kalsít er í ójafnvægi og járnútleysing er til staðar. Af steindunum ber mest á kvasi og fyllir það eitt sér margar sprungur. Kalsít virðist sumstaðar vera á undanhaldi og koma prenit og wairakít í þess stað. Leirinn er lítið áberandi í sprungum og blöðrum, en hann er meiri í berginu sjálfu eða þá við snertifleti glufa og bergs. Pýrít er áberandi steind og raðar sér að jafnaði eftir sprungum og oft má sjá örfínar sprungur í berginu út frá pýrít kristöllum, sem liggja eins og keðjur um bergið.

Alls voru teknar fjórar smásjár-myndir af útfellingum.

Þunnsneið nr. 14704: Bergið samanstendur af lítt kristölluðu basalti og gleri. Eina sjáanlega frumsteindin er plagióklas þ.e. örfínir listar. Það er mjög blöðrótt og sprungið. Bergið er flokkað sem móberg eða nánar tiltekið basaltbreksía. Ummyndun er mikil í berginu og útfellingar fylla allar glufur. Glerið er allt ummyndað og í kristallaða hlutanum sjást fínir plagióklaslistar í ummynduðum massa. Eftirfarandi ummyndunarsteindir einkenna steindasamfélagið: Kalsít, kvas, prenit, wairakít, klórít, sphen og pýrít. Örsmair epidót kristallar sjást í kalsítflekum. Röðun útfellinga í blöðrum og sprungum gefur til kynna hvenær þær hafa myndast. Samkvæmt því eru klórít, kvas, wairakít, og prenit í jafnvægi við þann vökva er síðast lék um bergið. Pýrít er dreift innan útfellinga-samfélagsins.

Alls voru teknar átta smásjármyndir af útfellingum í glufum bergsins.

Sýni var valið til efnagreininga af sama hluta kjarnans og þunnsneið nr. 14704 var gerð af.

Þunnsneið nr. 14705: Bergið er fínkristallað þóleítbasalt og mikið ummyndað. Af frumsteindum sjást plagióklas, pyroxen og magnetít, en magnetítið er víða ummyndað yfir í sphene. Ummyndun er sem áður segir áberandi í berginu og þá sérstaklega við sprungur og blöðrur. Áberandi sprunga liggur eftir endilangri sneiðinni. Þar sjást eftirfarandi steindir: Kvars, kalsít, wairakít, pýrít og klórít. Tvær kynslóðir af kvasi eru til staðar. Annars vegar flekar eða breið bönd og hins vegar smáir vel formaðir kristallar. Wairakít liggur í breiðum oftast um miðbik sprungnanna. Kalsít er á undanhaldi og virðist wairakít vera að ryðja því út. Pýrít er í áberandi böndum við sprunguadranna, en einnig dreift um sprunguna og sést stundum í þyrpingum. Klórít er áberandi í grunnmassa bergsins og hefur það líklega mikið til myndast á kostnað pyroxen. Leirinn er ekki dæmigert klórít, þar sem hann er grængulur með gráu ívafi í póluðu ljósi.

Alls voru teknar fjórar smásjármyndir af ummyndunarsteindum.

Sýni var valið til efnagreininga úr sama hluta kjarnans og þunnsneið nr. 14705 var gerð af.

Þunnsneið nr. 14703: Hlutar bergsins eru vel kristallaðir og hlutar þess mjög glerjaðir. Bergið er mikið ummyndað eins og í sneiðunum á undan. Ummyndun er að sömu stærðargráðu og lýst hefur verið hér á undan á sama dýptarbili. Einkennissteindir eru: Kvars, wairakít, klórít, sphene, pýrít og kalsít. Oxun er nokkuð áberandi í tengslum við pýrít þyrpingar. Á stökum stað í því umhverfi sést votta fyrir myndun epidóts. Í einum plagióklasfleka virðist epidót vera að myndast, en kristallar eru mjög smáir og því erfitt að fullyrða nokkuð. Hægt er að rekja

mjög fínar og næstum ógreinanlegar sprungur með því að skoða legu og dreifingu pýrítis kristalla.

Þunnsneið nr. 14701: Bergið er dæmigert móberg þ.e. mjög glerjaður massi með plagióklaslistum. Minna ber á öðrum frumsteindum þó má sjá magnetít, þar sem bergið hefur verið að mestu kristallað, en bergið er mjög sundurleitt. Pyroxen er alveg horfið.

Ummyndun er mikil. Ekkert ferskt gler sést. Samfélag ummyndunarsteinda er sem hér segir: Wairakít, kvars, albít, kalsít, prenit, klórít, sphene og pýrít. Eins og í sneiðunum sem lýst hefur verið hér á undan virðist kalsít vera í ójafnvægi og wairakít og prenit að myndast að hluta til á þess kostnað. Einnig er athyglisvert að wollastónit þræðir virðast teigja sig út úr kvasi og wairakíti, sem er samvaxið í sprungu. Pýrít er algengt í berginu og þá fyrst og fremst við einhvers konar glufur.

Alls voru teknar 7 smásjármyndir af ummyndunarsteindum í þunnsneiðinni.

3.2.2 Niðurstöður athugana á kjarna 2

Bergið er frekar sundurleitt móberg, mikið ummyndað og brotið. Ákveðnar megin sprungur sjást eins og í kjarna 1, en bergið er einnig mölbrotið og allar sprungur samlímdar af útfellingum að því er best verður séð. Efri hluti þess er meira kristallaður en neðri hlutinn. Ekki var hægt að staðsetja kjarnabútana nákvæmlega í dýptarbilinu sem þeir eru ættaðir frá. Eftirfarandi ummyndunarsteindir einkenna steinda-samfélagið: Kvars, wairakít, kalsít, prenit, blandlag, svellandi klórít, klórít, sphene og pýrít.

Lámontít er svo gott sem horfið. Wairakít og prenit eru áberandi steindir, en þær eru báðar stöðugar yfir 200°C (tafla 11). Svellandi klórít og blandlag greinast ásamt klóríti (XRD-aðferð) í einu sýni en í öðrum er eingöngu klórít. Það bendir til 220-230°C hita. Niðurstöður smásjárathugana á steindasamfélaginu á svæði kjarna 2 benda

til um 220-230°C berghita.

