

Samanburður á slit- og skriðeiginleikum
íslensks malbiks

Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður

Áfangaskýrsla III

Arnþór Óli Arason
Pétur Pétursson

Efnisyfirlit

1 Inngangur	3
1.1 Forsaga og lýsing verkefnis	3
1.2 Verkefnisvinnan	3
2 Um hjólfaratæki og Prall.....	4
2.1 Skriðmælingar	4
2.2 Slitmælingar	4
3 Malbik frá Akureyri	6
3.1 Um malbikið	6
3.2 Hjólfarapróf	6
3.3 Slitpolsmæling - Prall	8
4 Malbik frá Hlaðbæ-Colas.....	8
4.1 Um malbikið	8
4.2 Hjólfarapróf	9
4.3 Slitpolsmæling - Prall	11
5 Malbik frá Malbikunarstöðinni Höfða hf.....	11
5.1 Um malbikið	11
5.2 Hjólfarapróf	12
5.3 Slitpolsmæling - Prall	13
6 Samanburður við fyrri mælingar.....	14
7 Lokaorð	17
Heimildir:	18

1 Inngangur

1.1 Forsaga og lýsing verkefnis

Verkefni þetta er framhald annarra undir samheitinu „Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður“ þar sem prófanir hafa verið gerðar á hjólfarmyndum og slití á ýmsum malbiksgerðum úr malbikunarstöðvum og af vegi í nýjum tækjum Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands. Árið 2009 kom út fyrsta áfangaskýrslan. Í henni var gerð grein fyrir hjólfaraprófunum á malbiki af Reykjanesbraut og ýmsum tilraunum með prófhita og undirbúning sýna.¹ Önnur skýrsla kom út ári síðar og var þar fjallað um hjólfara- og slitþolspróf á nokkrum aðsendum malbiksgerðum og á sýni af vegi úr Ártúnsbrekku.²

Að þessu sinni var mæld hjólfarmyndun og prófað slitþol á fimm aðsendum sýnum frá þremur malbikunarstöðvum.

Í umsókn til Vegagerðarinnar var verkefninu lýst, tilgangi þess og markmiði á eftirfarandi hátt:

Stutt lýsing á verkefninu:

„Verkefnið snýr að áframhaldandi rannsóknum á íslensku malbiki í víðum skilningi. Með tilkomu nýrra prófunarstaðla og tækjabúnaðar á NMÍ er unnt að mæla ýmsa eiginleika þeirra malbiksblanda sem nú eru í notkun hérlendis með tilliti til hinna nýju staðla. Sérstök áhersla er lögð á að mæla viðnám gegn skriði og slití og bera saman við kröfuflokka evrópsku framleiðslustaðlanna. Verkefnið felst í því að safna upplýsingum um skrið- og sliteiginleika enn fleiri íslenskra malbiksblanda en nú þegar hafa verið prófaðar. Fengin verða sýni frá malbikunarstöðvum landsins þegar framleiðsla fer fram og þau þjöppuð í „Rollercompactor“ til prófana á skriðeiginleikum í wheeltracktæki og í gyroþjöppu til prófana á sliteiginleikum í Prall tæki. Árangurinn felst í samanburði á slit- og skriðeiginleikum algengustu malbiksgerða sem notaðar eru hérlendis.

Tilgangur og markmið:

Tilgangur verkefnisins er að rannsaka og safna upplýsingum um eiginleika algengustu malbiksgerða sem notaðar eru hérlendis. Mikilvægt er að öðlast þekkingu hérlendis á nýjum prófunaraðferðum, en ekki síður að prófa þær blöndur steinefna og bindiefna sem notaðar eru hérlendis með þessum aðferðum. Í þessu verkefni er því megináherslan lögð á prófanir á mismunandi malbiksblöndum sem þjappaðar eru á rannsóknastofu.“

1.2 Verkefnisvinnan

Vorið 2010 var sent bréf til nokkurra malbikunarstöðva og hverri þeirra boðið að senda tvö sýni til prófana hjá Nýsköpunarmiðstöð vegna þessa verkefnis. Þrjú stöðvar þekktust boðið og bárust tvö sýni frá Malbikunarstöð Akureyrarbæjar, önnur tvö frá Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas og eitt frá Malbikunarstöðinni Höfða.

Í þessari skýslu er gerð grein fyrir prófunaraðferðum og helstu niðurstöður prófana á malbikgerðunum fimm dregnar saman. Sundurliðaðar mælingar á ýmsum þáttum fylgja í viðauka.

Verkefnisstjóri hjá Nýsköpunarmiðstöð var Arnþór Óli Arason og sá hann um prófanir og úrvinnslu gagna. Pétur Pétursson, forstöðumaður steinefna- og vegtækni-deildar sá um samskipti við malbikunarstöðvar og Vegagerðina.

2 Um hjólfaratæki og Prall

2.1 Skriðmælingar

Skriðpróf í hjólfaratæki eru hér gerð samkvæmt Evrópustaðli ÍST EN 12697-22³, nánar tiltekið með litlu tæki, aðferð B, í lofti. Breidd og lengd prófsýna er um 30 x 40 cm og eru þau annað hvort tekin af götu eða þjöppuð á rannsóknastofu. Tæki til þjöppunar á heitum malbikssýnum sem passa í hjólfaratækið er til staðar á Nýsköpunarmiðstöð Íslands og er það í samræmi við Evrópustaðal, ÍST EN 12697-33 (rollercompactor).⁴ Í þessari rannsókn var stefnt að því að gera 5 cm þykkar plötur á rannsóknastofu. Það er eðlileg þykkt á yfirlögnum með 16 mm efri flokkunarstærð steinefna í malbiki.

Hjólfaratækið er í lokuðum hitastýrðum skáp. Malbiksplötunni er komið fyrir í skápnum og látin ná prófunarhita. Í prófinu er gúmmíhjól, 20 cm í þvermál og 5 cm breiðu, ekið fram og aftur eftir sýninu 10000 umferðir með 700 N álagi við ákveðinn

Tafla 2.1: Helstu gildi vegna hjólfaraprófa í lofti

d_{5000}	Hjólfaradýpteftir 5 000 umferðir, mm
d_{10000}	Hjólfaradýpteftir 10 000 umferðir, mm
WTS_{AIR}	Hallatala; $(d_{10000} - d_{5000})/5$
PRD_{AIR}	Hjólfaradýptsem % af sýnisþykkt
RD_{AIR}	Hjólfaradýpteftirtiltekinnfjöldi umferða, mm

hita. Mælir skráir reglulega hjólfaradýpt og er einkum stuðst við mæligildin á milli 5000 og 10000 umferða (sbr. töflu 2.1). Hliðarstuðningur er hafður við plötuna meðan á prófun stendur. Í hverju prófi skal mæla tvö hlutasýni og gefa upp meðaltal þeirra.

Hjólfarapróf í þessari rannsókn voru gerð við 45°C, en það er lægsti leyfilegi prófhiti samkvæmt verklýsingum um gerðarprófanir á malbiki.⁵

Plötur vegna hjólfaraprófa voru vegnar fyrir próf og mældar með rennimáli og var hægt að reikna út heildarrúmmál þeirra og rúmþyngd byggðri á því. Eftir próf var plata söguð um þvert og annar helmingurinn í 10 cm breiða kubba. Rúmþyngd þeirra var fundin með vigtunum í lofti og vatni. Rúmþyngd mældist 20 til 90 kg/m³ hærrí með seinni aðferðinni og var mesti munurinn í steinefnaríku SMA16 malbiki. Holrýmnd reiknaðist að sama skapi lægri sem nam frá um 1% að 3,5%

2.2 Slitmælingar

Prall slitmælitæki var keypt til Nýsköpunarmiðstöðvar á árinu 2009. Prófið er ætlað til þess að meta slitþol malbiks gagnvart nagladekkjaáraun. Aðferðin er samkvæmt Evrópustaðli ÍST EN 12697-16,⁶ en hún er sænsk að uppruna.

Prófið er gert þannig að í litlum stálhólki er komið fyrir sneið af malbiki sem er 100±2 mm í þvermál og 30±2mm þykk ásamt 40 stálkúlum sem eru 11,5 mm í þvermál. Á hólkin er sett lok sem leyfir vatnsstreymi yfir sýnið, 2 l/mín af 5±1°C vatni. Tækið hristir síðan hólkin upp og niður, 950 sveiflur/mínútu í 15 mínútur og er slaglengdin 43 mm.

Samanburður á slit- og skriðeiginleikum íslensks malbiks:

Sneiðar eru hafðar í vatnsbaði við 5°C í a.m.k. 5 klst. fyrir próf. Þyngd og rúmþyngd mettaðra sýnanna er mæld fyrir próf og þyngdin aftur eftir próf. Þyngdartapið er reiknað yfir í millilítra. Í hverju prófi eru prófuð fjögur hlutasýni og er Prall gildið meðaltal þeirra.

Á Nýsköpunarmiðstöð Íslands voru prófhlutar hafðir í bökkum á kafi í vatni í kælibúnaði við 5°C yfir nótt. Í staðli er gert ráð fyrir að kælibúnaður sé á vatnskerfi prófbúnaðarins, en hér var notað kalt kranavatn sem reyndist vera 6,0-6,5°C í desember 2010 og því við eða rétt ofan efri vikmarka samkvæmt prófunarstaðli.

Í þessari rannsókn voru prófuð sýni sem voru þjöppuð á rannsóknastofu. Til þess var notuð snúðþjappa (gyratory compactor).⁷ Fyrir hverja prófsyrpu voru gerðir þrjú um það bil 66 mm háir sívalningar. Eftir sögun fengust tvær sneiðar úr hverjum og voru fjórar þeirra valdar til prófunar með slembivali. Í rannsóknastofusýnum er áraunin látin vera á söguðum fleti samkvæmt prófunarstaðli.

Af hverri malbiksgerð voru þjappaðar tvær sypur með 3 og 6% holrýmd að nafninu til. Þjappan reiknar rúmþyngd eftir ytri stærð sívalninganna og eru því yfirborðs-holrúm talin með. Þau reiknast ekki í vigtun í lofti og vatni og mælist rúmþyngd því hærri og holrýmd minni en þjappan gefur.

Mynd 2.1 sýnir tækin sem um ræðir.



Mynd 2.1: Tækjabúnaður á Malbikssetri Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands.

3 Malbik frá Akureyri

3.1 Um malbikið

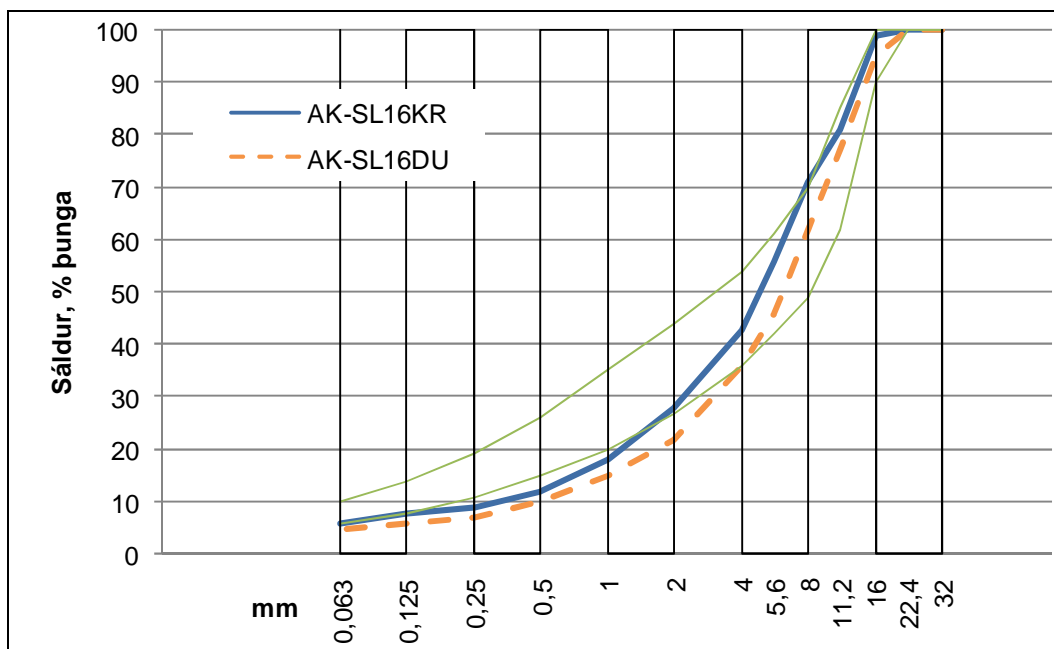
Tvö sýni af SL16 komu frá Malbikunarstöð Akureyrarbæjar. Grunngerð þeirra var svipuð eða í grófum dráttum þannig samkvæmt upplýsingum frá framleiðanda: Grófur sandur 0-11mm (Hlaðir) um 30%; salli 0-11 mm (Krossanes) um 40% og perla 8-16 mm 30%. Í öðru sýninu var 8-16 mm perlan Krossanesefni, en í hinu norskt Durasplitt.

