

PMA Malbik við íslenskar aðstæður

Rannsóknaverkefni

Gunnar Örn Haraldsson / Sigbór Sigurðsson

30. apríl 2012

Megin tilgangur með þessu verkefni var að kanna möguleika á framleiðslu á PMA-malbiki (Polymer Modified Asphalt) með íblöndun á SBS (Styrene Butadiene Styrene) fjölliðum beint í malbikið í malbikunarstöð. Prófaðar voru aðferðir við framleiðslu malbiks, meðferð efnis og útlögn. Einnig voru gerðar mælingar á hjólfaramyndun í samanburði við SMA malbik úr sömu steinefnum.

Efnisyfirlit

Inngangur	2
Bakgrunnur verkefnis	2
Framkvæmd.....	4
Framleiðsla	4
Útlögn	5
Sýnatoka og rannsóknir	6
Niðurstöður efnisrannsókna.....	6
Mælingar	8
Samantekt	13
Samstarfsaðilar	13
Upplýsingar og heimildir	14
Myndir og töflur	14
Viðaukar	15

Inngangur

Malbikunarstöðin Hlaðbær Colas hf, hér eftir nefnt **MHC**, hefur um árabil verið leiðandi í þróun malbiks héraðs og komið að ýmsum rannsóknarverkefnum. Bæði hefur verið unnið að eigin þróunar- og rannóknarverkefnum ásamt því að veita aðstoð og ráðleggingar til annarra aðila.

Flest verkefni sem unnið hefur verið að tengjast vegaframkvæmdum, slitlögum og gatnagerð almennt en auk þess eru verkefni sem snúa að umhverfismálum. Helstu verkefni eru þróun og tilraunir á bindiefnum, prófanir á ýmsum steinefnum, rannsóknir á notkun og eðli íblöndunarefna í malbik, endingartími slitlaga, orkusparnaðar, endurvinnsla og önnur verkefni sem hafa áhrif á hönnun og gerð vega.

Haustið 2010 tók MHC þátt í samstarfi með Háskólanum í Reykjavík (HR) og Nýsköpunarmiðstöð Íslands (NMÍ) og stuðluðu að gerð BS verkefna tengd slitlögum. Annað tveggja verkefna sem MHC kom að fjallaði um notkun á SBS fjölliðum í malbik og voru gerðar tilraunir á rannsóknarstofu sem sýndu að fjölliður bæta eiginleika hefðbundins malbiks verulega. Segja má að verkefnið sem hér er til umfjöllunar sé framhald þess verkefnis.

Bakgrunnur verkefnis

Bakgrunnur þessa verkefnis er sá að víða erlendis hefur notkun á fjölliðubreyttu malbiki (e: polymer modified asphalt) stóraukist á undanförunum árum og er víða allsráðandi við gerð slitlags á umferðarþyngri vegi. Fyrst breiddist notkunin út í löndum sem þurfa að kljást við mikla sumarhitu (S-Evrópa) og/eða mikla hita á sumrum og jafnframt mikinn kulda á vetrum (Kanada). Á síðustu árum hefur notkun á fjölliðubreyttu malbiki (hér eftir kallað PMA malbik) breiðst út í Skandinavíu.¹ Hér á landi hefur ekki verið gefinn mikill gaumur að því vandamáli að skrið malbiks eigi stóran þátt í hjólfaramyndun í malbikuðum vegum. Mælingar hafa sýnt að hitastig malbiks á þjóðvegum á hlýjum sumardögum er hærra en menn áttu von á og algengt er að hiti mælist milli 30-40°C dögum saman á góðviðrisdögum jafnvel þó lofthiti sé ekki nema 12-20°C. Þetta hár veghiti hlýtur að leiða til skriðs þar sem frekar mjúkt bindiefni er notað hér á landi (95% notkunar er bik með stungudýpt PG 160/220).

