



# **RÝRNUN STEINSTEYPU**

Eva Lind Ágústsdóttir

Ritgerð í byggingarverkfræði til  
meistaraprófs (MSc)

Júní 2012





## RÝRNUN STEINSTEYPU

Eva Lind Ágústsdóttir

Ritgerð í byggingarverkfræði  
með áherslu á mannvirkjahönnun og steinsteypuþækni  
lögð fram við tækni- og verkfræðideild  
Háskólans í Reykjavík til  
**meistaraprófs (MSc)**

Júní 2012

Leiðbeinandi:

Ólafur H. Wallevik  
Prófessor, Háskólanum í Reykjavík

Prófdómari:

Halldór G. Svavarsson  
Dósent, Háskólanum í Reykjavík

## Útdráttur

Í þessu meistaraverkefni voru gerðar rannsóknir á rýrnun steinsteypu. Gerðar voru mismunandi steypublöndur og úr þeim steiptir strendingar til rannsókna. Rannsóknirnar snéru að ýmsum þáttum sem viðkomu annað hvort blöndun á steypunni sjálfri eða meðhöndlun hennar. Eftirfarandi þættir voru skoðaðir; fylliefni, sement, eftirmeðhöndlun, efjumagn, litarefni, rýrnunarvari, vatns-sements hlutfall og innihald lofts. Einnig voru tekin sýni frá steypustöðvum til athugunar. Öll sýni voru svo mæld reglulega til að skrá lengdarbreytingu þeirra.

Niðurstöður rannsóknarinnar leiddu í ljós að steinsteypa með íslenskum fylliefnum rýrnaði aðeins meira en steypa með norskum fylliefnum. Steypa með íslensku sementi virðist koma betur út en steypa með dönsku og norsku sementi. Einnig hefur rétt eftirmeðhöndlun mikið að segja. Litarefni í steinsteypu getur haft áhrif á rýrnun, til dæmis kom steypa með litarefni unnu úr járnoxíð mun betur út en steypa með litarefni unnu úr kolum. Rýrnunarvari dregur verulega úr rýrnun steypunnar. Hlutfall efju skiptir miklu máli varðandi rýrnun steypunnar, með auknu magni efju eykst rýrnun. Við aukið vatns-sements hlutfall jókst rýrnun einnig, sérstaklega ef það var komið yfir 0,6. Niðurstöður gáfu til kynna að loftinnihald steypunnar hafi ekki marktæk áhrif á rýrnun nema að það sé komið yfir 8% af rúmmáli. Steinsteypa þöntuð frá steypustöðvum kom illa út í samanburði við steypu sem gerð var á rannsóknarstofunni.

**Lykilorð:** Steinsteypa, rýrnun, eftirmeðhöndlun, sementsefja, vatns-sements hlutfall, loftblendi, rýrnunarvari.

## **Abstract**

In this master's thesis a study on shrinkage of concrete was conducted. Several different concrete mixes were made and concrete prisms casted for research. The research relates to various aspects relevant to either the mixing of the concrete itself or its treatment. These factors were: aggregates, cement, curing, cement paste, color admixtures, shrinkage reducing admixture, water-cement ratio and air content. Studies on samples taken from the concrete plants were also conducted. Samples were measured periodically to check length changes.

The results revealed that concrete made with Icelandic aggregates shrinks more than concrete made with Norwegian aggregates. Concrete with Icelandic cement seems to shrink less than concrete with Danish and Norwegian cement. Curing has a positive effect on shrinkage. Color admixtures can affect shrinkage e.g. gives iron oxide better result regarding shrinkage than carbon does. Shrinkage reducing admixture significantly reduces shrinkage in concrete. Cement paste volume affects shrinkage in concrete considerably, more cement paste equals more shrinkage. Increased water-cement ratio also increases shrinkage, especially if it exceeds 0,6. The air content in the concrete does not increase the shrinkage unless it is above 8% of volume. Concrete ordered from concrete plants was significantly less capable of resisting shrinkage in comparison with concrete made in the research lab.

**Keywords:** Concrete, shrinkage, curing, cement paste, w/c ratio, air entraining admixtures, shrinkage reducing admixture.

# RÝRNUN STEINSTEYPU

Eva Lind Ágústsdóttir

Ritgerð í byggingarverkfræði (60 ECTS)  
lögð fram við tækni- og verkfræðideild  
Háskólans í Reykjavík til  
**meistaraprófs (MSc) með áherslu á  
mannvirkjahönnun og steinsteyputækni**

Júní 2012

Nemandi:

EVA LIND ÁGÚSTSDÓTTIR  
Eva Lind Ágústsdóttir

Leiðbeinandi:

Ólafur H. Walleik  
Dr. Ólafur H. Walleik

Prófdómari:

Halldór G. Svavarsson  
Dr. Halldór G. Svavarsson

## Formáli

Verkefni þetta er 60 eininga meistaraverkefni í byggingarverkfræði við Tækni- og verkfræðideild Háskólans í Reykjavík og voru rannsóknir unnar á rannsóknarstofu ICI Rheocenter.

Sérstakar þakkir fær leiðbeinandi minn, Ólafur H. Wallevik prófessor við Háskólann í Reykjavík og Sherbrook háskólann í Kanada, fyrir hugmyndir um verkefnið, stuðning og góðar ráðleggingar. Einnig fá Helgi Hauksson og Jón Guðni Guðmundsson, sem báðir eru verkfræðingar hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands, sérstakar þakkir fyrir ómetanlegan stuðning, ráðleggingar og aðstoð við rannsóknir.

Þakkir fá einnig Erla María Hauksdóttir, jarðfræðingur hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands, fyrir aðstoð við rannsóknir á fylliefnum og Björn Ásgeir Ásgeirsson fyrir aðstoð við mælingar. Dóris Ósk Guðjónsdóttir og Jenný Jónsdóttir fá þakkir fyrir yfirlestur. B.M Vallá og Steypustöðinni þakka ég fyrir aðgang að fylliefnum og íblendiefnum.

Síðast en ekki síst vil ég þakka unnusta mínum Jóhanni Ágústi Sigurðarsyni og börnum fyrir ómældan stuðning meðan á verkefninu stóð.

# Efnisyfirlit

Útdráttur.....	IV
Abstract .....	V
Formáli.....	VII
Yfirlit línurita.....	X
Yfirlit taflna.....	XV
Yfirlit mynda.....	XVI
1. Inngangur.....	1
Viðfangsefnið.....	1
Markmið .....	1
2. Fræðilegur bakgrunnur.....	3
2.1 Sement – hvörfun og styrkleikaflokkar.....	3
2.2 Fylliefni .....	4
2.3 Vatn.....	5
2.4 Íblendiefni og íaukar .....	6
2.4.1 Þjáliefni/vatnssparar.....	6
2.4.2 Loftblendi .....	7
2.4.3 Rýrnunarvarar (SRA) .....	8
2.4.4 Áhrif litarefna á steinsteypu.....	9
3. Formbreytingar steinsteypu.....	11
3.1 Gerðir rýrnunar .....	12
3.2 Þenslusement.....	19
3.3 Áhrif fylliefna á rýrnun.....	20
3.4 Eftirmeðhöndlun og rýrnun .....	22
3.5 Áhrif loftblendis á rýrnun.....	25
3.6 Þjöppun steypu og rýrnun.....	25
3.7 Reiknilíkön .....	26
3.7.1 Útreikningar á rýrnun samkvæmt EuroCode 2.....	26
3.7.2 Útreikningar á rýrnun samkvæmt ACI 209R-92 .....	29
3.7.3 Útreikningar á rýrnun samkvæmt Z. P. Bažant .....	32
4. Staðlar sem notaðir eru við úrvinnslu gagna .....	34
4.1 Kornakúrfur, kornarúmpyngd, mettvatn og raki.....	34
4.2 Sigmálsmæling.....	37



4.3	Loftmæling og rúmmálsmæling .....	38
4.4	Þrýstipolspróf.....	38
4.5	Rýrnun.....	39
5.	Framkvæmd rannsókna .....	41
5.1	Fyrsti hluti .....	41
5.2	Annar hluti .....	45
5.3	Þriðji hluti.....	47
5.4	Fjórfi hluti.....	49
5.5	Fimmti hluti .....	50
6.	Niðurstöður og umfjöllun .....	56
6.1	Fyrsti hluti – niðurstöður rannsókna á samanburði fylliefna, sements og eftirmeðhöndlun.....	56
6.2	Annar hluti – niðurstöður rannsókna á íblendiefni og efju hlutfall .....	71
6.3	Þriðji hluti – niðurstöður rannsókna á steypublöndum með mismunandi vatns-sements hlutfall.....	73
6.4	Fjórfi hluti – niðurstöður rannsókna á loftinnihaldi steypu .....	82
6.5	Fimmti hluti – niðurstöður rannsókna á sýnum frá steypustöðvum .....	83
6.6	Samanburður reiknilíkana og steypusýna.....	84
7.	Umræður.....	87
7.1	Fyrsti hluti – fylliefni, sement og eftirmeðhöndlun .....	87
7.2	Annar hluti – íblendiefni og efja .....	89
7.3	Þriðji hluti – vatns/sements hlutfall.....	90
7.4	Fjórfi hluti – loft innihald steypu .....	92
7.5	Fimmti hluti – steypa frá steypustöðvum .....	93
7.6	Reiknilíkön og steypusýni .....	94
7.7	Takmarkanir og frekari rannsóknir.....	94
8.	Samantekt.....	95
9.	Viðauki A – Kornarúmpýngd, mettivatn og kornakúrfur .....	101
10.	Viðauki B – Steypublöndur.....	112
11.	Viðauki C – Sement .....	141
12.	Viðauki D – Íblendiefni .....	145
13.	Viðauki E – Rýrnunarsýni.....	152

## Yfirlit línurita

Línurit 1: Áhrif rýrnunarvara á þurrkrýrnun, fyrsta vikan í raka [11 ] .....	8
Línurit 2: Uppgufun (e) vatns úr steypu með og án rýrnunarvara [11].....	8
Línurit 3: Áhrif sementsmagns í steypublöndu á plastíska rýrnun við 20°C lofthita, 50% hlutfallsraka við vindhraða 1m/s [3] .....	14
Línurit 4: Áhrif hlutfalls vatns/sements og fylliefni/sements á rýrnun eftir 6 mánuði [5] .....	16
Línurit 5: Samband rýrnunar og þornunar steypu við misjafnan hlutfallsraka [3] .....	17
Línurit 6: Á línuriti sést hvernig steypa rýrnar frá tíma $t_0$ til tíma $t$ en er þá vökvuð [3] .....	17
Línurit 7: Hér má sjá hvernig steypa rýrnar frá tíma $t_0$ til tíma $t$ en eftir það er hún vökvuð og látin þorna til skiptis [3] .....	17
Línurit 8: Þurrkrýrnun og koltvísýringrýrnun í múrblöndu við mismunandi hlutfallsraka [3] .....	19
Línurit 9: Áhrif hlutfalls fylliefna á hlutfall rýrnunar [26].....	20
Línurit 10: Áhrif mismunandi rakadrægni hlutfalls á þurrkrýrnun [33].....	21
Línurit 11: Áhrif vatns/sements hlutfalls og fylliefna í steypu á rýrnun [26].....	22
Línurit 12: Áhrif sambands rýrnunar og tíma á steypu við mismunandi hlutfalls raka [26].....	23
Línurit 13: Heildarrýrnun sýna [36].....	24
Línurit 14: Rýrnun steypu með vatns-bindi hlutfall 0,35 með og án loftblendis við mismunandi aðstæður[37] .....	25
Línurit 15: Rýrnun í steypusýnum með mismunandi fylliefni [20] .....	30
Línurit 16: Rýrnun steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C1 .....	56
Línurit 17: Þyngdartap steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C1 .....	56
Línurit 18: Rýrnun steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C2 .....	57
Línurit 19: Þyngdartap steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C2 .....	57
Línurit 20: Rýrnun steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C3 .....	57
Línurit 21: Þyngdartap/aukning steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C3 .....	57

Línurit 22: Rýrnun steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C4 .....	58
Línurit 23: Þyngdartap steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C4 .....	58
Línurit 24: Rýrnun steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C1 .....	59
Línurit 25: Þyngdartap steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C1 .....	59
Línurit 26: Rýrnun steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C2 .....	59
Línurit 27: Þyngdartap steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C2 .....	59
Línurit 28: Rýrnun steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C3 .....	60
Línurit 29: Þyngdartap/aukning steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C3 .....	60
Línurit 30: Rýrnun steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C4 .....	60
Línurit 31: Þyngdartap steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C4 .....	60
Línurit 32: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftir meðhöndlun C1 .....	61
Línurit 33: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftirmeðhöndlun C1 .....	61
Línurit 34: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftirmeðhöndlun C2 .....	61
Línurit 35: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftirmeðhöndlun C2 .....	61
Línurit 36: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftir meðhöndlun C3 .....	62
Línurit 37: Þyngdartap/aukning steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftirmeðhöndlun C3 .....	62
Línurit 38: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftir meðhöndlun C4 .....	62
Línurit 39: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftirmeðhöndlun C4 .....	62

Línurit 40: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C1 .....	63
Línurit 41: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C1 .....	63
Línurit 42: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C2 .....	63
Línurit 43: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C2 .....	63
Línurit 44: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C3 .....	64
Línurit 45: Þyngdartap/aukning steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C3.....	64
Línurit 46: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C4 .....	64
Línurit 47: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C4 .....	64
Línurit 48: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C1 .....	65
Línurit 49: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C1 .....	65
Línurit 50: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C2 .....	65
Línurit 51: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C2 .....	65
Línurit 52: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C3 .....	66
Línurit 53: Þyngdartap/aukning steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C3.....	66
Línurit 54: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C4 .....	66
Línurit 55: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C4 .....	66
Línurit 56: Rýrnun steypu með fylliefni og sement frá Abu Dhabi .....	67
Línurit 57: Þyngdartap steypu með fylliefni og sement frá Abu Dhabi .....	67
Línurit 58: Rýrnun steypu með norskum fylliefnum, íslensku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun.....	68

Línurit 59: Þyngdartap steypu með norskum fylliefnum, íslensku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun.....	68
Línurit 60: Rýrnun steypu með norskum fylliefnum, dönsku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun.....	69
Línurit 61: Þyngdartap steypu með norskum fylliefnum, dönsku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun.....	69
Línurit 62: Rýrnun steypu með fylliefnum frá Björgun, íslensku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun.....	69
Línurit 63: Þyngdartap steypu með fylliefnum frá Björgun, íslensku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun.....	69
Línurit 64: Rýrnun steypu með fylliefnum frá Björgun, dönsku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun.....	70
Línurit 65: Þyngdartap steypu með fylliefnum frá Björgun, dönsku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun.....	70
Línurit 66: Rýrnun steypu með fylliefnum frá Vatnsskarði, íslensku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun.....	70
Línurit 67: Þyngdartap steypu með fylliefnum frá Vatnsskarði, íslensku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun.....	70
Línurit 68: Rýrnun steypu með fylliefnum frá Vatnsskarði, dönsku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun.....	71
Línurit 69: Þyngdartap steypu með fylliefnum frá Vatnsskarði, dönsku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun.....	71
Línurit 70: Rýrnun steypu með og án litarefna.....	72
Línurit 71: Þyngdartap steypu með og án litarefna.....	72
Línurit 72: Rýrnun steypu án loftblendis og steypu með og án rýrnunarvara.....	72
Línurit 73: Þyngdartap steypu án loftblendis og steypu með og án rýrnunarvara.....	72
Línurit 74: Rýrnun steypu með 30% og 32,4% efju.....	73
Línurit 75: Þyngdartap steypu með 30% og 32,4% efju.....	73
Línurit 76: Rýrnun steypu með vatnsmagn 145 kg/m <sup>3</sup> (v/s=0,46) og mismunandi eftirmeðhöndlun.....	74
Línurit 77: Þyngdartap steypu með vatnsmagn 145 kg/m <sup>3</sup> (v/s=0,46) og mismunandi eftirmeðhöndlun.....	74
Línurit 78: Rýrnun steypu með vatnsmagn 160 kg/m <sup>3</sup> (v/s=0,51) og mismunandi eftirmeðhöndlun.....	75
Línurit 79: Þyngdartap steypu með vatnsmagn 160 kg/m <sup>3</sup> (v/s=0,51) og mismunandi eftirmeðhöndlun.....	75

Línurit 80: Rýrnun steypu með vatnsmagn 175 kg/m <sup>3</sup> (v/s=0,55) og mismunandi eftirmeðhöndlun (fyrri steypublanda) .....	76
Línurit 81: Þyngdartap steypu með vatnsmagn 175 kg/m <sup>3</sup> (v/s=0,55) og mismunandi eftirmeðhöndlun (fyrri steypublanda) .....	76
Línurit 82: Rýrnun steypu með vatnsmagn 175 kg/m <sup>3</sup> (v/s=0,55) og mismunandi eftirmeðhöndlun (seinni steypublanda) .....	77
Línurit 83: Þyngdartap steypu með vatnsmagn 175 kg/m <sup>3</sup> (v/s=0,55) og mismunandi eftirmeðhöndlun (seinni steypublanda) .....	77
Línurit 84: Rýrnun steypu með vatnsmagn 190 kg/m <sup>3</sup> (v/s=0,6) og mismunandi eftirmeðhöndlun .....	78
Línurit 85: Þyngdartap steypu með vatnsmagn 190 kg/m <sup>3</sup> (v/s=0,6) og mismunandi eftirmeðhöndlun .....	78
Línurit 86: Rýrnun steypu með vatnsmagn 205 kg/m <sup>3</sup> (v/s=0,65) og mismunandi eftirmeðhöndlun .....	79
Línurit 87: Þyngdartap steypu með vatnsmagn 205 kg/m <sup>3</sup> (v/s=0,65) og mismunandi eftirmeðhöndlun .....	79
Línurit 88: Rýrnun steypu með mismunandi vatnsmagn, í 50% hlutfallsraka .....	80
Línurit 89: Rýrnun steypu með mismunandi vatnsmagn, í 65% hlutfallsraka .....	80
Línurit 90: Rýrnun steypu með mismunandi vatnsmagn, pakkað í vatnsheldar umbúðir .....	80
Línurit 91: Rýrnun steypu með mismunandi vatnsmagn, geymt á rannsóknarstofu ..	80
Línurit 92: Rýrnun steypu með mismiklu loftinnihaldi .....	82
Línurit 93: Þyngdartap steypu með mismiklu loftinnihaldi .....	82
Línurit 94: Rýrnun steypu - sérpöntuð frá steypustöð .....	83
Línurit 95: Þyngdartap steypu - sérpöntuð frá steypustöð .....	83
Línurit 96: Rýrnun steypu sem fengin var á verkstað þriggja steypustöðva, með mismunandi eftirmeðhöndlun .....	84
Línurit 97: Þyngdartap steypu sem fengin var á verkstað þriggja steypustöðva, með mismunandi eftirmeðhöndlun .....	84
Línurit 98: Samanburður N-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan EC2 .....	85
Línurit 99: Samanburður B-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan EC2 .....	85
Línurit 100: Samanburður V-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan EC2 .....	85
Línurit 101: Samanburður N-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan ACI 209R .....	85
Línurit 102: Samanburður B-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan ACI 209R .....	85
Línurit 103: Samanburður V-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan ACI 209R .....	85

Línurit 104: Samanburður N-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan Bazants .....	86
Línurit 105: Samanburður B-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan Bazants.....	86
Línurit 106: Samanburður V-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan Bazants.....	86
Línurit 107: Rýrnun íslenskrar steypu borin saman við steypu frá Abu Dhabi.....	88
Línurit 108: Rýrnun sýna með 175 kg/m <sup>3</sup> af vatni, pakkað inn í vatnsheldar umbúðir eftir annars vegar 1 dag og hins vegar 7 daga .....	92
Línurit 109: Þyngdartap/aukning sýna með 175 kg/m <sup>3</sup> af vatni, pakkað inn í vatnsheldar umbúðir eftir annars vegar 1 dag og hins vegar 7 daga .....	92
Línurit 110: Steypusýni frá steypustöðvum borin saman við sýni sem gerð voru á rannsóknarstofu.....	93

## Yfirlit taflna

Tafla 1: Steypublöndur [36].....	23
Tafla 2: Gildi fyrir yfirborðsstuðulinn $k_h$ [39].....	27
Tafla 3: Viðmiðunarmeðalgildi á óheftri þurrkrýrnun $\varepsilon_{cd,0}$ (‰) fyrir steypu með sementi CEM í flokki N [39].....	27
Tafla 4: Steypublöndur í rannsókn á samburði fylliefna, sements og eftirmeðhöndlun .....	42
Tafla 5: Steypublöndur með fylliefnum og sementi frá Abu Dhabi .....	43
Tafla 6: Eftirmeðhöndlun sýna í fyrsta hluta.....	44
Tafla 7: Taflan sýnir hvaða eftirmeðhöndlun hvert sýni í hluta 1 fékk .....	44
Tafla 8: Steypublöndur í rannsókn á mismunandi sementsefju, án loftblendis, með rýrnunarvara og með litarefnum.....	46
Tafla 9: Steypublöndur í rannsókn á mismunandi vatnsmagni .....	47
Tafla 10: Eftirmeðhöndlun sýna í þriðja hluta.....	48
Tafla 11: Taflan sýnir hvaða eftirmeðhöndlun hvert sýni í þriðja hluta fékk .....	48
Tafla 12: Steypublöndur í rannsókn á rýrnun steypu með mismiklu loftmagni .....	50
Tafla 13: Steypublöndur sérpantaðar frá steypustöð .....	54
Tafla 14: Rúmþyngd, loft, sigmál og þrýstipól steypu frá steypustöðvum .....	55
Tafla 15: Niðurstöður úr rannsókn á efjuhlutfalli borin saman við línurit 4 .....	90

## Yfirlit mynda

Mynd 1: Hvörfun Portland sements frá blöndun a) til formunar b) að hörðun c)[5] ...	4
Mynd 2: Áhrif vatns/sements hlutfalls á þrýstipól venjulegs Portlands sements við mismunandi aldur steypunnar [3].....	5
Mynd 3: Áhrif viðbættis þjálnefnis á byrjunarstyrk steypu með sementsmagn 370 kg/m <sup>3</sup> og við stofuhita. Öll sýni höfðu sama vinnanleika og voru gerð úr Portland hraðsementi (gerð III) [3] .....	6
Mynd 4: Ýmsar gerðir sprungna í steinsteypu [3] .....	11
Mynd 5: Yfirborð steypunnar springur vegna plastískrar rýrnunar [20] .....	12
Mynd 6: Áhrif hitastigs í steypu, lofthita, hlutfallsraka og vindhraða á stærðargráðu uppbyggingar frá yfirborði steypu [3] .....	13
Mynd 7: Skipting sýna, mynd ELÁ .....	34
Mynd 8: Rannsókn á kornarúmpýngd, mynd ELÁ .....	35
Mynd 9: Kornadreifing - Björgunarsandur, mynd ELÁ .....	36
Mynd 10: Kornadreifing - Björgunarmöl, mynd ELÁ.....	36
Mynd 11: Kornadreifing - Vatnsskarðssandur, mynd ELÁ .....	36
Mynd 12: Kornadreifing - Vatnsskarðsmöl, mynd ELÁ .....	36
Mynd 13: Kornadreifing - norskur Árdalssandur, mynd ELÁ.....	36
Mynd 14: Kornadreifing - norsk Árdalsmöl, mynd ELÁ .....	36
Mynd 15: Sigmálmæling [4] .....	37
Mynd 16: Sigmálmæling á verkstað, mynd ELÁ .....	37
Mynd 17: Loft- og rúmmálmæling á verkstað, mynd ELÁ .....	38
Mynd 18: Steyptir sívalningar til þrýstipólspöfunar, mynd ELÁ.....	38
Mynd 19: Steypt í rýrnunarmót, mynd ELÁ .....	39
Mynd 20: Kubbar teknir úr mótum og merktir, mynd ELÁ .....	39
Mynd 21: Mæling á lengdarbreytingu, mynd ELÁ .....	40
Mynd 22: Mæling á þyngdarbreytingu, mynd ELÁ .....	40
Mynd 23: Sýni pakkað inn í vatnsheldar umbúðir, mynd ELÁ.....	49
Mynd 24: Bygging A, mynd nr. 1, mynd ELÁ .....	51
Mynd 25: Bygging A, mynd nr. 2, mynd ELÁ .....	51
Mynd 26: Bygging B, mynd nr. 1, mynd ELÁ .....	52
Mynd 27: Bygging B, mynd nr. 2, mynd ELÁ .....	52
Mynd 28: Bygging C, mynd nr. 1, mynd ELÁ .....	53



Mynd 29: Bygging C, mynd nr. 2, mynd ELÁ..... 53

# 1. Inngangur

## Viðfangsefnið

Fyrir einungis rúmri öld síðan var fyrsta steinsteypa húsið reist hér á landi en fyrir þann tíma voru hús byggð t.d úr torfi, timbri eða steini [1]. Nú á dögum, rúmlega hundrað árum seinna er steinsteypa langalgengasta byggingarefnið og kemur það ekki á óvart því ending hennar og styrkur er mun meiri heldur en á þeim byggingarefnum sem notuð voru hér áður fyrr. Ýmislegt getur þó haft áhrif á endingu steypunnar og er rýrnun eitt af því.

Höfundur barst til eyrna að á undanförunum árum sé íslensk steinsteypa farin að rýrna meira en hún gerði á árum áður. Því þótti það kjörið við val á verkefni að rannsaka rýrnun steypu og reyna að komast að því hver orsakavaldurinn gæti verið.

Við rýrnun verður rúmmálsbreyting á steypunni þ.e. hún skreppur saman. Þessi rúmmálsbreyting gerir það að verkum að steypan springur. Við þetta geta óæskileg efni þannig smogið inn í hana. Sprungur geta bæði verið mikið útlitslýti á steypunni en einnig geta þær opnað leiðir að steypustyrktarjárnnum ef um járnþenta steypu er að ræða og þeim verður þar með hættara við að ryðga.

Fimm helstu flokkar rýrnunar eru plastísk rýrnun, hvörfunarrýrnun, sjálfútþornunarrýrnun, þurrkrýrnun og koltvísýringsrýrnun.

Margt er þó hægt að gera til að hafa áhrif á rýrnun steypunnar og skiptir hönnun steypunnar miklu máli í því tilliti ásamt meðhöndlun hennar þegar hún er ný.

## Markmið

Markmið með þessu verkefni er að kanna rýrnun í íslenskri steinsteypu og athuga hvort hún fari yfir viðmiðunarmörk. Samkvæmt ACI 209R [2] er viðmiðunargildi rýrnunar 0,78 mm/m og verður sú tala höfð til viðmiðunar í þessum rannsóknum.

Meginmarkmið þessa verkefnis er að svara eftirfarandi spurningum:

- Hefur notkun mismunandi fylliefna áhrif á rýrnun steypu?

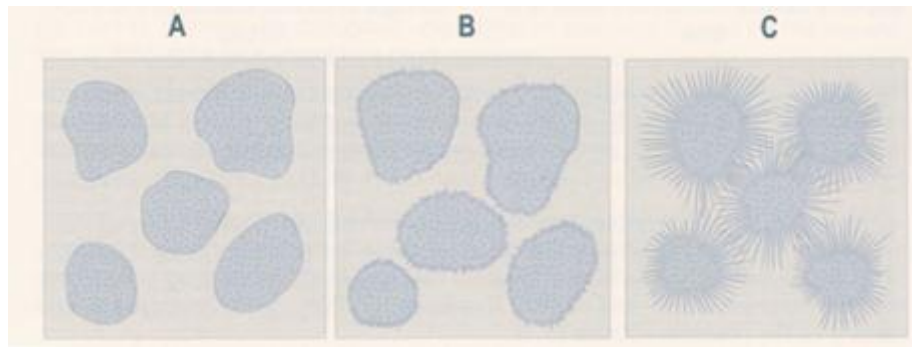
- Hvaða áhrif hefur mismunandi sement á rýrnun steypu?
- Hvaða áhrif hefur eftirmeðhöndlun á rýrnun steypu?
- Hvaða áhrif hafa litarefni á rýrnun steypu?
- Hversu mikil áhrif hefur rýrnunarvari á steypu?
- Hversu mikil áhrif hefur aukið efjumagn á rýrnun steypu?
- Er hvörfunar- og sjálfútpornunarrýrnun stór hluti af heildarrýrnun steypunnar?
- Hvaða áhrif hefur vatns-sements hlutfall á rýrnun steypu?
- Hefur aukið loft í steypunni áhrif á rýrnun?
- Hvernig kemur steypa frá steypustöðvum út þegar horft er á rýrnun?
- Hvernig koma rýrnunarreiknilíkon út í samanburði við mæld sýni?

## 2. Fræðilegur bakgrunnur

Steinsteypa er með algengustu byggingarefnum í heiminum í dag og hefur marga kosti fram yfir önnur byggingarefni. Í þeim efnum má nefna þann kost helst að hægt er að móta steinsteypu að miklu leyti eftir eigin höfði. Steinsteypa er í raun samansett úr tveimur efnisþáttum, þeir eru fylliefni (steinar) og sementsefja. Fylliefnunum er svo skipt í tvennt; sand og möl. Sementsefjan er einnig samsett aðallega úr tveimur efnum; vatni og sementi. Þessum fjórum efnum er svo blandað saman og úr verður steypa. Þetta eitt og sér er þó ekki nóg ef gera á góða steypu. Hlutfall milli vatns og sements þarf að vera rétt og einnig þurfa sandurinn og mölin að vera í réttum hlutföllum. Auk þess er hægt að bæta við steypuna ýmsum íblendiefnum til að hafa áhrif á eiginleika hennar, bæði þegar hún er fljótandi og einnig eftir að hún hefur harðnað.

### 2.1 Sement – hvörfun og styrkleikaflokkar

Portland sement er það sement sem mest er notað í byggingariðnaði. Þetta sement fellur undir ákveðna skilgreiningu í framleiðsluferli með ákveðnum hráefnum, en þau helstu eru; kalk, kísiloxíð, áloxíð og járnoxíð. Þessi efni eru brennd saman við 1400-1500°C og út kemur svokallaður klinker. Klinkerinn er því næst kældur, malaður, við hann blandað gífs og þá er komið sement [3]. Þegar sementið hvarfast við vatn myndast C-S-H-gel (Tobermorite gel) þar sem  $C=CaO$ ,  $S=SiO_2$  og  $H=H_2O$  en strikin á milli stafa tákna að ekki er fast hlutfall er á milli  $SiO_2$  og  $CaO$ . Einnig myndast  $Ca(OH)_2$  (Calcium Hydroxide) og  $C_4A\bar{S}H_{12}$  (Monosulfoaluminate) sem verður til þegar  $C_3A$  (Calcium Aluminate) í sementinu hvarfast. Nær alltaf verður þó eitthvað óhvarfað sement til staðar í sementsefjunni [4]. Á mynd 1 má sjá uppbyggingu sementsefju á fyrstu 5 klukkustundum eftir að vatni og sementi hefur verið blandað saman. Smám saman myndast þræðir út frá sementskornunum sem bindast vatninu og mynda eina heild.



Mynd 1: Hvörfun Portland sements frá blöndun a) til formunar b) að hörðun c)[5]

Sement er hægt að fá í nokkrum styrkleikaflokkum, allt frá  $32,5 \text{ N/mm}^2$  upp í  $52,5 \text{ N/mm}^2$  í 28 daga styrk og einnig er hægt að velja um venjulegt sement eða hraðsement. Sementi er líka skipt í nokkrar gerðir [5] fyrir misjafnar aðstæður þ.e:

- Gerð I – Til almennrar notkunar
- Gerð II – Þol gegn súlfati
- Gerð III – Hár byrjunarstyrkur
- Gerð IV – Lágur hvörfunarhiti
- Gerð V – Mikið þol gegn súlfati

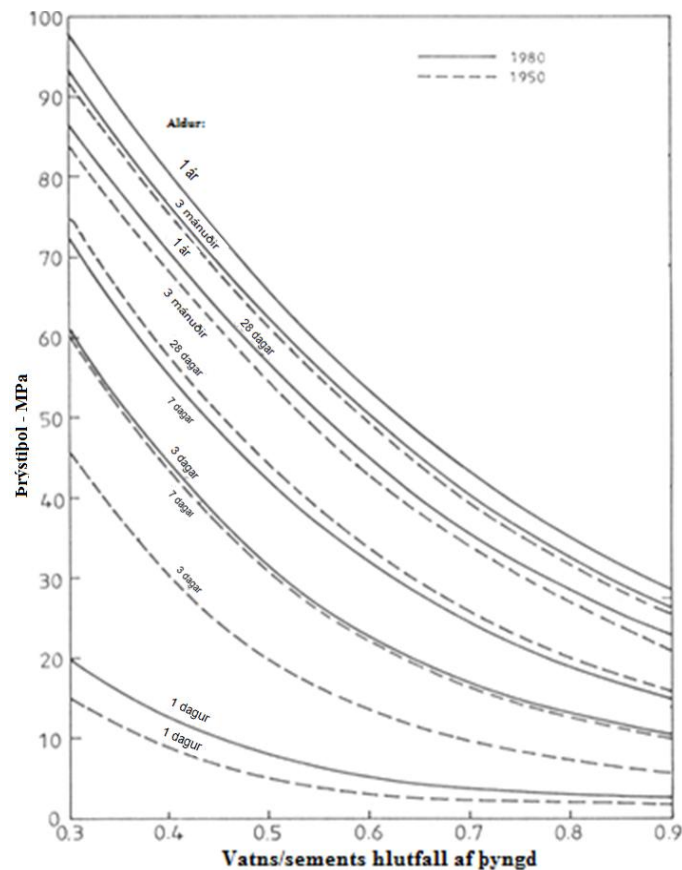
## 2.2 Fylliefni

Fylliefni eru kornótt og venjulega efnafræðilega óvirk. Þeim er dreift um sementsefjuna, að hluta til m.a. til að lækka kostnað steypunnar. Samt sem áður gegna fylliefni stóru hlutverki þar sem þau eru u.þ.b 2/3 til 3/4 af rúmmáli steypunnar. Þau skapa meiri stöðugleika á rúmmáli og auka endingu steypunnar. Einnig skipta þau mjög miklu máli þegar blanda á hástyrkleika steypu [5]. Þar hefur styrkur fylliefna líka mikið að segja því styrkur þeirra og áferð hefur áhrif á þrýstipól steypunnar [6]. Fylliefni skiptast eins og áður sagði í tvo flokka; sand og möl. Sandur telst vera fylliefni sem er undir 4-5 mm að þvermáli og mölin sé fylliefni sem er yfir 4 mm að þvermáli (5mm í Bandríkjunum) [5]. Hér á landi er þó algengt að sandur sé 0-8 mm í þvermál en mölin 4-16 mm að þvermáli. Lögum fylliefnanna hefur mikið að segja og geta þau verið allt frá kúlulaga til þess að vera slétt og ílöng eins og flaga. Einnig geta þau haft misjafna áferð og geta því til dæmis verið slétt eins og gler eða hrufótt

eins og hraunmoli og allt þar á milli. Ef horft er eingöngu út frá vinnanleika steypunnar er best að hafa kúlulaga og slétt fylliefni, því ílöng og hrjúf fylliefni eiga erfiðara með að dreifast um sementsefjuna [4].

## 2.3 Vatn

Vatn er einn af stórum þáttum steypunnar, því án þess verður ekki hvörfun eða öllu heldur svokölluð vötnun (e. hydration) í sementinu og það harðnar ekki. Ólíkt öðrum þáttum steypunnar, er vatn ekki kostnaðarsamt og því ekki dýrt að bæta vatni við steypuna. Vatnið gerir steypuna vinnanlegri og auðveldari að eiga við. Hins vegar þarf að huga vel að hlutfalli vatns á móti sementi (v/s), en það stafar af því að eftir því sem v/s hlutfallið hækkar, þá minnkar styrkur steypunnar og ending hennar. Því er óhætt að auka magn vatns í steypunni til að bæta vinnanleika hennar ef gætt er að því að bæta einnig við sementi (efjan aukin) til að halda sama v/s hlutfalli [5]. Á mynd 2 má sjá hve styrkur steypunnar minnkar með hækkandi v/s hlutfalli.



Mynd 2: Áhrif vatns/sements hlutfalls á prýstípol venjulegs Portlands sements við mismunandi aldur steypunnar [3]

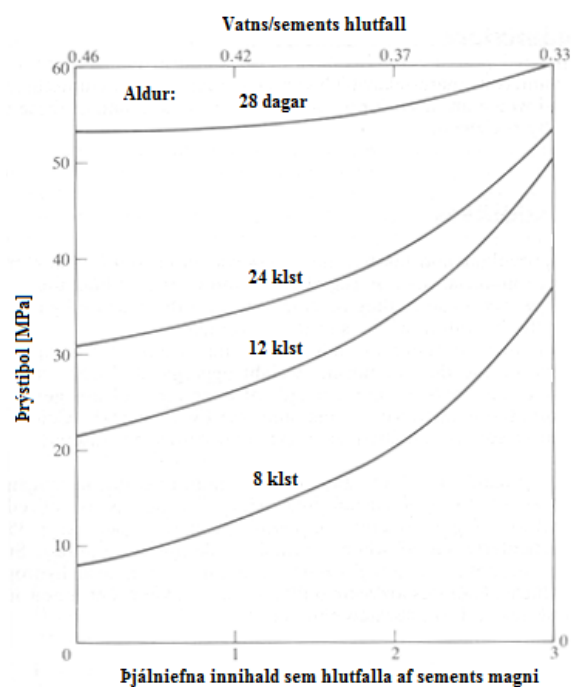
## 2.4 Íblendiefni og íaukar

Til að hafa áhrif á hegðun steypunnar, bæði á meðan hún er fersk og einnig eftir að hún hefur harðnað, er hægt að nota íblendiefni (sett í steypu í smáum skömmtum, oft 1%-3% af þyngd sements) eða íauka (sett í steypu í stærri skömmtum, 5%-95% af þyngd sements) [4]. Helstu íblendiefnin og íaukar sem notaðir eru í steypu eru; flotefni, loftblendi, storknunar-seinkarar, hvörfunar-hraðarar, rýrnunarvarar, þykkingarefni, litarefni og frostvari [4,5]. Verður nú í framhaldinu fjallað um nokkur þessara efna.

### 2.4.1 Þjáliefni/vatnssparar

Þjáliefni eru notuð í þrennum [4] tilgangi:

1. Til að ná hærri styrk steypunnar með því að minnka v/s hlutfall, en samt sem áður að halda sama vinnanleika.
2. Til að halda sama vinnanleika með því að minnka sementsmagn, en það minnkar hvörfunarhita í massasteypu.
3. Til að auka vinnanleika steypunnar svo auðveldara sé að meðhöndla hana.



Mynd 3: Áhrif viðbætts þjáliefnis á byrjunarstyrk steypu með sementsmagn 370 kg/m<sup>3</sup> og við stofuhita. Öll sýni höfðu sama vinnanleika og voru gerð úr Portland hraðsementi (gerð III) [3]

Á mynd 3 má sjá hvernig styrkur steypunnar hækkar við lækkingu v/s - hlutfall en vinnanleikinn helst samt sem áður sá sami þegar þjáltniefni er bætt við.

Virgni þjáltniefna er þannig að yfirborð þess mínushlaðið og dregst að yfirborði sementskornanna sem eru bæði mínus og plúshlaðin. Þannig verða sementskornin mínus hlaðin og hrinda hvort öðru frá sér í stað þess að dragast að hvort öðru. Þar með losnar um vatn sem var innilokað og nýtist betur í steypublöndunni [4].

#### **2.4.2 Loftblendi**

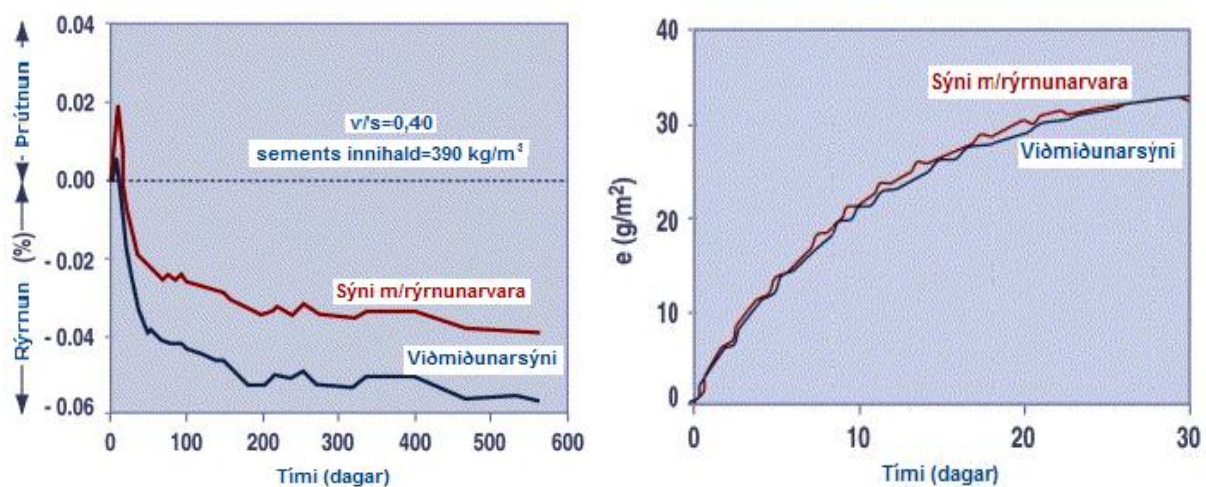
Á Íslandi verður steypan fyrir miklum ágangi veðurs og stöðugra veðrabreytinga. Frost og þíða til skiptis verður til þess að vatnið í steypunni þenst út og dregst saman á víxl, sem leiðir til þess að steypan springur á endanum. Þess vegna er mjög mikilvægt að bæta lofti í steypuna til að létta á spennunni. Aukning lofts gerir það einnig að verkum að hægt er að draga úr vatni (upp að 5%), steypan skilur sig síður, vatnsblæðing minnkar og einnig eykst vinnanleiki steypunnar [5]. Samkvæmt byggingarreglugerð þarf um 5% loft til að gera steypuna frosthelda [7]. Það er ekki einungis nóg að bæta lofti við steypuna því loftbólurnar þurfa einnig að vera smáar og vel dreifðar. Þá þarf að hafa í huga að við hvert 1% af lofti, lækkar þrýstipól steypunnar um 5% [4]. Það er einnig ýmislegt sem hefur áhrif á loftblendi og sem dæmi um það má nefna að virkni loftblendis lækkar eftir því sem sementið er fínna og þá getur kornakúrfu fylliefna einnig haft áhrif. Auk þessa hefur sigmál ferskrar steypu áhrif á loft þar sem það tengist beint skerspennu hennar en skerspennan og þjáltni virka sem hindrun fyrir loftbólumyndun. Aukning á sigmáli frá 75 til 150 mm (án þess að nokkuð annað breytist) eykur loftinnihald steypunnar en hins vegar þegar sigmálið er komið yfir 150 mm, verða loftbólurnar of stórar og óstöðugar vegna flotkrafta og þá minnkar loftinnihald [8]. Æskilegast er því að loftbólurnar séu smáar og með í mestalagi 0,2 mm millibil [3]. Hitastig hefur líka áhrif á virkni loftblendis. Ef hitastig steypunnar er aukið frá 21°C upp í 38°C lækkar loftinnihald um 25%. Hins vegar ef það er lækkað úr 21°C niður í 4°C getur loftið aukist um 40%. Einnig hafa blöndunartími, blöndunartæki, flutningur á steypu, pökkun, pumpun og önnur íblendiefni áhrif á loftinnihald steypunnar [8].



### 2.4.3 Rýrnunarvarar (SRA)

Samkvæmt rannsóknum [9,10] hefur það sýnt sig að rýrnunarvarar (Shrinkage Reducing Admixtures) eru til þess fallnir að draga bæði úr þurrkrýrnun og sjálfútþornunarrýrnun.

Rýrnunarvarar blandast við steypuna sem nemur um 1-2% af þyngd sementsins og draga úr rýrnun í steypu. Í rannsókn [11,12] sem gerð var á steypu með og án rýrnunarvara, sést að það er töluverð minnkun á þurrkrýrnun í steypunni sem innihélt rýrnunarvara, á einum mánuði eða 0,04% niður í 0,02%. Sjá línurit 1.



Línurit 1: Áhrif rýrnunarvara á þurrkrýrnun, fyrsta vikan í raka [11]

Línurit 2: Uppgufun (e) vatns úr steypu með og án rýrnunarvara [11]

Rýrnunarvari dregur samt sem áður ekki úr uppgufun vatns úr steypunni eftir að hún kemur í venjulegt loftslag eins og sjá má á línuriti 2.

Virgni rýrnunarvara á rýrnun er sú að hann dregur úr yfirborðsspennu vatnsins ( $\gamma$ ). Við það minnkar spenna í háræðum ( $P$ ) sem verður vegna kúpts yfirborðs vatnsins sem myndast í þórum steypunnar, það er orsakavaldur rýrnunar í sementsefjunni. Háræðaspenna er háð yfirborðsspennu samkvæmt jöfnu 1.

$$P = 2\gamma/r\cos\theta \quad (1)$$

Þar sem  $r$  er þóru radíus og  $\theta$  er vætu horn [11].

Einnig getur notkun á rýrnunarvara lengt tíma þar til sprungur fara að myndast og dregið úr sprunguvídd [13].

Í rannsókn sem Hreinn Jónsson gerði á steypu með og án rýrnunarvara, kemur fram að auðveldlega sé hægt að draga úr rýrnun um 40%-50% og þ.a.l. komið í veg fyrir sprungumyndanir í steypu [14]. Þar kemur fram að flestir þeir [15,16,17] sem rannsakað hafi steypu með og án rýrnunarvara telji að skammtar frá 2 l/m<sup>3</sup> til 8,4 l/m<sup>3</sup> dragi úr rýrnun steypunnar sem nemi 20% til 65%, háð tímanum frá niðurlögn að mælingu og blöndun steypunnar. Í þessari rannsókn bætti Hreinn við rýrnunarvara sem nam um 3,3% af vatni og náði með því að draga um 30%-50% úr langtíma rýrnun (um 6 mánuðir), en hins vegar um 50%-60% úr skammtíma rýrnun (2 til 4 vikur). Þó kom einnig í ljós að með notkun rýrnunarvara gat þrýstipól lækkað um 5%-25% [14]. Margir nota hins vegar ekki rýrnunarvara vegna þess hve dýr hann er og einnig af þeirri ástæðu að hann dregur einungis úr rýrnun en útrýmir henni ekki alveg [11].

#### **2.4.4 Áhrif litarefna á steinsteypu**

Litarefni eru íblendiefni sem veita steypunni varanlegan lit sem við ráðlagðan skammt hefur einungis smávægileg áhrif á hörðun steypunnar og styrk hennar. Vinnanleiki steypunnar getur minnkað við þetta en hægt er að nota þjálnefni til að bæta hann. Minniháttar munur er á rýrnun, lekt og aðskilnaði fylliefna og efju ef borið er saman við venjulega steypu. Litarefni eru yfirleitt í duftformi og mega ekki innihalda nein óhreinindi eins og blý- eða sinkblöndu sem geta haft áhrif á hörðun og styrkmyndun steypunnar [18].

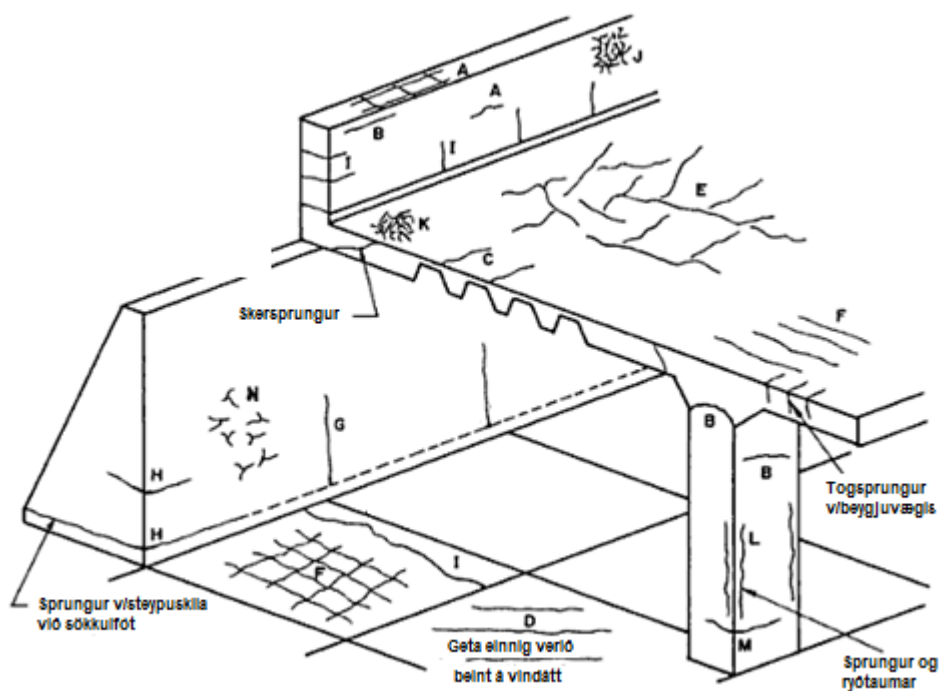
Litarefnin blandast saman við grátt eða hvítt sement. Með hvíta sementinu fást skærari litir en það er þó nokkuð dýrara en hið grúa. Litarefni sem gert er úr járnnoxíð er duft sem fæst í rauðum, brúnum og gulum lit og er duftið sett sem u.þ.b. 4% viðbót af þyngd sements. Einnig er til grænt krómoxíð, kóbalt blár og grænn lífrænn litur. Of mikið litarefni getur haft áhrif á vinnanleika og er því betra að gera prófanir með steypublöndunar áður hún er lögð til að ganga úr skugga um styrk steypunnar og útkomu litar. Ef þörf er á að litarefni sé meira en 10% af þyngd sements til að fá þann lit sem óskað er eftir, ætti frekar að nota minna af sterkara litarefni til að minnka ekki styrk steypunnar. Hægt er að blanda saman tveimur litarefnum en þá er æskilegt að

kornastærð þeirra sé svipuð því annars er hætt á að útlit og veðrunin verði misjöfn [18].

Við hámarks ráðlagðan skammt af litarefni ætti byrjunar hörðunartími ekki að vera meira en 45 mínútur og loka hörðunartími 10 klukkustundir ( $\pm 30$  mínútur). Þó er æskilegt að frávik á meðalstyrkur steypunnar sé innan við 20% frá viðmiðunarblöndu [18].

