

Áhrif bikgerðar (PG)

á slit- og skriðeiginleika malbiks

Arnþór Óli Arason
Pétur Pétursson

Efnisyfirlit

1 Inngangur	3
2 Um hjólfaratæki og Prall.....	4
2.1 Skriðmælingar	4
2.2 Slitmælingar	4
3 Prófböndur: Undirbúningur og mælingar	6
3.1 Böndun malbiks.....	6
3.2 Rúmmálsreikningar	7
4 Hjólfarapróf.....	8
4.1 Yfirlit	8
4.2 SL16 Seljadalur	8
4.3 SMA16 Seljadalur	10
4.4 Samanburður á SL16 og SMA16 Seljadal	10
4.5 Samanburður við fyrri mælingar	12
5 Slitþolspróf - Prall.....	13
5.1 Yfirlit	13
5.2 Mælingar	13
6 Lokaorð	14
Heimildir:	16

1 Inngangur

Í þessu verkefni voru gerðar malbiksblöndur með mishörðu biki á Nýsköpunarmiðstöð Íslands og mæld hjólfaramyndun og slit í rannsóknatækjum stofnunarinnar. Verkefnið fékk rannsóknastyrk frá Vegagerðinni 2010 og var unnið þá um haustið og fram á vetur 2011.

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

„Stutt lýsing á verkefninu:

Verkefnið snýr að rannsóknum á áhrifum bikgerðar á annars hefðbundnar íslenskar malbiksgerðir hvað varðar skrið- og sliteiginleika. Með tilkomu nýrra prófunarstaðla og tækjabúnaðar á NMÍ er unnt að mæla þessa eiginleika á samsettum malbiksblöndum samkvæmt uppskriftum framleiðenda og hafa þar með einu breytuna vera bikgerð í hverri malbiksgerð. Bikgerðirnar sem um ræðir eru PG (PavingGrade eða stungudýpt) 70/100, 110/150 og 160/220, en bikgerðin sem liggur á milli yrði blönduð úr hinum tveimur sem eru mýkri og harðari. Prófaðir verða skrið- og sliteiginleikar hefðbundinna slitlagsgerða með þrenns konar hörku biks, s.s. SL16 með Seljadal, SL16 með Durasplitt, SMA16 með Seljadal og SMA16 með Durasplitt. Til að unnt verði að bera saman malbiksgerðir, sem eru eins að öllu leyti nema PG biksins, þarf að setja steinefni sýnanna saman í réttum hlutföllum á rannsóknastofu. Síðan þarf að hita steinefnið upp og blanda heitu biki í samkvæmt uppskrift og við uppgefið hitastig fyrir viðkomandi bikgerð og þjappa svo í „RollerCompactor“ þjöppunni. Allt undirbúningsferlið og sýnagerðin sjálf, er afar tímafrekt og vandasamt verk, þar sem í hverja plötu í hjólfarapróf (tvö hlutasýni) þarf u.þ.b. 16 kg af tilbúnu malbiki (miðað við 50 mm þykkt). Að auki þarf aukaplötu til að saga úr sýni fyrir slitpolsprófið þannig að fyrir hverja breytu (bikgerð og malbiksgerð) þarf að útbúa u.þ.b. 50 kg af malbiki. Alls má því áætla að útbúa þurfi sýni til prófana úr u.þ.b. 600 kg af malbiki.

Tilgangur og markmið:

Tilgangur verkefnisins er að rannsaka áhrif stungudýptar malbiks, þar með talinni stungudýpt sem ekki hefur verið í notkun hérlendis, á skrið- og sliteiginleika malbiks. Markmiðið er að kanna hvort afgerandi munur komi fram í skrið- og sliteiginleikum malbiksgerða eftir bikgerð, mælt með hjólfaraprófi (ÍST EN 12697-22) og Prall slitpolsprófi (ÍST EN 12697-16). Ef svo reynist er ástæða til að endurskoða kröfur um stungudýpt biks sem notað er á umferðarmikla vegi, hvort heldur er um að ræða SL eða SMA malbik.“

Verkefnisvinnan:

Eins og kom fram í umsókninni var verkefnið umfangsmikið og rannsóknastofuvinna tímafrek. Það fór því svo að einungis voru gerðar tilraunir með malbik með hreinu steinefni úr Seljadal, en ekki Durasplitt. Prófblöndur voru gerðar bæði með SL16 og SMA16 malbiki, notað var bik með stungudýpt PG 70/100 og 160/220 í báðar gerðir, bæði vegna hjólfaraprófa og slitmælinga. Blandað bik var aðeins notað í plötur til hjólfaraprófa af SL16 Seljadal. Sívalningar til slitmælinga voru þjappaðir í snúðþjöppu, en ekki boraðir úr plötum. Skammstafanir fyrir þær blöndur sem voru útbúar koma fram í töflu 1.1.

Verkefnisstjóri hjá Nýsköpunarmiðstöð var Pétur Pétursson, forstöðumaðursteinefna- og vegtæknideildar og Arnþór Óli Arason, jarðfræðingur á sömu deild sá um blöndur og próf og úrvinnslu gagna.

Starfsmenn malbikunarstöðvanna voru mjög hjálplegir við útvegum sýna af steinefnum og biki og við ráðgjöf.

Tafla 1.1: Skammstafanir notaðar í töflum.

SL16M	SL16 með biki, 160/220 (mjúku)
SL16B	SL16 með biki, 70/100:160/220 = 1:1
SL16H	SL16 með biki, 70/100 (hörðu)
SMA16M	SMA16 með biki, 160/220 (mjúku)
SMA16H	SMA16 með biki, 70/100 (hörðu)

Mest samband var haft við Halldór Torfason og Elínu Ásgeirsdóttur hjá Höfða og Sigþór Sigurðsson og Jón Smára Sigursteinsson hjá Hlaðbæ-Colas.

2 Um hjólfaratæki og Prall

2.1 Skriðmælingar

Skriðpróf í hjólfaratæki eru hér gerð samkvæmt Evrópustaðli ÍST EN 12697-22¹, 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).² 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.

Hjólfaraækið er í lokuðum hitastýrðum skáp. Malbiksplötunni er komið fyrir í skápnum og látin ná prófunarhita. Í prófinu er gúmmihjólí, 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}	Hjólfaradýpt eftir 5 000 umferðir, mm
d_{10000}	Hjólfaradýpt eftir 10 000 umferðir, mm
WTS_{AIR}	Hallatala; $(d_{10\ 000} - d_{5\ 000})/5$
PRD_{AIR}	Hjólfaradýpt sem % af sýnisþykkt
RD_{AIR}	Hjólfaradýpt eftir tiltekinn fjölda 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.³

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 12697-16,⁴ 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 ± 2 mm þykk ásamt 40 stálkúlum sem eru 11,5 mm í þvermál. Á hólkinn er sett lok sem leyfir vatnsstreymi yfir sýnið, 2 l/mín af $5 \pm 1^\circ\text{C}$ vatni. Tækið hristir síðan hólkinn upp og niður, 950 sveiflur/mínútu í 15 mínútur og er slaglengdin 43 mm.

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 kælikáp 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 $5,0\text{--}5,5^\circ\text{C}$ í febrúar 2011 og er það innan vikmarka.

Í þessari rannsókn voru prófuð sýni sem voru þjöppuð á rannsóknastofu. Til þess var notuð snúðþjappa (gyratory compactor).⁵ Fyrir hverja prófsýrpu voru gerðir þrír um það bil 65 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.

Mynd 2.1 sýnir tækin sem um ræðir.



Mynd 2.1: Tækjabúnaður á Malbikssetri Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands.

3 Próflöndur: Undirbúningur og mælingar

3.1 Blöndun malbiks

Mýkra bindiefnið, stungudýpt PG 160/200, fékkst hjá Hlaðbæ-Colas, en það harðara, 70/100, hjá Malbikunarstöðinni Höfða.

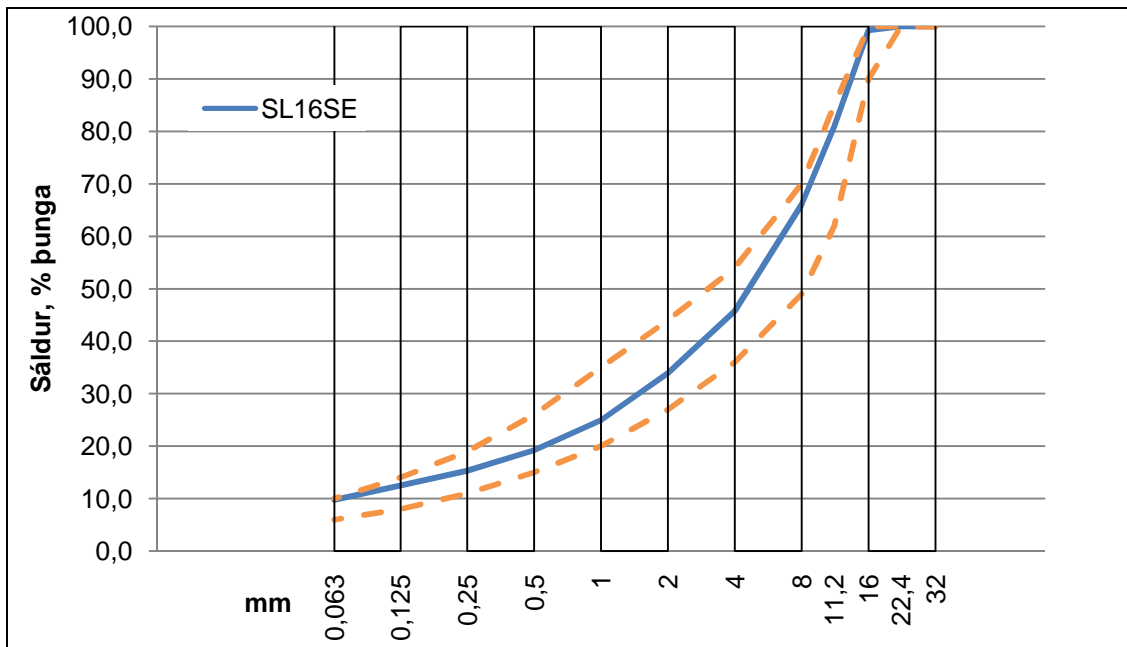
Seljadalssteinefni var sótt til Malbikunarstöðvarinnar Höfða í stærðarflokkunum salli 0-8, perla 8-11 og perla 11-16 mm. Fyrir SL16 malbikið var gerð steinefnablanda í hlutföllunum salli 8 : perla 11 : perla 16 = 60 : 20 : 20. Þessi blanda var sígtuð í stærðarflokkana 16-32; 11,2-16; 8-11,2; 4-8 og < 4 mm. Var það gert til þess að nákvæmari stjórn væri á vigtunum í raunblöndurnar. Kornadreifing malbiksins var innan marka fyrir SL16, en e.t.v. heldur í fínni kantinum. Bindiefni var 5,8% af heildarþunga í öllum blöndum, óháð stungudýpt biksins.