Tafla 3.1: SL16 malbik frá Akureyri með Krossanes og Durasplitt perlu.

Gerð	AK-SL16KR	AK-SL16DU
Bik, p%	5,6	4,5
Malbik, kg/m ³	2610	2580
Sáldur %		
16-32	1	5
8-16	28	33
4-8	28	26
2-4	15	14
0,063-2	22	17
<0,063	6,0	4,8

Í töflu 3.1 eru helstu upplýsingar um gerð malbiksins samkvæmt mælingum verkfræðistofunnar Mannvits fyrir malbikunarstöðina og kornadreifing er á mynd 3.1, en þessar upplýsingar fylgdu með sýnunum. Inni á mynd 3.1 eru mörk fyrir SL16 samkvæmt leiðbeiningum með efniskröfum Vegagerðarinnar teiknuð til viðmiðunar (daufgrænar línur).⁸ Lögun sáldurferlanna er svipuð en Krossanesmalbikið er nokkru fínna eða með 57% korna yfir 4 mm en sá hluti var 64% í Durasplittmalbikinu. Fínefni undir 0,063 mm er frekar lítið eða 6,0 og 4,8% og reyndar allur hlutinn undir 2 mm.

Bindiefni er með stungudýpt (pavinggrade) 160/220 eða „mjúkt“ bik.



Mynd 3.1: SL16 malbik frá Akureyri með Krossanes- og Durasplittperlu og mörk SL16 í leiðbeiningum um efniskröfur Vegagerðarinnar.

3.2 Hjólfarapróf

Þjöppun á plötunum gekk ekki sem skyldi og urðu þær mun þykkari en þeir 50 mm sem stefnt var að. Hugsanleg réði kornadreifing þar nokkru. Meiri þykkir fylgir að

holrúm varð nokkuð mikið eða í kringum 8% þegar rúmþyngd var mæld í lofti og vatni.

Hjólfaraprófið á Krossanes-malbikinu tókst vel og voru ferlar beggja hlutasýnanna svo að segja eins og engar óeðlilegar sveiflur á mæligildum. Hins vegar munaði miklu á hlutasýnunum á Durasplitt-malbikinu, en hjólför að lokinni keyrslu voru 9,7 mm í fyrra hlutasýninu en 15,5 mm í hinu seinna. (Sjá mynd 3.2 og síðu 4 í viðauka). Fyrri hlutsýnið þurfti að keyra í tveimur áföngum vegna bilunar. Að auki sveifluðust mæligildin nokkuð til í prófinu þannig að ferlarnir urðu hlykkjóttir. Það má því ekki leggja of mikið uppúr meðaltalinu á Durasplitt-malbikinu, enda ekki útilokað að lægri ferillinn sé „réttari“ en sá hærri.

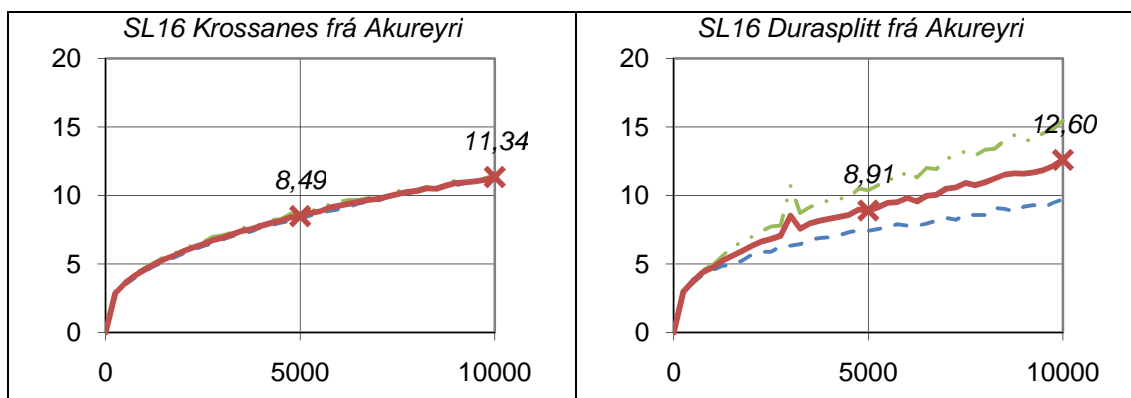
Meðalhjólfardýpt er mikil í báðum sýnunum eða 11,3 mm í Krossanes-malbikinu og um 12,6 mm í því með Durasplitt. Hallatalan, eða dýpkun í mm á 1000 umferðum í 5000 síðari umferðunum er einnig mjög há eða 0,57 í Krossanes-malbikinu og 0,74 í Durasplitt malbikinu. Hjólfaradýpt er meiri og hallatalan hærri en mælst hefur í öðrum íslenskum malbiksgerðum í sambærilegum prófum.

Helstu niðurstöður eru sýndar í töflu 3.2 og á mynd 3.2, en nánari upplýsingar eru á 3. og 4. síðu viðauka þessarar skýrslu.

Tafla 3.2: SL16 Krossanes og Durasplitt.

<i>Malbik frá Akureyri</i>	Stöð Gerð Steinefni		<i>Akureyri</i>	
			<i>SL16 Krossanes</i>	<i>SL16 Durasplitt</i>
Bik		p%	5,6	4,5
Rúmþ. malbiks, (teoretisk)		kg/m ³	2610	2580
Þjöppuð plata	Meðalþykkt	mm	55,6	55,2
<i>Mæl. með rennimáli</i>	Rúmþyngd	kg/m ³	2352	2351
	Holrúm	rm%	9,5	8,9
<i>Í lofti og vatni</i>	Rúmþyngd	kg/m ³	2392	2371
	Holrúm	rm%	8,3	8,1
Hjólfarapróf við 45°C				
Sig við 5000 umferðir, mm			8,49	8,91
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})			11,34	12,60
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})			20,4	22,8
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})			0,570	0,738

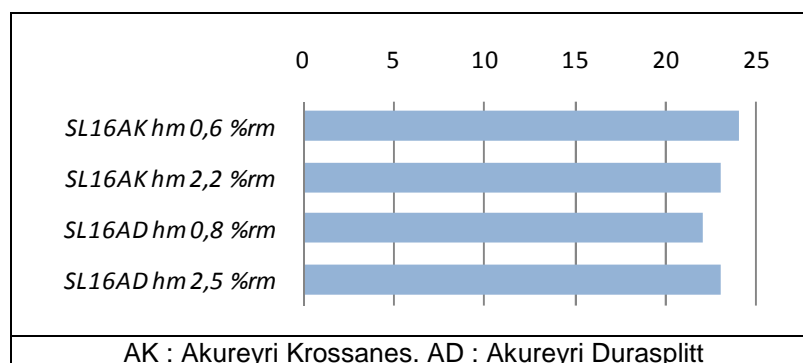
Samanburður á slit- og skriðeiginleikum íslensks malbiks:



Mynd 3.2: SL16 frá Akureyri – Hjólfarapróf – Sig (mm) og umferðir.

3.3 Slitpolsmæling - Prall

Af hvorri malbiksgerð voru þjappaðar tvær sypur í snúðþjöppu með 3 og 6% holrýmd að nafninu til, sem varð að 0,6-2,5% í raun. Prallgildin reyndust nokkuð há miðað við þær niðurstöður sem fengist hafa á sambærilegum mælingum á íslensku malbiki, eða 22-24 ml og lítil munur á sýnum með Krossanesperlunni og þeim með Durasplitt. (Sjá mynd 3.3). Þó er tiltölulega hátt hlutfall steina yfir 4 mm af SL16 malbiki að vera skv. mælingu Mannvits, en það ætti að auka slitstyrkinn og Durasplitt er auk þess tiltölulega slitsterkt steinefni. Holrúm prófhlutanna var lágt. Skýringa á frekar löku slitpóli má sennilega leita í kornadreifingu finni hluta sýnis og tiltölulega lágu bindiefnismagni. Þótt slitpólstala Prall sé nokkuð há í samanburði við önnur íslensk malbikssýni, mætti nota það á vegi með ÁDU allt að 10 000 bíla samkvæmt kröfum norsku Vegagerðarinnar.⁹



Mynd 3.3: SL16 malbik frá Akureyri.

Frekari sundurliðun mælinga er á síðum 10-13 í viðauka.

4 Malbik frá Hlaðbæ-Colas

4.1 Um malbikið

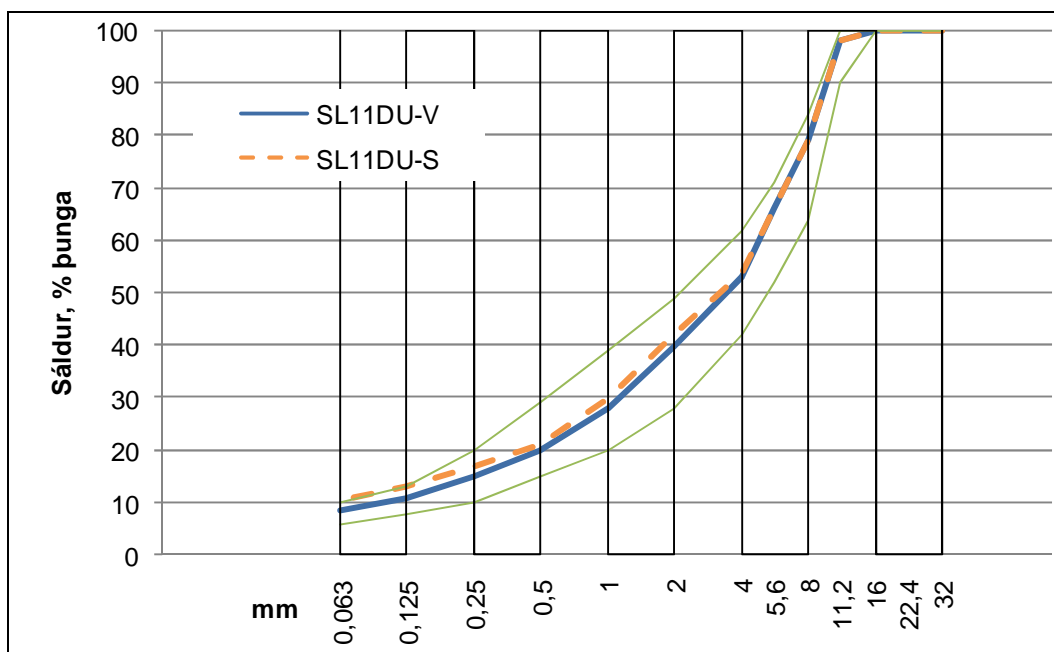
Hlaðbæ-Colas sendi tvö malbikssýni og voru þau bæði af SL11Durasplitt og var það steinefni það eina í malbikinu. Annað sýnið var það sem kalla má venjulegt þ.e. í því voru engin aukaefni utan viðloðunarefnis. Malbikið í hinu sýninu var blandað eftir sömu uppskrift nema að í því var Sasobit vax, 3% af bindiefninu. Bindiefnið var mjúkt bik, sem sagt PG 160/220.

Sasobit vax hefur m.a. verið notað til að lækka blöndunarhita malbiks og til að gera malbik þjálla í útlögn í köldu veðri. Samkvæmt upplýsingum frá Hlaðbæ-Colas er íblöndun þá um 1,0-1,5% af bindiefninu. Komið hefur í ljós að með auknum skammti eða 3%, er malbikið enn þjálta í útlögn, en eftir að það hefur kólnað verður það stífara en venjulegt malbik og því verður minni hætta á skriði.¹⁰ Þetta vildu starfsmenn Hlaðbæjar-Colas láta athuga í hjólfaratækinu.

Tafla 4.1: SL11 Durasplitt frá Hlaðbæ-Colas.