### 3. Formbreytingar steinsteypu

Formbreytingum í steinsteypu er hægt að skipta í tvo flokka. Í fyrri flokkinn falla formbreytingar sem verða vegna álags sem steypan verður fyrir en sá flokkur verður ekki skoðaður nánar í þessu verkefni. Í seinni flokkinn falla formbreytingar sem verða á steypunni án þess að álag sé sett á hana, t.d við rýrnun og þenslu við mismunandi raka- eða hitastig. Rýrnun í steypu er jafnan flokkuð í fimm flokka, þeir eru; plastísk rýrnun (e. plastic shrinkage), hvörfunarrýrnun (e. chemical shrinkage), sjálfútþornunarrýrnun (e. autogeneous shrinkage), þurrkrýrnun (e. drying shrinkage) og koltvísýringsrýrnun (e. carbonation shrinkage) [19]. Á mynd 4 sjást allar helstu gerðir sprungna, m.a af völdum rýrnunar.



Mynd 4: Ýmsar gerðir sprungna í steinsteypu [3]

Þær sprungur sem komnar eru til vegna plastískrar rýrnunar eru merktar sem D, E og F inn á myndina. Sprungur af gerð D eru algengar á vegum og gólfplötum og myndast skáhalt samsíða við hvor aðra. Sprungur af gerð E myndast á járnabundnum gólfplötum og eru á þvers og kruss. Sprungur af gerð F myndast líkt og sprungur af gerð E ofan á járnabundnum gólfplötum en liggja eftir járnunum í

plötunni. Orsök sprungnanna er hröð þornun á fyrstu dögum steypunnar sem hefði mátt bæta með vökvun. Einnig koma sprungur af gerð F frekar fram ef járn liggja of grunnt í steypunni. Þessar sprungur koma venjulega fram á fyrstu 0,5-6 klukkustundunum[3].

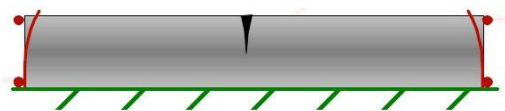
Sprungur af gerð I myndast vegna langtíma þurrkrýrnunar og sjást oft í þunnum plötum og veggjum. Hægt er að sporna við þeim með því að huga að vatnsinnihaldi steypunnar og eins að vökva vel á fyrstu dögum hennar. Þannig sprungur geta verið að koma fram á nokkrum vikum eða mánuðum [3].

Sprungur A, B, C, G, H, J, K, L og M geta myndast af ýmsum ástæðum, t.d vegna of mikillar víbrunar, of mikillar hitamyndunar í steypunni, ryðmyndunar járna í steypunni og vegna alkálí áhrifa frá fylliefnum [3]. Ekki verður farið nánar út í það í þessu verkefni.

### 3.1 Gerðir rýrnunar

#### Plastísk rýrnun

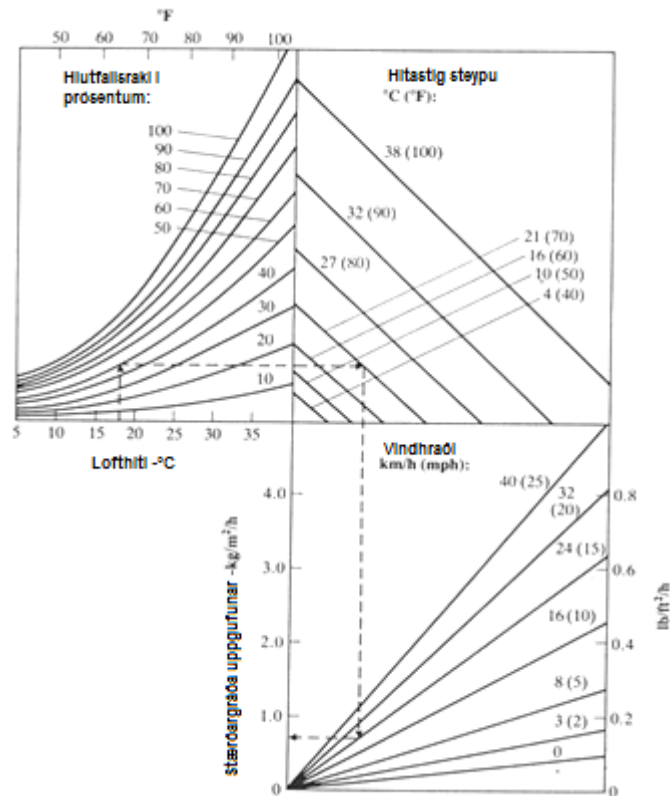
Á meðan steypan breytist úr því að vera fljótandi í fast form, verður hún fyrir rúmmálsminnkun sem er af stærðargráðunni 1% af heildar rúmmáli þurrs sements. Sú rúmmálsminnkun kallast plastísk rýrnun [3]. Rúmmálsminnkunin verður vegna uppgufunar vatns og hvörfunar þess við sement. Steypan er þá ekki lengur í fljótandi formi en hefur þó ekki náð neinum styrk að ráði. Einnig getur rúmmálsminnkun orðið þegar þurr undirliggjandi steypa dregur í sig vatn frá fersku steypunni. Við rúmmálsminnkunina myndast togspenna í efsta lagi steypunnar, á meðan það verða nánast engar breytingar dýpra í steypunni. Þetta getur leitt til þess að stórar sprungur geta myndast á yfirborði steypunnar, sjá mynd 5 [20].



Mynd 5: Yfirborð steypunnar springur vegna plastískrar rýrnunar [20]

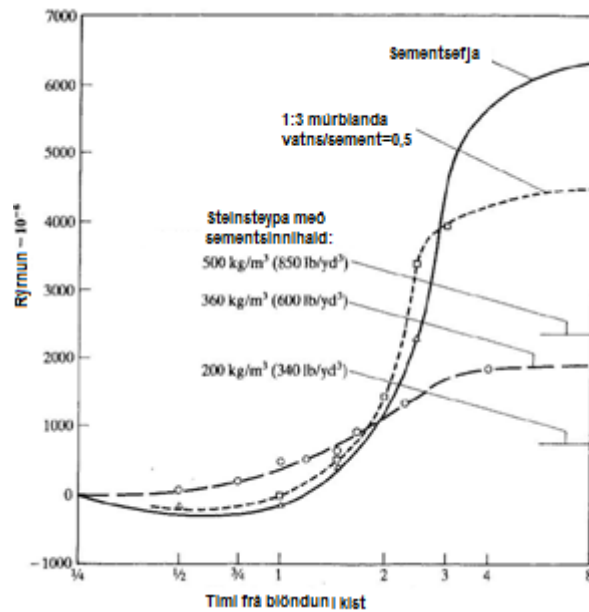
Plastísk rýrnun hækkar í hlutfalli við uppgufun vatns sem ræðst af lofthita, hita í steypu, hlutfallsraka í andrúmsloftinu og vindhraða. Samkvæmt ACI 305R-91

staðlinum þarf að forðast uppgufunarhlutfall hærra en  $0,5 \text{ kg/h/m}^2$ , á óvörðu yfirborði steypunnar, svo hægt sé að koma í veg fyrir plastískar sprungur. Á mynd 6 má sjá hve mikil uppgufun verður við ákveðið hitastig steypu og lofts, rakastig og vindhraða.



Mynd 6: Áhrif hitastigs í steypu, lofthita, hlutfallsraka og vindhraða á stærðargráðu uppgufunar frá yfirborði steypu [3]

Þar sem það er uppgufun vatns úr sementsefjunni sem veldur plastískri rýrnun, er augljóst að eftir því sem sementshlutfallið eykst, eykst rýrnunin en minnkar við aukið hlutfall fylliefna; eins og sjá má á línuriti 3 [3].



Línurit 3: Áhrif sementsmagns í steypublöndu á plastíska rýrnun við 20°C lofthita, 50% hlutfallsraka við vindhraða 1m/s [3]

Notkun á kísilryki í steypu eykur einnig plastíska rýrnun [21] og stýttir storknunartíma steypunnar [22].

### Hvörfunarrýrnun

Þegar vatn og sement hvarfast, rýrnar steypan og kallast það hvörfunarrýrnun. Þetta gerist mest í byrjun, þegar vatn og sement er að blandast en hægir svo á þegar meirihluti sementsins hefur hvarfast. Við þessa hvörfun verða mörg efnasambönd til en þó fyrst og fremst svokallað C-S-H-gel. C-S-H-gel hefur minna rúmmál en sementið og vatnið áður en það hvarfast og þess vegna rýrnar steypan. Hvörfunarrýrnun verður ekki aðeins á yfirborði steypunnar, eins og við annars konar rýrnun, heldur dreifist hún jafnt yfir allt þversniðið [19]. Stærðargráða hvörfunarrýrnunar er hægt að áætla út frá ferli hvarfaða sementsins og þéttleika á kristallaupbyggingu steypunnar [23].

### Sjálífúþornunarrýrnun

Sjálífúþornunarrýrnun sem fyrst var skilgreind í kringum 1920-1930 [24], gerist í raun samhliða hvörfunarrýrnun. Sjálífúþornunarrýrnun verður hins vegar ekki fyrr utanaðkomandi vatn er uppuríð [25]. Það vatn sem sementið notar þá til að hvarfast,

kemur úr þórum og örsmáum háráðum steypunnar. Þegar vatnið minnkar í háráðunum verður undirþrýstingur í kerfinu, svipað og gerist við þurrkrýrnun. Þetta gerist hvort sem steypan er að þorna út eða ekki [19]. Sjálfútþornunarrýrnun er ekki mikil í venjulegri steypu með v/s tölu stærri en 0,45 en getur aukist verulega í hástyrkleika steypu með v/s tölu minni en 0,20. Þetta stafar m.a. af því að í steypu með lágru v/s tölu er ekkert um auka vatn til þess að fylla tómar þórir hennar. Því flyst vatn sem er í stærri þórum yfir í tómar þórir og eykur líkur á sjálfútþornunarrýrnun í steypunni [5]. Hátt hitastig getur aukið sjálfútþornunarrýrnun og notkun á fínna sementi getur jafnvel aukið hana, einnig ef notað er sement sem inniheldur mikið af  $C_3A$  (Tricalcium aluminate) og  $C_4AF$  (Tetracalcium aluminoferrite), hins vegar minnkar þess konar rýrnun við notkun á flugösku [26].

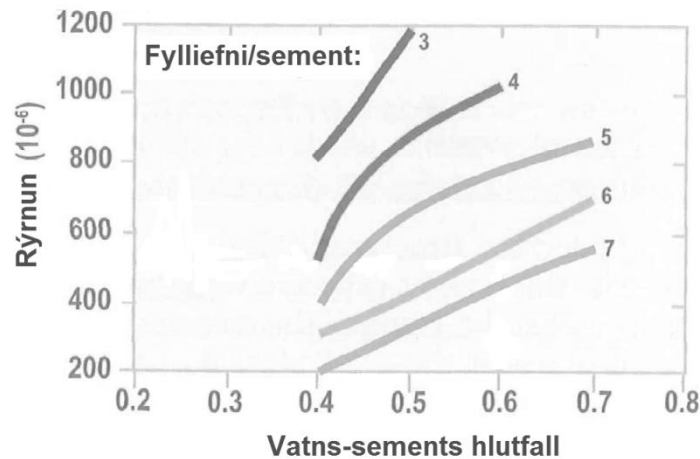
### **Þurrkrýrnun**

Þurrkrýrnun verður vegna útþornunar vatns úr steypunni sem eykst eftir því sem rakastigið minnkar í loftinu. Þurrkrýrnun er að hluta til afturvirk ef steypan er vökvuð. Við vökvun þrútnar steypan út aftur en nær aldrei upphaflegri stærð nema ef þenslusement er notað [27]. Margir þættir hafa áhrif á þurrkrýrnun og þar á meðal innihald steypunnar (sement, fylliefni, vatn, íblendiefni og fínefni).

Sement getur t.d. haft aukin áhrif á þurrkrýrnun ef innihald þess hefur minna en ákjósanlegan skammt af gifsí. Ákjósanlegur skammtur fer hins vegar eftir aðstæðum hverju sinni, t.d hvort steypan þarf að hvarfast hægt eða ekki [5].

Fylliefni geta haft mikil áhrif á þurrkrýrnun. Því harðari sem fylliefnin eru því betur halda þau við sementsefjuna, en það er einmitt hún sem rýrnar. Hlutfall fylliefna á móti sementi hefur einnig mikið að segja eins og sést á línuriti 4 en þar voru prófuð steypusýni sem voru 100x100x500 mm, við 50% hlutfallsraka í 6 mánuði [5].





Línurit 4: Áhrif hlutfalls vatns/sements og fylliefni/sements á rýrnun eftir 6 mánuði [5]

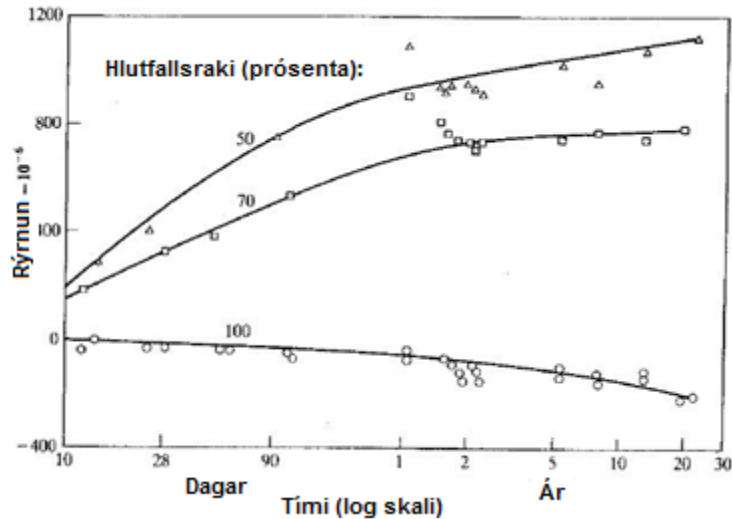
Þjáliefni (e. superplasticizer) geta dregið töluvert úr þurrkrýrnun ef þau eru notuð til að draga úr vatns- og sementsinnihaldi steypunnar.

Loftblendi getur aukið þurrkrýrnun m.a. vegna þess að örfínar loftbólurnar draga úr stífni sementsefjunnar.

Fínefni eins og t.d. flugaska (e. fly ash) og kísilryk (e. silica fume), geta aukið þurrkrýrnun ef þau eru notuð til að auka sementsefju [5].

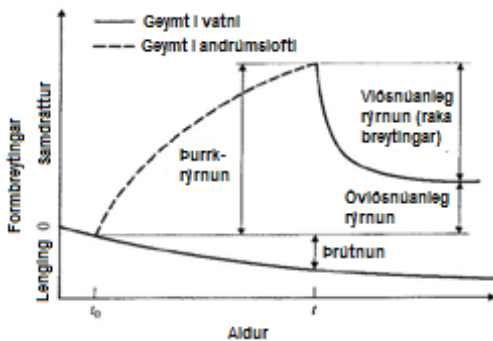
Þurrkrýrnun á sér stað þegar steypa byrjar að harðna og er mest þegar steypa er ný en minnkar með tímanum. Utanaðkomandi aðstæður hafa mikil áhrif, t.d. hlutfallsraki, hitastig og vindhraði, líkt og á við um plastíska rýrnun. Ef steypa er staðsett þar sem hlutfallsraki er minni í andrúmsloftinu en í steypunni sjálfri, þornar hún út. Undirþrýstingur verður í háræðum hennar og steypa springur. Við þurrkrýrnun myndast oft fínt sprungunet á yfirborði steypunnar [19]. Þurrkrýrnun verður vegna þess að vatn gufar upp frá storknaðri steypu í andrúmslofti með lágan hlutfallsraka. Hluti af þessari rýrnun er óafturkræfur og þarf að aðgreina frá þeim hluta sem er afturkræfur [3].

Línurit 5 sýnir hvaða áhrif mismunandi hár hlutfallsraki hefur á steypu byggt á þekktum gögnum.

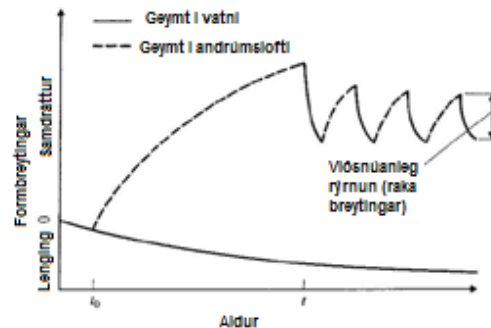


Línurit 5: Samband rýrnunar og þornunar steypu við misjafnan hlutfallsraka [3]

Á línuriti 6 sést hvað gerist þegar steypa sem fengið hefur að þorna við lágt rakahlutfall er skyndilega dýft í vatn. Við það þrútnar steypan út vegna vatns sem þrýstist inn í þóru og hárfæðar steypunnar. Einnig sést greinilega hvernig aðeins hluti af rýrnuninni er afturkræfur, oftast er það á bilinu 40% til 70% en það fer eftir aldri steypunnar þegar hún fyrst byrjaði að þorna út.



Línurit 6: Á línuriti sést hvernig steypa rýrnar frá tíma  $t_0$  til tíma  $t$  en er þá vökvuð [3]



Línurit 7: Hér má sjá hvernig steypan rýrnar frá tíma  $t_0$  til tíma  $t$  en eftir það er hún vökvuð og látin þorna til skiptis [3]

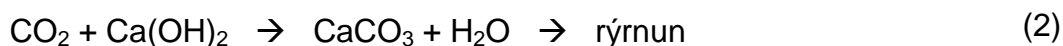
Á línuriti 7 er steypan hins vegar látin þorna upp að ákveðnu marki en svo taka við tímabil þar sem hún er vökvuð og þurrkuð til skiptis. Eins og gefur að skilja tekur þornun mun lengri tíma en vökvun. Þar af leiðandi getur góður regnskúr gert mikið fyrir steypu sem hefur staðið einhvern tíma í þurrki. Formbreytingar steypunnar fara einnig eftir hlutfallsraka í andrúmslofti, hönnun steypunnar og eftirmeðhöndlun á nýrri steypu [3].

Óafturkræfi hluti rýrnunarinnar er tengdur því hvernig ný efnatengi verða til í sementinu þegar vatnið er fjarlæggt. Þegar steypan þornar, hverfur laust vatn í pórur hennar sem ekki hefur hvarfast. Þetta myndar innri hlutfallsraka í sementsefjunni og með tímanum færast vatnssameindir yfir í tómar hárpípur steypunnar og þaðan út úr henni. Þetta gerir það að verkum að sementsefjan dregst saman, minnkun á rúmmáli er þó ekki það sama og rúmmál þess vatns sem fór. Það er vegna þess að upphaflegt tap á lausu vatni veldur ekki mikilli minnkun á rúmmáli sementsefjunnar og einnig vegna innri stífni efjunnar [3].

### Koltvísýringsrýrnun

Til viðbótar við rýrnun sem verður af völdum þurrks, verður steypan líka fyrir rýrnun af völdum kolsýringu. Þá er átt við áhrif  $\text{CO}_2$  á hvarfað sement.  $\text{CO}_2$  er til staðar í andrúmsloftinu; um það bil 0,03% í dreifbýli; 0,1% eða meira á óloftræstri rannsóknarstofu og 0,3% í stórborgum. Þar sem raki er til staðar, hvarfast  $\text{CO}_2$  við kalsíum hýdroxíð ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) í sementsefju steypunnar og myndar kalsíum karbónat ( $\text{CaCO}_3$ ). Aðrir fylgifyrirlýsingar koltvísýringsmettunar er samdráttur í steypunni eða koltvísýringsrýrnun [3].

Efnahvarfið :

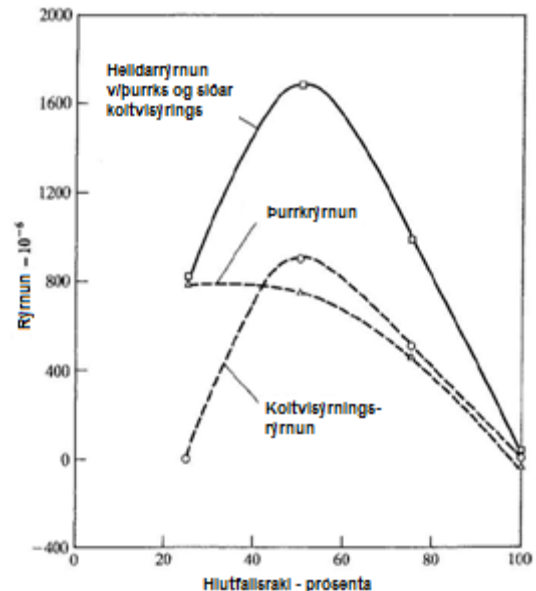


Við þetta verður rúmmálsminnkun í steypunni en til þess að þetta gerist þurfa rakaskilyrði að vera rétt. Kjör aðstæður, til þess að þetta gerist, eru við um það bil 50% rakahlutfall. Efnahvarfið þarf raka en þó mega pórur og hárfæðar steypunnar ekki vera fylltar af vatni, því annars kemst koltvísýringurinn ekki inn í steypuna. Koltvísýringsrýrnun er ekki algeng á Íslandi því hlutfallsraki í steiptum útveggjum er um 70%-90% [19].

Kolsýringin byrjar á yfirborði steypunnar og fer svo inn á við en það gerist mjög hægt. Hraði þess fer í raun eftir lekt steypunnar, rakainnihaldi,  $\text{CO}_2$  innihaldi og hlutfallsraka á svæðinu. Lekt steypunnar fer eftir vatns/sements hlutfalli og hve áhrifarík eftirmeðhöndlun (vökvun) steypunnar er. Steypa með hátt vatns/sements

hlutfall og litla eftirmeðhöndlun er viðkvæmari fyrir kolsýringu, þ.e koltvísýringurinn dregst lengra inn í steypuna.

Línurit 8 sýnir þurrkrýrnun múrblöndu sem þornar í CO<sub>2</sub> fríu umhverfi við mismunandi hlutfallsraka. Einnig sést heildarrýrnunin eftir að sýnið var hafði dregið í sig kolsýring. Þar sést að mesta kolsýringin verður við 50% hlutfallsraka á meðan þurrkrýrnunin nær hámarki við 25%. Ástæðan er sú að við 25% hlutfallsraki er ekki nægt vatn í þórum steypunnar til að CO<sub>2</sub> geti myndað kolsýring. Einnig má sjá að við 100% hlutfallsraka er svo mikið vatn í þórum steypunnar að útbreiðsla koltvísýrings í sementsefjunni er mjög hæð [3].



Línurit 8: Þurrkrýrnun og koltvísýringsrýrnun í múrblöndu við mismunandi hlutfallsraka [3]

### 3.2 Þenslusement

Þenslusement (expansive cement) hefur verið notað erlendis til að vinna upp á móti rýrnun. Vitað er að allt of oft springur steypa eftir að hún harðnar, en ástæðurnar geta verið ýmiskonar, t.d. kólnun, þornun og svignun. Kólnun orsakar samdrátt, þornun orsakar rýrnun og svignun orsakar spennu. Hins vegar ef notað er sement sem þrútnar, þá hefur steypan aukið rými í byrjun áður en rýrnun eða samdráttur hefst [28]. Samkvæmt ACI Committee 223 (Standard Practice for the Use of Shrinkage-Compensating Concrete) staðlinum er virkni þenslusements þannig að eftir að vatn hefur verið blandað saman við það verður til efja sem þenst út, öfugt við það sem gerist í Portland sementsefju. Það eru tvær leiðir til að vinna á móti rýrnun með sementi. Sú fyrri er að blanda við efnum sem þenjast eins og kalk (e. lime), magnesíumoxíð (e. magnesia), kalsíum súlfóaloxíð (e. calcium sulfoaluminates) og alkalí kísiloxíð (e. alkaline silicates). Aðallega hefur þó kalsíum súlfóaloxíð verið notað til að framkalla þrútnun. Hin leiðin til að verjast rýrnun er að nota efni sem stuðla að þenslu, t.d. fín malað járn með ammóníumklóríð, bösum eða öðrum efnum sem stuðla að gasmyndun líkt og álduft. Þrennskonar þenslusement hefur fengist og

eru þau skilgreind sem K, M og S, sem einkennist af mismunandi blöndu af áloxíð og málmoxíð [29].

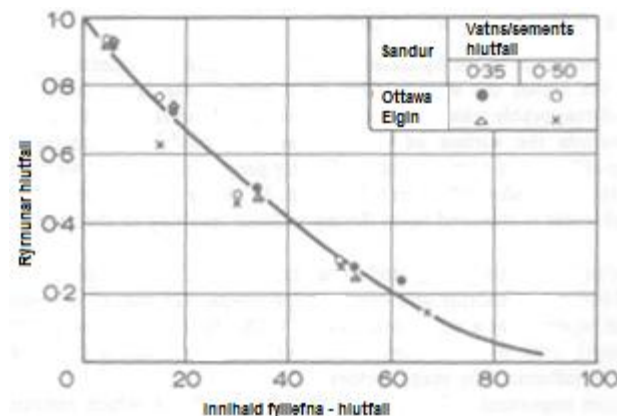
### 3.3 Áhrif fylliefna á rýrnun

Það er margt sem hefur áhrif á rýrnun, þar á meðal fylliefni, en harka þeirra stjórnar að stórum hluta stærðargráðu rýrnunarinnar.

Einnig hefur innihald fylliefna mikil áhrif. Í jöfnu 3 má sjá að hlutfall rýrnunar ( $S_c$ ) á móti rýrnun á sementsefju ( $S_p$ ) fer eftir innihaldi fylliefna ( $a$ ) í steypunni, þ.e:

$$S_c = S_p(1-a)^n \quad (3)$$

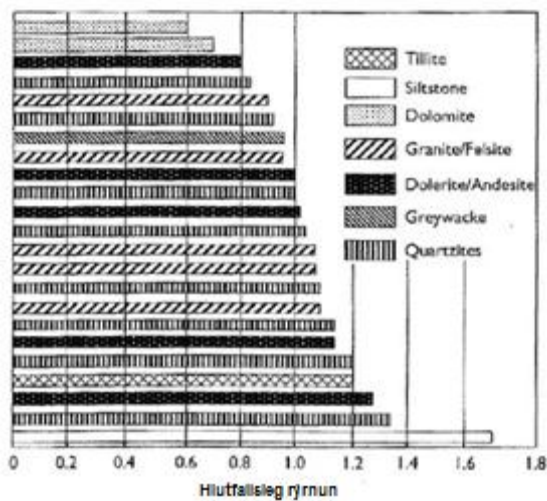
Reynslugildi fyrir  $n$  eru breytileg á bilinu 1,2 – 1,7 og fer eftir fjaðurstuðli og stærðardreifingu fylliefnanna. Sjá má á línuriti 9 hvernig rýrnun minnkar með auknu magni fylliefna en þar er  $n=1,7$  [3,26].



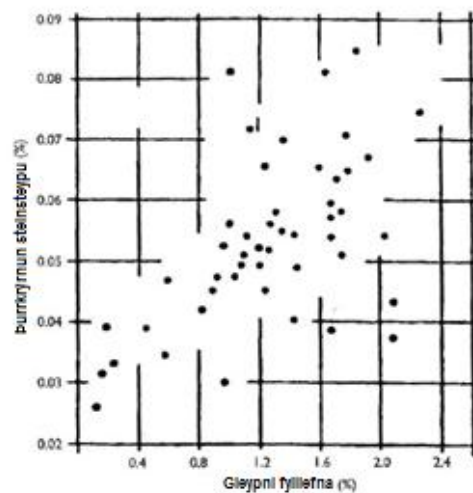
Línuriti 9: Áhrif hlutfalls fylliefna á hlutfall rýrnunar [26]

Einnig koma þessi áhrif fylliefna fram í rannsókn sem Pickett [30] gerði en þar segir að það dragi verulega úr rýrnun ef fylliefnum er bætt í múrblöndu. Fylliefni eru yfirleitt stöðug þegar kemur að rúmmálsbreytingu og virka sem innri höft sem vinna gegn rýrnun. Einnig dregur úr rýrnun ef fylliefni með meiri stífleika eru notuð [30,31]. Auk þess að aukin sementsefja eykur rýrnun þá verður steypan mun viðkvæmari fyrir sprungumyndun [32].

Fylliefni eru stór hluti steypublöndu eða um 60% - 70% og fjaðurstuðull þeirra hefur áhrif á það hve mikið steypa rýrnar. Þannig rýrnar léttsteypa (steypa gerð með léttum og blöðróttum fylliefnum) mun meira en steypa sem gerð er með venjulegum fylliefnum en breytingar á fjaðurstuðli koma fram í stuðli  $n$  úr jöfnu 3. Þó aðeins séu skoðuð venjuleg fylliefni er mikill breytileiki á fjaðurstuðli þeirra. Á súluriti 1 má sjá mismun á rýrnun fyrir mismunandi fylliefni [20]. Stærð fylliefna skipta einnig máli, ef vatns-sements hlutfalli er haldið föstu en stærð á fylliefnum aukin þá minnkar rýrnun [3].

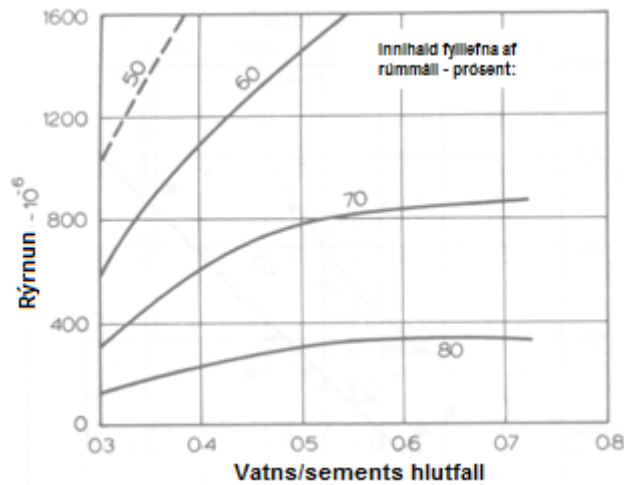


Súlurit 1: Áhrif mismunandi fylliefna á rýrnun [33]



Línurit 10: Áhrif mismunandi rakdrægni hlutfalls á þurrkrýrnun [33]

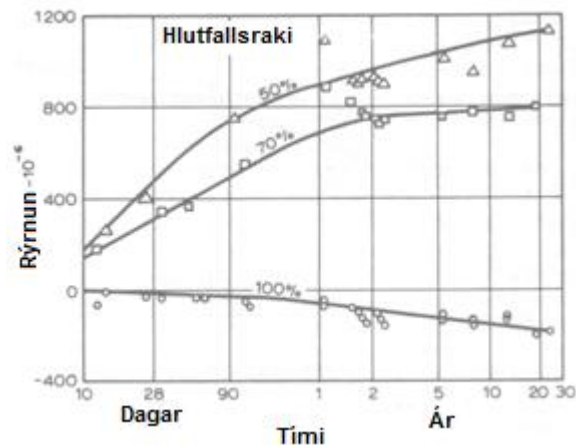
Það hefur mikil áhrif á fjaðurstuðul fylliefna hve blöðrótt og rakdræg þau eru. Rannsóknir hafa einnig verið gerðar á áhrifum rakdrægni fylliefna á rýrnun, sjá línurit 10. Einnig má benda á að þetta línurit nær aðeins upp í 2,4% gleypni, en íslensk fylliefni sem eru hvað mest blöðrótt fara jafnan í 3% - 7% gleypni [20]. Gróf fylliefni geta verið hagstæðari en þau fínni, því gróf fylliefni hafa minni vatnspörf og geta einnig hjálpað til við innri spennu sem hefur áhrif á ytri rýrnun með því að halda aftur af rýrnun í sementsefjunni umhverfis þau [34]. Hægt er að setja áhrif vatns/sements hlutfalls og hlutfall rúmmáls fylliefna upp í línurit, sjá línurit 11. Á því er hægt að sjá að við jafnt vatns/sements hlutfall verður minni rýrnun með auknu hlutfalli af fylliefnum. Það stafar af því að með hærra hlutfalli af sementi eykst hlutfall sementsefju þar sem rýrnunin verður aðallega. [26]. Styrkur steypunnar eykst einnig við hærra hlutfall fylliefna eða eftir því sem sementefjan minnkar [35].



Línurit 11: Áhrif vatns/sements hlutfalls og fylliefna í steypu á rýrnun [26]

### 3.4 Eftirmeðhöndlun og rýrnun

Besta eftirmeðhöndlun steypu er vökvun en þó að rýrnun eigi sér stað á löngum tíma er ekki áhrifaríkt að vökva steypuna allan hennar líftíma. Hinsvegar er vökvun steypunnar mjög mikilvæg a.m.k. í 1 viku í byrjun líftíma hennar. Góð vökvun í byrjun hefur mikil áhrif á styrk og þórummyndun á fyrstu dögum steypunnar. Það hefur þó ekki sýnt sig að vökvun í lengri tíma, t.d. í 28 daga, dragi úr áhrifum þurrkrýrnunar í samanburði við góða vökvun í 7 daga [5]. Ef aðeins er hugað að hreinni sementsefju, þá eftir því sem meira verður af hvörfuðu sementi því minna verður af óhvörfuðu sementi sem vinnur á móti rýrnuninni. Því ætti það að leiða af sér meiri rýrnun að vökva steypuna, en þar sem sementsefjan inniheldur minna vatn og verður sterkari með aldrinum, getur hún öðlast meiri getu til að rýrna án þess að springa. Hlutfallsraki umhverfis steypuna hefur mikil áhrif á stærðargráðu rýrnunarinnar eins og sést á línuriti 12 [26].



Línurit 12: Áhrif sambands rýrnunar og tíma á steypu við mismunandi hlutfalls raka [26]

Þar sést einnig samanburður á heildarrýrnun á móti þrútnun. Þar sem sýnið hefur fengið að liggja í vatni er þrútnunin sex sinnum minni en rýrnun í sýni sem var í 70% hlutfallsraka og átta sinnum minni en rýrnun í sýni sem var í 50% hlutfallsraka [26].

Skoðuð var rannsókn sem Tongaroonsri og Tangtermisirikul frá Tælandi gerðu árið 2008, þar var sérstaklega kannað hvaða áhrif eftirmeðhöndlun hefði á rýrnun [36]. Viðmiðunarsýni var byggt upp á venjulegu Portland sementi (Gerð I). Einnig voru gerðar tilraunir með því að blanda flugösku (FA) og kalkdufti (LPF) við steypuna til að kanna áhrif þess á rýrnun.

Í töflu 1 má sjá hvernig steypublöndur í rannsókninni voru hannaðar.

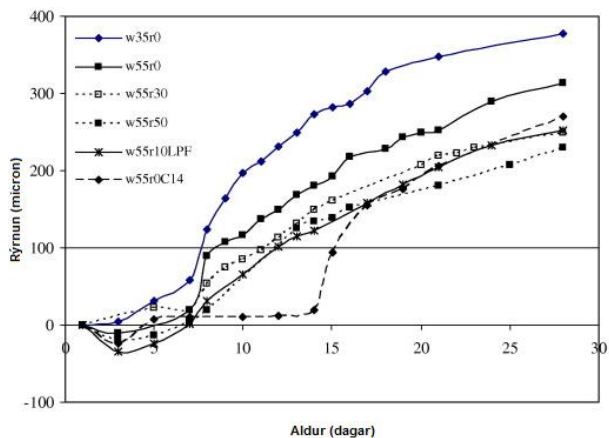
Tafla 1: Steypublöndur [36]

Mix no.	Mix designation	w/b	Percentage of replacement		Unit content (kg/m <sup>3</sup> )					Curing period (days)	
			FA	LPF	C	FA	LPF	W	S		G
1	w35r0	0.35	–	–	470	–	–	164	774	1021	7
2	w55r0	0.55	–	–	362	–	–	199	774	1021	7
3	w55r30	0.55	30	–	245	105	–	193	774	1021	7
4	w55r50	0.55	50	–	172	172	–	189	774	1021	7
5	w55r10LPF	0.55	–	10	323	–	36	198	774	1021	7
6	w55r0C14	0.55	–	–	362	–	–	199	774	1021	14

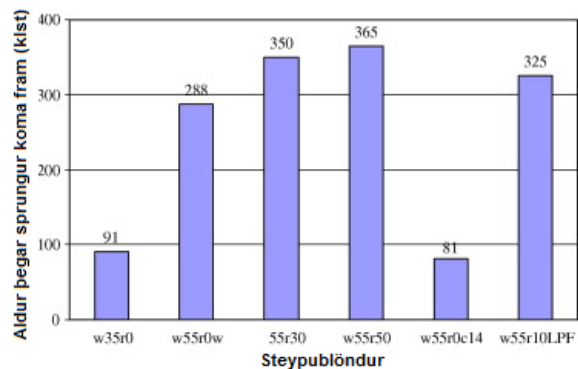


Sumum sýnunum var haldið rökum með því að breiða yfir þau blautan striga, ýmist í 7 eða 14 daga.

Á línuriti 13 má sjá heildarrýrnun sýna og á súluriti 2 kemur fram eftir hve margar klukkustundir sprungur fóru að myndast.



Línuriti 13: Heildarrýrnun sýna [36]

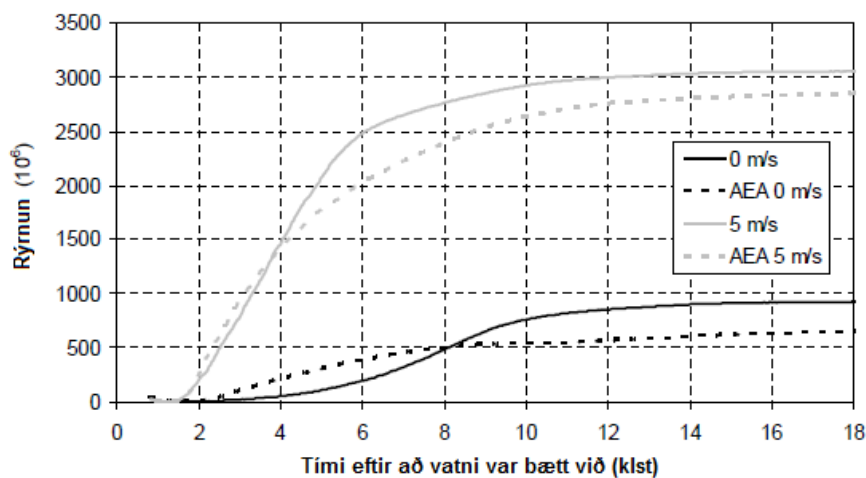


Súluriti 2: Sprungutími [36]

Eins og sést á línuriti 13, er heildarrýrnun þess sýnis sem vökvað var í 14 daga (w55r0C14), lægri en hjá þeim sýnum sem vökvað voru í 7 daga. Hins vegar sést á súluriti 2 að sprungur byrja að koma fram mun fyrr í sýninu sem vökvað var í 14 daga en í sýni sem var gert úr sömu blöndu en var einungis vökvað í 7 daga. Einnig sést á línuriti 13 að heildarrýrnun er mest í því sýni sem var með vatns-bindi hlutfall 0,35 (w35r0). Er það talið stafa af því að þetta lága hlutfall eykur styrk steypunnar hratt og lækkar þar með togskrið (e. tensile creep) sem losar um innri spennu. Einnig er það þekkt að hástyrkleikasteypa hefur hærri sjálfútþornunarrýrnun en steypa með vatns-bindi tölu yfir 0,42, þar sem vökvunarvatn nær ekki að komast inn í smáar þórir hástyrkleikasteypunnar. Þar af leiðandi verður innri þornun í steypunni og rýrnun eykst [36].

### 3.5 Áhrif loftblendis á rýrnun

Í rannsókn sem Tor Arne Hammer [37] gerði á steypu með vatns-bindi hlutfall 0,35, kannaði hann hve mikil áhrif aukið loftmagn í steypunni hefði. Gerðar voru tvær blöndur, ein með engu loftblendinu en í henni mældist 2,5% loft og önnur sem mældist með 9% loft með hjálp loftblendis (AEA). Sýnin voru svo látin standa við annað hvort engan blástur (0 m/s) eða blástur upp á 5 m/s en einungis var verið að skoða rýrnun á fyrstu 18 klukkutímum eftir að vatni var bætt í blönduna [37]. Sjá niðurstöður á línuriti 14.



Línurit 14: Rýrnun steypu með vatns-bindi hlutfall 0,35 með og án loftblendis við mismunandi aðstæður[37]

Á línuritinu sést að eftir 4 klukkustundir fer smám saman að verða meiri rýrnun í steypunni með loftblendinu við 5 m/s. Það líða hins vegar 8 klukkustundir þar til það sama fer að gerast í steypunni sem er ekki við blástur (0 m/s). Greinilegur munur verður strax á sýnunum við þessar ólíku aðstæður [37].

### 3.6 Þjöppun steypu og rýrnun

Miklu getur munað á rýrnun í steypusýnum eftir því hvernig steypunni er pakkað í mótin. Í rannsókn sem Helgi Hauksson gerði árið 2009, prófaði hann að taka tvö sýni úr sömu steypublöndunni. Annað sýnið var lítið sem ekkert þjappað en hitt var vel þjappað. Öfgarnar voru þar með teknar í báðar áttir en gert í þeim tilgangi að sjá sem best hver munurinn væri. Niðurstöður úr þeim rannsóknum sýndu að rýrnun gat aukist um 20% - 30% ef sýnið var illa þjappað [38].

## 3.7 Reiknilíkön

Nokkur reiknilíkön fyrir rýrnun hafa verið gerð til nálgunar við raunveruleikann. Þessi líkön eru mjög misjöfn og því var ákveðið að skoða þrjú líkön til samanburðar við þau sýni sem steyppt voru. Þessi líkön voru samkvæmt EuroCode 2 [39], ACI 209R-92 [2,20] og Z.P. Bažant [40,41].

### 3.7.1 Útreikningar á rýrnun samkvæmt EuroCode 2

Heildarrýrnunarstreita samkvæmt Eurocod 2 [39] má finna út frá tveimur þáttum. Annar er þurrkrýrnunarstreita en hinn er sjálfútþornunarrýrnunarstreita. Þurrkrýrnunarstreitan þróast hægt og bítandi og fer eftir því hve mikill raki gufar upp frá steypunni. Sjálfútþornunarrýrnunarstreitan þróast með á storknunartíma steypunnar og því hefur stór hluti sjálfútþornunarrýrnunarinnar komið fram á fyrstu dögum hennar. Heildarrýrnunarstreitu má sjá í eftirfarandi jöfnu:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} \quad (4)$$

Þar sem:

- $\varepsilon_{cs}$  er heildarrýrnunarstreitan
- $\varepsilon_{cd}$  er þurrkrýrnunarstreitan
- $\varepsilon_{ca}$  er sjálfútþornunarrýrnunarstreitan.

Þurrkrýrnunarstreita er sett fram í eftirfarandi jöfnu:

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) * k_h * \varepsilon_{cd,0} \quad (5)$$

Þar sem:

- $t$  er aldur steypunnar í dögum
- $t_s$  er aldur steypunnar í dögum, þegar þurrkrýrnun hefst (venjulega þegar eftirmeðhöndlun endar)
- $k_h$  (yfirborðsstuðull fyrir útþornun) er háð stuðlinum  $h_0$  (sjá jöfnu síðar) eða:

Tafla 2: Gildi fyrir yfirborðsstuðulinn  $k_h$  [39]

$h_0$	$k_h$
100	1.0
200	0.85
300	0.75
$\geq 500$	0.70

$h_0 = 2A_c/u$  er viðmiðunarstærð þversniðs (mm)

Þar sem:

- $A_c$  er þversniðs flatarmál steypunnar
- $u$  er sá hluti þversniðs sem getur þornað

$\varepsilon_{cd,0}$  er grunn þurrkrýnnunarstreitan (e. basic drying shrinkage strain) og má finna í töflu 3, eða með jöfnu 6.

Tafla 3: Viðmiðunarmeðalgildi á óheftri þurrkrýnnun  $\varepsilon_{cd,0}$  (%) fyrir steypu með sementi CEM í flokki N [39]

$f_{ck}/f_{ck}$ tening (MPa)	Hlutfallsraki ( í %) $l_0$					
	20	40	60	80	90	100
20/25	0.62	0.58	0.49	0.30	0.17	0.00
40/50	0.48	0.46	0.38	0.24	0.13	0.00
60/75	0.38	0.36	0.30	0.19	0.10	0.00
80/95	0.30	0.28	0.24	0.15	0.08	0.00
90/105	0.27	0.25	0.21	0.13	0.07	0.00

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \left[ (220 + 110 * \alpha_{ds1}) * \exp \left( -\alpha_{ds2} * \frac{f_{cm}}{f_{cm0}} \right) \right] * 10^{-6} * \beta_{RH} \quad (6)$$

$$\beta_{RH} = 1,55 \left[ 1 - \left( \frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right] \quad (7)$$

Þar sem:

- $f_{cm}$  er meðal þrýstistyrkur
- $f_{cm0} = 10$  MPa

$\alpha_{ds1}$  er stuðull sem er háður sementsflokki

= 3 fyrir sement í flokki S

= 4 fyrir sement í flokki N

= 6 fyrir sement í flokki R

$\alpha_{ds2}$  er stuðull sem er einnig háður sementsflokki

= 0,13 fyrir sement í flokki S

= 0,12 fyrir sement í flokki N

= 0,11 fyrir sement í flokki R

$RH$  er hlutfallsraki (%)

$RH_0 = 100\%$

Tímafallið er eftirfarandi:

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t-t_s)}{(t-t_s)+0,04\sqrt{h_0^3}} \quad (8)$$

Sjálfútpornunarrýrnunarstreita:

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) * \varepsilon_{ca}(\infty) \quad (9)$$

þar sem:

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5(f_{ck} - 10) * 10^{-6} \quad (10)$$

og

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0,2t^{0,5}) \quad (11)$$

þar sem  $t$  er í dögum

### 3.7.2 Útreikningar á rýrnun samkvæmt ACI 209R-92

Viðmiðunarrýrnunarstreita við venjulegar aðstæður samkvæmt ACI 209R [2,20] er  $780 \times 10^{-6}$ , en við aðrar aðstæður ætti að notast við:

$$(\epsilon_{sh})_u = 780 \gamma_{sh} * 10^{-6} \quad (12)$$

Þar er stuðullinn  $\gamma_{sh}$  er notaður sem breyta frá venjulegum aðstæðum, t.d. meðhöndlunartími, hlutfallsraki, sigmál, hlutfall lofts, umhverfisaðstæður, hlutfall fínefna, áhrif stærðar og sementsinnihald. Jafna fyrir þessa breytu er:

$$\gamma_{sh} = \gamma_{sh,tc} * \gamma_{sh,RH} * \gamma_{sh,vs} * \gamma_{sh,\psi} * \gamma_{sh,s} * \gamma_{sh,c} * \gamma_{sh,\alpha} \quad (13)$$

$\gamma_{sh,tc}$  er breyta fyrir eftirmeðhöndlun og afhjúpunartíma:

$$\gamma_{sh,tc} = 1,202 - 0,2337 * \log t_c \quad (14)$$

Þar sem  $t_c$  er eftirmeðhöndlunar tími í dögum.

$\gamma_{sh,RH}$  tekur mið af umhverfi t.d hlutfallsraka( $h$ ):

$$\gamma_{sh,RH} = \begin{cases} > 1,0, & h < 0,40 \\ 1,4 - 1,02h, & 0,40 \leq h \leq 0,80 \\ 3,0 - 3,0h, & 0,8 < h < 1,00 \end{cases} \quad (15)$$

$\gamma_{sh,vs}$  fer eftir stærð sýnis:

$$\gamma_{sh,vs} = 1,2e^{-0,00472(\frac{v}{s})} \quad (16)$$

$v$  stendur fyrir rúmmál og  $s$  er stærð yfirborðsflatar sem getur þornað.

Í stað þess að finna hlutfallið er einnig hægt að finna stuðul þykktar og nota í stað

$\gamma_{sh,vs}$ :

$$\gamma_{sh,d} = \begin{cases} 1,23 - 0,00015d, & (t - t_c) \leq 1 \text{ ár} \\ 1,17 - 0,00114d, & (t - t_c) > 1 \text{ ár} \end{cases} \quad (17)$$

Þar sem  $d$  er meðal þykkt í mm,  $t$  er aldur sýnis og  $t_c$  er tími sýnis í eftirmeðhöndlun.

$\gamma_{sh,s}$  er breyta fyrir þéttleika sýnis, sem tekur mið af hlutfalli vatns á móti bindiefnum:

$$\gamma_{sh,s} = 0,89 + 0,00161s \quad (18)$$

Hérna stendur  $s$  fyrir sigmál í mm.

Breyta fyrir sement er:

$$\gamma_{sh,c} = 0,75 + 0,00061c \quad (19)$$

Þar er  $c$  innihald sements í  $\text{kg/m}^3$ .

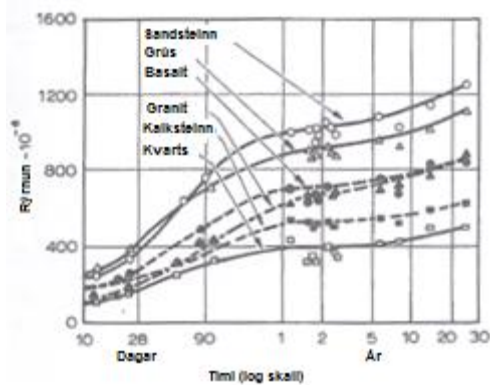
Breyta fyrir fylliefni tekur mið af magni fínefna í blöndunni:

$$\gamma_{sh,\psi} = \begin{cases} 0,3 + 0,014\psi, & \psi \leq 50\% \\ 0,9 + 0,002\psi, & \psi > 50\% \end{cases} \quad (20)$$

$\psi$  er hlutfall fínefna:

$$\psi = \frac{m_f}{m_{agg}} \quad (21)$$

Þar sem  $m_f$  er þyngd fínefna og  $m_{agg}$  er heildarþyngd fylliefna.



Línurit 15: Rýrnun í steypusýnum með mismunandi fylliefni [20]

Að síðustu er breyta fyrir loftinnihald:

$$\gamma_{sh,\alpha} = 0,95 + 0,008\alpha \geq 1,0 \quad (22)$$

Þar sem  $\alpha$  er loftinnihald í prósentum.

Tímafallið fyrir rýrnun:

$$(\varepsilon_{sh})_t = \frac{t^\alpha}{f+t^\alpha} (\varepsilon_{sh})_u \quad (23)$$

Þar sem  $t$  er aldur sýnis eftir eftirmeðhöndlun,  $f$  og  $\alpha$  eru fastar sem ráðast af stærð, lögun og eftirmeðhöndlun. Stuðull  $f$  er á bilinu 20-130 dagar og stuðull  $\alpha$  á bilinu 0,9-1,1.