Tafla 3.1. Reiknuð kornadreifing.

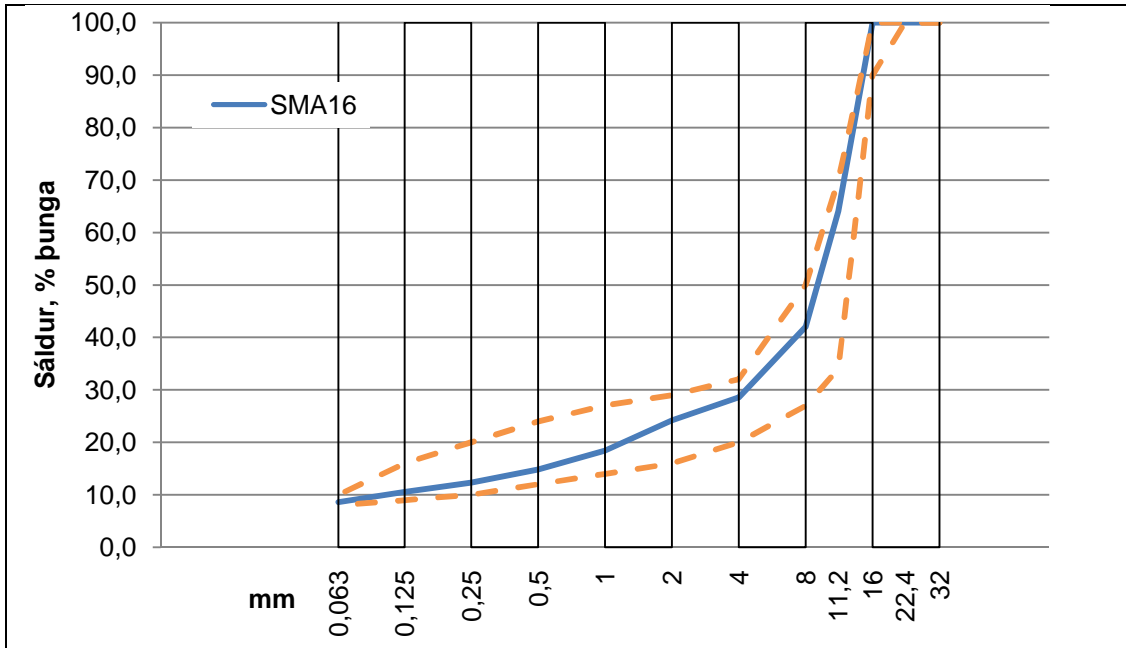
mm	SL16	SMA16
22,4	100	100
16	99	100
11,2	81	64
8	66	42
4	46	29
2	34	24
1	25	18
0,5	19	15
0,25	15	12
0,125	13	11
0,063	9,8	8,6

Í steinefnablöndum SMA16 malbiksins var fyrst útbúin gróf grunnblanda og hún síðan sígtuð en aukaskammtar teknir vegna fínefna. Stærðarflokkarnir voru þeir sömu og áður ofan við 4 mm, en síðan 2,4-4 mm; <2,4 mm og að auki <0,063 mm. Var þá tiltölulega auðvelt að fá kornadreifingu innan marka SMA16. Bindiefni var 6,2% af heild óháð stungudýpt biksins og trefjar til að hemja það 0,34% heildar.

Reiknuð kornadreifing er í töflu 3.1 og ferlar er sýndir á myndum 3.1 og 3.2 ásamt markalínunum úr leiðbeiningum Vegagerðarinnar frá 2009.⁶



Mynd 3.1. Sáldurferill SL16 og mörk í leiðbeiningum Vegagerðarinnar.



Mynd 3.2. Sáldurferill SMA16 og mörk í leiðbeiningum Vegagerðarinnar.

Malbik var blandað í Hobart hrærivél. Í hverja plötu vegna hjólfaraprófa þarf um 15,5 kg malbiks. Það er of mikið fyrir hrærivélina og var því hrært í hálfu plötu í senn. Aðferðin var þannig að steinefni var vigtað í fjórar hrærur, það sett í blikkfötur og þær hafðar í ofni yfir nótt við um 160 °C. Í annan ofn var sett bik við 150 °C. Að morgni var steinefnið vegið og þyngdin stemmd af með aukaskammti sem var í ofninum. Þurrblandan var hrærð í 60 s á hraðastillingu 1 og með trefjum í SMA malbikinu. Skálin var tekin af hrærivélinni og bikinu bætt í hana. Slitlagsmalbikið (SL) var í fyrstu hrært í 60 s, en steinríka malbikið (SMA) í 75 s á hraðastillingu 2. Skálin var síðan tekin úr hrærivélinni og skafin til að tryggja góða blöndu niður á botn. Þá var aftur hrært í 60 / 75 s. Malbikið var sett í blikkfötur, tvær og tvær hrærur, og föturnar hafðar í ofni við 160°C í a.m.k. fjóra tíma. Plötumótin sem malbik er þjappað í voru höfð í ofni við 105°C í a.m.k. klukkutíma, þau síðan tekin út, klædd bökunarpappír, malbik vegið í þau og þjappað. Stefnt var að 5 cm þykkum plötum, en þykktin varð heldur meiri í raun.

Malbikshræra vegna Prall sýna var tæplega 8,5 kg og undirbúningur og blöndun eins og á malbikinu í plöturnar. Tvær hrærur voru gerðar á einum morgni, önnur með mýkra bikinu en hin með því harðara. Hvor hræra var sett í stóra blikkfötu og í ofn strax eftir blöndun, en að h.u.b. tveimur tímum liðnum tekið frá efni í skálar í sex sívalninga. Þjöppun í snúðþjöppu hófst þegar malbikshiti var á bilinu 130 – 140°C. Sívalningar eru 100 mm að þvermáli og 65 mm háir. Í SL16 malbiki voru gerðir þrjár sívalningar með heildarholrýmd 3 rm% og þrjár með 6 rm%. Í SMA16 malbikinu var holrýmd 4 og 8 rm%. Þessar holrýmdartölur miðast við ytri stæðir sívalninganna þ.e. með yfirborðsholum sem ekki mælast þegar rúmmál er mælt með vigtunum í lofti og vatni.

3.2 Rúmmálsreikningar

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

hver plata söguð um þvert og annar helmingurinn í 10 cm breiða kubba. Rúmþyngd þeirra var fundin með vigtunum í lofti og vatni. Lítil en merkjanlegur munur var yfirleitt á rúmþyngd kubbsins undir hjólfari og á hliðarkubbunum. — Rúmþyngdir byggðar á heildarrúmmáli eru á niðurstöðublöðum hjólfaraprófa. Niðurstöður mælinga á sögðum kubbum eru á síðum 1 og 2 í viðauka. Kemur þar fram að holrúm í SL16 var nær það sama í í öllum plötunum eða á bilinu 1,7-2,1%. Í SMA16 var holrúm heldur hærra eða 3,3-4,3%.

Rúmþyngd sívalninga vegna Prall var mæld í lofti og vatni fyrir sögun. Niðurstöður mælinga eru á síðu 3 í viðauka.

Mæld var mesta rúmþyngd malbiks (max, teoretísk) á SL16 malbiki. Notuð voru sýni úr plötum eftir hjólfarapróf. Meðaltal þriggja sýna var 2683 kg/m^3 og þar sem bik með eðlisþyngd 1020 kg/m^3 var 5,8 þ%, reiknast rúmþyngd steinefna 2982 kg/m^3 . Frá þessum tölum mátti finna mestu rúmþyngd SMA malbiks með 6,2 þ% biki og reiknaðist hún 2664 kg/m^3 . Var holrúm sýna og önnur rúmmálshlutföll reiknuð frá þessum tölum. Yfirlit um þá útreikninga er á síðu 4 í viðauka.

4 Hjólfarapróf

4.1 Yfirlit

Allt malbik var blandað á rannsóknastofu. Prófuð voru þrjú sett af malbiki SL16 með Seljadalsefni. Eitt sett var með biki PG 160/220, annað með 70/100 og það þriðja með blöndu þessara bikgerða í jöfnum hlutföllum. Af SMA16 voru prófuð tvö sett, annað með biki PG 160/220 og hitt með 70/100.