3.3 Kjarni 3 (1447-1454 m)

Kjarna 3 var valinn staður þar sem komið var niður í díorít innskot, en kjarnatakan var allt að því misheppnuð þar sem kjarnaheimta varð aðeins 14% og fékkst aðeins 1,0 m af 7 m boruðum. Kjarninn kom upp í bútum og má líkja honum við sérlega gróft svarf, þar sem hann deifist á 7 m dýptarbil sem nær ómögulegt er að staðsetja hvern kjarnabút innan. Ljósu punktarnir við kjarnatökuna voru þeir, að upp komu þær berggerðir er leitað var eftir þó ekki tækist að fella þær nákvæmlega að þeim mælingum er gerðar voru í holunni, en það var einmitt hluti af kjarnarannsókninni.

3.3.1 Ummyndun

Valdar voru 4 þunnsneiðar úr kjarnabúتونum (tafla 10) til að meta ummyndunarstig bergsins og útfellingar í blöðrum og sprungum. Til efnagreininga á ummyndunarsteindum voru valdar þrjár próp-sneiðar. Ennfremur voru valin fjögur bergsýni til efnagreininga og voru þau send til Kanada.

Hér á eftir verður lýst þunnsneiðum og gerð grein fyrir innbyrðis afstöðu ummyndunarsteinda.

Þunnsneið nr. 14706: Berggerðin er ófítískt ólivín þóleít. Leir er mjög áberandi í berginu þ.e. klórít og er ekki um að ræða neinar dæmigerðar blöðrufyllingar, heldur er eins og að leirinn myndist í grunnmassanum á kostnað frumsteinda. Þar sem sprungur eru sjáanlegar eru aðrar steindir með, eins og prenit, kvars, epidót og adularia (K-feldspat). Nánast allt magnetít er komið yfir í sphene. Á stöku stað sjást örfínir þræðir með áðurnefndum steindum og eru þeir með hátt ljósbrot og lága tvíbrotslíti, sem fellur vel að wollastóníti, en ekki er það afdráttarlaust. Í sprungum eru epidót, prenit, kvars og adularia venjulega inn að miðju, en leirinn myndar oftast einhvers konar kápu við grannbergið. Epidótið virðist vera að ryðja preníti út.

Alls voru teknar 6 smásjármyndir af ummyndunarsteindum í sneiðinni.

Gerð var próp-sneið sambærileg við ofangreinda þunnsneið til greiningar á ummyndunarsteindum í berginu. Einnig var sami kjarnabútur tekinn til efnagreiningar.

Þunnsneið nr. 14707: Berggerðin reyndist vera ísúrt innskotsberg, en það var megin-tilgangur með kjarna 3 að ná í sýnishorn af þannig bergi. Frumsteindir í berginu eru plagióklas, pyroxen, magnetít, amfiból, apatít og líklega kalífeldspat. Bergið er mikið ummyndað. Plagióklasinn virðist vera á mörkum andesíns og ólígóklas (An 30). Á nokkrum stöðum sést svokallaður granófyr textúr, sem gefur til kynna að bergið gæti verið í súrari kantinum í díorít samfélaginu, enda gefur samsetning plagióklasins það einnig til kynna. Kalífeldspat virðist vera til staðar, en það verður kannað betur í próp-greiningu. Ummyndun er bæði í berginu svo og í sprungum. Blöðrur eru ekki sjáanlegar í berginu enda lítið um þær í innskotsbergi. Í sprungum sjást kvars, epidót, klórít, aktínólít, adularía og pýrít. Magnetít er nánast alveg ummyndað yfir í sphene og líklega ilmenítnálar. Áberandi eru fleiri en ein kynslóð af kvars í sprungum og liggja epidót kristallar í böndum meðfram þeim eða sundurslitnir inn á milli í kvarsinu. Klórít í sprungum liggur í böndum meðfram berginu og einnig eru klórítbönd á milli kvarskynslóða, sem sýna að breytingar hafa verið í samsetningu vökvans, er hefur leikið um sprunguna.

Alls voru teknar sex smásjármyndir af steindasamfélaginu í sneiðinni.

Valinn var til próp-greininga flötur sambærilegur við þunnsneiðina. Ennfremur var valinn sami kjarnabútur til efnagreininga.

Þunnsneið nr. 14708: Hér er sama berggerð og lýst var í þunnsneið nr 14706. Sama er að segja um ummyndunarsteindir.

Kjarnabútur sambærilegur við þunnsneiðina

var valinn til efnagreininga.

Bunnisneið nr. 14709: Berggerð er ófístíkt ólívínþóleiút. Bergið er frekar fersklegt, en blöðrótt. Erfitt er að skýra ferskleika bergsins á annan hátt en að það sé innskotsberg. Ummyndunarsteindir eru fyrst og fremst í blöðrum, en í berginu sjálfu er magnetít að mestu kominn yfir sphené. Plagíóklasinn er nokkuð étinn til jaðrana, en pyroxeninn er sóneraður en að öðru leyti ferskur. Í blöðrum sést annars vegar eingöngu klórít eða þá epidót einangrað að mestu frá berginu af klóríti.

Alls voru teknar sex smásjármyndir af steindum í sneiðinni.

Eitt sýni var tekið til efnagreiningar.

3.3.2 Niðurstöður athugana á kjarna 3

Eins og áður hefur komið fram þá var kjarnaheimta léleg af þessu dýptarbili og fengust upp nokkrir bútar, sem ekki var hægt að staðsetja með neinni vissu á kjarnatökustaðnum. Þrátt fyrir það var hægt að meta ummyndunarstig bergsins og áætla hita útfra steindasamfélaginu, en í því eru: Kvars, prenit, klórít, epidót, aktínólít, adularía, sphené og pýrít. Í töflu 11 eru tilgreindar þær steindir sem gefa sem besta vísbendingu um ríkjandi hitastig.

Tilkoma epidóts og aktínólíts gefur til kynna hita yfir 250°C. Útfra reynslu frá öðrum holum á Nesjavöllum og frá öðrum háhitasvæðum þá hefur epidót verið ríkjandi steind við 250°C. Ekki er hægt að fullyrða að epidót sé ríkjandi ummyndunarsteind á þessu dýptarbili. Aktínólít sést í öllum sýnum af þessu dýptarbili, en þó fyrst og fremst í díorítinu. Steindin er lítið áberandi í sprungum í basaltinu. Niðurstöður smásjárathugana gefa sterklega til kynna berg-hita yfir 250°C á svæði kjarna 3. Hugsanlega gæti berghiti legið nær 280°C eins og tilvist aktínólíts gefur til kynna.