### 3.7.3 Útreikningar á rýrnun samkvæmt Z. P. Bažant

Meðalrýrnunarstreita í þversniði samkvæmt Bažant [40,41]:

$$\varepsilon_{sh}(t, t_0) = -\varepsilon_{sh\infty} k_h S(t) \quad (24)$$

Þar sem  $\varepsilon_{sh\infty}$  er endanleg rýrnun háð tíma:

$$\varepsilon_{sh\infty} = \varepsilon_{s\infty} \frac{E(7+600)}{E(t_0+\tau_{sh})} \quad (25)$$

Þar sem:

$$\tau_{sh} = k_t (k_s D)^2 \quad (26)$$

sem tekur tillit til styrks, lögunar og ytri aðstæðna

$$k_t = 8,5 t_0^{-0,08} f_c'^{-1/4} \quad \text{dagar/cm}^2 \quad (27)$$

$t_0$  aldur steypu þegar þornun byrjar, í dögum

$f_c'$  28-daga styrkur í MPa

og

$$k_s = \begin{cases} 1.00 \text{ fyrir óendanlega plötu} \\ 1.15 \text{ fyrir óendanlegan sívalning} \\ 1.25 \text{ fyrir óendanlegan strending} \\ 1.30 \text{ fyrir kúlu} \\ 1.55 \text{ fyrir tening} \end{cases}$$

og

$$D = \frac{2v}{s} \quad (28)$$

Þar sem  $v$  er rúmmál og  $s$  er yfirborðsflatarmál

$$E(t) = E(28) [t/(4 + 0.85t)]^{1/2} \quad (29)$$

$E(28)$  er fjaðurstuðull eftir 28 daga

$t$  er aldur steypu, í dögum

(30)

$$\varepsilon_{s\infty} = \alpha_1 \alpha_2 [1,9 \times 10^{-2} w^{2.1} (f'_c)^{-0.28} + 270] \quad (\text{í } 10^{-6})$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} 1.00 & \text{fyrir sementsgerð I} \\ 0.85 & \text{fyrir sementsgerð II} \\ 1.10 & \text{fyrir sementsgerð III} \end{cases}$$

$$\alpha_2 = \begin{cases} 0.75 & \text{fyrir sýni meðhöndluð með gufu} \\ 1.0 & \text{fyrir sýni meðhöndluð í vatni eða við 100% HR} \\ 1.2 & \text{fyrir sýni sem eru meðhöndluð með innþökkun} \end{cases}$$

$w$  er innihald vatns í steypu

Gildi á  $\varepsilon_{sh\infty}$  ættu að vera á bilinu  $300 \times 10^{-6}$  til  $1100 \times 10^{-6}$ .

Áhrif raka:

$$k_h = \begin{cases} 1 - h^3 & \text{fyrir } h \leq 0.98 \\ -0.2 & \text{fyrir } h = 1 \text{ (þrútnun í vatni)} \\ \text{línuleg interpólun} & \text{fyrir } 0.98 \leq h \leq 1 \end{cases} \quad (31)$$

Tímaferill:

$$S(t) = \tanh \left( \frac{t-t_0}{\tau_{sh}} \right)^{1/2} \quad (32)$$

## 4. Staðlar sem notaðir eru við úrvinnslu gagna

Í þessum kafla verður gert grein fyrir þeim stöðlum sem farið var eftir við rannsóknir fyrir þetta verkefni.

### 4.1 Kornakúrfur, kornarúmpyngd, mettvatn og raki

Til að hanna steypu þarf að gera ýmsar forrannsóknir til að fá sem nákvæmastar niðurstöður. Nauðsynlegt er að hafa góða kornakúrfu svo steypan skilji sig ekki og eins er gott að vita hve mikið mettvatn og hve mikill raki er í fylliefnunum svo hæfilegu magni af vatni sé bætt út í steypublönduna.

Við skiptingu og minnkun sýna var farið eftir staðli ÍST EN 932-2:1999 [42], á mynd 7 má sjá þegar sýni er skipt í tvennt.



Mynd 7: Skipting sýna, mynd ELÁ

Til að mæla raka í sýnum var farið eftir staðli ÍST EN 1097-5:1999 [43] en þá er steinefnið fyrst vigtað rakt, svo þurrkað í ofni yfir nótt eða þar til allur raki er horfinn og vigtað aftur. Formúla:

$$Raki = \frac{(rakt\ steinefni - þurrt\ steinefni)}{þurrt\ steinefni} \quad (33)$$

Við rannsóknir á kornarúmpýngd og mettvatni var farið eftir staðli ÍST EN 1097-6:2000 [44], og notuð svo kölluð pyknometeraðferð.

Til að finna kornarúmpýngd er notaður pyknometer (flaska þar sem rúmmál er þekkt), yfirborðspurtt steinefnið er sett í flöskuna og vigtað. Flaskan er svo fyllt af vatni og vigtað aftur, þá sést þýngd steinefnis í þekktu rúmmáli af vatni.

Til að finna hve mikið mettvatn (öll holrými steinefnis eru þá full af vatni en yfirborð þurrt) er í steinefnum þarf að byrja á því að láta steinefnið ná vatnsmettun og það vigtað. Því næst er sýnið yfirborðspurrkað og vigtað aftur. Að lokum er sýnið þurrkað í ofni og vigtað þurrt. Mettvatn er reiknað út líkt og raki. Sjá viðauka A.

Á mynd 8 má sjá fylliefni komin í pyknometer.



Mynd 8: Rannsókn á kornarúmpýngd, mynd ELÁ

Við rannsóknir á kornastærðardreifingu var farið eftir staðli ÍST EN 933-1:1997 [45]. Fyrst eru steinefni vigtuð, því næst þurrkuð og vigtuð aftur. Þá er efnið votsigtað á 0,063 mm sigti, það þurrkað og vigtað. Þegar því er lokið er efnið sigtað á sigtum sem eru 11.2, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 og 0.063 mm og það sem situr á hverju sigti er vigtað. Sjá viðauka A. Á myndum 9-14 má sjá hvernig dreifing korna var hjá fylliefnum frá Björgun, Vatnsskarði og Noregi.



Mynd 9: Kornadreifing - Björgunarsandur, mynd ELÁ



Mynd 10: Kornadreifing - Björgunarmöl, mynd ELÁ



Mynd 11: Kornadreifing - Vatnsskarðssandur, mynd ELÁ



Mynd 12: Kornadreifing - Vatnsskarðsmöl, mynd ELÁ



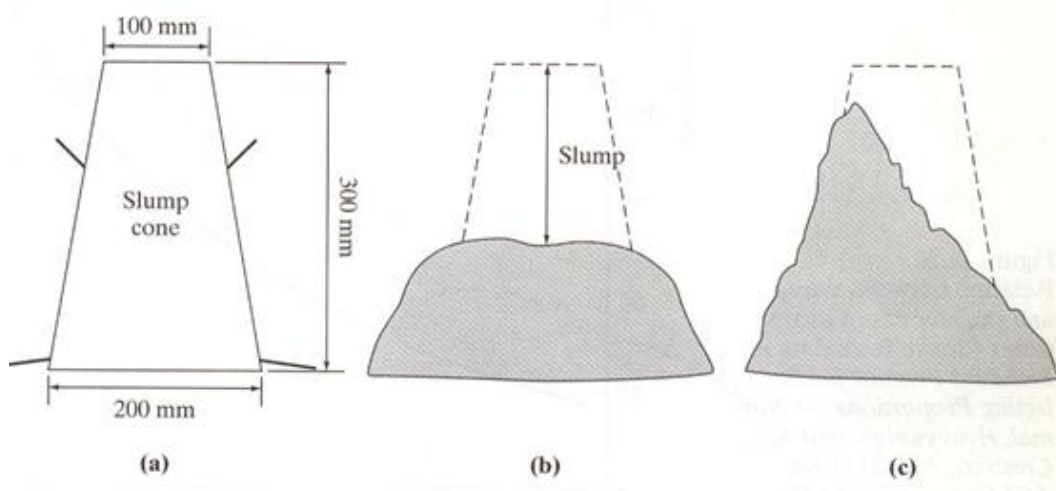
Mynd 13: Kornadreifing - norskur Árdalssandur, mynd ELÁ



Mynd 14: Kornadreifing - norsk Árdalsmöl, mynd ELÁ

## 4.2 Sigmálsmæling

Við sigmálsmásmælingu var farið eftir staðli ÍST EN 12350-2:1999 [46]. Notuð er þar til gerð sigmálskeila, mynd 15 (a) sem staðsett er á sléttum fleti. Fyllt er upp í keiluna í þremur lögum og er hvert lag pikkað með 16 mm stöng, 25 sinnum fyrir hvert lag. Þegar keilan er orðin sléttfull er henni lyft varlega upp og þá sígur steypan. Steypan á að síga jafnt, sjá mynd 15 (b) og svo er mælt hve mikið steypan hefur sigið, þ.e. lengd frá toppi keilu að kúf á steypu. Ef um skersig er að ræða, sjá mynd 15 (c), skal endurtaka prófið.



Mynd 15: Sigmálsmæling [4]

Á mynd 16 má sjá þegar tekin er sigmálsmæling



Mynd 16: Sigmálsmæling á verkstað, mynd ELÁ

### 4.3 Loftmæling og rúmmálmæling

Til að mæla loftinnihald ferskrar steypu var staðall ÍST EN 12350-7:2000 [47] notaður. Þá er steypan sett í þremur lögum í ílát og hvert lag pikkað 25 sinnum. Loftmælirinn er festur ofan á og fylltur með vatni. Lofti er svo þrýst inn í ílátið upp í fyrirfram ákveðinn loftþrýsting og vatnshæð á mæli lesin til að sjá loftinnihald steypunnar. Á mynd 17 sést þegar verið er að taka loft – og rúmmálmælingu.



Mynd 17: Loft- og rúmmálmæling á verkstað, mynd ELÁ

### 4.4 Þrýstipolspróf

Við athugun á 28 daga þrýstipoli var farið eftir staðli ÍST EN 12390-3:2001 [48]. Steyptir voru þrjár sívalningar 100x200 mm úr hverri blöndu til að mæla þrýstipól, sjá mynd 18.



Mynd 18: Steyptir sívalningar til þrýstipolsprófunar, mynd ELÁ

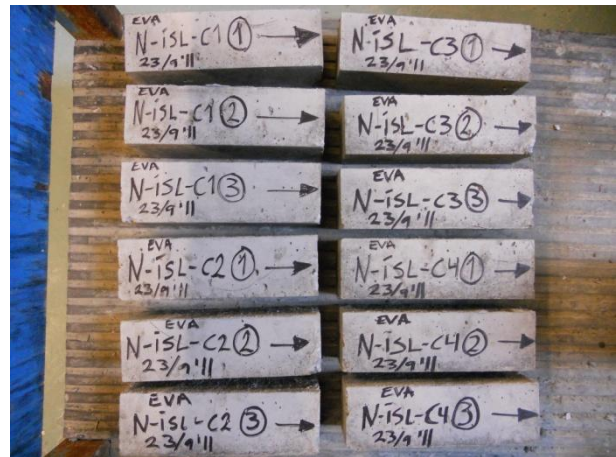
## 4.5 Rýrnun

Þær rannsóknaraðferðir sem notaðar voru til að finna hve mikið steypa rýrnar, styðjast við ASTM C 157/C 157M staðal [49]. Steypan er sett í mót sem er 75x75x250 mm (einnig hægt að nota mót sem eru 100x100x285) í tveimur lögum og bæði lög eru pikkuð með stöng samkvæmt ASTM C 192-90a staðal [50], sem hefur 10 mm þvermál, 25 sinnum. Sýni eru tekin úr mótum  $23 \frac{1}{2} \pm \frac{1}{2}$  klukkustund eftir að vatni var bætt í blönduna. Eftir að sýnin hafa verið tekin úr móti eru þau ýmist sett í kalklausn,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (e. limewater), í að minnsta kosti 30 mínútur eða í geymslu við 50%-100% hlutfallsraka og  $23 \pm 1,7^\circ\text{C}$ . Kalkbaðið á að koma í veg fyrir kalkútfellingar í steypunni, þar sem vatn sem er ekki kalkmettað getur haft áhrif á niðurstöður. Þetta var gert til að bæta áreiðanleika niðurstaðna [51]. Sýnin eru mæld eftir 4, 7, 14, og 28 daga, og eftir 8, 16, 32 og 64 vikur.

Á mynd 19 má sjá þegar búið var að koma steypunni fyrir í mótum en þrjár strendingar koma úr hverju móti. Á mynd 20 sést þegar búið var að taka strendingana úr mótum og merkja.



Mynd 19: Steypt í rýrnunarmót, mynd ELÁ

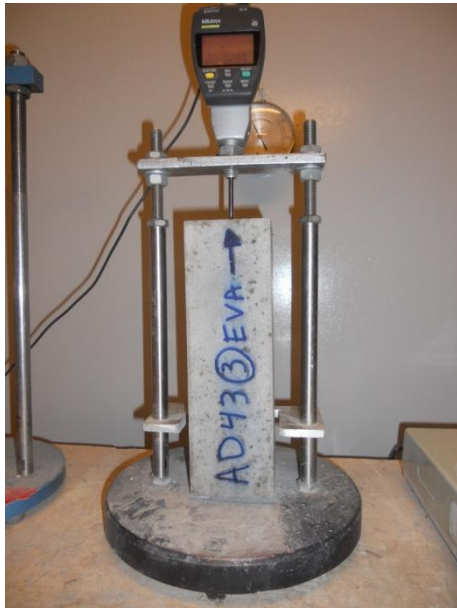


Mynd 20: Kubbar teknir úr mótum og merktir, mynd ELÁ

Á mynd 21 sést hvernig strendingarnir voru mældir, á endum þeirra voru innsteyptir pinnar sem mælistöngin gekk ofan í. Mælir er á enda mælistangarinnar og af honum var hægt að lesa af hver lengdarbreytingin var.



Á mynd 22 sést hvernig strendingur var vigtaður til að fylgjast með þyngdarbreytingu..



Mynd 21: Mæling á lengdarbreytingu, mynd ELÁ



Mynd 22: Mæling á þyngdarbreytingu, mynd ELÁ

## 5. Framkvæmd rannsókna

Nú verður greint frá þeim rannsóknum sem voru ýmist gerðar á fylliefnum eða á steypunni sjálfri. Rannsóknunum var skipt í fimm hluta, í fyrsta hluta voru mismunandi fylliefni, sement og eftirmeðhöndlun skoðuð. Í öðrum hluta var sementsefja og íblendiefni skoðað. Í þriðja hluta var kannað áhrif vatns-sements hlutfalls á rýrnun. Í fjórða hluta var prófað mismunandi loftmagn í steypu og í fimmta hluta voru skoðuð sýni frá steypustöðvum.

### 5.1 Fyrsti hluti

Í fyrsta hluta rannsóknarinnar voru þrjú þættir skoðaðir, það eru; fylliefni, sement og eftirmeðhöndlun.

Ákveðið var að rannsaka fjórar mismunandi gerðir fylliefna og fjórar gerðir sements. Þau fylliefni sem urðu fyrir valinu voru fylliefni frá Árdal í Noregi, fylliefni frá Abu Dhabi, fylliefni sem fengin voru úr Vatnsskarðsnámu við Krýsuvíkurveg og fylliefni frá Björgun en því efni er dælt upp úr Kollafirði og þvegið.

Notað var íslenskt sement frá Sementsverksmiðjunni (hætt var framleiðslu á því þegar þetta verkefni var farið af stað), Aalborg Portland sement sem er innflutt frá Danmörku, sement frá Abu Dhabi og sement frá norska framleiðandanum Norcem AS. Í viðauka C eru frekari upplýsingar um sementið.

Lagt var upp með að hafa steypublöndurnar eins líkar framleiðslu steypustöðvanna, svo að mögulegt væri að gera samanburð.

Í fyrstu þurfti að gera ýmsar mælingar á fylliefnum til að fá eins nákvæmar niðurstöður og kostur var á. Til dæmis þurfti að gera kornakúrfumælingar á öllum fylliefnum ásamt mettivatnsmælingum, rúmpýngdarmælingum og rakamælingum, svo hægt væri að útbúa steypublöndur með þeirri kornakúrfu sem æskilegust er við gerð steypu og til að fá eins nákvæma vitneskju og hægt er um það hve mikill raki fylgir fylliefnunum svo vatns-sements hlutfall verði eins og óskað er eftir. Sjá niðurstöður úr þessum mælingum í viðauka A.

Í þessum hluta rannsóknarinnar var reynt að hafa eins fáar breytur við hönnun steypublöndanna og kostur var á. Vatns-sements hlutfall var fast 0,55, loft var miðað við 5,5%-6,5% og efjuhlutfall var haft á bilinu 27%-28%. Í töflum 4 og 5 má sjá hönnun á steypublöndum í fyrsta hluta. Einnig má sjá mælt loft, sigmál og þrýstipól.

Tafla 4: Steypublöndur í rannsókn á samburði fylliefna, sements og eftirmeðhöndlun

Steypublöndur		N-ísl	N-DS	B-ísl	B-DS	V-ísl	V-DS	B-NS
Sement	Kg/m <sup>3</sup>	313	314	316	315	314	316	315
Vatn	Kg/m <sup>3</sup>	172	173	174	174	173	173	174
Sandur 0-8 mm	Kg/m <sup>3</sup>	919	928	876	878	1157	1170	907
Möl 8-16 mm	Kg/m <sup>3</sup>	857	865	361	362			371
Möl 8-22 mm	Kg/m <sup>3</sup>			545	547	569	576	560
Rúmþyngd	Kg/m <sup>3</sup>	2267	2286	2337	2340	2293	2316	2330
Efja	%	27,5	27,1	27,8	27,3	27,7	27,2	28
V/s-tala		0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Loft	%	6,1	6,3	5,7	6,3	6,1	6,4	5,8
Sigmál	mm	190	200	155	165	160	155	190
Þrýstipól	MPa	37,3	34,5	41,4	37,4	43,6	41,9	37,6

- N-ísl = Norsk fylliefni og íslenskt sement
- N-DS = Norsk fylliefni og danskt sement
- B-ísl = Björgunar fylliefni og íslenskt sement
- B-DS = Björgunar fylliefni og danskt sement
- V-ísl = Vatnsskarðs fylliefni og íslenskt sement
- V-DS = Vatnsskarðs fylliefni og danskt sement
- B-NS = Björgunar fylliefni og norskt sement

Tafla 5: Steypublöndur með fylliefnum og sementi frá Abu Dhabi

Steypublöndur		AD-42	Ad-43
Sement	Kg/m <sup>3</sup>	412	148
GGBS	Kg/m <sup>3</sup>		222
Vatn	Kg/m <sup>3</sup>	146	141
Abu Dhabi 5mm	Kg/m <sup>3</sup>	558	544
Abu Dhabi 10mm	Kg/m <sup>3</sup>	325	317
Abu Dhabi 20mm	Kg/m <sup>3</sup>	690	672
Abu Dhabi DUNE s <sub>2</sub>	Kg/m <sup>3</sup>	372	362
Rúmpyngd	Kg/m <sup>3</sup>	2507	2408
Efja + loft	%	29	27,6
V/s-tala		0,35	
V/b-tala			0,38
Loft	%	0,6	0,7
Sigmál	mm	240	245
Þrýstipól	MPa	61	56

- AD 42 = 100% Abu Dhabi sement notað sem bindiefni
- AD 43 = 40% Abu Dhabi sement og 60% GGBS (malað og brennt gjall) sem bindiefni.

Þegar hönnun steypunnar var lokið voru steipt sýni sem voru 75x75x250 mm að stærð en hvert sýni innihélt þrjá steypustrendinga og voru 4 sýni steipt úr hverri blöndu nema úr blöndunni með norska sementinu og blöndunum frá Abu Dhabi, en þar var tekið 1 sýni úr hverri blöndu. Allt í allt voru þetta 27 sýni en þar sem eitt sýni innihélt þrjá steypustrendinga voru þetta 81 steypustrendingur sem steiptir voru úr þessum 9 blöndum.

Eftir að steipt hafði verið, voru sýnin tekin úr mótum og sett í mismunandi eftirmeðhöndlun. Sjá töflu 6.

Tafla 6: Eftirmeðhöndlun sýna í fyrsta hluta

Heiti	Meðhöndlun
C1	1 dagur í móti og svo í 50% hlutfallsraka
C2	1 dagur í móti, 6 dagar í 100% hlutfallsraka og svo í 50% hlutfallsraka
C3	1 dagur í móti og svo í 100% hlutfallsraka
C4	1 dagur í móti, 30 mín í Ca(OH) <sub>2</sub> lausn, 6 daga í 100% hlutfallsraka og svo í 50% hlutfallsraka

Hitastig í öllum meðhöndlunum var haldið  $23 \pm 1,7^\circ\text{C}$ [51].

Í töflu 7 má sjá hvaða eftirmeðhöndlun hvert sýni fékk. Sýnin sem steipt voru með íslenska og danska sementinu fengu allar fjórar eftirmeðhöndlanirnar en þau sem steipt voru með sementinu frá Abu Dhabi og því norska, voru aðeins sett í eina gerð af eftirmeðhöndlun.

Tafla 7: Taflan sýnir hvaða eftirmeðhöndlun hvert sýni í hluta 1 fékk

Sýni	C1	C2	C3	C4
N-ísl	X	X	X	X
N-DS	X	X	X	X
B-ísl	X	X	X	X
B-DS	X	X	X	X
V-ísl	X	X	X	X
V-DS	X	X	X	X
B-NS				X
AD 42				X
AD 43				X

Öll sýni voru mæld og vigtuð strax í upphafi og voru svo mæld og vigtuð reglulega á meðan verkefninu stóð. Einnig var loft og sigmál prófað í hverri blöndu og tekin voru sýni til að kanna þrýstipól. Þetta á við um sýni í öllum hlutum verkefnisins.

## 5.2 Annar hluti

Í öðrum hluta verkefnisins voru nokkrar breytur settar inn til að skoða áhrif þeirra á rýrnun steypunnar, þær breytur voru:

- Bæta rýrnunarvara út í steypuna
- Prófa að auka efjumagn steypunnar án þess að auka vatns-sements hlutfall
- Bæta við litarefnum í steypuna og þar með bæta við fínefnum í efjuna
- Sleppa loftblendi

Ýmsar umræður hafa verið á lofti um virkni rýrnunarvara. Hafa þessar umræður helst snúist um það hvort það borgi sig að nota rýrnunarvara eða ekki. Sumir telja að honum megi sleppa þar sem hann auki verð steypunnar töluvert og dragi ekki nægilega mikið úr rýrnun hennar. Aðrir telja hins vegar að það ætti alltaf að nota rýrnunarvara. Því var ákveðið að prófa að gera eina blöndu með rýrnunarvara og varð Eclipse Plus frá Grace Construction Products (sjá viðauka D) fyrir valinu. Ráðlagður skammtur frá framleiðanda var um 7,5 L/m<sup>3</sup> og var reynt að miða við það. Blandan var að öðru leyti eins og B-ísl blandan í hluta 1 til samanburðar.

Fræðin segja að efjumagn steypunnar hafi mikið að segja þegar kemur að rýrnun, eins og sjá má í kafla 3.8 (Áhrif fylliefna á rýrnun). Þar segir að eftir því sem hlutfall sementsefjunnar hækkar því meiri rýrnun verður í steypunni. Til að athuga hvort þetta ætti við rök að styðjast voru tvær steypublöndur gerðar, önnur með 30% efju en hin með 32,4% efju og voru þessar blöndur gerðar að öðru leyti eins og B-ísl blandan í hluta 1. Sú blanda var með 27,8% efju og var því hægt að bera hana saman við þessar tvær.

Miklar vangaveltur hafa verið um áhrif litarefna á rýrnun í steypu, þar sem mikið hefur færst í aukana að sjónsteypa sé notuð í mannvirki og kjósa sumir að fá annan lit en þann venjulega steypugráa sem við þekkjum vel. Litarefnin sem voru fyrir valinu voru svart kol (e. carbon) og svart járnoxíð (e. iron oxide), sjá nánar um litarefni í viðauka D. Tekið var eitt sýni úr hvorri blöndu en blöndurnar voru að öðru leyti eins og B-ísl blandan í hluta 1 til samanburðar.

Loftblendi er nauðsynlegt að nota hér á landi til að verjast frost-þíðu áhrifum. Í heitari löndum er ekki þörf fyrir slíkt. Því var áhugavert að sjá hvort steypa með engu

loftblendi rýrnaði líkt og steypa með loftmagni sem venjulega er miðað við hér á landi eða um 5,5-6,5%. Loftlaus steypublandan var því gerð að öðru leyti eins og B-ísl blandan í hluta 1 til samanburðar.

Í töflu 8 má sjá hönnun steypublandna í öðrum hluta, þar sem gerður var samanburður á efjumagni, steypu án loftblendis, steypu með rýrnunarvara og steypu með litarefnum.

Vatns-sements hlutfall var áfram haft fast 0,55 og loft var miðað við 5,5% - 6,5%, nema í loftlausu steypunni. Efjuhlutfall var haft á bilinu 27% - 28% en var aukið í 30% og svo í 32,4% þar sem það var rannsakað sérstaklega . Einnig má sjá í töflunni mælt loft, sigmál og þrýstipól.

Tafla 8: Steypublöndur í rannsókn á mismunandi sementsefju, án loftblendis, með rýrnunarvara og með litarefnum

Steypublöndur		B-ísl- 30 % efja	B-ísl- 32,4 % efja	B-ísl- loftlaus	B-ísl- járnoxíð	B-ísl-kol	B-ísl-SRA
Sement	Kg/m <sup>3</sup>	342	372	317	314	318	317
Vatn	Kg/m <sup>3</sup>	188	204	174	173	175	175
Sandur 0-8 mm	Kg/m <sup>3</sup>	850	813	924	866	877	878
Möl 8-16 mm	Kg/m <sup>3</sup>	350	335	381	357	362	362
Möl 8-22 mm	Kg/m <sup>3</sup>	529	506	576	539	546	547
Rúmpyngd	Kg/m <sup>3</sup>	2323	2290	2440	2333	2350	2343
Efja	%	30	32,4	27,9	28,1	28,2	27
V/s-tala		0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
V/b-tala					0,52	0,54	
Loft	%	5,6	6,3	1,8	6	5,5	5,9
Sigmál	mm	150	170	145	150	150	150
Þrýstipól	MPa	40	34,3	49,5	43,3	43	40,8

- B-ísl - 30% efja = Efjuhlutfall 30%
- B-ísl - 32,4% efja = Efjuhlutfall 32,4%
- B-ísl - loftlaust = Ekkert loftblendi notað
- B-ísl - járnoxíð = Svart litarefni unnið úr járnoxíð
- B-ísl - kol = Svart litarefni unnið úr kolum
- B-ísl SRA = Rýrnunarvari (e. Shrinkage Reducing Admixture)

Steypt var eitt sýni úr hverri blöndu en hvert sýni innhélt þrjá steypustrendinga 75x75x250 mm að stærð.

Öll sýnin fengu sömu eftirmeðhöndlun en ákveðið var að þau fengju meðhöndlun C4 sem kynnt var í fyrsta hluta.

### 5.3 Þriðji hluti

Í þessum hluta verður skoðað hvaða áhrif breytilegt vatns-sements hlutfall hefur á steypu. Sementsmagni var þá haldið föstu en vatnsmagn var aukið með hverri blöndu. Stefnan var að nota 145, 160, 175, 190 og 205 kg/m<sup>3</sup> af vatni út í blöndurnar eða eins nálægt því og hægt væri. Ákveðið var að nota fylliefni frá Björgun og íslenskt sement. Tafla 9 sýnir samsetningu þessara steypublandna og einnig mælt loft, sigmál og þrýstipól.

Tafla 9: Steypublöndur í rannsókn á mismunandi vatnsmagni

Steypublöndur		B-ísl- 145	B-ísl- 160	B-ísl- 175 (1)	B-ísl- 175 (2)	B-ísl- 190	B-ísl- 205
Sement	Kg/m <sup>3</sup>	317	316	314	316	316	317
Vatn	Kg/m <sup>3</sup>	146	161	173	174	190	206
Sandur 0-8 mm	Kg/m <sup>3</sup>	956	935	909	917	894	875
Möl 8-16 mm	Kg/m <sup>3</sup>	391	382	372	375	365	357
Möl 8-22 mm	Kg/m <sup>3</sup>	590	577	561	566	552	540
Rúmþyngd	Kg/m <sup>3</sup>	2406	2363	2330	2350	2323	2302
Efja	%	24,7	26,2	27,3	27,5	29,1	30,6
V/s-tala		0,46	0,51	0,55	0,55	0,6	0,65
Loft	%	5,5	5,6	6,4	5,6	5,7	5,5
Sigmál	mm	165	165	165	180	180	180
Þrýstipól	MPa	55,5	48,0	45,4	44,0	36,5	33,0

Tekin voru 3-4 sýni 75x75x250 mm að stærð úr hverri blöndu til að prófa mismunandi eftirmeðhöndlunir á þeim, þær má sjá í töflu 10. Alls voru þetta 23 sýni eða 69 steypustrendingar.



Tafla 10: Eftirmeðhöndlun sýna í þriðja hluta

Heiti	Meðhöndlun
C5	1 dagur í móti, 6 dagar í 100% hlutfallsraka og svo í 50% hlutfallsraka
C6	1 dagur í móti, 6 dagar í 100% hlutfallsraka og svo í 65% hlutfallsraka
C7	1 dagur í móti, 6 dagar í 100% hlutfallsraka og svo pakkað inn
C8	1 dagur í móti, 6 dagar í 100% hlutfallsraka og svo látið standa á rannsóknarstofu
C9	1 dagur í móti og svo pakkað inn
C10	1 dagur í móti, 28 dagar með vind og svo pakkað inn
C11	1 dagur í móti, 28 dagar í 50% hlutfallsraka og svo pakkað inn

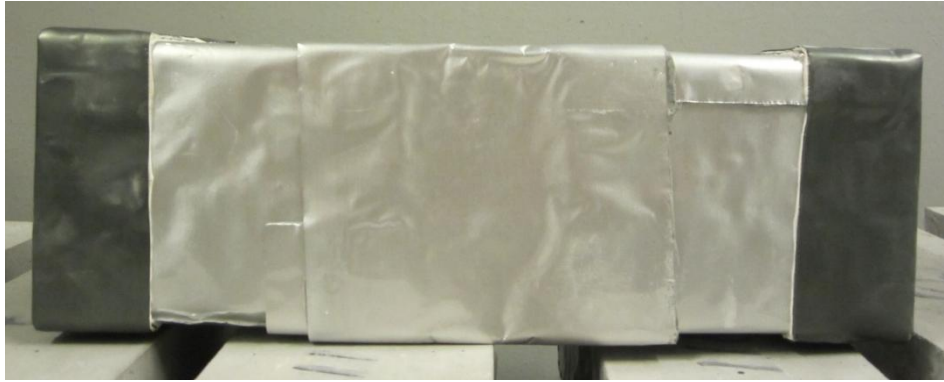
Hitastig í öllum meðhöndlunum var haldið  $23 \pm 1,7^\circ\text{C}$  [51] nema C8 sem fór eftir hitastigi á rannsóknarstofu

Tafla 11 sýnir hins vegar hvers konar meðhöndlun hvert sýni fékk.

Tafla 11: Taflan sýnir hvaða eftirmeðhöndlun hvert sýni í þriðja hluta fékk

Sýni	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
B-ísl -145	X	X	X	X			
B-ísl -160	X	X	X	X			
B-ísl -175 (1)					X	X	X
B-ísl -175 (2)	X	X	X	X			
B-ísl -190	X	X	X	X			
B-ísl -205	X	X	X	X			

Með því að pakka sýnunum inn er verið að kanna hve mikill hluti rýrnunarinnar er vegna hvörfunar- og sjálfútþornunarrýrnunar. Sýnunum er pakkað inn í umbúðir sem eru 100% rakaheldar þannig að ekkert rakatap ætti að verða í steypunni og því engin þurrkrýrnun, sjá mynd 23.



Mynd 23: Sýni pakkað inn í vatnsheldar umbúðir, mynd ELÁ

Ákveðið var að gera tvær blöndur með  $175 \text{ kg/m}^3$  af vatni til að prófa frekari eftirmeðhöndlanir. Sett var vifta á rannsóknarstofuna sem blés stöðugt á eitt sýnið til að fá sem mest vökvatap á 28 dögum en eftir það var því pakkað inn til að sjá hvort frekari rýrnun yrði á sýninu. Sýni sem sett var í 50% hlutfallsraka í byrjun var líka pakkað inn eftir 28 daga til að sjá hvort áframhald yrði á rýrnun. Einnig er áhugavert að sjá hvort munur sé á sýni sem pakkað er inn um leið og það kemur úr móti og á sýni sem er fyrst í 100% hlutfallsraka í 7 daga en er svo pakkað inn.

## 5.4 Fjórði hluti

Ekki er mikið um aðgengilegar heimildir um áhrif loftmagns í steypu á rýrnun. Hér á Íslandi eru miklar veðra- og hitabreytingar og því nauðsynlegt að bæta lofti í steypuna, sjá kafla 2.5.2 (Loftblendi). Því var ráðist í það verkefni að útbúa fimm steypublöndur sem innihéldu mismikið af lofti, allt frá 4% og upp í 12% af lofti og athuga hvort rýrnun steypunnar yrði meiri eftir því sem loftmagnið væri aukið. Ákveðið var að nota fylliefni frá Vatnsskarði og danskt sement í þetta sinn. Tafla 12 sýnir samsetningu steypublandnanna en einnig má sjá í töflunni mælt loft, sigmál og þrýstipól.

Tafla 12: Steypublöndur í rannsókn á rýrnun steypu með mismiklu loftmagni

Steypublöndur		V-DS- 4%	V-DS- 6%	V-DS- 8%	V-DS- 10%	V-DS- 12%
Sement	Kg/m <sup>3</sup>	315	316	315	314	315
Vatn	Kg/m <sup>3</sup>	173	173	173	173	173
Sandur 0-8 mm	Kg/m <sup>3</sup>	1251	1218	1178	1141	1107
Möl 8-22 mm	Kg/m <sup>3</sup>	623	607	587	569	552
Rúmpyngd	Kg/m <sup>3</sup>	2360	2316	2266	2193	2156
Efja	%	27,3	27,4	27,3	27,3	27,4
V/s-tala		0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Loft	%	4,2	5,9	8,2	10,2	12,0
Sigmál	mm	160	160	160	160	160
Drýstípol	MPa	47,7	42,4	38,8	32,2	24,2

Erfitt reyndist að eiga við loftblendið og var látið nægja að það væri  $\pm 0,2\%$  frá því loftmagni sem lagt var upp með að ná.

Tekið var eitt sýni frá hverri blöndu, 75x75x250 mm að stærð og látið vera í móti í einn sólarhring. Þá var það sett í 100% hlutfallsraka í 6 daga og því næst í 50% hlutfallsraka (meðhöndlun C2).

## 5.5 Fimmti hluti

Í fimmta og síðasta hluta verkefnisins var svo ákveðið að skoða steypu frá steypustöðvum þar sem oft má sjá hvítleiðar rýrnunarsprungur á nýlegum mannvirkjum.

Myndir 24-29 voru teknar í þremur nýlegum byggingum sem allar eru hannaðar þannig að steypan eigi að njóta sín og veggir því ekki þússaðir og málaðir.



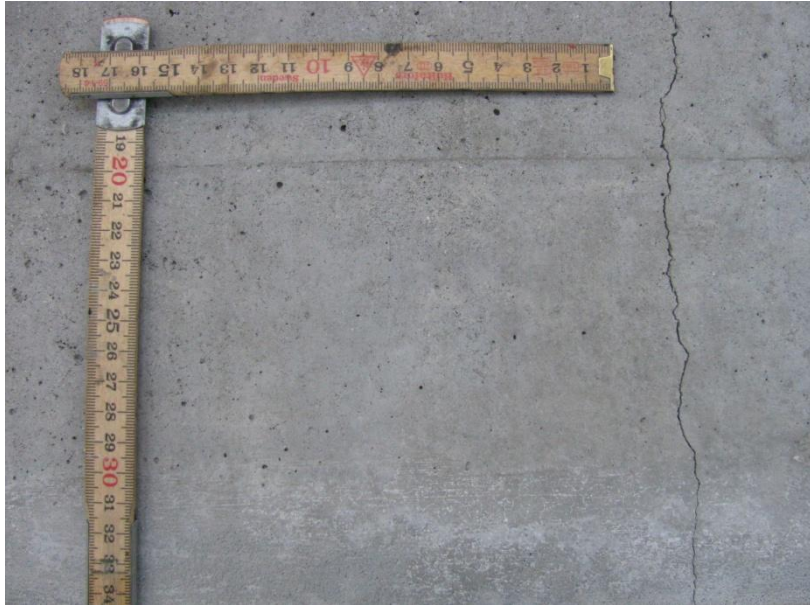
Mynd 24: Bygging A, mynd nr. 1, mynd ELÁ

Á mynd 24 má sjá mjög fínt sprungunet. Þessar sprungur eru ekki djúpar en netið nær yfir stórt svæði.



Mynd 25: Bygging A, mynd nr. 2, mynd ELÁ

Mynd 25 sýnir óreglulegt sprungumynstur. Þessar sprungur eru dýpri en á mynd 23 hér að ofan en ekki eins þéttar.



Mynd 26: Bygging B, mynd nr. 1, mynd ELÁ

Á mynd 26 sést ein djúp sprunga sem er um 2 mm á breidd.



Mynd 27: Bygging B, mynd nr. 2, mynd ELÁ

Á mynd 27 sést sprunga sem er um 1 mm að breidd.



Mynd 28: Bygging C, mynd nr. 1, mynd ELÁ

Mynd 28 sýnir sprungu sem er 1-2 mm á breidd og fíngerðar sprungur sem koma út frá henni.



Mynd 29: Bygging C, mynd nr. 2, mynd ELÁ

Á mynd 29 má sjá fíngerða sprungu sem teygir anga sína í allar áttir.

Eins og sjá má á myndunum 24-29 eru sprungurnar allt frá því að vera margar litlar fíngerðar sprungur sem mynda sprungunet, upp í að vera stórar stakar sprungur.

Því var ráðist í það að skoða steypu frá nokkrum af steypustöðvum landsins og athuga rýrnun. Tvær blöndur voru sérpantaðar frá steypustöð, B-DS-A var pöntuð eftir uppskrift steypublöndu B-DS úr fyrsta hluta en B-DS-B var með aðeins meira af fínefnum. Þetta var gert með það í huga að bera saman blöndu sem gerð var á staðnum og blöndur sem koma frá steypustöð. Sjá má blöndurnar í töflu 13 en taka skal fram að smá munur getur verið á þeim vegna þess að mismunandi rakastig er í fylliefnum við blöndun.

Tafla 13: Steypublöndur sérpantaðar frá steypustöð

Steypublöndur		B-DS-A	B-DS-B
Sement	Kg/m <sup>3</sup>	315	315
Vatn	Kg/m <sup>3</sup>	176,4	173,3
Sandur 0-8 mm	Kg/m <sup>3</sup>	843	883
Möl 8-16 mm	Kg/m <sup>3</sup>	933	905
Möl 8-22 mm	Kg/m <sup>3</sup>		
Rúmpýngd	Kg/m <sup>3</sup>	2270	2273
Efja	%	27,7	27,4
V/s-tala		0,56	0,55
V/b-tala			
Loft	%	8,2	7,9
Sigmál	mm	170	160
Þrýstipól	MPa	30,3	29,3

Steyppt var eitt sýni 75x75x250 mm að stærð úr hvorri blöndu. Eftirmeðhöndlunin sem þessi sýni fengu var C4 úr fyrsta hluta en þá voru sýnin í móti í einn dag, sett í kalklausn í 30 mín, í 100% hlutfallsraka í 6 daga og svo í 50% hlutfallsraka.

Einnig var farið út á verkstaði og fengin steypa frá þremur steypustöðvum sem hér eftir verða kallaðar X1, X2 og X3. Tekin voru tvö rýrnunarsýni, sýni fyrir þrýstipól, sigmál, rúmpýngd og loft frá hverri steypustöð. Í töflu 14 má sjá loftmagn, sigmál, rúmpýngd og þrýstipól.

Tafla 14: Rúmþyngd, loft, sigmál og þrýstipól steypu frá steypustöðvum

Steypublöndur		X1	X2	X3
Rúmþyngd	Kg/m <sup>3</sup>	2349	2201	2315
Loft	%	7,0	9,5	9,2
Sigmál	mm	130	160	240
Þrýstipól	MPa	43,1	34,8	35,1

Rýrnunarsýnin tvö voru meðhöndluð með mismunandi hætti. Annað sýnið var tekið úr móti eftir einn sólarhring og svo sett í 50% hlutfallsraka (C1) en hitt var tekið úr móti og síðan látið liggja frammi á rannsóknarstofu (LAB). Á rannsóknarstofunni var vel fylgst með hita- og rakastigi en hiti var oftast í kringum 19°C og raki um 40%. Þó gat hiti farið niður í allt að 15°C og raki niður í 25%.



## 6. Niðurstöður og umfjöllun

Niðurstöðum úr rannsóknum verður skipt niður í hluta líkt og í kafla 5 en einnig verður flakkað á milli hluta til að bera saman rannsóknir.

Hvert sýni samanstóð af þremur strendingum og var staðalfrávik þeirra reiknað, sjá viðauka E.

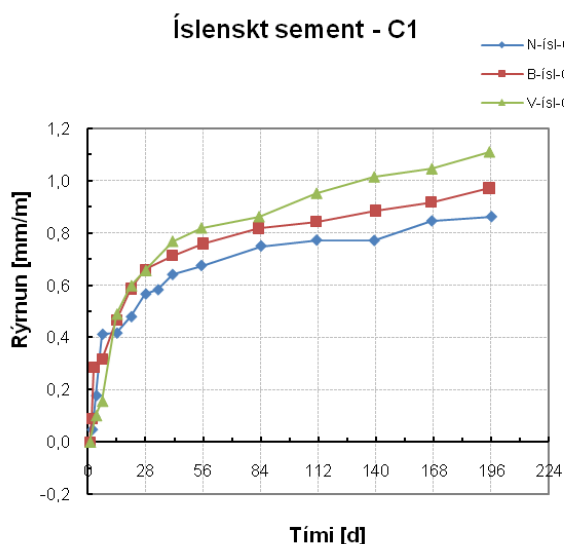
### 6.1 Fyrsti hluti – niðurstöður rannsókna á samanburði fylliefna, sements og eftirmeðhöndlun

Í fyrsta hluta voru borin saman fylliefni, sement og eftirmeðhöndlun. Hér á eftir mun verða farið yfir niðurstöður þess hluta.

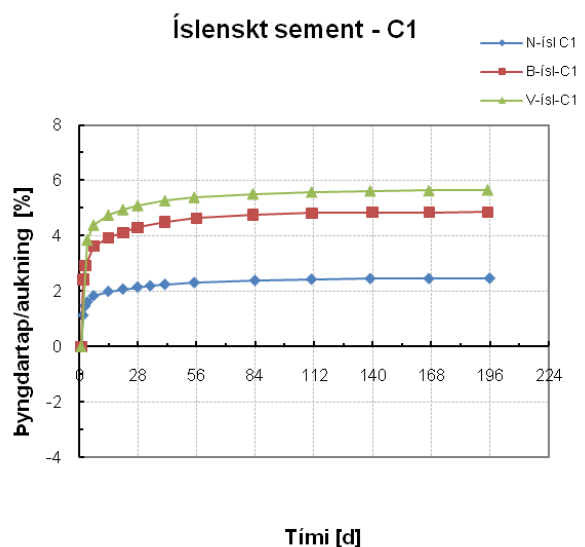
#### Mismunandi fylliefni

Fyrst má sjá niðurstöður úr rannsókn á mismunandi fylliefnum þar sem íslenskt sement var notað. Sjá töflu 4.

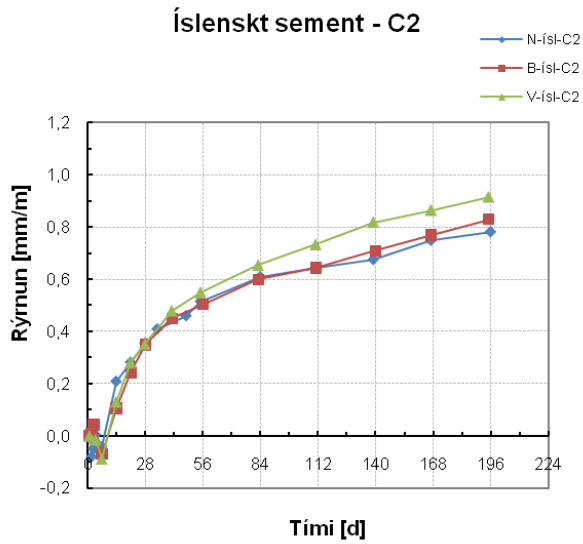
#### Sýni búin til með íslensku sementi



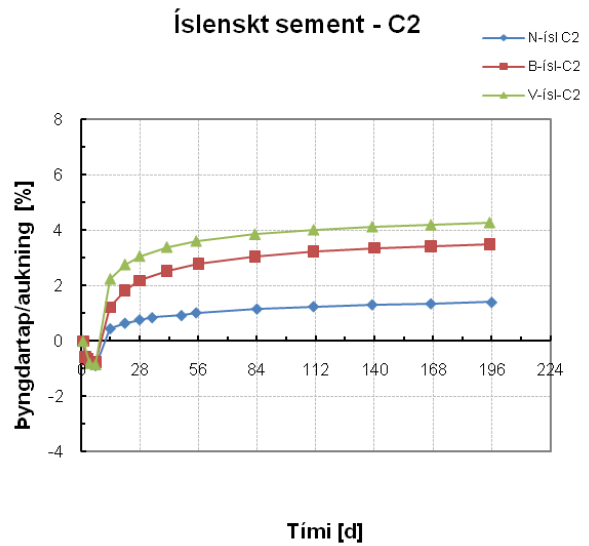
Línurit 16: Rýrnun steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C1



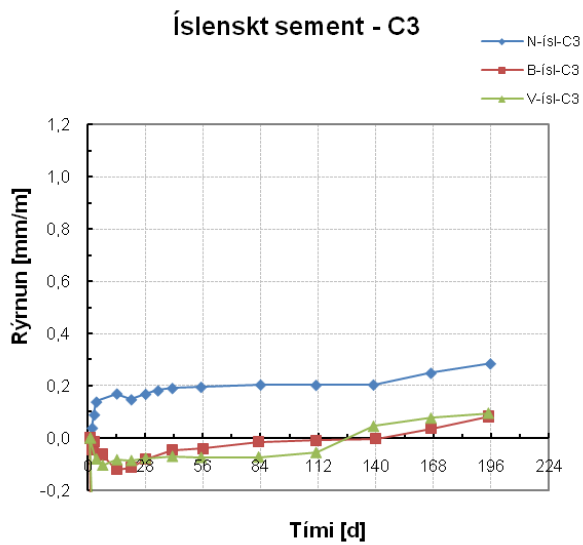
Línurit 17: Þyngdartap steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C1



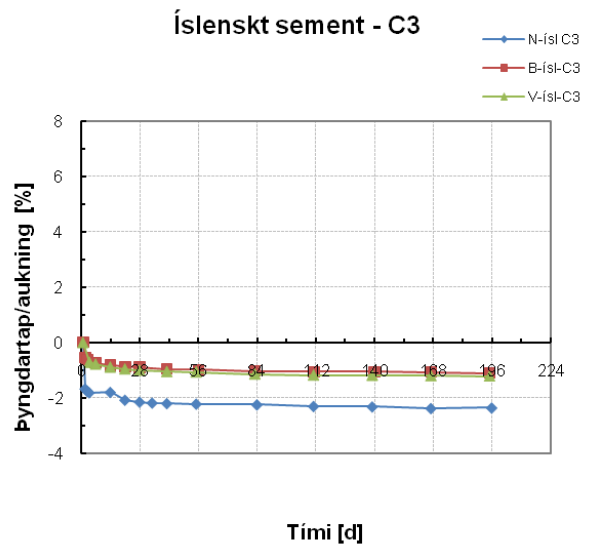
Línurit 18: Rýrnun steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C2



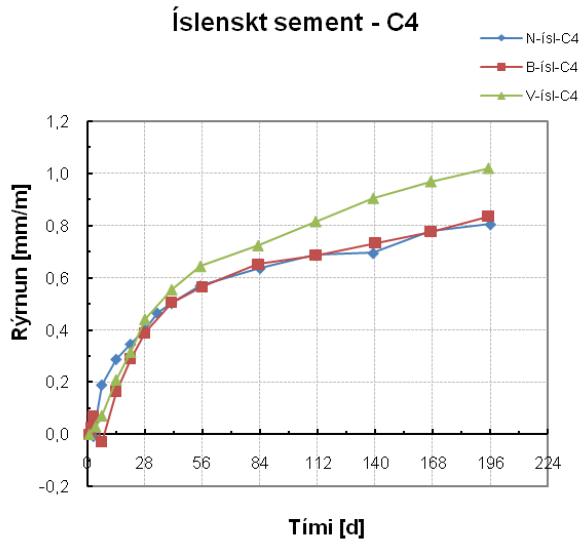
Línurit 19: Þyngdartap steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C2



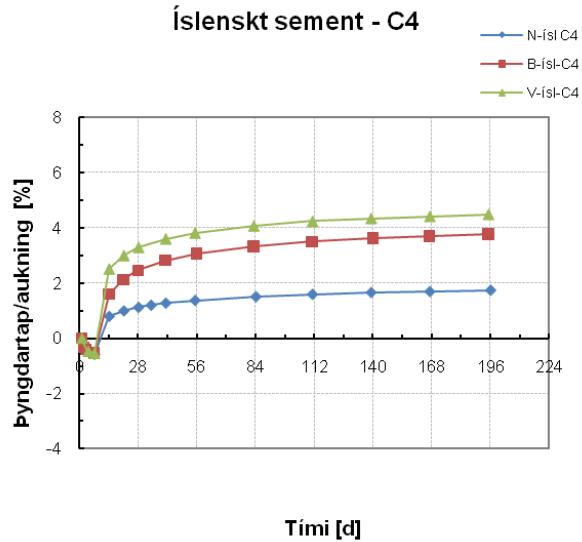
Línurit 20: Rýrnun steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C3



Línurit 21: Þyngdartap/aukning steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C3



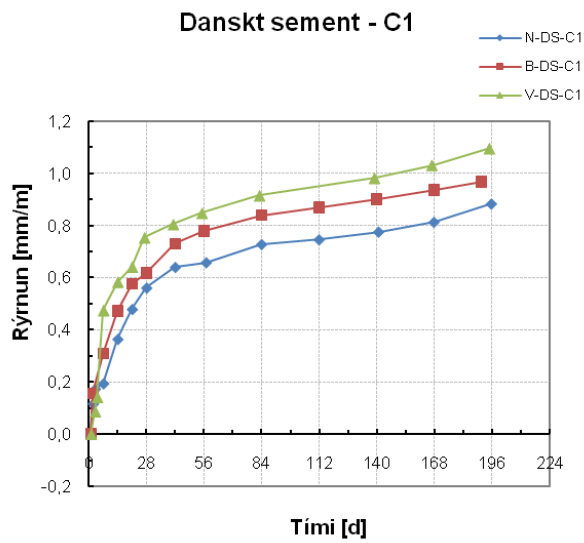
Línurit 22: Rýrnun steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C4



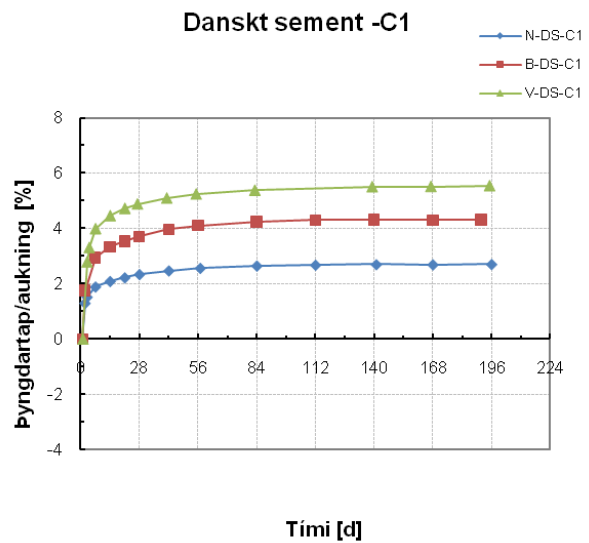
Línurit 23: Þyngdartap steypu með mismunandi fylliefnum, íslensku sementi og eftirmeðhöndlun C4

Á línurítum 16-23 má sjá að mesta rýrnun og þyngdartap er hjá þeim sýnum sem voru með Vatnsskarðsefni. Minnsta vatnstap er frá sýnum sem voru með norsku fylliefnunum en þó er ekki mikill munur á rýrnun á sýnunum með norsku fylliefnunum og þeim sem voru með fylliefni frá Björgun. Eitthvað virðist þó athugasvert við sýni með norsku fylliefnunum sem voru í meðhöndlun C3, en þar virðist rýrnun vera töluvert meiri en hjá öðrum sýnum en þyngdartap hins vegar mun minna. Hugsanlega er um að kenna að upphafsmælingar hafi verið rangar.

