

# Niðurbrot óbundins burðarlags undir sveiflandi álagi

## Áfangaskýrsla 2

Ásbjörn Jóhannesson  
Hafsteinn Hilmarsson  
Oddur Þórðarson

Maí 2015



# **Niðurbrot óbundins burðarlags undir sveiflandi álagi**

## **Áfangaskýrsla**

Reykjavík: Nýsköpunarmiðstöð Íslands 2015.

Unnið fyrir Rannsókn- og þróunarsjóð Vegagerðarinnar.

Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður skýrslunnar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar né heldur sem álit Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands.

## ÁGRIP

Tilgangur verkefnisins er að kanna hvort raunhæft sé að nota gangfræðilegt (e. dynamic) þríasapróf til að spá um niðurbrot burðarlagsefna undir umferð, þ.á.m. myndun fínefna af því tagi sem spillir burðargetu burðarlags.

Þessi skýrsla fjallar um prófanir sem voru gerðar í 2. áfanga verkefnisins. Við prófanirnar var notuð aðferð sem var þróuð í 1. áfanga. Sýni af burðarlagsefni er prófað í þrías þar sem hliðarstuðningurinn er stöðugur (200 kPa) meðan á prófinu stendur en lóðrétta álagið er látið sveiflast á bilinu 200 til 900 kPa.

Í þessum áfanga voru gerðar prófanir á þrem burðarlagsefnum, Bakkaá við Norðausturveg, LA-gildi 43 %; Lambafell við Þrengslaveg, LA-gildi 17 % og Vatnsskarð við Krísuvíkurveg, LA-gildi 28 %. Eitt efnanna (Vatnsskarð) var prófað í tvígang til að afla upplýsinga um tvímælingagildi (e. repeatability) prófunaraðferðarinnar. Við úrvinnslu á mæliniðurstöðum voru prófunarniðurstöður sem fengust í 1. áfanga verkefnisins (Afstapahraun, LA-gildi 23 %) teknar með.

Prófananiðurstöður til þessa gefa til kynna að gangfræðileg prófun í þríasatæki geti gefið upplýsingar um líklegt niðurbrot burðarlags undir umferð. Í prófuninni verður mælanleg breyting á sáldurferli, hvort heldur er miðað við sáldur gegnum 4 mm sikti eða gegnum 63  $\mu$ m sikti.

Athuganir á tvímælingagildi, raunar mjög takmarkaðar, benda til þess að nákvæmni prófunaraðferðarinnar sé viðunandi til að meta líkur á að burðarlagsefni brotni niður undir umferð.

## EFNISYFIRLIT

ÁGRIP	1
1. INNGANGUR	3
2. PRÓFUNARSÝNI OG PRÓFUNRAÐFERÐ	4
3. NIÐURSTÖÐUR PRÓFANA	6
3.1 Breytingar á sáldurferli við prófun	6
3.2 Samband styrkleika og niðurbrots	6
3.3 Tvímælingagildi á niðurbrotsmælingum	8
3.4 Varanleg samþjöppun	9
4. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR	10
HEIMILDIR	13
VIÐAUKI I. Sáldurferlar sýna á ýmsum prófunarstigum	14
VIÐAUKI II. Niðurstöður berggreininga á prófunarsýnum	25
VIÐAUKI III. Línurit af varanlegri samþjöppun samþjöppun sýna í gangfræðilegri prófun	31

## 1. INNGANGUR

Kröfur til sáldurferils burðarlagsefna tilgreina m.a. að hlutfall fínefnis<sup>1</sup> skuli vera undir tilteknu hámarki, sem að jafnaði er 5 eða 7 % [Vegagerðin, 2015, bls. 5-26 til 5-35]. Þessi krafa á að minnka líkur á að burðarþol skerðist til muna þótt vatn komist í burðarlagið.

Nú er það svo að efni í burðarlagi molnar smám saman niður fyrir áhrif frá umferðinni. Þetta á einkum við ef slitlagið er klæðing, því hún er þunn og hefur mjög litla stífni, og getur þar af leiðandi ekki dreift umferðaráluginu yfir stærri flöt í burðarlaginu, líkt og malbiksslitlag gerir. Afleiðingin er sú að fínefni í burðarlagi undir klæðingu hættir til að aukast með tíð og tíma og getur orðið snöggum meira en í sýnum af sama burðarlagsefni sem eru tekin meðan á vinnslu þess stendur. Orsakirnar geta verið margvíslegar, og umfangið fer að sjálfsgöðu eftir eiginleikum steinefnisins, einkum höggþoli, slit- eða núningsþoli og frostþoli.

Niðurbrot, annað en það sem stafar af frost/þíðusveiflum, verður einkum í tveim þrepum:

- Á framkvæmdaskeiðinu molnar burðarlagsefni að einhverju leyti niður vegna áhrifa frá efnisflutningum og vinnuvélum, svo og meðan á þjöppun stendur vegna höggáhrifa frá titurvöltum;
- Eftir að vegurinn er fullfrágenginn og umferð hefur verið hleypt á hann, heldur steinefnið áfram að molna niður vegna áraunar frá umferðinni, líklega bæði vegna innbyrðis mismunarhreyfinga steinefniskornanna, þ.e. núnings á milli þeirra, og höggáhrifa frá umferðinni.

Ef burðarlagsefni hættir til að molna undir umferð getur niðurbrotið með tímanum orðið svo mikið að það komi niður á burðargetu vegarins.

Tilgangur verkefnisins er að:

- Afla upplýsinga um líklegt niðurbrot í burðarlagsefni á löngum tíma undir umferð, með prófunaraðferð sem líkir eftir umferðarálagi;
- Tengja niðurstöður sem fengnar eru á þennan hátt við ódýra prófunaraðferð, t.d. kúlakvarnar- eða Los Angeles-próf;
- Meta hvort þessi prófunaraðferð sé raunhæf.

Í 1. áfanga þessa verkefnis var unnið að þróun prófunaraðferðar og sagt stuttlega frá ýmsum innlendum og erlendum heimildum sem hafðar voru til hliðsjónar við þróun hennar [Ásbjörn Jóhannesson o.fl., 2014]. Ennfremur er greint frá niðurstöðum prófana á einu burðarlagsefni eftir að prófunaraðferðin var komin í endanlegt horf. Þær gáfu vísbendingu um að prófunaraðferðin gæti verið raunhæf.

Verkið var unnið á Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir styrk frá Rannsóknasjóði Vegagerðarinnar. Verkefnishóp skipuðu Ásbjörn Jóhannesson (sem annaðist verkefnisstjórn í fjarveru Óskars Arnar Jónssonar), Hafsteinn Hilmarsson og Oddur Þórðarson, allir starfsmenn Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands.

---

<sup>1</sup> Fínefni; efniskorn sem eru smærri 63 µm.

## 2. PRÓFUNARSÝNI OG PRÓFUNARAÐFERÐ

Sýni af þremur burðarlagsefnum voru valin til prófunar í þessum áfanga. Samhengis vegna eru eiginleikar og niðurstöður prófana á burðarlagsefni úr Afstapahrauni (náman hét áður Kúagerði), sem var prófað í 1. áfanga, teknar með í þessa skýrslu. Burðarlagsefnin eru:

Bakkaá við Norðausturveg, námunr. 22731<sup>2</sup>

Lambafell við Þrengslaveg, námunr. 16825

Vatnsskarð við Krísuvíkurveg, námunr. 16878

og úr 1. áfanga:

Afstapahraun við Reykjanesbraut, námunr. 20452<sup>3</sup>.

Burðarlagsefnin voru einkum valin með hliðsjón af berggerð og styrkleika. Nokkrir eiginleikar þeirra eru sýndir í töflu 2.1. Berggreining er gerð í samræmi við berggreiningarkerfi Rb [Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, 1989], kvarnargildi er mælt skv. ÍST EN 1097-9 [Íslenskur staðall, 1998a] og LA-gildi skv. ÍST EN 1097-2, grein 5 [Íslenskur staðall, 1998b]. Notagildi steinefnanna (umferðarþol) í burðarlag er metið skv. kröfum í leiðbeiningum frá Vegagerðinni [Vegagerðin, 2015, bls. 5-24 til 5-42].

**Tafla 2.1.** Niðurstöður berggreininga og styrkleikaprófana á burðarlagsefnum, svo og líklegt notagildi þeirra í burðarlag skv. sömu prófunarniðurstöðum og samsvarandi kröfum Vegagerðarinnar [Vegagerðin 2015, bls. 5-24 til 5-42]. Upplýsingar um sáldurferil, frostþol, brothlutfall og kornalögun vantar, svo að tölur fyrir notagildi geta tekið breytingum að þeim fengnum.

Náma og námunúmer	Kvarnargildi [%]	LA-gildi [%]	Berggreining 2./3. fl. <sup>4</sup> [%]	Notagildi [ÁDU <sub>p</sub> ]
Afstapahraun <sup>5</sup> (nnr. 20452)	10,0	23	16/5 <sup>6</sup>	≥ 400
Bakkaá <sup>7</sup> (nnr. 22731)	16,7	43	100/0	ónothæft
Lambafell (nnr. 16825)	11,1	17	10/40	≥ 400
Vatnsskarð (nnr. 16878)	15,5	28	95/4	<400

Prófunaraðferðinni, sem er gangfræðileg (e. dynamic) er lýst í viðauka I í skýrslu um 1. áfanga verkefnisins [Ásbjörn Jóhannesson o.fl., 2014]. Í stórum dráttum er prófunaraðferðin á þessa leið:

1. Prófunin er gerð í þríasatæki og er takmörkuð við kornastærðina 4-16 mm. Prófunin er gerð á sívalningslaga sýni sem er 100 mm í þvermál og 200 mm hátt. Í innbyggingu er sýnið þjappað þannig að rúmþyngdin samsvari Standard proctor rúmþyngd.
2. Rakastig sýnisins við prófun svarar til mettivatns í yfirborðspurru efni (SSD).
3. Sýnið er ræst út úr prófunarhylkinu meðan á prófun stendur, þannig að þrýstingur inni í sýninu er jafn ríkjandi loftþyngd.
4. Endaálag við prófun fylgir sínusferli milli 200 kPa og 900 kPa. Hliðarálag er stöðugt, 200 kPa, og sveiflutíðni er 2Hz.

<sup>2</sup> Sýnið er fengið úr tveim borkjörnum sem voru teknir úr námustæðinu og malaðir niður í hæfilegar stærðir til prófunar. Þeir hafa merkin HHK-28 og HHK-32.

<sup>3</sup> Hét áður Kúagerði, fyrra námunr. var 441-16-02.

<sup>4</sup> Flokkun skv. kröfum til slitlagsefnis.

<sup>5</sup> Niðurstöður úr 1. áfanga [Ásbjörn Jóhannesson o.fl., 2014].

<sup>6</sup> Efnið í 2. flokki er ferskt, blöðrótt basalt, en efnið í 3. flokki er basaltgjall og vikur.

<sup>7</sup> Borkjarnar HHK-28 og HHK-32 [H5/15, 2015].

5. Prófuninni er fram haldið þar til annað af tvennu gerist; sýnið gengur saman um 10 % (20 mm) eða sveiflufjöldinn nær einni milljón.
6. Að prófun lokinni er sáldurferill sýnisins ákvarðaður á bilinu 63  $\mu\text{m}$  til 16 mm. Ennfremur er sáldurferill fínefnis (smærra en 63  $\mu\text{m}$ ) ákvarðaður sérstaklega.

Í skýrslu um 1. áfanga verkefnisins [Ásbjörn Jóhannesson o.fl. 2014] er rökstuðningur fyrir vali á aðferð við gangfræðilega prófun, m.a. með vísan til heimilda.

Öll sýni hafa sama sáldurferil þegar þau eru byggð inn. Þau brotna óhjákvæmilega niður meðan á innbyggingunni stendur. Niðurbrot í innbyggingu er metið með því að sikta eitt sýni (af hverju steinefni) eftir innbyggingu (og án frekari prófunar). Þetta niðurbrot er síðan dregið frá mældu niðurbroti eftir gangfræðilega prófun (sem er samsett úr niðurbroti í innbyggingu og niðurbroti í gangfræðilegri prófun). Ennfremur má gera ráð fyrir því að eitthvert niðurbrot verði við siktun, en það er talið vera svipað hvort sem siktun eftir gangfræðilega prófun eða siktun eftir innbyggingu á í hlut svo að áhrif þess á niðurstöðu prófunarinnar hverfa með leiðréttingu vegna niðurbrots í innbyggingu.

Niðurbrot var mælt á tveim sýnum af efni frá Vatnsskarði (annars einu sýni af hverju efni). Þetta var gert til að fá einhverja vísbendingu um tvímælingagildi (e. repeatability) mælingarinnar.

Sáldurferlar sýnanna a) fyrir innbyggingu í þrías (ferillinn er eins fyrir öll steinefni), b) eftir innbyggingu og c) eftir innbyggingu og gangfræðilega prófun, eru sýndir í viðauka I. Niðurstöður berggreininga á prófunarsýnum eru sýndar í viðauka II. Línurit af varanlegri samþjöppun sýnanna á fyrstu og síðustu 200 sveiflum í prófun eru sýnd í viðauka III.

### 3. NIÐURSTÖÐUR PRÓFANA

#### 3.1 Breytingar á sáldurferli við prófun

Öll sýnin höfðu sama sáldurferil áður en þau voru byggð inn í þrías, en sáldurferillinn tók breytingum í prófunarferlinu. Sáldurferlar sýnanna á ýmsum stigum prófunarinnar eru sýndir í viðauka I. Helstu einkenni þeirra ásamt breytingum á þeim í prófunarferlinu eru sýnd í töflu 3.1.

Sýnin stóðust 1.000.000 sveiflur í prófun, nema Bakkaá. Eftir 170.000 sveiflur hafði sýnið frá Bakkaá gengið saman um 10 % og þá var prófun hætt í samræmi við prófunarfyrirmæli.

**Tafla 3.1.** Sáldur gegnum 4 mm og 63 µm sikti á ýmsum stigum prófunar og reiknað niðurbrot í gangfræðilegu prófi í þrías (prófið var tvítekið á Vatnsskarðsefni). Gangfræðilegri prófun á efni frá Bakkaá var hætt eftir 170.000 sveiflur, svo að niðurbrotið er vantalið í samanburði við önnur efni í töflunni.

	Afstapahraun		Bakkaá <sup>8</sup>		Lambafell		Vatnsskarð	
	4 mm [%]	63 µm [%]	4 mm [%]	63 µm [%]	4 mm [%]	63 µm [%]	4 mm [%]	63 µm [%]
Fyrir innbyggingu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0
Eftir innbyggingu	0,9	0,2	3,3	0,5	0,7	0,1	1,1	0,3
Eftir gangfræðilegt próf (A)	5,7	0,5	12,8	1,9	2,0	0,3	3,3	0,3
Eftir gangfræðilegt próf (B)							3,8	0,5
Niðurbrot í prófi (A)	4,8	0,3	9,5	1,4	1,3	0,2	2,2	0,0
Niðurbrot í prófi (B)							2,7	0,2

Prófin tvö á Vatnsskarðsefni eru aðgreind með (A) og (B), sjá kafla 3.3.