4. MÆLINGAR Á KJÖRNUM

4.1 Mæling á grophlutfalli

Sú aðferð sem mest er notuð í kjarnarannsóknarstofum til mælinga á grophlutfalli (porosity) byggir á hegðun gass og lögmáli Boyles. Gas hegðar sér þannig að það þenst út og fyllir það rúmmál sem er tiltækt. Lögmál Boyles segir að við fast hitastig sé þrýstingur gass (p) í öfugu hlutfalli við rúmmál þess (v) þ.e.:

$$v \propto \frac{1}{p} \text{ eða fyrir kjörgas } pv = \text{fasti}$$

Fyrir kjörgas gildir því að þegar rúmmáli þess er breytt úr v_1 í v_2 breytist þrýstingur þess úr p_1 í p_2 skv.:

$$p_1 v_1 = p_2 v_2$$

Við framkvæmd gropmælingar er kjarnasýnið sett í kjarnahaldara sem síðan er tengdur við gaskút með þekktu rúmmáli og þrýstingi. Þrýstingurinn í kútnum er þó hafður það lágur að hann komi ekki til með að opna gropur og/eða sprungur í sýninu sem eru lokaðar fyrir. Þá er opnað fyrir krana og gasið (helíum) þenst inn í gropurnar. Þegar jafnvægi er náð er nýr þrýstingur lesinn af tækinu og virkt rúmmál gropa reiknað út. Síðan er kjarninn tekinn úr tækinu og dýft í vökva sem bleytir hann ekki (kvikasilfur) og utanrúmmál kjarnans ákvarðað út frá rúmmáli vökvans sem kjarninn ryður frá sér. Með þessi tvö rúmmál þekkt er virkt grophlutfall (effective porosity) kjarnans ákvarðað;

$$v_2 = (p_1 v_1) / p_2$$

$$PV = v_2 - v_1$$

$$\phi_e = \frac{PV}{BV} \times 100$$

þar sem PV er rúmmál gropa (pore volume) og BV er utanrúmmál kjarnans (bulk volume).

Með þessari mæliaðferð er eingöngu ákvarðað virkt grophlutfall í kjarnanum, þar sem eingöngu er mælt rúmmál opinna og samtengdra holrúma (gropa) í kjarnanum. Auk þess geta verið til staðar lokuð holrými. Til að ákvarða heildar grophlutfall (total porosity) kjarnans er kjarninn mulinn eftir að þurr þyngd, og utanrúmmál hans hefur verið ákvörðuð. Síðan er rúmmál mylsnunnar (kornanna) ákvarðað og þá fundinn eðlismassi kornanna og heildar grophlutfall;

$$\phi_t = \frac{(BV-GV)}{BV} \times 100$$

þar sem GV er rúmmál korna (grain volume).

4.2 Mæling á lekt

Mæling á lekt á kjarnarannsóknarstofum er nú oftast gerð með lektartækjum sem byggja á breytilegu (unsteady state) streymi gass í gegnum kjarnann. Lektarmæling með tækjum sem byggja á þessari aðferð er miklu fljótlegri og talin í flestum tilfellum eins nákvæm og mælingar gerðar með eldri aðferðum, sem byggðu á æstæðu (steady state) ástandi. Lektarmælitækið er tiltölulega einfalt og svipar til tækisins sem notað er við mælingar á groprúmmáli og er í reynd hægt að mæla hvort tveggja með sama tækinu á sumum rannsóknarstofum. Í megin atriðum samanstendur tækið af gaskút með þekktu rúmmáli, næmum þrýstiskynjara og kjarnahaldara sem er opnanlegur út í andrúmsloftið. Mælingin fer þannig fram að gaskúturinn er hlaðinn gasi (helíum, köfnunarefni eða þurru lofti). Kjarninn er settur í kjarnahaldarann og tengdur kútnum, og síðan er opnað fyrir gasstreymi úr kútnum gegnum kjarnann. Þrýstingurinn í gaskútnum er síðan skráður sem fall af tíma frá því kúturinn er opnaður. Á hverju augnabliki er þannig þekktur þrýstingurinn inn og út úr kjarnanum, og rennslíð gegnum kjarnann er í réttu hlutfalli við þrýstifallið í gaskútnum á tímaeiningu. Lektin er síðan reiknuð út frá þessum

stærðum ásamt lögmáli Darcys. Lögmál Darcys lýsir lygnstreymi vökva gegnum gropið berg og má skrifa;

$$q = \frac{ak}{\mu} \frac{dp}{dx}$$

þar sem q er rúmmálsrennsli vökvans, a er þverskurðar flatarmál, k er lekt bergs, μ er skriðseigja vökvans og dp/dx er þrýstifallið yfir kjarnann.

Þegar notað er gas til að mæla lekt í bergsýnum reynist oft nauðsynlegt að leiðréttta mælda lekt fyrir ýmsum skekkjuvöldum til að fá raunlekt sýnisins eða þá lekt sem myndi mælast ef í stað gass væri notaður vökvi við mælinguna. Einn þessara skekkjuvalda stafar af mjög misjöfnum rennslis hraða (slippage) gass um rennslisleiðir bergsýnisins. Áhrifa af völdum þessa fer að gæta í auknum mæli eftir því sem þverskurður rennslisleiðanna gegnum sýnið nálgast meðalsnerta (mean free path) gassins, en meðalsnerta gassins er háð sameindastærð þess og hreyfiorku. Þessi áhrif hafa verið kölluð "Klinkenberg-áhrif" og eru háð þeirri gastegund sem notuð er við mælinguna. Mæld lekt með gasi er því leiðrétt með hliðsjón af eftirfarandi jöfnu.

$$k = \frac{k_g}{1+b/p}$$

Þar sem k_g er lekt sýnis samkvæmt mælingu með gasi, p er meðal þrýstingur yfir sýnið sem k_g er mælt við og b (Klinkenberg stuðullinn) er fasti fyrir ákveðna gastegund og ákveðið berg.

Annar helsti skekkjuvaldur sem kemur fyrir, þegar gas er notað til lektarmælinga, stafar af rennslis hraða gassins gegnum bergsýnið. Vegna lítillar skriðseigju gasa verður rennslis hraðinn gegnum bergsýni oft það mikill að rennslíð breytist úr lygnstreymi í iðustreymi. Þegar rennslíð breytist í iðustreymi gildir lögmál Darcys ekki lengur og

taka verður tillit til verulega aukinna orkutapa rennslisins. Þetta er oftast gert með því að bæta leiðréttingarlið við lögmál Darcys sem lítur þá þannig út

$$\frac{dp}{dx} = \frac{\mu}{k} u + \beta \rho u^2$$

þar sem u er rennslishraðinn (q/a), ρ er eðlisþyngd vökvans (gassins) og β (beta) er iðustreymisstuðull. Þessi jafna er oft kennd við Forcheimer.