Gerð	SL11DU-V	SL11DU-S
Bik, þ%	5,5	5,3
Malbik, kg/m ³	2545	2543
Sáldur %		
16-32	0	0
8-16	21	21
4-8	26	25
2-4	13	12
0,063-2	31	32
<0,063	8,6	10,5

Í töflu 4.1 eru helstu upplýsingar um gerð malbiksins samkvæmt mælingum Nýsköpunarmiðstöðvar og kornadreifing er á mynd 4.1. Inni á þeirri mynd eru mörk fyrir SL11 samkvæmt leiðbeiningum að efniskröfum Vegagerðarinnar (daufgrænar línur).¹¹ Sáldurferlarnir voru eins að segja má, en heldur meira fínefni var í sýninu með Sasobit, eða 10,5%



Mynd 4.1: SL11 Durasplittmalbik frá Hlaðbæ-Colas, venjulegt og með 3% Sasobit, og mörk SL11 í efniskröfum Vegagerðarinnar.

4.2 Hjólfarapróf

Stefnt var að 50 mm þykkum plötum en þær uðu 53 mm í raun og rúmþyngd minni sem því nemur. Holrúm var samt ekki mjög hátt eða 3,8% í venjulega malbikinu en 2,5% í því með Sasobit vaxinu miðað við mælingu í lofti og vatni. Eitt af því sem vaxið á gera er einmitt að betri þjöppun náist með því í malbikinu en án við sama álag.

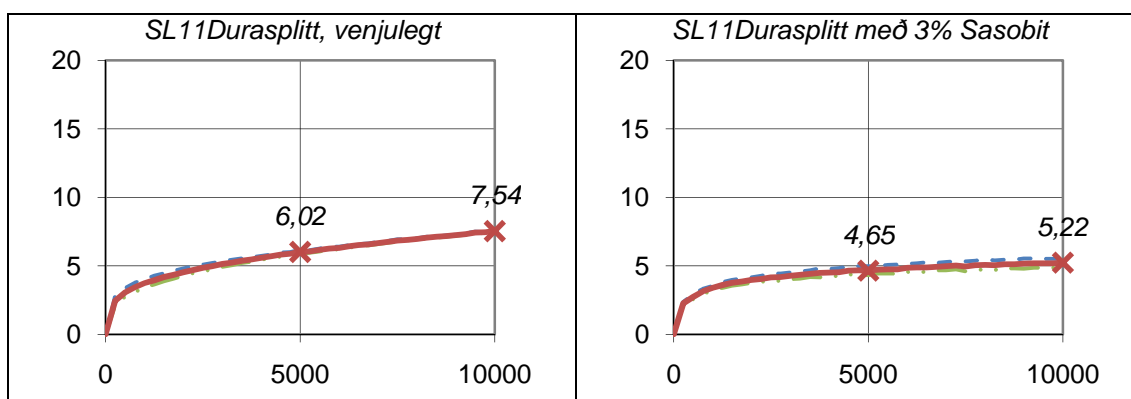
Samanburður á slit- og skriðeiginleikum íslensks malbiks:

Ferlar beggja hlutasýnanna í báðum prófunum voru mjög líkir og er samanburður sýna því auðveldari en ella. (Sjá mynd 4.2 og 6. og 7. síður viðauka). Hjólför voru minni í sýnunum með Sasobit eða 5,2 mm, en 7,5 í því venjulega. Hallatalan, þ.e.a.s. sig í mm á hverjar 1000 umferðir á síðustu 5000 umferðunum, er hér áhugaverðari en hjólfaradýptin. Hún er 0,30 í venjulega malbikinu og því enn að aukast með nokkrum hraða í lok prófs, en aðeins 0,12 í sýninu með Sasobit og ferill hjólfaradýptar því nánast láréttur að lokum. Benda má á að mæling á skriði í malbiki með 3% Sasobit er með því allra besta sem mælst hefur í hjólfaraprófi á íslensku malbiki. Einungis malbik með 3% SBS kom betur út í samskonar mælingu, en það sýni var reyndar blandað og útbúið á rannsóknastofu.¹²

Helstu niðurstöður eru sýndar í töflu 4.2 og á mynd 4.2, en nánari upplýsingar eru á 6. og 7. síðu viðauka þessarar skýrslu.

Tafla 4.2: SL11 Durasplitt venjulegt og með Sasobit.

Malbik frá MHC	Steinefni Gerð Bindiefni	Durasplitt	
		SL11 Venjulegt	SL11 m/Sasobit
Bik	þ%	5,5	5,5
Rúmp. malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2545	2543
Hjöppuð plata	Meðalþykkt mm	53,0	53,3
<i>Mæl. með rennimáli</i>	Rúmpyngd kg/m ³	2405	2409
	Holrúm rm%	5,5	5,3
<i>Í lofti og vatni</i>	Rúmpyngd kg/m ³	2447	2478
	Holrúm rm%	3,8	2,5
Hjólfarapróf við 45°C			
Sig við 5000 umferðir, mm		6,02	4,65
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		7,54	5,23
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		14,2	9,8
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,305	0,115

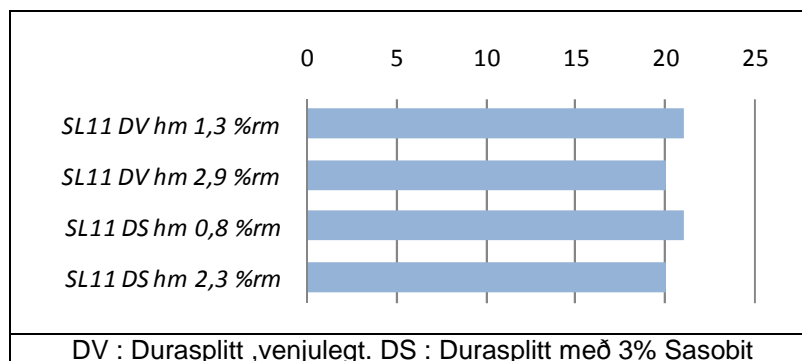


Mynd 4.2: SL11 Durasplitt frá MHC – Hjólfarapróf – Sig (mm) og umferðir.

4.3 Slitþolsmæling - Prall

Af hvorri malbiksgerð voru þjappaðar tvær sypur með 3 og 6% holrýmd að nafninu til, sem varð að 0,8-2,9% í raun. Sýnin voru því öll tiltölulega þétt. Prallgildin voru næstum því sömu í öllum sýnunum eða 20 og 21 ml, sjá mynd 4.3. Ekki var neinn munur á venjulega malbikinu og því með 3% Sasobit.

Þetta eru fyrstu sýnin af SL11 malbiki sem hafa verið prófuð hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands. Í fyrri áfanga var prófað SL16 Durasplitt frá Hlaðbæ-Colas og mældist slitþol í Prall þá 17 ml.¹³ Meira slitþol mældist því á grófara malbikinu eins og eðlilegt má teljast.



Mynd 4.3: SL11 Durasplitt.

Frekari sundurliðun mælinga er á síðum 10-13 í viðauka.

5 Malbik frá Malbikunarstöðinni Höfða hf.

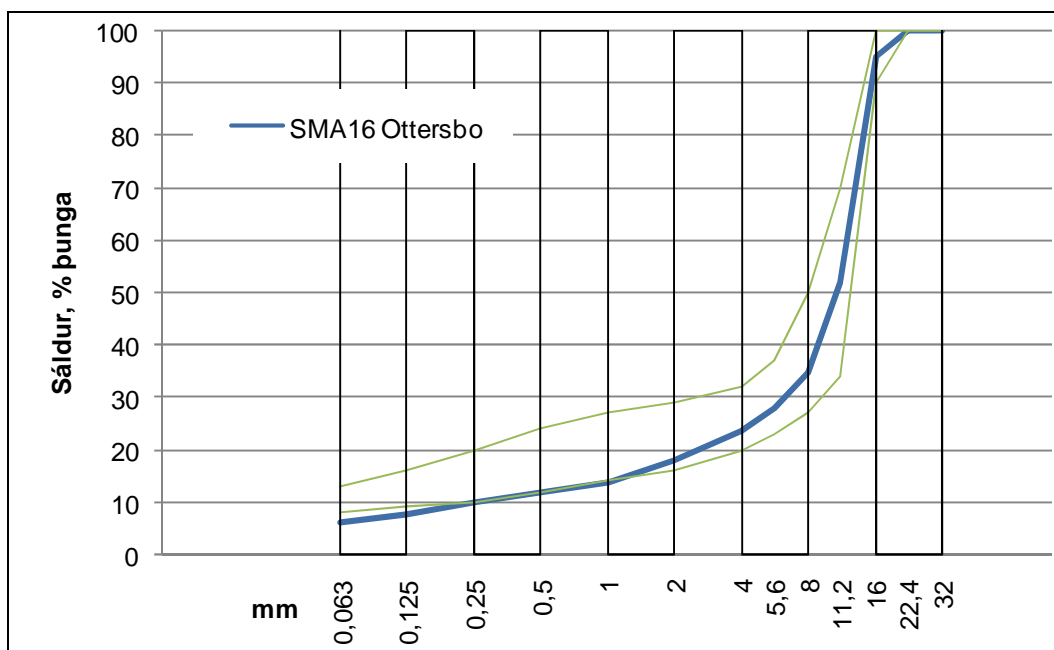
5.1 Um malbikið

Malbikið frá Höfða var af gerðinni SMA16 með norsku Ottersbo steinefni í grófari hlutanum, en Seljadal í þeim fínni. Bikið var mjúkt, PG 160/220. Í töflu 5.1 eru ýmsar upplýsingar um gerð malbiksins samkvæmt mælingum framleiðanda og á mynd 5.1 er sáldurferill malbiksins. Þar eru einnig sýndar markarlínur SMA16 úr leiðbeiningum með efniskröfum Vegagerðarinnar, en þær er þar aðeins til viðmiðunar (daufgrænar línur).¹⁴ Uppgefinn sáldurferill er að mestu innan markalína en liggur þó neðan við neðri fínefnamörkin, sem eru 8% fyrir SMA16 malbik.

Tafla 5.1: SMA16 Ottersbo frá Höfða.

Gerð	SMA16 Ot
Bik, þ%	5,5
Malbik, kg/m ³	2573
Sáldur %	
16-32	5
8-16	60
4-8	11
2-4	6
0,063-2	12
<0,063	6,3

Samanburður á slit- og skriðeiginleikum íslensks malbiks:



Mynd 5.1: SMA16 Ottersbo frá Höfða og mörk SMA16 í drögum að efniskröfum Vegagerðarinnar.

5.2 Hjólfarapróf

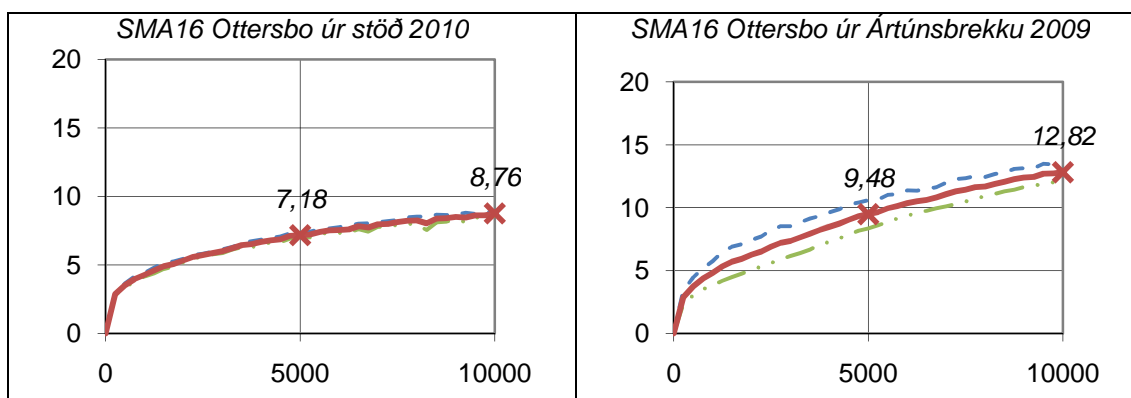
Plötuþjappan átti erfitt með að hnoða steinefnaríkt og gróft malbikið og varð holrúm í plötunum nálægt 7% mælt í lofti og vatni. Mælingin í hjólfaraprófinu tókst hins vegar vel og voru ferlarnir úr plötuparinu næstum eins.