Á tíunda áratug síðustu aldar voru gerðar tvær rannsóknir héraðs á endingu fjölliðubætts malbiks í samanburði við aðrar gerðir. Sú fyrri var gerð á Reykjanesbraut fyrir 20 árum (1991) og var fylgst með sliti og hjólfaramyndun í 4 ár á eftir. Seinni rannsóknin var samanburður á fjölliðubætту malbiki við hefðbundið SMA malbik sem þá var að ryðja sér til rúms sem helsta malbiksgerðin á umferðarþyngri vegi. Niðurstöður beggja rannsókna voru á sama veg. Fjölliðubætt malbik stóð sig best og ívið betur en SMA malbik með tilliti til hjólfaramyndunar. Var líftími fjölliðubætts malbiks reiknaður (áætlaður) 11 ár í fyrri tilrauninni þegar aðrar malbiksgerðir reiknuðust með 6-10 ára líftíma miðað við ákveðnar forsendur um hjólfaradýpt og þá umferð sem metin var á Reykjanesbrautinni á þessum tíma. Seinni rannsóknin var framkvæmd árið 1995 og var hágæðamalbik (með fjölliðum) borið saman við SMA malbik og reiknaðist líftími 7 ár í stað 6 ára í SMA malbikinu fyrir gefnar forsendur.²

Síðan þessar tilraunir voru gerðar og þrátt fyrir góðar niðurstöður var ekki haldið áfram að próa fjölliðubætt malbik hér á landi, sennilega vegna mikils kostnaðar og/eða tæknilegra vandamála. Þegar

¹Rolf Johansen 2010: *Experience and future use of polymer modified binders*. Statens vegvesen Norwegian Public Roads Administration (NPRA). NorBit seminar Grand Hotel Oslo 19.oktober 2010.

²ÁsgeirRúnarHarðarson 2010: *Samanburður á malbiki með og án fjölliða lokaverkefni við HR*.

Nýsköpnarmiðstöð Íslands (NMÍ) eignaðist svokallað hjólfaratæki (Wheel tracking) árið 2009 opnaðist möguleiki á að prófa ýmsar malbiksgerðir með tilliti til hjólfaramyndunar af völdum skriðs í malbiki á miklu hagkvæmari og fljótlegri hátt en áður. Tækið hermir eftir álagi frá umferð með hjóli sem ekur yfir malbiksplatta alls 10.000 umferðir við ákveðið hitastig (45°C). Fyrstu niðurstöður sýndu mikinn mun á hjólfaramyndun mismunandi malbiksgerða og vaknaði áhugi hjá MHC á að skoða að nýju þá möguleika sem PMA malbik gæti gefið til aukinnar endingar malbiks.

Algengasta aðferðin erlendis við framleiðslu PMA malbiks er að meðhöndla bindiefnið sjálfst áður en það er notað í malbiksframleiðslu. Þá er bindiefnið sjálfst fjölliðubreytt (e: polymier modified binder) áður en það er flutt til malbikunarstöðva og framleitt úr því malbik með hefðbundnum aðferðum. Breytt bindiefni getur verið nokkuð dýr lausn, sérstaklega ef flutningskostnaður bindiefnisins er mikill frá verksmiðju. Hér á landi var tilraunin fyrir 20 árum gerð með innfluttu PMB bindiefni (Mastiflex) og var bindiefnið flutt inn í gámum. Malbikið kom mjög vel út eins og áður segir en bindiefnið og þar með malbikið var mjög dýrt með þessari aðferð. Það hefur hugsanlega orðið til þess að ekki var skoðað frekar að nota slíkt malbik á þeim tíma.