Hægt er að taka tillit til fleiri þátta við mælingu á lekt og grophlutfall og má þar nefna áhrif af ríkjandi þrýstiástandi á því dýpi þar sem kjarnasýni er tekið, einnig áhrif af afstæðri lekt einstakra fasa vökvans. Ekki verður fjallað nánar um þessa þætti hér.

4.3 Mælingar á kjörnum í U.S.A.

Sendir voru kjarnabútar frá öllum þrem kjarnatökustöðunum til Guðmundar S. Böðvarssonar við Lawrence Berkeley Laboratory í Bandaríkjunum. Þaðan var síðan hluti þeirra sendur til tveggja rannsóknarstofa sem skyldu mæla lekt og grophlutfall í kjörnunum auk annarra athugana. Þessar rannsóknarstofur voru Terra Tek Core Services í Salt Lake City, Utah og Core Laboratories, Inc. í Aurora, Colorado. Fjallað verður lauslega um niðurstöður mælinga á kjörnunum hjá þessum tveim rannsóknarstofum en mæliaðferðir þeirra eru sambærilegar.

4.3.1 Mælingar hjá Core Lab

Til Core Lab voru send þrjú kjarnabrot sem auðkennd voru I a, II a og III c. Undirbúningur á kjarnabrotunum fyrir mælingar fólst í því að úr hverju kjarnabroti var boraður smá-kjarni (plug) ein tomma í þvermál (2,54 cm) eins nálægt miðju kjarnabrotsins og hægt var. Drykkjarvatn var notað til kælingar og smurningar við borun smá-kjarnanna. Smá-kjarnarnir voru síðan þurrkaðir í ofni við 90°C í um 6 klukkustundir.

Við mælingar á grophlutfalli og lekt var notað Helíum. Kjarnahaldarinn er af svokallaðri Hassler gerð, en til að þetta fyrir rennsli meðfram hliðum kjarnasýnisins þarf um 800 psi (55,16 bar) þrýsting utan á þéttihulsuna um sýnið. Til að líkja eftir þrýstiástandi á því dýpi þaðan sem kjarni var tekinn er þrýstingurinn utan á þéttihulsuna hækkaður. Helstu niðurstöður mælinga hjá Core Lab eru sýndar í töflum 12 og 13.

TAFLA 12 Grophlutfall og lóðrétt lekt

Kjarni	Dýpi (m)	Sýni	Prýstingur		Virkt Grophlutfall (%)	Raunlekt (md)	Óleiðrétt lekt k(loft) (md)
			(psi)	(bar)			
1	879,6-	I a	800	55,16	10,2	0,003	0,008
	879,8		1015	69,98	10,1	0,002	0,006
2	1003-	II a *	800	55,16	8,7	0,005	0,010
	1010		1233	85,01	8,5	0,002	0,007
3	1447-	III c *	800	55,16	11,5	0,112	0,241
	1454		1740	119,97	11,3	0,083	0,191

* Nákvæm staðsetning ekki fyrirbyggjandi

TAFLA 13 Eðlismassi og lárétt lekt

Kjarni	Dýpi (m)	Sýni	Óleiðrétt lekt k (loft) (md)	Eðlismassi korna (g/cm ³)
1	879,6-879,8	I a	< 0,01	2,98
2	1003-1010	II a *	0,01	2,87
3	1447-1454	III c *	0,18	3,01

* Nákvæm staðsetning ekki fyrirbyggjandi

Breyting á grophlutfalli við mismunandi þrýstingsálag er líklega ómarktæk, þar sem miðað er við sama heildarrúmmál sýnis þó þrýstingsálagi sé breytt. Mæling á lárétrri lekt er gerð með þurru lofti í mælitæki fyrir æstætt rennslisástand. Eðlismassi korna er líklega aðeins of lár því rúmmál korna er líklega ákvarðað sem mismunurinn á utanrúmmáli kjarnans og virku rúmmáli gropa.

4.3.2 Mælingar hjá Terra Tek

Til Terra Tek voru send fjögur kjarnabrot sem auðkennd voru I b, I c, II c og III a. Byrjað var á að gera heilsýni úr hverju kjarnabroti með nær sama þvermáli og kjarnabrotið (full diameter sample). Þessi heilsýni voru síðan þurrkuð í ofni við 110°C. Að því búnu var grophlutfall og lekt sýnanna

mæld ásamt fleiru. Þegar mælingum á heilsýnunum var lokið voru boraðir þrjár smá-kjarnar úr hverju heilsýni. Mælingarnar voru síðan endurteknaðar á hverjum smá-kjarna. Til ákvörðunar á virku grophlutfalli var notað Helíum. Til að ákvarða heildar grophlutfall var einn smákjarni úr hverju heilsýni mulinn.

Aðeins þrjú af fjórum heilsýnunum úr kjarnabrotunum hentuðu til ákvörðunar á lekt. Í þeim var lóðrétt vökvalekt ákvörðuð með 1% NaCl lausn. Auk þess var lóðrétt lekt og lekt í tvær hornréttar láréttar stefnur mæld með köfnunarefni. Helstu niðurstöður mælinga hjá Terra Tek eru sýndar í töflum 14 og 15.

TAFLA 14. Eðlismassi og grophlutfall

Kjarni	Dýpi (m)	Sýni	Smá- kjarni	Virkt grophlutfall (%)	Heildar grophlutfall (%)	Eðlismassi korna (g/cm ³)	Eðlismassi mulnings (g/cm ³)
1	877,5-877,7	I b		14,7		2,81	
			1 ba	13,9		2,88	
			1 bb	15,9	16,7	2,83	2,86
			1 bc	18,2		2,84	
1	875,9-876,2	I c		8,9		2,95	
			1 ca	11,7	12,5	2,98	3,00
			1 cb	12,0		2,94	
			1 cc	9,3		3,00	
2	1003-1010	II c*		14,2		2,84	
			2 a	14,2		2,84	
			2 b	11,7	12,8	2,84	2,87
			2 c	16,8		2,85	
3	1447-1454	III a*		12,0		3,01	
			3 a	11,9		3,02	
			3 b	10,4	10,9	3,00	3,02
			3 c	11,9		3,00	