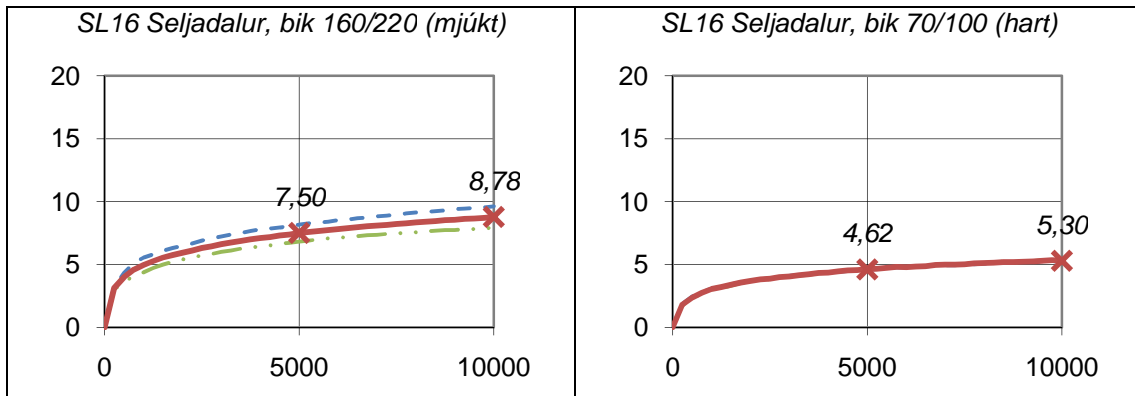
4.2 SL16 Seljadalur

Yfirlit mælinga eru í töflu 4.1 og einfölduð línurit eru á myndum 4.1 og 4.2. Nánari upplýsingar eru á síðum 5-7 í viðauka. 1,7 mm munur er á hjólfaradýpt hlutasýna með 160/220 bikinu, en mjög lítil eða um og innan við 0,1 mm í hinum.

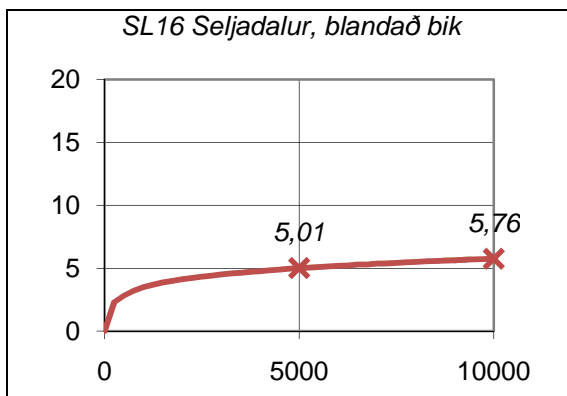
Áberandi munur er á hjólfaradýpt og hallatölu mjúka (160/220) biksins og þess harða (70/100). Hjólför í fyrrnefnda sýninu voru 8,8 mm, en 5,3 mm í síðarnefnda, sjá mynd 4.1. Hjólfaradýpt í sýninu með blandbikinu (1:1) var 5,8 mm og því mun nær því harða en mjúka, sjá mynd 4.2. Það sést einnig á hallatölunni að blandaða bikið er mun nær því harða varðandi skriðeiginleika, en dýpkun á hverjum 1000 umferðum á síðustu 5000 umferðunum er 0,25 í því mjúka, 0,15 í blandbikinu og 0,14 í því harðara.

Tafla 4.1: SL16 Seljadalur – Hjólfrapróf.

Malbik	Steinefni Gerð Bindiefni	Seljadalur		
		SL16 160/220	SL16 bland	SL16 70/100
Bik	b%	5,8	5,8	5,8
Rúmp. malbiks, (max, teoretisk)	kg/m ³	2683	2683	2683
Pjöppuð plata	Meðalþykkt	50,9	51,4	52,2
Mæl. með rennimáli	Rúmpyngd	2572	2550	2514
	Holrúm	4,2	5,0	6,3
Í lofti og vatni	Rúmpyngd	2634	2632	2632
	Holrúm	1,8	1,9	1,9
Hjólfrapróf við 45°C				
Sig við 5000 umferðir, mm		7,50	5,01	4,62
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		8,78	5,76	5,30
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		17,2	11,2	10,2
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,255	0,150	0,138



Mynd 4.1: SL16 Seljadalur, mjúkt og hart bik – Hjólfrapróf – Sig (mm) og umferðir.



Mynd 4.2: SL16 Seljadalur, blandbik – Hjólfrapróf – Sig (mm) og umferðir.

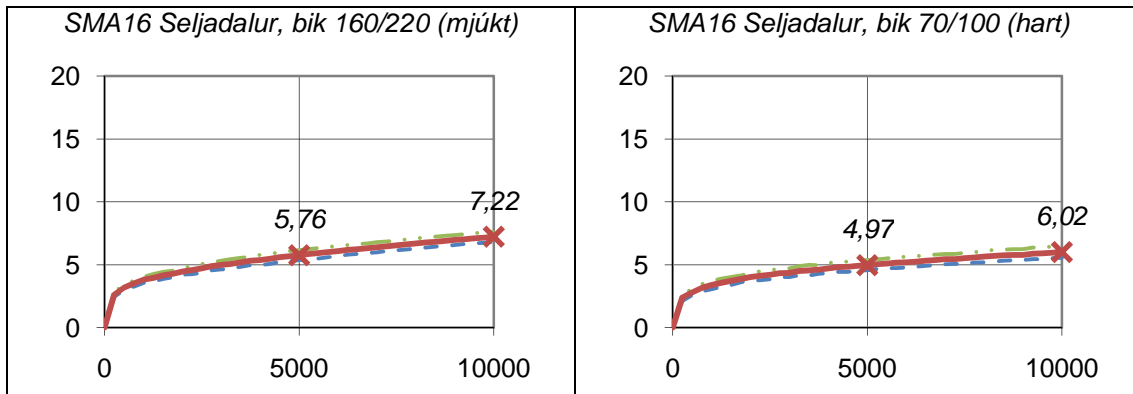
4.3 SMA16 Seljadalur

Yfirlit mælinga er í töflu 4.2 og einfölduð línurit eru á mynd 4.3. Nánari upplýsingar eru á síðum 8 og 9 í viðauka. Hér eru meðaltöl hjólfaradýptar en munur á milli hlutasýna var innan við 1 mm.

Eins og við var að búast mældist hjólfardýpt sýna með mýkra bikinu meiri en í því stífara eða 7,2 mm á móti 6,0 eftir 10000 umferðir. Það er ekki mikill munur, en hallatalan (dýpt á hverjum 1000 umferðum á síðustu 5000 umferðunum) er 0,29 í því mýkra og 0,21 í því stífara og hefði munur dýptar aukist með fleiri umferðum.

Tafla 4.2: SMA16 Seljadalur – Hjólfarapróf.

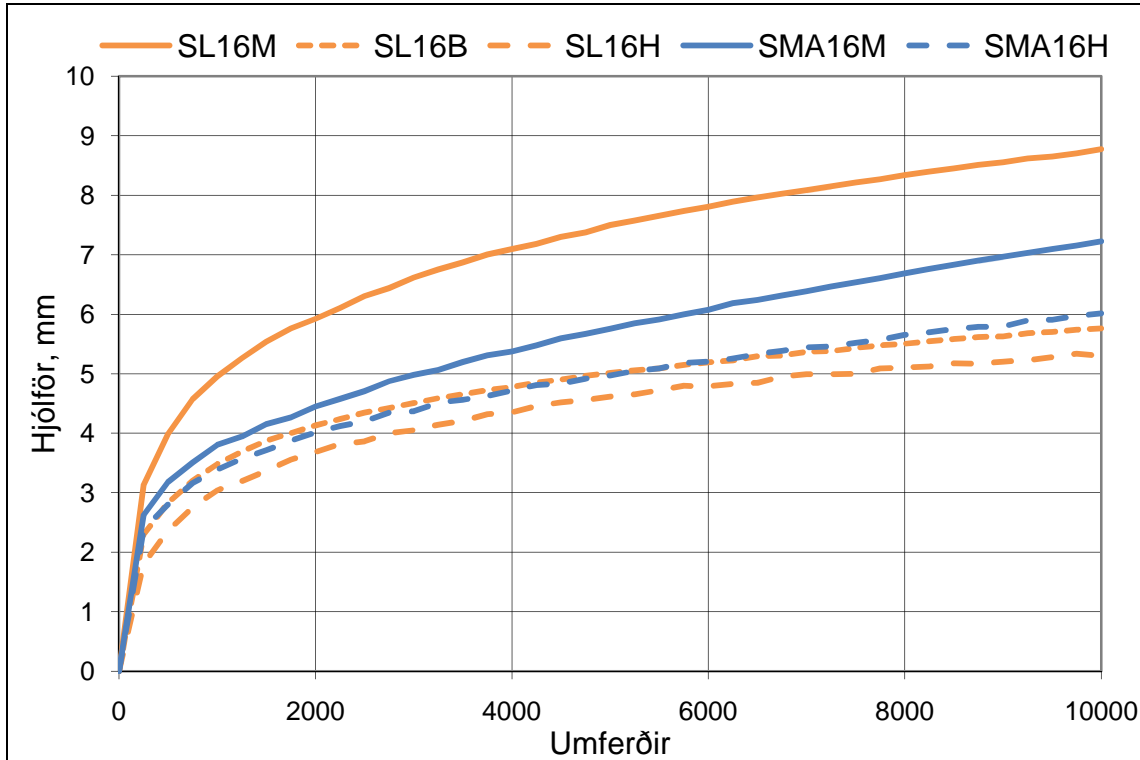
Malbik	Steinefni Gerð Bindiefni	Seljadalur	
		SMA16 160/220	SL16 70/100
Bik	p%	6,2	6,2
Rúmp. malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2664	2664
Þjöppuð plata	Meðalþykkt mm	52,8	53,4
Mæl. með rennimáli	Rúmpyngd kg/m ³	2465	2445
	Holrúm rm%	7,5	8,2
Í lofti og vatni	Rúmpyngd kg/m ³	2563	2558
	Holrúm rm%	3,7	3,9
Hjólfarapróf við 45°C			
Sig við 5000 umferðir, mm		5,76	4,97
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		7,23	6,02
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		13,7	11,3
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,294	0,209



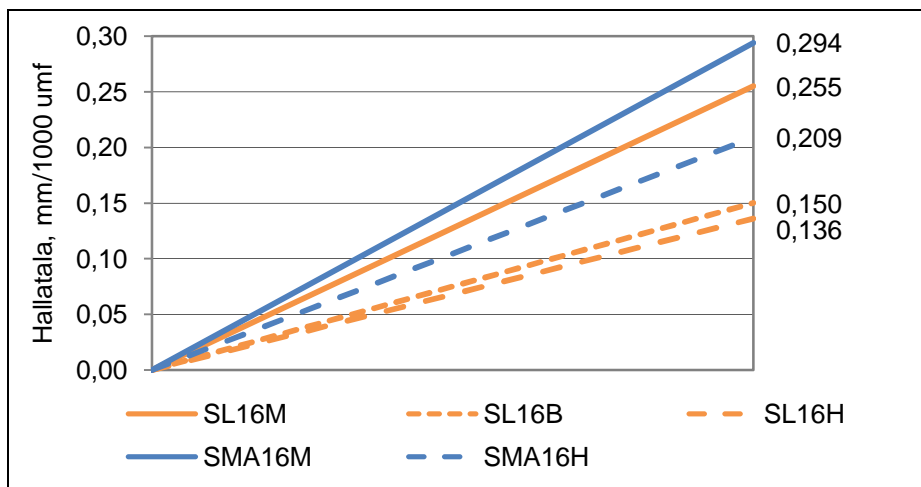
Mynd 4.3: SMA16 Seljadalur, hart og mjúkt bik – Hjólfarapróf – Sig (mm) og umferðir.