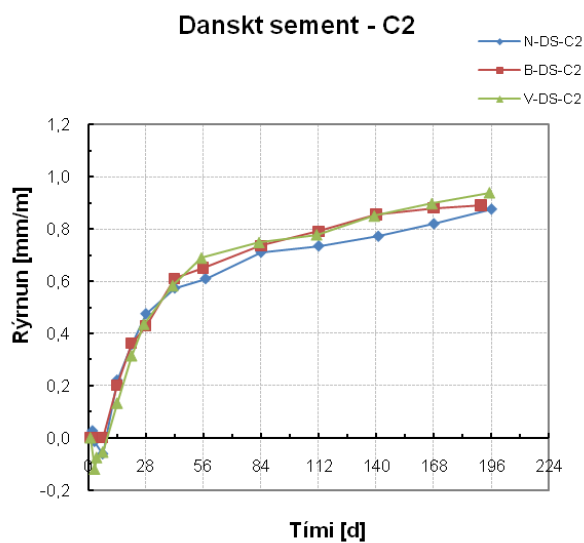
## Sýni búin til með dönsku sementi



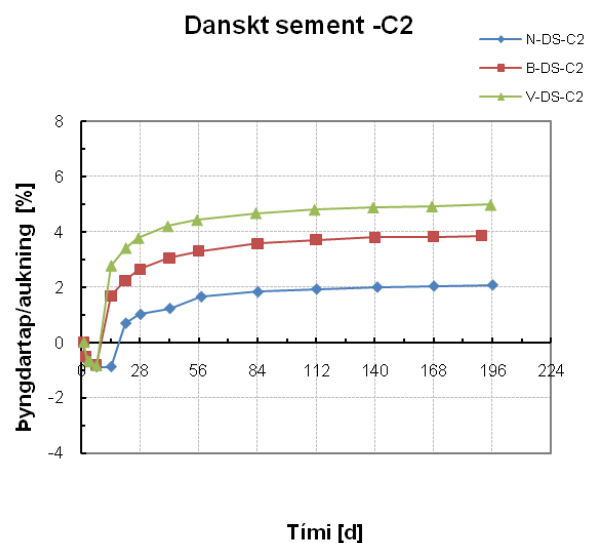
Línurit 24: Rýmun steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C1



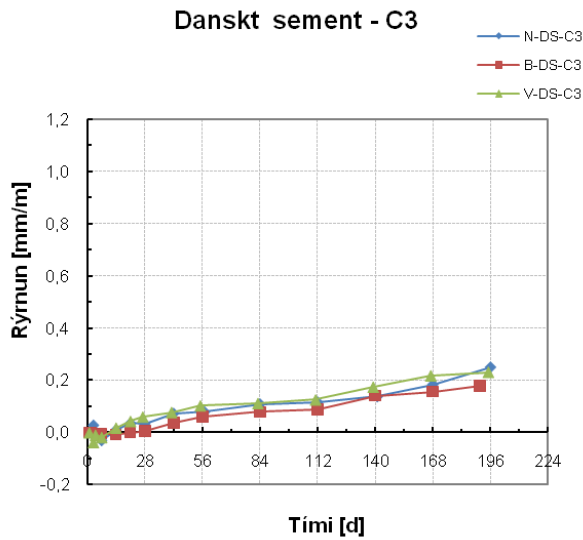
Línurit 25: Þyngdartap steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C1



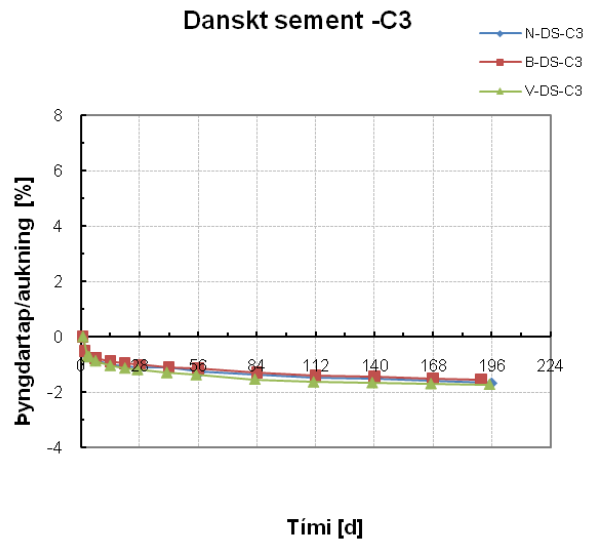
Línurit 26: Rýmun steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C2



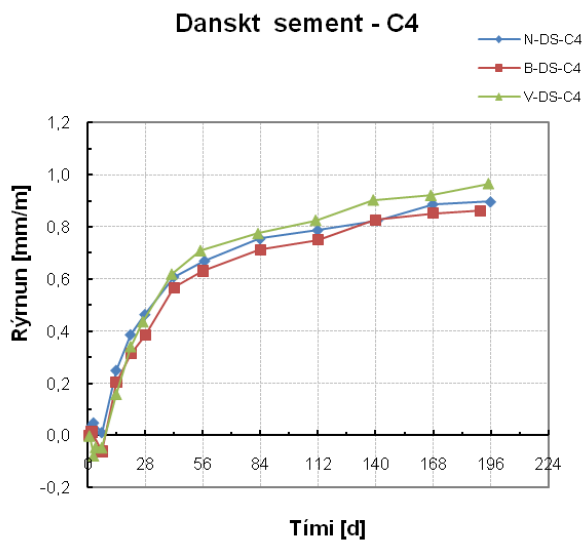
Línurit 27: Þyngdartap steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C2



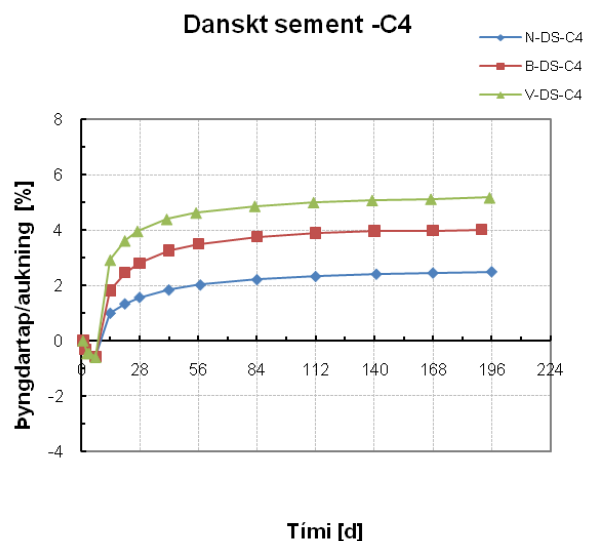
Línurit 28: Rýrnun steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C3



Línurit 29: Þyngdartap/aukning steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C3



Línurit 30: Rýrnun steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C4



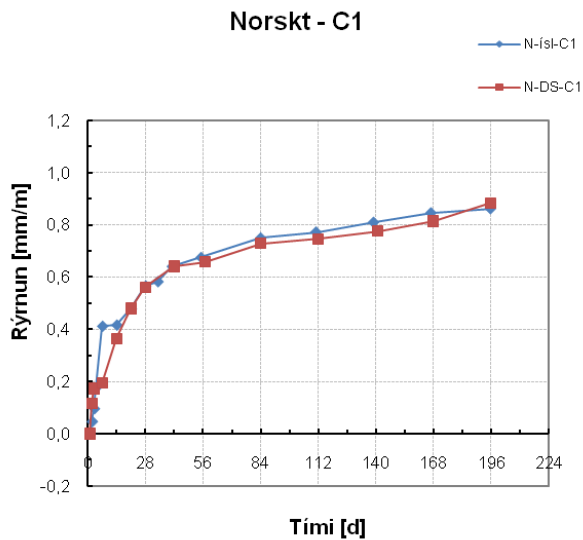
Línurit 31: Þyngdartap steypu með mismunandi fylliefnum, dönsku sementi og eftirmeðhöndlun C4

Sjá má að greinilegur munur er á þyngdartapi. Sýni með norskum fylliefnum tapa minnstri þyngd en sýni með fylliefnum frá Vatnsskarði tapa mestri þyngd. Ekki virðist þó vera afgerandi munur á rýrnun nema þegar sýnin eru allan tímann í 50% raka en þá koma norsku fylliefnin best út.

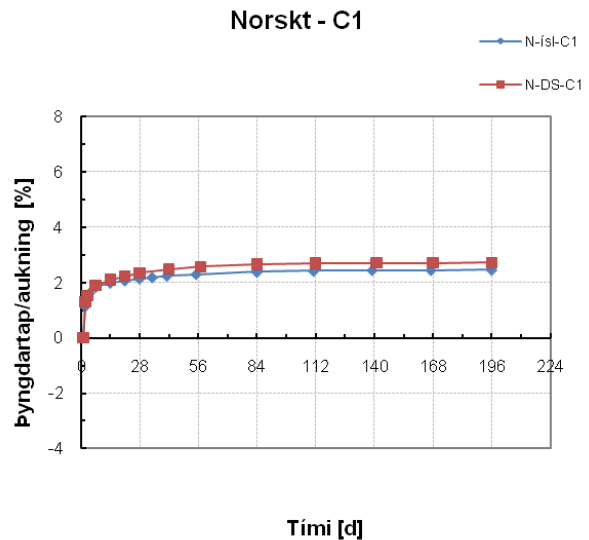
## Mismunandi sement

Næst verða skoðaðar niðurstöður á sýnum með mismunandi sementi.

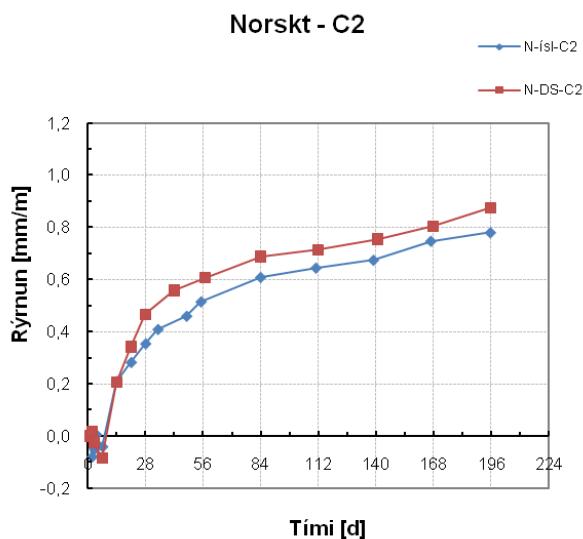
### Sýni með norskum fylliefnum



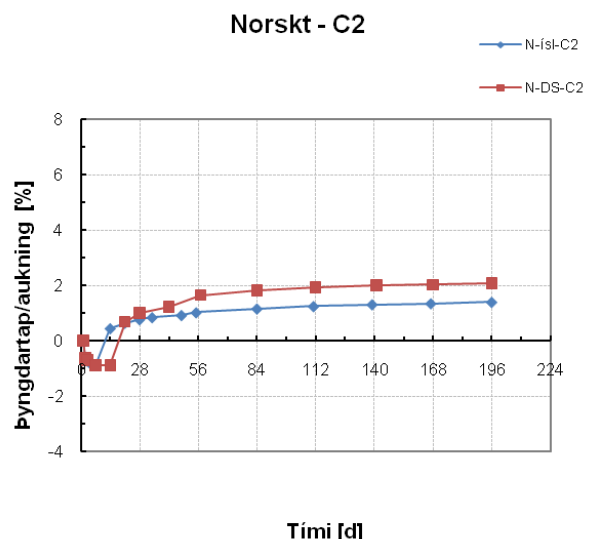
Línurit 32: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftir meðhöndlun C1



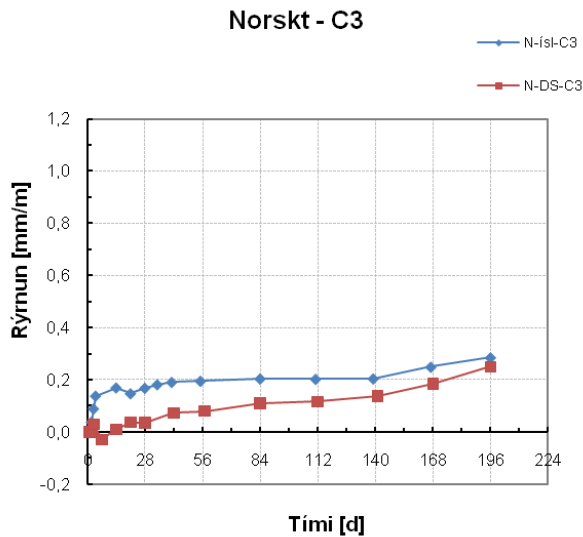
Línurit 33: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftir meðhöndlun C1



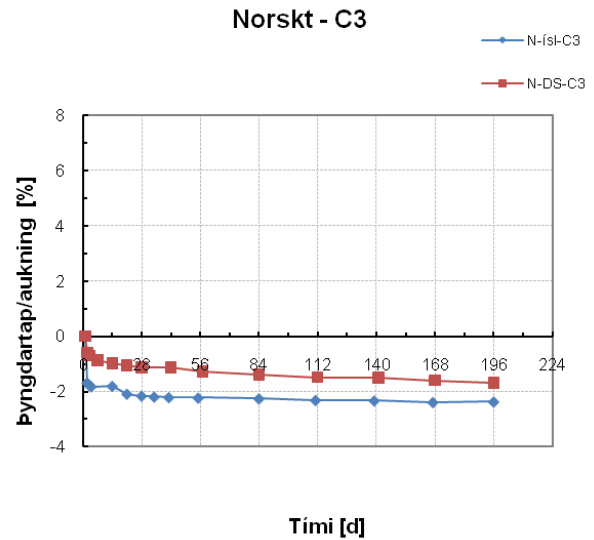
Línurit 34: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftir meðhöndlun C2



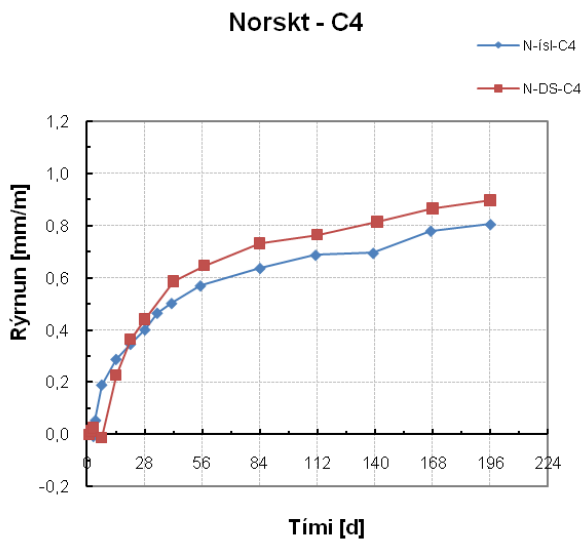
Línurit 35: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftir meðhöndlun C2



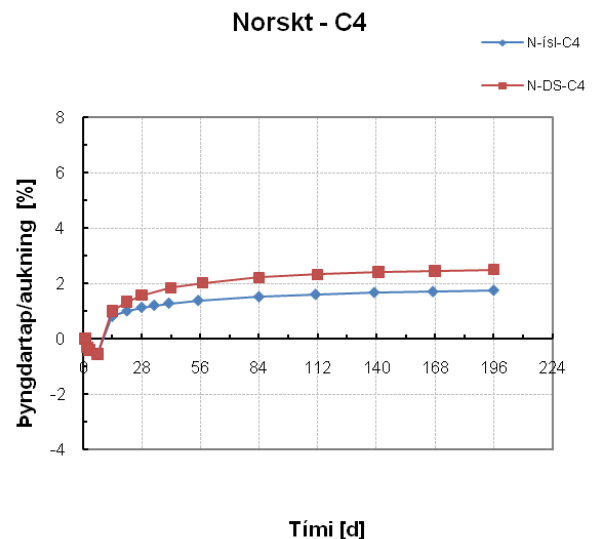
Línurit 36: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftir meðhöndlun C3



Línurit 37: Þyngdartap/aukning steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftirmeðhöndlun C3



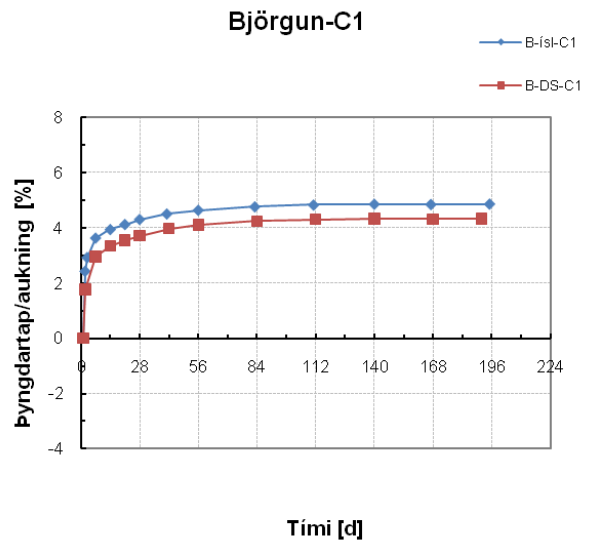
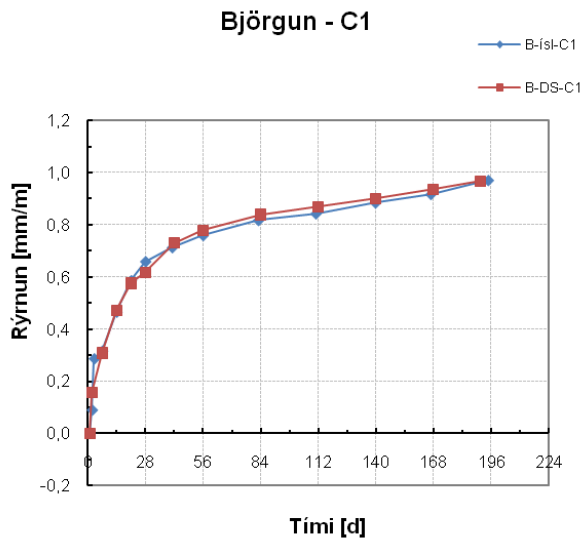
Línurit 38: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftir meðhöndlun C4



Línurit 39: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, norskum fylliefnum og eftirmeðhöndlun C4

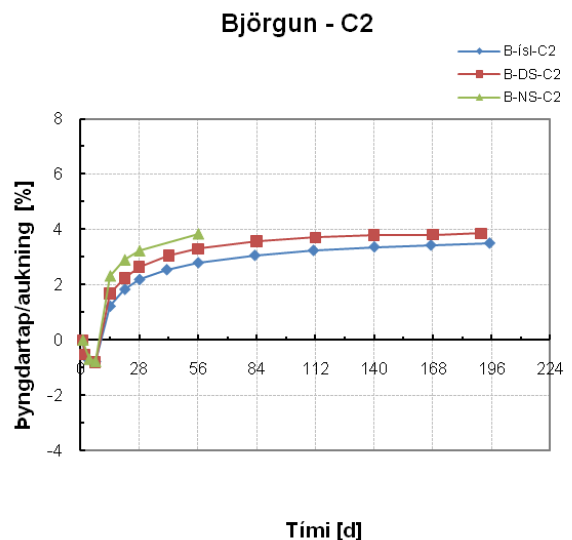
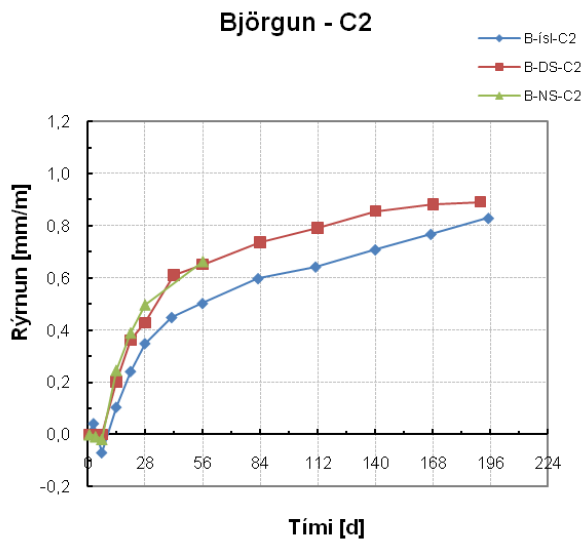
Þau sýni sem innihalda íslenskt sement rýrna minna þegar þau eru sett í 100% RH í 6 daga, bæði með og án 30 mínútna í kalklausn. Ekki er mikill munur á sýnunum sem sett voru strax í 50% RH en alls staðar má sjá að þyngdartap er minna hjá sýnum sem voru með íslensku sementi.

## Sýni með fylliefnum frá Björgun



Línurit 40: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C1

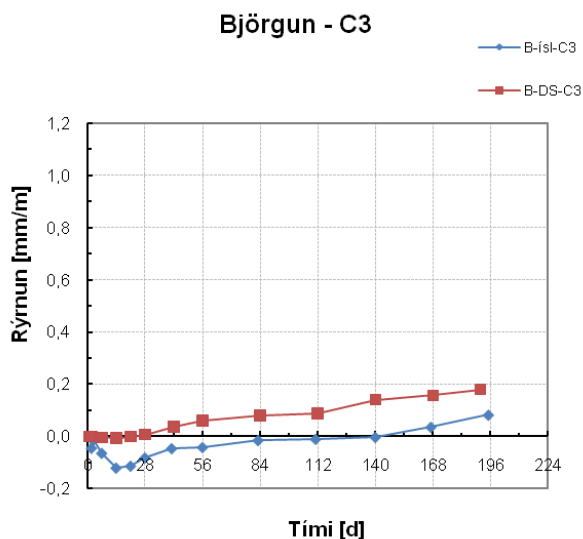
Línurit 41: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C1



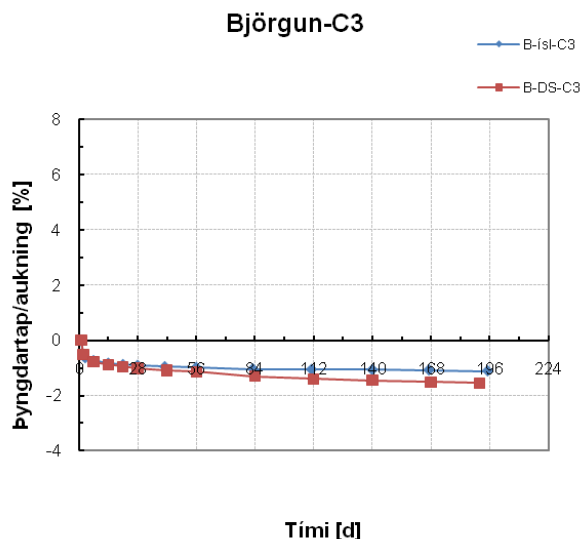
Línurit 42: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C2

Línurit 43: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C2

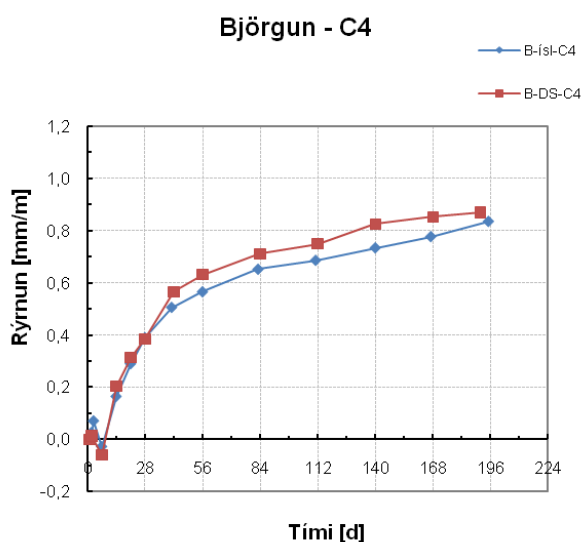




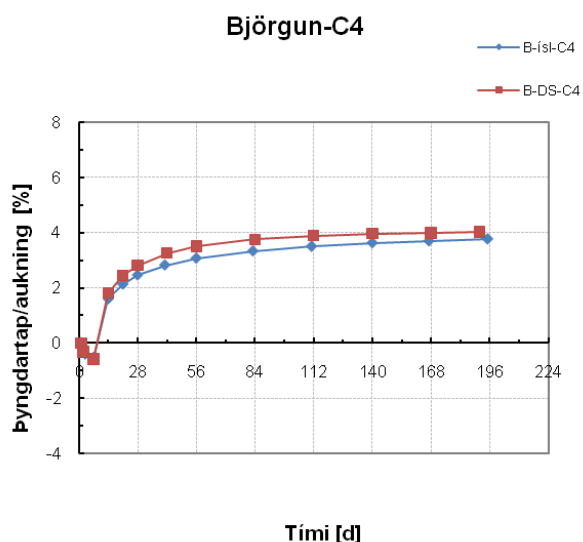
Línurit 44: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C3



Línurit 45: Þyngdartap/aukning steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C3



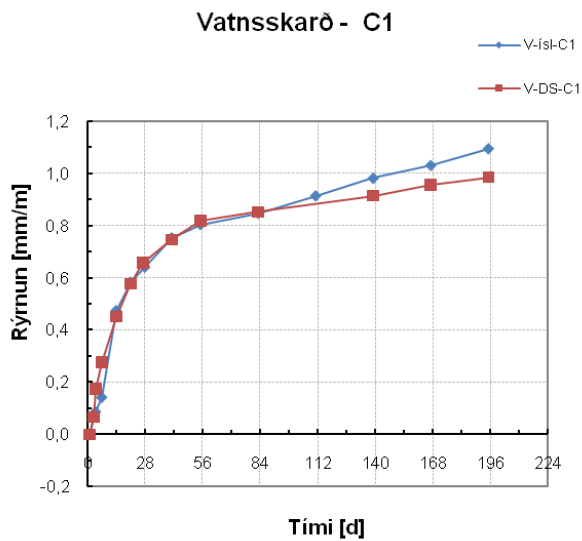
Línurit 46: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C4



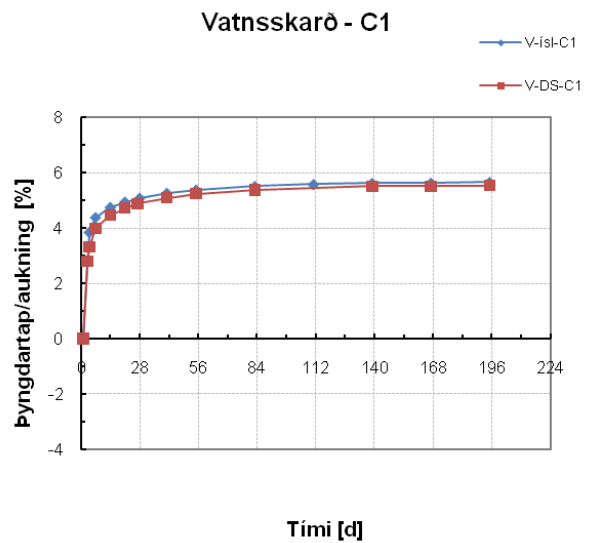
Línurit 47: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Björgun og eftirmeðhöndlun C4

Hérna kemur aðeins minni rýrnun fram þar sem íslenska sementið er notað. Ef meðhöndlun C2 er skoðuð sést að þar er einnig borið saman norskt sement við íslenska og danska sementið og virðist það fylgja ferli danska sementsins.

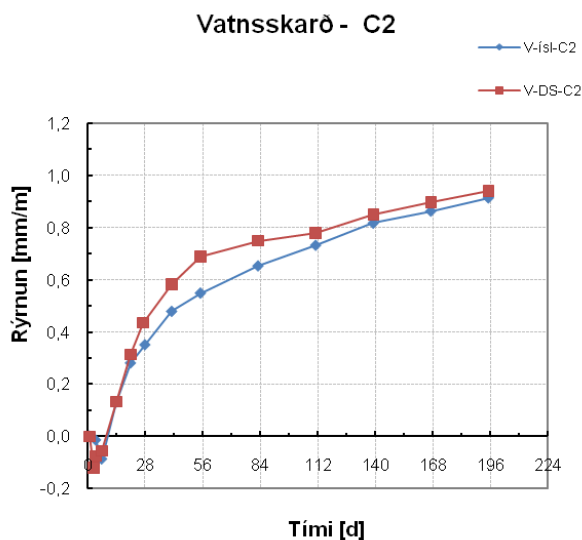
## Sýni með fylliefnum frá Vatnsskarði



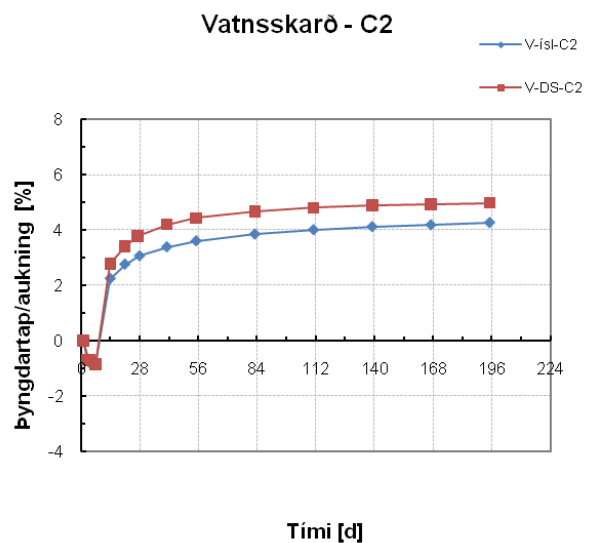
Línurit 48: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C1



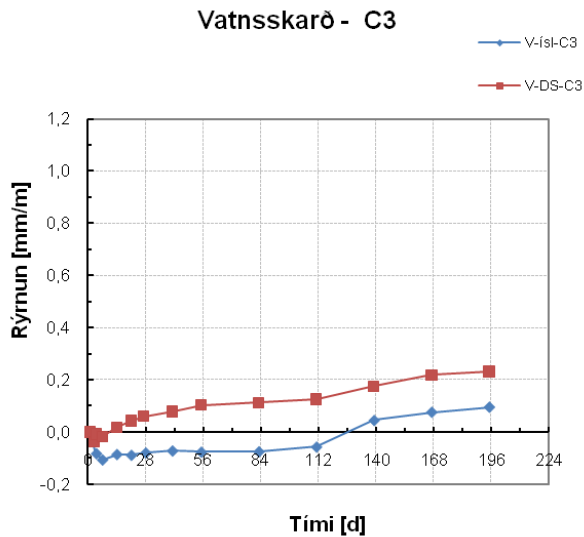
Línurit 49: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C1



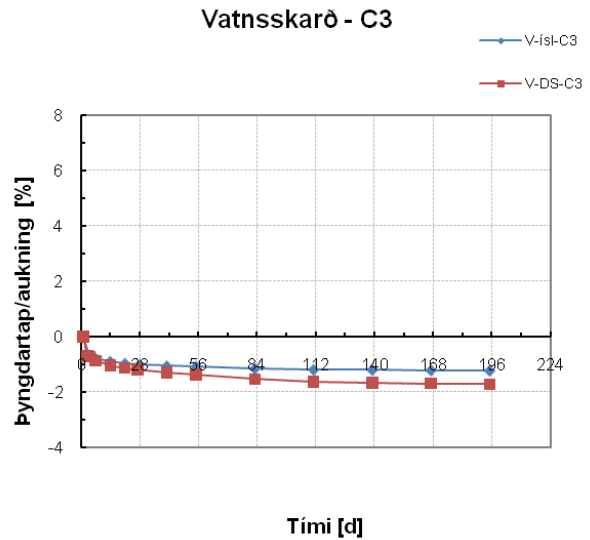
Línurit 50: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C2



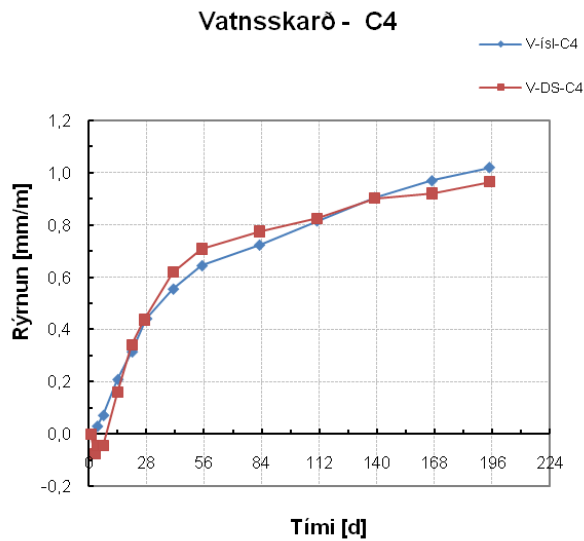
Línurit 51: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C2



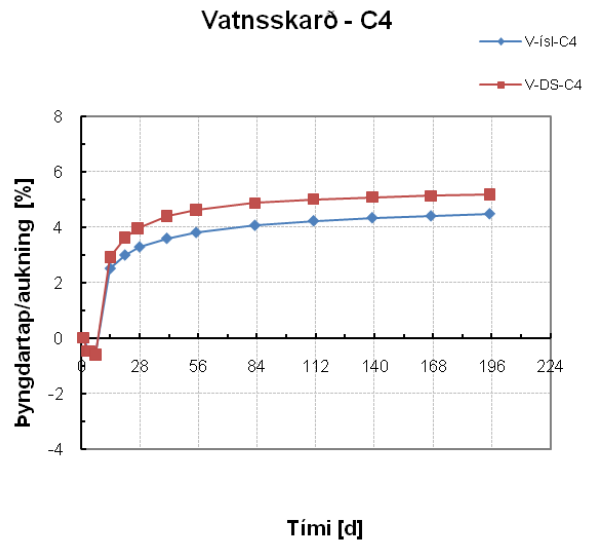
Línurit 52: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C3



Línurit 53: Þyngdartap/aukning steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C3



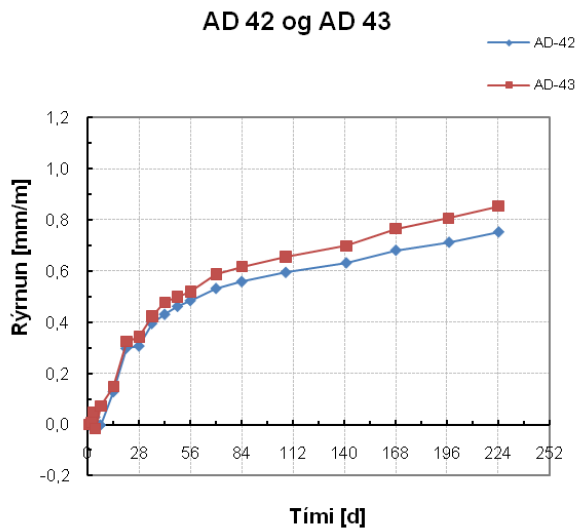
Línurit 54: Rýrnun steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C4



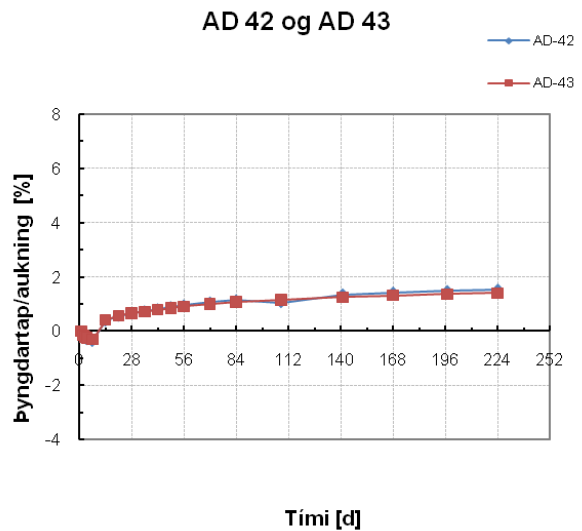
Línurit 55: Þyngdartap steypu með mismunandi sementi, fylliefnum frá Vatnsskarði og eftirmeðhöndlun C4

Ekki er mikill munur á rýrnun á sýnum með Vatnsskarðsefni hvort sem notað er íslenskt eða danskt sement en þyngdartap er þó aðeins minna í sýnunum með íslenska sementinu.

## Niðurstöður úr prófunum á steypu með fylliefnum og sementi frá Abu Dhabi



Línurit 56: Rýrnun steypu með fylliefni og sement frá Abu Dhabi



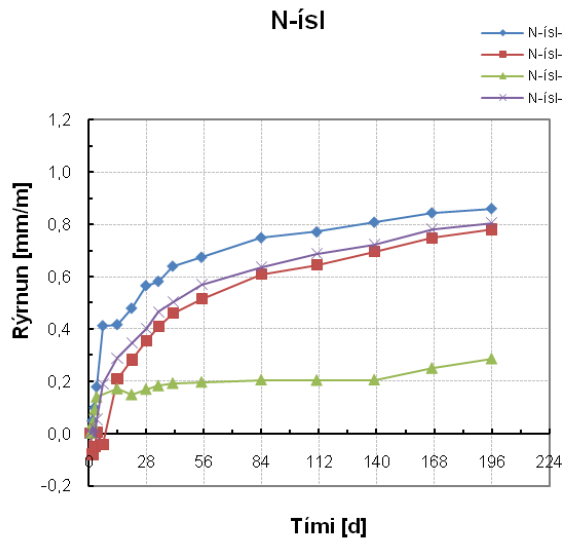
Línurit 57: Þyngdartap steypu með fylliefni og sement frá Abu Dhabi

Um 13% munur er á sýnum ef horft er á rýrnun en nánast enginn munur á þyngdartapi. Þessi steypa fékk eftirmeðhöndlun C4 og ef skoðuð eru línurit með öðrum fylliefnum og sementi, en sömu eftirmeðhöndlun, sést að rýrnun er minni í þessum AD-blöndum. AD sýnin voru ekki með loftíblendi og einnig með lægra vatns-sements hlutfall.

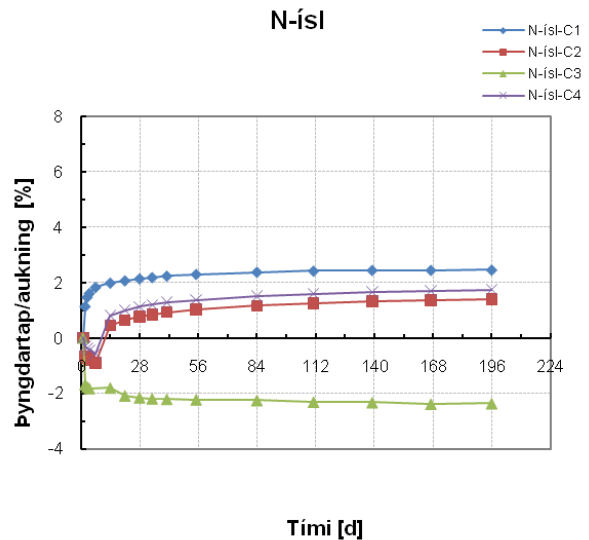
## Mismunandi eftirmeðhöndlun

Næst verða skoðaðar niðurstöður á mismunandi eftirmeðhöndlun.

### Sýni með norsku fylliefni og íslensku sementi



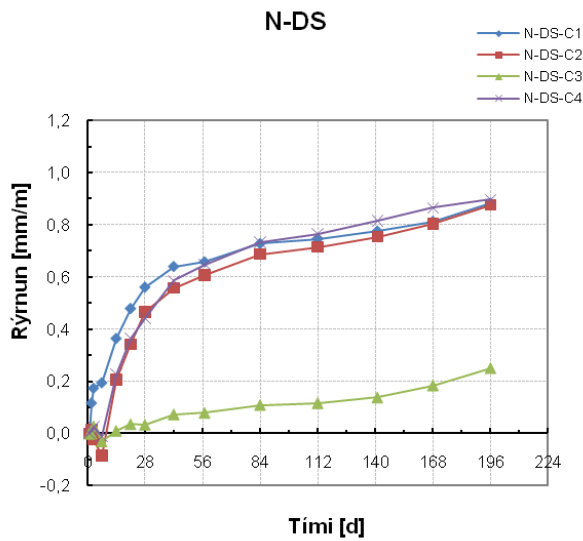
Línurit 58: Rýrnun steypu með norskum fylliefnum, íslensku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun



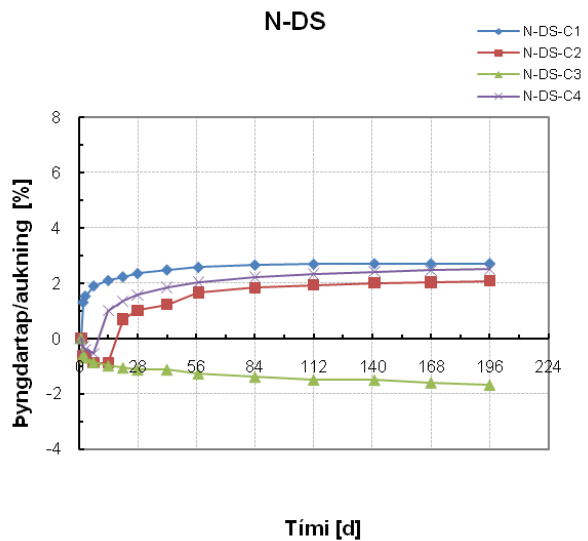
Línurit 59: Þyngdartap steypu með norskum fylliefnum, íslensku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun

Ekki fer á milli mála að mun minni rýrnun er í sýninu sem var í 100% HR allan tímann. Ekki er mikill munur á sýnunum C2 og C4, þau fóru bæði í 100% RH í 6 daga en svo í 50% raka en C4 fékk einnig 30 mín kalkbað í byrjun. Talsverður munur er svo á þeim og sýni C1 en það fór strax í 50% RH.

## Sýni með norskum fylliefnum og dönsku sementi



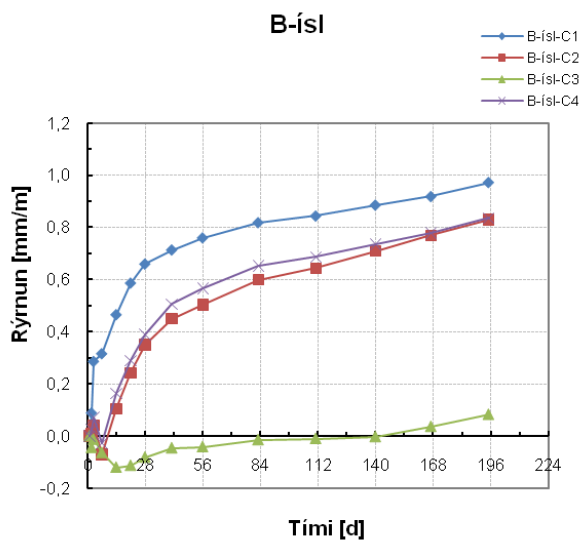
Línurit 60: Rýrnun steypu með norskum fylliefnum, dönsku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun



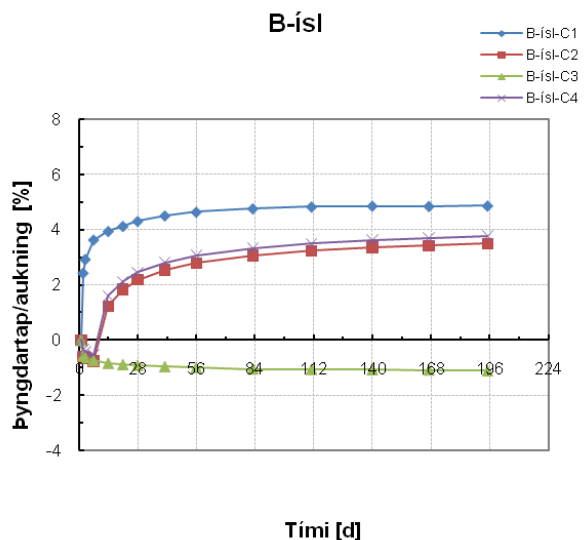
Línurit 61: Þyngdartap steypu með norskum fylliefnum, dönsku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun

Munur á þyngdartapi og rýrnun er ekki mikill í sýnum C1, C2 og C4. Mun minni rýrnun á sér stað í sýni C3.

## Sýni með fylliefnum frá Björgun og íslensku sementi

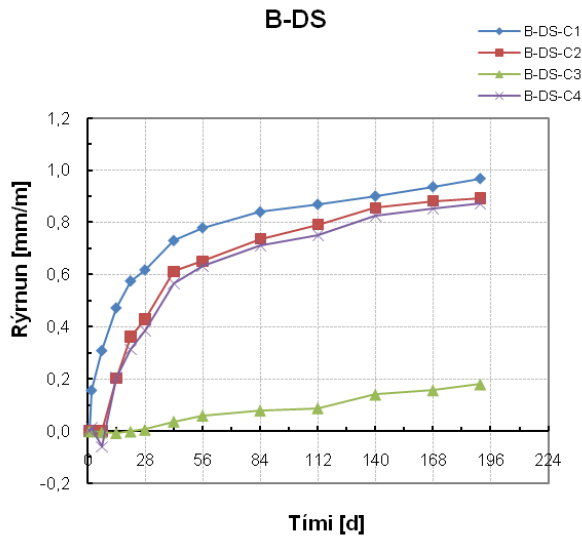


Línurit 62: Rýrnun steypu með fylliefnum frá Björgun, íslensku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun

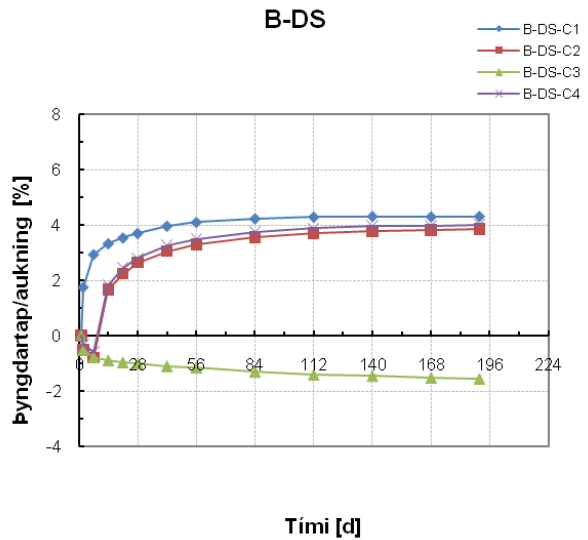


Línurit 63: Þyngdartap steypu með fylliefnum frá Björgun, íslensku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun

## Sýni með fylliefnum frá Björgun og dönsku sementi



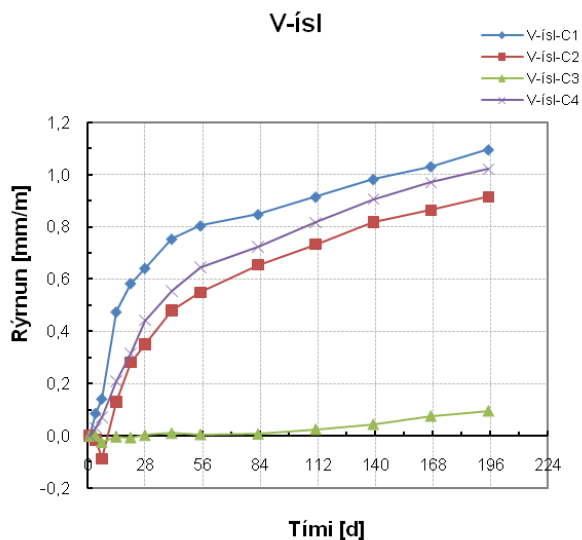
Línurit 64: Rýrnun steypu með fylliefnum frá Björgun, dönsku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun



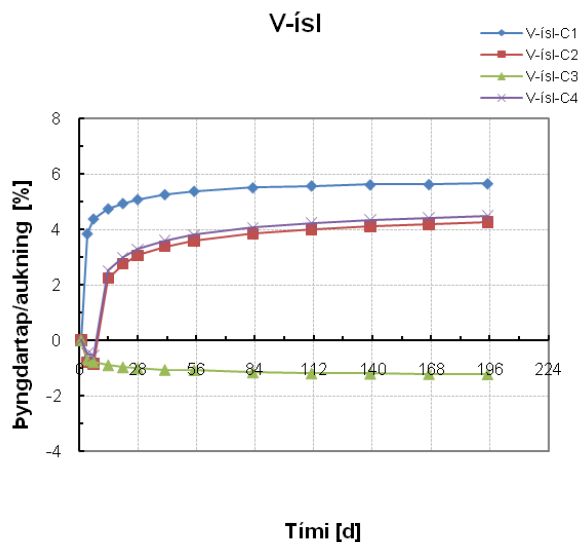
Línurit 65: Þyngdartap steypu með fylliefnum frá Björgun, dönsku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun

Hérna sést skýr munur á milli sýna C1 og svo sýna C2 og C4. Sýni C1 rýrnar um 0,1-0,15 mm/m meira en sýni C2 og C4, bæði með íslensku og dönsku sementi.