* Nákvæm staðsetning ekki fyrirleggjandi

TAFLA 15. Lekt

Kjarni	Dýpi (m)	Sýni	Smá- kjarni	Lóðrétt vökva raunlekt k (md)	Óleiðrétt lekt k (köfnunarefni)			Lauslega áætluð raunlekt k					
					Lóð- rétt (md)	Lárétt- hámark (md)	Lárétt- 90° (md)	Lóð- rétt (md)	Lárétt- hámark (md)	Lárétt- 90° (md)			
1.	877,5- 877,7	I b		0,003	0,046	0,167	0,111	0,025	-	-			
			1 ba								0,001		0,001
			1 bb								0,014		0,010
			1 bc								0,275		0,200
1.	875,9- 876,2	I c		0,002	0,005	0,021	0,011	<0,005	-	-			
			1 ca								0,004		<0,004
			1 cb								0,039		0,019
			1 cc								0,002		0,002
2.	1003- 1010	II c*		0,001	0,062	0,036	0,030 (0,026)	<0,055	-	-			
			2 a								0,014		0,006
			2 b								0,004		<0,004
			2 c								0,015		(0,006)
3.	1447- 1454	III a*		+	+	+							
			3 a								0,029		0,009
			3 b								0,020		0,005
			3 c								0,078		0,045

* Nákvæm staðsetning ekki fyrirleggjandi + Sýni hentaði ekki til mælinga

Í töflu 15 er lekt samkvæmt mælingu með köfnunarefni aðeins lauslega leiðrétt fyrir Klinkenberg-áhrifum út frá gögnum sem fylgdu með niðurstöðum Terra Tek. Gildin innan sviga í töflu 15 eru áætluð með því að nota Klinkenberg-stuðulinn 3,57 psi, sem var ákvarðaður fyrir smá-kjarna 2 a, þar sem ekki tókst að ákvarða Klinkenberg-stuðulinn fyrir viðkomandi sýni.

Auk ofangreindra mælinga voru athugaðar hjá Terra Tek sprungur í þeim kjarnabrotum sem þeir fengu send. Sprungur í kjarnabrotunum voru athugaðar með tilliti til sprungugerðar, hvernig myndaðar og þéttleika á lengdareiningu. Fyrir hverja sprungu voru allt að átta atriði athuguð en þau voru; sprungugerð, vídd, lengd, sýndarhalli, fyllingarefni (útfellingar), grop, merki um olíu og fjöldi samskonar sprungna á lengdareiningu. Sprungugerð er flokkuð í fjóra flokka sem eru: 1) sprungur sem ná gegnum sýnið og eru að hluta opnar, 2) sprungur sem ná ekki gegnum sýnið og eru að hluta opnar, 3) sprungur sem eru fullopnar og ná gegnum sýnið, og 4) fylltar sprungur. Sprunguhallinn er ekki leiðréttur fyrir halla borholunnar og vídd sprungna sem er minni en 0,5 mm er aðeins metin út frá ásjónu.

Í kjarnabroti I b sáust tvær sprungur með halla 80-85° og voru þær fylltar kalsíti. Vídd sprungnanna var um 0,2 mm. Í kjarnabroti I c sást aðeins ein sprunga og var hún að hluta opin en náði ekki gegnum sýnið. Halli sprungunnar var um 85° og vídd um 0,2 mm. Ekki sáust merki um útfellingar í sprungunni og er hugsanlegt að hún hafi myndast við kjarnaborunina. Í kjarnabroti II c fundust flestar sprungur eða alls fimm. Þrjár þeirra voru lokaðar og fylltar kalsíti og kvarzi. Halli þeirra var á bilinu 60-80° og vídd um 0,5 mm. Hinar tvær voru að hluta opnar. Önnur náði gegnum sýnið og með halla 75° og vídd um 0,2 mm. Hin hafði fína bergmyslu sem gæti verið leir, hallann 50° og vídd um 0,5 mm. Í síðasta kjarnabrotinu merktu III a sáust tvær sprungur og voru þær fullopnar og náðu gegnum sýnið. Halli þeirra var 75-85°. Engar útfellingar sáust í

þeim og er talið að önnur þeirra geti hafa myndast við kjarnaborunina.

Við kjarnaborunina var stefna kjarnanna ekki fest og því var ekki hægt að ákveða stefnur einstakra sprungna í kjarnabrotunum. Hins vegar ef tekin er afstæð viðmiðun af rennslisböndum í bergi kjarnans og reiknað með að þau hafi sömu stefnu og halla á öllum stöðum þar sem kjarnar voru teknir, virðast sprungurnar hafa tilhneigingu til að raða sér í ákveðna stefnu. Sú stefna er hins vegar ekki þekkt eins og áður sagði.

4.3.3 Mælingar hjá LBL

Hjá Lawrence Berkeley Laboratory var mæld varmaleiðni í nokkrum kjarnabrotum við mismunandi hita í sýnunum. Kjarnabrotin sem mæld voru eru auðkennd með I b, I c, II b og III b. Niðurstöður mælinganna eru birtar í töflu 16.

TAFLA 16. Varmaleiðni

Kjarni	Dýpi (m)	Sýni	Hiti (°C)	Prýstings álag (psi)	Prýstings álag (bar)	Prýstingur í gropum (psi)	Prýstingur í gropum (bar)	Varmaleiðni (W/m°K)
1.	877,5	I.b	120,85	750	51,71	35	2,41	1,972
	877,7		184,90	750	51,71	200	13,79	1,940
1.	875,9	I.c	121,00	750	51,71	35	2,41	1,752
	876,2		175,10	Sýni þornaði				
2.	1003,0	II.b*	69,00	750	51,71	6	0,41	1,716
	1010,0		90,00	750	51,71	6	0,41	1,770
			155,60	750	51,71	80	5,51	1,800
			188,80	750	51,71	200	13,79	1,880
3.	1447,0	III.b*	78,80	750	51,71	6	0,41	1,816
	1454,0		124,85	750	51,71	32	2,21	1,820
			163,25	750	51,71	82	5,65	1,794
			194,30	750	51,71	200	13,79	1,783

* Nákvæm staðsetning ekki fyrirleggjandi

5. SAMANBURÐUR VIÐ BORHOLUMÆLINGAR

Eitt af markmiðum kjarnatökunnar var að bera saman niðurstöður borholumælinga og mældra eiginleika kjarnanna. Þær mælingar sem hér er átt við eru nifteindamælingar annars vegar og viðnámsmælingar hins vegar. Ekki eru enn fyrirleggjandi niðurstöður viðnámsmælinga á kjörnunum frá USGS og verður því samanburður þeirra og mælds viðnáms að bíða.