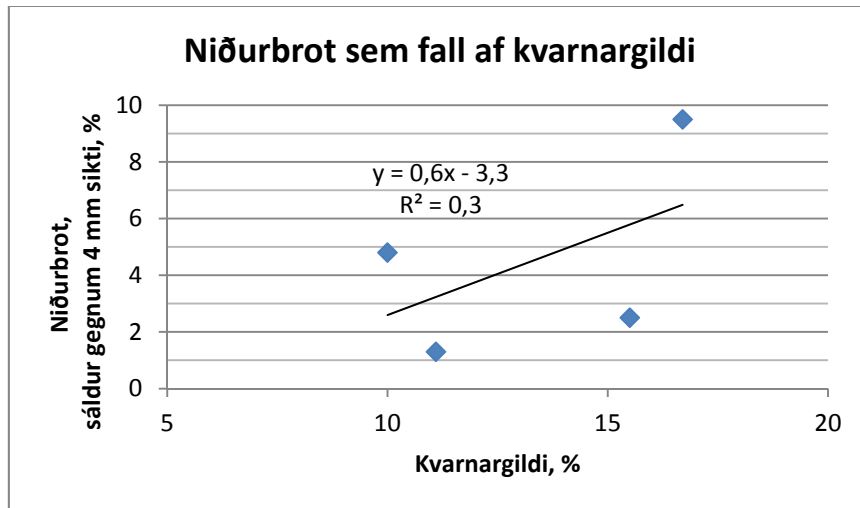
#### 3.2 Samband styrkleika og niðurbrots

*Athugasemd: Myndir 3.1-3.4 gefa ekki rétta mynd af sambandi niðurbrots og styrkleika því gangfræðilegri prófun á einu sýnanna (Bakkaá) var hætt eftir 170.000 sveiflur, en eftir 1.000.000 sveiflur á hinum sýnunum, sjá skýringar við töflu 3.1.*

Mynd 3.1 sýnir samband kvarnargildis (sjá töflu 2.1) og mylsnu smærri en 4 mm (sjá töflu 3.1), þ.e. hlutfall sýnis sem smýgur 4 mm sikti eftir gangfræðilegt próf í þrías að frádregnum þeim hluta sem verður til við innbyggingu.

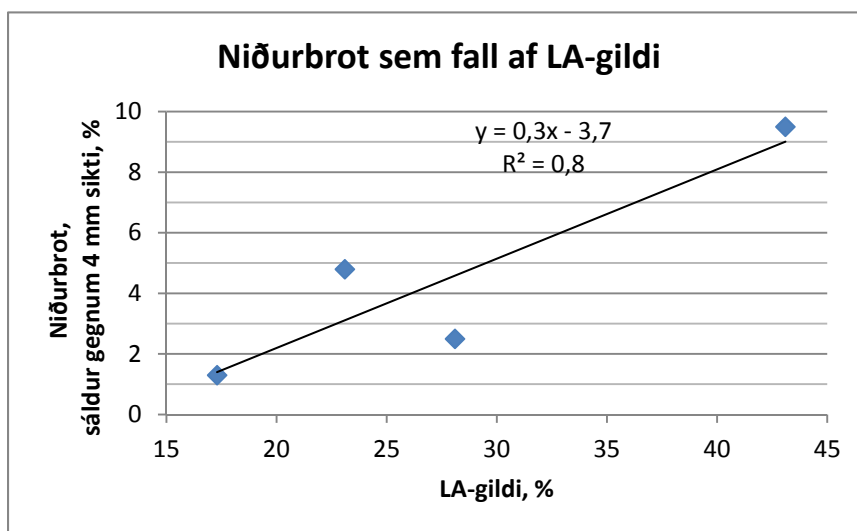
<sup>8</sup> Gangfræðilegu prófi var hætt þegar annað hvort af tveim skilyrðum hafði verið uppfyllt; að sveiflufjöldinn hefði náð einni milljón eða að sýnið hefði gengið saman um 10 % (20 mm). Niðurbrot í gangfræðilegu prófi á efni frá Bakkaá er ekki sambærilegt við niðurbrot á öðrum efnum í töflunni, þar sem prófinu var hætt eftir ríflega 170.000 sveiflur; þá hafði sýnið gengið saman um 10 %. Í öðrum prófunum var prófun hætt eftir 10<sup>6</sup> sveiflur.





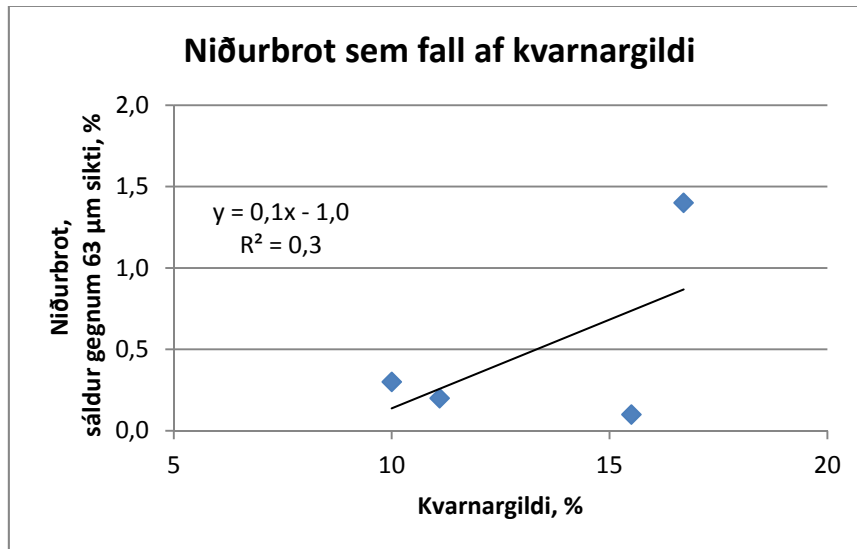
**Mynd 3.1.** Niðurbrot í gangfræðilegu prófi sem fall af kvarnargildi. Niðurbrotið er ákvarðað sem hlutfall sýnisins sem smýgur 4 mm sikti eftir prófun.

Mynd 3.2 sýnir samband LA-prófs (sjá töflu 2.1) og mylsnu smærri en 4 mm (sjá töflu 3.1), þ.e. hlutfall sýnis sem smýgur 4 mm sikti eftir gangfræðilegt próf í þrías að frádregnum þeim hluta sem verður til við innbyggingu.



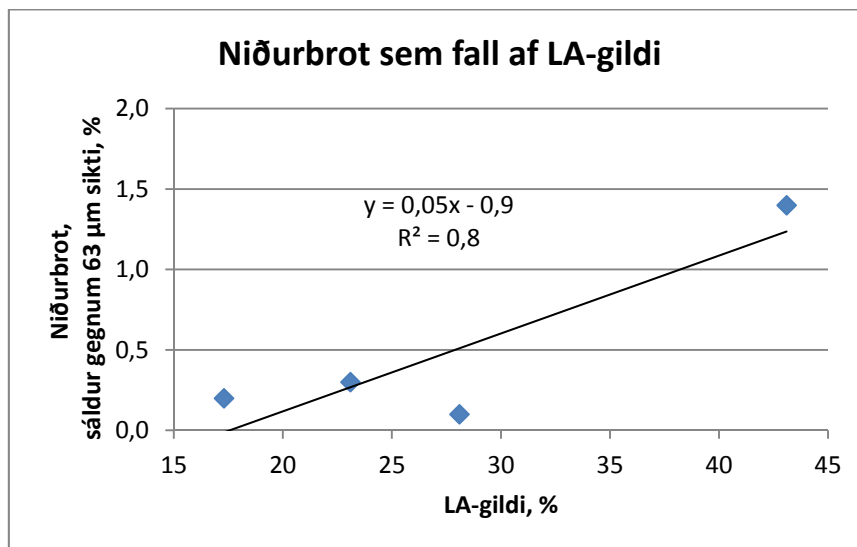
**Mynd 3.2.** Niðurbrot í gangfræðilegu prófi sem fall af LA-gildi. Niðurbrotið er ákvarðað sem hlutfall sýnisins sem smýgur 4 mm sikti eftir prófun.

Mynd 3.3 sýnir samband kvarnargildis (sjá töflu 2.1) og mylsnu smærri en 63  $\mu\text{m}$  (sjá töflu 3.1), þ.e. hlutfall sýnis sem smýgur 63  $\mu\text{m}$  sikti eftir gangfræðilegt próf í þrías að frádregnum þeim hluta sem verður til við innbyggingu.



**Mynd 3.3.** Niðurbrot í gangfræðilegu prófi sem fall af kvarnargildi. Niðurbrotið er ákvarðað sem hlutfall sýnisins sem smýgur 63 µm sikti eftir prófun.

Mynd 3.4 sýnir samband LA-prófs (sjá töflu 2.1) og mylsnu smærri en 63 µm (sjá töflu 3.1), þ.e. hlutfall sýnis sem smýgur 63 µm sikti eftir gangfræðilegt próf í þrías að frádregnum þeim hluta sem verður til við innbyggingu.



**Mynd 3.4.** Niðurbrot í gangfræðilegu prófi sem fall af LA-gildi. Niðurbrotið er ákvarðað sem hlutfall sýnisins sem smýgur 63 µm sikti eftir prófun.

### 3.3 Tvímælingagildi á niðurbrotsmælingum

Mælingar á niðurbroti voru tvíteknar á burðarlagefni frá Vatnsskarði til þess að fá einhverja hugmynd um tvímælingagildi (e. repeatability) prófunaraðferðarinnar. Niðurstöðurnar eru sýndar í töflu 3.1; sýnin eru aðgreind sem (A) og (B).

Samkvæmt þessum niðurstöðum er staðalfrávikidið 0,35 á sáldri gegnum 4 mm sikti, og 0,14 á sáldri gegnum 63  $\mu\text{m}$  sikti. Þessar tölur svara til tvímælingagilda sem eru 1,0 % fyrir sáldur gegnum 4 mm sikti og 0,4 % fyrir sáldur gegnum 63  $\mu\text{m}$  sikti<sup>9</sup>.

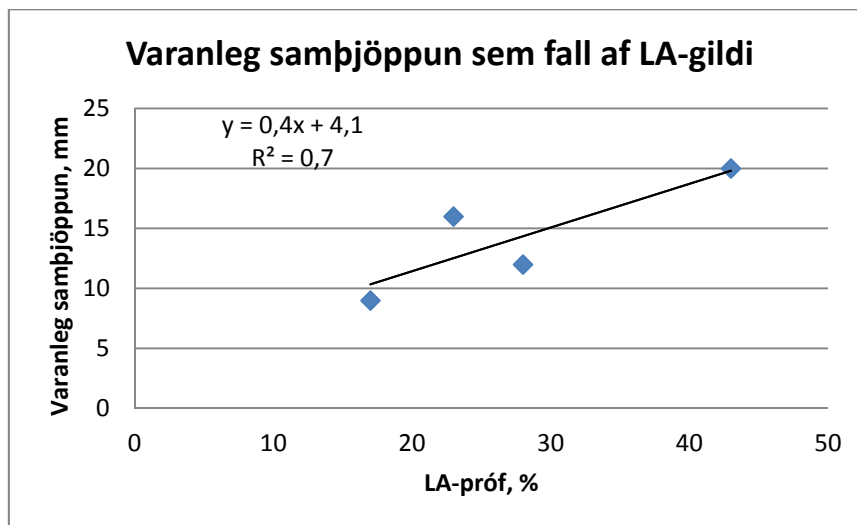
### 3.4 Varanleg samþjöppun

Tafla 3.2 sýnir varanlega samþjöppun sýnanna við prófun, annars vegar eftir 200 sveiflur, hins vegar við lok prófunar, þ.e. eftir 1.000.000 sveiflur (nema Bakkaá, þar var prófun hætt eftir 170.000 sveiflur), sjá viðauka III. Varanleg samþjöppun er mæld sem breyting á hæð sýnis frá prófunarbyrjun og þar til tilteknum sveiflufjölda er lokið. Aflestur er í báðum tilfellum gerður í slökunarstöðu álags svo að fjöðrun í sýninu hefur ekki áhrif á niðurstöðuna.

**Tafla 3.2.** Varanleg samþjöppun í prófunarsýnum á tveimur stigum gangfræðilegs prófs í þrías.

Náma	Varanleg samþjöppun	
	Eftir 200 sveiflur, mm	Að prófun lokinni, mm
Afstapahraun	6	16
Bakkaá	6	20 <sup>10</sup>
Lambafell	6	9
Vatnsskarð (A)	4	10
Vatnsskarð (B)	5	13

Mynd 3.5 sýnir varanlega samþjöppun sem fall af LA-gildi.



**Mynd 3.5.** Varanleg samþjöppun í gangfræðilegu prófi í þrías sem fall af LA-gildi. Varanleg samþjöppun er sennilega vantalín fyrir punktinn lengst til hægri (Bakkaá) þar eð prófun á þessu sýni var hætt eftir 170.000 sveiflur í stað 1.000.000 sveiflna.

<sup>9</sup> Tvímælingagildi má nota á eftirfarandi hátt:

Ef mismunur tveggja mælinga, sem eru gerðar eru á sitt hvoru sýninu af sama manni með sömu aðferð með sömu tækjum og á sömu rannsóknastofu með stuttu millibili, er minni en tvímælingagildið, eru litlar líkur (<5 %) á að mældur eiginleiki sýnanna tveggja sé í raun mismunandi.

<sup>10</sup> Afbrigðilegur sveiflufjöldi; prófun var hætt eftir 170.000 sveiflur.

## 4. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR

Í stórum dráttum sýnast niðurstöður þessa áfanga styðja tilgátu sem sett var fram í 1. áfanga verkefnisins, þess efnis að gangfræðileg prófun í þrías geti gefið upplýsingar um líklegt niðurbrot burðarlags undir umferð. Í þessum áfanga, eins og í þeim fyrsta, kemur fram mælanleg breyting á sáldurferli sýnis eftir gangfræðilega prófun í þrías. Ef miðað er við 5 % marktæktarkröfu og tvímælingagildi fyrir sáldurgreiningu [ASTM, 1999, bls. 80] er breytingin í öllum tilfellum (fjögur efni) marktæk fyrir sáldur gegnum 4 mm sikti, en aðeins marktæk fyrir eitt efni, Bakkaá fyrir sáldur gegnum 63 µm sikti.