## Sýni með fylliefnum frá Vatnsskarði og íslensku sementi

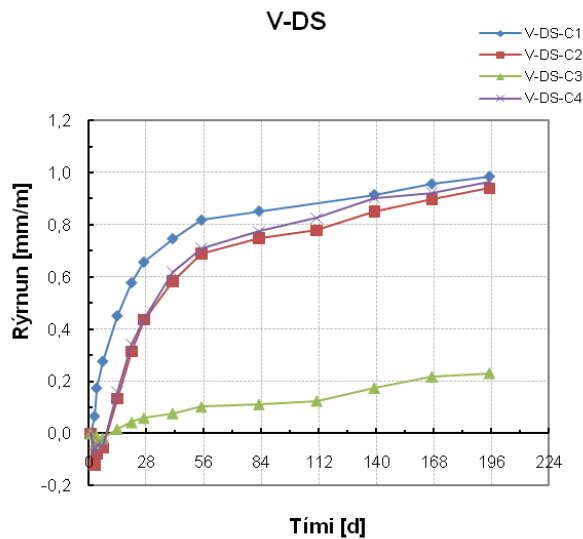


Línurit 66: Rýrnun steypu með fylliefnum frá Vatnsskarði, íslensku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun

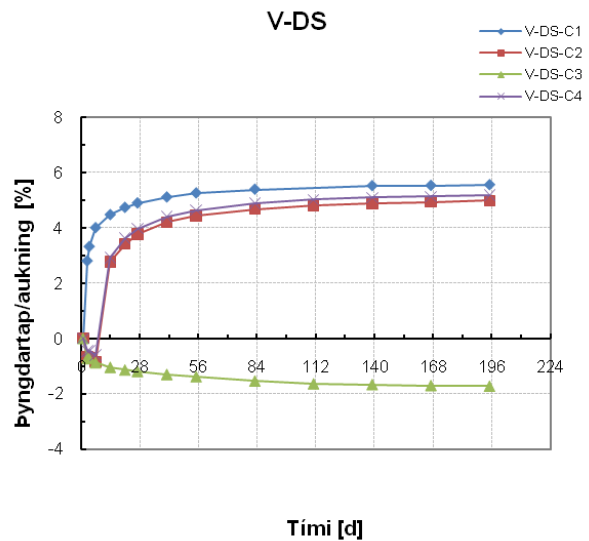


Línurit 67: Þyngdartap steypu með fylliefnum frá Vatnsskarði, íslensku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun

## Sýni með fylliefnum frá Vatnsskarði og dönsku sementi



Línurit 68: Rýrnun steypu með fylliefnum frá Vatnsskarði, dönsku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun



Línurit 69: Þyngdartap steypu með fylliefnum frá Vatnsskarði, dönsku sementi en mismunandi eftirmeðhöndlun

Á línurítum 58-69 má sjá að mesta rýrnun og þyngdartap er ef steypan er látin fara beint í 50% hlutfallsraka og oftast er munurinn um 10-20%. Ekki er hægt að sjá mikinn mun á milli þeirra sýna sem fóru í 6 daga í 100% HR og svo í 50% HR og þeirra sem fóru í kalklausn í 30 mínútur en fengu annars sömu eftirmeðhöndlun. Lítil sem engin rýrnun mælist hjá þeim sýnum sem voru í 100% HR allan tímann og þyngdaraukning mælist um 1-2%.

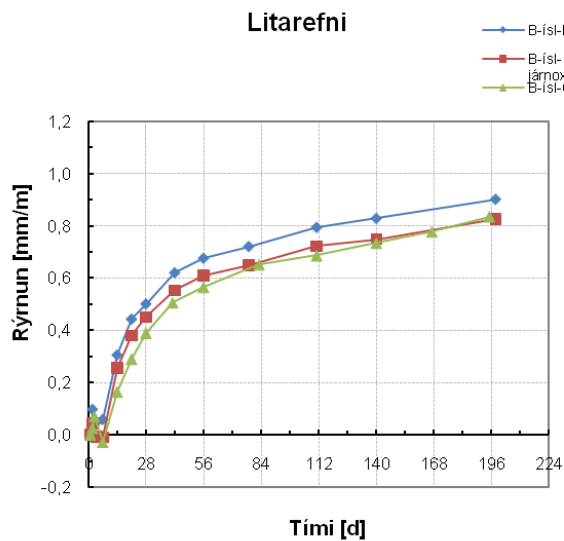
## 6.2 Annar hluti – niðurstöður rannsókna á íblendiefni og efju hlutfall

Í öðrum hluta rannsóknarinnar var ákveðið að bæta inn nokkrum breytum og bæta litarefnum og rýrnunarvara við steypuna. Eins var loftblendi sleppt til að sjá hvaða áhrif það hefði á rýrnun steypunnar. Einnig var prófað að auka sementsefjuna án þess að breyta vatns-sements hlutfalli. Þessi sýni voru svo borin saman við B-ísl-C4 en það sýni var gert eftir sömu uppskrift (fyrir utan þessar nýju breytur) og fékk sömu eftirmeðhöndlun.

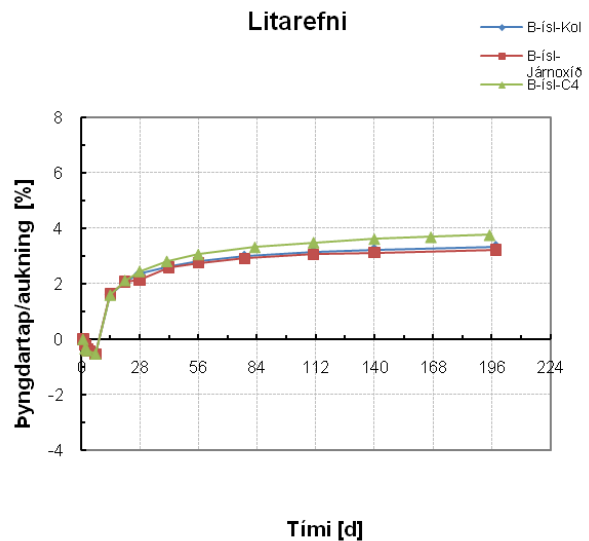


## Sýni með litarefnum

Fyrst eru það niðurstöður úr prófunum með litarefni.



Línurit 70: Rýrnun steypu með og án litarefna

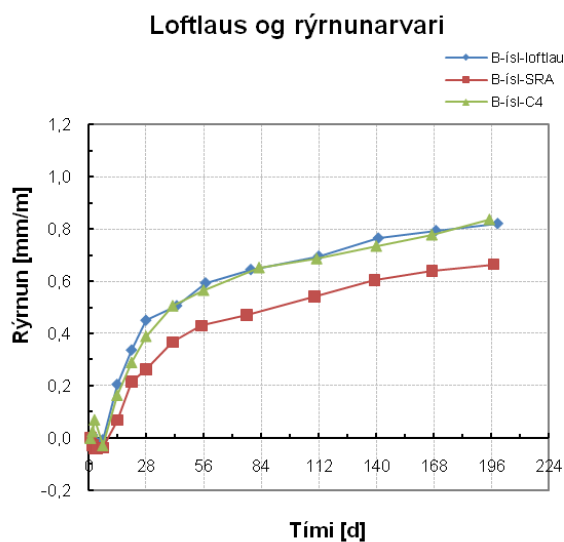


Línurit 71: Þyngdartap steypu með og án litarefna

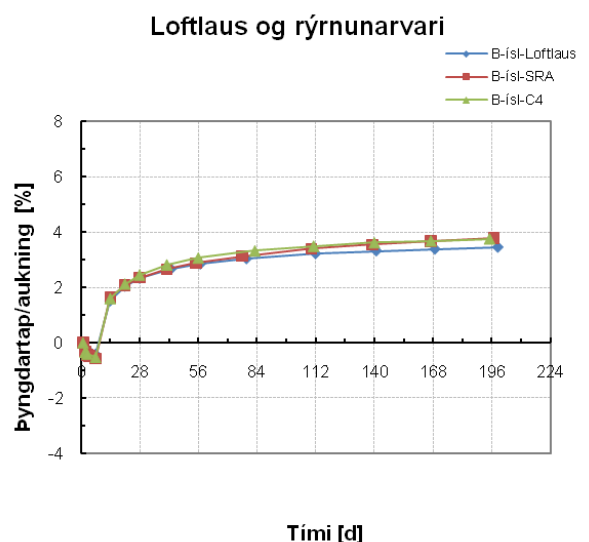
Ekki er mikill munur á sýni sem er án litarefna og sýni sem er með járnoxíð en hins vegar munar um 9% á sýni með járnoxíð og sýni sem er með kol sem íblendiefni.

## Sýni án loftblendis og sýni með rýrnunarvara

Næst skoðum við loftlausu sýnið og steypuna með rýrnunarvaranum.



Línurit 72: Rýrnun steypu án loftblendis og steypu með og án rýrnunarvara

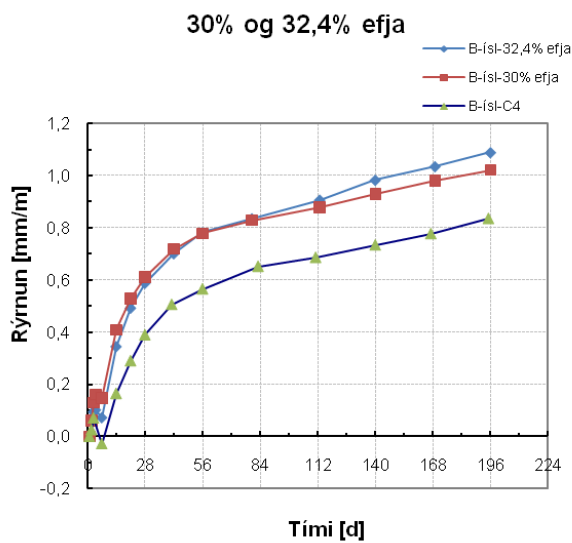


Línurit 73: Þyngdartap steypu án loftblendis og steypu með og án rýrnunarvara

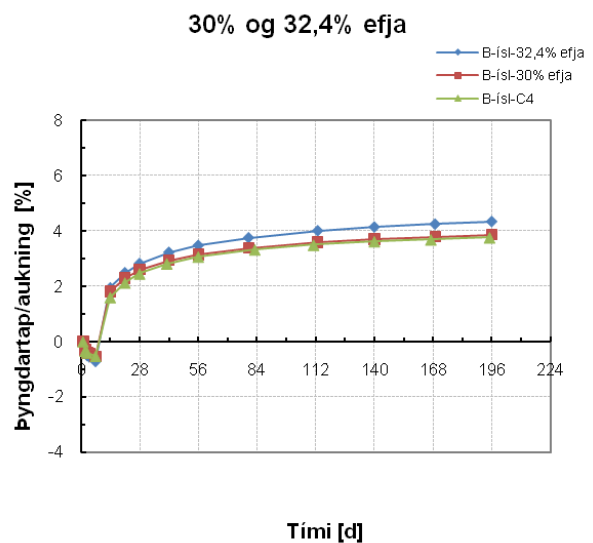
Af línuriti 72 má sjá að rýrnun virðist ekki vera meiri þar sem steypan er án loftblendis (1,8% loft) en í blöndunni sem var með loftblendi (5,7% loft). Töluverður munur er á sýninu sem inniheldur rýrnunarvara og hinum tveimur eða um 20% munur.

### Sýni með mismunandi efjuhlutfalli

Niðurstöður rannsókna á blöndum með mismunandi efjumagn.



Línurit 74: Rýrnun steypu með 30% og 32,4% efju



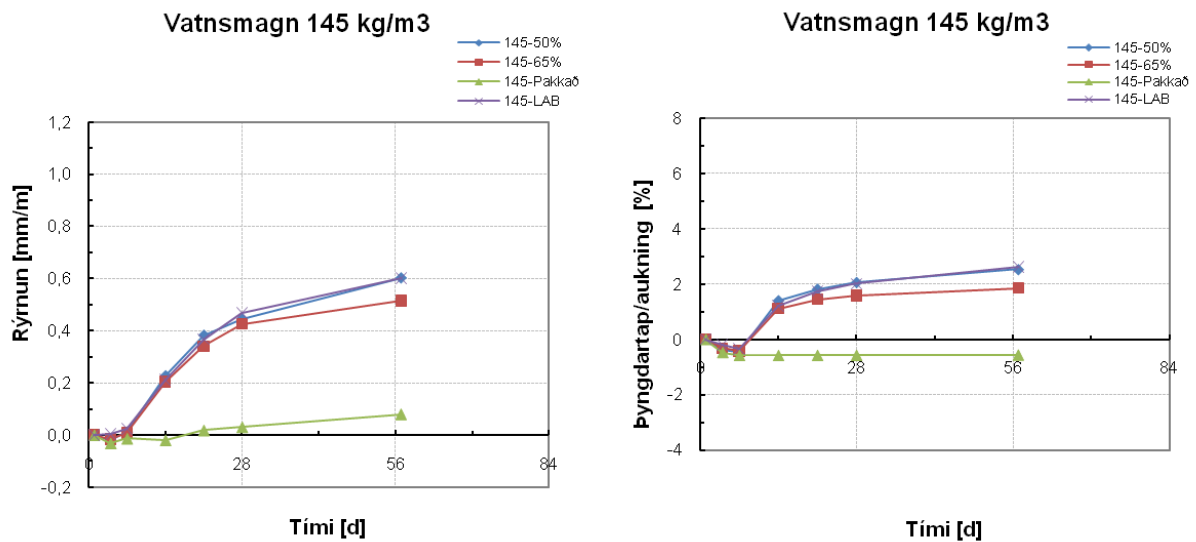
Línurit 75: Þyngdartap steypu með 30% og 32,4% efju

Samanburðarsýnið hefur 27,8% efju og er því rúmlega 29% munur á því og sýninu með 30% efjumagn. 33% munur er hins vegar á samanburðarsýninu og sýninu með 32,4% efjumagn.

### 6.3 Þriðji hluti – niðurstöður rannsókna á steypublöndum með mismunandi vatns-sements hlutfall

Í þriðja hluta rannsóknarinnar var skoðað hvaða áhrif breytilegt vatns-sements hlutfall hefði á rýrnun við mismunandi eftirmeðhöndlun.

## Sýni með 145 kg/m<sup>3</sup> af vatni (vatns-sements hlutfall 0,46)

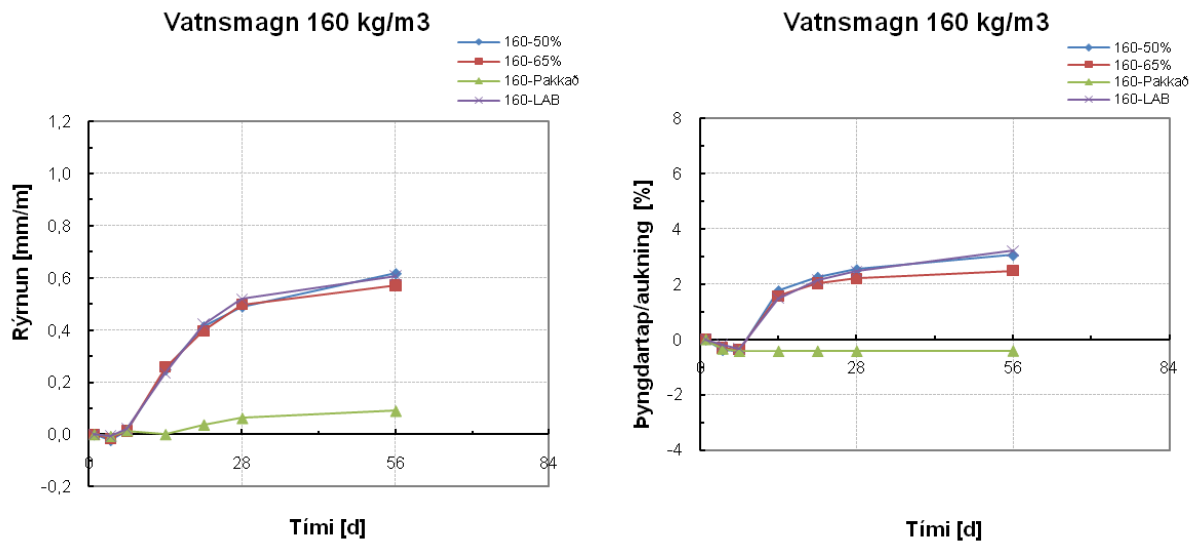


Línurit 76: Rýrnun steypu með vatnsmagn 145 kg/m<sup>3</sup> (v/s=0,46) og mismunandi eftirmeðhöndlun

Línurit 77: Þyngdartap steypu með vatnsmagn 145 kg/m<sup>3</sup> (v/s=0,46) og mismunandi eftirmeðhöndlun

Lítil munur er á rýrnun ef borin eru saman sýni sem voru í 50% HR og sýni sem voru geymd á rannsóknarstofunni. Hins vegar munar töluverðu á sýnum sem geymd voru í 50% HR eða á rannsóknarstofunni og sýni sem var geymt við 65% HR, eða um 17% munur á hæsta og lægsta gildi. Því sýni sem pakkað var inn 7 dögum eftir blöndun rýrnaði um 0,08 mm/m á 56 dögum. Það var haft í 100% raka áður en því var pakkað og því ætti sú rýrnun sem kemur fram ekki að verða vegna þurrkrýrnunar, heldur einungis vegna hvörfunar- og sjálfútþornunarrýrnunar. Þyngdartap er með svipuðum hætti og rýrnunin, mest í sýninu sem var geymt á rannsóknarstofunni og sýninu sem geymt var við 50% HR en minnst í því sem var í 65% HR. Hjá sýnunum sem pakkað var inn, hefur ekkert þyngdartap orðið.

## Sýni með 160 kg/m<sup>3</sup> af vatni (vatns-sements hlutfall 0,51)



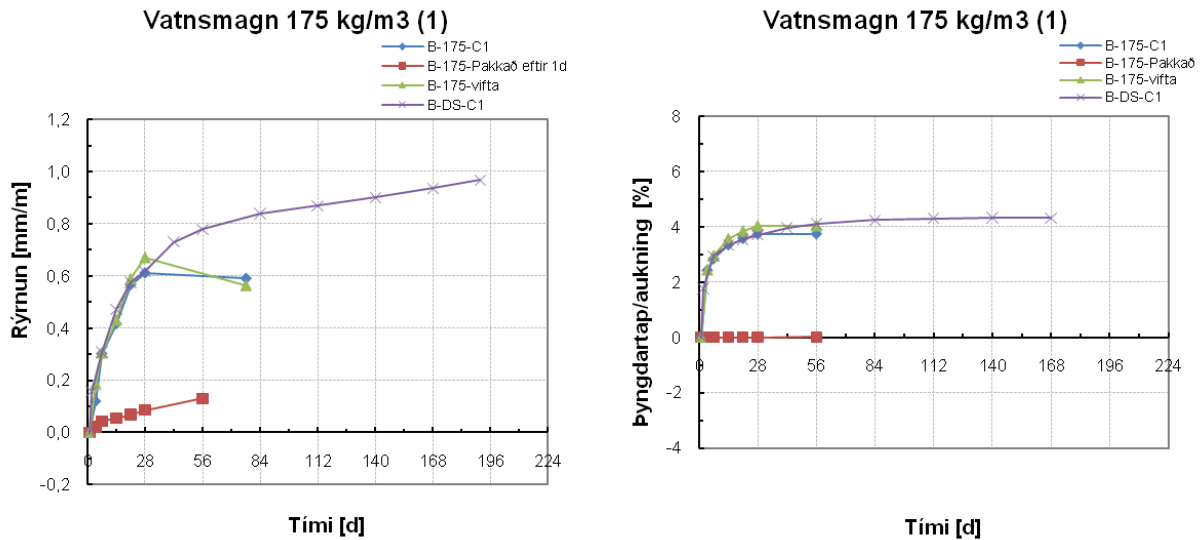
Línurit 78: Rýrnun steypu með vatnsmagn 160 kg/m<sup>3</sup> (v/s=0,51) og mismunandi eftirmeðhöndlun

Línurit 79: Þyngdartap steypu með vatnsmagn 160 kg/m<sup>3</sup> (v/s=0,51) og mismunandi eftirmeðhöndlun

Af línuriti 78 má sjá að niðurstöður eru svipaðar og sýni með vatnsmagni 145 kg/m<sup>3</sup> en munurinn er þó ekki jafn mikill á milli. Hérna er um 9% munur á sýni sem var geymt við 65% HR og á hinum sem geymd voru á rannsóknarstofunni eða við 50% HR. Sýnið sem var pakkað var búið að rýrna um 0,09 mm/m eftir 56 daga.

## Sýni með 175 kg/m<sup>3</sup> af vatni (vatn-sement hlutfall 0,55)

Gerðar voru tvær blöndur með þeirri uppskrift með það í huga að gera fleiri prófanir en úr hinum sem voru með meira eða minna vatnsmagn.



Línurit 80: Rýrnun steypu með vatnsmagn 175 kg/m<sup>3</sup> (v/s=0,55) og mismunandi eftirmeðhöndlun (fyrri steypublanda)

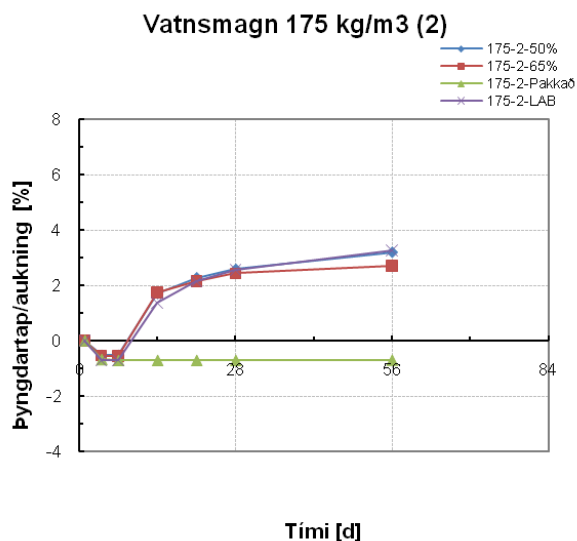
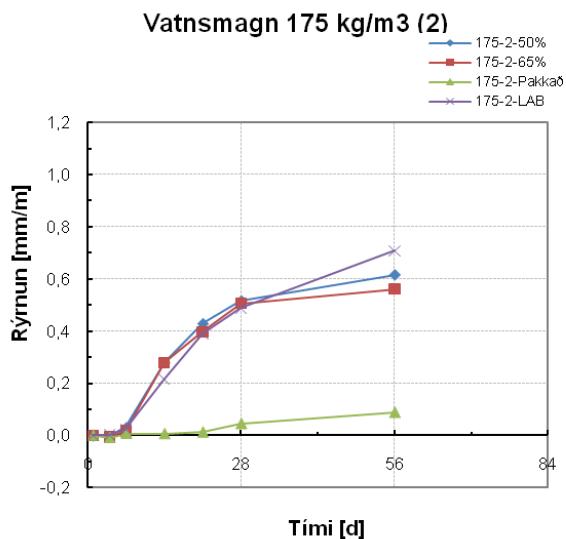
Línurit 81: Þyngdartap steypu með vatnsmagn 175 kg/m<sup>3</sup> (v/s=0,55) og mismunandi eftirmeðhöndlun (fyrri steypublanda)

Úr fyrri blöndunni ( línurit 80 og 81) voru tekin þrjú sýni og var einu þeirra pakkað inn í vatnspéttar umbúðir strax eftir að það var tekið úr móti til að mæla hvörfunar- og sjálfútþornunarrýrnun. Eftir 56 daga mældist sú rýrnun vera um 0,13 mm/m.

Annað sýni var sett strax í 50% raka og borið saman við sýni sem gert var í fyrsta hluta með samskonar blöndu. Sjá má að ferlar þeirra liggja nánast saman eftir 28 daga. Hins vegar var sýnið úr þriðja hluta pakkað inn í vatnsheldar umbúðir eftir þann tíma.

Þriðja sýnið var haft á rannsóknarstofunni með viftu sem blés á það fyrstu 28 dagana en síðan var því pakkað inn í vatnsheldar umbúðir og sett inn í 50% raka. Eftir 28 daga hefur sýnið sem geymt var undir viftu rýrnað um 11% meira en það sem geymt var í 50% HR.

Athyglisvert er að sjá hvað gerist í sýnunum sem pakkað var inn eftir 28 daga. Sýnið sem var í 50% raka stendur í stað en sýnið sem geymt á rannsóknarstofunni þrútnar töluvert út eftir að því var pakkað inn og sett inn í 50% raka.

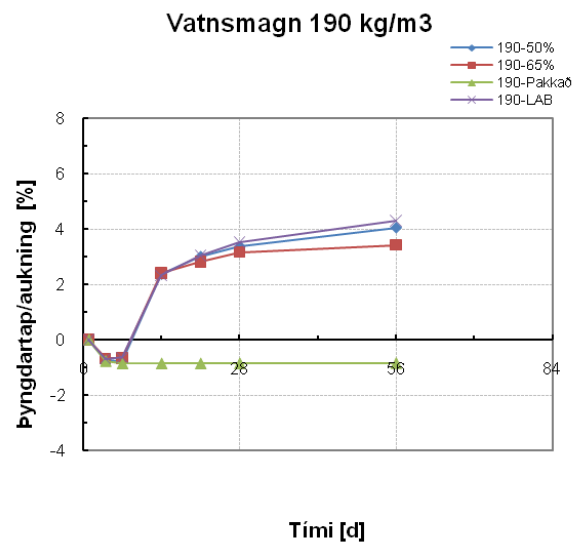
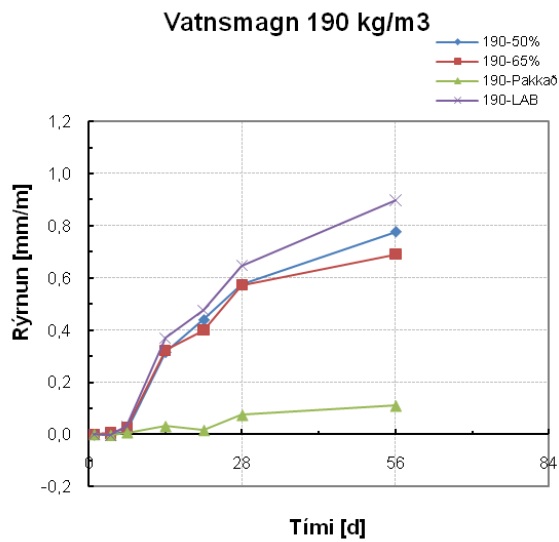


Línurit 82: Rýrnun steypu með vatnsmagn 175 kg/m<sup>3</sup> (v/s=0,55) og mismunandi eftirmeðhöndlun (seinni steypublanda)

Línurit 83: Þyngdartap steypu með vatnsmagn 175 kg/m<sup>3</sup> (v/s=0,55) og mismunandi eftirmeðhöndlun (seinni steypublanda)

Úr seinni blöndunni (línurit 82 og 83) voru tekin sýni sem fengu sömu meðhöndlun og blöndur með annað vatnsmagn. Töluverður munur er á milli sýnis sem var í 65% HR og sýni sem var í 50% HR eða um 9%. Mikill munur er á rýrnun sýnanna sem voru í rakaklefum og á sýninu sem stóð frammi á rannsóknarstofunni en 15% munar á því sýni og sýninu sem var í 50% RH. Sýnið sem var pakkað hafði rýrnað um 0,09 mm/m eftir 56 daga.

## Sýni með 190 kg/m<sup>3</sup> af vatni (vatns-sements hlutfall 0,6)

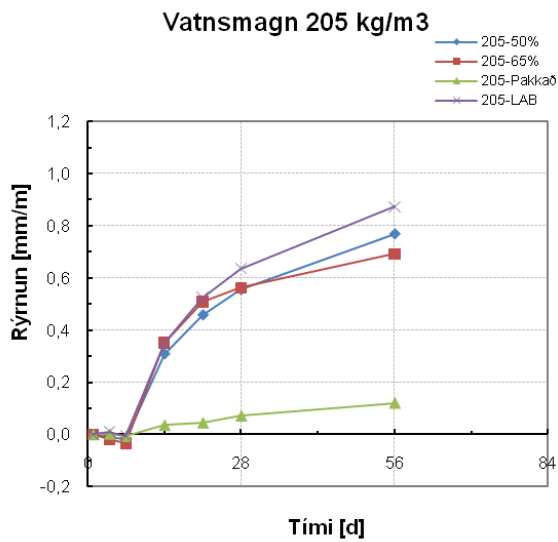


Línurit 84: Rýrnun steypu með vatnsmagn 190 kg/m<sup>3</sup> (v/s=0,6) og mismunandi eftirmeðhöndlun

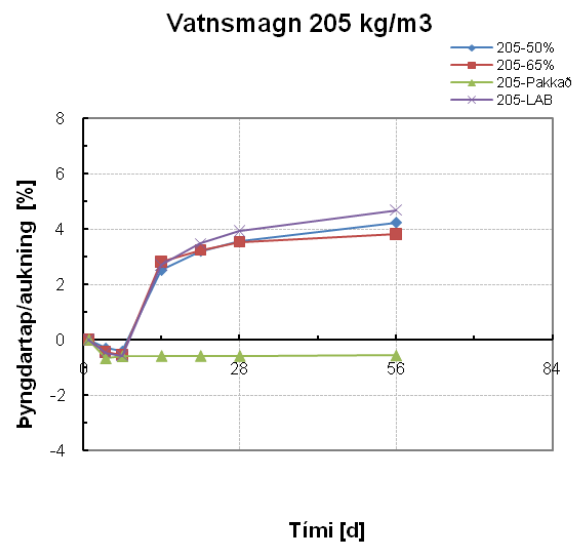
Línurit 85: Þyngdartap steypu með vatnsmagn 190 kg/m<sup>3</sup> (v/s=0,6) og mismunandi eftirmeðhöndlun

Um 13% munur var á sýni sem geymt var í 50% raka og sýni sem var í 65% raka. Hins vegar er um 16% munur á sýni sem var í 50% HR og því sem var geymt frammi á rannsóknarstofunni. Rýrnun mældist 0,11 mm/m á pakkaða sýninu eftir 56 daga.

## Sýni með 205 kg/m<sup>3</sup> af vatni (vatns-sements hlutfall 0,65)



Línurit 86: Rýrnun steypu með vatnsmagn 205 kg/m<sup>3</sup> (v/s=0,65) og mismunandi eftirmeðhöndlun

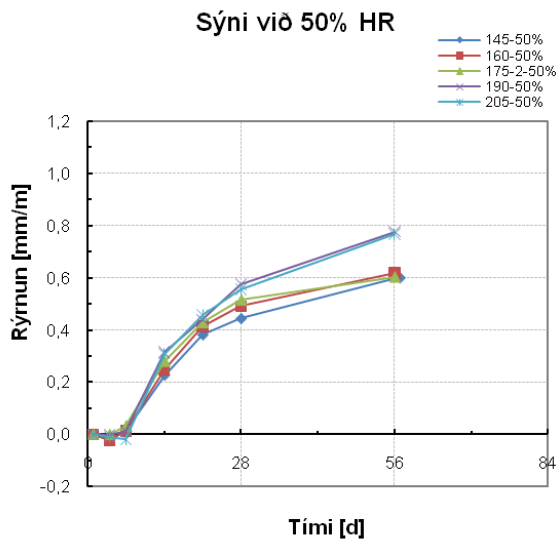


Línurit 87: Þyngdartap steypu með vatnsmagn 205 kg/m<sup>3</sup> (v/s=0,65) og mismunandi eftirmeðhöndlun

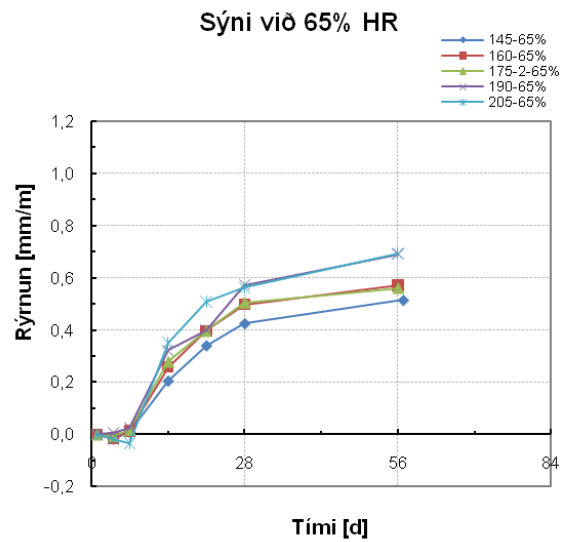
Hérna er um 10% munur á sýni sem geymt var í 50% HR og sýni sem var í 65% HR en 14% munur var á sýninu sem var í 50% HR og því sem var frammi á rannsóknarstofu. Sýnið sem var pakkað mældist með rýrnun 0,12 mm/m eftir 56 daga.



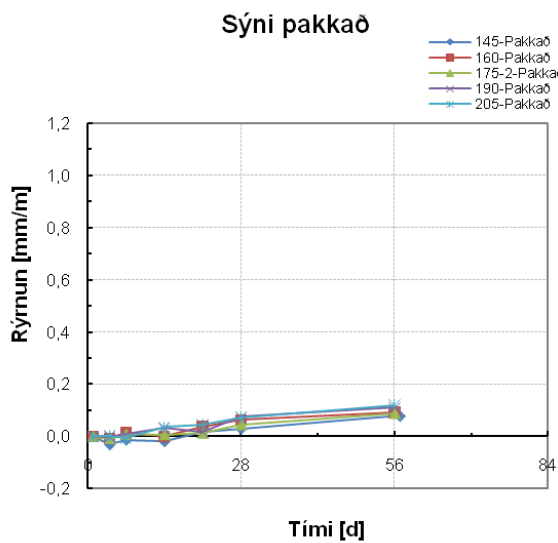
## Sýni með mismunandi v/s hlutfall borin saman eftir meðhöndlun



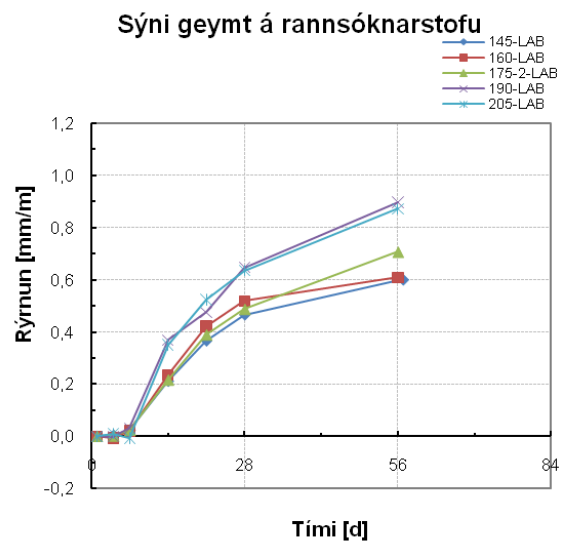
Línurit 88: Rýrnun steypu með mismunandi vatnsmagn, í 50% hlutfallsraka



Línurit 89: Rýrnun steypu með mismunandi vatnsmagn, í 65% hlutfallsraka



Línurit 90: Rýrnun steypu með mismunandi vatnsmagn, pakkað í vatnsheldar umbúðir



Línurit 91: Rýrnun steypu með mismunandi vatnsmagn, geymt á rannsóknarstofu

Eftir 56 daga er minnsta rýrnun í öllum sýnum sem hafa  $v/s=0,46$  af vatni óháð því hvernig eftirmeðhöndlunin var. Við 50% HR var munurinn á sýni með  $v/s=0,46$  og sýnum sem voru með  $v/s=0,53$  og  $v/s=0,55$  mjög lítil. Hins vegar virðist koma mikið

stökk frá sýni með  $v/s=0,55$  og sýni með  $v/s=0,6$  en á þeim munar um 29%. Aftur á móti er svo nánast enginn munur á sýni með  $v/s=0,6$  og sýni með  $v/s=0,65$ .

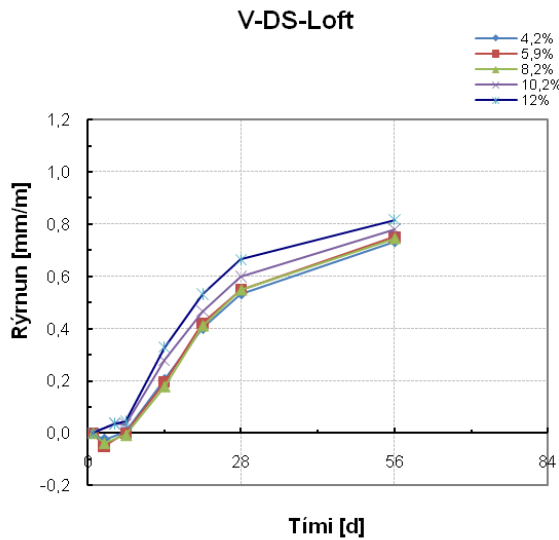
Við 65% HR er svipaða sögu að segja. Þar reyndar munar 11% á sýni með  $v/s=0,46$  og sýnum með  $v/s=0,51$  og  $v/s=0,55$  en svo kemur aftur mikið bil á milli sýna með  $v/s=0,55$  og  $v/s=0,6$  eða um 23% munur.

Þau sýni sem voru pökkuð eftir 6 daga í 100% HR, þrútna flest á meðan þau eru geymd í rakaklefanum en eftir pökkun sést að sýni með vatns-sements hlutfall 0,46, 0,51 og 0,55 eru að rýrna svipað eftir 56 daga. Munurinn á sýnum með  $v/s=0,55$  og 0,6 var um 25% en svo er aftur 9% munur á sýni með  $v/s=0,6$  og 0,65.

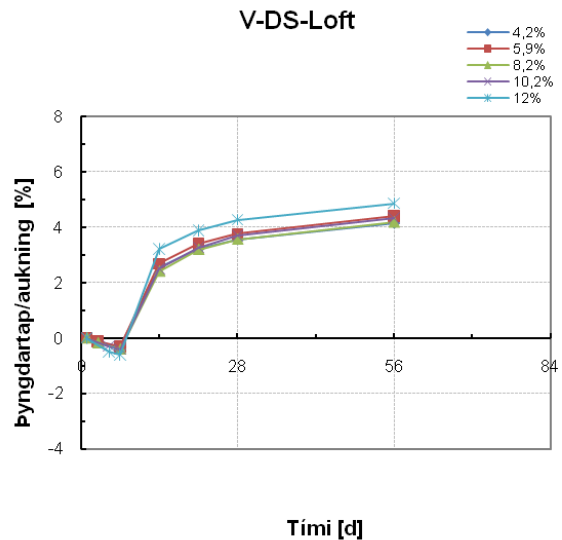
Sýni sem voru geymd á rannsóknarstofunni voru með áþekkan feril og þau sem geymd voru í rakaklefum. Þar var lítill munur á sýnum með  $v/s=0,46$  og 0,51 en svo var 16% munur á sýnum með  $v/s=0,51$  og 0,55. Aftur kom svo stökk frá sýni með  $v/s=0,55$  að sýni með  $v/s=0,6$  eða um 27% en svo er nánast enginn munur á sýnum með  $v/s=0,6$  og 0,65.

## 6.4 Fjórði hluti – niðurstöður rannsókna á loftinnihaldi steypu

Prófað var að steypa sýni með mismiklu loftinnihaldi til að sjá hvaða áhrif það hefði á rýrnun steypunnar.



Línurit 92: Rýrnun steypu með mismiklu loftinnihaldi

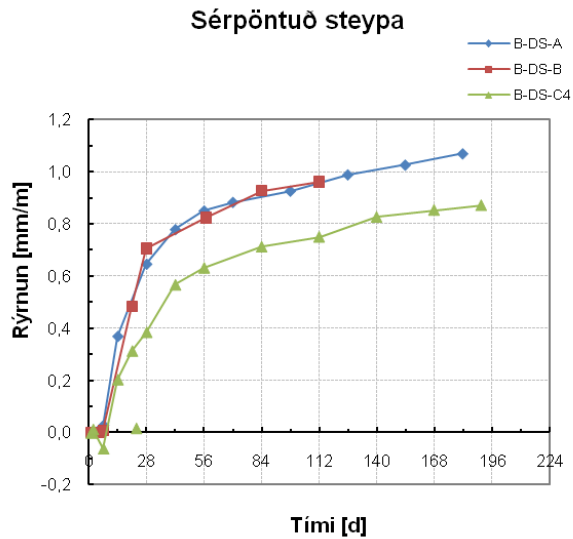


Línurit 93: Þyngdartap steypu með mismiklu loftinnihaldi

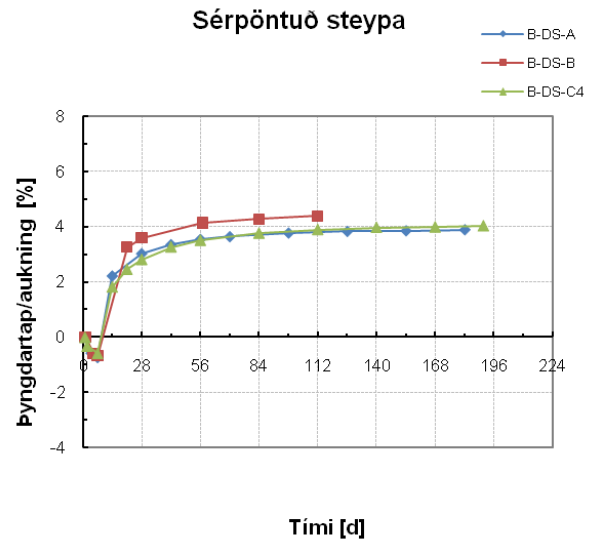
Eftir 56 daga munar einungis 2% á sýni með 4,2% lofti og sýni með 5,9% lofti. Enginn munur var á sýni með 5,9% lofti og 8,2% lofti. Hins vegar munaði 5% á sýninu með 8,2% og sýni með 10,2% lofti. Einnig munaði 5% á sýni með 10,2% lofti og sýni með 12% lofti.

## 6.5 Fimmti hluti – niðurstöður rannsókna á sýnum frá steypustöðvum

Steypusýni voru fengin á steypustöðvum, tvö þeirra voru sérpöntuð eftir sömu uppskrift og B-DS til samanburðar. Sjá má niðurstöður á rýrnunarmælingum á línuriti 94.



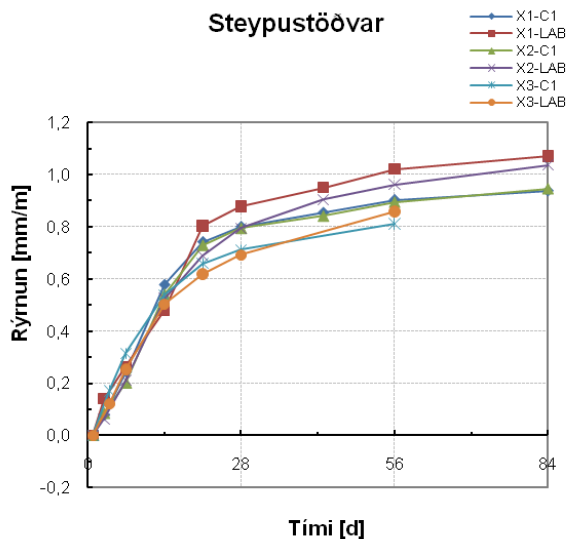
Línurit 94: Rýrnun steypu - sérpöntuð frá steypustöð



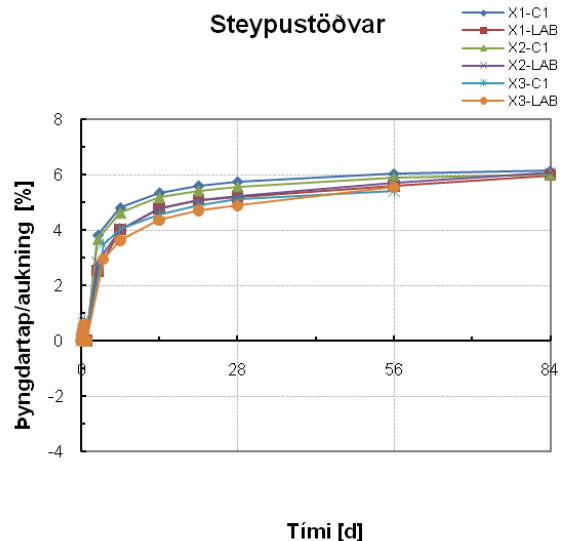
Línurit 95: Þyngdartap steypu - sérpöntuð frá steypustöð

Greinilegt er að mikill munur er á rýrnun ef skoðað er sýni sem steyp var á rannsóknarstofu og sýnum sem voru sérpöntuð frá steypustöð eftir sömu uppskrift. Munurinn er um 28%.

Einnig var farið út á verkstað og náð í sýni frá þremur steypustöðvum. Mæld var rýrnun í þeim sýnum og má sjá niðurstöður þeirra mælinga á línuriti 96.



Línurit 96: Rýrnun steypu sem fengin var á verkstað þriggja steypustöðva, með mismunandi eftirmeðhöndlun



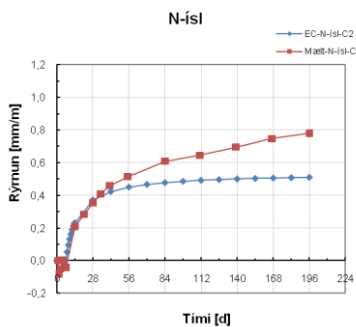
Línurit 97: Þyngdartap steypu sem fengin var á verkstað þriggja steypustöðva, með mismunandi eftirmeðhöndlun

Eins og sjá má á línuriti 96 fylgjast sýni x1 og x2 nokkuð að en þau sýni sem geymd voru á rannsóknarstofunni voru komin yfir 1,0 mm/m í rýrnun eftir 84 daga. Þau sem geymd voru í 50% HR (C1) voru hins vegar búin að rýrna um 0,94 mm/m. Sýni X3 hafði rýrnað minna, en eftir 56 daga var 10% - 11% munur á sýni X3-C1 og sýnum X1 og X2 sem fengu sömu meðhöndlun. Það munaði 12% - 19% á sýni X3-LAB og sýnum X1 og X2 sem voru geymd á rannsóknarstofunni. Á meðan sýnin voru á rannsóknarstofunni mældist hlutfallsraki á bilinu 36%-44% og hitastig frá 16°C – 19°C, nema síðustu 3 vikurnar þá fór hlutfallsraki niður í 25%.

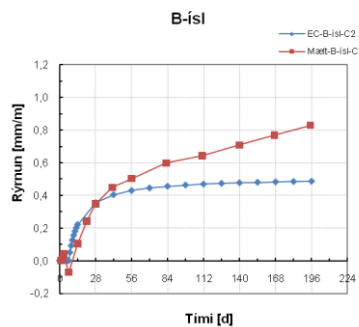
## 6.6 Samanburður reiknilíkana og steypusýna

Ákveðið var að bera saman steypusýni með íslenska sementinu úr fyrsta hluta við þau þrjú reiknilíkön sem könnuð voru.

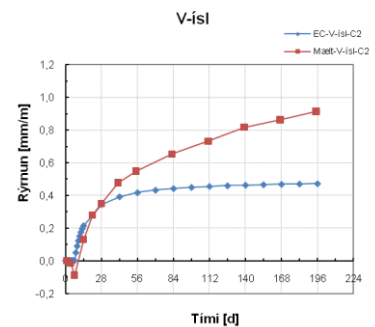
## Steypusýni borin saman við reiknilíkan Eurocode 2



Línurit 98: Samanburður N-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan EC2



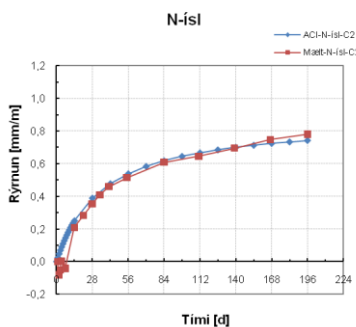
Línurit 99: Samanburður B-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan EC2



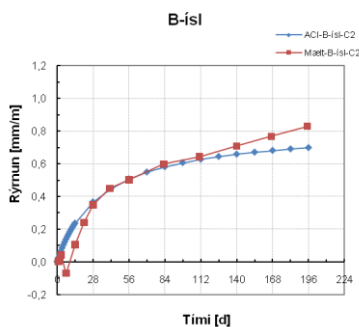
Línurit 100: Samanburður V-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan EC2

Mikill munur er á niðurstöðum mælinga og reiknilíkan EC2 eða allt frá 50%-90% munur eftir 196 daga. Reiknilíkan Eurocode 2 gerir ekki ráð fyrir frekari rýrnun eftir 56 daga en mæld sýni héldu hins vegar áfram að rýrna.

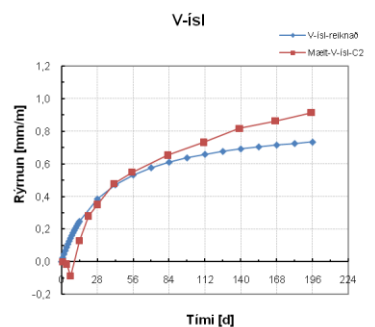
## Steypusýni borin saman við reiknilíkan ACI 209R



Línurit 101: Samanburður N-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan ACI 209R



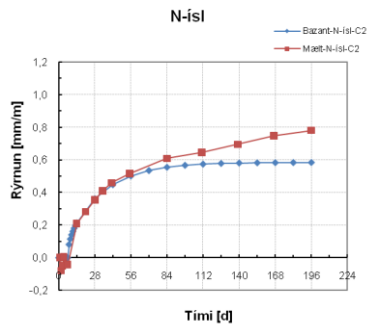
Línurit 102: Samanburður B-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan ACI 209R



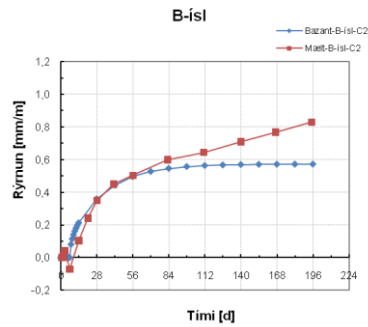
Línurit 103: Samanburður V-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan ACI 209R

Hérna fylgjast kúrfur mældu sýnanna og kúrfur ACI líkansins nokkuð vel að, sérstaklega sýnin með norsku fylliefnunum. Sýnin með fylliefnum frá Björgun og Vatnsgarði rýrna meira síðustu 3 mánuðina en líkanið gerir ráð fyrir.