4.4 Samanburður á SL16 og SMA16 Seljadal

Yfirlit allra mælinga úr hjólfaratæki eru sýnt á mynd 4.4. Þar kemur vel fram munur á blöndum með biki 160/200 (mjúku) og hörðu (70/100) í báðum malbiksgerðum. Einnig sést vel að halli ferla í malbiki með mýkra bikinu er meiri en í þeim með því harðara og reyndar einnig í SL16 með blandbikinu sem áður hefur verið minnst á. Á mynd 4.5. er sýndur munur á hallatölum (dýpt á hverjum 1000 umferðum á síðustu 5000 umferðunum) með myndrænum hætti.



Mynd 4.4: Mælingar úr hjólfaratæki. Allar rannsóknastofublöndur með Seljadalsefni.



Mynd 4.5: Hallatölur úr hjólfaraprófi.

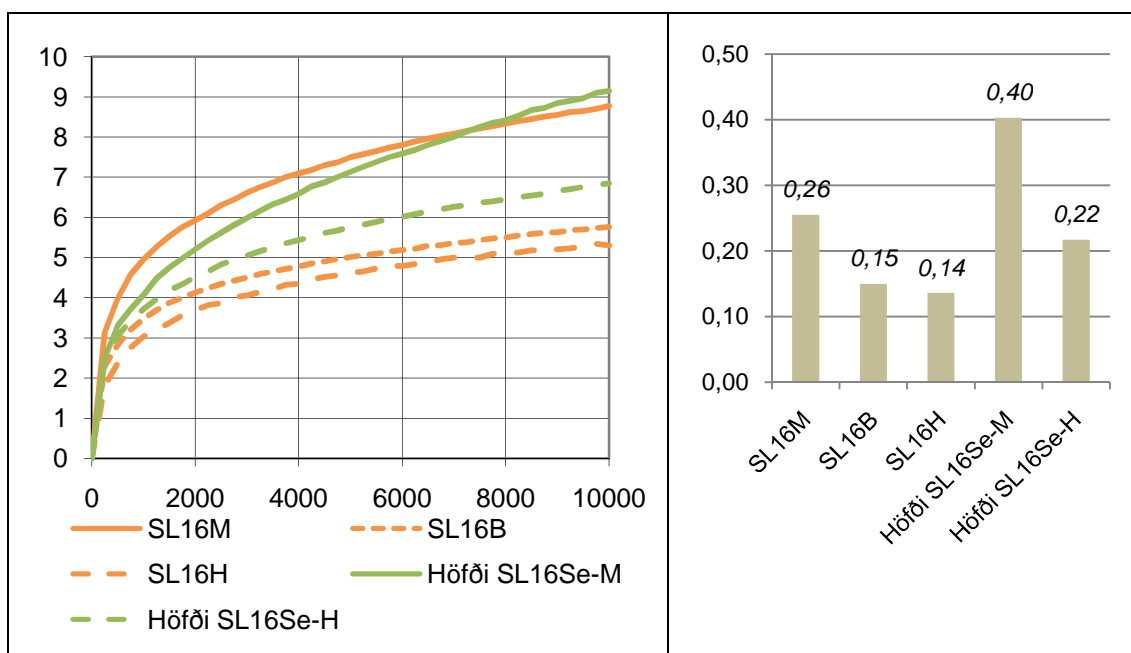
Á myndum 4.4 og 4.5 má sjá það helsta sem kom fram í hjólfarprófum á þessum rannsóknastofublöndum. Skrið er meira í sýnum með mjúku biki en hörðu eins og við var að búast. Skrið mældist minna í SL16 með mjúku biki en SMA16 og var munurinn 1,5 mm. Því var öfugt farið í harðara bikinu en þar var munurinn reyndar aðeins 0,7 mm sem er varla marktækt. Hallatalan er hærri í sýnum með mjúku biki en hörðu eins og ætla mátti. Hún var hærri í báðum gerðum SMA malbiks en í samsvarandi gerðum SL malbiks.

Þessi munur endurspeglar að nokkru mismunandi uppbyggingu steinefnagrindarinnar í malbiksgerðunum. Kornadreifing tilraunablandnanna var innan kröfumarka í leið-

beiningum Vegagerðarinnar og bindiefni var eðlilegt. Það getur engu að síður verið að dálítið hnik á kornadreifingu eða bindiefnismagni gæti breytt niðurstöðum að nokkru.

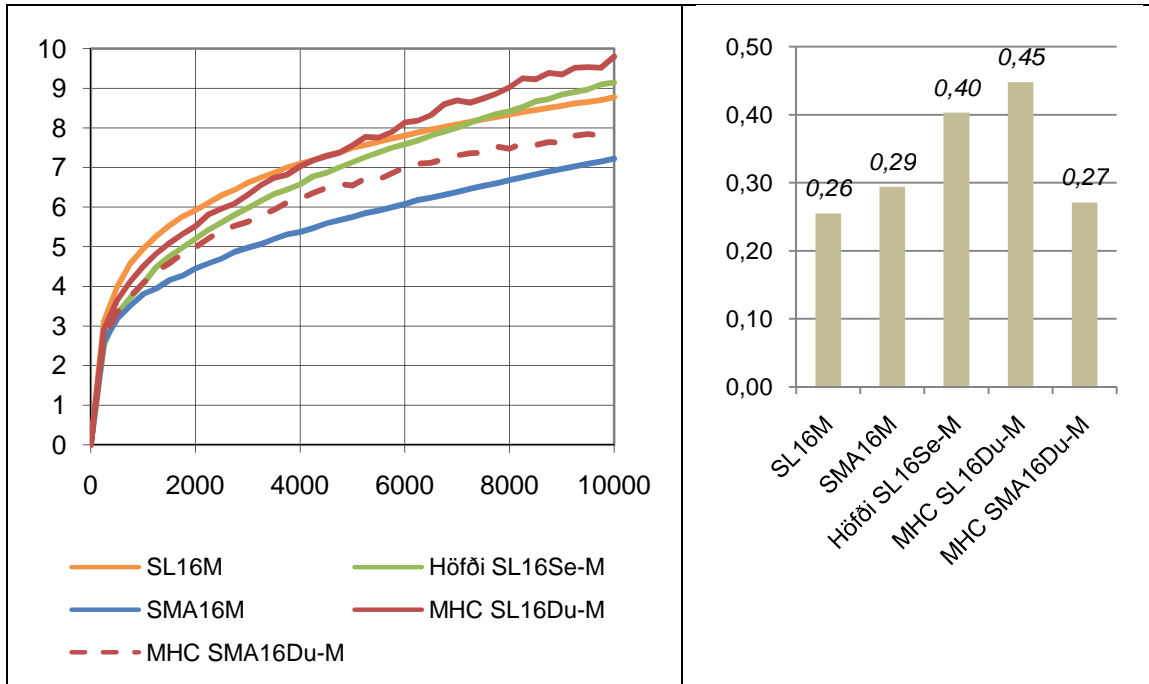
4.5 Samanburður við fyrri mælingar

Í rannsóknaverkefnum sem unnið var að veturinn 2009-10 var m.a. prófað SL16 malbik með mishörðu biki og Seljadalsefni og einnig SL16 og SMA16 malbik með Durasplitt steinefni.⁷ Seljadalsmalbikið var frá Höfða, en það með Durasplitt frá Hlaðbæ-Colas. Á mynd 4.6 eru teiknaðir ferlar úr hjólfaraprófum á SL16 Seljadalsmalbiki úr þessari rannsókn og aðsendum sýnum frá 2009. Á mynd 4.7 eru ferlar úr prófum á SL16 og SMA16 malbiki með mjúku biki. Er þetta birt til fróðleiks, en hafa verður í huga að kornadreifing og bikinnihald sýnanna er mismunandi.



Mynd 4.6

Hjölför og hallatala sýna með SL16 Seljadalsmalbiki úr þessu verkefni og fyrra.



Mynd 4.7:

Hjölför og hallatala í sýnum með mjúku biki, 160/220 úr þessu verkefni og fyrra.

5 Slitpolspróf - Prall

5.1 Yfirlit

Sýni til slitpolsprófa voru gerð úr fjórum gerðum malbiks þ.e. SL16 og SMA16 Seljadal, bæði með mjúku (160/200) biki og hörðu (70/100). Af hverri gerð voru sýni mismikið þjöppuð þannig að holrýmd féll í tvo flokka. Niðurstöður slitpolsmælinganna fóru því í átta flokka.