Samanburður á niðurbroti í gangfræðilegu þríasaprófi og niðurstöðum úr styrkleikaprófunum (LA-prófi og kúlnakvarnarprófi) bendir til þess að niðurbrot aukist með minnkandi styrkleika (sjá myndir 3.1-3.4). Hins vegar er sambandið milli niðurbrots og þessara tveggja styrkleikaprófana ákaflega veikt og raunar ekki marktækt (miðað við 5 % marktæktarkröfu), hvort sem styrkleikinn er mældur með kúlnakvarnarprófi eða LA-prófi og niðurbrotið er miðað við sáldur gegnum 4 mm eða 63 µm sikti. Einna sterkast er sambandið milli LA-prófs og sáldurs gegnum 4 mm sikti, þar er skýringarhlutfallið ( $r^2$ ) um 0,8 en þyrfti að vera um 0,9 til að hafna tilgátu um að meint tengsl á milli niðurbrots og styrkleika sé tilviljun, miðað við 5 % marktæktarkröfu. Í þessu sambandi verður þó að hafa í huga að prófun á efninu, sem brotnar mest niður (Bakkaá), var hætt eftir 170.000 sveiflur, en prófanir á öðrum efnum náðu 1.000.000 sveiflum. Það er því full ástæða til að ætla að niðurbrot á efni frá Bakkaá hefði orðið meira ef prófunin hefði náð 1.000.000 sveiflum. Í annan stað er samband niðurbrots og styrkleika á myndum 3.1-3.4 aðeins byggt á fjórum mælingum (á hverri mynd), sem er mjög lítið, og skýringarhlutfall getur þurft að vera mjög hátt til að samband milli tveggja breyta teljist marktækt, þegar mælingarnar eru svona fáar.

Þegar rýnt er í myndir 3.1-3.4 virðist sem niðurbrot í gangfræðilegu prófi taki fremur litlum breytingum meðan niðurstöður LA-prófs eru fyrir neðan 30, en vaxi nokkuð hratt eftir það. Þetta getur verið tilviljun (vegna þess hve prófanirnar eru fáar) en það er líka möguleiki að efnið frá Bakkaá búi yfir einhverjum eiginleikum sem gerir það viðkvæmt fyrir gangfræðilegu álagi (og væntanlega einnig álagi frá umferð), fremur en efnin frá Afstapahrauni, Lambafelli og Vatnsskarði.

Tvímælingagildi fyrir niðurbrot, mælt sem sáldur gegnum 4 mm og 63 µm sigti eftir gangfræðilega prófun í þrías, eru lág (kafli 3.4), lægri en vænta mætti fyrir sáldurgreininguna eina sér [ASTM, 1999, bls. 80]. Eftir því að dæma er nákvæmni prófunarinnar fyllilega viðunandi, en sá hængur er á að tvímælingagildin eru aðeins ákvörðuð fyrir eitt steinefni, og þau verður því að taka með fyrirvara meðan víðtækari athuganir liggja ekki fyrir.

Í verklýsingum fyrir burðarlagsefni eru gjarnan gerðar kröfur sem eiga að tryggja að burðarlagsefni sé ekki vatnsnæmt. Í norskum verklýsingum [Statens vegvesen, 2014, bls. 211] er steinefni ekki talið vatnsnæmt ef fínefnisinnihaldið (þ.e. korn sem eru smærri en 63 µm), reiknað sem þungahlutfall af þeim hluta steinefnisins sem smýgur 22,4 mm sikti, er minna en 7 %. Ef áður nefnd tvímælingagildi gefa rétta mynd af nákvæmni prófunarinnar vekur það vonir um að hana megi nota til að meta líkur á að burðarlagsefni brotni niður undir umferð í svo miklum mæli að það verði vatnsnæmt, þar sem nákvæmni prófunarinnar virðist gera kleift að ákvarða magn fínefnamylsnunnar upp á eitt prósent eða svo.

Í töflu 3.2 kemur fram að varanleg samþjöppun á prófunarsýni geti numið 1-2 cm meðan á prófun stendur. Línurit af fyrstu 200 sveiflunum (sjá viðauka III) sýna að varanleg samþjöppun í sýnunum er mest rétt í byrjun prófunarinnar en síðan hægir hratt á henni. Möguleg skýring á þessari hegðun er að

steinarnir í sýnunum breyti afstöðu sinni hver til annars meðan á prófinu stendur, og brotni, einkum í byrjun, enda má heyra brak í sýnunum í fyrstu sveiflunum.

Mynd 3.5 gefur til kynna að varanleg samþjöppun sé mismunandi mikil eftir styrkleika steinefnisins. Nánari athugun sýnir þó að sambandið milli varanlegrar samþjöppunar og styrkleika samkvæmt LA-prófi er ekki marktækt, sé miðað við 5 % marktæktarkröfu; skýringarhlutfallið ( $r^2$ ) er 0,7 en þyrfti að vera 0,9 hið minnsta til að hafna tilgátu um að meint tengsl milli varanlegrar samþjöppunar og styrkleika sé einber tilviljun.

Sennilega verður einhver samþjöppun í burðarlagi á notkunartíma vegarins og það er ekki fráleitt að ætla að varanleg samþjöppun í prófunarsýni eftir gangfræðilega prófun í þrías geti gefið vísbendingu um hjólför í klæðingarslitlagi sem er lagt á burðarlag úr sama steinefni og stafa af samþjöppun í burðarlagi. Prófunarsýnin eru hæfilega há, 20 cm, sem er hefðbundin þykkt á burðarlagi úr möluðu bergi [Statens vegvesen, 2014, bls. 225]. Á hinn bóginn er líklegt að samþjöppun í prófunarferlinu sé til muna meiri en verður í raunverulegu burðarlagi. Ástæðan er sú að holrýmd í prófunarsýninu er meiri en í burðarlagi í vegi, vegna þess að allar kornastærðir smærri en 4 mm vantar í prófunarsýnið.

Þar sem aðeins hafa verið prófuð fjögur mismunandi steinefni hingað til eru ekki efni til að draga víðtækar ályktanir af niðurstöðunum, til þess eru mælingarnar allt of fáar. Fyrirhugað er að prófa efni úr fáeinum námum til viðbótar til að kanna betur sambandið milli gangfræðilegra prófana á niðurbroti burðarlagsefnis undir umferð og niðurstaðna styrkleikaprófana eins og LA-prófs og kúlnakvarnarprófs. En að svo komnu máli gefa niðurstöður prófananna eftirfarandi vísbendingar:

- Álagspátturinn í prófunarfyrirkomulaginu sýnist vera trúverðug eftirlíking af álagi frá umferð á burðarlagsefni. Þetta er raunar ekki hægt að rökstyðja nema sem svo að álagið í prófuninni líkist álagi á burðarlag frá þungum bíl sem fer um veg með slitlagi sem hefur nánast enga stífni.
- Niðurbrot í gangfræðilegu prófi eykst með hækkandi LA-gildi fyrir burðarlagsefni. Sambandið er þó ekki tölfræðilega marktækt og getur verið tilviljun ein.
- Niðurbrot í gangfræðilegu prófi eykst einnig með hækkandi kvarnargildi fyrir burðarlagsefni, en sambandið er að því er virðist miklum mun veikara en samsvarandi samband fyrir niðurbrot og LA-gildi.
- Nákvæmni prófunaraðferðarinnar virðist vera viðunandi hvað varðar sáldur gegnum 4 mm sikti og 63  $\mu$ m sikti að prófun lokinni.
- Sé gengið út frá því að gangfræðileg prófun gefi rétta mynd af tilhneigingu burðarlagsefnis til að mynda fínefni (efni sem er smýgur 63  $\mu$ m sikti) undir langvarandi umferðarálagi virðist prófunaraðferðin vera nægilega nákvæm til að meta líkur á vatnsnæmi burðarlagsefnis eftir langan tíma undir umferðarálagi.

Þrátt fyrir ýmsa kosti hefur prófunaraðferðin ýmsa annmarka og þeir helstu eru þessir:

- Enda þótt prófunarálagið sé góð eftirlíking af umferðarálagi (frá þungum bílum) er ekki þar með sagt að prófunin gefi rétta mynd af niðurbroti burðarlagsefnis undir umferðarálagi. Ástæðan er sú að sáldurferill prófunarsýnisins er takmarkaður við kornastærðir milli 4 og 16 mm, en hefðbundið burðarlagsefni spannar miklu stærra kornastærðabil, oft frá 32 mm eða meira, og niður úr. Með öðrum orðum er sáldurferillinn mun þéttari í hefðbundnu burðarlagsefni en í sýni sem er notað í gangfræðilegri prófun svo að áraun á grófari hluta steinefnisins í prófuninni er meiri en í raunverulegu burðarlagi og niðurbrotið þar af leiðandi

ýkt. Á móti kemur að áraun sem svarar til umferð léttra bíla er sleppt í gangfræðilegri prófun, sem að fjölda til er mikill meiri hluti umferðarinnar.

- Annað atriði, sem gangfræðileg prófun tekur ekki með í reikninginn, er umferð þungavinnuvéla meðan á útlögn stendur og þjöppun burðarlagsins með titurvöltum. Vera má að Bg-stuðull, eða önnur styrkleikapróf af svipuðum toga, líki betur eftir slíku álagi en gangfræðileg prófun í þrías.
- Prófunaraðferðin er mjög kostnaðarsöm og getur þess vegna ekki komið í stað hefðbundinna styrkleikaprófana á burðarlagsefnum. Hins vegar gæti hún komið að gagni við mat á burðarlagsefnum sem vafi leikur á að séu nothæf og einnig til að ákveða kröfur til burðarlagsefna, sem byggjast á ódýrum styrkleikaprófunum.
- Enn sem komið er hefur ekki verið sýnt fram á að niðurbrot í gangfræðilegri prófun í þrías gefi raunhæfa mynd af niðurbroti í burðarlagi eftir tiltekið umferðarálag. Til að fá úr þessu skorið þarf að grafa upp burðarlag í vegi og bera saman sáldurferla, annars vegar í nýbyggðum vegi, hins vegar eftir að vegurinn hefur sætt tilteknu og vel skilgreindu umferðarálagi.

## HEIMILDIR

- ASTM. (1999). *C 136 – 96a. Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*. 1999 Annual Book of ASTM Standards. Volume 04.02 Concrete and Aggregates. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken.
- Ásbjörn Jóhannesson, Hafsteinn Hilmarrsson og Oddur Þórðarson. (2014). *Niðurbrot óbundins burðarlags undir sveiflandi álagi*. Áfangaskýrsla, NMI 14-02. Nýsköpunarmiðstöð Íslands, Reykjavík.
- H5/15. (2015). Rannsókn fyrir Vegagerðina, Akureyri. Nýsköpunarmiðstöð Íslands, Reykjavík.
- Íslenskur staðall. (1998a). *ÍST EN 1097-9. Tests for mechanical and physical properties of aggregates. – Part 9: Determination of the resistance to wear by abrasion from studded tyres – Nordic test*. Staðlaráð Íslands, Reykjavík.
- Íslenskur staðall. (1998b). *ÍST EN 1097-2. Tests for mechanical and physical properties of aggregates. – Part 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation*. Staðlaráð Íslands, Reykjavík.
- Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins. (1989). *Berggreiningarkerfi Rb*. Flokkun og gæðamat steinefna, 3. útgáfa, Reykjavík.
- Statens vegvesen. (2014). *Vegbygging*. Håndbok N200. Vegdirektoratet, Oslo.  
[http://www.vegvesen.no/attachment/188382/binary/980128?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2821+MB%29.pdf](http://www.vegvesen.no/attachment/188382/binary/980128?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2821+MB%29.pdf) Sótt 2015-04-01.
- Vegagerðin. (2015). *Efnisrannsóknir og efniskröfur. Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. Burðarlag*.  
[http://www.vegagerdin.is/Vefur2.nsf/Files/Kafli5\\_Burdarlag\\_2015/\\$file/Kafli5\\_Burdarlag\\_2015.pdf](http://www.vegagerdin.is/Vefur2.nsf/Files/Kafli5_Burdarlag_2015/$file/Kafli5_Burdarlag_2015.pdf) Sótt 2015-03-12.

## VIÐAUKI I

### SÁLDURFERLAR SÝNA Á ÝMSUM STIGUM PRÓFUNAR

Viðauki I-1. Sáldurferill fyrir innbyggingu í þrías [Ath. Sáldurferillinn er eins fyrir öll steinefni.]

Viðauki I-2. Afstapahraun<sup>11</sup>, sáldurferill eftir innbyggingu í þrías.

Viðauki I-3. Afstapahraun<sup>11</sup>, sáldurferill eftir gangfræðilega prófun í þrías.

Viðauki I-4. Bakkaá, sáldurferill eftir innbyggingu í þrías.

Viðauki I-5. Bakkaá, sáldurferill eftir gangfræðilega prófun í þrías.

Viðauki I-6. Lambafell, sáldurferill eftir innbyggingu í þrías.

Viðauki I-7. Lambafell, sáldurferill eftir gangfræðilega prófun í þrías.

Viðauki I-8. Vatnsskarð, sáldurferill eftir innbyggingu í þrías.

Viðauki I-9. Vatnsskarð (A)<sup>12</sup>, sáldurferill eftir gangfræðilega prófun í þrías.

Viðauki I-10. Vatnsskarð (B)<sup>12</sup>, sáldurferill eftir gangfræðilega prófun í þrías.