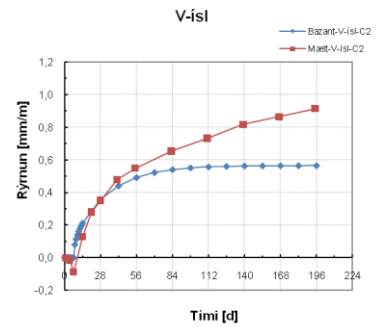
## Steypusýni borin saman við reiknilíkan Bažant



Línurit 104: Samanburður N-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan Bažants



Línurit 105: Samanburður B-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan Bažants



Línurit 106: Samanburður V-ísl úr fyrsta hluta við reiknilíkan Bažants

Kúrfur mældu sýnanna fylgja reiknilíkani Bažants nokkuð vel fyrstu 56-84 dagana. Eftir það gerir líkanið ráð fyrir því að lítil breyting verði á rýrnun en sýnin halda hins vegar áfram að rýrna.

## 7. Umræður

### 7.1 Fyrsti hluti – fylliefni, sement og eftirmeðhöndlun

Ef skoðaðar eru niðurstöður úr rannsóknum á fylliefnum má sjá að norsk fylliefni virðast koma best út en munurinn er þó ekki mikill. Mestur er munurinn þegar sýnin voru allan tíma í 50% hlutfallsraka eða um 10%-13% munur. Ef á heildina er litið kom fylliefnið frá Björgun næst best út, en munurinn á því og fylliefni frá Vatnsskarði var á bilinu 5%-25% eftir meðhöndlun. Gætu þessar niðurstöður bent til þess að fjaðurstuðull fylliefna hafi áhrif og einnig hve blöðrótt þau eru. Samkvæmt EN 1992-1-1:2004 er gefin eftirfarandi líking fyrir fjaðurstuðul [39]:

$$E_c = 22 \left( \frac{f_{ck} + 8}{10} \right)^{0,3} \quad (34)$$

Þjóðarskjal gefur upp að líkingin skuli margfaldast með [52]:

- a) 0,9 þegar um er að ræða fylliefni sem eru ekki áberandi opin
- b) 0,6 þegar um er að ræða opin (gleypin) fylliefni

Í skýrslu sem Rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins gaf út 1996 [53] kemur einnig fram að eftir því sem fylliefnin eru blöðróttari því lægri verður fjaðurstuðullinn.

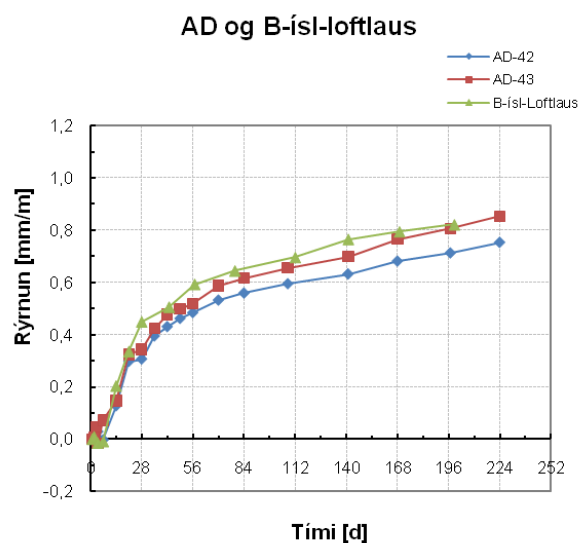
Við skoðun fylliefnanna var augljóst að Vatnsskarðsefnið var mjög blöðrótt. Björgunarefnið var greinilega ekki jafn blöðrótt en er þó blöðróttara en norsku fylliefnin. Rannsóknir á fylliefnum styðja einnig þá kenningu, sjá viðauka A. Um íslensku fylliefnin er einnig fjallað í annarri skýrslu frá rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins [54] sem styður þessa kenningu.

Þetta kemur einnig heim og saman við þá kenningu sem A.M. Neville heldur fram, að harka fylliefna stjórni að stórum hluta stærðargráðu rýrnunarinnar. Sjá kafla 3.8 (Fylliefni og rýrnun). Einnig má sjá í þeim kafla að stærð fylliefna skipta einnig máli. Steypublöndurnar með norsku fylliefnunum voru aðeins með kornastærð upp í 16 mm á meðan hinar blöndurnar voru með kornastærð upp í 22 mm. Því er spurning hvort munurinn á steypublöndunum með norsku fylliefnunum og steypublöndunum með íslensku fylliefnunum hefði verið meiri ef kornastærð þeirra hefði verið sú sama.



Í rannsókninni þar sem skoðuð voru áhrif mismunandi sements á rýrnun má sjá að ef á heildina er litið er íslenska sementið að rýrna aðeins minna en danskt og norskt sement, munurinn var allt frá 3%-12%. Ef fínleiki sementsins er skoðaður sést að íslenska sementið er með eðlisfyrirborð (Blain) 460 m<sup>2</sup>/kg, það danska með 466 m<sup>2</sup>/kg og norska með 450 m<sup>2</sup>/kg (sjá viðauka C) og er þessi munur því ekki rakinn til þess. Íslenska sementið er hins vegar það eina sem inniheldur kísilryk. Skiptar skoðanir eru á því hvort kísilryk dragi úr eða auki rýrnun [55,56] en í rannsókn sem R.P.Khatri og V. Sirivivatnanon [57] gerðu, kemur fram að heildarrýrnun venjulegs Portlandsements minnkaði við það að bæta kísilryki við steypuna. Hins vegar jókst rýrnunin ef flugaska eða gjall bættust einnig við. Einnig kom í ljós eftir athugun að íslenska sementið var mun sterkara en það hafði áður mælst. Þrýstipól þess mældist 60,8 MPa eftir 28 daga en er venjulega að meðaltali um 54 MPa.

Þegar niðurstöður voru skoðaðar á steypusýnum með sementi og fylliefnum frá Abu Dhabi. Sýnið sem var einungis með sement sem bindiefni (AD-42) rýrnaði um 13% minna en það sem var með gjall sem hluta af bindiefni (AD-43). Að hluta til gæti ástæðan verið sú að v/s tala er örlítið hærrí í AD-43 en útskýrir þó ekki þennan mikla mun. Ef borin eru saman sýnin frá Abu Dhabi og sýni sem er með fylliefnum frá Björgun, íslensku sementi og án loftblendis, má sjá að munurinn er ekki mikill á því og sýni AD-43. Munurinn er hins vegar rúmlega 15% ef sýnið er borið saman við sýni AD-42 (einungis sement sem bindiefni). Sjá línurit 107.



Línurit 107: Rýrnun íslenskrar steypu borin saman við steypu frá Abu Dhabi

Samanburður á þessum sýnum er kannski ekki sambærilegur þar sem vatns-sements hlutfall AD sýnanna er töluvert lægra en í íslenska sýninu. AD sýnin ættu því að rýrna töluvert minna en íslenska sýnið. Hins vegar er AD-43 sýnið að rýrna nánast jafn mikið og íslenska sýnið. AD-42 sýnið virðist aftur á móti vera að rýrna í réttu hlutfalli miðað við vatns-sements hlutfall. Rannsóknir [57,58] hafa sýnt að ef gjalli er bætt við steypublönduna verður rýrnun meiri en ella og getur það verið ástæða fyrir aukinni rýrnun í sýni AD-43.

Eftirmeðhöndlun hefur greinilega töluverð áhrif á rýrnun steypunnar. Þau sýni sem voru í 100% raka rýrnuðu lítið þann tíma sem rannsóknin fór fram, þá rýrnun sem kom fram má rekja til hvörfunar- og sjálfútþornunarrýrnunar en hér sést vel hve lítill hluti af heildarrýrnun það er. Sýnin sem voru allan tímann í 50% raka rýrnuðu mest en munurinn var allt upp í 19% og kom það ekki á óvart þar sem þurrkrýrnun hófst strax þegar steypa var tekin úr móti. Niðurstöður sýndu einnig að sýni sem sett var í kalkbað áður en það vara sett í 100% HR, rýrnaði ekki minna en sýni sem fór beint í 100% HR.

Á samanburði á rýrnun og þyngdartapi sýnanna sést vel að ekki er samræmi þar á milli.

## **7.2 Annar hluti – íblendiefni og efja**

Niðurstöður sýna að það skiptir máli hvers konar litarefni er valið. Rýrnun jókst ekki ef notað var járnnoxíð sem litarefni. Hins varð rúmlega 9% meiri rýrnun í sýninu með litarefni unnið úr kolum. Í raun er ekki óeðlilegt að lituð sýni rýrni meira, því með litarefnunum er verið að bæta fínefnum í steypuna, hins vegar kemur á óvart að það sé eingöngu sýnið með litarefnunum unnið úr kolum sem rýrnar meira.

Ekki munaði miklu á rýrnun sýnis með 5,9% lofti og á sýni án loftblendis og er líklegt að það þurfi meira loft til að sjá aukna rýrnun. Nánar verður farið í það þegar fjallað verður um niðurstöður úr fjórða hluta.

Ekki er vafi á því að notkun rýrnunarvara hefur sitt að segja í baráttunni við sprungur vegna rýrnunar. Einungis var prófað að steypa eitt sýni með rýrnunarvara og munar rúmlega 25% á því sýni og sambærilegu sýni án rýrnunarvara. Rýrnunarvarinn sem notaður var hafði samt sem áður verið í geymslu í þó nokkurn tíma fyrir notkun í þessu verkefni. Það er því möguleiki að virkni hans hafi aðeins verið farin að minnka.

Hlutfall efju hefur mikil áhrif á rýrnun og er munurinn um 22% ef efja er aukin frá 27,8% upp í 30%. Þegar efjan er aukin í 32,4% eykst munurinn upp í 30%. Það kemur hins vegar á óvart að það skildi ekki vera meiri munur á sýni með 30% efju og sýni með 32,4% efju. Á línurit 4 í kafla um þurrkrýrnun má sjá rýrnun steypusýna með mismunandi hlutfall fylliefna á móti sementi við hækkandi vatn-sements hlutfall. Í töflu 15 má sjá niðurstöður sýna með mismunandi efjuhlutfalli bornar saman við línurit 4. Þegar hlutfall fylliefna á móti sementi er reiknað út fyrir sýni úr öðrum hluta og sett inn í línurit 4 er hægt að lesa áætlaða rýrnun miðað við gefið vatns-sements hlutfall.

Tafla 15: Niðurstöður úr rannsókn á efjuhlutfalli borin saman við línurit 4

Sýni	Efju- hlutfall %	Fylliefni/ sement	Rýrnun skv. Línuriti 4 mm/mm
B-ísl-C4	27,8	5,94	$460 \times 10^{-6}$
B-ísl-30% efja	30	5,34	$650 \times 10^{-6}$
B-ísl-32,4% efja	32,4	4,70	$780 \times 10^{-6}$

Munur á 27,8% efju og 30% efju er þar um 41%. Munur á 30% efju og 32,4% efju er hins vegar 20%. Á þessu má sjá að hlutfallslega fer munurinn minnkandi eftir því sem efjan verður meiri. Á línuriti 4 er hins vegar gert ráð fyrir því að sýnin séu að rýrna töluvert minna en sýnin í verkefninu.

### 7.3 Þriðji hluti – vatns/sements hlutfall

Nokkuð augljóst þykir að sú rýrnun sem verður vegna hvörfunar og sjálfútþornunar er mjög lítil þáttur af heildarrýrnuninni. Eftir 56 daga rýrnuðu þau sýni sem voru þökkuð inn á bilinu 0,08-0,12 mm/m og því greinilegt að það er þurrkrýrnunin sem er stærsti þátturinn.

Munur á sýnum sem geymd voru í 50% raka og sýnum sem voru í 65% raka er á bilinu 8%-17% og er það örlítið minna en fræðin segja til um. Samkvæmt Eurocode, ACI 209R og Bazant ætti að muna um 20% á þessum sýnum. Ástæða þessarar skekkju gæti verið sú að rakaklefinn sem heldur 50% hlutfallsraka er sjálfvirkur og er stöðugt að stilla sig en rakaklefinn sem heldur 65% raka er handstilltur með reglulegu millibili. Því er möguleiki að ekki hafi haldist 65% hlutfallsraki í klefanum allan tímann. Munur á rýrnun sýnanna sem voru á rannsóknarstofunni og sýnum sem voru í 50% raka var frekar rokkandi. Þar jókst rýrnun í sýnum sem voru með v/s hlutfall 0,46

ekkert, rýrnun jókst um 7% hjá sýnum með v/s hlutfall 0,51 en rýrnun jókst hins vegar um 15% hjá sýnum með v/s hlutfall 0,55 og yfir. Rakastig á rannsóknarstofunni var lengst af um 40%-44% en fór niður í 25% á síðustu vikunum, hitastigið var oftast á bilinu 17-19°C en fór stundum niður í 14-15°C og getur það því verið útskýringin á ekki meiri mun á milli sýnanna.

Fleiri sýni voru tekin úr blöndunni með vatnsmagn  $175 \text{ kg/m}^3$  en úr hinum, í þeim tilgangi að skoða betur hvörfunar- og sjálfútþornunarrýrnun. Eitt sýni fór beint í 50% raka (C1) í 28 daga en eftir það var því pakkað inn í vatnsheldar umbúðir. Eftir 28 daga fylgdi sýnið nákvæmlega sömu kúrfu og sýni B-DS-C1 (sýni með fylliefnum frá Björgun, íslensku sementi og fór í 50% HR eftir að það var tekið úr móti) úr fyrsta hluta, sem þýðir að takmarkinu um að hafa blöndurnar sem líkastar var náð. Eftir að sýninu var pakkað inn stöðvast rýrnun, það ætti að teljast eðlilegt þar sem komið var í veg fyrir útþornun úr sýninu.

Annað sýni var geymt á rannsóknarstofunni í 28 daga og síðustu 3 vikurnar var vifta láttin blása á sýnið til að flýta fyrir að þurrkrýrnun kæmi fram. Munaði um 11% á því og sýninu sem var í 50% raka eftir 28 daga. Eftir 28 daga var því einnig pakkað inn í vatnsheldar umbúðir. Þegar rannsókn lauk hafði það sýni þrútnað um 0,025 mm (0,1 mm/m). Hiti á rannsóknarstofunni var um og yfir 6°C lægri en í rakaklefa og getur steypa þrútnað við hærri hitastig samkvæmt jöfnu um lengdarbreytingu vegna hita [59]:

$$L_T - L_0 = L_0 \alpha \Delta T \quad (35)$$

þar sem:

$L_T$  = Lengd eftir formbreytingu

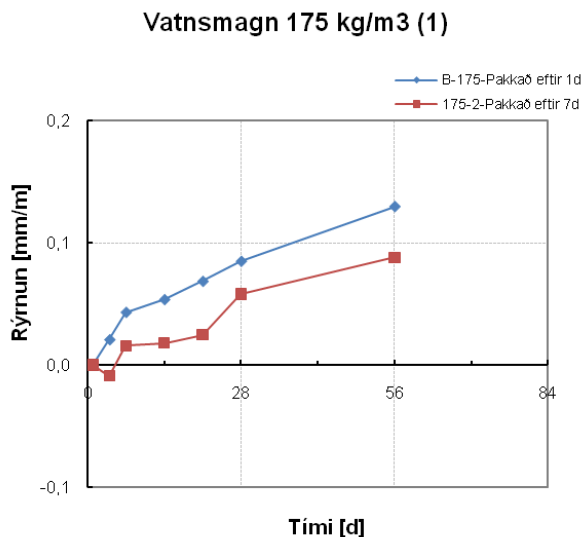
$L_0$  = Upphafleg lengd

$\alpha$  = Hitapanstuðull (  $10^{-5}$  fyrir steypu) [60]

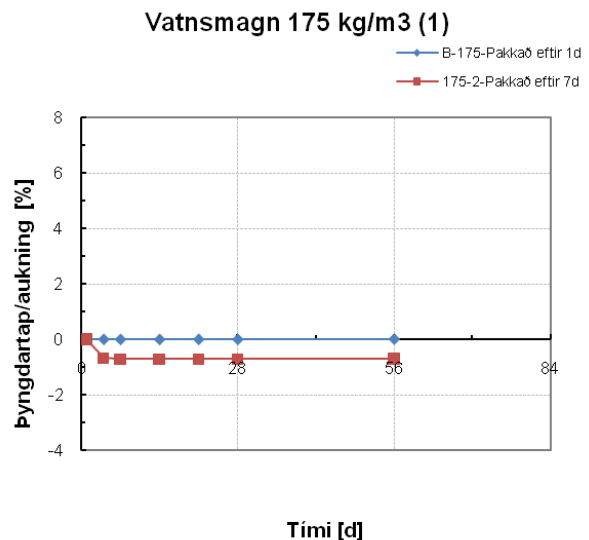
$\Delta T$  = Breyting á hitastigi

Samkvæmt þessari jöfnu getur steypusýni með lengd 0,25 m lengst um 0,015 mm við að hitastig hækki um 6°C og getur því útskýrt þessa þenslu að mestu leyti.

Þriðja sýnið var sett í vatnsheldar umbúðir um leið og það hafði verið tekið úr móti. Þar sést að eftir 56 daga hafði það rýrnað um 0,13 mm/m og ef það er borið saman við sýni úr seinni blöndunni, sem var sett í 100% raka í 7 daga og eftir það pakkað inn, má sjá að það munar nálægt helmingi á rýrnun. Skýringin á því er sú að sýnið sem fór í 100% raka fyrst náði að þrútna út á þeim tíma og safna í sig raka sem hitt sýnið náði ekki að gera. Sjá línurit 108 og 109.



Línurit 108: Rýrnun sýna með 175 kg/m<sup>3</sup> af vatni, pakkað inn í vatnsheldar umbúðir eftir annars vegar 1 dag og hins vegar 7 daga



Línurit 109: Þyngdartap/aukning sýna með 175 kg/m<sup>3</sup> af vatni, pakkað inn í vatnsheldar umbúðir eftir annars vegar 1 dag og hins vegar 7 daga

Athyglisvert er að alls staðar er minnsta rýrnunin í sýni með vatnsmagn 145 kg/m<sup>3</sup> en nánast enginn munur er á sýnum með vatnsmagn 160 kg/m<sup>3</sup> og 175 kg/m<sup>3</sup>. Það sama er að segja um sýni með vatnsmagn 190 kg/m<sup>3</sup> og 205 kg/m<sup>3</sup> en lítill sem enginn munur er aftur á móti á milli þeirra.

## 7.4 Fjórði hluti – loft innihald steypu

Eini staðallinn sem tekur innihald lofts í steypu með inn í útreikninga á rýrnun er ACI 209R [2] en samkvæmt honum verður ekki aukning á rýrnun vegna loftinnihalds fyrr en eftir að loft er komið í 8%. Eftir það ætti að vera 1,5%-2% aukning á rýrnun fyrir hver 2% lofts sem bætt er í steypuna. Niðurstöður rannsókna sýndu að lítill sem enginn munur var á sýnum sem voru með 2%-8% loftinnihald en aftur á móti jókst rýrnun verulega þegar loftið var aukið í 10% og í 12% eða um 5% eftir 56 daga. Þetta

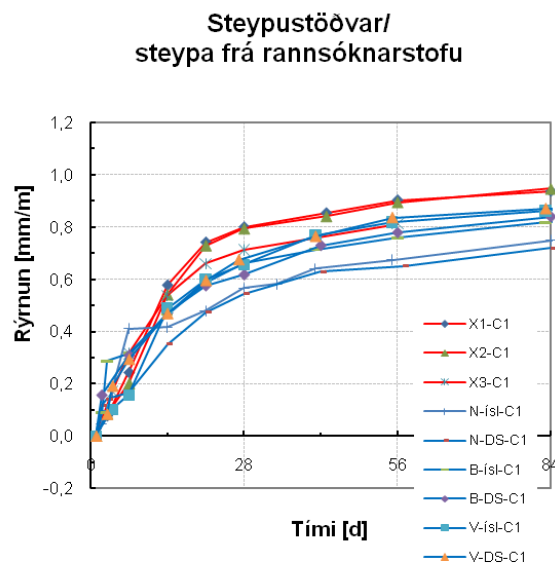
kemur einnig heim og saman við rannsóknir úr öðrum hluta þar sem sýni án loftblendis var borið saman við sýni með um 6% loft en nánast enginn munur var á þeim.

## 7.5 Fimmti hluti – steypa frá steypustöðvum

Mikill munur var á steypu sem var sérpöntuð frá steypustöð og steypu sem steipt var á rannsóknarstöðinni, þrátt fyrir að uppskrift þeirra hefði átt að vera nánast sú sama. Rúmlega 25% meiri rýrnun kom fram í þeim sýnum sem pöntuð voru frá steypustöðinni. Sennilegasta skýringin á því er sú að of miklu vatni hafi verið bætt í blönduna, mögulega vegna breytileika á raka fylliefna sem notuð voru í blönduna.

Eftir einungis 56 daga voru sýnin sem tekin voru á verkstöðum að rýrna um 0,8-0,9 mm/m ef þau voru geymd í 50% HR en um 0,85-1,02 ef þau voru geymd á rannsóknarstofunni.

Á línuriti 110 má sjá sýnin sem fengin voru á verkstöðum (rauð lína) og eru þau hér borin saman við þau sýni sem gerð voru á rannsóknarstofunni (blá lína) og fengu sömu eftirmeðhöndlun. Sést á niðurstöðunum að sýni frá tveimur steypustöðvum komu verst út. Sýnið frá þriðju steypustöðinni rýrnaði ekki jafn mikið. Það sýni rýrnaði hins vegar álíka mikið og þau sýni komu verst út af þeim sem blönduð voru á rannsóknarstofunni.



Línuriti 110: Steypusýni frá steypustöðvum borin saman við sýni sem gerð voru á rannsóknarstofu

Þessi mikla rýrnun er áhyggjuefni og þarf nánari athugun, vonandi verða þessar niðurstöður til þess að stjórnendur og eftirlitsmenn steypustöðva skoði málið frekar. Einnig vekur þetta upp þá spurningu hvort ekki þurfi að setja reglugerð/kröfu um hámarks rýrnun í íslenski steinsteypu.

## 7.6 Reiknilíkön og steypusýni

Reiknilíkön Eurocode 2, ACI 209R og Bazant voru skoðuð. Mjög athyglisvert var að skoða þessi þrjú reiknilíkön og bera saman við nokkur steypusýni sem gerð voru í fyrsta hluta verkefnisins. Eurocod 2 virðist vera þar fjærst frá raunveruleikanum en þar er aðeins gert ráð fyrir að rýrnun komi fram fyrstu 2 mánuðina og einungis um 0,5 mm/m að hámarki. Reiknilíkan Bazants gerir ráð fyrir rýrnun fyrstu 3 mánuðina og fylgir steypusýnum nokkuð vel á þeim tíma en eftir það er gert ráð fyrir að rýrnun stöðvist, en steypusýni gera það ekki. ACI líkanið fylgir hins vegar steypusýnunum nánast algjörlega.

Mikill munur er á því hvaða breytur líkönin taka inn og til dæmis taka þau öll mið af því í hvaða hlutfallsraka sýnið er geymt, stærð sýnis og þann tíma sem það var í 100% raka. Eurocod 2 tekur inn fæstar breytur af þessum þremur reiknilíkönunum en ACI flestar og getur það útskýrt þennan mun.

## 7.7 Takmarkanir og frekari rannsóknir

Helstu takmarkanir við þessar rannsóknir voru:

- Nákvæmni mælinga eru háðar mælingamanni
- Nákvæmni mælinga eru háðar mælitækjum
- Rakastig getur verið breytilegt á rannsóknarstofu
- Hitastig getur verið breytilegt á rannsóknarstofu

Frekari rannsóknir á rýrnun steypu sem fróðlegt væri að framkvæma:

- Fróðlegt væri að skoða betur blöndun sements með kísilryki með tilliti til rýrnunar
- Frekari rannsóknir á steypu með litarefnum
- Frekari rannsóknir á mikilli rýrnun steypu frá steypustöðvum. Hvað er til ráða?

## 8. Samantekt

Eftirfarandi ályktanir má draga af niðurstöðum rannsókna þessa verkefnis, sbr. spurningar í kafla 1.

- Steypusýni með íslenskum fylliefnum virðast rýrna aðeins meira en steypusýni með norskum fylliefnum. Íslensku fylliefnin eru blöðróttari en það gerir þau veikari en einnig hefur fjaðurstuðull áhrif, ef hann er lágur getur það aukið á stærðargráðu rýrnunarinnar.
- Steypa með íslensku sementi rýrnaði aðeins minna en steypa með dönsku eða norsku sementi. Íslenska sementið er með viðbætt kísilryk sem kann að draga úr rýrnun. Einnig er líklegt að óvenju hátt þrýstipól íslenska sementsins hafi haft eitthvað að segja.
- Steypa með fylliefnum og sementi frá Abu Dhabi virðist rýrna meira ef gjalli er blandað saman við steypuna.
- Eftirmeðhöndlun steypunnar hefur mikið að segja, hægt er að draga töluvert úr rýrnun steypunnar með því að vökva hana vel fyrstu dagana. Hins vegar bar rannsóknum ekki saman við fræðin þegar skoðaður var munur á geymslu sýna við 40%, 50% og 65% hlutfallsraka, en á þeim sýnum var minni munur en staðlar segja til um.
- Kalkbað dró ekki úr rýrnun steypunnar.
- Niðurstöður sýna að það er ekki sama hvaða litarefni er notað ef horft er á rýrnun. Steypa sem var með kol sem litarefni rýrnaði meira en samanburðarsýni. Hins vegar mældist ekki meiri rýrnun í steypu með járnnoxíð sem litarefni en í samanburðarsýni.
- Rýrnunarvari virkar vel til að draga úr rýrnun, þar sem um 25% meiri rýrnun mældist í sýni án rýrnunarvara.
- Rannsóknir sannreyndu það að ef hlutfall efju í steypu er aukið þá eykst rýrnun hennar.
- Hvörfunar- og sjálfútþornunarrýrnun vegur mjög lítið þegar horft er til heildarrýrnunar.
- Greinilegt er að vatnsmagn hefur mikil áhrif á rýrnun, sérstaklega ef v/s hlutfall er komið yfir 0,6.



- Loftinnihald steypunnar hefur ekki áhrif á rýrnun fyrr en það hefur náð yfir 8%.
- Sýni frá steypustöðvum komu mjög illa út með tilliti til rýrnunar, hvort sem steypan var sérpöntuð eða fengin á verkstað.
- Af þeim þremur reiknilíkönunum sem skoðuð voru, kom ACI 209R-92 best út í samanburði við mæld sýni en Eurocode 2 lakast.

- [1] H. Ágústsson, *Íslensk byggingararfleifð I, Ágrip af húsaagerðarsögu 1750-1940*. Reykjavík: Húsafriðunarnefnd ríkisins, 1998.
- [2] ACI Committee 209.R2, "Prediction of Creep, Shrinkage, and Temperature Effects in Concrete Structures," ACI Committee 209, 1997.
- [3] A. M. Neville and J. J. Brooks, *Concrete Technology*. London: Longman Group UK Limited 1987, 2008.
- [4] G. Jónsson, "Fyrirlestur í Efnisfræði steinsteypu," Háskólinn í Reykjavík, 2008.
- [5] M. Colliardi, *"The New Concrete". What is "new"?* Italy: Grafiche Tintoretto, 2006.
- [6] A. Kılıç, C. D. Atiş, A. Teymen, O. Karahan, F. Özcan, C. Bilim, and M. Özdemir, "The influence of aggregate type on the strength and abrasion resistance of high strength concrete," *Cement and Concrete Composites*, vol. 30, no. 4, pp. 290–296, Apr. 2008.
- [7] "Byggingarreglugerð," *Dóms- og kirkjumálaráðuneyti: Byggingarreglugerð*, 14-May-2012. [Online]. Available: <http://www.reglugerd.is/interpro/dkm/WebGuard.nsf/key2/441-1998>.
- [8] L. Du and K. J. Folliard, "Mechanisms of air entrainment in concrete," *Cement and Concrete Research*, vol. 35, pp. 1463–1471, Aug. 2005.
- [9] D. P. Bentz, M. R. Geiker, and K. K. Hansen, "Shrinkage-reducing admixtures and early-age desiccation in cement pastes and mortars," *Cement and Concrete Research*, vol. 31, no. 7, pp. 1075–1085, 2001.
- [10] J. J. Brooks and X. Jiang, "The influence of chemical admixtures on restrained drying shrinkage of concrete," *ACI SPECIAL PUBLICATIONS*, vol. 173, pp. 249–266, 1997.
- [11] M. Collepardi, A. Borsoi, S. Collepardi, J. Ogoumaholagot, and R. Troli, "Effects of shrinkage reducing admixture in shrinkage compensating concrete under non-wet curing conditions," *Cement and Concrete Composites*, vol. 27, pp. 704–708, Jul. 2005.
- [12] N. S. Berke, L. Li, M. C. Hicks, and J. Bae, "Improving concrete performance with shrinkage-reducing admixtures," in *Proceedings of the Seventh CANMET/ACI International Conference on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, ACI SP-217, Berlin, Germany, 2003*, pp. 37–50.
- [13] S. P. Shh, M. E. Krguller, and M. Sarigaphuti, "Effects of shrinkage-reducing admixtures on restrained shrinkage cracking of concrete," *ACI Materials Journal*, vol. 89, no. 3, 1992.
- [14] H. Jónsson, "Effect of Shrinkage Reducing Admixtures in Concrete," Thesis, Heriot-Watt University, 2006.
- [15] C. Nmai, B. Mullen, and K. Fletcher, "Comparative evaluation of shrinkage reducing admixtures for concrete," in *Conference proceedings*, 1999, pp. 84–90.
- [16] R. Gettu, J. Roncero, M. Á. Martín, and A. A. . Agullo, "Experimental study of concretes incorporating, shrinkage reducing and internal curing admixtures," Universitat poliecnica de Catalunya, Barcelona, Report C-4098/1, 2002.

- [17] S. P. Shah, W. J. Weiss, and W. Yang, "Shrinkage cracking, can it be prevented?," *Concrete International*, pp. 51–55, 1998.
- [18] P. Russell, *Concrete Admixtures*. London: Eyre & Spottiswoode Publications Ltd, 1983.
- [19] G. Jónsson, "Formbreytingar steinsteypu." Rannsóknarsstofnun byggingariðnaðarins, 2006.
- [20] J. G. Guðmundsson, F. V. Mueller, and Ó. H. Wallevik, "Shrinkage of Icelandic Concrete : Draft for Steinsteypunefnd," ICI Rheocenter, Desember 2010.
- [21] O. S. Baghabra Al-Amoudi, T. O. Abiola, and M. Maslehuddin, "Effect of superplasticizer on plastic shrinkage of plain and silica fume cement concretes," *Construction and Building Materials*, vol. 20, no. 9, pp. 642–647, Nov. 2006.
- [22] R. Bloom and A. Bentur, "Free and restrained shrinkage of normal and high-strength concretes," *ACI Materials Journal*, vol. 92, no. 2, 1995.
- [23] Tazawa and Ei-ichi, "Autogenous shrinkage of concrete," *E & FN Spon and Routledge*, p. 428, 1999.
- [24] C. G. Lynam, *Growth and movement in Portland cement concrete*. Oxford University Press, 1934.
- [25] L. E. Copeland and R. H. Bragg, "Self-Desiccation in Portland cement," *Research Department Bulletin*, no. RX052, 1955.
- [26] A. M. Neville, *Properties of Concrete*, Fourth and Final ed. England: Pearson Education Limited, 2009.
- [27] Z. . Bazant, *Mathematical Modeling of Creep and Shrinkage of Concrete*. USA: John Wiley & Sons Ltd., 1988.
- [28] C. Willson, *Symposium on Expansive Cement*. Detroit, Michigan: American Concrete Institute, 1980.
- [29] M. S. S. Ribeiro, "Expansive cement blend for use in shrinkage-compensating mortars," *Materials and Structures*, vol. 31, pp. 400–404, Jul. 1998.
- [30] G. Pickett, "Effect of aggregate on shrinkage of concrete and a hypothesis concerning shrinkage," in *ACI Journal Proceedings*, 1956, vol. 52.
- [31] B. J. Pease, "The role of shrinkage reducing admixtures on shrinkage, stress development, and cracking," Purdue University, 2005.
- [32] E. Rozière, S. Granger, P. Turcry, and A. Loukili, "Influence of paste volume on shrinkage cracking and fracture properties of self-compacting concrete," *Cement and Concrete Composites*, vol. 29, no. 8, pp. 626–636, Sep. 2007.
- [33] M. G. Alexander and S. Mindess, *Aggregates in concrete*, vol. 13. Spon Press, 2005.
- [34] K. W. Day, *Concrete mix design, quality control and specification*. Taylor & Francis, 2006.
- [35] S. Kolas and C. Georgiou, "The effect of paste volume and of water content on the strength and water absorption of concrete," *Cement and Concrete Composites*, vol. 27, no. 2, pp. 211–216, Feb. 2005.

- [36] S. Tongaroonsri and S. Tangtermsirikul, "Effect of mineral admixtures and curing periods on shrinkage and cracking age under restrained condition," *Construction and Building Materials*, vol. 23, no. 2, pp. 1050–1056, Feb. 2009.
- [37] T. A. Hammer, "Deformations, strain capacity and cracking of concrete in plastic and early hardening phases," Norwegian University of Science and Technology, 2007.
- [38] H. Hauksson, "munnleg heimild," 01-Dec-2012.
- [39] EN 1992-1, "Eurocode 2: Design of concrete structures-Part 1-1: General rules and rules for buildings," European Committee for Standardization, 2004.
- [40] Z. . Bazant and W. . Murphy, "Creep and shrinkage prediction model for analysis and design of concrete structures- model B3," *Materials and Structures*, vol. 28, pp. 357–365, 1995.
- [41] R. D. Recommendation, "Creep and shrinkage prediction model for analysis and design of concrete structures-model B3," *Ed. ZP Bazant, S. Baweja, Materials and Structures*, vol. 28, pp. 357–365, 1995.
- [42] European Committee for Standardization, "ÍST EN 932-2:1999 Test for general properties of aggregates - Part 2: Methods for reducing laboratory samples." Staðlaráð Íslands, 1999.
- [43] European Committee for Standardization, "ÍST EN 1097-5:1999 Test for mechanical and physical properties of aggregates - Part 5: Determination of the water content by drying in a ventilated oven." Staðlaráð Íslands, 1999.
- [44] European Committee for Standardization, "ÍST EN 1097-6:2000 Test for mechanical and physical properties of aggregates - Part 6: Determination of particle density and water absorption." Staðlaráð Íslands, 2000.
- [45] European Committee for Standardization, "ÍST EN 933-1:1997 Tests for geometrical properties of aggregates - Part 1: Determination of particle size distribution - Sieving method." Staðlaráð Íslands, 1997.
- [46] European Committee for Standardization, "ÍST EN 12350-2:1999 Testing fresh concrete Part 2: Slump test." Staðlaráð Íslands, 1999.
- [47] European Committee for Standardization, "ÍST EN 12350-7:2000 Testing fresh concrete Part 7: Air content pressure methods." Staðlaráð Íslands, 2000.
- [48] European Committee for Standardization, "ÍST EN 12390-3:2001 Testing hardened concrete Part 3: Compressive strength of test specimens." Staðlaráð Íslands, 2001.
- [49] American Society for Testing and Materials, "ASTM C 157/C 157M-99 Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete." American Society for testing and Materials, 1999.
- [50] American Society for Testing and Materials, "ASTM C 192-90a Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory." American Society for testing and Materials, 1990.
- [51] American Society for testing and Materials, "ASTM C 511 -93 Standard Specification for Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concrete." American Society for testing and Materials, 1993.

- [52] Staðlaráð Íslands, “Íslenskir þjóðarviðaukar við evrópska þolhönnunarstaðla.” Staðlaráð Íslands, 2010.
- [53] Þ. S. Helgason and J. H. Steingrímsson, “Berggerð og tæknilegir eiginleikar steinefna,” Rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins, Reykjavík, 96-16, 1996.
- [54] B. R. Þórðarson and Ó. Wallevik, “Fjaðurstuðull íslenskrar steinsteypu Mælingar á sýnum úr steypustöðvum,” Rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins, Reykjavík, 99-09, 1999.
- [55] R. D. Hooton, “Influence of silica fume replacement of cement on physical properties and resistance to sulfate attack, freezing and thawing, and alkali-silica reactivity,” *ACI Materials Journal*, vol. 90, no. 2, p. 143, 1993.
- [56] E. Tazawa and A. Yonekura, “Proc. of Second International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in concrete,” in *ACI SP 91-43*, 903, Spain, 1986.
- [57] R. P. Khatri, V. Sirivivatnanon, and W. Gross, “Effect of different supplementary cementitious materials on mechanical properties of high performance concrete,” *Cement and Concrete Research*, vol. 25, no. 1, pp. 209–220, 1995.
- [58] K. M. Lee, H. K. Lee, S. H. Lee, and G. Y. Kim, “Autogenous shrinkage of concrete containing granulated blast-furnace slag,” *Cement and Concrete Research*, vol. 36, no. 7, pp. 1279–1285, Jul. 2006.
- [59] T. H. . Megson, *Structural and stress analysis*. Grait Britain: Butterworth-Heinemann, 2002.
- [60] T. Rump, *Teknisk Stabi*, 19th ed. Kobenhavn: Nyt Teknisk Forlag, 2007.

## **9. Viðauki A – Kornarúmpyngd, mettivatn og kornakúrfur**



## Kornarúþyngd og mettvatn

IST EN 1097-6

### Unnið fyrir:

c/o: Eva Lind

Náma: Norskt árdals efni

Kornastærð sýnis: 0-4mm

### Sýni > 31,5 mm Kafli 7, virkarfa

Hlutfall heildarsýnis = 0,0 %

Þyngd (g)			Kornarúþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Mettivatn %
í vatni	Yfirborðsþurrt	Ofnþurrt	Apparent	Bulk	SSD	

### Athugasemdir:

### Sýni 4,0 - 31,5 mm Kafli 8, pyknometer

Hlutfall heildarsýnis = 0,0 %

Flaska nr	Lok + Flaska + vatn (g)	Lok, Flaska + Efni + vatn (g)	Yfirborðsþurrt efni (g)	Ofnþurrt efni (g)	Kornarúþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Mettivatn %
					Apparent	Bulk	SSD	

### Athugasemdir:

### Sýni 0,063 - 4,0 mm Kafli 9, pyknometer

Hlutfall heildarsýnis = 0,0 %

Flaska nr	Lok + Flaska + vatn (g)	Lok, Flaska + Efni + vatn (g)	Yfirborðsþurrt efni (g)	Ofnþurrt efni (g)	Kornarúþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Mettivatn %
					Apparent	Bulk	SSD	
2	1489,4	2098,9	974,5	972,7	2,678	2,665	2,670	0,2

### Athugasemdir:



## Kornarúmþyngd og mettivatn

IST EN 1097-6

**Unnið fyrir:**

c/o: Eva Lind

**Náma:** Norskt árdals efni

**Kornastærð sýnis:** 4-22mm

**Sýni > 31,5 mm Kafli 7, virkarfa**

Hlutfall heildarsýnis = **0,0** %

Þyngd (g)			Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Metti- vatn %
í vatni	Yfirborðsþurrt	Ofnþurrt	Apparent	Bulk	SSD	

**Athugasemdir:**

**Sýni 4,0 - 31,5 mm Kafli 8, pyknometer**

Hlutfall heildarsýnis = **0,0** %

Flaska nr	Lok + Flaska + vatn (g)	Lok,Flaska + Efni +vatn (g)	Yfirborðs- þurrt efni (g)	Ofnþurrt efni (g)	Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Metti- vatn %
					Apparent	Bulk	SSD	
A12	3398,5	4879,6	2348,9	2338,5	2,727	2,695	2,707	0,4

**Athugasemdir:**

**Sýni 0,063 - 4,0 mm Kafli 9, pyknometer**

Hlutfall heildarsýnis = **0,0** %

Flaska nr	Lok + Flaska + vatn (g)	Lok,Flaska + Efni +vatn (g)	Yfirborðs- þurrt efni (g)	Ofnþurrt efni (g)	Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Metti- vatn %
					Apparent	Bulk	SSD	

**Athugasemdir:**





## Kornarúmþyngd og mettivatn

IST EN 1097-6

### Unnið fyrir:

c/o: Eva Lind

Náma: Björgun

Kornastærð sýnis: Sandur

### Sýni > 31,5 mm Kafli 7, virkarfa

Hlutfall heildarsýnis = 0,0 %

Þyngd (g)			Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Metti- vatn %
í vatni	Yfirborðsþurrt	Ofnþurrt	Apparent	Bulk	SSD	

### Athugasemdir:

### Sýni 4,0 - 31,5 mm Kafli 8, pyknometer

Hlutfall heildarsýnis = 13,3 %

Flaska nr	Lok + Flaska + vatn (g)	Lok,Flaska + Efni +vatn (g)	Yfirborðs- þurrt efni (g)	Ofnþurrt efni (g)	Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Metti- vatn %
					Apparent	Bulk	SSD	
A2	3336,3	4718,1	2147,4	2083	2,971	2,721	2,805	3,1

### Athugasemdir:

### Sýni 0,063 - 4,0 mm Kafli 9, pyknometer

Hlutfall heildarsýnis = 86,7 %

Flaska nr	Lok + Flaska + vatn (g)	Lok,Flaska + Efni +vatn (g)	Yfirborðs- þurrt efni (g)	Ofnþurrt efni (g)	Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Metti- vatn %
					Apparent	Bulk	SSD	
4	1488,3	2165,5	1069,2	1027,2	2,935	2,620	2,728	4,1

### Athugasemdir:



## Kornarúmþyngd og mettivatn

IST EN 1097-6

### Unnið fyrir:

c/o: Eva Lind

Náma: Björgun

Kornastærð sýnis: 4-16 mm

### Sýni > 31,5 mm Kafli 7, virkarfa

Hlutfall heildarsýnis = 0,0 %

Þyngd (g)			Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Metti- vatn %
í vatni	Yfirborðsþurrt	Ofnþurrt	Apparent	Bulk	SSD	

### Athugasemdir:

### Sýni 4,0 - 31,5 mm Kafli 8, pyknometer

Hlutfall heildarsýnis = 0,0 %

Flaska nr	Lok + Flaska + vatn (g)	Lok,Flaska + Efni +vatn (g)	Yfirborðs- þurrt efni (g)	Ofnþurrt efni (g)	Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Metti- vatn %
					Apparent	Bulk	SSD	
A2	3336,3	4566	1913	1854,2	2,969	2,714	2,800	3,2

### Athugasemdir:

### Sýni 0,063 - 4,0 mm Kafli 9, pyknometer

Hlutfall heildarsýnis = 0,0 %

Flaska nr	Lok + Flaska + vatn (g)	Lok,Flaska + Efni +vatn (g)	Yfirborðs- þurrt efni (g)	Ofnþurrt efni (g)	Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Metti- vatn %
					Apparent	Bulk	SSD	

### Athugasemdir:



## Kornarúmþyngd og mettvatn

IST EN 1097-6

**Unnið fyrir:**

c/o: Eva Lind

**Náma: Björgun**

**Kornastærð sýnis:** 8-22mm

**Sýni > 31,5 mm Kafli 7, virkarfa**

Hlutfall heildarsýnis = **0,0** %

Þyngd (g)			Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Mettivatn %
í vatni	Yfirborðsþurtt	Ofnþurtt	Apparent	Bulk	SSD	

**Athugasemdir:**

**Sýni 4,0 - 31,5 mm Kafli 8, pyknometer**

Hlutfall heildarsýnis = **0,0** %

Flaska nr	Lok + Flaska + vatn (g)	Lok,Flaska + Efni +vatn (g)	Yfirborðsþurtt efni (g)	Ofnþurtt efni (g)	Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Mettivatn %
					Apparent	Bulk	SSD	
A2	3336,3	4612,8	1978,9	1916,9	2,993	2,729	2,817	3,2

**Athugasemdir:**

**Sýni 0,063 - 4,0 mm Kafli 9, pyknometer**

Hlutfall heildarsýnis = **0,0** %

Flaska nr	Lok + Flaska + vatn (g)	Lok,Flaska + Efni +vatn (g)	Yfirborðsþurtt efni (g)	Ofnþurtt efni (g)	Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Mettivatn %
					Apparent	Bulk	SSD	

**Athugasemdir:**



## Kornarúmþyngd og mettivatn

IST EN 1097-6

### Unnið fyrir:

c/o: Eva Lind

**Náma:** Vatnsskarð sandur

**Kornastærð sýnis:** 0-8mm

### Sýni > 31,5 mm Kafli 7, virkarfa

Hlutfall heildarsýnis = **0,0** %

Þyngd (g)			Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Metti- vatn %
í vatni	Yfirborðsþurtt	Ofnþurtt	Apparent	Bulk	SSD	

### Athugasemdir:

### Sýni 4,0 - 31,5 mm Kafli 8, pyknometer

Hlutfall heildarsýnis = **32,6** %

Flaska nr	Lok + Flaska + vatn (g)	Lok,Flaska + Efni +vatn (g)	Yfirborðs- þurtt efni (g)	Ofnþurtt efni (g)	Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Metti- vatn %
					Apparent	Bulk	SSD	
A11	3413,1	4576,7	1855,9	1768,2	2,925	2,554	2,681	5,0

### Athugasemdir:

### Sýni 0,063 - 4,0 mm Kafli 9, pyknometer

Hlutfall heildarsýnis = **67,4** %

Flaska nr	Lok + Flaska + vatn (g)	Lok,Flaska + Efni +vatn (g)	Yfirborðs- þurtt efni (g)	Ofnþurtt efni (g)	Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Metti- vatn %
					Apparent	Bulk	SSD	
4	1488,3	2107,7	938,2	931,1	2,987	2,921	2,943	0,8

### Athugasemdir:



## Kornarúmþyngd og mettivatn

IST EN 1097-6

**Unnið fyrir:**

c/o: Eva Lind

**Náma: Vatnsskarðs efni**

**Kornastærð sýnis:** 4-22mm

**Sýni > 31,5 mm Kafli 7, virkarfa**

Hlutfall heildarsýnis = **0,0** %

Þyngd (g)			Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Metti- vatn %
í vatni	Yfirborðsþurrt	Ofnþurrt	Apparent	Bulk	SSD	

**Athugasemdir:**

**Sýni 4,0 - 31,5 mm Kafli 8, pyknometer**

Hlutfall heildarsýnis = **0,0** %

Flaska nr	Lok + Flaska + vatn (g)	Lok,Flaska + Efni +vatn (g)	Yfirborðs- þurrt efni (g)	Ofnþurrt efni (g)	Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Metti- vatn %
					Apparent	Bulk	SSD	
A12	3398,5	4630	2000	1912,3	2,809	2,488	2,602	4,6

**Athugasemdir:**

**Sýni 0,063 - 4,0 mm Kafli 9, pyknometer**

Hlutfall heildarsýnis = **0,0** %

Flaska nr	Lok + Flaska + vatn (g)	Lok,Flaska + Efni +vatn (g)	Yfirborðs- þurrt efni (g)	Ofnþurrt efni (g)	Kornarúmþyngd (Mg/m <sup>3</sup> )			Metti- vatn %
					Apparent	Bulk	SSD	

**Athugasemdir:**

# Samsetning fylliefna

Fyrir

Sendandi

Náma

**norsk fylliefni**

Norsand 0-8

**52 %**

Vegna

**Eva Lind**

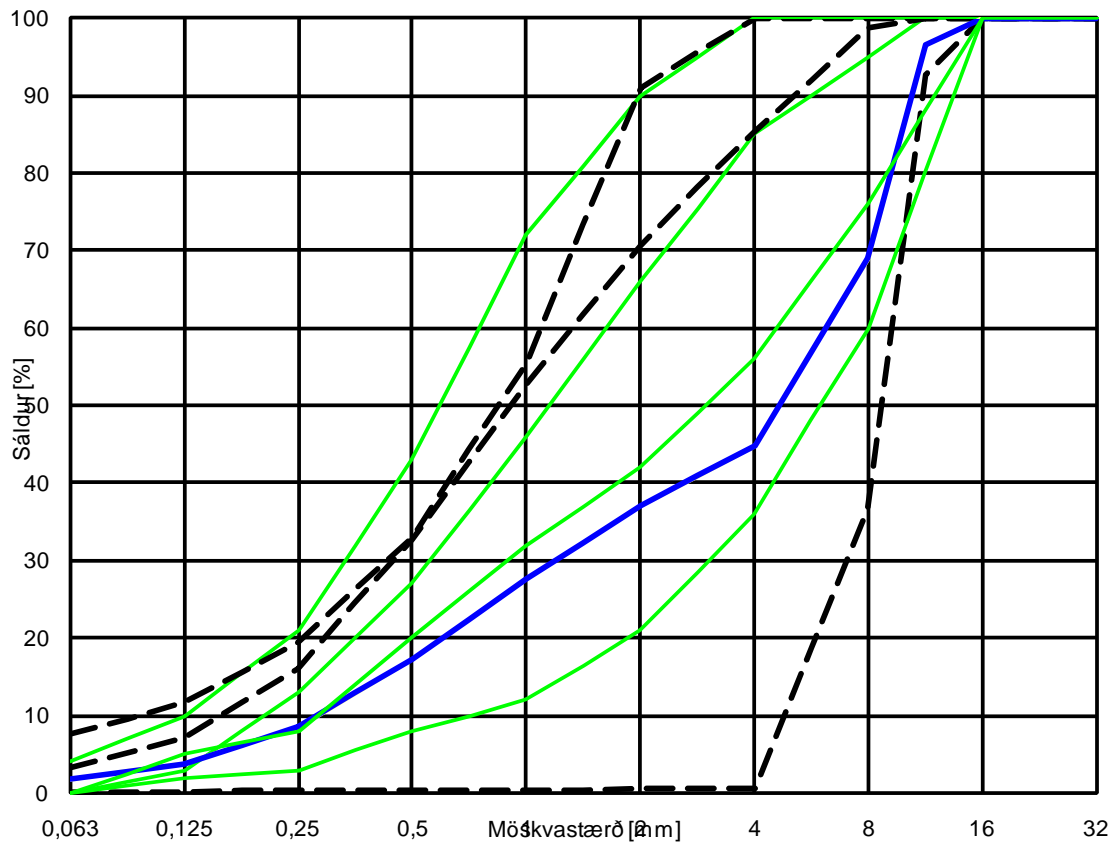
norstone 8-16

**48,0 %**

%

	Hlutfall [%]	Raki [%]	M.v. [%]	K.r.þ. [kg/dm <sup>3</sup> ]	R.þ. <sub>ssd</sub> [kg/dm <sup>3</sup> ]	Humus [gr]	Slam [%]	NaCl [%]	ASS	FM	Pökkun [dm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup> ]
Norsand 0-8 norstone 8-16	52	7,2	0,27	2,75					50,73	2,45	
		7,0	0,20	2,67					44,68	2,90	
	48	7,2	0,40	2,70					6,93	6,11	
		2,7	2,60	2,87					6,24	6,29	
Alls	100	7,10	0,30	2,68				26,56	4,44		