Nifteindamælingar gefa upplýsingar um heildar vatnsinnihald bergs. Er þar bæði átt við bundið og óbundið vatn. Mælingarnar eru fyrst leiðréttar með tilliti til víddar holunnar og síðan er reiknað út vatnsinnihald bergsins með þar til gerðum kvörðunarferlum. Kvörðunarferlarnir eru ákvarðaðir með mælingum í holum sem hafa verið búnar til með þekktum eiginleikum. Þessar hólur eru staðsettar við háskólann í Houston í Bandaríkjunum (American Petroleum Institute, 1959). Á myndum 3-5 eru sýndar niðurstöðurnar fyrir reiknað vatnsinnihald ásamt dreifingu

mælipunkta (hnitað á 40 cm bili) fyrir kjarnatökustaðina í holunni.

Virkt grophlutfall gefur upplýsingar um rúmmál þess vatns sem hugsanlega gæti lekið um bergið. Þó ber þess að gæta að vatn lekur einnig um sprungur sem eru á mun stærri mælikvarða, en mælikvarði sýnanna er. Eins og sést í töflum 12 og 14 er virkt grophlutfal mjög breytilegt milli kjarnasýna, jafnvel milli einstakra smákjarna úr hverjum kjarnabút. Þetta gefur tilefni til að ætla að grophlutfallið og þá einnig vatnsinnihald bergsins sé nokkuð breytilegt jafnvel yfir lítinn lengdarskala og benda myndir 3-5 til þessa.

Samanburður á mældu grophlutfalli og útreiknuðu vatnsinnihaldi út frá nifteindamælingum er dreginn saman í töflu 17. Eins og sést í töflunni er mjög góð fylgni milli mælds grophlutfalls og reiknaðs vatnsinnihalds, sérstaklega úr fyrstu kjörnunum þar sem nákvæm staðsetning einstakra kjarnabúta er þekkt.

TAFLA 17. Samanburður á grophlutfalli og útreiknuðu vatnsinnihaldi skv. nifteindamælingu.

Kjarni	Dýpi (m)	Sýni	Mælt virkt grophlutfall (%)	Reiknað vatnsinnihald (%)
1.	876,0	I.c	8,9-12,0	12-13
	877,5	I.b	13,9-18,2	17-18
	879,7	I.a	10,2	12-16
2.	1003*	II.a	8,7	4-18
	- 1010	II.c	11,7-16,8	
3.	1453*	III.a	10,4-12,0	8-13
	- 1454	III.c	11,5	

* Nákvæm staðsetning sýnis ekki fyrirleggjandi

Mælt grophlutfall úr fyrsta kjarnanum er á bilinu 8,9-18,2%, en vatnsinnihald samkvæmt nifteindamælingum reiknast á bilinu 12-21% með meðalgildi 16,3%. Í öðrum kjarnanum mælist grophlutfallið 8,5-16,8%, en vatnsinnihaldið reiknast á bilinu 4-18% með meðalgildið 11,7%. Vitað er að bútarnir úr þriðja kjarnanum eru frá síðasta metra kjarnatökustaðarins eða frá 1453-1454 m dýpi (Hjalti Franzson, munnlegar upplýsingar). Mælt grophlutfall þessara búta er á bilinu 10,4-12,0%, en nifteindamæling frá þessu dýpi gefur vatnsinnihald upp á um 10%.

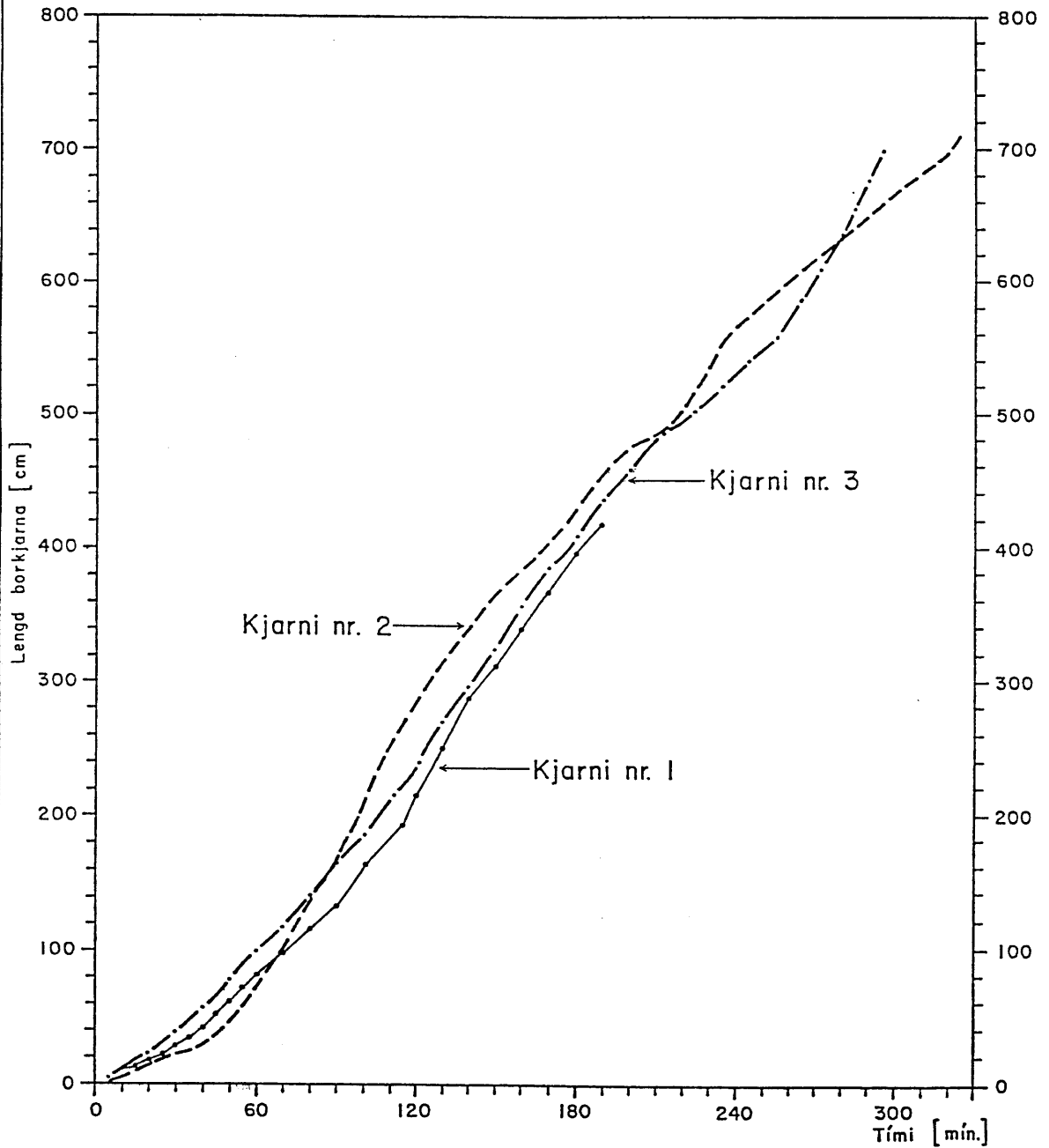
Af ofansögðu má ljóst vera að vatnsinnihald reiknað út frá nifteindamælingu gefur gott mat á grophlutfalli. Gildin fyrir vatnsinnihald eru yfirleitt heldur hærri en mælt grophlutfall eins og við er að búast. Hlutfallsmismunurinn milli þessara gilda virðist þó vera innan við um 5%.