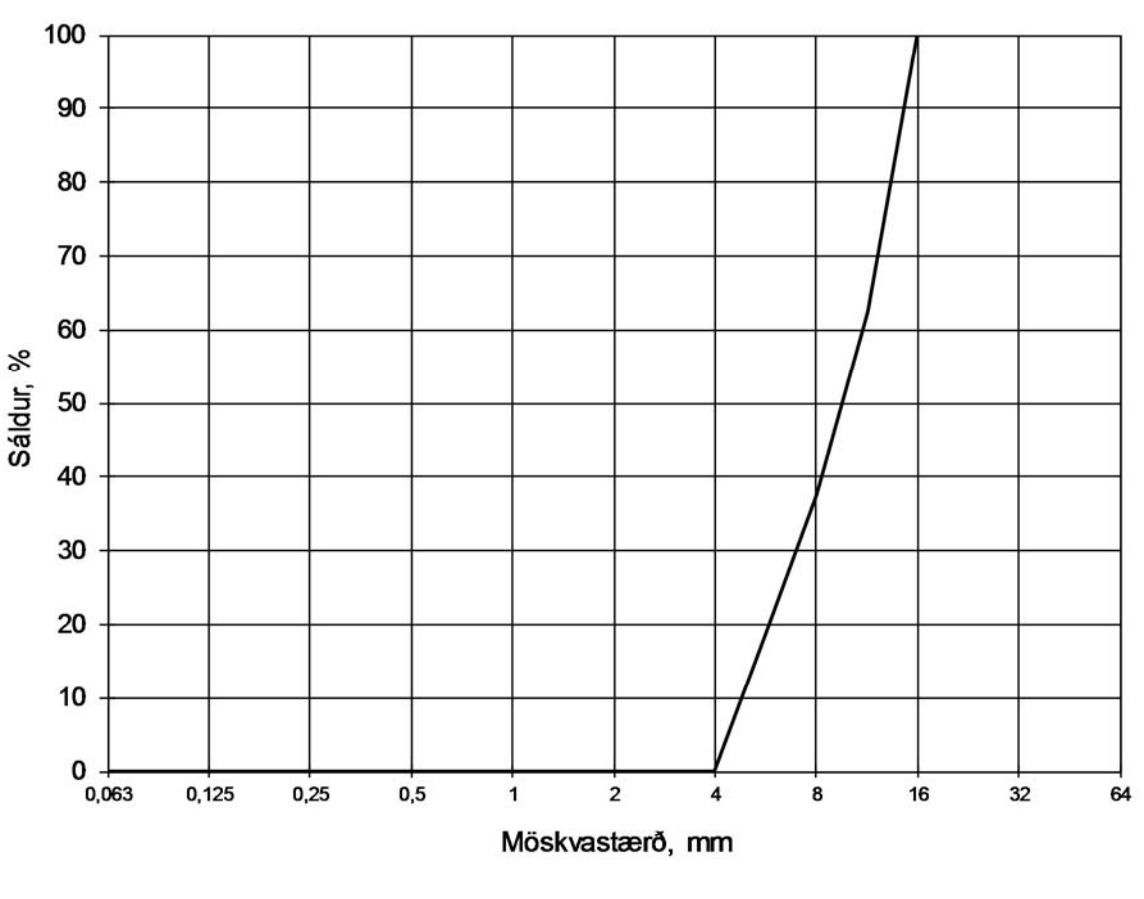
---

<sup>11</sup> Áður nefnt Kúagerði.


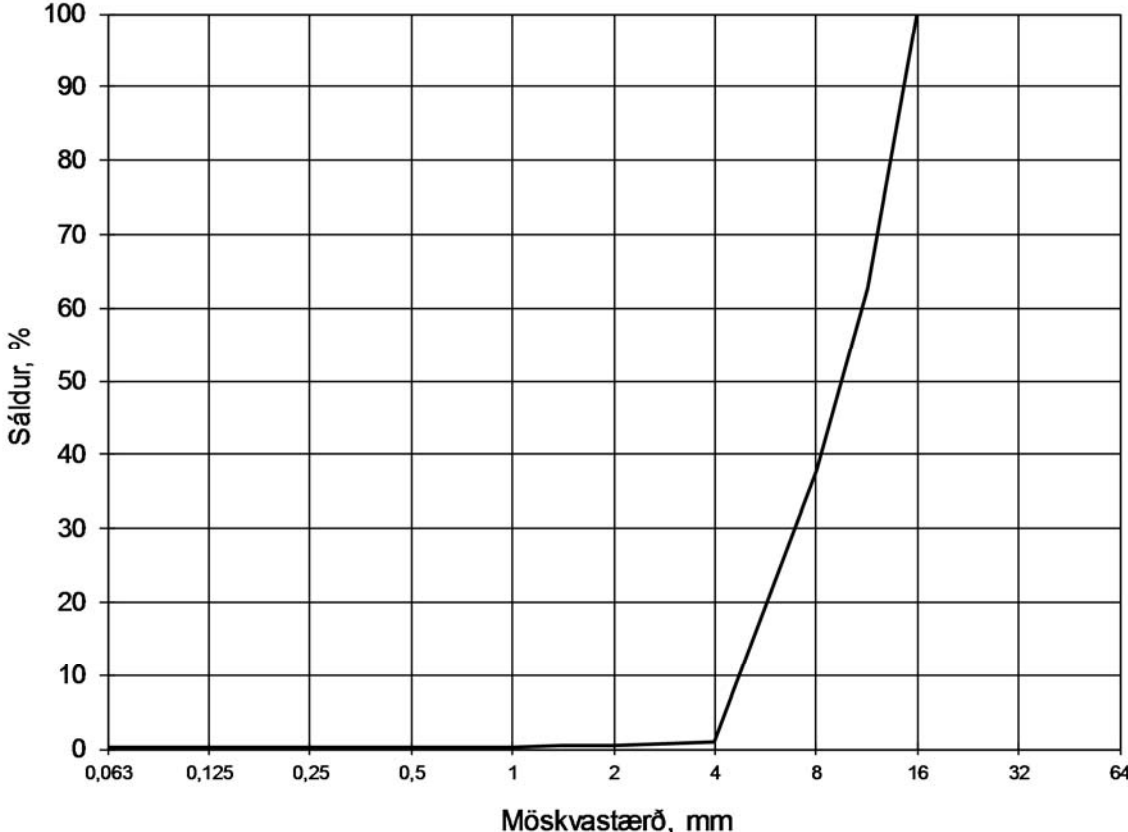
<sup>12</sup> Tvö sýni af efni frá Vatnsskarði, annað merkt Vatnsskarð (A), hitt Vatnsskarð (B), voru prófuð. Þetta var gert til að afla upplýsinga um tvímælingagildi (e. repeatability) prófunarinnar.




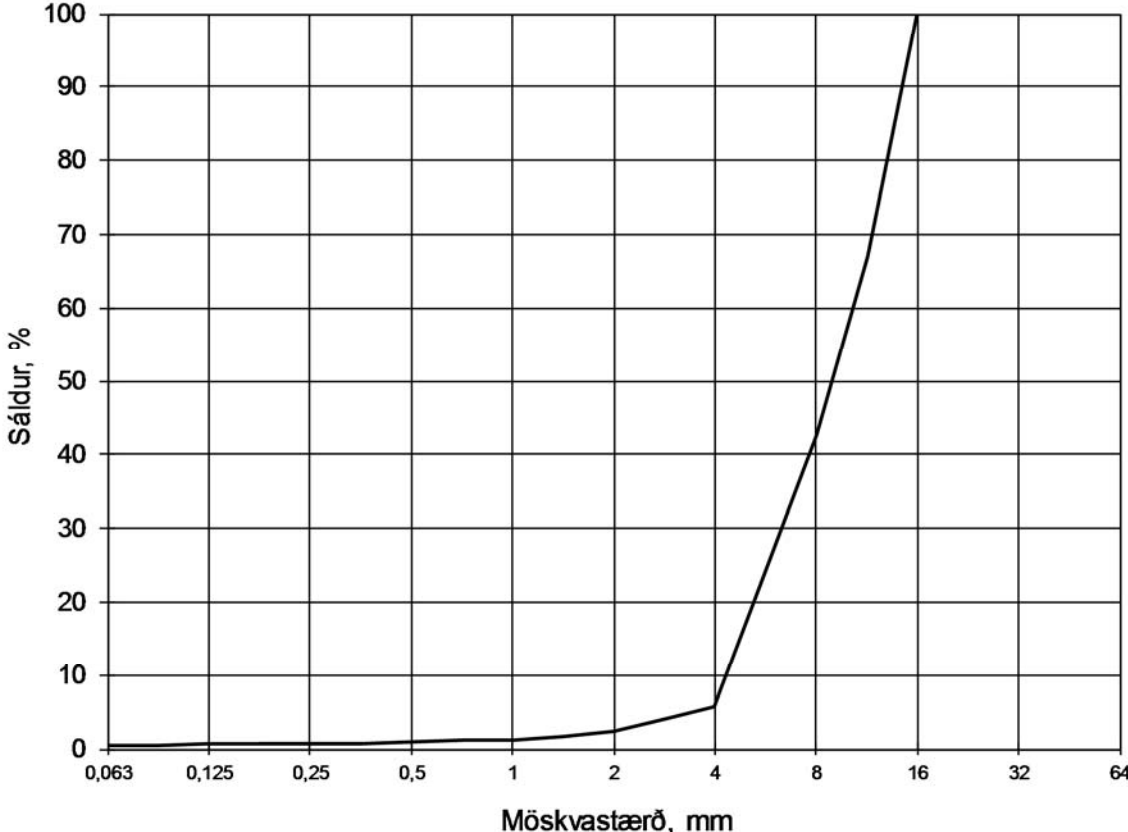
## Viðauki I-1. Sáldurferill fyrir innbyggingu í þrías

 Nýsköpunarmiðstöð Íslands										Rannsókn nr. <b>2MR13007</b>				
										Dags.				
<b>Rannsókn á kornadreifingu (skv. IST EN 933-1)</b>										Framkv. af <b>O.P.</b>				
Fyrir: <b>Vegagerðina.</b>					Náma: <b>Allar námur.</b>									
Vegna: <b>Niðurbrots óbundins burðarlags.</b>					Sendandi: <b>Ásbjörn Jóhannesson.</b>									
Heildarpungi sigtaðs sýnis (g):			Heildarpungi (<16mm) (g):			Merking sýnis: <b>Fyrir innbyggingu.</b>								
Bakki (tara), (g):		Frátekið+bakki (g):		Þurr +bakki (g): <b>100,0</b>		Votsigt. + bakki (g)		Húmus, gr.:		Slamm, %:		Raki, % <b>0,0</b>		
Möskv. Þyngd (g)	64	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sáldur, %	100,0	100,0	100,0	100,0	62,5	37,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Athugasemdir:														
Sáldurferill sýnis fyrir innbyggingu í þrías (sami sáldurferill fyrir öll sýni).														
$D_{10} =$		mm		$D_{30} =$		mm		$D_{60} =$		mm		$C_u =$		$C_c =$ #####
 <p>The diagram is a semi-logarithmic plot of sieve analysis. The vertical axis (Sáldur, %) ranges from 0 to 100 in increments of 10. The horizontal axis (Möskvastærð, mm) is logarithmic, with major ticks at 0,063, 0,125, 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8, 16, 32, and 64. The data points from the table are plotted: (4, 0), (8, 0), (16, 100). A smooth curve is drawn through these points, showing 0% passing for sieves up to 4mm and 100% passing for the 16mm sieve.</p>														


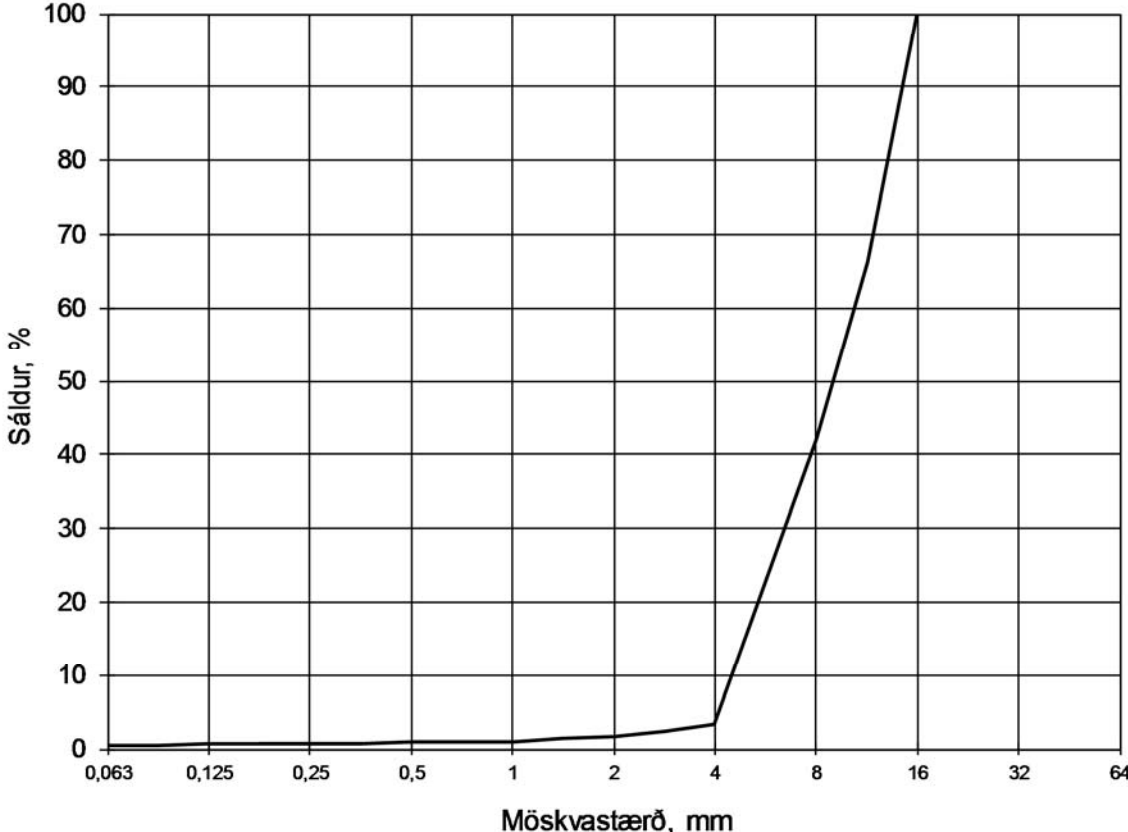
## Viðauki I-2. Afstapahraun, sáldurferill eftir innbyggingu í þrías

 Nýsköpunarmiðstöð Íslands										Rannsókn nr. <b>2MR13007</b>				
										Dags.				
<b>Rannsókn á kornadreifingu (skv. IST EN 933-1)</b>										Framkv. af <b>O.P.</b>				
Fyrir: <b>Vegagerðina.</b>					Náma: <b>Afstapahraun (Kúagerði).</b>									
Vegna: <b>Niðurbrots óbundins burðarlags.</b>					Sendandi: <b>Ásbjörn Jóhannesson.</b>									
Heildarþungi sigtaðs sýnis (g):			Heildarþungi (<16mm) (g):			Merking sýnis: <b>Eftir innbyggingu.</b>								
Bakkí (tara), (g):		Frátekið+bakkí (g):		Purrt +bakkí (g):		Votsigt. + bakkí (g):		Húmus, gr.:		Slamm, %:		Raki, %		
<b>78,4</b>		<b>2829,5</b>		<b>2786,7</b>								<b>1,6</b>		
Möskv. Þyngd (g)	64	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1008,5</b>	<b>1686,2</b>	<b>2683,9</b>	<b>2696,7</b>	<b>2700,4</b>	<b>2702,0</b>	<b>2702,7</b>	<b>2703,3</b>	<b>2704,0</b>	<b>2708,3</b>
Sáldur, %	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>62,8</b>	<b>37,7</b>	<b>0,9</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	
Athugasemdir: <b>Sáldurferill sýnis eftir innbyggingu í þrías.</b>														
$D_{10} = 4,99 \text{ mm}$			$D_{30} = 7,16 \text{ mm}$			$D_{60} = 10,85 \text{ mm}$			$C_u = 2,2$			$C_c = 0,9$		
 <p>Sáldur, %</p> <p>Möskvastærð, mm</p>														