Möskvast. [mm]	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	11,2	16	22,4	32
Norsand 0-8	8	12	19	33	56	91	100	100	100	100	100	100
norstone 8-16	3	7	16	33	53	71	85	99	100	100	100	100
Alls	2	4	9	17	28	37	45	69	96	100	100	100



# Samsetning fylliefna

Fyrir

Sendandi

Vegna

**Eva Lind**

Náma

**Björgun**

Bj-sandur

**50 %**

Bj perla

**20 %**

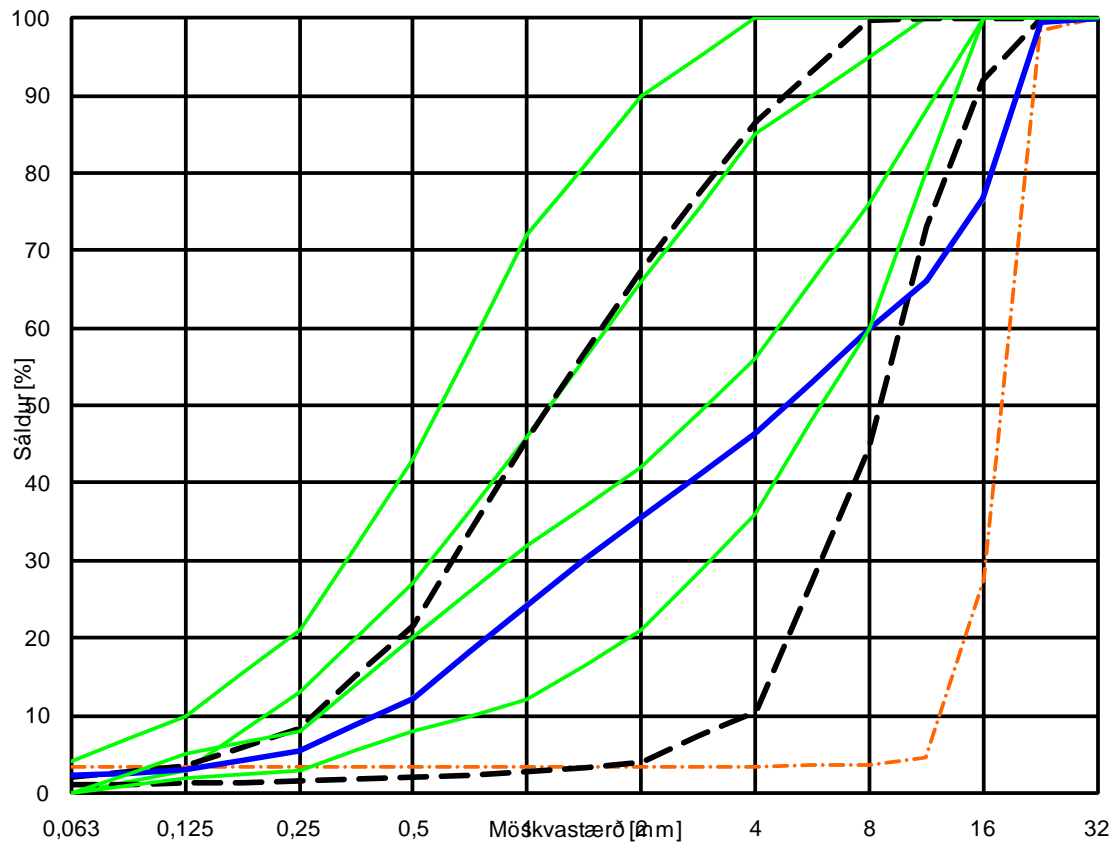
Bj möl 8-22

**30 %**

**%**

	Hlutfall [%]	Raki [%]	M.v. [%]	K.r.þ. [kg/dm <sup>3</sup> ]	R.þ. <sub>ssd</sub> [kg/dm <sup>3</sup> ]	Humus [gr]	Slam [%]	NaCl [%]	ASS	FM	Pökkun [dm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup> ]
Bj-sandur	50	7,2	4,00	2,74					38,68	3,19	
Bj perla	20	7,0	3,20	2,80					9,58	5,92	
Bj möl 8-22	30	7,2	3,20	2,82					6,64	7,01	
		2,7	2,60	2,87					6,24	6,29	
Alls	100	7,16	3,60	2,78					23,25	4,88	

Möskvast. [mm]	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	11,2	16	22,4	32
Bj-sandur	2	4	8	22	46	68	87	100	100	100	100	100
Bj perla	1	1	2	2	3	4	11	44	73	92	100	100
Bj möl 8-22	3	3	3	3	3	3	3	4	5	28	98	100
	0	0	0	1	1	1	1	17	41	100	100	100
Alls	2	3	5	12	24	36	46	60	66	77	99	100



# Samsetning fylliefna

Fyrir

Vatnsskarð-sandur

Sendandi

Náma

**65 %**

Vatnssk möl

**Vatnsskarð**

**35 %**

Vegna

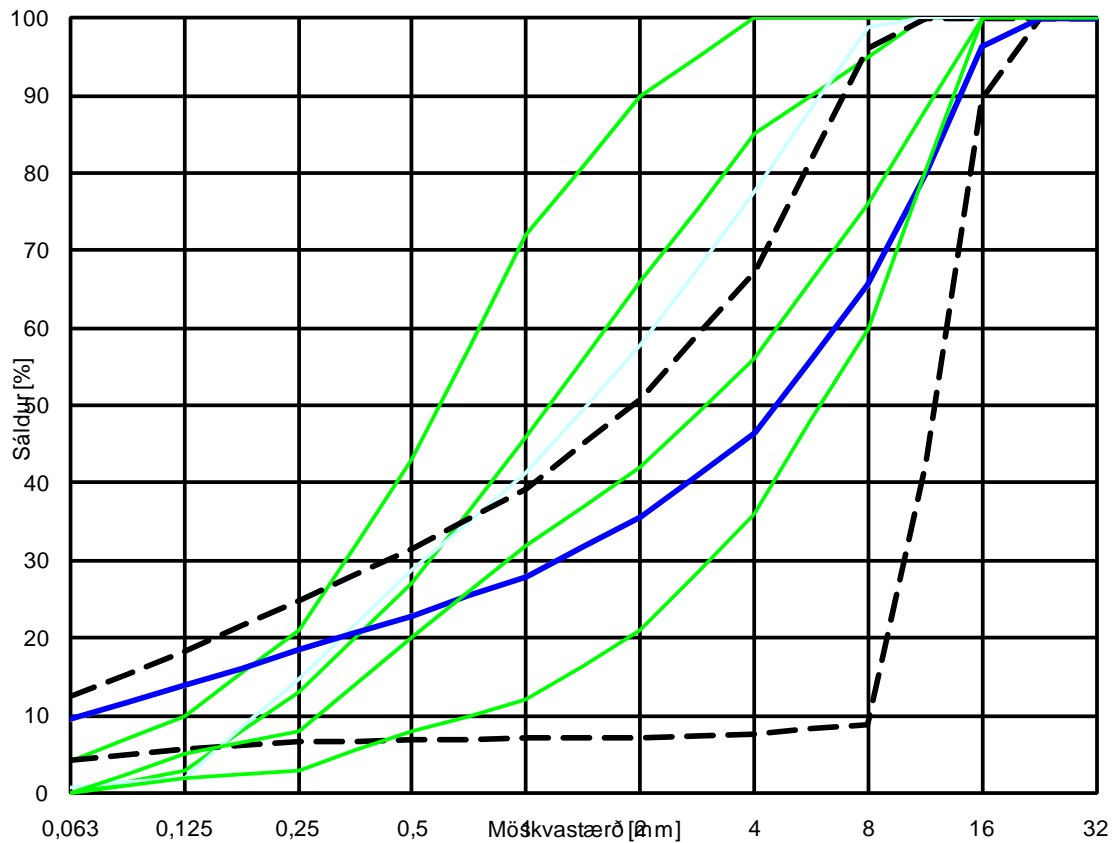
**Eva Lind**

%

%

	Hlutfall [%]	Raki [%]	M.v. [%]	K.r.þ. [kg/dm <sup>3</sup> ]	R.þ. <sub>ssd</sub> [kg/dm <sup>3</sup> ]	Humus [gr]	Slam [%]	NaCl [%]	ASS	FM	Pökkun [dm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup> ]
Vatnsskarð-sandur	65	7,2	3,10	2,81					43,36	3,31	
Vatnssk möl	35	7,0	5,50	2,60					11,80	6,13	
		7,2	2,90	2,73					38,35	3,30	
		2,7	2,60	2,87					6,24	6,29	
Alls	100	7,13	3,94	2,74					32,32	4,30	

Möskvast. [mm]	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	11,2	16	22,4	32
Vatnsskarð-sandur	12	18	25	32	39	51	67	96	100	100	100	100
Vatnssk möl	4	6	7	7	7	7	8	9	43	90	100	100
	1	2	15	29	41	58	78	99	100	100	100	100
	0	0	0	1	1	1			41	100	100	100
Alls	9	14	18	23	28	36	46	66	80	96	100	100





## 10. Viðauki B – Steypublöndur

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	23/9 2011
<b>Blanda merkt.</b>	norsk fyllie						<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	23/9 2011
<b>Steyppudagur</b>	23/9 2011						<b>Kg/m3</b>	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	<b>VP</b>		<b>Purr</b>	<b>1</b>	<b>0,035</b>	<b>m3</b>	<b>Endurr. purr- Endurr. próf-</b>		
	<b>Þyngd</b>		<b>Þyngd</b>	<b>Rakt efni</b>	<b>Rakt efni</b>		<b>Blanda</b>	<b>Blanda m3</b>	
	<b>kg/m3</b>	<b>dm3</b>	<b>kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg</b>		<b>kg/m3</b>	<b>0,035</b>	
<b>Sement. kg/m³</b>	313	100%	103	313	313	11,03	313	11,03	
<b>Rúmþyngd</b>	3,05								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	313	100%					313	11,03	
<b>Vatn</b>	172		171	171	133	4,70	171	4,70	
<b>Mettivatn</b>				5			5		
<b>Filler 0-2</b>	0	0%	0	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	4,10%								
<b>Raki</b>	4,70%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,71								
<b>Sandur 0-8</b>	0,00	922	52%	345	920	957	33,71	919	
<b>Mettiraki</b>	0,20%								
<b>Raki</b>	4,10%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,67								
	0,00								
<b>Möl 8-16</b>	0,00	861	48%	319	857	862	30,36	857	
<b>Mettiraki</b>	0,40%								
<b>Raki</b>	0,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,70								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>Þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	
<b>Purrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	1,4769	0,471%		1,477	1,4769	0,05200	1,4762	0,0520	
<b>Purrefni</b>	33%		0,4130						
<b>Rúmþyngd</b>	1,18								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,8386						
<b>Mapei</b>	0,0937	0,030%		0,094	0,0937	0,00330	0,0937	0,0033	
<b>Purrefni</b>	6%		0,0055						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0855						
<b>Loft</b>			61						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	45		1000	2268	2268	79,86	2267	79,82	
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	69		336	Vatn til útreiknings v/s-tölu			171,92	Efja	
<b>Fylliefni alls dm3</b>			664	V/s-tala			0,55	27,37%	
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000	<b>Mæld gildi</b>		<b>Athugasemdir</b>			
<b>Sigmál. mm</b>	190			Sigmál mm	190				
<b>Loft. %</b>	6,1			Loft %	6,1				
<b>v/b-tala</b>	0,55			Rúmþyngd	2267				
<b>v/c-tala</b>	0,55			Fj. sívaln	3+1				
<b>Efja + loft</b>	33,6	Efja	27,5	Fj. strend	4x3				
<b>Mortar&lt;6mm</b>	65,4	Mort<6mm	65,4						
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	32,8							
<b>Kbol</b>		30							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	26/9 2011
<b>Blanda merkt.</b>	norsk fyllie						<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	26/9 2011
<b>Steyppudagur</b>	26/9 2011						<b>Kg/m3</b>	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	DS		Þurr		1	0,030	Endurr. þurr- Endurr. próf-		
	<b>Þyngd</b>		<b>Þyngd</b>	<b>Rakt efni</b>	<b>Rakt efni</b>		<b>Blanda</b>	<b>Blanda m3</b>	
	<b>kg/m3</b>	<b>dm3</b>	<b>kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg</b>		<b>kg/m3</b>	<b>0,030</b>	
<b>Sement. kg/m³</b>	312	100%	99	312	312	9,45	314	9,51	
<b>Rúmþyngd</b>	3,15								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	312	100%					314	9,51	
<b>Vatn</b>	172		171	171	132	4,00	172	4,03	
<b>Mettivatn</b>				5			5		
<b>Filler 0-2</b>	0	0%	0	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	4,10%								
<b>Raki</b>	4,70%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,71								
<b>Sandur 0-8</b>	0,00	924	52%	346	922	960	29,04	928	29,23
<b>Mettiraki</b>	0,20%								
<b>Raki</b>	4,10%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,67								
	0,00								
<b>Möl 8-16</b>	0,00	863	48%	319	859	865	26,17	865	26,34
<b>Mettiraki</b>	0,40%								
<b>Raki</b>	0,70%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,70								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>Þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	
<b>Þurrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnocon</b>	1,5537	0,497%		1,554	1,5537	0,04700	1,5637	0,0473	
<b>Þurrefni</b>	39%		0,5508						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,8616						
<b>Mapei</b>	0,1322	0,042%		0,132	0,1322	0,00400	0,1331	0,0040	
<b>Þurrefni</b>	6%		0,0077						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,1207						
<b>Loft</b>			63						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	45		1000	2271	2271	68,71	2286	69,15	
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	69		334	Vatn til útreiknings v/s-tölu			172,86	Efja	
<b>Fylliefni alls dm3</b>			666	V/s-tala			0,55	27,17%	
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000	Mæld gildi		Athugasemdir			
<b>Sigmál. mm</b>	200			Sigmál mm	200				
<b>Loft. %</b>	6,3			Loft %	6,3				
<b>v/b-tala</b>	0,55			Rúmþyngd	2286				
<b>v/c-tala</b>	0,55			Fj. sívaln	3				
<b>Efja + loft</b>	33,4	Efja	27,1	Fj. klossa	4x3				
<b>Mortar&lt;6mm</b>	65,1	Mort<6mm	65,1						
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	34,6							
<b>Kbol</b>		32							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	27/9 2011
<b>Blanda merkt.</b>	Björgun						<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	27/9 2011
<b>Steyppudagur</b>	27/9 2011						<b>Kg/m3</b>	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	VP			Purr	1	0,035	Endurr. purr- Endurr. próf-		
	Þyngd			þyngd	Rakt efni	Rakt efni	Blanda	Blanda m3	
	kg/m3	dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg	kg/m3	0,035		
<b>Sement. kg/m³</b>	316	100%	104	316	316	11,03	316	11,03	
<b>Rúmþyngd</b>	3,05								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	316	100%					316	11,03	
<b>Vatn</b>	174		173	173	140	4,87	173	4,87	
<b>Mettivatn</b>				64			64		
<b>sandur 0-8</b>	911	50%	333	876	940	32,80	876	32,80	
<b>Mettiraki</b>	4,00%								
<b>Raki</b>	7,30%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,74								
<b>Perla 8-16</b>	0,00	372	20%	133	361	373	13,03	361	
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,50%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,80								
	0,00								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	563	30%	200	545	566	19,74	545	
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>Þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	
<b>Þurrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	1,5764	0,499%		1,576	1,5764	0,05500	1,5766	0,0550	
<b>Þurrefni</b>	39%		0,5589						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,8742						
<b>Mapei</b>	0,0430	0,014%		0,043	0,0430	0,00150	0,0430	0,0015	
<b>Þurrefni</b>	6%		0,0025						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0392						
<b>Loft</b>			57						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2337	2337	81,53	2337	81,54	
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	60		335	Vatn til útreiknings v/s-tölu			173,78	Efja	
<b>Fylliefni alls dm3</b>			665	V/s-tala			0,55	27,65%	
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000	Mæld gildi		Athugasemdir			
<b>Sigmál. mm</b>	155			Sigmál mm	155				
<b>Loft. %</b>	5,7			Loft %	5,7				
<b>v/b-tala</b>	0,55			Rúmþyngd	2337				
<b>v/c-tala</b>	0,55			Fj. sívaln	3+1				
<b>Efja + loft</b>	33,5	Efja	27,8	Fj. klossa	4x3				
<b>Mortar&lt;6mm</b>	63,0	Mort<6mm	63,0						
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	33,6							
<b>Kbol</b>	30								

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	28/9 2011
<b>Blanda merkt.</b>	Björgun						<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	28/9 2011
<b>Steyppudagur</b>	28/9 2011						Kg/m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	ds		Purr	1	0,030		Endurr. purr- Endurr. próf-		
	þyngd		þyngd	Rakt efni	Rakt efni		Blanda	Blanda m3	
	kg/m3	dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		kg/m3	0,030	
<b>Sement. kg/m³</b>	314	100%	100	314	314	9,45	315	9,49	
<b>Rúmþyngd</b>	3,15								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	314	100%					315	9,49	
<b>Vatn</b>	173		172	172	138	4,17	172	4,19	
<b>Mettivatn</b>				64			64		
<b>sandur 0-8</b>	909	50%	332	874	938	28,25	878	28,37	
<b>Mettiraki</b>	4,00%								
<b>Raki</b>	7,30%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,74								
<b>Perla 8-16</b>	0,00	372	20%	133	360	373	11,22	362	
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,50%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,80								
	0,00								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	562	30%	199	544	565	17,01	547	
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	
<b>Þurrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	1,5608	0,497%		1,561	1,5608	0,04700	1,5674	0,0472	
<b>Þurrefni</b>	39%		0,5534						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,8655						
<b>Mapei</b>	0,6309	0,201%		0,631	0,6309	0,01900	0,6336	0,0191	
<b>Þurrefni</b>	6%		0,0368						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,5758						
<b>Loft</b>			63						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2330	2330	70,17	2340	70,47	
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	60		336	Vatn til útreiknings v/s-tölu			173,85	Efja	
<b>Fylliefni alls dm3</b>			664	V/s-tala			0,55	27,25%	
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000	Mæld gildi		Athugasemdir			
<b>Sigmál. mm</b>	165			Sigmál mm	165				
<b>Loft. %</b>	6,3			Loft %	6,3				
<b>v/b-tala</b>	0,55			Rúmþyngd	2340				
<b>v/c-tala</b>	0,55			Fj. sívaln	3				
<b>Efja + loft</b>	33,6	Efja	27,3	Fj. klossa	4x3				
<b>Mortar&lt;6mm</b>	62,5	Mort<6mm	62,5						
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	34,5							
<b>Kbol</b>		32							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	29/9 2011
<b>Blanda merkt.</b>	Vatnsskarð						<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	29/9 2011
<b>Steyppudagur</b>	29/9 2011						Kg/m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	VP		Purr	1	0,035		Endurr. purr- Endurr. próf-		
	Þyngd		Þyngd	Rakt efni	Rakt efni		Blanda	Blanda m3	
	kg/m3	dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		kg/m3	0,035	
<b>Sement. kg/m³</b>	315	100%	103	315	315	11,03	314	10,99	
<b>Rúmþyngd</b>	3,05								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	315	100%					314	10,99	
<b>Vatn</b>	173		172	172	154	5,40	172	5,38	
<b>Mettivatn</b>				80			80		
<b>sandur 0-8</b>	1209	65%	430	1161	1232	43,15	1157	43,01	
<b>Mettiraki</b>	4,20%								
<b>Raki</b>	6,10%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,81								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	602	35%	232	571	599	20,97	569	20,90
<b>Mettiraki</b>	5,50%								
<b>Raki</b>	4,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,60								
	0,00								
<b>Möl 8-16</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	4,40%								
<b>Raki</b>	7,20%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,75								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
		100%							
<b>Þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	
<b>Þurrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	1,5697	0,499%		1,570	1,5697	0,05500	1,5646	0,0548	
<b>Þurrefni</b>	39%		0,5565						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,8705						
<b>Mapei</b>	0,0314	0,010%		0,031	0,0314	0,00110	0,0313	0,0011	
<b>Þurrefni</b>	6%		0,0018						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0287						
<b>Loft</b>			61						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2301	2301	80,61	2293	80,34	
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	66		338	Vatn til útreiknings v/s-tölu			172,51	Efja	
<b>Fylliefni alls dm3</b>			662			V/s-tala	0,55	27,45%	
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000			Mæld gildi Athugasemdir			
<b>Sigmál. mm</b>	160			Sigmál mm	160				
<b>Loft. %</b>	6,1			Loft %	6,1				
<b>v/b-tala</b>	0,55			Rúmþyngd	2293				
<b>v/c-tala</b>	0,55			Fj. sívaln	3				
<b>Efja + loft</b>	33,8	Efja	27,7	Fj. klossa	4x3				
<b>Mortar&lt;6mm</b>	64,8	Mort<6mm	64,8						
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	32,8							
<b>Kbol</b>		30							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	30/9 2011
<b>Blanda merkt.</b>	Vatnsskarð						<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	30/9 2011
<b>Steyppudagur</b>	30/9 2011						Kg/m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	ds		Purr	1	0,030		Endurr. purr- Endurr. próf-		
	Þyngd		Þyngd	Rakt efni	Rakt efni		Blanda	Blanda m3	
	kg/m3	dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		kg/m3	0,030	
<b>Sement. kg/m³</b>	314	100%	100	314	314	9,45	316	9,51	
<b>Rúmþyngd</b>	3,15								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	314	100%					316	9,51	
<b>Vatn</b>	172		172	172	153	4,61	173	4,64	
<b>Mettivatn</b>				80			81		
<b>sandur 0-8</b>	1212	65%	431	1163	1234	37,18	1170	37,40	
<b>Mettiraki</b>	4,20%								
<b>Raki</b>	6,10%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,81								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	604	35%	232	572	600	18,08	576	
<b>Mettiraki</b>	5,50%								
<b>Raki</b>	4,90%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,60								
	0,00								
<b>Möl 8-16</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	4,40%								
<b>Raki</b>	7,20%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,75								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
		100%							
<b>Þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	
<b>Þurrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	1,2615	0,402%		1,261	1,2615	0,03800	1,2689	0,0382	
<b>Þurrefni</b>	39%		0,4472						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,6995						
<b>Mapei</b>	0,0299	0,010%		0,030	0,0299	0,00090	0,0301	0,0009	
<b>Þurrefni</b>	6%		0,0017						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0273						
<b>Loft</b>			64						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2302	2302	69,36	2316	69,77	
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	66		336	Vatn til útreiknings v/s-tölu			173,45	Efja	
<b>Fylliefni alls dm3</b>			664			V/s-tala	0,55	27,29%	
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000						
<b>Sigmál. mm</b>	155					Mæld gildi			
<b>Loft. %</b>	6,4					Sigmál mm	155		
<b>v/b-tala</b>	0,55					Loft %	6,4		
<b>v/c-tala</b>	0,55					Rúmþyngd	2316		
<b>Efja + loft</b>	33,6	Efja	27,2			Fj. sívaln	3		
<b>Mortar&lt;6mm</b>	64,4	Mort<6mm	64,4			Fj. klossa	4x3		
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	34,5							
<b>Kbol</b>		32							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	8/2 2012
<b>Blanda merkt.</b>	Björgun						<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	8/2 2012
<b>Steyppudagur</b>	8/2 2012						Kg/m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	Ns standart FA			Purr	1	0,032	Endurr. purr- Endurr. próf-		
	Þyngd		Þyngd	Rakt efni	Rakt efni		Blanda	Blanda m3	
	kg/m3	dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		kg/m3	0,032	
<b>Sement. kg/m³</b>	315	100%	106	315	315	10,08	316	10,09	
<b>Rúmþyngd</b>	2,99								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	315	100%					316	10,09	
<b>Vatn</b>	174		173	173	130	4,16	173	4,16	
<b>Mettivatn</b>				64			64		
<b>sandur 0-8</b>	907	50%	331	872	936	29,89	873	29,92	
<b>Mettiraki</b>	4,00%								
<b>Raki</b>	7,30%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,74								
<b>Perla 8-16</b>	0,00	371	20%	132	359	372	11,90	360	
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,70%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,80								
	0,00								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	560	30%	199	543	572	18,27	543	
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	5,40%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>Þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	
<b>Purrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	1,4711	0,466%		1,471	1,4711	0,04700	1,4726	0,0470	
<b>Purrefni</b>	39%		0,5216						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,8158						
<b>Mapei</b>	0,5947	0,188%		0,595	0,5947	0,01900	0,5953	0,0190	
<b>Purrefni</b>	6%		0,0346						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,5427						
<b>Loft</b>			58						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2328	2328	74,37	2330	74,44	
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	60		338	Vatn til útreiknings v/s-tölu			174,25	Efja	
<b>Fylliefni alls dm3</b>			662	V/s-tala			0,55	27,85%	
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000	Mæld gildi		Athugasemdir			
<b>Sigmál. mm</b>	190			Sigmál mm	190				
<b>Loft. %</b>	5,8			Loft %	5,8				
<b>v/b-tala</b>	0,55			Rúmþyngd	2330				
<b>v/c-tala</b>	0,55			Fj. sívaln	3				
<b>Efja + loft</b>	33,8	Efja	28,0	Fj. klossa	4x3				
<b>Mortar&lt;6mm</b>	63,1	Mort<6mm	63,1						
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	33,3							
<b>Kbol</b>	30								



# Prófblanda

## Niðurstöður

Nafn **AD-42**

Dagsetning

Forskrift nr.

Vegna

Framkv. af

Hönnunarfor sendur				Efniseiginleikar	Áætlað	Raun
Umhverfisstflokkur	- / -			Sement [kg/m <sup>3</sup> ]	400	412
Styrkleikaflokkur	-	Sigmálsfl.	--	Vatn [kg/m <sup>3</sup> ]	140	146
Lágmark sement [kg/m <sup>3</sup> ]	400	Loft [%]	1.0	v/s-hlutfall	0.35	0.35
Hámark v/s-hlutfall	0.35	Klónflokkur	--	Bindiefni [kg/m <sup>3</sup> ]	400	412

Athugasemdir #

Blöndunarhlutfall							
Bindiefni	Flokkur	Jafngild sement	Rúmþyngd [kg/m <sup>3</sup> ]	Prófblanda [v. %]	[kg]	Blanda [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]
ABU DHABI Cement		1.00	3060	100.0	<b>14.000</b>	0.135	<b>412</b>
South African Silica fume		1.00	2210				
ABU DHABI Fly Ash		1.00	2220				

**Vatn** **4.988** **0.141** **141**

Fylliefni	Rakd [w. %]	ASS [m <sup>2</sup> /kg]	Mettivatn [%]	Rúmþyngd [kg/m <sup>3</sup> ]	Blöndunarhlutfall (Rakt) [v. %]	[kg]	Blanda (SSD) [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]
ABU DHABI 5 mm	0.20	3.65	0.71	2695	28	<b>18.860</b>	0.207	<b>558</b>
ABU DHABI 10 mm	0.50	0.79	0.57	2586	17	<b>11.040</b>	0.126	<b>325</b>
ABU DHABI 20 mm	0.10	0.29	0.50	2590	36	<b>23.320</b>	0.266	<b>690</b>
ABU DHABI DUNE sand	0.50	8.63	0.65	2644	19	<b>12.600</b>	0.141	<b>372</b>
Limestone Mjela		9.09		2666				

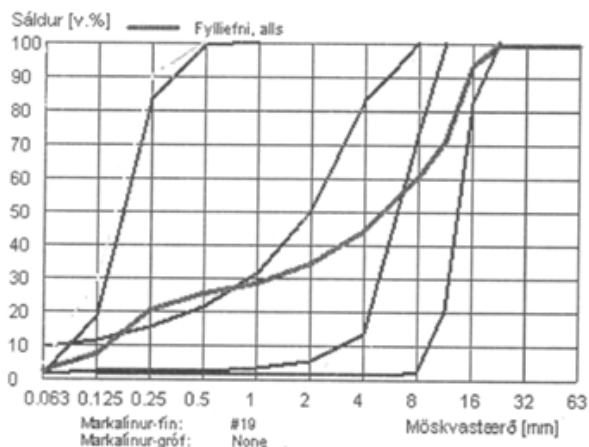
Blöndunarefni	Þurrrefni [w. %]	Rúmþyngd [kg/m <sup>3</sup> ]	Blöndunarhlutfall [v. % b.]	[kg]	Blanda [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]
Omnicon	39.40	1100	2.21	<b>0.3095</b>	0.008	<b>9.12</b>

Trefjar	Rúmþyngd [kg/m <sup>3</sup> ]	Blöndunarhlutfall [kg]	Blanda [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]
---------	-------------------------------	------------------------	--	----------------------

**Santals** **85.117** **1.029** **2507**

Mælingar	Áætlað	Raun
Rúmþyngd [kg/m <sup>3</sup> ]	2429	2507
Sigmál [mm]	200	240
Loft [%]	1.0	0.6
Hitastig [°C]	10	10
Þrýstipól (siv.) [MPa]	60.9	61
Heildarraki [w. %]	6.64	6.71

Kennisstærðir	Áætlað	Raun
Efja + Loft [v. %]	28.3	29.0
Efni <0.25 mm [kg/m <sup>3</sup> ]	790	814
WRI	0.619	0.631
ASS [m <sup>2</sup> /kg]	2.90	2.90
K.bof.S [MPa]	28.0	27.5
Blanda [m <sup>2</sup> ]	0.035	0.034



# Prófblanda

## Niðurstöður

Nafn **AD-43**

Dagsetning

Forskrift nr.

Vegna

Framkv. af

Hönnunarfor sendur		Efniseigindi		Áætlað	Raun
Umhverfisflokkur	-/-		Sement [kg/m <sup>3</sup> ]	370	370
Styrkleikaflokkur	-	Sigmálsfl.	Vatn [kg/m <sup>3</sup> ]	140	141
Lágmark sement [kg/m <sup>3</sup> ]	370	Loft [%]	vs-hlutfall	0.38	0.38
Hámark vs-hlutfall	0.38	Kjórlokkur	Bindiefni [kg/m <sup>3</sup> ]	370	370

Athugasemdir //

Blöndunarhlutfall		Flokkur	Jafngild sement	Rúmþyngd [kg/m <sup>3</sup> ]	Prófblanda [w. %]	[kg]	Blanda [m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]
ABU DHABI Cement			1.00	3060	40.0	<b>5.180</b>	0.048	<b>148</b>
ABU DHABI GGBS			1.00	2850	60.0	<b>7.780</b>	0.078	<b>222</b>
ABU DHABI Fly Ash			1.00	2220				

Vatn 5.020 0.137 137

Fylliefni	Raki [w. %]	ASS [m <sup>2</sup> /kg]	Mettivatn [%]	Rúmþyngd [kg/m <sup>3</sup> ]	Blöndunarhlutfall (Rakt) [v. %]	[kg]	Blanda (SSD) [m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]
ABU DHABI 5 mm	0.20	3.65	0.71	2695	28	<b>18.980</b>	0.202	<b>544</b>
ABU DHABI 10 mm	0.50	0.79	0.57	2586	17	<b>11.100</b>	0.122	<b>317</b>
ABU DHABI 20 mm	0.10	0.29	0.50	2590	36	<b>23.480</b>	0.260	<b>672</b>
ABU DHABI DUNE sand	0.50	8.63	0.65	2644	19	<b>12.680</b>	0.137	<b>362</b>
Lirrestone Mjela		9.09		2666				

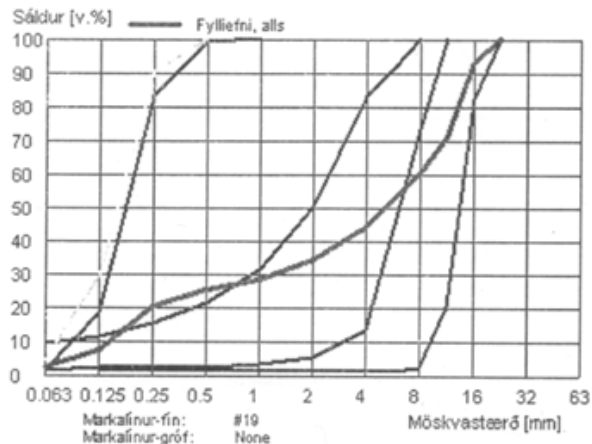
Íblöndunarefni	Þurrefni [w. %]	Rúmþyngd [kg/m <sup>3</sup> ]	Blöndunarhlutfall [w. % b.]	[kg]	Blanda [m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]
Omnicon	39.40	1100	1.79	<b>0.2317</b>	0.006	<b>6.61</b>

Trefjar	Rúmþyngd [kg/m <sup>3</sup> ]	Blöndunarhlutfall [kg]	Blanda [m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]

Santals 84.452 0.997 2408

Mælingar	Áætlað	Raun
Rúmþyngd [kg/m <sup>3</sup> ]	2411	2408
Sigmál [mm]	200	245
Loft [%]	1.0	0.7
Hitastig [°C]	10	10
Þrýstipól (siv.) [MPa]	55.9	56
Heildarraki [w. %]	6.70	6.75

Kenningar	Áætlað	Raun
Efja + Loft [v. %]	27.8	27.6
Efni <0.25 mm [kg/m <sup>3</sup> ]	763	761
WRI	0.621	0.614
ASS [m <sup>2</sup> /kg]	2.90	2.90
K.boi.S [MPa]	28.0	27.7
Blanda [m <sup>3</sup> ]	0.035	0.035



<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUD BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	3/10 2011
<b>Blanda merkt.</b>	Björgun	30% efja					<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	3/10 2011
<b>Steyppudagur</b>	3/10 2011					Kg/m3	m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	VP		Purr	1	0,020			<b>Endurr. purr-</b>	<b>Endurr. próf-</b>
	Þyngd		þyngd	Rakt efni	Rakt efni			<b>Blanda</b>	<b>Blanda m3</b>
	kg/m3	dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg			kg/m3	0,020
<b>Sement. kg/m³</b>	341	100%	112	341	341	6,80		342	6,82
<b>Rúmþyngd</b>	3,05								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	341	100%						342	6,82
<b>Vatn</b>	188		187	187	152	3,02		187	3,03
<b>Mettivatn</b>				62				62	
<b>sandur 0-8</b>	882	50%	322	848	912	18,17		850	18,22
<b>Mettiraki</b>	4,00%								
<b>Raki</b>	7,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,74								
<b>Perla 8-16</b>	0,00	360	20%	129	349	363	7,22	350	7,24
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,80								
	0,00								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	545	30%	193	528	547	10,90	529	10,93
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,70%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>Þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000		0,0000	0,0000
<b>Purrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	1,5063	0,441%		1,506	1,5063	0,03000		1,5103	0,0301
<b>Purrefni</b>	39%		0,5341						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,8353						
<b>Mapei</b>	0,1004	0,029%		0,100	0,1004	0,00200		0,1007	0,0020
<b>Purrefni</b>	6%		0,0058						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0916						
<b>Loft</b>			56						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2317	2317	46,14		2323	46,26
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	60		356	Vatn til útreiknings v/s-tölu				188,32	Efja
<b>Fylliefni alls dm3</b>			644			V/s-tala		0,55	29,96%
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000						
<b>Sigmál. mm</b>	150					Mæld gildi	Athugasemdir		
<b>Loft. %</b>	5,6					Sigmál mm	150		
<b>v/b-tala</b>	0,55					Loft %	5,6		
<b>v/c-tala</b>	0,55					Rúmþyngd	2323		
<b>Efja + loft</b>	35,6	Efja	30,0			Fj. sívaln	3		
<b>Mortar&lt;6mm</b>	64,1	Mort<6mm	64,1			Fj. klossa	3		
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	34,5							
<b>Kbol</b>		30							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	3/10 2011
<b>Blanda merkt.</b>	Björgun	32,4%	efja				<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	3/10 2011
<b>Steyppudagur</b>	3/10 2011					Kg/m3	m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	VP			Purr	1	0,020		<b>Endurr. purr-</b>	<b>Endurr. próf-</b>
	Þyngd			Þyngd	Rakt efni	Rakt efni		<b>Blanda</b>	<b>Blanda m3</b>
	kg/m3		dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		kg/m3	0,020
<b>Sement. kg/m³</b>	369	100%	121	369	369	7,40		372	7,45
<b>Rúmþyngd</b>	3,05								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	369	100%						372	7,45
<b>Vatn</b>	202		202	202	168	3,37		203	3,39
<b>Mettivatn</b>				59				59	
<b>sandur 0-8</b>	840	50%	307	808	869	17,42		813	17,54
<b>Mettiraki</b>	4,00%								
<b>Raki</b>	7,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,74								
<b>Perla 8-16</b>	0,00	343	20%	123	333	345	6,92	335	6,97
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,80								
	0,00								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	519	30%	184	503	521	10,45	506	10,52
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,70%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>Þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000		0,0000	0,0000
<b>Þurrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	0,9979	0,270%		0,998	0,9979	0,02000		1,0048	0,0201
<b>Þurrefni</b>	39%		0,3538						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,5534						
<b>Mapei</b>	0,1098	0,030%		0,110	0,1098	0,00220		0,1105	0,0022
<b>Þurrefni</b>	6%		0,0064						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,1002						
<b>Loft</b>			63						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2274	2274	45,58		2290	45,90
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	60		387	Vatn til útreiknings v/s-tölu				203,78	Efja
<b>Fylliefni alls dm3</b>			613				V/s-tala	0,55	32,50%
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000				Mæld gildi Athugasemdir		
<b>Sigmál. mm</b>	170			Sigmál mm	170				
<b>Loft. %</b>	6,3			Loft %	6,3				
<b>v/b-tala</b>	0,55			Rúmþyngd	2290				
<b>v/c-tala</b>	0,55			Fj. sívaln	3				
<b>Efja + loft</b>	38,7		Efja	32,4	Fj. klossa	3			
<b>Mortar&lt;6mm</b>	64,9		Mort<6mm	64,9					
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	34,2							
<b>Kbol</b>		30							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	4/10 2011
<b>Blanda merkt.</b>	Björgun	loftlaus					<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	4/10 2011
<b>Steyppudagur</b>	4/10 2011					Kg/m3	m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	VP		Purr	1	0,020			<b>Endurr. purr-</b>	<b>Endurr. próf-</b>
	Þyngd		Þyngd	Rakt efni	Rakt efni			<b>Blanda</b>	<b>Blanda m3</b>
	kg/m3	dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg			kg/m3	0,020
<b>Sement. kg/m³</b>	317	100%	104	317	317	6,30		317	6,29
<b>Rúmþyngd</b>	3,05								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	317	100%						317	6,29
<b>Vatn</b>	174		173	173	135	2,68		173	2,68
<b>Mettivatn</b>				68				68	
<b>sandur 0-8</b>	963	50%	351	926	996	19,78		924	19,75
<b>Mettiraki</b>	4,00%								
<b>Raki</b>	7,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,74								
<b>Perla 8-16</b>	0,00	394	20%	141	381	396	7,86	381	7,85
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,80								
	0,00								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	595	30%	211	576	598	11,87	576	11,85
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,70%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>Þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000		0,0000	0,0000
<b>Purrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	1,7626	0,556%		1,763	1,7626	0,03500		1,7599	0,0349
<b>Purrefni</b>	39%		0,6249						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,9775						
<b>Mapei</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000		0,0000	0,0000
<b>Purrefni</b>	6%		0,0000						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0000						
<b>Loft</b>			18						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2444	2444	48,53		2440	48,45
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	60		297	Vatn til útreiknings v/s-tölu				174,17	Efja
<b>Fylliefni alls dm3</b>			703			V/s-tala		0,55	27,71%
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000						
<b>Sigmál. mm</b>	145					Mæld gildi	Athugasemdir		
<b>Loft. %</b>	1,8					Sigmál mm	145		
<b>v/b-tala</b>	0,55					Loft %	1,8		
<b>v/c-tala</b>	0,55					Rúmþyngd	2440		
<b>Efja + loft</b>	29,7		Efja	27,9		Fj. sívaln	3		
<b>Mortar&lt;6mm</b>	65,2		Mort<6mm	65,2		Fj. klossa	3		
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	42,0							
<b>Kbol</b>		30							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	5/10 2011
<b>Blanda merkt.</b>	Björgun járnnoxíð						<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	5/10 2011
<b>Steyppudagur</b>	5/10 2011						Kg/m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	VP		Purr	1	0,020		Endurr. purr- Endurr. próf-		
	Þyngd		Þyngd	Rakt efni	Rakt efni		Blanda	Blanda m3	
	kg/m3	dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		kg/m3	0,020	
<b>Sement. kg/m³</b>	315	100%	103	315	315	6,30	314	6,29	
<b>Rúmþyngd</b>	3,05								
<b>Járnnoxide</b>	5,00	19	6%	4	19	19	0,38	0,38	
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	334	106%					333	6,67	
<b>Vatn</b>	174		173	173	125	2,50	172	2,50	
<b>Mettivatn</b>				63			63		
<b>sandur 0-8</b>	902	50%	329	868	945	18,91	866	18,88	
<b>Mettiraki</b>	4,00%								
<b>Raki</b>	8,90%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,74								
<b>Perla 8-16</b>	0,00	369	20%	132	357	370	7,41	357	
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,80								
	0,00								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	557	30%	198	540	561	11,23	539	
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,90%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>Þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	
<b>Purrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	1,5991	0,479%		1,599	1,5991	0,03200	1,5964	0,0319	
<b>Purrefni</b>	39%		0,5670						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,8868						
<b>Mapei</b>	0,0900	0,027%		0,090	0,0900	0,00180	0,0898	0,0018	
<b>Purrefni</b>	6%		0,0052						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0821						
<b>Loft</b>			60						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2337	2337	46,76	2333	46,69	
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	60		341	Vatn til útreiknings v/s-tölu			173,34	Efja	
<b>Fylliefni alls dm3</b>			659	V/s-tala			0,52	27,54%	
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000	Mæld gildi		Athugasemdir			
<b>Sigmál. mm</b>	150			Sigmál mm	150				
<b>Loft. %</b>	6,0			Loft %	6,0				
<b>v/b-tala</b>	0,52			Rúmþyngd	2333				
<b>v/c-tala</b>	0,52			Fj. sívaln	3				
<b>Efja + loft</b>	34,1	Efja	28,1	Fj. klossa	3				
<b>Mortar&lt;6mm</b>	63,0	Mort<6mm	63,0						
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	35,4							
<b>Kbol</b>		30							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUD BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	5/10 2011
<b>Blanda merkt.</b>	Björgun	kol					<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	5/10 2011
<b>Steyppudagur</b>	5/10 2011					Kg/m3	m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	VP			Purr	1	0,020		<b>Endurr. purr-</b>	<b>Endurr. próf-</b>
	Þyngd			Þyngd	Rakt efni	Rakt efni		<b>Blanda</b>	<b>Blanda m3</b>
	kg/m3	dm3	kg/m3	kg/m3	kg/m3	Kg		kg/m3	0,020
<b>Sement. kg/m³</b>	317	100%	104	317	317	6,30		318	6,33
<b>Rúmþyngd</b>	3,05								
<b>Carbon - litur</b>	2,00	7	2%	3	7	7	0,13	7	0,13
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	323	102%						325	6,46
<b>Vatn</b>	174		173	173	125	2,49		174	2,50
<b>Mettivatn</b>				64				64	
<b>sandur 0-8</b>	908	50%	331	873	951	18,92		877	19,01
<b>Mettiraki</b>	4,00%								
<b>Raki</b>	8,90%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,74								
<b>Perla 8-16</b>	0,00	371	20%	133	360	373	7,42	362	7,46
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,80								
	0,00								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	561	30%	199	544	565	11,24	546	11,29
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,90%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0	0,00	0	0,00
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>Þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000		0,0000	0,0000
<b>Þurrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	1,7590	0,544%		1,759	1,7590	0,03500		1,7674	0,0352
<b>Þurrefni</b>	39%		0,6236						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,9754						
<b>Mapei</b>	0,1256	0,039%		0,126	0,1256	0,00250		0,1262	0,0025
<b>Þurrefni</b>	6%		0,0073						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,1147						
<b>Loft</b>			55						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2339	2339	46,54		2350	46,76
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	60		337	Vatn til útreiknings v/s-tölu				175,09	Efja
<b>Fylliefni alls dm3</b>			663			V/s-tala		0,54	27,83%
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000						
<b>Sigmál. mm</b>	150					Mæld gildi	Athugasemdir		
<b>Loft. %</b>	5,5					Sigmál mm	150		
<b>v/b-tala</b>	0,54					Loft %	5,5		
<b>v/c-tala</b>	0,54					Rúmþyngd	2350		
<b>Efja + loft</b>	33,7		Efja	28,2		Fj. sívaln	3		
<b>Mortar&lt;6mm</b>	63,3		Mort<6mm	63,3		Fj. klossa	3		
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	34,8							
<b>Kbol</b>		30							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUD BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	6/10 2011
<b>Blanda merkt.</b>	Björgun	SRA					<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	6/10 2011
<b>Steyppudagur</b>	6/10 2011					Kg/m3	m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	VP			Purr	1	0,020		<b>Endurr. purr-</b>	<b>Endurr. próf-</b>
	Þyngd			Þyngd	Rakt efni	Rakt efni		<b>Blanda</b>	<b>Blanda m3</b>
	kg/m3		dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		kg/m3	0,020
<b>Sement. kg/m³</b>	315	100%	103	315	315	6,30		317	6,33
<b>Rúmþyngd</b>	3,05								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	315	100%						317	6,33
<b>Vatn</b>	174		165	165	117	2,34		165	2,35
<b>Mettivatn</b>				64				64	
<b>sandur 0-8</b>	909	50%	332	874	952	19,02		878	19,12
<b>Mettiraki</b>	4,00%								
<b>Raki</b>	8,90%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,74								
<b>Perla 8-16</b>	0,00	371	20%	133	360	373	7,45	362	7,49
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,80								
	0,00								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	561	30%	199	544	564	11,28	547	11,34
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>Eclipse plus</b>	7,8554	2,492%		7,855	7,8554	0,15700		7,8957	0,1578
<b>Þurrefni</b>	0%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			7,8554						
<b>Omnicon</b>	2,0014	0,635%		2,001	2,0014	0,04000		2,0116	0,0402
<b>Þurrefni</b>	39%		0,7096						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			1,1098						
<b>Mapei</b>	0,0951	0,030%		0,095	0,0951	0,00190		0,0956	0,0019
<b>Þurrefni</b>	6%		0,0055						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0868						
<b>Loft</b>			59						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2331	2331	46,59		2343	46,83
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	60		337	Vatn til útreiknings v/s-tölu				174,54	Efja
<b>Fylliefni alls dm3</b>			663			V/s-tala		0,55	26,93%
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000						
<b>Sigmál. mm</b>	150					Mæld gildi			
<b>Loft. %</b>	5,9					Sigmál mm	150		
<b>v/b-tala</b>	0,55					Loft %	5,9		
<b>v/c-tala</b>	0,55					Rúmþyngd	2343		
<b>Efja + loft</b>	32,9	Efja	27,0			Fj. sívaln	3		
<b>Mortar&lt;6mm</b>	62,6	Mort<6mm	62,6			Fj. klossa	3		
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	33,1							
<b>Kbol</b>		30							



<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUD BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	9/2 2012
<b>Blanda merkt.</b>	Björgun	145					<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	8/2 2012
<b>Steyppudagur</b>	9/2 2012					Kg/m3	m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	<u>DS Rapid</u>			Purr	1	0,044		<b>Endurr. purr-</b>	<b>Endurr. próf-</b>
	<u>Þyngd</u>			<u>þyngd</u>	<u>Rakt efni</u>	<u>Rakt efni</u>		<b>Blanda</b>	<b>Blanda m3</b>
	kg/m3	dm3	kg/m3	kg/m3	Kg			kg/m3	0,044
<b>Sement. kg/m³</b>	317	100%	100	317	317	13,86		317	13,89
<b>Rúmþyngd</b>	3,15								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	317	100%						317	13,89
<b>Vatn</b>	146		145	145	100	4,39		145	4,40
<b>Mettivatn</b>				67				67	
<b>sandur 0-8</b>	956	50%	349	919	987	43,20		921	43,30
<b>Mettiraki</b>	4,00%								
<b>Raki</b>	7,30%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,74								
<b>Perla 8-16</b>	0,00	391	20%	140	379	392	17,18	380	17,22
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,80								
	0,00								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	590	30%	209	572	603	26,40	573	26,46
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	5,40%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>Þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000		0,0000	0,0000
<b>Purrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	2,0554	0,649%		2,055	2,0554	0,09000		2,0599	0,0902
<b>Purrefni</b>	39%		0,7287						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			1,1398						
<b>Mapei</b>	0,0457	0,014%		0,046	0,0457	0,00200		0,0458	0,0020
<b>Purrefni</b>	6%		0,0027						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0417						
<b>Loft</b>			55						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2401	2401	105,12		2406	105,35
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	60		302	Vatn til útreiknings v/s-tölu				146,20	Efja
<b>Fylliefni alls dm3</b>			698	V/s-tala				0,46	24,57%
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000						
<b>Sigmál. mm</b>	165				Mæld gildi	Athugasemdir			
<b>Loft. %</b>	5,5				Sigmál mm	165			
<b>v/b-tala</b>	0,46				Loft %	5,5			
<b>v/c-tala</b>	0,46				Rúmþyngd	2406			
<b>Efja + loft</b>	30,2		Efja	24,7	Fj. sívaln	0			
<b>Mortar&lt;6mm</b>	61,7		Mort<6mm	61,7	Fj. klossa	0			
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	42,4							
<b>Kbol</b>		32							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUD BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	10/2 2012
<b>Blanda merkt.</b>	Björgun 160						<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	10/2 2012
<b>Steyppudagur</b>	10/2 2012						<b>Kg/m3</b>	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	DS Rapid						<b>m3</b>	Endurr. þurr- Endurr. próf-	
	<b>Þyngd</b>			<b>Þyngd</b>	<b>Rakt efni</b>	<b>Rakt efni</b>	<b>Blanda</b>	<b>Blanda m3</b>	
	<b>kg/m3</b>		<b>dm3</b>	<b>kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg</b>	<b>kg/m3</b>	<b>0,044</b>	
<b>Sement. kg/m³</b>	316	100%	100	316	316	13,86	315	13,81	
<b>Rúmþyngd</b>	3,15								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	316	100%					315	13,81	
<b>Vatn</b>	161		160	160	115	5,05	159	5,03	
<b>Mettivatn</b>				66			65		
<b>sandur 0-8</b>	935	50%	341	899	967	42,37	895	42,21	
<b>Mettiraki</b>	4,00%								
<b>Raki</b>	7,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,74								
<b>Perla 8-16</b>	0,00	382	20%	136	370	384	16,81	369	16,75
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,80								
	0,00								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	577	30%	205	559	588	25,76	557	25,66
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	5,10%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	
<b>Þurrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	1,5977	0,505%		1,598	1,5977	0,07000	1,5917	0,0697	
<b>Þurrefni</b>	39%		0,5665						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,8860						
<b>Mapei</b>	0,0456	0,014%		0,046	0,0456	0,00200	0,0455	0,0020	
<b>Þurrefni</b>	6%		0,0027						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0417						
<b>Loft</b>			56						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2372	2372	103,92	2363	103,53	
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	60		318	Vatn til útreiknings v/s-tölu			160,05	Efja	
<b>Fylliefni alls dm3</b>			682	V/s-tala			0,51	25,92%	
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000	Mæld gildi		Athugasemdir			
<b>Sigmál. mm</b>	165			Sigmál mm	165				
<b>Loft. %</b>	5,6			Loft %	5,6				
<b>v/b-tala</b>	0,51			Rúmþyngd	2363				
<b>v/c-tala</b>	0,51			Fj. sívaln	0				
<b>Efja + loft</b>	31,8	Efja	26,2	Fj. klossa	0				
<b>Mortar&lt;6mm</b>	62,3	Mort<6mm	62,3						
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	38,7							
<b>Kbol</b>	32								