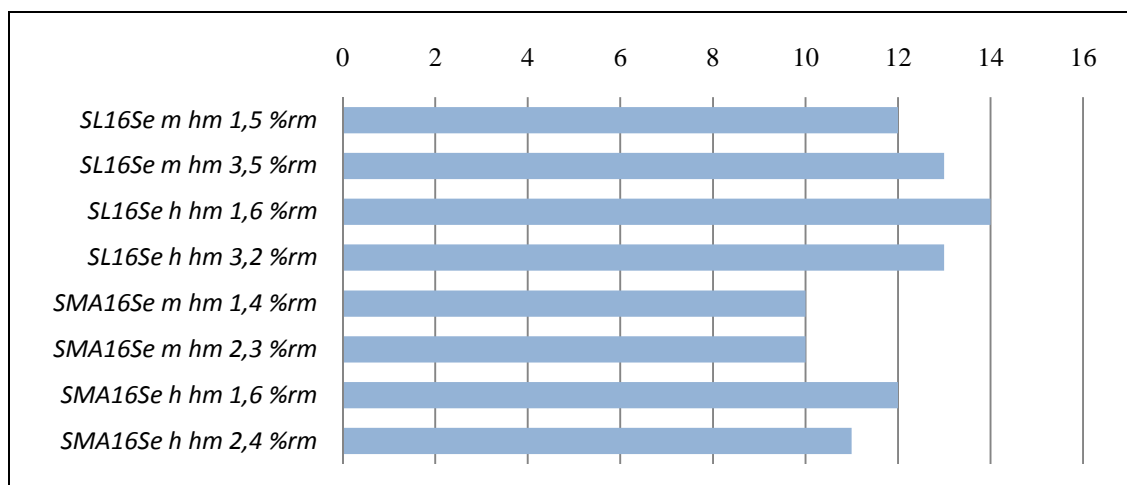
5.2 Mælingar

Samandregnar niðurtöður eru sýndar í töflu 5.1 og á mynd 5.1. Nánari sundurliðun er á síðum 10 og 11 í viðauka. Slit mælist lágt í öllum sýnum eða á bilinu 10-14 ml. Samkvæmt norskum kröfum eru almennar kröfur um hámarksslitpol Prall á umferðarmestu vegum 22 ml, en þó má gera strangari kröfur þar sem álag er sérstaklega mikið.⁸

Tafla 5.1: Seljadalur – Slitþol Prall.

Malbiksgerð og holrúm	Efnis- tap g	Rúm- þyngd Mg/m³	Meðal Prall ml
SL16Se m hm 1,5 %rm	32,8	2,642	12
SL16Se m hm 3,5 %rm	32,8	2,588	13
SL16Se h hm 1,6 %rm	35,8	2,641	14
SL16Se h hm 3,2 %rm	35,0	2,596	13
SMA16Se m hm 1,4 %rm	26,6	2,626	10
SMA16Se m hm 2,3 %rm	26,9	2,602	10
SMA16Se h hm 1,6 %rm	30,3	2,622	12
SMA16Se h hm 2,4 %rm	27,5	2,600	11

h = með biki 70/100; m = með biki 160/220



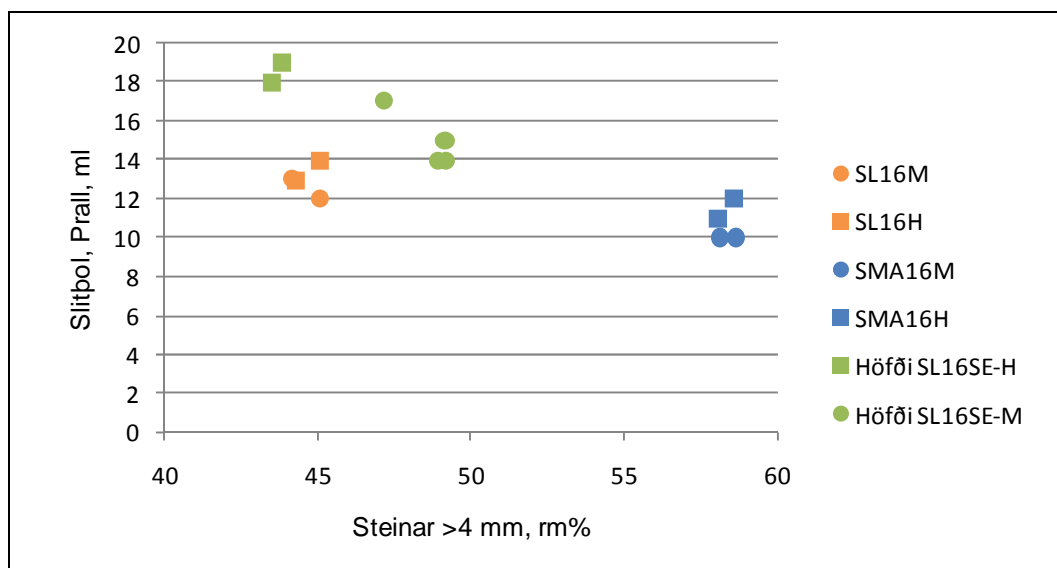
Mynd 5.1: Seljadalur – Slitþol Prall, ml.

Fyrir utan lág gildi kemur hér fátt á óvart. SL16 slitnar heldur meira en SMA16, en steinefni yfir 4 mm eru 54% í því fyrrnefnda, en 71% í því síðarnefnda og er þá miðað við þyngd steinefna. Sýnin með mýkra bikinu slitna minna en þau með því harðara. Skýringin gæti legið í því að harða bikið verði stökkara en það mjúka í 5°C heitu vatninu. Holrýmnd hefur ekki mikil áhrif í þessum sýnum, en mesta holrýmnd var reyndar aðeins 3,2% og sýnin því allþétt.

Í fyrra verkefni var prófað SL16 Seljadalsmalbik frá Malbikunarstöðinni Höfða. Í sýnum með mýkra bikinu mældust Prallgildin á bilinu 14-17 ml, mest í sýni með holrýmnd 4,1%. Þétt sýni með harðara biki voru með Prall gildi 18 og 19 ml. Hlutur korna yfir 4 mm var 57% af þyngd steinefna í því með mýkra bikinu en 52 % í því með harðara.⁹

Reikna má rúmmál steinefna yfir 4 mm í malbikinu í prófsneiðunum út frá mælingum á malbikinu. Það hefur verið gert og til einföldunar er reiknað með sömu kornarúmþyngd steinefna á öllum sáldurferlinum. Slíkir útreikningar eru sýndir á mynd 5.2. Þar má sjá að sýni með harða bikinu slitnar heldur meira en þau með því mjúka í prófunum þessa verkefnis og finna malbikið meira en það grófa. (Bláu og rauðgulu

merkin.) Í sýnunum úr malbikunarstöðinni í fyrra verkefni, er erfitt að segja um hvort rúmmálshlutfall korna yfir 4 mm hafi haft meiri áhrif á slitid en það hvort bindiefnið var mjúkt eða hart. (Grænu merkin.)



Mynd 5.2: Seljadalur – Slitþol Prall, ml og rúmmál > 4 mm í sýnum.

6 Lokaorð

Ekki er enn komin löng reynsla af hjólfaraprófum og slitþolsmælingum í tækjum Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands og gagnasafnið því ekki stórt enn sem komið er. Flest prófin hafa verið gerð á tilbúnu malbiki úr malbikunarstöðvum, en færri á tilraunastofublöndum eins og þessi skýrsla lýsir. Það er kostur að geta haft stjórn á öllum þáttum blöndunar, en malbik úr stöð verður alltaf annað en úr tilraunastofu. Vonandi safnast smám saman þekking til að geta tengt mælingar á báðum gerðum við reynslu í götu.

Heimildir

- ¹ ÍST EN 12697-22:2003, Bituminous mixtures – Testmethods for hot mix asphalt – Part 22: Wheel tracking. Notuð er aðferð f. Small size devices, procedure B.
- ² ÍST EN 12697-33:2003, Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 33: Specimen prepared by roller compactor.
- ³ ÍST EN 13108-20:2006, Bituminous mixtures – Material specifications – Part 20: Type testing. – Annex D, table D.1.
- ⁴ ÍST EN 12697-16:2004, Bituminous mixtures – Testmethods for hot mix asphalt – Part 16: Abrasion by studded tires.
- ⁵ ÍST EN 12697-31:2007, Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 31: Specimen preparation by gyratory compactor.
- ⁶ Efnisrannsóknir og efniskröfur. Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. Kafli 6: Slitlag. – Vegagerðin, janúar 2009, netútgáfa.
- ⁷ Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson: Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður. Áfangaskýrsla II. — Nýsköpunarmiðstöð Íslands, skýrsla 10-02. Reykjavík 2010.
- ⁸ Håndbok 018 Vegbygging – Januar 2011. kapittel 6 – Vegdekker, figur 603.4, s. 315. Statens Vegvesen.
- ⁹ Sjá tilvísun 7.

Áhrif bikgerðar (PG)

á slit- og skriðeiginleika malbiks

Viðaukar

Töflur og línurit

SL16 Seljadalur. Rannsóknastofublöndur
Plötur úr hjólfaraprófum: Rúmpýngd 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

Mesta rúmp. malbiks (teor.), mæld	2,683 g/cm ³
Vatnshiti 22°C Rúmp.	0,9978 g/cm ³