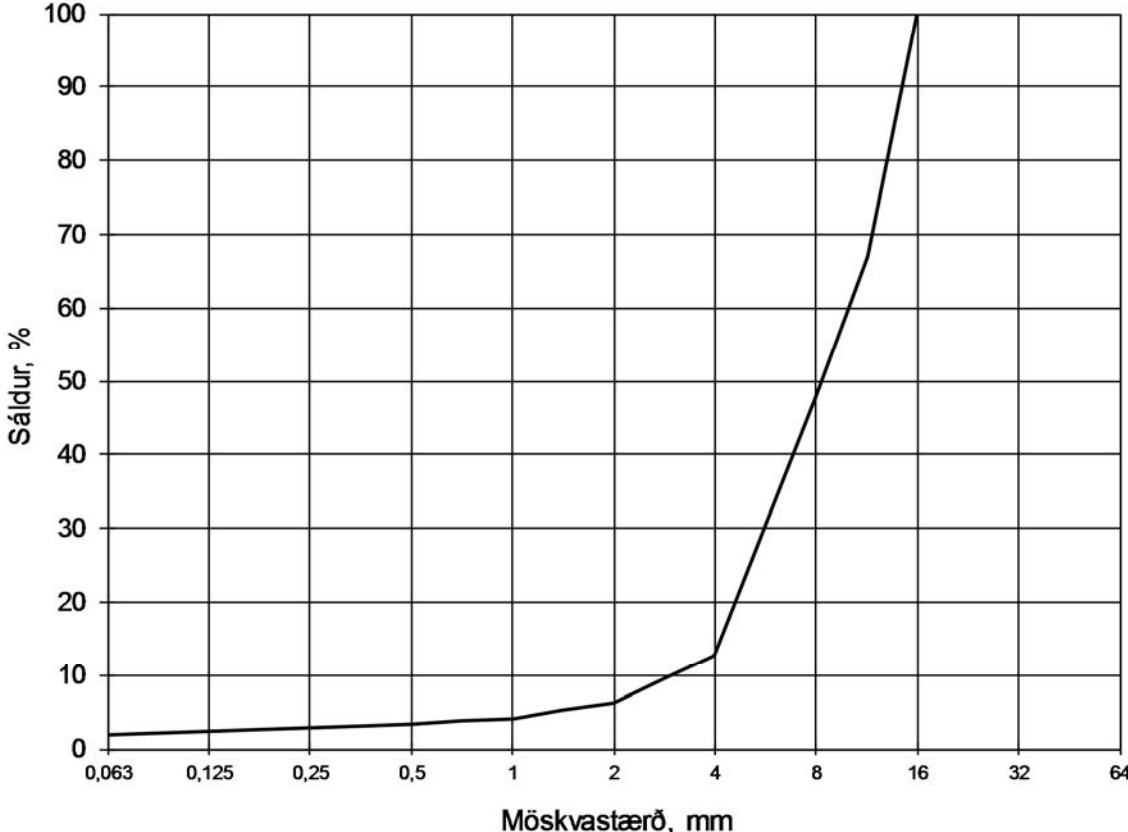
## Viðauki I-3. Afstapahraun, sáldurferill eftir gangfræðilega prófun í þrías

 Nýsköpunarmiðstöð Íslands										Rannsókn nr. <b>2MR13007</b>				
										Dags.				
<b>Rannsókn á kornadreifingu (skv. IST EN 933-1)</b>										Framkv. af <b>O.P.</b>				
Fyrir: <b>Vegagerðina.</b>					Náma: <b>Afstapahraun (Kúagerði).</b>									
Vegna: <b>Niðurbrots óbundins burðarlags.</b>					Sendandi: <b>Ásbjörn Jóhannesson.</b>									
Heildarþungi sigtaðs sýnis (g):				Heildarþungi (<16mm) (g):				Merking sýnis: <b>Eftir gangfræðilega prófun.</b>						
Bakkí (tara), (g):		Frátekið+bakkí (g):		Purrt +bakkí (g):		Votsigt. + bakkí (g):		Húmus, gr.:		Slamm, %:		Raki, %		
<b>77,9</b>				<b>2786,7</b>		<b>2775,2</b>								
Möskv. Þyngd (g)	64	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>894,0</b>	<b>1552,3</b>	<b>2554,5</b>	<b>2647,1</b>	<b>2674,2</b>	<b>2684,2</b>	<b>2688,7</b>	<b>2691,3</b>	<b>2694,0</b>	<b>2697,3</b>
Sáldur, %	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>67,0</b>	<b>42,7</b>	<b>5,7</b>	<b>2,3</b>	<b>1,3</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	
Athugasemdir: <b>Sáldurferill sýnis eftir gangfræðilega prófun í þrías.</b>														
$D_{10} = 4,47 \text{ mm}$			$D_{30} = 6,63 \text{ mm}$			$D_{60} = 10,28 \text{ mm}$			$C_u = 2,3$			$C_c = 1,0$		
 <p>Sáldur, %</p> <p>Möskvastærð, mm</p>														


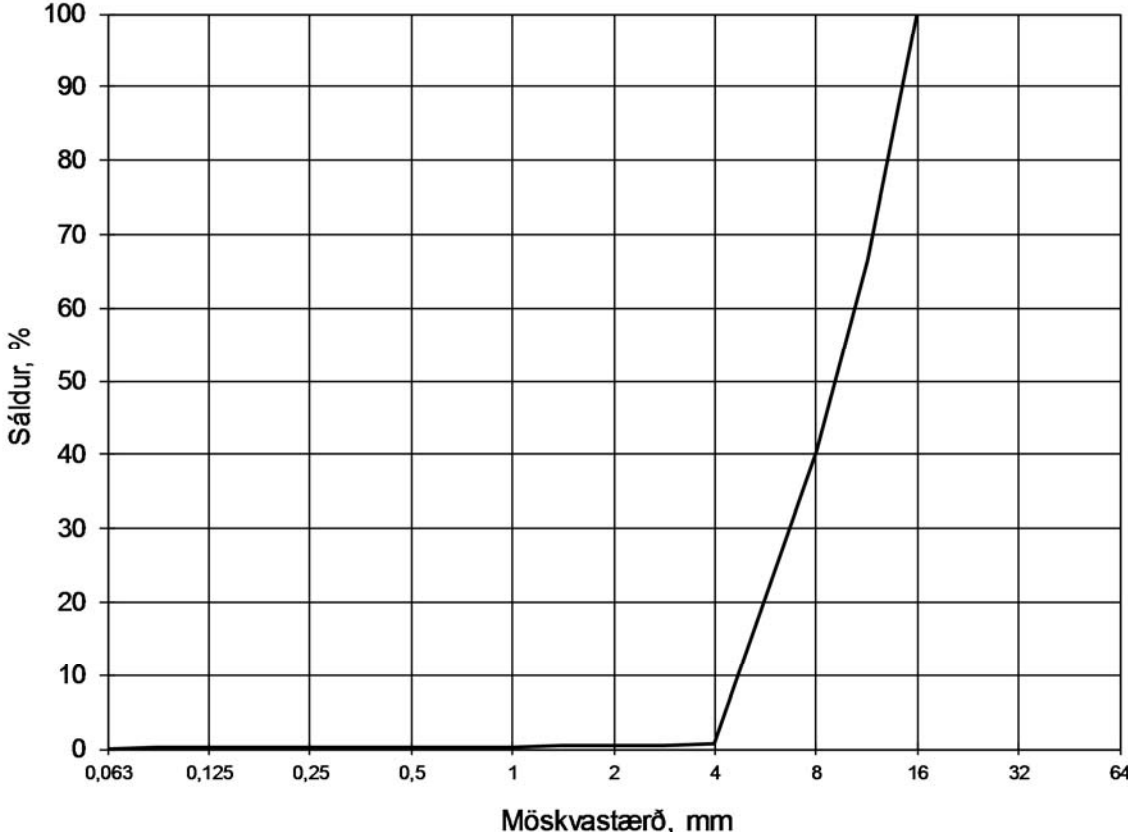
## Viðauki I-4. Bakkaá, sáldurferill eftir innbyggingu í þrías

 Nýsköpunarmiðstöð Íslands										Rannsókn nr. <b>2MR13007</b>				
										Dags.				
<b>Rannsókn á kornadreifingu (skv. IST EN 933-1)</b>										Framkv. af <b>O.P.</b>				
Fyrir: <b>Vegagerðina.</b>					Náma: <b>Bakkaá.</b>									
Vegna: <b>Niðurbrots óbundins burðarlags.</b>					Sendandi: <b>Ásbjörn Jóhannesson.</b>									
Heildarþungi sigtaðs sýnis (g):				Heildarþungi (<16mm) (g):				Merking sýnis: <b>Eftir innbyggingu.</b>						
Bakkí (tara), (g):		Frátekið+bakkí (g):		Purrt +bakkí (g):		Votsigt. + bakkí (g):		Húmus, gr.:		Slamm, %:		Raki, %		
<b>76,6</b>		<b>2857,8</b>		<b>2811,4</b>		<b>2803,1</b>						<b>1,7</b>		
Möskv. Þyngd (g)	64	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>923,5</b>	<b>1585,9</b>	<b>2644,2</b>	<b>2690,7</b>	<b>2706,2</b>	<b>2710,8</b>	<b>2713,2</b>	<b>2716,7</b>	<b>2721,9</b>	<b>2726,6</b>
Sáldur, %	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>66,2</b>	<b>42,0</b>	<b>3,3</b>	<b>1,6</b>	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	
Athugasemdir: <b>Sáldurferill sýnis eftir innbyggingu í þrías.</b>														
$D_{10} = 4,69 \text{ mm}$			$D_{30} = 6,76 \text{ mm}$			$D_{60} = 10,38 \text{ mm}$			$C_u = 2,2$			$C_c = 0,9$		
														


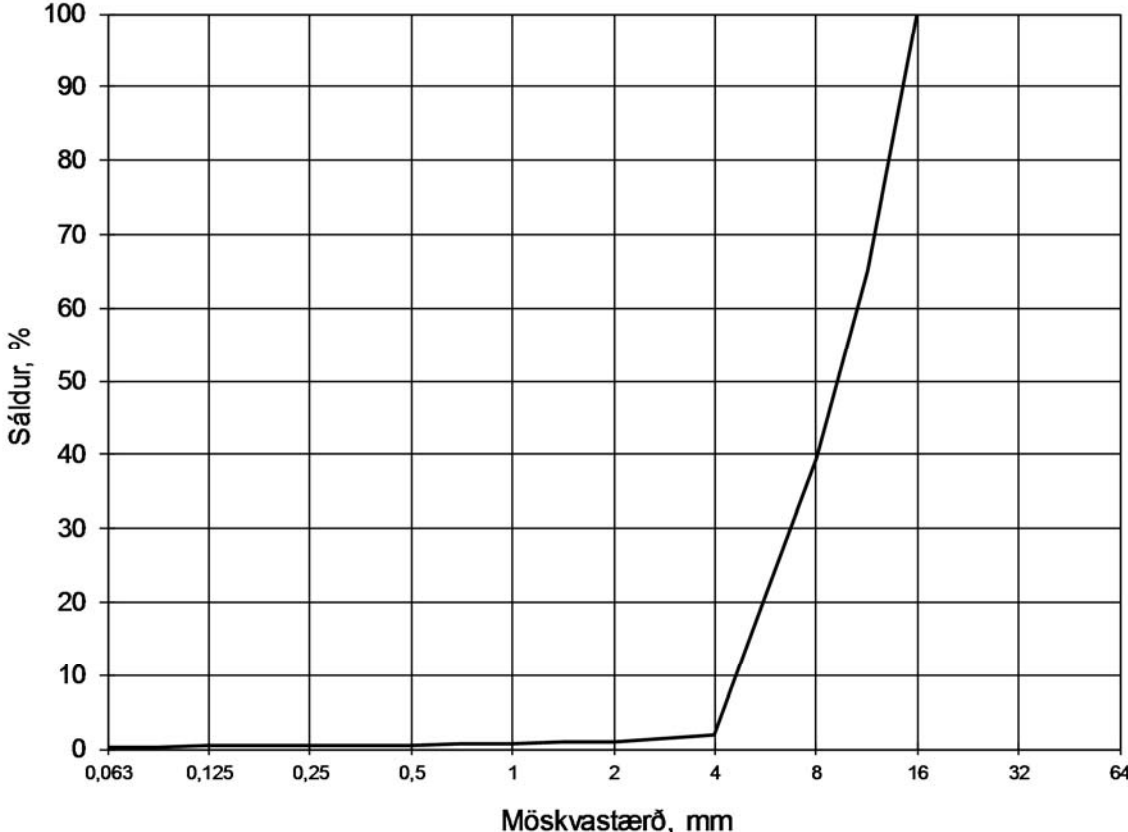
## Viðauki I-5. Bakkaá, sáldurferill eftir gangfræðilega prófun í þrías

 Nýsköpunarmiðstöð Íslands										Rannsókn nr. <b>2MR13007</b>				
										Dags.				
<b>Rannsókn á kornadreifingu (skv. IST EN 933-1)</b>										Framkv. af <b>O.P.</b>				
Fyrir: <b>Vegagerðina.</b>					Náma: <b>Bakkaá.</b>									
Vegna: <b>Niðurbrots óbundins burðarlags.</b>					Sendandi: <b>Ásbjörn Jóhannesson.</b>									
Heildarþungi sigtaðs sýnis (g):			Heildarþungi (<16mm) (g):			Merking sýnis: <b>Eftir gangfræðilega prófun.</b>								
Bakki (tara), (g):		Frátekið+bakki (g):		Purrt +bakki (g):		Votsigt. + bakki (g):		Húmus, gr.:		Slamm, %:		Raki, %		
<b>77,5</b>		<b>2838,3</b>		<b>2838,3</b>		<b>2816,6</b>						<b>0,0</b>		
Möskv. Þyngd (g)	64	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>909,9</b>	<b>1435,0</b>	<b>2407,9</b>	<b>2586,2</b>	<b>2647,6</b>	<b>2668,9</b>	<b>2680,6</b>	<b>2694,8</b>	<b>2708,8</b>	<b>2717,0</b>
Sáldur, %	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>67,0</b>	<b>48,0</b>	<b>12,8</b>	<b>6,3</b>	<b>4,1</b>	<b>3,3</b>	<b>2,9</b>	<b>2,4</b>	<b>1,9</b>	
Athugasemdir:														
Sáldurferill sýnis eftir gangfræðilega prófun í þrías.														
Aths. Prófun var hætt eftir 170.000 sveifur, þá hafði sýnið gengið saman um 10 % af upprunalegri hæð.														
$D_{10} = 3,14 \text{ mm}$			$D_{30} = 5,95 \text{ mm}$			$D_{60} = 10,02 \text{ mm}$			$C_u = 3,2$			$C_c = 1,1$		
 <p>Sáldur, %</p> <p>Möskvastærð, mm</p>														