Hjólfaradýpt eftir 10000 umferðir var 8,8 mm og hallatalan síðari helming prófsins 0,32 mm/1000 umferðir. Í fyrra verkefni var prófað malbik sömu gerðar sem lagt var á Ártúnsbrekku 2009. Það próf var gert á söguðum búi af götunni og því ekki sambærilegt að öllu leyti. Ferill úr hjólfarataeki er sýndur til samanburðar á mynd 5.2. Hjólför urðu mun dýpri á söguðu sýnunum en þeim sem voru þjöppuð á rannsóknastofu, eða 12,8 mm á móti 8,8 mm og hallatalan 0,67 mm á móti 0,32 mm á hverjum 1000 umferðum síðustu 5000 umferðirnar.¹⁵ Þess má geta að plötur með SL16 Durasplitt sem sagaðar voru úr Reykjanesbraut í fyrra verkefni gáfu einnig mun hærri gildi en sambærilegt malbik sem þjappað var á rannsóknastofu.¹⁶ Að öðru leyti er sambandið milli hjólfaraprófa á sýnum úr götu og þjöppuðum á rannsóknastofu ekki þekkt hérlendis.

Helstu niðurstöður eru sýndar í töflu 5.2 og á mynd 5.2, en nánari upplýsingar eru á 9. síðu viðauka þessarar skýrslu.

Tafla 5.2: SMA16 Ottersbo frá Höfða.

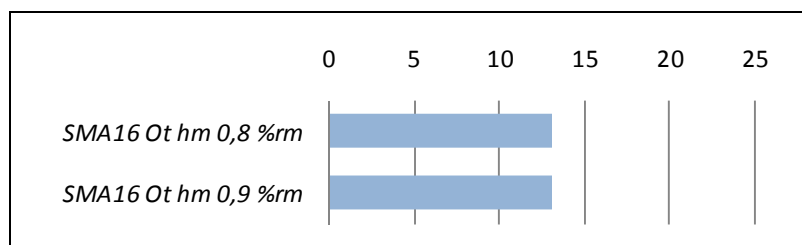
Malbik frá Höfða	Steinefni Gerð Bindiefni	Ottersbo	
		SMA16 160/220	
Bik	p%	5,5	
Rúmp. malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2573	
Þjöppuð plata	Meðalþykkt	mm	55,6
Mæl. með rennimáli	Rúmpyngd	kg/m ³	2305
	Holrúm	rm%	10,4
Í lofti og vatni	Rúmpyngd	kg/m ³	2396
	Holrúm	rm%	6,8
Hjólfarapróf við 45°C			
Sig við 5000 umferðir, mm			7,18
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})			8,76
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})			15,8
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})			0,316



Mynd 5.2: SMA16 Ottersbo – Hjólfarapróf – Sig (mm) og umferðir.

5.3 Slitpolsmæling - Prall

Útbúnar voru tvær syrpur sívalninga með 3 og 6% holrýmd að nafninu til, en það var heldur lítið í svona grófu og steinefnaríku malbiki þannig að í raun voru sýnin í báðum syrpunum fullþjöppuð. Prallgildi voru líka þau sömu í báðum syrpunum eða aðeins 13 ml og verður það að teljast gott slitpól, enda lægstu gildi sem fengist hafa hingað til í Prall mælingum á aðsendu malbiki á Nýsköpunarmiðstöð Íslands.



Mynd 5.3: SMA16 Ottersbo.

Frekari sundurliðun mælinga er á síðum 10-13 í viðauka.

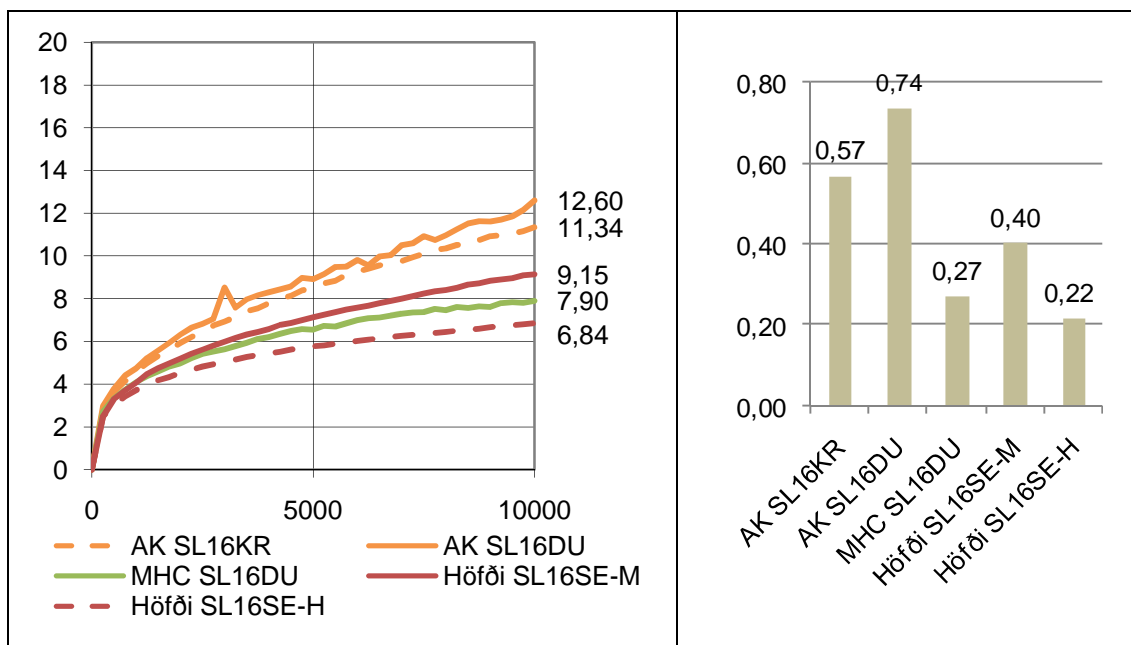
6 Samanburður við fyrri mælingar

Með prófunum í þessu verkefni hefur enn bæst nokkuð við þekkinguna á skrið- og sliteiginleikum íslensks malbiks eins og stefnt var að. Fróðlegt þótti að draga saman gögn úr fyrri prófum til samanburðar við próf í þessum áfanga. Línuritun eru birt hér án mikilla skýringa og ekki reynt að meta áhrif ýmissa þátta svo sem biknihalds, kornadreifingar og holrúms. Öll sýnin voru prófuð við 45°C. Í töflu 6.1 er yfirlit um skammstafanir notaðar sem notaðar eru á línuritunum.

Tafla 6.1: Skammstafanir notaðar í línuritum í kaflanum.

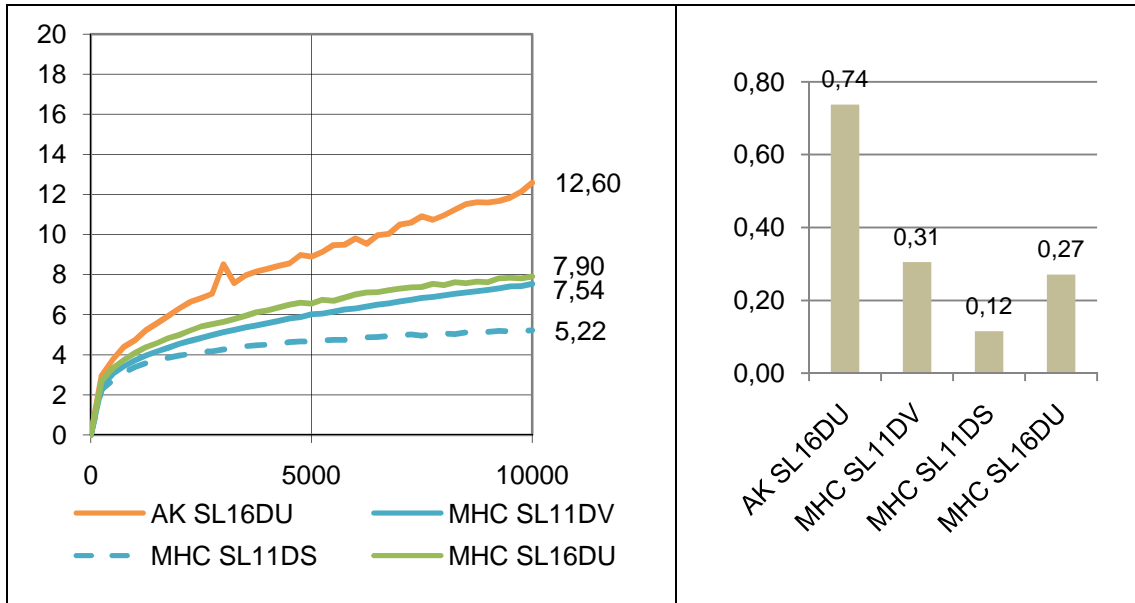
Ár	Skammstöfun	Framleiðandi og malbiksgerð
2010	AK SL16KR	Akureyri - SL16 Krossanes
	AK SL16DU	Akureyri - SL16 Durasplitt
	MHC SL11DV	MHC SL11 Durasplitt, venjulegt
	MHC SL11DS	MHC SL11 Durasplitt m. Sasobit
	Höfði SMA16OT	Höfði SMA16 Ottersbo
2009	MHC SMA16DU	MHC SMA16 Durasplitt
	MHC SL16DU	MHC SL16 Durasplitt
	Höfði SL16SE-M	Höfði SL16 Seljadalur m. mjúku biki
	Höfði SL16SE-H	Höfði SL16 Seljadalur m. hörðu biki

Á mynd 6.1 eru sýnd hjólfarapróf á SL16 malbiki. Malbiksgerðirnar eru allar með mjúku biki, 160/220, nema annað sýnið af SL16 Seljadal sem var með hörðu, 70/100. Grynstu hjólförin mældust í því.



Mynd 6.1: Hjólför (mm og umferðir) og hallatala sýna með SL16 malbiki.

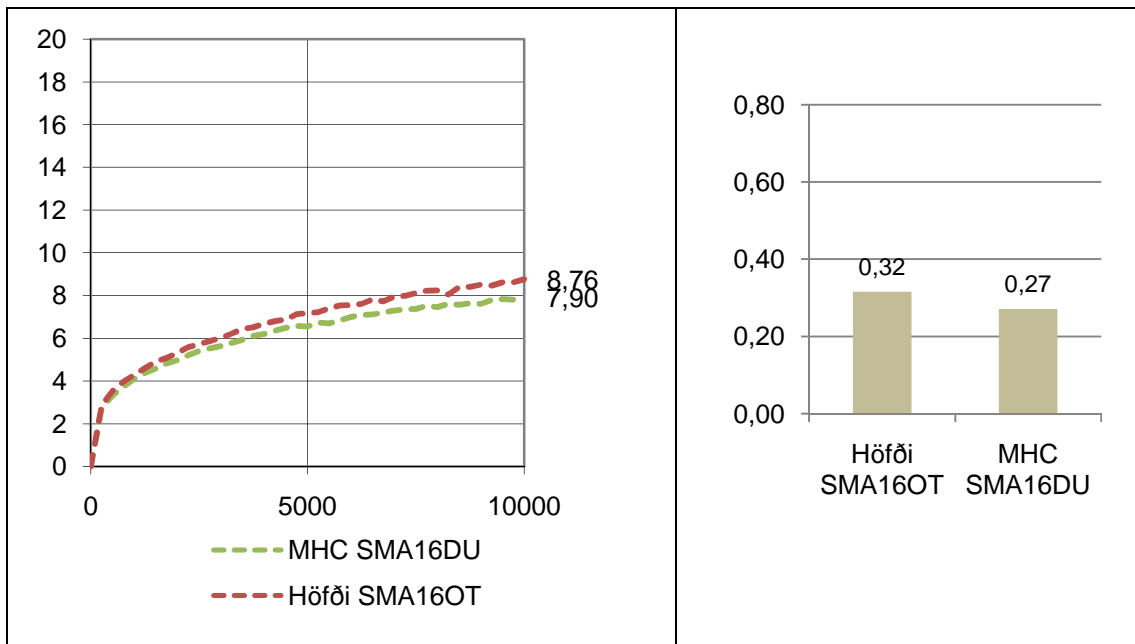
Á mynd 6.2 eru sýnd hjólfarapróf á SL malbiki með Durasplitt steinefni. Prófað hefur verið SL11 og SL16 frá Hlaðbæ Colas. Í því malbiki er allur sáldurferillinn úr Durasplitt, en aðeins grófi hlutinn í malbikinu frá Akureyri. Grynstu hjólför eru í SL11 malbiki með 3% Sasobit vaxi.