Hluti	Í vatni g	Ybp. g	Bakki g	Purrt+ bakki, g	Purrt g	Rúmmál cm ³	Rúmp. g/cm ³	Holrúm rm%
Plata BG01 - SL16 Seljadalur með mjúku biki								
C	1592,7	2558,8	348,6	2901,4	2552,8	968,2	2,637	1,7
D	1560,7	2507,0	351,7	2853,6	2501,9	948,4	2,638	1,7
E	1610,2	2589,0	348,4	2931,0	2582,6	981,0	2,633	1,9
						Meðaltal	2,636	1,8
Plata BG02 - SL16 Seljadalur með mjúku biki								
C	1585,3	2550,1	368,5	2913,1	2544,6	966,9	2,632	1,9
D	1503,8	2416,0	347,8	2759,3	2411,5	914,2	2,638	1,7
E	1583,3	2549,1	341,1	2884,5	2543,4	967,9	2,628	2,1
						Meðaltal	2,632	1,9
Plata BG03 - SL16 Seljadalur með hörðu biki								
C	1624,2	2608,9	345,0	2948,6	2603,6	986,9	2,638	1,7
D	1481,2	2378,0	353,2	2725,8	2372,6	898,8	2,640	1,6
E	1517,9	2438,8	347,2	2780,0	2432,8	922,9	2,636	1,8
						Meðaltal	2,638	1,7
Plata BG04 - SL16 Seljadalur með hörðu biki								
C	1542,9	2483,2	351,1	2827,4	2476,3	942,4	2,628	2,1
D	1424,1	2292,4	340,8	2627,1	2286,3	870,2	2,627	2,1
E	1594,1	2566,9	352,8	2911,8	2559,0	974,9	2,625	2,2
						Meðaltal	2,627	2,1
Plata BG05 - SL16 Seljadalur með blönduðu biki								
C	1601,9	2578,9	344,4	2915,9	2571,5	979,2	2,626	2,1
D	1519,4	2440,5	341,6	2776,9	2435,3	923,1	2,638	1,7
E	1555,9	2503,8	355,1	2851,3	2496,2	950,0	2,628	2,1
						Meðaltal	2,631	2,0
Plata BG06 - SL16 Seljadalur með blönduðu biki								
C	1632,0	2627,0	341,7	2962,9	2621,2	997,2	2,629	2,0
D	1466,8	2355,5	351,4	2702,4	2351,0	890,7	2,640	1,6
E	1582,3	2546,0	347,7	2887,5	2539,8	965,8	2,630	2,0
						Meðaltal	2,633	1,9

SMA16 Seljadalur. Rannsóknastofublöndur
Plötur úr hjólfaraprófum: Rúmpyngd 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

Mesta rúmp. malbiks (teor.)	2,664 g/cm ³
Vatnshiti 22°C Rúmp.	0,9978 g/cm ³

Reiknuð frá mælingum á SL16

Hluti	Í vatni g	Ybp. g	Bakki g	Purrt+ bakki, g	Purrt g	Rúmmál cm ³	Rúmp. g/cm ³	Holrúm rm%
Plata BG07 - SMA16 Seljadalur með mjúku biki								
C	1529,7	2509,3	348,1	2845,4	2497,3	981,8	2,544	4,5
D	1473,8	2424,6	349,8	2763,3	2413,5	952,9	2,533	4,9
E	1653,7	2692,6	336,4	3019,1	2682,7	1041,2	2,577	3,3
						Meðaltal	2,551	4,2
Plata BG08 - SMA16 Seljadalur með mjúku biki								
C	1599,3	2604,8	354,7	2950,1	2595,4	1007,7	2,576	3,3
D	1416,6	2307,8	340,6	2637,1	2296,5	893,2	2,571	3,5
E	1674,6	2725,9	369,2	3087,5	2718,3	1053,6	2,580	3,2
						Meðaltal	2,576	3,3
Plata BG09 - SMA16 Seljadalur með hörðu biki								
C	1620,0	2649,3	340,9	2981,1	2640,2	1031,6	2,559	3,9
D	1436,9	2340,9	351,6	2686,5	2334,9	906,0	2,577	3,3
E	1642,5	2681,7	351,4	3026,3	2674,9	1041,5	2,568	3,6
						Meðaltal	2,568	3,6
Plata BG09 - SMA16 Seljadalur með hörðu biki								
C	1517,2	2491,6	340,9	2823,7	2482,8	976,5	2,542	4,6
D	1492,1	2449,1	340,5	2781,6	2441,1	959,1	2,545	4,5
E	1543,9	2526,5	354,1	2873,5	2519,4	984,8	2,558	4,0
						Meðaltal	2,549	4,3

Rúmpýngdir sívalninga sem þjappaðir voru vegna slitþolsmælinga - Prall

Rannsóknastofublöndur

Mælingar fyrir sögun

Seljadalur SL16 og SMA16 m mjúku og hörðu biki

Hiti vatns, °C		22							
Rþ vatns, g/cm ³		0,9978							
<i>Sívaln- ingur</i>	<i>Þurr- sýni g</i>	<i>Sýni í vatni g</i>	<i>Yþþ. 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>
S01	1297,7	809,0	1299,0	490,0	491,1	2,643			SL16SE mjúkt 3%
S02	1296,8	807,5	1298,2	490,7	491,8	2,637			
S03	1297,4	809,6	1298,9	489,3	490,4	2,646	2,642	2,683	1,5
S04	1258,1	774,5	1261,0	486,5	487,6	2,580			SL16SE mjúkt 6%
S05	1258,5	775,0	1260,9	485,9	487,0	2,584			
S06	1258,4	778,5	1261,3	482,8	483,9	2,601	2,588	2,683	3,5
S07	1298,6	809,5	1299,5	490,0	491,1	2,644			SL16SE hart 3%
S08	1298,2	809,0	1299,3	490,3	491,4	2,642			
S09	1297,9	808,0	1299,2	491,2	492,3	2,636	2,641	2,683	1,6
S10	1257,9	775,4	1259,6	484,2	485,3	2,592			SL16SE hart 6%
S11	1258,2	778,5	1262,9	484,4	485,5	2,592			
S12	1259,1	780,3	1262,5	482,2	483,3	2,605	2,596	2,683	3,2
S13	1299,5	805,1	1300,4	495,3	496,4	2,618			SMA16SE mjúkt 4%
S14	1299,3	807,2	1300,0	492,8	493,9	2,631			
S15	1300,0	807,3	1300,7	493,4	494,5	2,629	2,626	2,664	1,4
S16	1249,4	772,7	1250,9	478,2	479,3	2,607			SMA16SE mjúkt 8%
S17	1246,0	768,8	1248,3	479,5	480,6	2,593			
S18	1248,4	772,0	1250,0	478,0	479,1	2,606	2,602	2,664	2,3
S19	1301,1	807,4	1301,9	494,5	495,6	2,625			SMA16SE hart 4%
S20	1301,1	806,7	1301,7	495,0	496,1	2,623			
S21	1299,6	804,8	1300,3	495,5	496,6	2,617	2,622	2,664	1,6
S22	1248,5	770,8	1250,1	479,3	480,4	2,599			SMA16SE hart 8%
S23	1250,0	770,9	1251,4	480,5	481,6	2,596			
S24	1249,9	772,8	1251,3	478,5	479,6	2,606	2,600	2,664	2,4

SL16 og SMA16 Seljadalur. Rannsóknastofublöndur Rúmmálshluti efnispátta í sýnum

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

Plötur til hjólfaraprófa

SL16 Seljadalur: Bik 5,8%. - Rþ. malbiks (max) 2683 kg/m³ - Rþ. steina 2982 kg/m³

Plata BG01 - SL16Se með mjúku biki	2636	15,0	83,3	1,8	89,5
Plata BG02 - SL16Se með mjúku biki	2632	15,0	83,1	1,9	88,7
Plata BG03 - SL16Se með hörðu biki	2638	15,0	83,3	1,7	89,9
Plata BG04 - SL16Se með hörðu biki	2627	14,9	83,0	2,1	87,7
Plata BG05 - SL16Se með blönduðu biki	2631	15,0	83,1	1,9	88,5
Plata BG07 - SL16Se með blönduðu biki	2633	15,0	83,2	1,9	88,9

SMA16 Seljadalur: Bik 6,2%. - Rþ. malbiks (max) 2664 kg/m³ - Rþ. steina 2982 kg/m³

Plata BG07 - SMA16 Se með mjúku biki	2551	15,5	80,3	4,2	78,5
Plata BG08 - SMA16 Se með mjúku biki	2576	15,7	81,0	3,3	82,6
Plata BG09 - SMA16 Se með hörðu biki	2568	15,6	80,8	3,6	81,2
Plata BG10 - SMA16 Se með hörðu biki	2549	15,5	80,2	4,3	78,2

Prall sívalningar **

SL16 Seljadalur: Bik 5,8%. - Rþ. malbiks (max) 2683 kg/m³ - Rþ. steina 2982 kg/m³

SL16Se mjúkt 3%	2642	15,0	83,4	1,5	90,8
SL16Se mjúkt 6%	2588	14,7	81,7	3,5	80,6
SL16Se hart 3%	2641	15,0	83,4	1,6	90,6
SL16Se hart 6%	2596	14,8	82,0	3,2	82,0

SMA16 Seljadalur: Bik 6,2%. - Rþ. malbiks (max) 2664 kg/m³ - Rþ. steina 2982 kg/m³

SMA16Se mjúkt 4%	2626	16,0	82,6	1,4	91,8
SMA16Se mjúkt 8%	2602	15,8	81,9	2,3	87,2
SMA16Se hart 4%	2622	15,9	82,5	1,6	91,0
SMA16Se hart 8%	2600	15,8	81,8	2,4	86,8

* Hundraðshluti biks í holrúmi steingrindar.

** Sívalningar vegna Prall voru þjappaðir að ákveðinni heildarholrúmd (3, 4, 6 eða 8%) og er þá reiknað með holum á yfirborði sem mælast ekki þegar vigtað er í lofti og vatni.