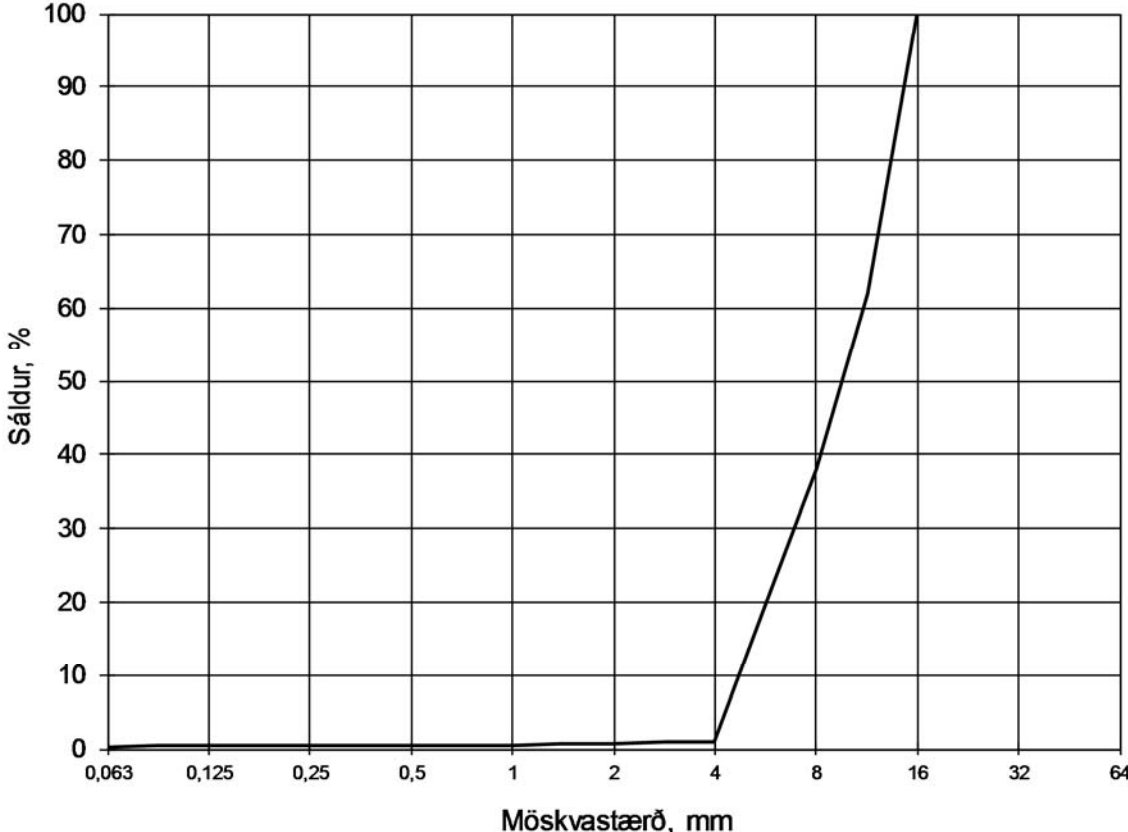
## Viðauki I-6. Lambafell, sáldurferill eftir innbyggingu í þrías

 Nýsköpunarmiðstöð Íslands										Rannsókn nr. <b>2MR13007</b>				
										Dags.				
<b>Rannsókn á kornadreifingu (skv. IST EN 933-1)</b>										Framkv. af <b>O.P.</b>				
Fyrir: <b>Vegagerðina.</b>					Náma: <b>Lambafell.</b>									
Vegna: <b>Niðurbrots óbundins burðarlags.</b>					Sendandi: <b>Ásbjörn Jóhannesson.</b>									
Heildarþungi sigtaðs sýnis (g):				Heildarþungi (<16mm) (g):				Merking sýnis: <b>Eftir innbyggingu.</b>						
Bakkí (tara), (g):		Frátekið+bakkí (g):		Purrt +bakkí (g):		Votsigt. + bakkí (g):		Húmus, gr.:		Slamm, %:		Raki, %		
<b>77,4</b>		<b>2709,8</b>		<b>2678,1</b>		<b>2678,1</b>						<b>1,2</b>		
Möskv. Þyngd (g)	64	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>872,1</b>	<b>1547,1</b>	<b>2581,4</b>	<b>2589,0</b>	<b>2591,8</b>	<b>2593,4</b>	<b>2594,7</b>	<b>2596,2</b>	<b>2597,9</b>	<b>2600,5</b>
Sáldur, %	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>66,5</b>	<b>40,5</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	
Athugasemdir: <b>Sáldurferill sýnis eftir innbyggingu í þrías.</b>														
$D_{10} = 4,93 \text{ mm}$			$D_{30} = 6,94 \text{ mm}$			$D_{60} = 10,40 \text{ mm}$			$C_u = 2,1$			$C_c = 0,9$		
 <p>Sáldur, %</p> <p>Möskvastærð, mm</p>														

## Viðauki I-7. Lambafell, sáldurferill eftir gangfræðilega prófun í þrías


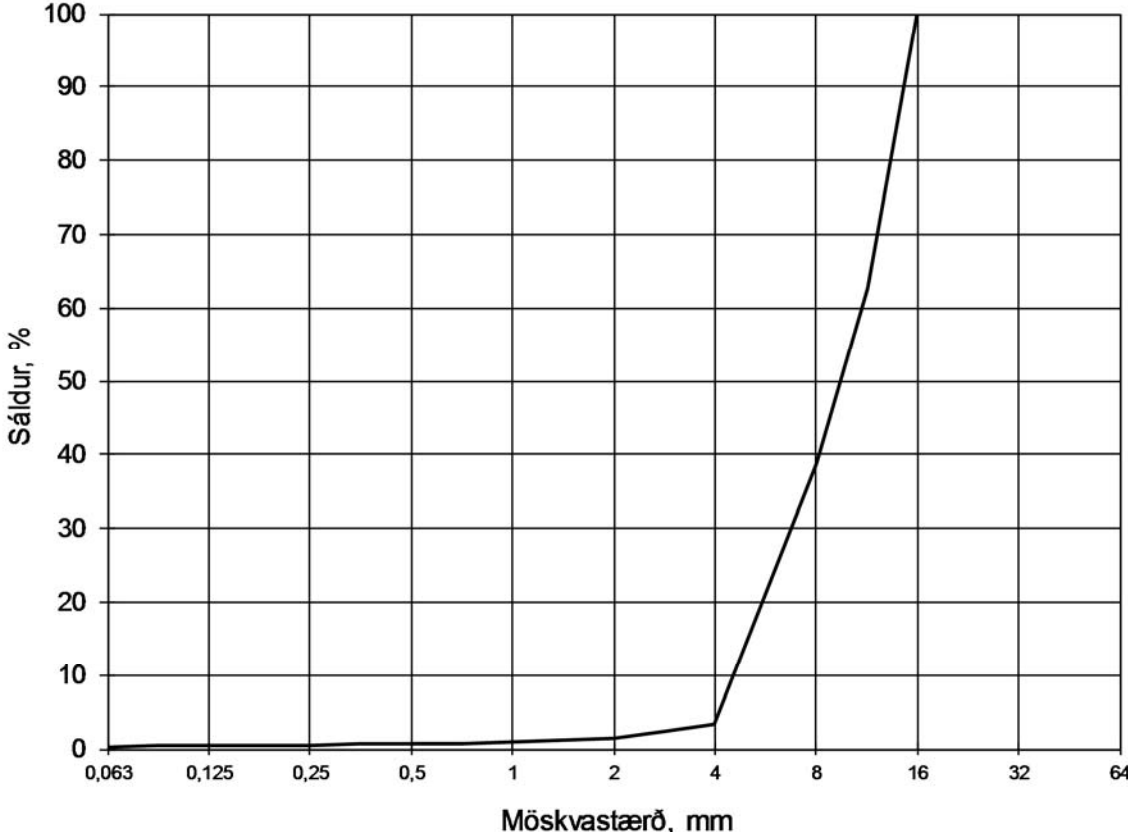
 Nýsköpunarmiðstöð Íslands										Rannsókn nr. <b>2MR13007</b>				
										Dags.				
<b>Rannsókn á kornadreifingu (skv. IST EN 933-1)</b>										Framkv. af <b>O.P.</b>				
Fyrir: <b>Vegagerðina.</b>					Náma: <b>Lambafell.</b>									
Vegna: <b>Niðurbrots óbundins burðarlags.</b>					Sendandi: <b>Ásbjörn Jóhannesson.</b>									
Heildarþungi sigtaðs sýnis (g):			Heildarþungi (<16mm) (g):			Merking sýnis: <b>Eftir gangfræðilega prófun.</b>								
Bakkí (tara), (g):		Frátekið+bakkí (g):		Purrt +bakkí (g):		Votsigt. + bakkí (g):		Húmus, gr.:		Slamm, %:		Raki, %		
<b>77,4</b>		<b>2678,4</b>		<b>2678,4</b>		<b>2672,2</b>						<b>0,0</b>		
Möskv. Þyngd (g)	64	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>910,3</b>	<b>1575,1</b>	<b>2549,6</b>	<b>2573,7</b>	<b>2582,1</b>	<b>2586,0</b>	<b>2588,6</b>	<b>2591,1</b>	<b>2593,6</b>	<b>2595,2</b>
Sáldur, %	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>65,0</b>	<b>39,4</b>	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	
Athugasemdir: Sáldurferill sýnis eftir gangfræðilega prófun í þrías.														
$D_{10} = 4,86 \text{ mm}$			$D_{30} = 6,99 \text{ mm}$			$D_{60} = 10,57 \text{ mm}$			$C_u = 2,2$			$C_c = 1,0$		
 <p>Sáldur, %</p> <p>Möskvastærð, mm</p>														

## Viðauki I-8. Vatnsskarð, sáldurferill eftir innbyggingu í þrías


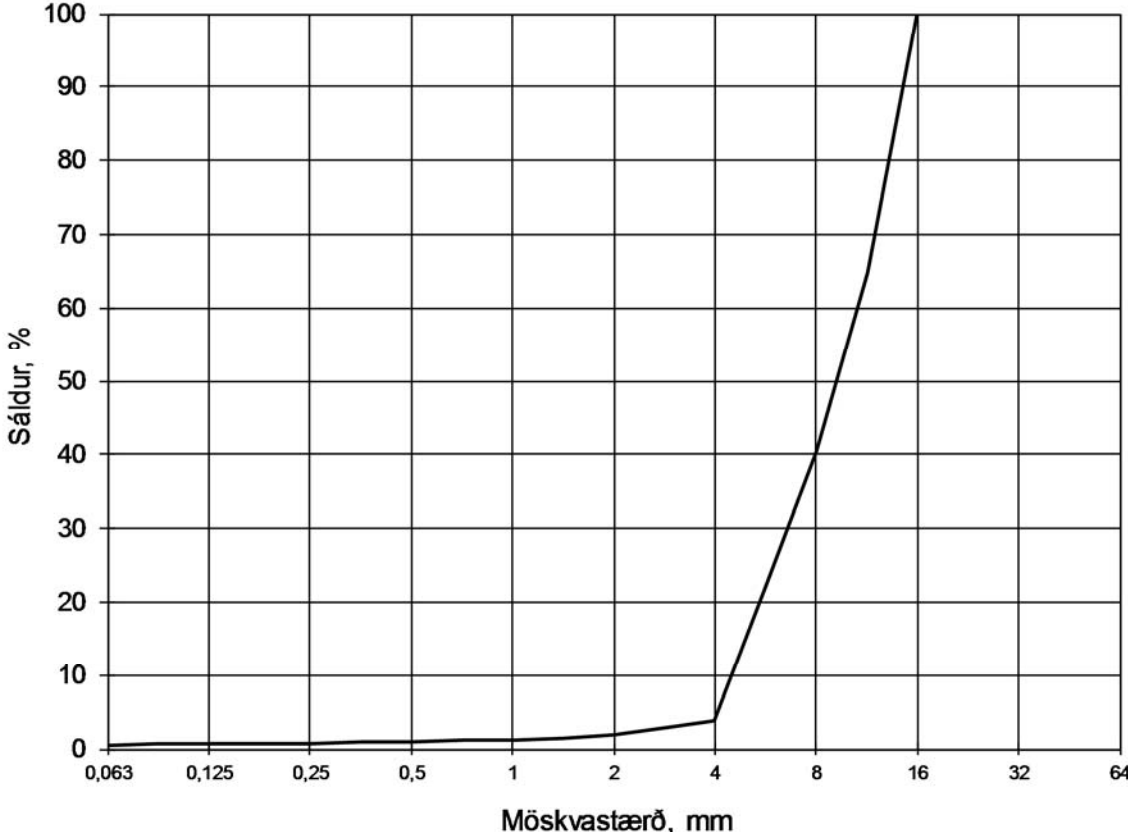
 Nýsköpunarmiðstöð Íslands										Rannsókn nr. <b>2MR13007</b>				
										Dags.				
<b>Rannsókn á kornadreifingu (skv. IST EN 933-1)</b>										Framkv. af <b>O.P.</b>				
Fyrir: <b>Vegagerðina.</b>					Náma: <b>Vatnsskarð.</b>									
Vegna: <b>Niðurbrots óbundins burðarlags.</b>					Sendandi: <b>Ásbjörn Jóhannesson.</b>									
Heildarþungi sigtaðs sýnis (g):				Heildarþungi (<16mm) (g):				Merking sýnis: <b>Eftir innbyggingu.</b>						
Bakkí (tara), (g):		Frátekið+bakkí (g):		Purrt +bakkí (g):		Votsigt. + bakkí (g):		Húmus, gr.:		Slamm, %:		Raki, %		
<b>77,9</b>		<b>2492,8</b>		<b>2440,4</b>		<b>2435,4</b>						<b>2,2</b>		
Möskv. Þyngd (g)	64	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>899,9</b>	<b>1463,8</b>	<b>2337,6</b>	<b>2346,4</b>	<b>2348,9</b>	<b>2350,3</b>	<b>2351,3</b>	<b>2352,7</b>	<b>2354,6</b>	<b>2357,5</b>
Sáldur, %	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>61,9</b>	<b>38,0</b>	<b>1,1</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	
Athugasemdir: <b>Sáldurferill sýnis eftir innbyggingu í þrías.</b>														
$D_{10} = 4,97 \text{ mm}$			$D_{30} = 7,13 \text{ mm}$			$D_{60} = 10,94 \text{ mm}$			$C_u = 2,2$			$C_c = 0,9$		
														