Mynd 6.2:

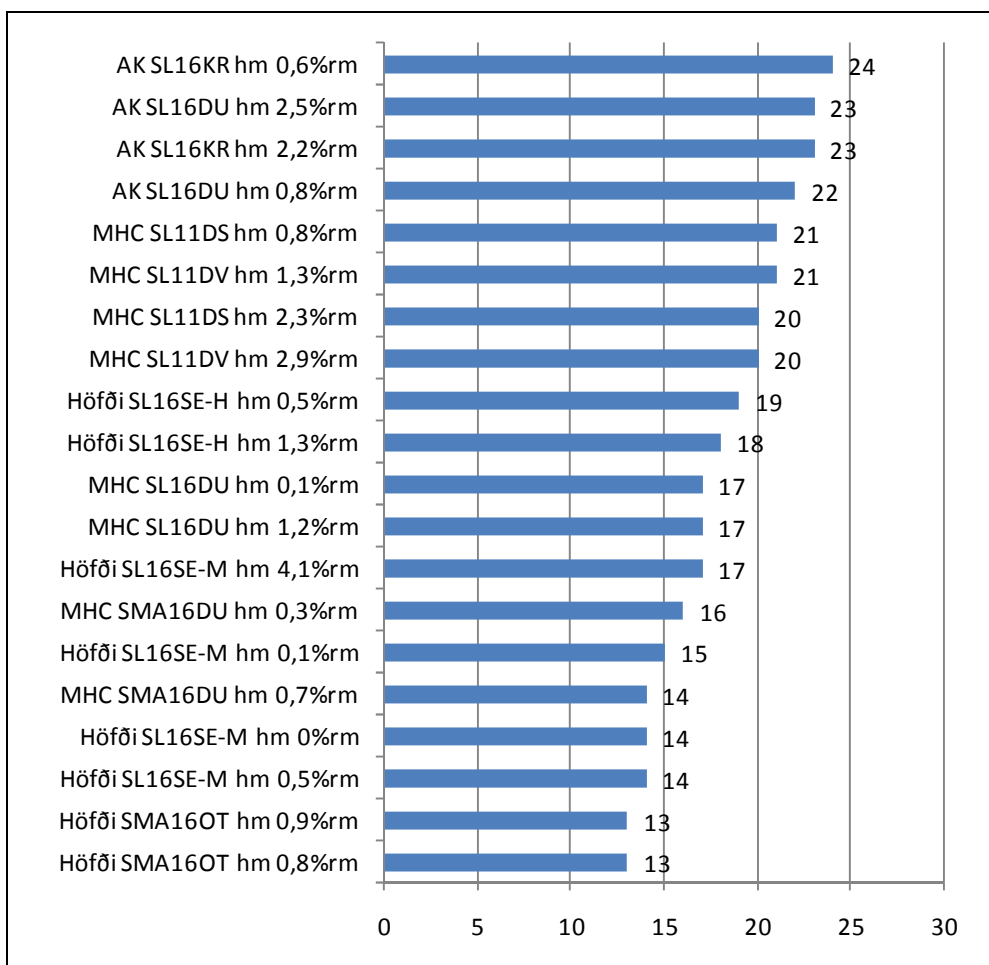
Hjölför (mm og umferðir) og hallatala sýna með SL malbiki með Durasplitt steinefni.

Tvær gerðir af SMA16 malbiki hafa verið prófaðar. Í fyrra verkefni var það SMA16 Durasplitt frá Hlaðbæ-Colas og nú SMA16 Ottersbo frá Malbikunarstöðinni Höfða. Hjölfaramyndun í þessu malbiki er svipuð eins og sjá má á mynd 6.3



Mynd 6.3: Hjölför (mm og umferðir) og hallatala sýna með SMA16 malbiki.

Á mynd 6.4 eru dregnar saman slitþolsmælingar með Prall tæki á aðsendu malbikssýnunum. Flestar malbiksgerðirnar voru prófaðar við mismikla holrýmd sem gefin er á stöplaritinu.

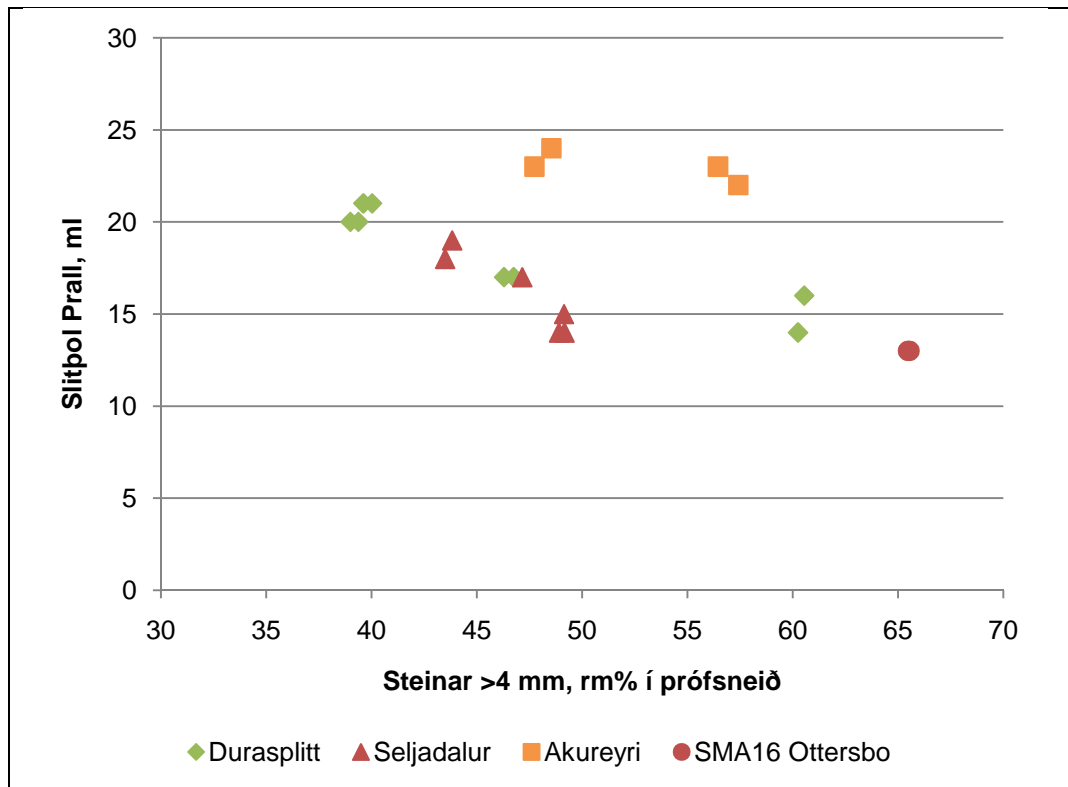


Mynd 6.4: Slitþol Prall. Mælingar á aðsendum sýnum 2009 og 2010.

Slitþol Prall mældist á bilinu 13 til 24 ml, minnst í SMA16 Ottersbo, en mest í Krossanesmalbiki frá Akureyri. Það fyrnefnda er ætlað á mjög umferðarmiklar götur en það síðarnefnda ekki.

Slitþol malbiks er háð mörgum þáttum og er einn þeirra hlutfall korna sem eru stærri en 4 mm. Reiknað var rúmmálshlutfall þessara korna í prófsneiðum af aðsendum sýnum frá 2009 og 2010 og eru niðurstöðurnar sýndar á mynd 6.5. Útreikingarnir eru nokkuð einfaldaðir og var gert ráð fyrir sömu rúmpýngd steiefnis í öllum sáldurferlinum í Seljadalsmalbiki Höfða, Durasplittmalbiki MHC og Krossanesmalbiki Akureyrar. Reiknað var með léttara efni í grófa hlutanum í Ottesabo malbiki Höfða og Durasplittmalbiki Akureyrar.

Samanburður á slit- og skriðeiginleikum íslensks malbiks:



Mynd 6.5:
Slitþol Prall og rúmmálsprósent korna yfir 4 mm í aðsendum sýnum 2009 og 2010.

7 Lokaorð

Þau sýni sem hingað til hafa verið prófuð eru flest af malbiki sem ætlað er á umferðarmiklar götur. Sýnin sjö frá Höfða og Hlaðbæ-Colas eru með mjög slitsterkum steinefnum, Seljadal, Ottersbo og Durasplitt. Sýnin tvö frá Akureyri eru með veikari efnum að hluta eða öllu leyti og fylla því upp í þá mynd sem er að birtast af íslensku malbiki. Það gæti verið forvitnilegt að skoða malbik sem ætlað er á umferðarlitlar götur til þess að sjá dreifingu á niðurstöðum og til þess að fá gleggri mynd af íslensku malbiki.

Heimildir

- ¹ Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson: Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður. Áfangaskýrsla I. — Nýsköpunarmiðstöð Íslands, skýrsla 09-05. [Reykjavík 2009].
- ² Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson: Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður. Áfangaskýrsla II. — Nýsköpunarmiðstöð Íslands, skýrsla 10-02. Reykjavík 2010.
- ³ ÍST EN 12697-22:2003, Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 22: Wheeltracking. Notuð er aðferð f. Small sizedevices, procedure B.
- ⁴ ÍST EN 12697-33:2003, Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 33: Specimen prepared by roller compactor.
- ⁵ ÍST EN 13108-20:2006, Bituminous mixtures – Material specifications – Part 20: Type testing. – Annex D, table D.1.
- ⁶ ÍST EN 12697-16:2004, Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 16: Abrasion by studded tires. Method A.
- ⁷ ÍST EN 12697-31:2007, Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 31: Specimen preparation by gyratory compactor.
- ⁸ Efnisrannsóknir og efniskröfur. Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. Kafli 6: Slitlag. – Vegagerðin, janúar 2009. — Netútgáfa.
- ⁹ Håndbok 018 Vegbygging – Janúar 2011. kapittel 6 – Vegdekker, figur 603.4, s. 315. Statens Vegvesen. — *Almennar kröfur vegna ÁDU 5000-10000 eru að Prall slitþol sé minna en 25 ml.*
- ¹⁰ The Bitumen additive for Highly Stable Easily Compactible Asphalts. Product Information 124. Bls. 1 og 4.- Sasol Wax GmbH, Hamburg. 2006.
- ¹¹ Efniskröfur Vegagerðarinnar. Sjá tilvísun 8.
- ¹² Ásgeir Rúnar Harðarson: Áhrif fjölliðubreyttra bikbindiefna á eiginleika malbiks. — Rannís - Nýsköpunarsjóður námsmanna, 2010.
- ¹³ Áfangaskýrsla II. Sjá tilvísun 2.
- ¹⁴ Efniskröfur Vegagerðarinnar. Sjá tilvísun 8.
- ¹⁵ Áfangaskýrsla II. Sjá tilvísun 2.
- ¹⁶ Áfangaskýrsla I. Sjá tilvísun 1.

Samanburður á slit- og skriðeiginleikum
íslensks malbiks

Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður

Áfangaskýrsla III

Viðaukar

Töflur og línurit

Plötur úr hjólfaraprófum Rúmmálshluti efnispátta í sýnum

Mæld rþ sýnis kg/m ³	Reiknaðir rúmmálshlutar			
	Rm biks rm%	Rm steina rm%	Rm lofts rm%	Bikfylling (VFB)*

Akureyri, SL16 Krossanes: Bik 5,6%. - Rþ. malbiks (max) 2610 - Rþ. steina 2880 kg/m³

Plata AÓ1 - SL16 Krossanes	2395	13,1	78,6	8,2	61,5
Plata AÓ2 - SL16 Krossanes	2389	13,1	78,4	8,5	60,8

Akureyri, SL16 Durasplitt: Bik 4,5%. - Rþ. malbiks (max) 2580 - Rþ. steina 2780 kg/m³

Plata AP1 - SL16 Durasplitt	2391	10,5	82,1	7,3	59,0
Plata AP2 - SL16 Durasplitt	2351	10,4	80,8	8,9	53,9

MHC, SL11 Durasplitt venjulegt: Bik 5,5%. - Rþ. malbiks (max) 2545 - Rþ. steina 2788 kg/m³

Plata CV1 - SL11 Durasplitt	2457	13,2	83,3	3,5	79,3
Plata CV2 - SL11 Durasplitt	2438	13,1	82,6	4,2	75,8

MHC, SL11 Durasplitt m/Sasobit: Bik 5,3%. - Rþ. malbiks (max) 2543 - Rþ. steina 2775 kg/m³

Plata CS1 - SL11 Durasplitt m/Sasobit	2485	12,9	84,8	2,3	85,0
Plata CS2 - SL11 Durasplitt m/Sasobit	2472	12,8	84,4	2,8	82,1

Höfði, SMA16 Ottersbo: Bik 5,5%. - Rþ. malbiks (max) 2573 - Rþ. steina 2822 kg/m³

Plata HO1 - SMA16 Ottersbo	2395	12,9	80,2	6,9	65,1
Plata HO2 - SMA16 Ottersbo	2398	12,9	80,3	6,8	65,5

* Hundraðshluti biks í holrúmi steingrindar.