HEIMILDIR

American Petroleum Institute, 1959:
Recommended practice for standard calibration and form for nuclear logs, API RP 33, September.

JHD-VT-8715-SP
86.09.0677-EK

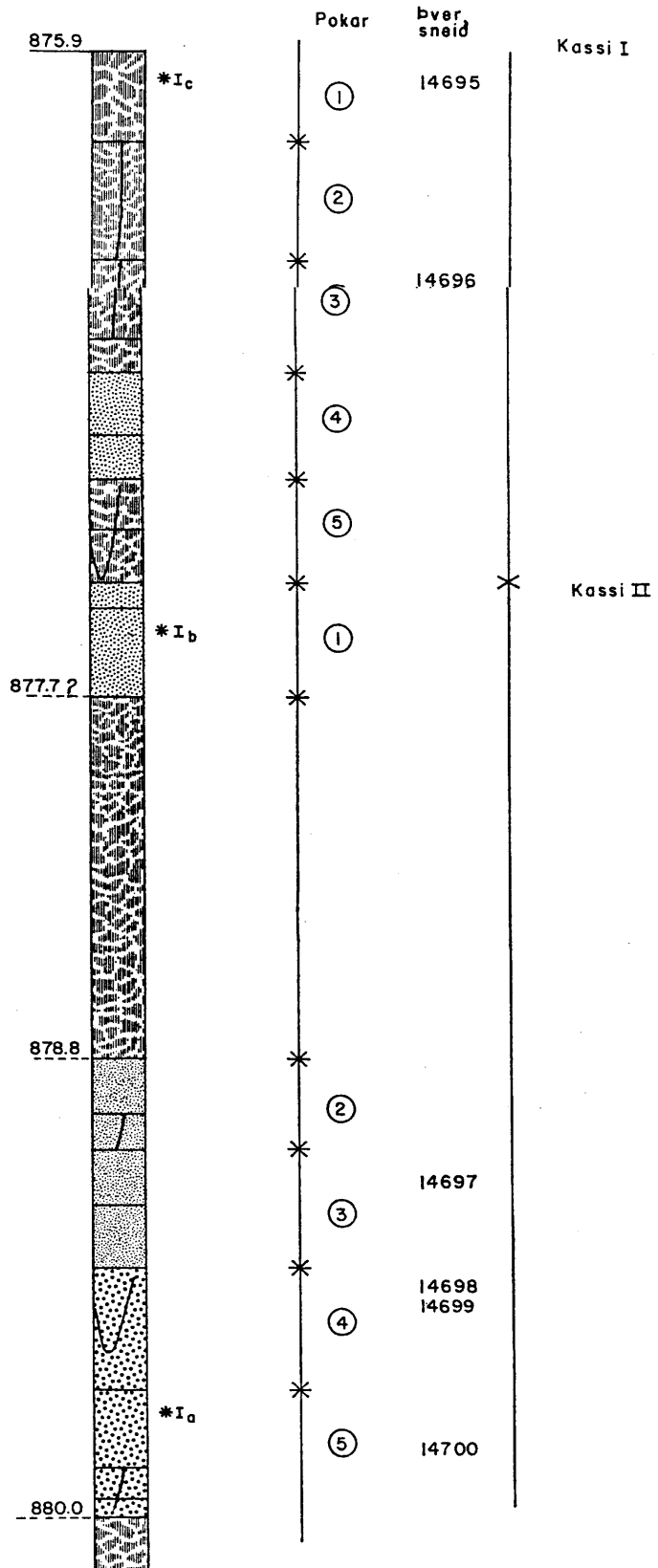
BORUN KJARNA Í HOLU NJ-17 Á NESJAVÖLLUM



MYND 1 Borhraði við kjarnatöku

JHD-BJ-8715, AsG.
88.07. 0408. SyJ.

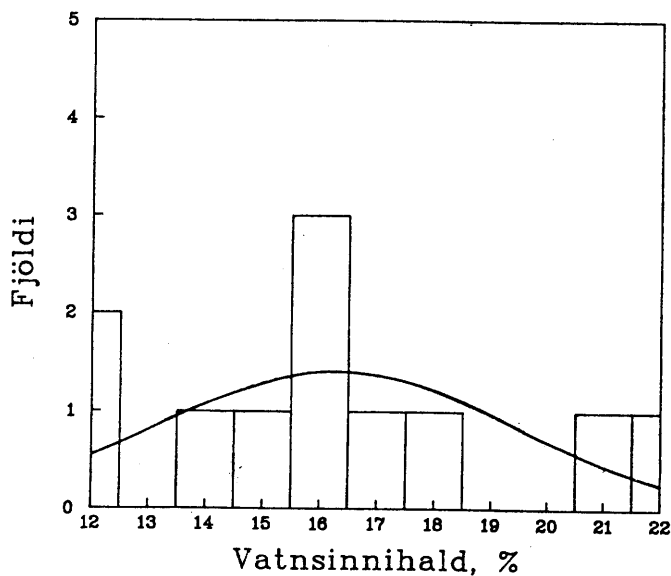
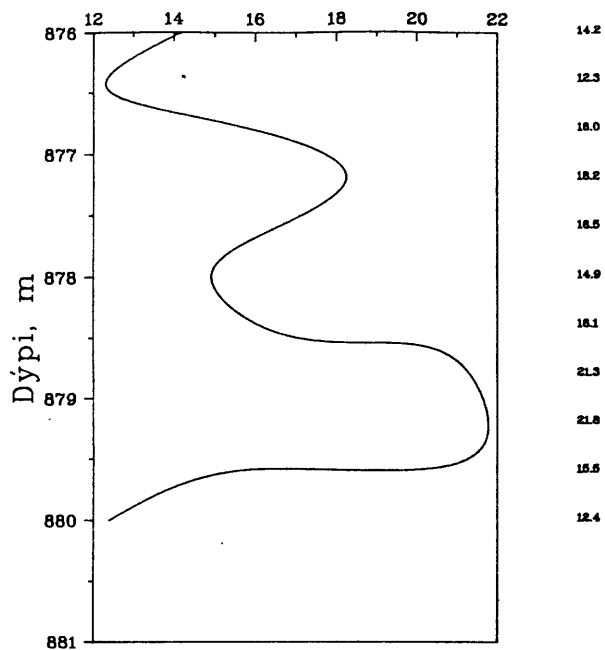
NESJAVELLIR HOLA NJ-17
Kjarni I