## Viðauki I-9. Vatnsskarð (A), sáldurferill eftir gangfræðilega prófun í þrías

 Nýsköpunarmiðstöð Íslands										Rannsókn nr. <b>2MR13007</b>				
										Dags.				
<b>Rannsókn á kornadreifingu (skv. IST EN 933-1)</b>										Framkv. af <b>O.P.</b>				
Fyrir: <b>Vegagerðina.</b>					Náma: <b>Vatnsskarð (A).</b>									
Vegna: <b>Niðurbrots óbundins burðarlags.</b>					Sendandi: <b>Ásbjörn Jóhannesson.</b>									
Heildarþungi sigtaðs sýnis (g):			Heildarþungi (<16mm) (g):			Merking sýnis: <b>Eftir gangfræðilega prófun.</b>								
Bakkí (tara), (g):		Frátekið+bakkí (g):		Purrt +bakkí (g):		Votsigt. + bakkí (g):		Húmus, gr.:		Slamm, %:		Raki, %		
<b>77,1</b>		<b>2440,2</b>		<b>2440,2</b>		<b>2434,2</b>						<b>0,0</b>		
Möskv. Þyngd (g)	64	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>884,0</b>	<b>1445,3</b>	<b>2285,2</b>	<b>2327,4</b>	<b>2340,7</b>	<b>2346,2</b>	<b>2349,4</b>	<b>2352,1</b>	<b>2354,9</b>	<b>2358,8</b>
Sáldur, %	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>62,6</b>	<b>38,8</b>	<b>3,3</b>	<b>1,5</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	
Athugasemdir: Sáldurferill sýnis eftir gangfræðilega prófun í þrías.														
$D_{10} = 4,75 \text{ mm}$			$D_{30} = 7,01 \text{ mm}$			$D_{60} = 10,85 \text{ mm}$			$C_u = 2,3$			$C_c = 1,0$		
 <p>Sáldur, %</p> <p>Möskvastærð, mm</p>														

## Viðauki I-10. Vatnsskarð (B), sáldurferill eftir gangfræðilega prófun í þrías

 Nýsköpunarmiðstöð Íslands										Rannsókn nr. <b>2MR13007</b>				
										Dags.				
<b>Rannsókn á kornadreifingu (skv. IST EN 933-1)</b>										Framkv. af <b>O.P.</b>				
Fyrir: <b>Vegagerðina.</b>					Náma: <b>Vatnsskarð (B).</b>									
Vegna: <b>Niðurbrots óbundins burðarlags.</b>					Sendandi: <b>Ásbjörn Jóhannesson.</b>									
Heildarþungi sigtaðs sýnis (g):			Heildarþungi (<16mm) (g):			Merking sýnis: <b>Eftir gangfræðilega prófun.</b>								
Bakkí (tara), (g):		Frátekið+bakkí (g):		Purrt +bakkí (g):		Votsigt. + bakkí (g):		Húmus, gr.:		Slamm, %:		Raki, %		
<b>77,8</b>		<b>2441,5</b>		<b>2441,5</b>		<b>2432,1</b>						<b>0,0</b>		
Möskv. Þyngd (g)	64	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>828,7</b>	<b>1409,9</b>	<b>2273,0</b>	<b>2320,1</b>	<b>2334,9</b>	<b>2340,9</b>	<b>2344,7</b>	<b>2347,8</b>	<b>2351,2</b>	<b>2355,4</b>
Sáldur, %	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>64,9</b>	<b>40,4</b>	<b>3,8</b>	<b>1,8</b>	<b>1,2</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	
Athugasemdir: Sáldurferill sýnis eftir gangfræðilega prófun í þrías.														
$D_{10} = 4,68 \text{ mm}$			$D_{30} = 6,87 \text{ mm}$			$D_{60} = 10,56 \text{ mm}$			$C_u = 2,3$			$C_c = 1,0$		
 <p>Sáldur, %</p> <p>Möskvastærð, mm</p>														

## **VIÐAUKI II**

### **NIÐURSTÖÐUR BERGGREININGA Á PRÓFUNARSÝNUM**


Viðauki II-1. Afstapahraun.

Viðauki II-2. Bakkaá.

Viðauki II-3. Lambafell.

Viðauki II-4. Vatnsskarð.


## Viðauki II-1. Afstapahraun, berggreining

 <b>Nýsköpunarmiðstöð Íslands</b> <b>Berggreining</b> (ÍST EN 932-3 og Rb blað nr. Rb Yp1.009)	Verkefnisnr.	MR13007
	Frkv. af	MIK
	Dags. ranns.	22.8.2007
Greiðandi: <b>Vegagerðin</b>	Nafn umbjóðanda-tengiliðar / verkbeiðanda: <b>Úr Steinefnabanka Vegagerðarinnar</b>	
Verkefni: <b>Niðurbrot óbundins burðarlags</b>	Merking sýnis: <b>Afstapahraun (áður nefnt Kúagerði)</b>	
<b>Náma:</b> Námunúmer: 20452 Heiti námu: Afstapahraun Tökustaður: Efnisflokkur:	<b>Sýni:</b> Sýnisgerð: Kornastærð greind: 8,0-11,2 mm Greint í: Víðsjá Þunnsneið nr.:	
<b>Bergbrigði:</b>		
<b>Gæðaflokkur</b> +   * 1   1 2   1 3   3	<b>Lykill</b> 0111 0112 013	<b>Fjöldi koma</b> 227 46 15
<b>% fjölda</b> 78,8 16,0 5,2	<b>Berg / steintegund, ummyndun, þéttleiki, annað</b> Basalt, ferskt, þétt Basalt, ferskt, blöðrótt Basalt, mjög ummyndað	
Alls:		288   100,0
<b>Gæðaflokkun:</b>		
	+	*
	v. bundins slitlags	v. steinsteypu
	%	%
1. flokkur	79	95
2. flokkur	16	0
3. flokkur	5	5
<b>Mat á kornalögun og áferð</b>		<b>Mat á hreinleika</b>
<b>Athugasemdir:</b> Til glöggvunar hefur sú ákvörðun verið tekin að samræma nokkur námuheiti Steinefnabanka Vegagerðarinnar til samræmis við námuheiti viðkomandi námu í Vegasjá Vegagerðarinnar. Berggreiningin sem hér er skráð á 2MR13007 birtist áður 22.08.2007 á verknúmerinu V-0707 og þá sem greining á efni merkt Kúagerði, sem hér eftir er skráð sem Afstapahraun.		






## Viðauki II-3. Lambafell, berggreining

 <b>Nýsköpunarmiðstöð Íslands</b> <b>Berggreining</b> (ÍST EN 932-3 og Rb blað nr. Rb Yp1.009)	<b>Verkefnisnr.</b>	<b>2MR13007</b>
	<b>Frkv. af</b>	<b>MIK</b>
	<b>Dags. ranns.</b>	15.12.2014
<b>Greiðandi:</b> <b>Vegagerðin</b>	<b>Nafn umbjóðanda-tengiliðar / verkbeiðanda:</b> <b>Ásbjörn Jóhannesson</b>	
<b>Verkefni:</b> <b>Niðurbrot óbundins burðarlags</b>	<b>Merking sýnis:</b> <b>Lambafell</b>	
<b>Náma:</b> Námunúmer: Heiti námu: Lambafell Tökustaður: Efnisflokkur: 4-16 mm	<b>Sýni:</b> Sýnisgerð: Malað berg Kornastærð greind: 8,0-11,2 mm Greint í: Víðsjá Þunnsneið nr.:	
<b>Bergbrigði:</b>		
<b>Gæðaflokkur</b> + * 1 1 1 1 2 1 2 1 3 2 3 3	<b>Lykill</b> 0111 011130 0112 011230 0911 13	<b>Fjöldi korna</b> 75 26 17 4 40 42
<b>% fjölda</b> 36,8 12,7 8,3 2,0 19,6 20,6	<b>Berg / steintegund, ummyndun, þéttleiki, annað</b> Basalt, ferskt, þétt og lítt blöðrótt (<5%) Basalt, ferskt, þétt og lítt blöðrótt (<5%), að hluta glerjað Basalt, ferskt, nokkuð blöðrótt (5-25%) Basalt, ferskt, nokkuð blöðrótt (5-25%), að hluta glerkennt Basaltgler, ferskt, þétt Basaltgjall og -vikur	
<b>Alls:</b>		204 100,0
<b>Gæðaflokkun:</b>		
	+	*
	v. bundins slitlags	v. steinsteypu
	%	%
1. flokkur	50	60
2. flokkur	10	20
3. flokkur	40	21
<b>Mat á kornalögun og áferð</b>		<b>Mat á hreinleika</b>
<b>Athugasemdir:</b> Mettivatnssýni.		

## Viðauki II-4. Vatnsskarð, berggreining

 <b>Nýsköpunarmiðstöð Íslands</b> <b>Berggreining</b> (ÍST EN 932-3 og Rb blað nr. Rb Yþ.009)		Verkefnisnr.	2MR13007	
		Frkv. af	MIK	
		Dags. ranns.	16.12.2014	
Greiðandi: <b>Vegagerðin</b>		Nafn umbjóðanda-tengiliðar / verkbeiðanda: <b>Ásbjörn Jóhannesson</b>		
Verkefni: <b>Niðurbrot óbundins burðarlags</b>		Merking sýnis: <b>Vatnsskarð</b>		
<b>Náma:</b> Námunúmer: Heiti námu: <b>Vatnsskarð</b> Tökustaður: Efnisflokkur: <b>4-16 mm</b>		<b>Sýni:</b> Sýnisgerð: <b>Malað berg</b> Kornastærð greind: <b>8,0-11,2 mm</b> Greint í: <b>Víðsjá</b> Þunnsneið nr.:		
<b>Bergbrigði:</b>				
Gæðaflokkur +	Lykill *	Fjöldi korna	% fjölda	Berg / steintegund, ummyndun, þéttleiki, annað
1	1	0111	2	0,9 Basalt, ferskt, þétt og lítt blöðrótt (<5%)
2	1	0112	160	72,4 Basalt, ferskt, nokkuð blöðrótt (5-25%)
2	1	011230	8	3,6 Basalt, ferskt, nokkuð blöðrótt (5-25%), að hluta glerkennt
2	1	0112	42	19,0 Basalt, ferskt, nokkuð blöðrótt (5-25%) og/eða opin kristalbygging
3	3	13	9	4,1 Basaltgjall og -vikur
Alls:		221	100,0	
<b>Gæðaflokkun:</b>				
			+	*
			v. bundins slitlags	v. steinsteypu
			%	%
	1. flokkur		1	96
	2. flokkur		95	0
	3. flokkur		4	4
<b>Mat á kornalögun og áferð</b>			<b>Mat á hreinleika</b>	
<b>Athugasemdir:</b> Mettivatnssýni.				



## **VIÐAUKI III**

### **Línurit af varanlegri samþjöppun sýna í gangfræðilegri prófun**

Viðauki III-1. Afstapahraun.

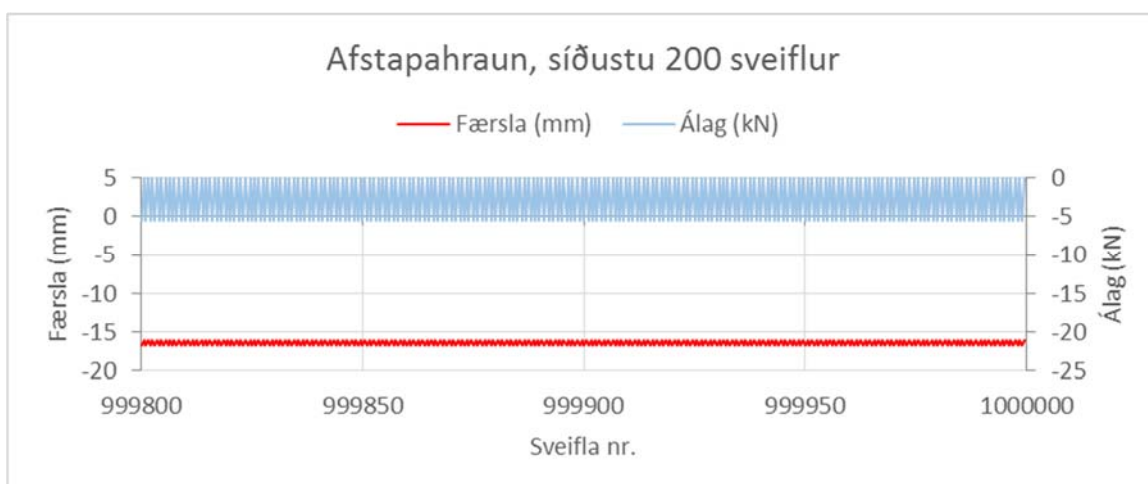
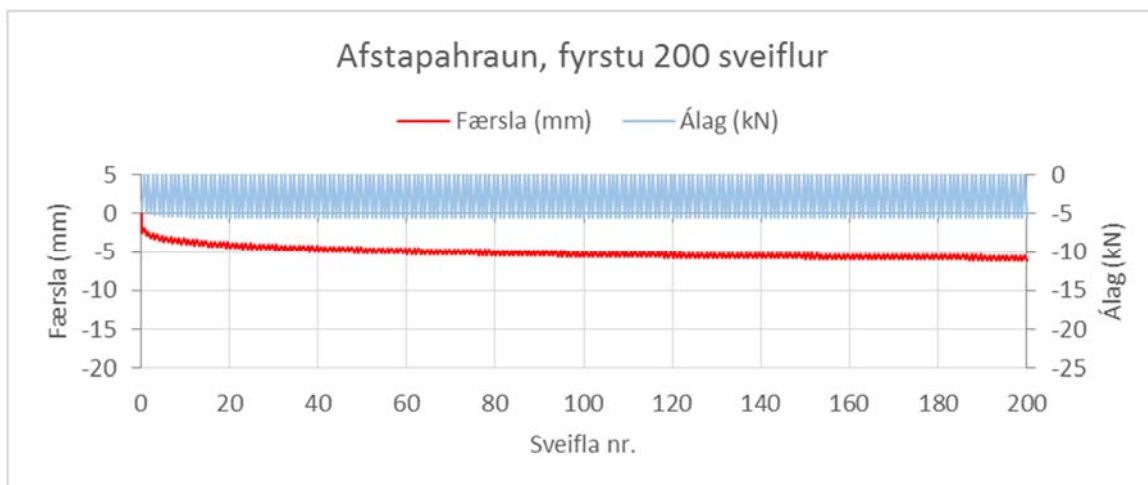
Viðauki III-2. Bakkaá.

Viðauki III-3. Lambafell.