Malbik frá Malbikunarstöð Akureyrarbæjar

Plötur úr hjólfaraprófum: Rúmþyngd mæld í lofti og vatni

Plata var fyrst söguð þvert um miðju. Prófhloti A er sá helmingur sem var innar í þjöppu í upphafi. B er sá ytri. Prófhloti B var sagaður langs m.v. upphaflega plötu með 10 cm millibili. Hluti D er sá hluti sem var undir hjólfari í prófi.

Sögun platna

	A	B
A		E
		D
		C

Hluti	Í vatni g	Ybp. g	Bakki g	Þurrt+ bakki, g	Þurrt g	Rúmmál cm ³	Rúmþ. g/cm ³	Holrúm rm%
-------	--------------	-----------	------------	--------------------	------------	---------------------------	----------------------------	---------------

Akureyrarbær, SL16 Krossanes; 26-5 Óseyri - Plata AÓ1

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)	2,61 g/cm ³		
Vatnshiti	23°C	Rúmþ.	0,9976 g/cm ³

C	1628,9	2758,8	367,6	3101,6	2734,0	1132,6	2,414	7,5
D	1342,2	2304,1	343,7	2617,0	2273,3	964,2	2,358	9,7
E	1560,1	2643,6	340,4	2961,4	2621,0	1086,1	2,413	7,5
Meðaltal							2,395	8,2

Akureyrarbær, SL16 Krossanes; 26-5 Óseyri - Plata AÓ2

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)	2,61 g/cm ³		
Vatnshiti	23°C	Rúmþ.	0,9976 g/cm ³

C	1485,6	2530,4	347,6	2854,1	2506,5	1047,3	2,393	8,3
D	1338,1	2289,9	348,5	2608,9	2260,4	954,1	2,369	9,2
E	1649,4	2797,0	340,5	3106,6	2766,1	1150,4	2,405	7,9
Meðaltal							2,389	8,5

Akureyrarbær, SL16 Durasplitt; 22-6 Þverársíða - Plata AÞ1

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)	2,58 g/cm ³		
Vatnshiti	23°C	Rúmþ.	0,9976 g/cm ³

C	1495,9	2550,3	351,8	2884,8	2533,0	1056,9	2,397	7,1
D	1324,9	2267,2	352,8	2599,2	2246,4	944,6	2,378	7,8
E	1531,7	2608,0	348,0	2935,9	2587,9	1078,9	2,399	7,0
Meðaltal							2,391	7,3

Akureyrarbær, SL16 Durasplitt; 22-6 Þverársíða - Plata AÞ1

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)	2,58 g/cm ³		
Vatnshiti	23°C	Rúmþ.	0,9976 g/cm ³

C	1494,8	2560,1	340,8	2878,6	2537,8	1067,9	2,377	7,9
D	1137,4	1959,8	348,0	2289,0	1941,0	824,4	2,355	8,7
E	1666,2	2895,4	345,4	3205,8	2860,4	1232,2	2,321	10,0
Meðaltal							2,351	8,9

Mesta rúmþyngd malbiks (teoretisk) er skv. mælingum Mannvits fyrir malbikunarstöðina.

Meðalholrúmd +/-0 5% AÓ 8 5

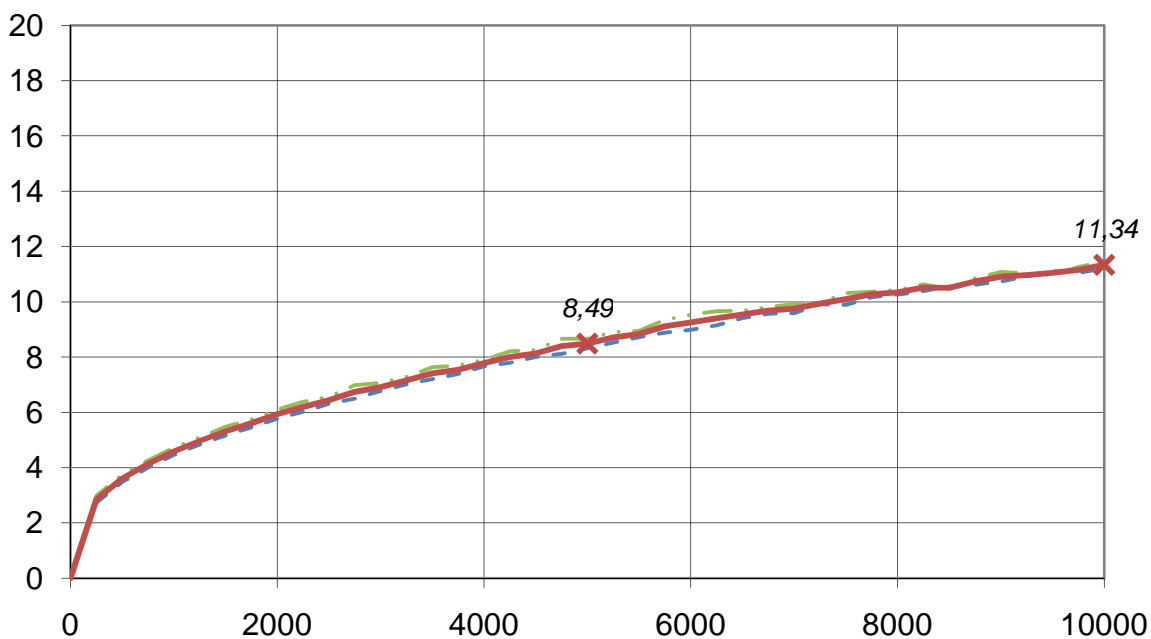
Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

Sýni: SL16 Krossanes frá Malbikunarstöð Akureyrarbæjar. (Merki: 26-5 ÓS)
Malbik framleitt 26. maí 2010; þjappað og mælt í október s.á.

Aths.:

Malbik		<i>Mælingar Mannvits hf. f. Akureyrarbæ</i>			
Bik	þ%	5,6 Mæld			
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2610 Mæld			
Rúmpyngd biks	kg/m ³	1020 Gefin			
Rúmpyngd steina	kg/m ³	2880 Reiknuð			
Þjöppuð plata		<i>Vigtun og mælingar með skíðmáli</i>			<i>Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>		AÓ1	AÓ2	Meðaltal	
Þyngd plötu	kg	15,780	15,750		
Meðalþykkt	mm	55,4	55,8	55,6	
Rúmmál plötu	cm ³	6663	6685		
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2368	2356	2362	2395 2389
Reiknað holrúm	rm%	9,3	9,7	9,5	8,2 8,5
Hjólfarapróf við 45°C		<i>Upphaf sett á 0</i>			
		AÓ1	AÓ2	Meðaltal	
Sig við 5000 umferðir, mm		8,31	8,67	8,49	
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		11,21	11,47	11,34	
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		20,2	20,6	20,4	
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,580	0,560	0,570	

Sig í mm og umferðir



Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

Sýni: SL16 Durasplitt frá Malbikunarstöð Akureyrarbæjar. (Merki 22-6 Þv...)

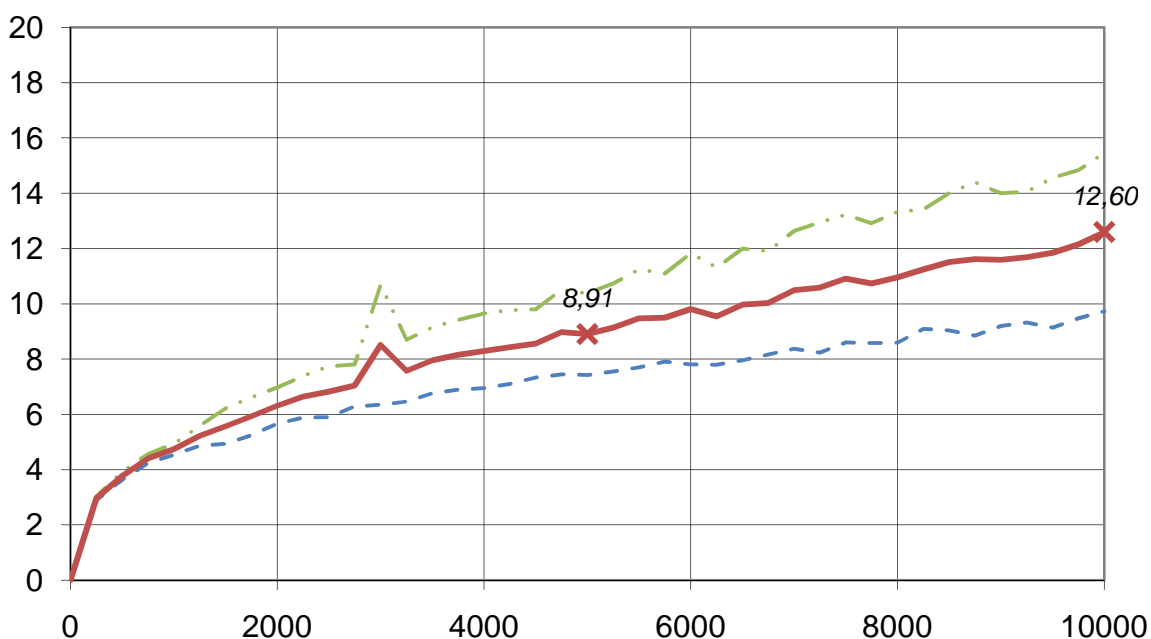
Malbik framleitt 22. júní 2010; þjappað og mælt í október s.á.

Aths.: Mæling á AP1 var ekki samfelld og er ferillinn því samsettur. Báðir ferlar eru óreglulegir

Malbik		<i>Mælingar Mannvits f. Akureyrarbæ</i>			
Bik	þ%	4,5			Mæld
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2580			Mæld
Rúmpyngd biks	kg/m ³	1020			Gefin
Rúmpyngd steina	kg/m ³	2780			Reiknuð
Þjöppuð plata		<i>Vigtun og mælingar með skíðmáli</i>			<i>Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>		AP1	AP2	Meðaltal	
Þyngd plötu	kg	15,590	15,580		
Meðalþykkt	mm	54,8	55,5	55,2	
Rúmmál plötu	cm ³	6598	6658		
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2363	2340	2351	2391 2351
Reiknað holrúm	rm%	8,4	9,3	8,9	7,3 8,9

Hjólfarapróf við 45°C		<i>Upphaf sett á 0</i>		
		AP1	AP2	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm		7,43	10,38	8,91
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		9,73	15,46	12,60
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		17,8	27,9	22,8
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,460	1,016	0,738

Sig í mm og umferðir





Malbik frá Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas hf.

Plötur úr hjólfaraprófum: Rúmþyngd mæld í lofti og vatni

Plata var fyrst söguð þvert um miðju. Prófhloti A er sá helmingur sem var innar í þjöppu í upphafi. B er sá ytri. Prófhloti B var sagaður langs m.v. upphaflega plötu með 10 cm millibili. Hluti D er sá hluti sem var undir hjólfari í prófi.