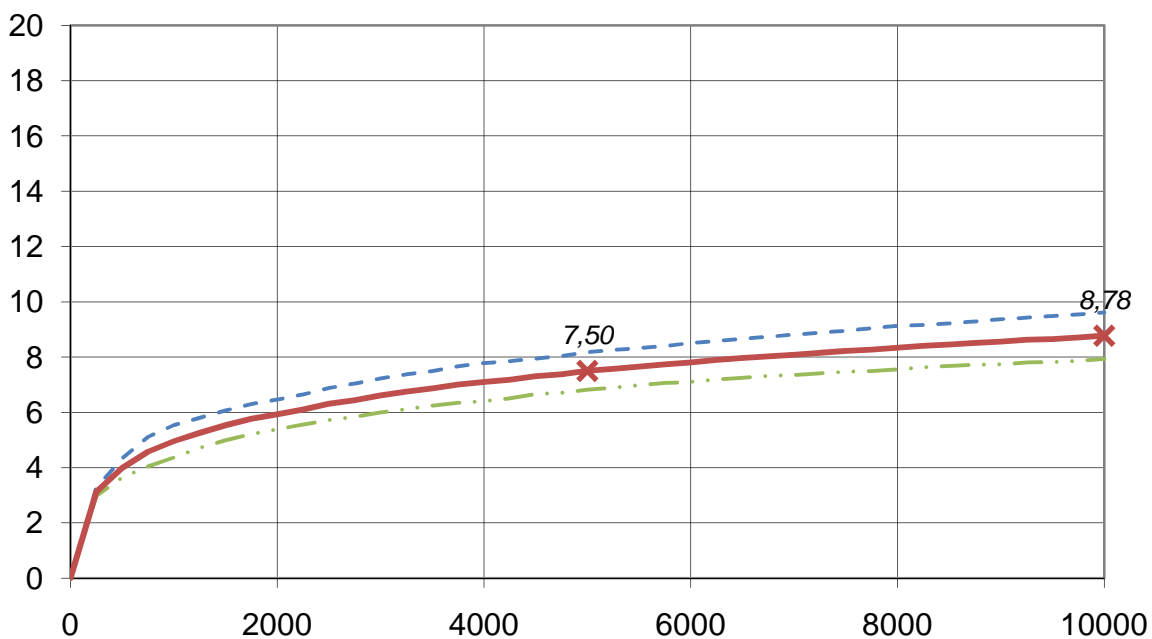
Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

Sýni: SL16 Seljadalur með mjúku biki (160/220). Rannsóknastofublanda
Malbik var blandað, þjappað og mælt í janúar 2011.

Aths.:

Malbik		<i>Mælingar Nýsköpunarmiðstöðvar á malbikinu</i>			
Bik	þ%	5,8 Vigtun			
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2683 Mæld			
Rúmpyngd biks	kg/m ³	1020 Gefin			
Rúmpyngd steina	kg/m ³	2982 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>		BG01	BG02	Meðaltal	
Þyngd plötu	kg	15,640	15,720		
Meðalþykkt	mm	50,8	51,0	50,9	
Rúmmál plötu	cm ³	6095	6100		
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2566	2577	2572	2636
Reiknað holrúm	rm%	4,4	3,9	4,2	1,8
Hjólfarapróf við 45°C		<i>Upphaf sett á 0</i>			
		BG01	BG02	Meðaltal	
Sig við 5000 umferðir, mm		8,17	6,83	7,50	
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		9,61	7,94	8,78	
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		18,9	15,6	17,2	
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,288	0,222	0,255	

Sig í mm og umferðir





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

Sýni: SL16 Seljadalur með hörðu biki (70/100). Rannsóknastofublanda
Malbik var blandað, þjappað og mælt í janúar 2011.

Aths.:

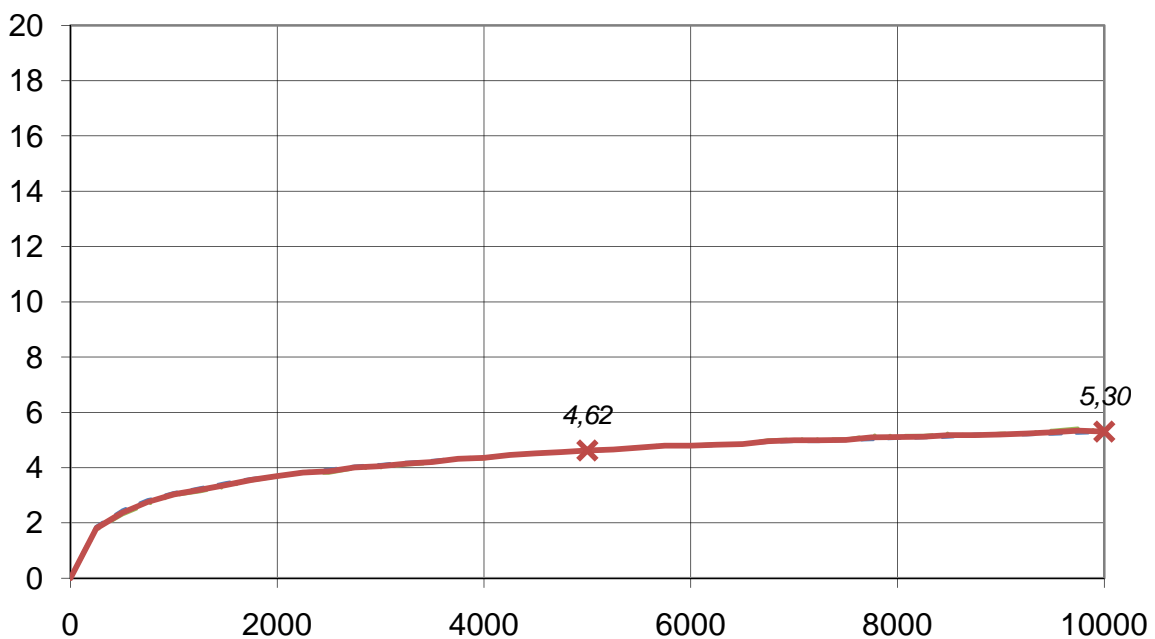
Malbik		<i>Mælingar Nýsköpunarmiðstöðvar á malbikinu</i>			
Bik	þ%	5,8 Vigtun			
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2683 Mæld			
Rúmpyngd biks	kg/m ³	1020 Gefin			
Rúmpyngd steina	kg/m ³	2982 Reiknuð			
Þjöppuð plata		<i>Vigtun og mælingar með skíðmáli</i>			<i>Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>		BG03	BG04	Meðaltal	
Þyngd plötu	kg	15,720	15,690		
Meðalþykkt	mm	53,0	51,4	52,2	
Rúmmál plötu	cm ³	6361	6137		
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2471	2557	2514	2638 2627
Reiknað holrúm	rm%	7,9	4,7	6,3	1,7 2,1

Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0

	BG03	BG04	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	4,60	4,64	4,62
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	5,28	5,32	5,30
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	10,0	10,4	10,2
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,136	0,136	0,136

Sig í mm og umferðir





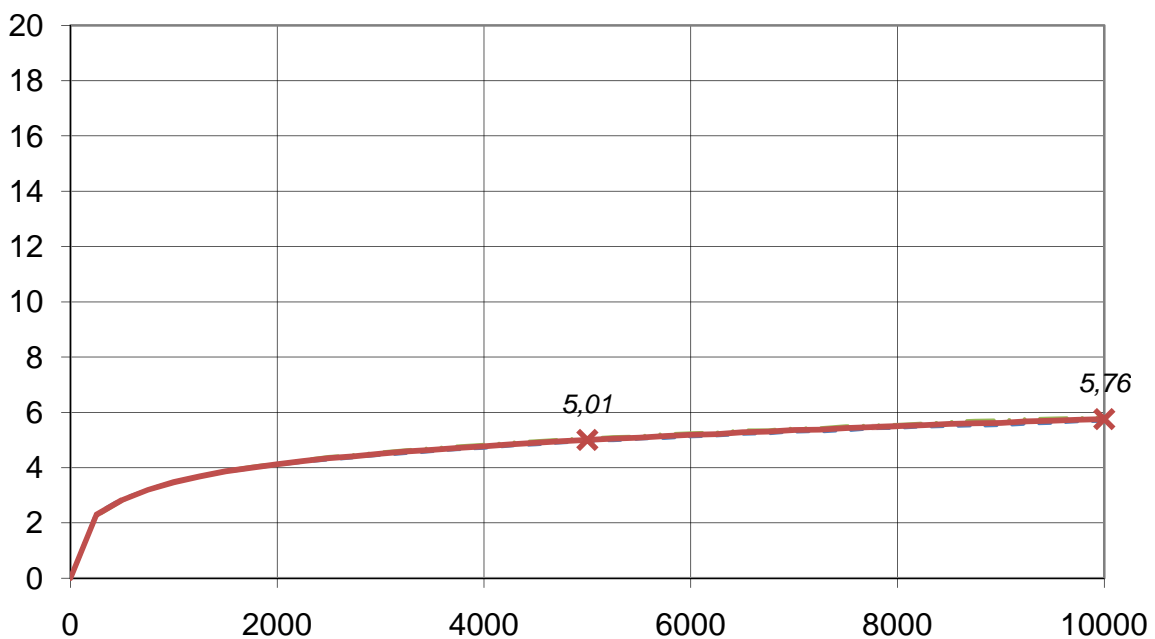
Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

Sýni: SL16 Seljadalur með blönduðu biki 70/100:160/220=1:1. Rannsóknastofublanda
Malbik var blandað, þjappað og mælt í janúar 2011.

Aths.:

Malbik		<i>Mælingar Nýsköpunarmiðstöðvar á malbikinu</i>			
Bik	þ%	5,8 Vigtun			
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2683 Mæld			
Rúmpyngd biks	kg/m ³	1020 Gefin			
Rúmpyngd steina	kg/m ³	2982 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>		BG05	BG06	Meðaltal	
Þyngd plötu	kg	15,690	15,690		
Meðalþykkt	mm	51,5	51,3	51,4	
Rúmmál plötu	cm ³	6180	6128		
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2539	2560	2550	2631 2633
Reiknað holrúm	rm%	5,4	4,6	5,0	1,9 1,9
Hjólfarapróf við 45°C		<i>Upphaf sett á 0</i>			
		BG05	BG06	Meðaltal	
Sig við 5000 umferðir, mm		4,96	5,06	5,01	
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		5,69	5,83	5,76	
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		11,0	11,4	11,2	
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,146	0,154	0,150	

Sig í mm og umferðir



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

Sýni: SMA16 Seljadalur með mjúku biki (160/220). Rannsóknastofublanda
Malbik var blandað, þjappað og mælt í febrúar 2011.