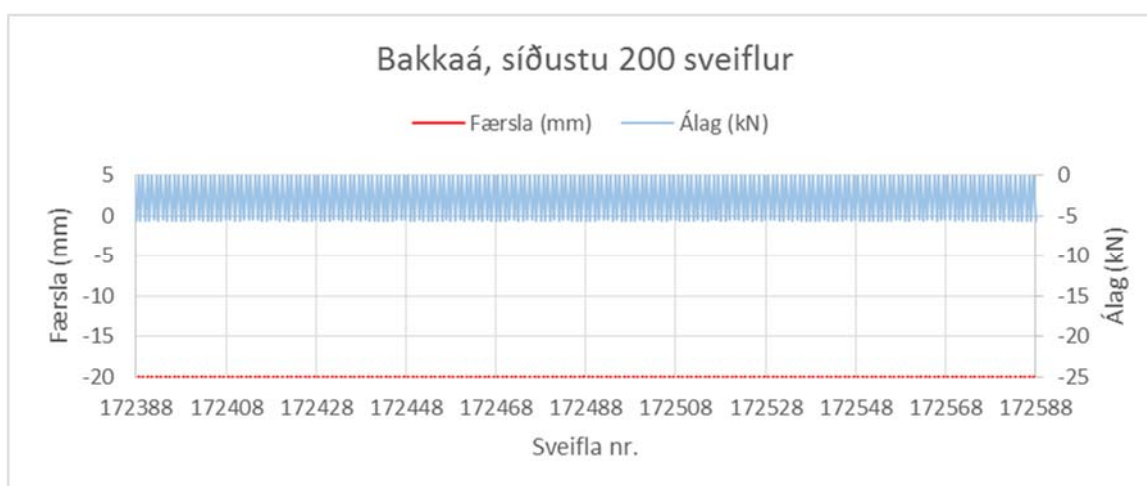
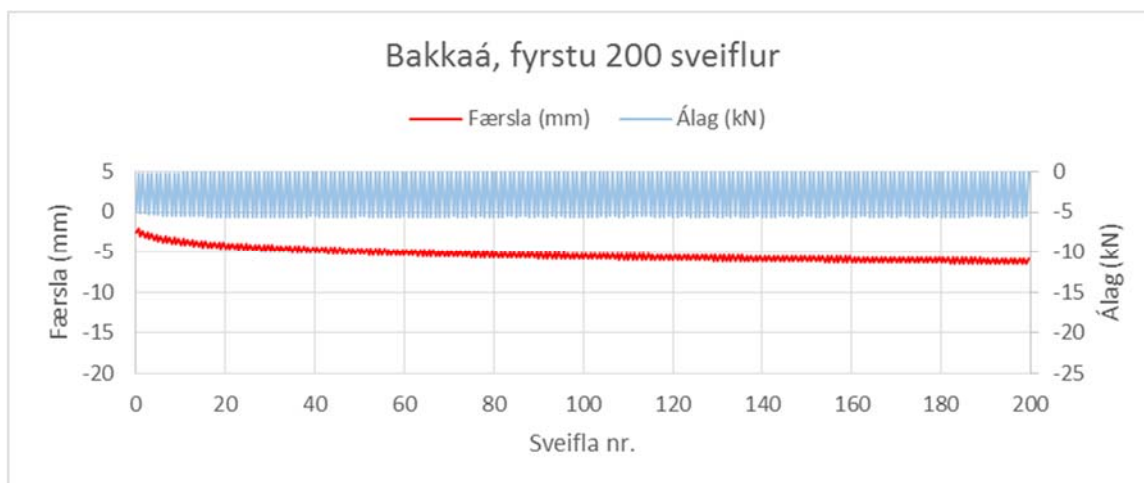
Viðauki III-4. Vatnsskarð (A).

Viðauki III-5. Vatnsskarð (B).

### Viðauki III-1. Afstapahraun, varanleg samþjöppun

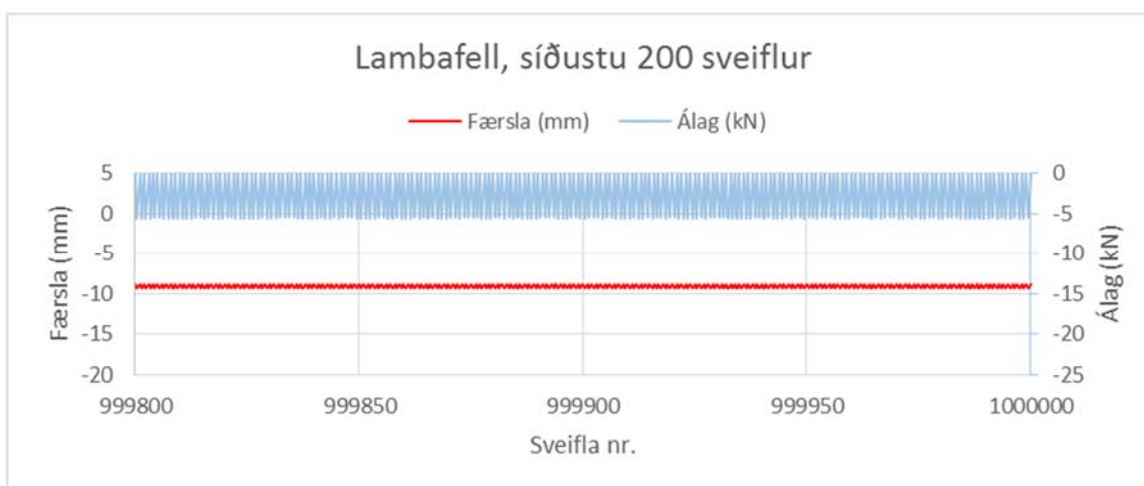
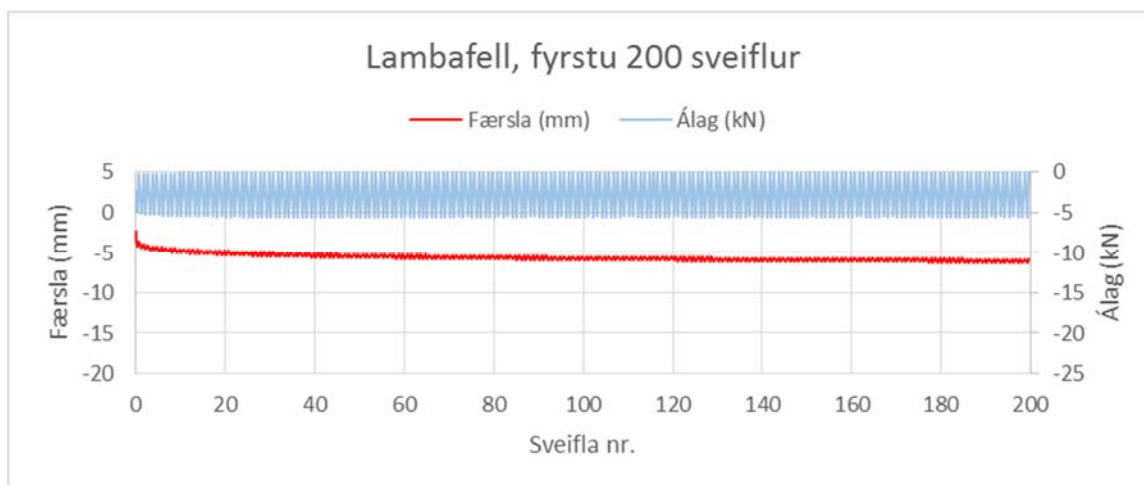


### Viðauki III-2. Bakkaá, varanleg samþjöppun

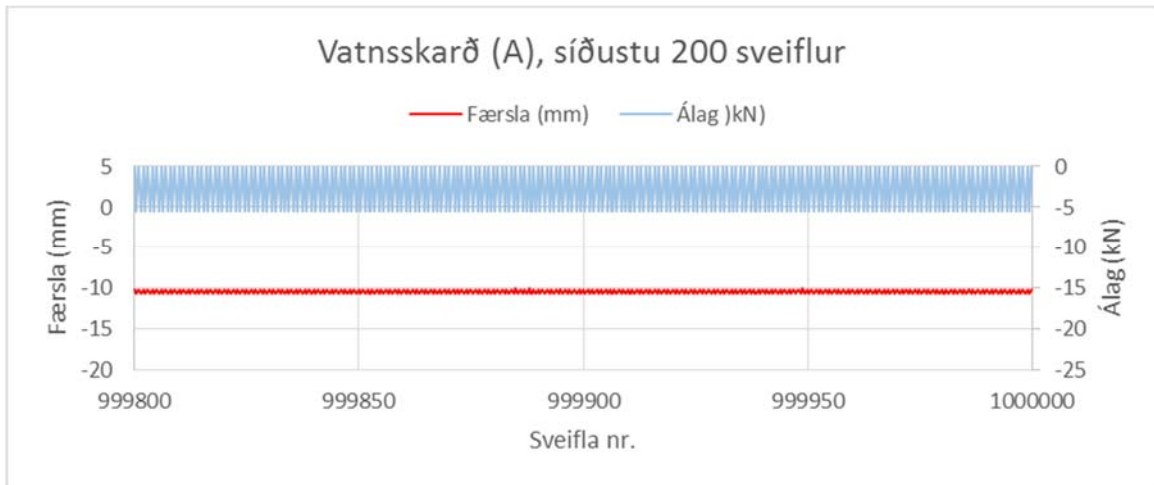
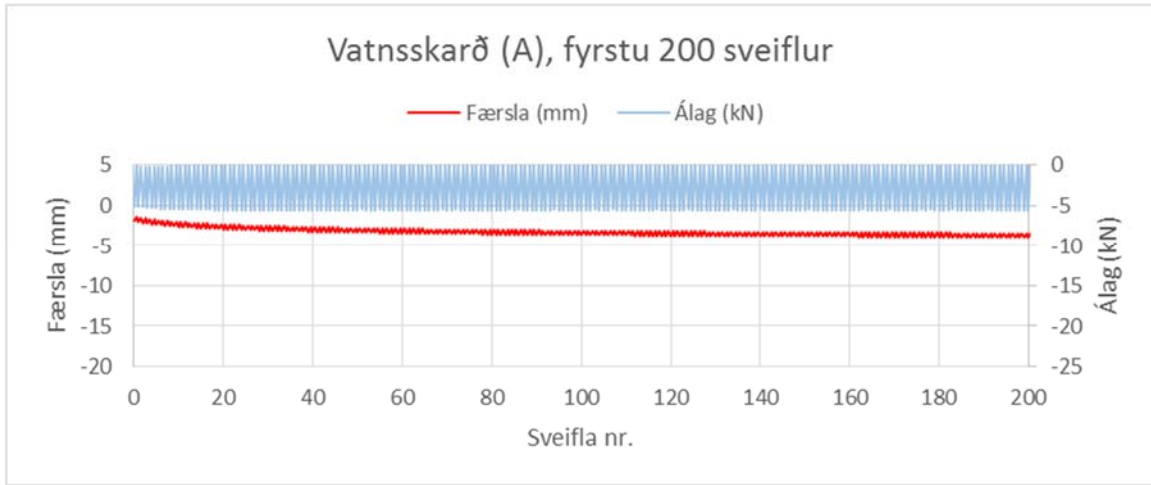


Ath: Prófun á efni frá Bakkaá var hætt eftir rúmar 170.000 sveiflur, varanleg samþjöppun í lok prófunarinnar (eftir síðustu 200 sveiflurnar) er þessvegna vantalin í samanburði við varanlega samþjöppun á öðrum efnum.

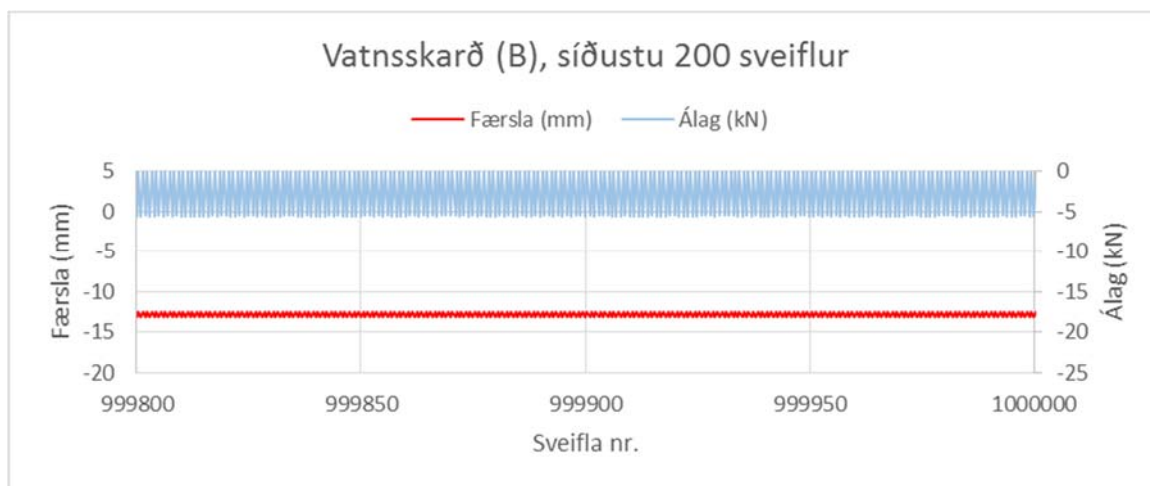
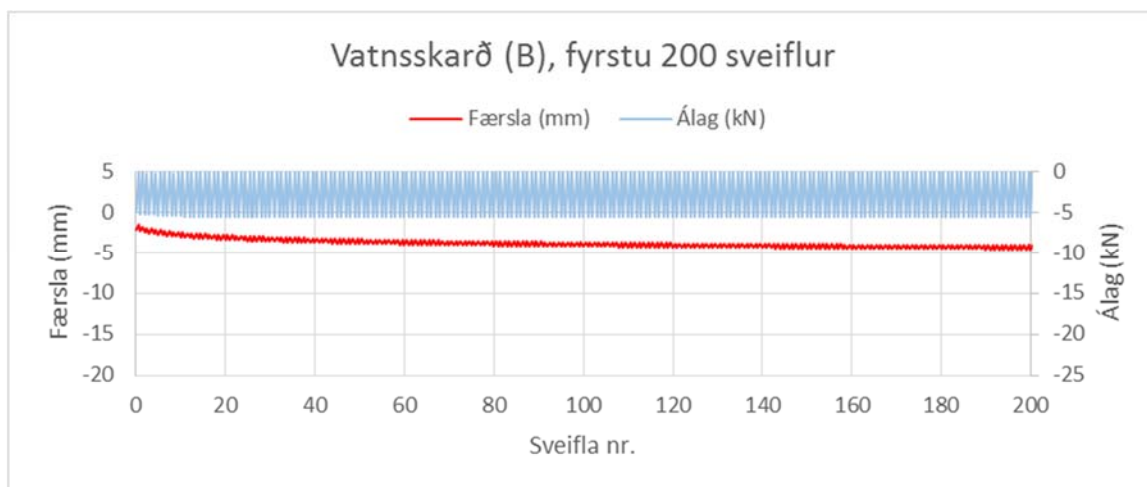
### Viðauki III-3. Lambafell, varanleg samþjöppun



### Viðauki III-4. Vatnsskarð (A), varanleg samþjöppun



### Viðauki III-5. Vatnsskarð (B), varanleg samþjöppun





**Nýsköpunarmiðstöð  
Íslands**

Akureyri | Egilsstaðir | Húsavík | Höfn | Ísafjörður | Reykjavík | Sauðárkrúkur | Vestmannaeyjar