Sögun platna

	A	B
A		E
		D
		C

Hluti	Í vatni g	Ybp. g	Bakki g	þurrt+ bakki, g	þurrt g	Rúmmál cm ³	Rúmþ. g/cm ³	Holrúm rm%
-------	--------------	-----------	------------	--------------------	------------	---------------------------	----------------------------	---------------

MHC, SL11 Durasplitt „venjulegt“ - Plata CV1

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)				2,545 g/cm ³	
Vatnshiti		23°C	Rúmþ.	0,9976 g/cm ³	

C	1426,0	2392,5	368,5	2754,1	2385,6	968,8	2,462	3,2
D	1468,4	2473,8	349,0	2815,0	2466,0	1007,8	2,447	3,9
E	1547,3	2595,4	345,1	2933,0	2587,9	1050,6	2,463	3,2
Meðaltal							2,457	3,4

MHC, SL11 Durasplitt „venjulegt“ - Plata CV1

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)				2,545 g/cm ³	
Vatnshiti		23°C	Rúmþ.	0,9976 g/cm ³	

C	1547,2	2607,3	348,1	2946,6	2598,5	1062,7	2,445	3,9
D	1366,6	2315,9	351,6	2661,0	2309,4	951,6	2,427	4,6
E	1568,7	2646,0	353,8	2991,4	2637,6	1079,9	2,442	4,0
Meðaltal							2,438	4,2

MHC, SL11 Durasplitt með 3% Sasobit - Plata CS1

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)				2,543 g/cm ³	
Vatnshiti		23°C	Rúmþ.	0,9976 g/cm ³	

C	1470,1	2455,2	348,4	2798,5	2450,1	987,5	2,481	2,4
D	1454,6	2421,0	348,6	2765,7	2417,1	968,7	2,495	1,9
E	1622,8	2712,5	347,8	3054,7	2706,9	1092,3	2,478	2,6
Meðaltal							2,485	2,3

MHC, SL11 Durasplitt með 3% Sasobit - Plata CS2

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)				2,543 g/cm ³	
Vatnshiti		23°C	Rúmþ.	0,9976 g/cm ³	

C	1390,5	2329,8	341,1	2665,6	2324,5	941,6	2,469	2,9
D	1447,1	2417,9	351,7	2764,7	2413,0	973,1	2,480	2,5
E	1435,9	2407,5	368,3	2770,6	2402,3	973,9	2,467	3,0
Meðaltal							2,472	2,8

Mesta rúmþyngd malbiks (teoretisk) er skv. mælingum Nýsköpunarmiðstöðvar.

Meðalholrúmd +/- 0 5% CV 4 0

Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

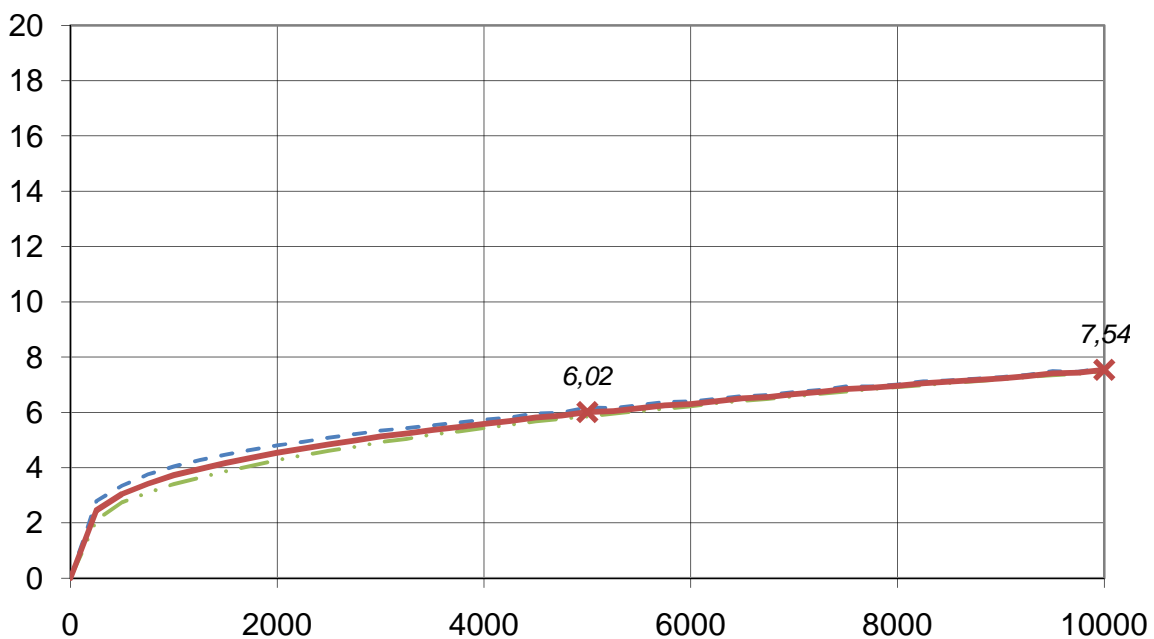
Sýni: SL11 Durasplitt „venjulegt“

Malbik framleitt í júní 2010; þjappað og prófað í nóvember s.á.

Aths.: Tæki stöðvaðist við próf á CV1 og er ferill því samsettur úr tveimur keyrslum.

Malbik		<i>Mælingar Nýsköpunarmiðstöðvar á malbikinu</i>			
Bik	þ%			5,5	Mæld
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³			2545	Mæld
Rúmpyngd biks	kg/m ³			1020	Gefin
Rúmpyngd steina	kg/m ³			2788	Reiknuð
Þjöppuð plata		<i>Vigtun og mælingar með skíðmáli</i>			<i>Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>		CV1	CV2	Meðaltal	
Þyngd plötu	kg	15,330	15,340		
Meðalþykkt	mm	53,0	53,3	53,2	
Rúmmál plötu	cm ³	6375	6382		
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2405	2404	2404	2457 2438
Reiknað holrúm	rm%	5,5	5,6	5,5	3,4 4,2
Hjólfarapróf við 45°C		<i>Upphaf sett á 0</i>			
		CV1	CV2	Meðaltal	
Sig við 5000 umferðir, mm		6,18	5,85	6,02	
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		7,61	7,47	7,54	
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		14,4	14,0	14,2	
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,286	0,324	0,305	

Sig í mm og umferðir



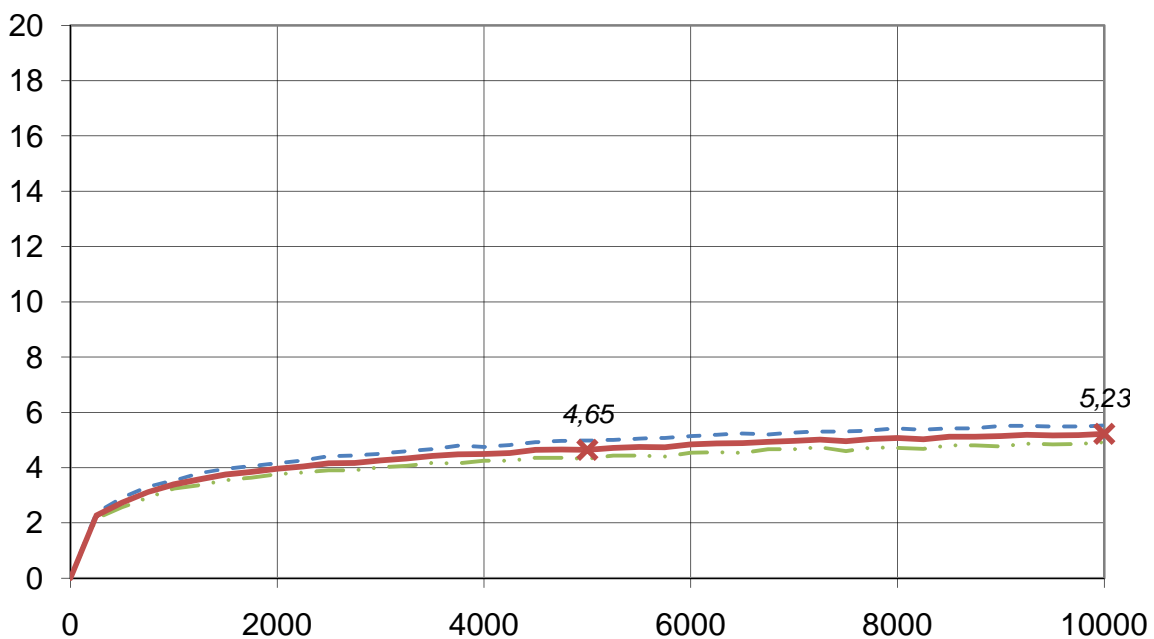
Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

Sýni: SL11 Durasplitt með 3% Sasobit
Malbik framleitt í júlí 2010; þjappað og prófað í nóvember s.á.

Aths.:

Malbik		<i>Mælingar Nýsköpunarmiðstöðvar á malbikinu</i>			
Bik	þ%	5,5 Mæld			
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2543 Mæld			
Rúmpyngd biks	kg/m ³	1020 Gefin			
Rúmpyngd steina	kg/m ³	2775 Reiknuð			
Þjöppuð plata		<i>Vigtun og mælingar með skíðmáli</i>			<i>Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>		CS1	CS2	Meðaltal	
Þyngd plötu	kg	15,380	15,360		
Meðalþykkt	mm	53,1	53,4	53,3	
Rúmmál plötu	cm ³	6371	6392		
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2414	2403	2409	2485 2472
Reiknað holrúm	rm%	5,1	5,5	5,3	2,3 2,8
Hjólfarapróf við 45°C		<i>Upphaf sett á 0</i>			
		CS1	CS2	Meðaltal	
Sig við 5000 umferðir, mm		4,98	4,32	4,65	
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		5,53	4,92	5,23	
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		10,4	9,2	9,8	
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,110	0,120	0,115	

Sig í mm og umferðir





SMA malbik frá Malbikunarstöðinni Höfða hf.

Plötur úr hjólfaraprófum: Rúmþyngd mæld í lofti og vatni

Plata var fyrst söguð þvert um miðju. Prófhloti A er sá helmingur sem var innar í þjöppu í upphafi. B er sá ytri. Prófhloti B var sagaður langs m.v. upphaflega plötu með 10 cm millibili. Hluti D er sá hluti sem var undir hjólfari í prófi.

Sögun platna

	A	B
A		E
		D
		C

Hluti	Í vatni g	Ybþ. g	Bakki g	þurrt+ bakki, g	þurrt g	Rúmmál cm ³	Rúmp. g/cm ³	Holrúm rm%
-------	--------------	-----------	------------	--------------------	------------	---------------------------	----------------------------	---------------

Malbikunarstöðin Höfði, SMA16 Ottersbo - Plata HO1

Mesta rúmp. malbiks (teor.)	2,573 g/cm ³		
Vatnshiti	23°C	Rúmp.	0,9976 g/cm ³

C	1541,0	2625,1	348,6	2954,2	2605,6	1086,7	2,398	6,8
D	1321,1	2266,9	368,9	2614,8	2246,0	948,1	2,369	7,9
E	1592,6	2699,7	353,3	3036,5	2683,2	1109,8	2,418	6,0
Meðaltal							2,395	6,9

Malbikunarstöðin Höfði, SMA16 Ottersbo - Plata HO1

Mesta rúmp. malbiks (teor.)	2,573 g/cm ³		
Vatnshiti	23°C	Rúmp.	0,9976 g/cm ³

C	1563,4	2653,7	341,5	2982,3	2640,8	1092,9	2,416	6,1
D	1418,8	2428,8	341,5	2746,9	2405,4	1012,4	2,376	7,7
E	1463,0	2489,4	348,7	2820,0	2471,3	1028,9	2,402	6,6
Meðaltal							2,398	6,8

Mesta rúmþyngd malbiks (teoretisk) er skv. mælingum malbikunarstöðvarinnar.

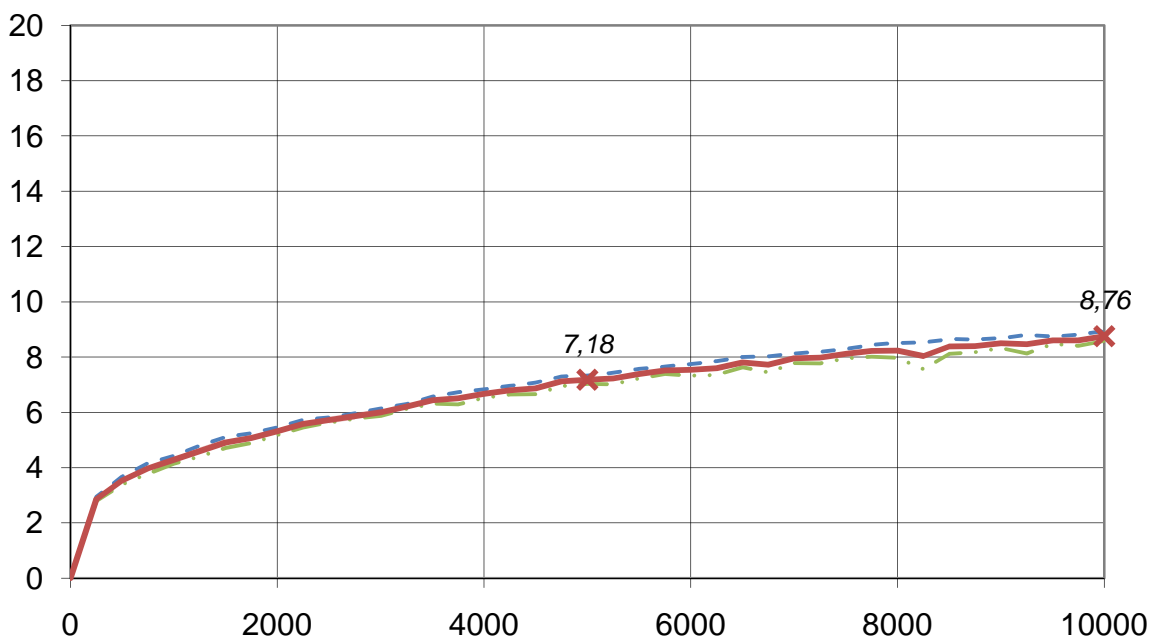
Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

Sýni: SMA16 Ottersbo frá Malbikunarstöðinni Höfða hf.
Malbik framleitt 1. júní 2010; þjappað og mælt í október og nóvember s.á.
Aths.: Tæki stöðvaðist við próf á HO2 og er ferill því samsettur úr tveimur keyrslum.