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	8/2 2012
<b>Blanda merkt.</b>	Björgun	175 (1)					<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	8/2 2012
<b>Steyppudagur</b>	8/2 2012					Kg/m3	m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	<u>DS Rapid</u>			Purr	1	0,043		<b>Endurr. purr-</b>	<b>Endurr. próf-</b>
	<u>Þyngd</u>			<u>Þyngd</u>	<u>Rakt efni</u>	<u>Rakt efni</u>		<b>Blanda</b>	<b>Blanda m3</b>
	kg/m3		dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		kg/m3	0,043
<b>Sement. kg/m³</b>	314	100%	100	314	314	13,55		314	13,56
<b>Rúmþyngd</b>	3,15								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	314	100%						314	13,56
<b>Vatn</b>	173		172	172	129	5,57		172	5,57
<b>Mettivatn</b>				64				64	
<b>sandur 0-8</b>	909	50%	332	874	938	40,49		874	40,52
<b>Mettiraki</b>	4,00%								
<b>Raki</b>	7,30%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,74								
<b>Perla 8-16</b>	0,00	372	20%	133	360	373	16,12	360	16,13
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,70%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,80								
	0,00								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	561	30%	199	544	573	24,75	544	24,77
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	5,40%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>Þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000		0,0000	0,0000
<b>Purrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	1,0884	0,347%		1,088	1,0884	0,04700		1,0892	0,0470
<b>Purrefni</b>	39%		0,3859						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,6036						
<b>Mapei</b>	0,4400	0,140%		0,440	0,4400	0,01900		0,4403	0,0190
<b>Purrefni</b>	6%		0,0256						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,4016						
<b>Loft</b>			64						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2328	2328	100,55		2330	100,61
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	60		337	Vatn til útreiknings v/s-tölu				172,71	Efja
<b>Fylliefni alls dm3</b>			663			V/s-tala		0,55	27,14%
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000						
<b>Sigmál. mm</b>	165					Mæld gildi			
<b>Loft. %</b>	6,4					Sigmál mm	165		
<b>v/b-tala</b>	0,55					Loft %	6,4		
<b>v/c-tala</b>	0,55					Rúmþyngd	2330		
<b>Efja + loft</b>	33,7		Efja	27,3		Fj. sívaln	0		
<b>Mortar&lt;6mm</b>	62,4		Mort<6mm	62,4		Fj. klossa	0		
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	34,4							
<b>Kbol</b>		32							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	13/2 2012
<b>Blanda merkt.</b>	Björgun	175 (2)					<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	8/2 2012
<b>Steyppudagur</b>	13/2 2012					Kg/m3	m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	<u>DS Rapid</u>			Purr	1	0,030		<b>Endurr. purr-</b>	<b>Endurr. próf-</b>
	<u>Þyngd</u>			þyngd	Rakt efni	Rakt efni		<b>Blanda</b>	<b>Blanda m3</b>
	kg/m3	dm3	kg/m3	kg/m3	kg/m3	Kg		kg/m3	0,030
<b>Sement. kg/m³</b>	316	100%	100	316	316	9,45		317	9,45
<b>Rúmþyngd</b>	3,15								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	316	100%						317	9,45
<b>Vatn</b>	174		173	173	110	3,28		173	3,28
<b>Mettivatn</b>				64				64	
<b>sandur 0-8</b>	917	50%	335	882	966	28,85		882	28,86
<b>Mettiraki</b>	4,00%								
<b>Raki</b>	9,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,74								
<b>Perla 8-16</b>	0,00	375	20%	134	363	377	11,25	363	11,26
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,70%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,80								
	0,00								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	566	30%	201	549	578	17,27	549	17,28
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	5,40%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>Þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000		0,0000	0,0000
<b>Purrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	1,1721	0,370%		1,172	1,1721	0,03500		1,1727	0,0350
<b>Purrefni</b>	39%		0,4156						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,6500						
<b>Mapei</b>	0,0335	0,011%		0,033	0,0335	0,00100		0,0335	0,0010
<b>Purrefni</b>	6%		0,0020						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0306						
<b>Loft</b>			56						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2349	2349	70,14		2350	70,17
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	60		331	Vatn til útreiknings v/s-tölu				173,87	Efja
<b>Fylliefni alls dm3</b>			669	V/s-tala				0,55	27,37%
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000	Mæld gildi			Athugasemdir		
<b>Sigmál. mm</b>	180			Sigmál mm	180				
<b>Loft. %</b>	5,6			Loft %	5,6				
<b>v/b-tala</b>	0,55			Rúmþyngd	2350				
<b>v/c-tala</b>	0,55			Fj. sívaln	0				
<b>Efja + loft</b>	33,1	Efja	27,5	Fj. klossa	0				
<b>Mortar&lt;6mm</b>	62,9	Mort<6mm	62,9						
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	36,1							
<b>Kbol</b>		32							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUD BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	14/2 2012
<b>Blanda merkt.</b>	Björgun	190					<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	14/2 2012
<b>Steyppudagur</b>	14/2 2012					Kg/m3	m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	<u>DS Rapid</u>			Purr	1	0,044		<b>Endurr. purr-</b>	<b>Endurr. próf-</b>
	<u>Þyngd</u>			þyngd	Rakt efni	Rakt efni		<b>Blanda</b>	<b>Blanda m3</b>
	kg/m3		dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		kg/m3	0,044
<b>Sement. kg/m³</b>	316	100%	100	316	316	13,86		317	13,89
<b>Rúmþyngd</b>	3,15								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	316	100%						317	13,89
<b>Vatn</b>	190		190	190	135	5,90		190	5,91
<b>Mettivatn</b>				63				63	
<b>sandur 0-8</b>	894	50%	326	859	937	41,03		861	41,13
<b>Mettiraki</b>	4,00%								
<b>Raki</b>	9,00%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,74								
<b>Perla 8-16</b>	0,00	365	20%	130	354	367	16,07	355	16,11
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,80								
	0,00								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	552	30%	196	535	563	24,65	536	24,71
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	5,20%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000		0,0000	0,0000
<b>Þurrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	0,4565	0,144%		0,457	0,4565	0,02000		0,4576	0,0200
<b>Þurrefni</b>	39%		0,1619						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,2532						
<b>Mapei</b>	0,0457	0,014%		0,046	0,0457	0,00200		0,0458	0,0020
<b>Þurrefni</b>	6%		0,0027						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0417						
<b>Loft</b>			57						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2318	2318	101,53		2323	101,77
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	60		348	Vatn til útreiknings v/s-tölu				190,49	Efja
<b>Fylliefni alls dm3</b>			652	V/s-tala				0,60	29,09%
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000						
<b>Sigmál. mm</b>	180				Mæld gildi	Athugasemdir			
<b>Loft. %</b>	5,7				Sigmál mm	180			
<b>v/b-tala</b>	0,60				Loft %	5,7			
<b>v/c-tala</b>	0,60				Rúmþyngd	2323			
<b>Efja + loft</b>	34,8		Efja	29,1	Fj. sívaln	0			
<b>Mortar&lt;6mm</b>	63,6		Mort<6mm	63,6	Fj. klossa	0			
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	33,0							
<b>Kbol</b>		32							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUD BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	15/2 2012
<b>Blanda merkt.</b>	Björgun	205					<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	15/2 2012
<b>Steyppudagur</b>	15/2 2012					Kg/m3	m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	<u>DS Rapid</u>			Purr	1	0,044		<b>Endurr. purr-</b>	<b>Endurr. próf-</b>
	<u>Þyngd</u>			þyngd	Rakt efni	Rakt efni		<b>Blanda</b>	<b>Blanda m3</b>
	kg/m3		dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		kg/m3	0,044
<b>Sement. kg/m³</b>	317	100%	101	317	317	13,86		318	13,90
<b>Rúmþyngd</b>	3,15								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	317	100%						318	13,90
<b>Vatn</b>	206		205	205	145	6,33		206	6,35
<b>Mettivatn</b>				61				62	
<b>sandur 0-8</b>	875	50%	319	841	920	40,23		844	40,35
<b>Mettiraki</b>	4,00%								
<b>Raki</b>	9,40%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,74								
<b>Perla 8-16</b>	0,00	357	20%	128	346	360	15,72	347	15,77
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,80								
	0,00								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	540	30%	192	523	553	24,19	525	24,26
<b>Mettiraki</b>	3,20%								
<b>Raki</b>	5,70%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00		0	0,00
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
			100%						
<b>Þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000		0,0000	0,0000
<b>Purrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	0,4575	0,144%		0,457	0,4575	0,02000		0,4588	0,0201
<b>Purrefni</b>	39%		0,1622						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,2537						
<b>Mapei</b>	0,0640	0,020%		0,064	0,0640	0,00280		0,0642	0,0028
<b>Purrefni</b>	6%		0,0037						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0584						
<b>Loft</b>			55						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2295	2295	100,35		2302	100,64
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	60		361	Vatn til útreiknings v/s-tölu				206,28	Efja
<b>Fylliefni alls dm3</b>			639	V/s-tala				0,65	30,69%
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000						
<b>Sigmál. mm</b>	180				Mæld gildi	Athugasemdir			
<b>Loft. %</b>	5,5				Sigmál mm	180			
<b>v/b-tala</b>	0,65				Loft %	5,5			
<b>v/c-tala</b>	0,65				Rúmþyngd	2302			
<b>Efja + loft</b>	36,1		Efja	30,6	Fj. sívaln	0			
<b>Mortar&lt;6mm</b>	64,5		Mort<6mm	64,5	Fj. klossa	0			
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	30,9							
<b>Kbol</b>		32							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	21/2 2012
<b>Blanda merkt.</b>	Vatnsskarð 4%						<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	30/9 2011
<b>Steyppudagur</b>	21/2 2012						Kg/m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	ds		Purr	1	0,031		Endurr. purr- Endurr. próf-		
	þyngd		þyngd	Rakt efni	Rakt efni		Blanda	Blanda m3	
	kg/m3	dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		kg/m3	0,031	
<b>Sement. kg/m³</b>	315	100%	100	315	315	9,77	314	9,76	
<b>Rúmþyngd</b>	3,15								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	315	100%					314	9,76	
<b>Vatn</b>	173		172	172	121	3,75	172	3,75	
<b>Mettivatn</b>				85			85		
<b>sandur 0-8</b>	1251	65%	445	1199	1303	40,46	1198	40,42	
<b>Mettiraki</b>	4,30%								
<b>Raki</b>	8,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,81								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	623	35%	240	590	623	590	19,34	
<b>Mettiraki</b>	5,60%								
<b>Raki</b>	5,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,60								
	0,00								
<b>Möl 8-16</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	4,40%								
<b>Raki</b>	7,20%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,75								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
		100%							
<b>þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	
<b>Þurrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	0,9658	0,307%		0,966	0,9658	0,03000	0,9650	0,0300	
<b>Þurrefni</b>	39%		0,3424						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,5356						
<b>Mapei</b>	0,0290	0,009%		0,029	0,0290	0,00090	0,0289	0,0009	
<b>Þurrefni</b>	6%		0,0017						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0264						
<b>Loft</b>			42						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2362	2362	73,37	2360	73,30	
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	66		315	Vatn til útreiknings v/s-tölu			172,71	Efja	
<b>Fylliefni alls dm3</b>			685	V/s-tala			0,55	27,19%	
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000	Mæld gildi		Athugasemdir			
<b>Sigmál. mm</b>	160			Sigmál mm	160				
<b>Loft. %</b>	4,2			Loft %	4,2				
<b>v/b-tala</b>	0,55			Rúmþyngd	2360				
<b>v/c-tala</b>	0,55			Fj. sívaln	3				
<b>Efja + loft</b>	31,5	Efja	27,3	Fj. klossa	4x3				
<b>Mortar&lt;6mm</b>	65,7	Mort<6mm	65,7						
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	38,8							
<b>Kbol</b>		32							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	21/2 2012
<b>Blanda merkt.</b>	Vatnsskarð 6%						<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	30/9 2011
<b>Steyppudagur</b>	21/2 2012						Kg/m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	ds		Purr	1	0,031		Endurr. purr- Endurr. próf-		
	þyngd		þyngd	Rakt efni	Rakt efni		Blanda	Blanda m3	
	kg/m3	dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		kg/m3	0,031	
<b>Sement. kg/m³</b>	316	100%	100	316	316	9,77	316	9,78	
<b>Rúmþyngd</b>	3,15								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	316	100%					316	9,78	
<b>Vatn</b>	173		173	173	122	3,79	173	3,79	
<b>Mettivatn</b>				82			82		
<b>sandur 0-8</b>	1218	65%	434	1168	1268	39,28	1169	39,30	
<b>Mettiraki</b>	4,30%								
<b>Raki</b>	8,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,81								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	607	35%	234	575	607	575	18,81	
<b>Mettiraki</b>	5,60%								
<b>Raki</b>	5,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,60								
	0,00								
<b>Möl 8-16</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	4,40%								
<b>Raki</b>	7,20%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,75								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
		100%							
<b>þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	
<b>Þurrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	1,2272	0,389%		1,227	1,2272	0,03800	1,2278	0,0380	
<b>Þurrefni</b>	39%		0,4351						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,6805						
<b>Mapei</b>	0,0484	0,015%		0,048	0,0484	0,00150	0,0485	0,0015	
<b>Þurrefni</b>	6%		0,0028						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0442						
<b>Loft</b>			59						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2315	2315	71,68	2316	71,72	
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	66		333	Vatn til útreiknings v/s-tölu			173,43	Efja	
<b>Fylliefni alls dm3</b>			667			V/s-tala	0,55	27,29%	
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000			Mæld gildi Athugasemdir			
<b>Sigmál. mm</b>	160			Sigmál mm	160				
<b>Loft. %</b>	5,9			Loft %	5,9				
<b>v/b-tala</b>	0,55			Rúmþyngd	2316				
<b>v/c-tala</b>	0,55			Fj. sívaln	3				
<b>Efja + loft</b>	33,3	Efja	27,4	Fj. klossa	4x3				
<b>Mortar&lt;6mm</b>	64,7	Mort<6mm	64,7						
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	35,5							
<b>Kbol</b>		32							



<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	21/2 2012
<b>Blanda merkt.</b>	Vatnsskarð 8%						<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	30/9 2011
<b>Steyppudagur</b>	21/2 2012						Kg/m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	ds		Purr	1	0,031		Endurr. purr- Endurr. próf-		
	þyngd		þyngd	Rakt efni	Rakt efni		Blanda	Blanda m3	
	kg/m3	dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		kg/m3	0,031	
<b>Sement. kg/m³</b>	315	100%	100	315	315	9,77	316	9,83	
<b>Rúmþyngd</b>	3,15								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	315	100%					316	9,83	
<b>Vatn</b>	173		172	172	124	3,84	173	3,86	
<b>Mettivatn</b>				80			80		
<b>sandur 0-8</b>	1178	65%	419	1129	1227	38,10	1136	38,32	
<b>Mettiraki</b>	4,30%								
<b>Raki</b>	8,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,81								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	587	35%	226	556	587	18,23	559	
<b>Mettiraki</b>	5,60%								
<b>Raki</b>	5,60%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,60								
	0,00								
<b>Möl 8-16</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	4,40%								
<b>Raki</b>	7,20%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,75								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
		100%							
<b>þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	
<b>Þurrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	0,9659	0,307%		0,966	0,9659	0,03000	0,9715	0,0302	
<b>Þurrefni</b>	39%		0,3424						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,5356						
<b>Mapei</b>	0,0966	0,031%		0,097	0,0966	0,00300	0,0972	0,0030	
<b>Þurrefni</b>	6%		0,0056						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0881						
<b>Loft</b>			82						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2253	2253	69,97	2266	70,38	
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	66		355	Vatn til útreiknings v/s-tölu			173,83	Efja	
<b>Fylliefni alls dm3</b>			645	V/s-tala			0,55	27,36%	
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000	Mæld gildi		Athugasemdir			
<b>Sigmál. mm</b>	160			Sigmál mm	160				
<b>Loft. %</b>	8,2			Loft %	8,2				
<b>v/b-tala</b>	0,55			Rúmþyngd	2266				
<b>v/c-tala</b>	0,55			Fj. sívaln	3				
<b>Efja + loft</b>	35,5	Efja	27,3	Fj. klossa	4x3				
<b>Mortar&lt;6mm</b>	63,4	Mort<6mm	63,4						
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	31,5							
<b>Kbol</b>		32							

<b>Biörgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	22/2 2012
<b>Blanda merkt.</b>	Vatnsskarð 10%						<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	22/2 2012
<b>Steyppudagur</b>	22/2 2012						Kg/m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	ds		Purr	1	0,031		Endurr. purr- Endurr. próf-		
	þyngd		þyngd	Rakt efni	Rakt efni		Blanda	Blanda m3	
	kg/m3	dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		kg/m3	0,031	
<b>Sement. kg/m³</b>	314	100%	100	314	314	9,77	314	9,75	
<b>Rúmþyngd</b>	3,15								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	314	100%					314	9,75	
<b>Vatn</b>	173		172	172	134	4,16	172	4,15	
<b>Mettivatn</b>				77			77		
<b>sandur 0-8</b>	1141	65%	406	1094	1182	36,72	1092	36,64	
<b>Mettiraki</b>	4,30%								
<b>Raki</b>	8,00%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,81								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	569	35%	219	539	567	17,60	537	
<b>Mettiraki</b>	5,60%								
<b>Raki</b>	5,20%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,60								
	0,00								
<b>Möl 8-16</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	4,40%								
<b>Raki</b>	7,20%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,75								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
		100%							
<b>þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	
<b>Þurrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	0,9657	0,307%		0,966	0,9657	0,03000	0,9635	0,0299	
<b>Þurrefni</b>	39%		0,3424						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,5355						
<b>Mapei</b>	0,0966	0,031%		0,097	0,0966	0,00300	0,0963	0,0030	
<b>Þurrefni</b>	6%		0,0056						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,0881						
<b>Loft</b>			102						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2198	2198	68,28	2193	68,13	
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	66		375	Vatn til útreiknings v/s-tölu			172,48	Efja	
<b>Fylliefni alls dm3</b>			625	V/s-tala			0,55	27,15%	
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000	Mæld gildi		Athugasemdir			
<b>Sigmál. mm</b>	160			Sigmál mm	160				
<b>Loft. %</b>	10,2			Loft %	10,2				
<b>v/b-tala</b>	0,55			Rúmþyngd	2193				
<b>v/c-tala</b>	0,55			Fj. sívaln	3				
<b>Efja + loft</b>	37,5	Efja	27,3	Fj. klossa	4x3				
<b>Mortar&lt;6mm</b>	62,3	Mort<6mm	62,3						
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	28,6							
<b>Kbol</b>		32							

<b>Björgun ehf</b>	<b>ENDURREIKNUÐ BLANDA</b>						<b>Stærð</b>	<b>Dags.</b>	22/2 2012
<b>Blanda merkt.</b>	Vatnsskarð 12%						<b>hræru</b>	<b>Dags. hræru</b>	22/2 2012
<b>Steyppudagur</b>	22/2 2012						Kg/m3	<b>Tími</b>	00:00
<b>Sements gerð</b>	ds		Purr	1	0,031		Endurr. purr- Endurr. próf-		
	þyngd		þyngd	Rakt efni	Rakt efni		Blanda	Blanda m3	
	kg/m3	dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		kg/m3	0,031	
<b>Sement. kg/m³</b>	315	100%	100	315	315	9,77	316	9,81	
<b>Rúmþyngd</b>	3,15								
<b>Kisilryk</b>	2,20	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Rúmþyngd</b>									
<b>Binder</b>	315	100%					316	9,81	
<b>Vatn</b>	173		173	173	135	4,20	173	4,22	
<b>Mettivatn</b>				75			75		
<b>sandur 0-8</b>	1107	65%	394	1062	1147	35,55	1066	35,69	
<b>Mettiraki</b>	4,30%								
<b>Raki</b>	8,00%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,81								
<b>Möl 8-22</b>	0,00	552	35%	212	522	550	17,04	524	
<b>Mettiraki</b>	5,60%								
<b>Raki</b>	5,20%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,60								
	0,00								
<b>Möl 8-16</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	4,40%								
<b>Raki</b>	7,20%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,75								
<b>Fyllie. 4 möl</b>	0,00	0	0%	0	0	0,00	0	0,00	
<b>Mettiraki</b>	2,30%								
<b>Raki</b>	3,80%								
<b>Kornarúmþyngd</b>	2,82								
		100%							
<b>þjálniefni</b>	0,0000	0,000%		0,000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	
<b>Þurrefni</b>	40%		0,0000						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,0000						
<b>Omnicon</b>	0,9675	0,307%		0,968	0,9675	0,03000	0,9712	0,0301	
<b>Þurrefni</b>	39%		0,3430						
<b>Rúmþyngd</b>	1,1								
<b>Vatn þjálniefni</b>			0,5365						
<b>Mapei</b>	0,2580	0,082%		0,258	0,2580	0,00800	0,2590	0,0080	
<b>Þurrefni</b>	6%		0,0150						
<b>Rúmþyngd. kg/m³</b>	1,03								
<b>Vatn í loftblendi</b>			0,2355						
<b>Loft</b>			120						
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>	46		1000	2148	2148	66,60	2156	66,85	
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>	66		394	Vatn til útreiknings v/s-tölu			174,07	Efja	
<b>Fylliefni alls dm3</b>			606	V/s-tala			0,55	27,37%	
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>			1000	Mæld gildi		Athugasemdir			
<b>Sigmál. mm</b>	160			Sigmál mm	160				
<b>Loft. %</b>	12,0			Loft %	12,0				
<b>v/b-tala</b>	0,55			Rúmþyngd	2156				
<b>v/c-tala</b>	0,55			Fj. sívaln	3				
<b>Efja + loft</b>	39,4	Efja	27,4	Fj. klossa	4x3				
<b>Mortar&lt;6mm</b>	61,3	Mort<6mm	61,3						
<b>Áætl. styrkur</b>	Mpa	26,4							
<b>Kbol</b>		32							

		Steyppustöð				Stærð	Dags.	13/10 2011
Blanda merkt.		Björgun	<b>B-DS-A</b>			hræru	Tími	00:00
Steyppudagur		13/10 2011			Kg/m3	m3	Dags. hræru	13/10 2011
Sements gerð		ds		Purr	1	0,030		
		Þyngd		Þyngd	Rakt efni	Rakt efni		
		kg/m3	dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		
<b>Sement, kg/m³</b>	ds	315	100%	100	315	315	9,45	
Rúmþyngd	3,15							
Kísilryk	2,20	0	0%	0	0	0	0,00	
Rúmþyngd								
<b>Binder</b>		315,0	100%					
Vatn		176,4		175	175	100	2,99	
Mettivatn					61			
<b>sandur 0-8</b>		843	48%	308	811	884	26,53	
Mettiraki	4,00%							
Raki	9,1%							
Kornrúmþyngd	2,74							
<b>Perla 8-16</b>		933	52%	333	904	968	29,03	
Mettiraki	3,20%							
Raki	7,00%							
Kornrúmþyngd	2,80							
<b>Möl 8-22</b>		0	0%	0	0	0	0,00	
Mettiraki	3,20%							
Raki	3,80%							
Kornrúmþyngd	2,82							
<b>Fyllie. 4 möl</b>		0	0%	0	0	0	0,00	
Mettiraki	2,30%							
Raki	3,80%							
Kornrúmþyngd	2,82							
			100%					
<b>Þjálniefni</b>		0	0,000%		0,000	0,0000	0,0000	
Þurrefni	40%			0,0000				
Rúmþyngd	1,10							
Vatn þjálniefni				0,0000				
<b>Omnicon</b>	flot	1,575	0,500%		1,575	1,5750	0,0473	
Þurrefni	39%			0,5584				
Rúmþyngd	1,10							
Vatn þjálniefni				0,8734				
<b>Mapei</b>	loftb.	0,0945	0,0300%		0,0945	0,0945	0,0028	
Þurrefni	6%			0,0055				
Rúmþyngd, kg/m³	1,03							
Vatn í loftblendi				0,0862				
Loft				82				
<b>Möskvastærð 4 mm %</b>		46		1000	2269	2269	68,06	
<b>Möskvastærð 8 mm %</b>		60		359				
<b>Fylliefni alls dm3</b>				641				
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>				1000		Mæld gildi	Athugasemdir	
<b>Sigmál, mm</b>		160			Sigmál mm	170		
<b>Loft, %</b>		8,2			Loft %	8,2		
<b>v/b-tala</b>		0,56			Rúmþyngd	2270		
<b>v/c-tala</b>					Fj. sívaln			
<b>Efja + loft</b>		35,9	Efja	27,7	Fj. klossa			
<b>Mortar&lt;6mm</b>		61,7	Mort<6mm	61,7				
<b>Ættl. styrkur Mpa</b>		31,0						
<b>Kbol</b>		32						

		Steypustöð				Stærð		Dags.	14/12 2011
Blanda merkt.		Björgun	<b>B-DS-B</b>			hræru		Tími	00:00
Steypudagur		14/12 2011				Kg/m3	m3	Dags. hræru	14/12 2011
Sements gerð		ds			burr	1	0,030		
		þyngd			þyngd	Rakt efni	Rakt efni		
		kg/m3		dm3	kg/m3	Kg/m3	Kg		
<b>Sement, kg/m³</b>	ds	315	100%	100	315	315	9,45		
Rúmþyngd	3,15								
Kísilryk	2,20	0	0%	0	0	0	0,00		
Rúmþyngd									
<b>Binder</b>		315,0	100%						
Vatn		173,3		170	170	78	2,33		
Mettivatn					62				
<b>sandur 0-8</b>		883	50%	323	849	925	27,75		
Mettiraki	4,00%								
Raki	9,0%								
Kornarúmþyngd	2,73								
<b>Perla 8-16</b>		905	50%	323	877	955	28,65		
Mettiraki	3,20%								
Raki	8,90%								
Kornarúmþyngd	2,80								
<b>Möl 8-22</b>		0	0%	0	0	0	0,00		
Mettiraki	3,20%								
Raki	3,80%								
Kornarúmþyngd	2,82								
<b>Fyllie, 4 mól</b>		0	0%	0	0	0	0,00		
Mettiraki	2,30%								
Raki	3,80%								
Kornarúmþyngd	2,82								
			100%						
<b>Þjálniefni</b>		0	0,000%		0,000	0,0000	0,0000		
Purrefni	40%			0,0000					
Rúmþyngd	1,10								
Vatn þjálniefni				0,0000					
<b>Omnicon</b>	flot	3,15	1,000%		3,150	3,1500	0,0945		
Purrefni	39%			1,1168					
Rúmþyngd	1,10								
Vatn þjálniefni				1,7468					
<b>Mapei</b>	loftb.	1,575	0,5000%		1,5750	1,5750	0,0473		
Purrefni	6%			0,0917					
Rúmþyngd, kg/m³	1,03								
Vatn í loftblendi				1,4374					
Loft				79					
Móskvastærð 4 mm %		49		1000	2277	2277	68,32		
Móskvastærð 8 mm %		72		353					
Fylliefni alls dm3				647					
<b>Stærð hræru dm3/m3</b>				1000		Mæld gildi	Athugasemdir		
Sigmál, mm		160			Sigmál mm	160			
Loft, %		7,9			Loft %	7,9			
v/b-tala		0,55			Rúmþyngd	2273			
v/c-tala					Fj. sívaln				
Efja + loft		35,3	Efja	27,4	Fj. klossa				
Mortar<6mm		66,6	Mort<6mm	66,6					
Ætli. styrkur	Mpa	32,0							
Kbol		32							

## 11. Viðauki C – Sement



## Tækniupplýsingablað

## Vöruheiti:

**Portlandsement**

## Staðalflokkur:

Aðalflokkur: CEM II / A-M (Portland composite cement),  
styrkleikaflokkur: 42,5R, skv. Evrópustaðli EN 197-1:2000.

## Vörulýsing:

Portlandsement er sement af portland-gerð, sem gefur tiltölulega mikinn styrk og er ætlað til alhliða nota í steinsteypu og múrblöndur. Í því eru 6% kísilryks og 3% líparíts, sem hvort tveggja er malað saman við gjallið. Kísilryk í slíku magni, ásamt með líparítinu, leggur sementinu til afar öfluga vörn gegn skemmdum af völdum alkalíkísilefnahvarfa, sem hugsanlega gætu orðið í alkalivirku fylliefni við mikið vatnsálag á steypu. Kísilryk eykur ennfremur að öðru jöfnu styrk og þéttleika steypu. Þéttleiki rétt samsettrar steypu gegn innstreymi vatns veitir henni aftur á móti aukið þol gegn ýmsum áhrifum, sem geta verið skaðleg, eins og frost-þíðu-sveiflum sem og uppleystum klóríðjónum og koldíoxíði, sem hvort tveggja getur leitt til tæringar bendistáls.

Hér að neðan eru sýnd tölugildi, sem eru dæmigerð fyrir efnasamsetningu sementsins og gjallþáttar þess og fyrir ýmsa eðliseiginleika sementsins, sem og tölulegar kröfur eins og þær eru tilgreindar í EN 197-1:2000 fyrir flokk sementsins.

## Efnasamsetning:

	PORTLANDSEMENT	CEM II / A-M	GJALL
SiO <sub>2</sub>	25,2		20,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,8		5,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,2		3,8
CaO (ób. kalk meðt.)	57,0		63,7
MgO	-		3,7
Na <sub>2</sub> O	-		1,6
K <sub>2</sub> O	-		0,35
SO <sub>3</sub>	3,3	≤4,0	0,75
Cl	0,02	≤0,1	0,004
Na <sub>2</sub> O-jafnugildi	-		1,8
Óbundið kalk	-		1,8

## Gjallfasar:

C<sub>3</sub>S: 52    C<sub>2</sub>S: 20    C<sub>3</sub>A: 7,5    C<sub>4</sub>AF: 11,5    (Bogue-útreikningur)

## Eðliseiginleikar:

	PORTLANDSEMENT	CEM II / A-M	EINING
Eðlismassi	3,05		g/cm <sup>3</sup>
Finleiki - kornayfirborð (Blaine)	4600		cm <sup>2</sup> /g
- leif á 45 µm síu	14		%
Myndheldni (Le Chatelier)	1	≤10mm	
Frumbinditími (Vicat)	110	≥60	mínútur
Þrýstíþol - eftir 2 daga	25	≥20	MPa
(skv. EN 196) - eftir 28 daga	54	≥42,5; ≤62,5	MPa

## Gæðaeftirlit:

Portlandsement er framleitt undir vottuðu gæðakerfi samkvæmt ISO 9001 og er auk þess undir óháðu gæðaeftirliti Rannsóknastofnunar byggingariðnaðarins með samræmisvottorði nr. 1066-CPD-01 til CE-gæðamerkingar.

Sementsverksmiðjan hf., Mánabraut 20, 300 Akranesi  
Sími: 430 5000 Fax: 430 5001 <http://www.sement.is>



TUB2008PS

## RAPID® cement / RAPID® AALBORG CEMENT®

2. halvår 2011

RAPID® cement er certificeret hos Bureau Veritas Certification med certifikat nr. 1035-CPD-700541 og cementbetegnelsen CEM I 52,5 N (MS/LA/≤2).  
CE-mærket er angivet på den tilhørende deklaration.

Fysiske egenskaber		
Trykstyrke (EN 196-1)		
1 døgn	MPa	23
2 døgn	MPa	35
7 døgn	MPa	53
28 døgn	MPa	66
Begyndende afbinding	min	121
Ekspansion	mm	1
Finhed	m <sup>2</sup> /kg	466
Refleksion, (DIN 5033)	%	31
Absolut densitet	kg/m <sup>3</sup>	3120
Bulkdensitet	kg/m <sup>3</sup>	1200
Varmeudvikling Q <sub>∞</sub>	kJ/kg	362
Alfa		1,06
Tau	timer	12,3
Bogue-sammensætning for klinker		
C <sub>3</sub> S	%	62
C <sub>2</sub> S	%	13
C <sub>3</sub> A	%	8
C <sub>4</sub> AF	%	12
Sekundære komponenter og tilsætninger		
SO <sub>3</sub>	%	3,2
MgO	%	1,0
Ækv. Na <sub>2</sub> O	%	0,6
Cl <sup>-</sup>	%	0,02
Glødetab	%	2,6
Uopløselig rest	%	0,7
Vandopløseligt Cr <sup>6+</sup>	mg/kg	≤ 2



## Deklarerte verdier

Norcem Standardsement FA tilfredsstiller kravene til Portlandflygeaskesement  
EN 197-1 -CEM II/A-V 42,5 R B = Brevik K = Kjøpsvik

### Kjemiske data

Egenskap	Deklarerte verdier	Krav ifølge NS-EN 197-1
Finhet (Blaine)	450 m <sup>2</sup> /kg	
Alkali (ekv Na <sub>2</sub> O) - Brevik	1,4 %	Deklarert iht NB21
Alkali (ekv Na <sub>2</sub> O) - Kjøpsvik	1,5%	Deklarert iht NB21
Flygeaskeinnhold	20,0 %	6-20%
Glødetap	2,0 %	-
Sulfat (SO <sub>2</sub> )	3-4 %	≤ 4 %
Klorid	< 0,07%	≤ 0,1%
Vannløselig Cr <sup>6+</sup>	< 2 ppm	≤ 2 ppm
Spesifikk vekt (kg/dm <sup>3</sup> )	2,99	

### Fysikalske data

Egenskap	Retningsgivende verdier	Krav ifølge NS-EN 197-1
Trykkfasthet 1 døgn	21 MPa	
Trykkfasthet 2 døgn	31 MPa	≥ 20 MPa
Trykkfasthet 7 døgn	40 MPa	
Trykkfasthet 28 døgn	52 MPa	≥ 42,5 MPa ≤ 62,5 MPa
Begynnende bindetid (min)	130 (B) / 120 (K)	≥ 60 min
Ekspansjon	1 mm	≤ 10 mm

\*Karakteristiske verdier

## 12. Viðauki D – Íblendiefni

## Procon SPC 25 (FM)

Superplasticizer for concrete according to EN 934-2: T 3.1/3.2

CE – 0402 – CPD – 37 83 01

**Procon SPC 25 (FM)** is a flux substance based on a combination of highly effective raw materials to ready-mix concrete production plants. It is designed to produce a fluid concrete as a F5/F6 slump. Opposite to conventional high-end flux substances, **Procon SPC 25 (FM)** ensures an obviously better dispersion of cement particles. Due to its molecular structure **Procon SPC 25 (FM)** ensures a very good and long lasting workability. The usage of **Procon SPC 25 (FM)** leads to good final results as strength, density and durability.

<b>Advantages:</b>	Due to its distinct liquefaction feature <b>Procon SPC 25 (FM)</b> is very well suitable to be used as flux substance within the ready-mix concrete plants. Due to its active substance combination <b>Procon SPC 25 (FM)</b> can ensure a long lasting workability, also in concrete mixes with very low w/c ratios (<0,40).		
<b>Method of use:</b>	Optimal concrete plasticizing effect is obtained if <b>Procon SPC 25 (FM)</b> is added into the concrete mix right after the addition of the first 50 - 70% of the mixing water. Avoid adding <b>Procon SPC 25 (FM)</b> to dry aggregates. <b>Procon SPC 25 (FM)</b> is compatible with <b>Procon SPL (LP)</b> to produce frost-thaw salt resistant concrete. When a combination of products is used, this must be evaluated first.		
<b>Dosage:</b>	The normally recommended dosage rate is between 0,50 – 1,80% of cement (binder) depending on specific mix design and requirements. Other dosages may be recommended in special cases according to specific job conditions.		
<b>Technical data:</b>	Colour:	yellowish	
	Appearance:	liquid	
	Active matter:	Polycarboxylatether	
	Storage and stability:	The product can be kept for 1 year when stored in a dry place, in the closed original packaging, at temperatures between +5 and +30°C	
	Freezing point:	0°C	
	Packaging:	25L can, 200L drum, 1000L container	
<b>Technical specification:</b>	<b>Properties</b>	<b>Method</b>	<b>Value</b>
	Density at 20°C	DS/ISO 758	1,08 +/- 0,020kg/L
	Solid content	ASTM C 494	33,0 +/- 1,9%
	Äquivalent Na <sub>2</sub> O	DS/EN 480-12	<0,50%
	Chloride content	DS/EN 480-10	<0,10%
	pH-Value	ISO 4316	5,9 +/-1,0
<b>Precautions:</b>	According to the Ministry of the Environment notice no. 329 from 2002-05-16 the product must not be labelled. Gloves for protection and goggles should be used. Skin that has been in contact with the product must immediately be flushed with water. If the product gets into contact with your eyes, flush with water, if irritation persists seek medical attention. For detailed information please see Material Safety Data Sheet.		
<b>Remarks:</b>	Our recommendations must be considered as guidelines. Individual testing is necessary in order to ensure optimal use of the product.		
<b>Technical support:</b>	Consult our technical service team for assistance in special mix designs.		

The information and the recommendations in this publication are to the best of our knowledge reliable. However, nothing herein is to be construed as a warranty or representation. Users should make their own tests to determine the applicability of such information or the suitability of any products for their own particular purpose.

Date: 2007-11-20

Technical Data Sheet Procon SPC 25 (FM)  
Version 1; EN-Norm



# Mapeair 25

08.06

## Air entraining admixture

### WHERE TO USE

**Mapeair 25** is a surface active agent which promotes the formation of small air bubbles and is used to improve the frost resistance of concrete and mortar. Mapeair 25 also gives improved workability and reduces the risk or segregation. The product is usually used in combination with Rescon Mapei's plasticising or superplasticising admixtures.

**Mapeair 25** is based on synthetic tensides and tall oil derivatives.

### TECHNICAL CHARACTERISTICS

Concrete always contains a certain amount of air (1 -3%). In order to meet the usual requirements of 4-6% air in fresh concrete **Mapeair 25** is added, which produces smaller and more evenly distributed air bubbles, which in turn leads to improved freeze-thaw resistance. Air introduced during mixing is formed into small evenly distributed pores in the presence of **Mapeair 25**. The measured air volume and spacing factor in hardened concrete is given in the technical data. These entrained air bubbles also improve workability and reduce the amount of water required. Increased air content leads generally to a decrease in compressive strength. A general rule is that 1% of air reduces the compressive strength by 5%. This is partly compensated for by the reduced need for water and by adding plasticising and/or superplasticising admixtures.

**Mapeair 25** also improves stability during transportation by reducing the risk of segregation for concrete containing a low volume of fine particles, and by actively counteracting bleeding (transportation of water to the surface of the fresh concrete).

### DIRECTIONS FOR USE

**Mapeair 25** is supplied ready for use and can be added directly to the mixer. To obtain an even distribution of air from

batch to batch, it is important that **Mapeair 25** is added at the same stage of the mixing procedure each time.

The dosage required to give the desired air content varies with aggregate, cement type and quantity. Other additives may also have an influence.

It is important that the addition of **Mapeair 25** is determined by trial mixing and that the air content in the fresh concrete is checked regularly.

### DOSAGE

0.05 – 0.5 litres of **Mapeair 25** pr m<sup>3</sup> of concrete. As the quantity of **Mapeair 25** used is usually small, dilution with water is an advantage.

Use 1 part **Mapeair 25** to 9 or 19 parts water for a more reliable dosage.

The product dissolves easily in water. Stir before use to ensure a homogenous mixture.

### PACKAGING

**Mapeair 25** is supplied in 25 litre cans and 200 litre drums. 1000 litre containers can also be supplied.

The product must be stored frost-free and can be stored for at least 1 year in unopened original packaging.

### ATTENTION

Variations in other components in the concrete can greatly influence the formation of air bubbles in concrete. In some cases duration and method of transportation can also produce variations in air content.

If the mixing time has been too short the total measured air content may increase from production to delivery, whereas in most cases a reduction in air content is observed.

Normally this reduction is the result of the release of larger, undesirable air bubbles. The producer must therefore base his calculations on experience with the particular constituents used.

### SAFETY INSTRUCTIONS

For health, safety and environmental information, see separate HSE datasheet at [www.resconmapei.com](http://www.resconmapei.com).



**Produsent:**  
Rescon Mapei AS  
Vallsetvegen 6, 2120 Sagstua, Norway  
Tlf: +47 62 97 20 00 Fax: +47 62 97 20 99  
post@resconmapei.no  
www.resconmapei.com



**WARNING**

Although the technical details and recommendations contained in this product report correspond to the best of our knowledge and experience, all the above information must, in every case be taken as merely indicative and subject to confirmation after long-term practical applications: for this reason, anyone who intends to use the product must ensure beforehand that it is suitable for the envisaged application; in every case, the user alone, is fully responsible for any consequences deriving from the use of the product.

All deliveries from Rescon Mapei AS are made in accordance with the sale- and delivery conditions applicable at the time, and these conditions are taken to be accepted on placement of an order.

**N.B! FOR PROFESSIONALS**

**TECHNICAL DATA****Product specifications:**

Form:	Liquid
Colour:	Pale yellow/brown
Viscosity:	Low viscosity; < 10mPa · S
Solids content, %:	4.0 ± 0.4
Density, g/cm <sup>3</sup> :	1,00 ± 0,02
pH:	9 ± 1
Chloride content, %:	≤ 0.01
Alkali content (Na <sub>2</sub> O-equivalent), %:	≤ 0.5

**Characteristics of concrete containing Mapeair 25:**

Volume of air in concrete mixture (0.07% weight of cement):	5.8% (reference:1.5%)
Spacing factor, measured in hardened concrete, mm:	0.10 (requirement < 0.200 mm)
Specific surface (mm <sup>2</sup> /mm <sup>3</sup> ):	35 (should not be lower than 25)
Frost resistance, spalling, kg/m <sup>2</sup> :	0.10 (requirement < 0.5 kg/m <sup>2</sup> )

**Produsent:**

Rescon Mapei AS  
Vallsetvegen 6, 2120 Sagstua, Norway  
Tlf: +47 62 97 20 00 Fax: +47 62 97 20 99  
post@resconmapei.no  
www.resconmapei.com



SRA

**W. R. GRACE**  
MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Product Name: ECLIPSE PLUS  
MSDS ID Number: D-06002

MSDS Date: 03/02/2005

**SECTION 8 - EXPOSURE CONTROLS AND PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT****EXPOSURE GUIDELINES (US)**

Ingredient	ACGIH TLV			OSHA PEL			Other
	TWA	STEL	Ceiling	TWA	STEL	Ceiling	
Dipropylene glycol	-	-	-	-	-	-	-
Dipropylene Glycol Di-Tert-Butyl Ether	-	-	-	-	-	-	-
Propanol, [2-(1,1-dimethylethoxy)methylethoxy]-	-	-	-	-	-	-	-

**EXPOSURE GUIDELINES (CANADA)**

Employers should consult local Provincial regulatory limits for exposure guidelines which may vary locally.

**Engineering Controls:** Exhaust fans or other methods to improve ventilation are required for below grade and other poorly ventilated applications. (Contact your Grace Sales representative for additional information.)

**Personal Protective Equipment:**

**Respiratory Protection:** Respiratory protection is not normally required. However, a chemical cartridge respirator with organic vapor cartridge and a prefilter for dusts/mits is required at or above the applicable exposure limits (Consult above Exposure Guidelines). If no limits exist, use an approved respirator whenever a vapor or mist is generated or if respiratory irritation occurs. Supplied air respirator (SCBA) is required at exposure levels above the capabilities of a chemical cartridge respirator.

A respirator would be required below grade and other poorly ventilated applications. ( Contact your Grace sales representative for additional information.)

**Skin Protection:** Rubber or other impervious gloves should be worn to prevent skin contact.

**Eye Protection:** At minimum, safety glasses with side shields should be worn where exposure to excessive dust or spray is likely.

**Work/Hygienic Practices:** Use good personal hygiene practices.  
None beyond those noted above.

**SECTION 9 - PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES**

<b>Physical State:</b>	Liquid
<b>Appearance/Odor:</b>	Light orange translucent liquid. Ether-like odor.
<b>Odor Threshold: (ppm)</b>	Not Available
<b>pH:</b>	Not Available
<b>Vapor Pressure: (Mm Hg)</b>	<0.1mm Hg @ 68°F
<b>Vapor Density: (Air = 1)</b>	Not Available
<b>Solubility In Water:</b>	~15% @ 70°F
<b>Specific Gravity: (Water = 1)</b>	0.93-0.94 @ 77°F
<b>Evaporation Rate: (Butyl Acetate = 1)</b>	~0.02
<b>Boiling Point:</b>	~414°F @ 760mm Hg
<b>Viscosity:</b>	Unknown
<b>Bulk Density: (Pounds/Cubic Foot)(Pcf)</b>	Not Applicable
<b>% Volatiles (gr/L): (70°F) (21°C)</b>	100 %

**SECTION 10 - STABILITY AND REACTIVITY**

<b>Chemical Stability:</b>	Stable
<b>Conditions To Avoid:</b>	None known for this product.
<b>Hazardous Polymerization:</b>	Will not polymerize.
<b>Hazardous Decomposition Products:</b>	None known for this product.

**SECTION 11 - TOXICOLOGICAL INFORMATION**

<u>Ingredient(No data unless listed.)</u>	<u>CAS Number</u>	<u>LD50 and LC50</u>
---	-------------------	----------------------

## Omnixon BL 6370

Iron oxide for colouration of concrete paving stones and other concrete products

According to DIN EN 12 878:2005-08

CE – 0402 – CPD – 378 302

**Omnixon BL 6370** is a weather- and light stabile iron oxide pigment. Omnixon pigments assure a reproducible colouration of concrete products. Due to special production methods, modern mixing technology and quality control, **Omnixon BL 6370** guarantees efficient and safe colouration of concrete products and has high colour strength. Omnixon pigments adheres to the requirements of EN 12878 "pigments for colouration of building materials based on cement and/or lime".

**Instruction:** **Omnixon BL 6370** is to be added to the dry gravel -/sand- mixture before adding water and cement. The recommended quantity should be added in 2-6 % of the weight of the binding agent. A pre-mixing for approx. 10 to 30 sec. is necessary in order to use the colour pigments efficiently and to achieve a uniform colour.  
This must be determined by prior tests. Different shades of the binding-agent and additives may cause different shades in the concrete production.

**Dosage:** We recommend a quantity of 2-6% of the weight of the binding agent, depending on the needed colour intensity. It is to be added to the dry gravel-/sand- mixture before adding water and cement.

**Technical features:**

Colour:	black
Form:	Powder
Storage:	Protect against frost, strong sun and pollution
Durability:	Unlimited, in original packaging
Packing:	25kg paper bags or 1100kg big bags

**Specifications**

Setting time:	Passed
Compressive strength:	Category A + B
Pigment composition:	Passed
Water soluble substances:	Category A + B
Soluble chlorides:	Category A + B
Chloride content:	Category A + B
Loss of ignition:	< 0,5%
Hazardous content:	See safety data sheet
Density:	4,5-5,4 g/cm <sup>3</sup> (DIN ISO 787/10)
pH value:	7,5+/-1,0

**Safety:** **Omnixon BL 6370** is not considered dangerous material according to European regulations. Omnixon-pigments are strongly colouring. Take care of waste immediately and not let into environments. It is necessary to protect breathing organs against dust. E.L.: 3,5 mg(Fe)/m<sup>3</sup>. In case of irritation of breathing organs seek fresh air. By frequent skin contact flush with water and use lotion. Eye contact requires thorough flushing, if irritation persists please seek medical attention.

**Remarks:** Our recommendations constitute guidelines only. The user is advised that it is essential to conduct prior tests to determine correct usage.

**Assistance:** Please feel free to contact Omnicon A/S for further information.

Our technical advice and recommendations are provided in order to support the user in achieving the best possible and economical result. Our recommendations are based on many years of experience and our knowledge. Since choice of application methods is out of our hands, Omnicon A/S is not responsible for the results that the user achieves. The user has the responsibility for taking the necessary measures in order to comply with official regulations. If doubt regarding quality or use arises Omnicon A/S can be contacted. We refer to our general terms of sale and delivery.

Date: 02/06/08

Replaces: 03/11/08

Technical Leaflet No. TM 6370/02

## TECHNICAL DATA SHEET

### GRANUFIN CARBON D

is a pigment preparation based on traditional CARBOFIN pigment with small amounts of additives in accordance with the requirements of EN 12 878 for non-reinforced concrete, and of BS 1014.

The colour shade is black.

GRANUFIN consists of pearls. A dusty, fine pigment powder is transformed into low-dust pigment granules. The fine, free flowing pearls are easily dispersed in the concrete mixer.

GRANUFIN is a "dry liquid" and as such combines the advantages of both powder and liquid pigment preparations.

#### Chemical and physical properties:

##### Measured values:

##### *pH-value*

7 - 9

DIN/ISO 787/9

##### *Tinting strength*

100 ± 5%

EN 12 878

(against laboratory standard)

##### Your advantage:

Alkaline; guarantees the efficiency of surfactants.

Constant tinting strength for even colouring.

##### Recommended dosage:

3 - 5 % of amount of binder or to be determined by trials.

Date: 21. June 2004

Valid: 1 year

All previous editions of this data sheet are invalid!

The information presented above is believed to be accurate and is based on our present state of knowledge. However, the information is provided without any representation or warranty, expressed or implied, with respect to its accuracy or completeness. It is the users' responsibility to determine the suitability of this product and the relevance of this information for their use. BROCKHUES GmbH & Co. KG does not assume liability resulting from the use, handling, storage, and disposal of this product.



## **13. Viðauki E – Rýrnunarsýni**

Rýrnun hvers sýnis, þyngdartap sýnis og rýrnun hvers strendings