MYND 2 Jarðlagasnið kjarna 1

JHD-BM-III HE
88.07.0431 T

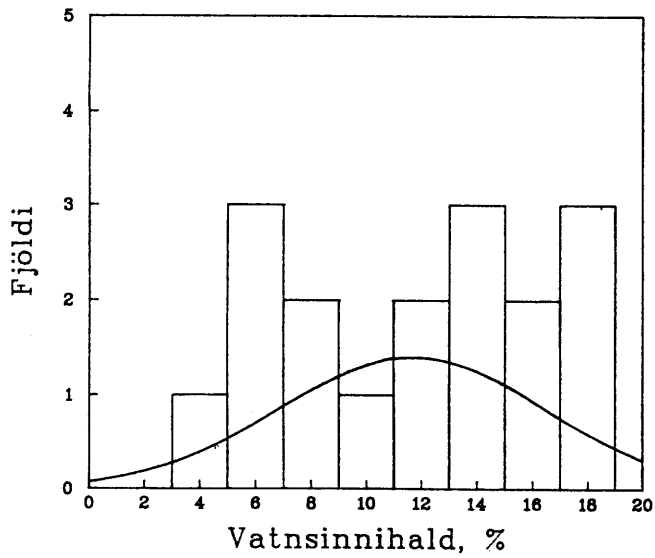
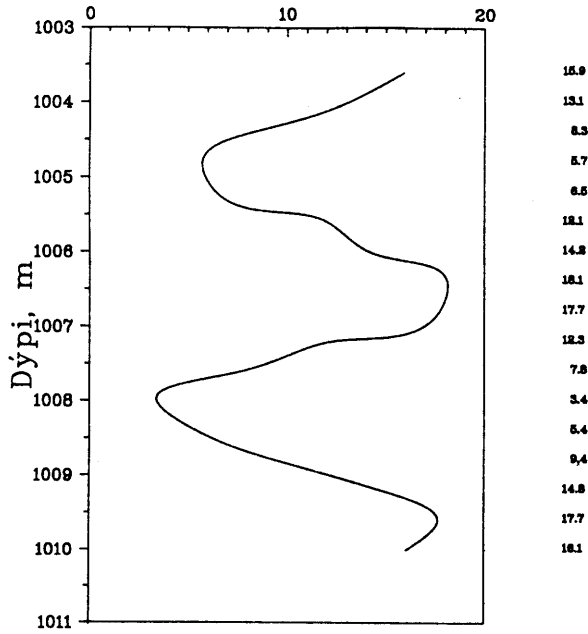
Vatnsinnihald, %



MYND 3 Reiknað vatnsinnihald og dreifing þess við kjarnatökustað 1

JHD-BM-III HE
88.07.0433 T

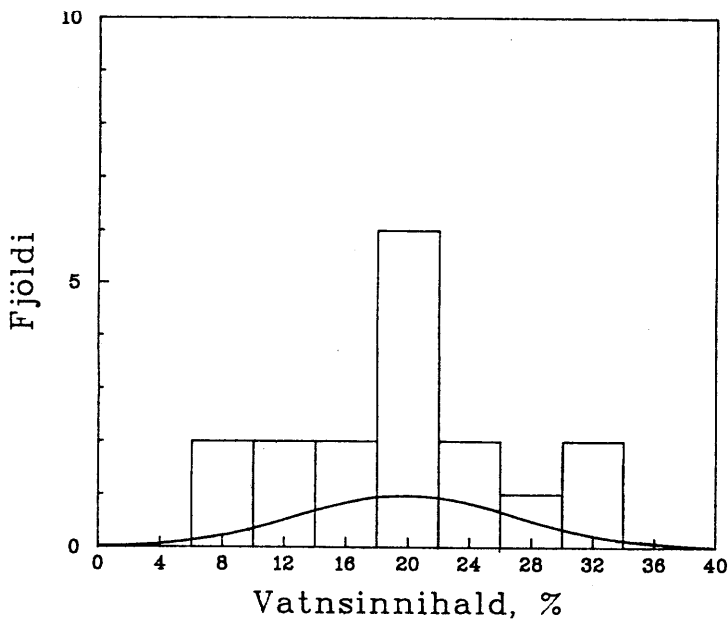
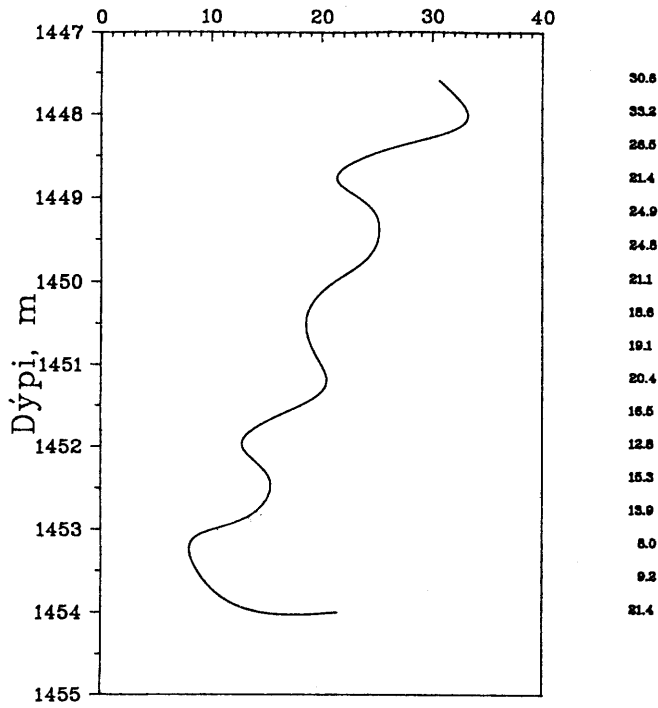
Vatnsinnihald, %



MYND 4 Reiknað vatnsinnihald og dreifing þess við kjarnatökustað 2

JHD-BM-III HE
88.07.0432 T

Vatnsinnihald, %



MYND 5 Reiknað vatnsinnihald og dreifing þess við kjarnatökustað 3