Malbik		<i>Mælingar Höfða á malbiki 2. júní.</i>			
Bik	þ%	5,5		Mæld	
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2573		Mæld	
Rúmpyngd biks	kg/m ³	1020		Gefin	
Rúmpyngd steina	kg/m ³	2822		Reiknuð	
Þjöppuð plata		<i>Vigtun og mælingar með skíðmáli</i>			<i>Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>		HO1	HO2	Meðaltal	
Þyngd plötu	kg	15,430	15,430		
Meðalþykkt	mm	55,6	55,6	55,6	
Rúmmál plötu	cm ³	6693	6693		
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2305	2305	2305	2395 2398
Reiknað holrúm	rm%	10,4	10,4	10,4	6,9 6,8

Hjólfarapróf við 45°C		<i>Upphaf sett á 0</i>		
		HO1	HO2	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm		7,33	7,03	7,18
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		8,94	8,58	8,76
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		16,1	15,4	15,8
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,322	0,310	0,316

Sig í mm og umferðir



Rúmpýngdir sívalninga sem þjappaðir voru vegna slitþolsmælinga - Prall

Mælingar fyrir sögun

Akureyri: SL16 Krossanes og Durasplitt - Höfði: SMA16 Ottersbo

Hlaðbær-Colas: SL11 Durasplitt venjulegt og með 3% Sasobit

Hiti vatns, °C		21							
Rþ vatns, g/cm ³		0,9981							
<i>Sívaln- ingur</i>	<i>Þurr- sýni g</i>	<i>Sýni í vatni g</i>	<i>Yþ. sýni g</i>	<i>Ryður vatni g</i>	<i>Rúm- mál cm³</i>	<i>Rúm- þyngd Mg/m³</i>	<i>Meðal- rúmp. Mg/m³</i>	<i>Rþ. malbiks* Mg/m³</i>	<i>Hol- rúm rm%</i>
A01	1296,1	798,2	1296,9	498,7	499,6	2,594			SL16 AK
A02	1293,1	795,7	1294,2	498,5	499,4	2,589			
A03	1294,7	798,4	1295,9	497,5	498,4	2,597	2,594	2,610	0,6
A04	1255,5	768,6	1259,5	490,9	491,8	2,553			SL16 AK
A05	1254,8	768,5	1257,2	488,7	489,6	2,563			
A06	1254,8	764,6	1257,9	493,3	494,2	2,539	2,551	2,610	2,2
A07	1278,6	780,7	1279,4	498,7	499,6	2,559			SL16 AD
A08	1280,6	781,7	1281,2	499,5	500,5	2,559			
A09	1281,4	782,4	1282,0	499,6	500,6	2,560	2,559	2,580	0,8
A10	1245,4	753,9	1247,5	493,6	494,5	2,518			SL16 AD
A11	1244,6	753,0	1246,5	493,5	494,4	2,517			
A12	1244,2	751,7	1246,0	494,3	495,2	2,512	2,516	2,580	2,5
C01	1265,2	762,9	1265,6	502,7	503,7	2,512			SL11 DV
C02	1264,6	763,1	1265,5	502,4	503,4	2,512			
C03	1266,5	764,1	1267,2	503,1	504,1	2,513	2,512	2,545	1,3
C04	1229,3	734,3	1230,9	496,6	497,5	2,471			SL11 DV
C05	1228,7	733,6	1230,5	496,9	497,8	2,468			
C06	1229,5	735,3	1231,4	496,1	497,0	2,474	2,471	2,545	2,9
C07	1266,3	765,6	1267,0	501,4	502,4	2,521			SL11 DS
C08	1265,1	765,2	1265,6	500,4	501,4	2,523			
C09	1264,8	765,3	1265,5	500,2	501,2	2,524	2,523	2,543	0,8
C10	1228,4	737,8	1230,8	493,0	493,9	2,487			SL11 DS
C11	1227,9	737,2	1229,8	492,6	493,5	2,488			
C12	1228,0	735,3	1230,0	494,7	495,6	2,478	2,484	2,543	2,3
H01	1277,3	778,9	1278,1	499,2	500,2	2,554			SMA16 Ot
H02	1273,6	776,8	1274,2	497,4	498,3	2,556			
H03	1279,0	779,1	1280,0	500,9	501,9	2,549	2,553	2,573	0,8
H04	1243,2	756,6	1244,3	487,7	488,6	2,544			SMA16 Ot
H05	1243,7	759,8	1244,9	485,1	486,0	2,559			
H06	1243,5	757,5	1244,8	487,3	488,2	2,547	2,550	2,573	0,9

Plötur úr hjólfaraprófum Rúmmálshluti efnispátta í sýnum

Mæld rþ sýnis kg/m ³	Reiknaðir rúmmálshlutar			
	Rm biks rm%	Rm steina rm%	Rm lofts rm%	Bikfylling (VFB)*

Akureyri, SL16 Krossanes: Bik 5,6%. - Rþ. malbiks (max) 2610 - Rþ. steina 2880 kg/m³

Plata AÓ1 - SL16 Krossanes	2395	13,1	78,6	8,2	61,5
Plata AÓ2 - SL16 Krossanes	2389	13,1	78,4	8,5	60,8

Akureyri, SL16 Durasplitt: Bik 4,5%. - Rþ. malbiks (max) 2580 - Rþ. steina 2780 kg/m³

Plata AP1 - SL16 Durasplitt	2391	10,5	82,1	7,3	59,0
Plata AP2 - SL16 Durasplitt	2351	10,4	80,8	8,9	53,9

MHC, SL11 Durasplitt venjulegt: Bik 5,5%. - Rþ. malbiks (max) 2545 - Rþ. steina 2788 kg/m³

Plata CV1 - SL11 Durasplitt	2457	13,2	83,3	3,5	79,3
Plata CV2 - SL11 Durasplitt	2438	13,1	82,6	4,2	75,8

MHC, SL11 Durasplitt m/Sasobit: Bik 5,3%. - Rþ. malbiks (max) 2543 - Rþ. steina 2775 kg/m³

Plata CS1 - SL11 Durasplitt m/Sasobit	2485	12,9	84,8	2,3	85,0
Plata CS2 - SL11 Durasplitt m/Sasobit	2472	12,8	84,4	2,8	82,1

Höfði, SMA16 Ottersbo: Bik 5,5%. - Rþ. malbiks (max) 2573 - Rþ. steina 2822 kg/m³

Plata HO1 - SMA16 Ottersbo	2395	12,9	80,2	6,9	65,1
Plata HO2 - SMA16 Ottersbo	2398	12,9	80,3	6,8	65,5

* Hundraðshluti biks í holrúmi steingrindar.

Slitþolsmælingar - Prall
Sýni þjöppuð á rannsóknastofu

Akureyri: SL16 Krossanes og Durasplitt - Höfði: SMA16 Ottersbo

Hlaðbær-Colas: SL11 Durasplitt venjulegt og með 3% Sasobit

<i>Malbiks-gerð og holrúm</i>	<i>Próf-sneið</i>	<i>Ybb fyrir g</i>	<i>Ybb eftir g</i>	<i>Efnis-tap g</i>	<i>Rúm-þyngd* Mg/m3</i>	<i>Prall gildi ml</i>	<i>Meðal Prall ml</i>
SL16AK 0,6 %rm	A01A	620,5	558,0	62,5	2,594	24	
	A01B	589,5	530,0	59,5	2,594	23	
	A02A	605,0	540,5	64,5	2,594	25	
	A02B	603,0	544,0	59,0	2,594	23	24
SL16AK 2,2 %rm	A04A	590,0	531,0	59,0	2,551	23	
	A04B	583,0	522,5	60,5	2,551	24	
	A05B	585,5	527,5	58,0	2,551	23	
	A06A	595,0	534,0	61,0	2,551	24	23
SL16AD 0,8 %rm	A07A	603,0	549,0	54,0	2,559	21	
	A08A	608,5	556,0	52,5	2,559	21	
	A08B	586,5	532,5	54,0	2,559	21	
	A09B	585,0	521,5	63,5	2,559	25	22
SL16AD 2,5 %rm	A10A	595,5	549,5	46,0	2,516	18	
	A11A	579,0	512,9	66,1	2,516	26	
	A11B	583,0	524,5	58,5	2,516	23	
	A12A	588,5	529,5	59,0	2,516	23	23
SL11 DV 1,3 %rm	C01A	600,5	546,5	54,0	2,512	21	
	C02B	577,5	522,0	55,5	2,512	22	
	C03A	607,5	551,5	56,0	2,512	22	
	C03B	574,5	525,3	49,2	2,512	20	21
SL11 DV 2,9 %rm	C04B	565,5	516,0	49,5	2,471	20	
	C05A	588,5	540,5	48,0	2,471	19	
	C06A	561,0	512,0	49,0	2,471	20	
	C06B	585,5	537,0	48,5	2,471	20	20
SL11 DS 0,8 %rm	C07A	602,5	551,0	51,5	2,523	20	
	C07B	580,0	529,5	50,5	2,523	20	
	C08A	608,0	553,5	54,5	2,523	22	
	C08B	573,0	522,5	50,5	2,523	20	21
SL11 DS 2,3 %rm	C10A**	584,0	539,5	44,5	2,484	18	
	C10B	561,5	514,0	47,5	2,484	19	
	C11A	587,0	535,5	51,5	2,484	21	
	C11B**	559,0	513,5	45,5	2,484	18	20
SMA16 Ot 0,8 %rm	H01B	601,0	569,5	31,5	2,553	12	
	H02B	583,0	544,0	39,0	2,553	15	
	H03A	588,0	557,5	30,5	2,553	12	
	H03B	607,5	571,0	36,5	2,553	14	13
SMA16 Ot 0,9 %rm	H04A	565,0	533,5	31,5	2,550	12	
	H04B	594,5	559,0	35,5	2,550	14	
	H05A	588,0	558,5	29,5	2,550	12	
	H05B	573,0	537,0	36,0	2,550	14	13

Slitþolsmælingar - Prall

Sýni þjöppuð á rannsóknastofu

Akureyri: SL16 Krossanes og Durasplitt - Höfði: SMA16 Ottersbo

Hlaðbær-Colas: SL11 Durasplitt venjulegt og með 3% Sasobit

Malbiks- gerð og holrúm	Efnis- tap g	Rúm- þyngd* Mg/m ³	Meðal Prall ml
SL16AK hm 0,6 %rm	61,4	2,594	24
SL16AK hm 2,2 %rm	59,6	2,551	23
SL16AD hm 0,8 %rm	56,0	2,559	22
SL16AD hm 2,5 %rm	57,4	2,516	23
SL11 DV hm 1,3 %rm	53,7	2,512	21
SL11 DV hm 2,9 %rm	48,8	2,471	20
SL11 DS hm 0,8 %rm	51,8	2,523	21
SL11 DS hm 2,3 %rm (Aðeins tvær sneiðar)	49,5	2,484	20
SMA16 Ot hm 0,8 %rm	34,4	2,553	13
SMA16 Ot hm 0,9 %rm	33,1	2,550	13

* Rúmþyngd er meðaltal sívalninga fyrir sögun, ekki hverrar sneiðar fyrir sig.