Aths.:

Malbik

Bik	þ%	6,2	Vigtun
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2664	Reiknuð
Rúmpyngd biks	kg/m ³	1020	Gefin
Rúmpyngd steina	kg/m ³	2982	Reiknuð

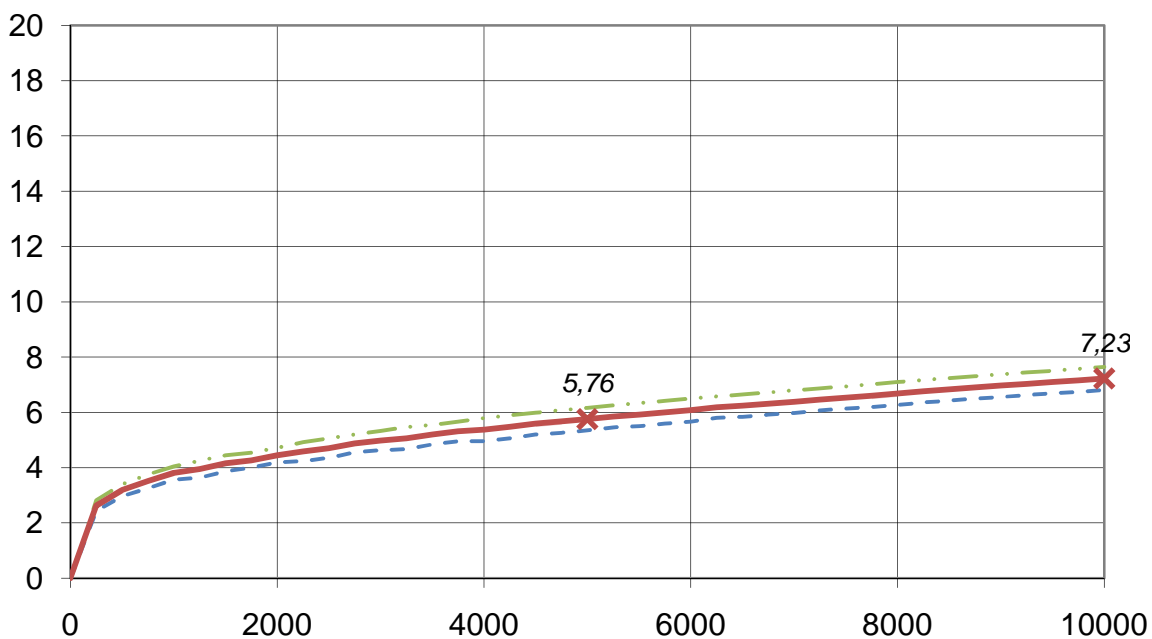
Þjöppuð plata

		Vigtun og mælingar með skíðmáli			Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf	
		BG07	BG08	Meðaltal	BG07	BG08
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>						
Þyngd plötu	kg	15,610	15,600			
Meðalþykkt	mm	52,7	52,9	52,8		
Rúmmál plötu	cm ³	6330	6332			
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2466	2464	2465	2551	2576
Reiknað holrúm	rm%	7,4	7,5	7,5	4,2	3,3

Hjólfarapróf við 45°C

		Upphaf sett á 0		
		BG07	BG08	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm		5,35	6,16	5,76
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		6,81	7,64	7,23
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		12,9	14,4	13,7
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,292	0,296	0,294

Sig í mm og umferðir



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

Sýni: SMA16 Seljadalur með hörðu biki (70/100). Rannsóknastofublanda
Malbik var blandað, þjappað og mælt í febrúar 2011.

Aths.:

Malbik

Bik	þ%	6,2	Vigtun
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2664	Reiknuð
Rúmpyngd biks	kg/m ³	1020	Gefin
Rúmpyngd steina	kg/m ³	2982	Reiknuð

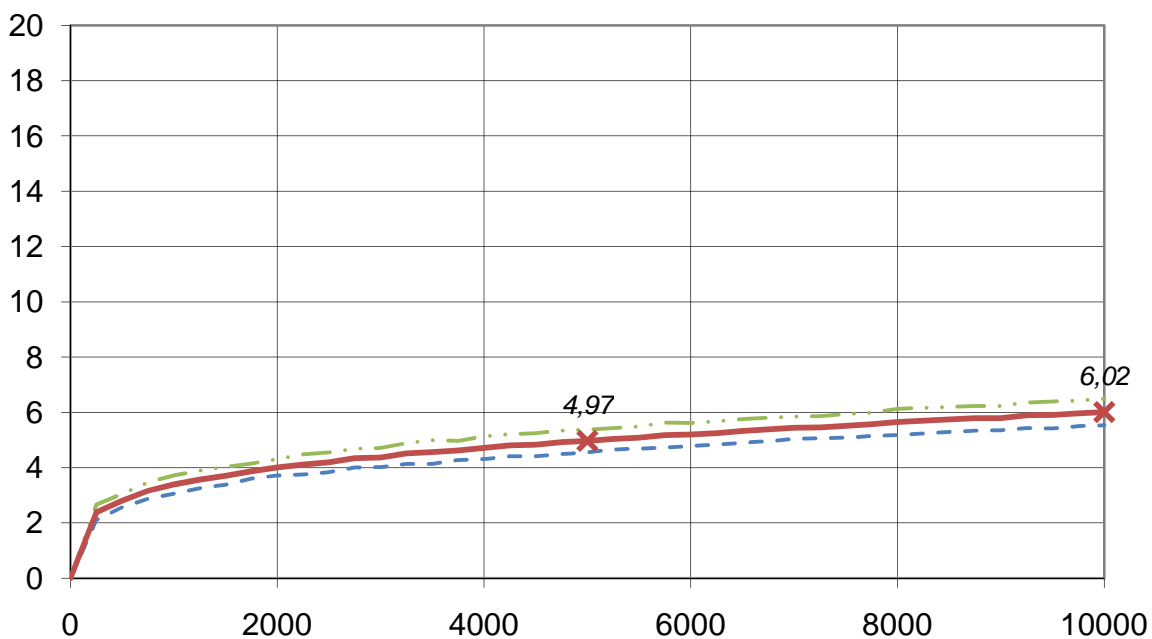
Þjöppuð plata

		Vigtun og mælingar með skíðmáli			Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf	
		BG09	BG10	Meðaltal	BG09	BG10
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>						
Þyngd plötu	kg	15,620	15,640			
Meðalþykkt	mm	53,3	53,4	53,4		
Rúmmál plötu	cm ³	6396	6391			
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2442	2447	2445	2568	2549
Reiknað holrúm	rm%	8,3	8,1	8,2	3,6	4,3

Hjólfarapróf við 45°C

		Upphaf sett á 0		
		BG09	BG10	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm		4,56	5,38	4,97
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		5,54	6,49	6,02
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		10,4	12,2	11,3
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,196	0,222	0,209

Sig í mm og umferðir



Slitþolsmælingar - Prall
Sýni blönduð og þjöppuð á rannsóknastofu

Seljadalur SL16 og SMA16 með mjúku (160/220) og hörðu biki (70/100)

<i>Malbiks-gerð og holrúm</i>	<i>Próf-sneið</i>	<i>Ybp fyrir g</i>	<i>Ybp eftir g</i>	<i>Efnis-tap g</i>	<i>Rúm-þyngd* Mg/m3</i>	<i>Prall gildi ml</i>	<i>Meðal Prall ml</i>
SL16Se m 1,5 %rm	S01A	590,5	556,0	34,5	2,642	13	
	S02B	601,0	571,5	29,5	2,642	11	
	S03A	609,5	577,0	32,5	2,642	12	
	S03B	600,5	566,0	34,5	2,642	13	12
SL16Se m 3,5 %rm	S04A	590,0	556,0	34,0	2,588	13	
	S05B	575,0	542,5	32,5	2,588	13	
	S06A	601,0	570,0	31,0	2,588	12	
	S06B	574,0	540,5	33,5	2,588	13	13
SL16Se h 1,6 %rm	S07A	615,0	578,0	37,0	2,641	14	
	S07B	595,5	559,0	36,5	2,641	14	
	S08B	614,5	578,0	36,5	2,641	14	
	S09A	617,0	584,0	33,0	2,641	12	14
SL16Se h 3,2 %rm	S10A	594,0	559,0	35,0	2,596	13	
	S10B	584,5	548,0	36,5	2,596	14	
	S11A	574,5	540,5	34,0	2,596	13	
	S12B	584,5	550,0	34,5	2,596	13	13
SMA16Se m 1,4 %rm	S13B	632,5	605,0	27,5	2,626	10	
	S14A	582,0	556,0	26,0	2,626	10	
	S15A	620,5	593,0	27,5	2,626	10	
	S15B	592,0	566,5	25,5	2,626	10	10
SMA16Se m 2,3 %rm	S16B	563,5	535,0	28,5	2,602	11	
	S17A	571,5	546,5	25,0	2,602	10	
	S17B	590,5	563,0	27,5	2,602	11	
	S18A	600,5	574,0	26,5	2,602	10	10
SMA16Se h 1,6 %rm	S19B	584,0	555,5	28,5	2,622	11	
	S20A	610,0	580,5	29,5	2,622	11	
	S20B	605,0	575,5	29,5	2,622	11	
	S21B	594,0	560,5	33,5	2,622	13	12
SMA16Se h 2,4 %rm	S22B	567,0	538,0	29,0	2,600	11	
	S23A	593,0	566,5	26,5	2,600	10	
	S23B	572,5	544,5	28,0	2,600	11	
	S24B	564,5	538,0	26,5	2,600	10	11

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

Slitþolsmælingar - Prall - Meðaltöl

Sýni blönduð og þjöppuð á rannsóknastofu

Seljadalur SL16 og SMA16 með mjúku (160/220) og hörðu biki (70/100)

Malbiks- gerð og holrúm	Efnis- tap g	Rúm- þyngd* Mg/m ³	Meðal Prall ml
SL16Se m hm 1,5 %rm	32,8	2,642	12
SL16Se m hm 3,5 %rm	32,8	2,588	13
SL16Se h hm 1,6 %rm	35,8	2,641	14
SL16Se h hm 3,2 %rm	35,0	2,596	13
SMA16Se m hm 1,4 %rm	26,6	2,626	10
SMA16Se m hm 2,3 %rm	26,9	2,602	10
SMA16Se h hm 1,6 %rm	30,3	2,622	12
SMA16Se h hm 2,4 %rm	27,5	2,600	11

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