Í Danmörku og víðar var snemma farið að prófa blöndun á fjölliðum beint í malbiksblendara í malbikunarstöðvum, sem sagt bindiefnið er ekki meðhöndlað, heldur er fjölliðum blandað í heit steinefni í blendara stöðvar rétt áður en venjulegu bindiefni er blandað saman við. Fjölliðurnar eru þá í duft- eða kúluformi ekki ósvipað þvottaefni í útliti. Tilraunin 1995 var gerð með slíku efni. Í nútíma malbiksverksmiðjum er einfalt að skammta slíku efni með nákvæmni í blendara og með auknum blöndunartíma er tryggt að efnið blandast bindiefninu vel. Aðferðin er töluvert ódýrari en blöndun með fjölliðubreyttu bindiefni, sér í lagi héraðs þar sem ekki er hægt að fá slíkt bindiefni nema innflutt sérstaklega.

Með þessa vitneskju alla og góða reynslu frá Danmörku og Noregi í huga kviknaði áhugi hjá Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas hf að endurvekja rannsóknir og notkun á fjölliðubættu malbiki hér á landi. Ákveðið var að hefja rannsóknir á malbiki blönduðu með SBS fjölliðu, (e: Styrene Butadiene Styrene).

SBS er "Thermoplastískt gúmmí " gert úr plast- og gúmmí fjölliðum sem tengjast saman í stærri sameindir. Áhrif þess blandað í bik (bindiefni) eru m.a. að bindiefnið verður gúmmíkennt og þar með teygjanlegt (elastískt). Í malbiki eru áhrifin þau að viðnám gegn skriði eykst, en einnig bætir það öldrunar- og veðrunarþol og jafnvel slitþol. Ennfremur hefur verið sýnt fram á bætt viðloðun.

Megin tilgangur með þessu verkefni var að kanna möguleika á framleiðslu á PMA-malbiki (Polymer Modified Asphalt) með íblöndun á SBS fjölliðum (Styrene Butadiene Styrene) beint í malbikið í malbikunarstöð. Er þá átt við að prófa þekktar aðferðir við framleiðslu PMA-malbiks með fjölliðum án þess að blanda fjölliðunum fyrst í bindiefnið, skoða meðferð hráefnisins og kanna hvernig PMA-malbik myndi haga sér við útlögn. Einnig voru gerðar allar hefðbundnar malbiks rannsóknir auk mælinga á hjólfaramyndun og sliti. PMA –malbik var framleitt og samhliða var framleitt hefðbundið SMA-malbik (Stone Mastic Asphalt) úr sömu gerð steinefna og lagt út sama dag til samanburðar.

Framkvæmd

Undirbúa þurfti verkefnið með gagnaöflun og vali á hráefnum og verkstað. Gögnum var safnað um blöndun og eiginleika PMA-malbiks með SBS fjölliðum. Leitað var til Colas í Danmörku varðandi efnisval og leiðbeiningar. Haft var til hliðsjónar að í Danmörku er töluverð reynsla af notkun PMA-malbiks og voru uppskriftir og hlutföll íblöndunar aðlagðar íslenskum aðstæðum. Teknar voru saman ítarlegar leiðbeiningar varðandi efnið og meðhöndlun þess.

Við undirbúning var ákveðið að tekin yrðu sýni af efninu og send í hjólfarapróf og Prall slitpolspróf hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands (NMÍ), auk fleiri prófana. Gerð var rannsóknaráætlun.

Ákveðið var strax í upphafi að fá leyfi til að prófa þessa malbikstegund á mjög umferðarpungum vegi þar sem miklar væntingar voru um að um sterkt og endingargott malbik væri að ræða. Leitað var til Vegagerðarinnar en hún sá sér ekki fært að útvega vegkafla til tilraunaútlagnar og varð úr að Reykjavíkurborg lagði til að tilraunaútlögnin færi fram á Bústaðavegi í Reykjavík.

Ákveðið var að framleiða PMA-malbik úr steinefnum frá Snasanámu í Hvalfirði sem er slitsterkt íslenskt steinefni (LA-gildi 10,7 og Kúlnakvarnargildi 8,4), dökkt að lit. Kúrfan var hefðbundin þétt slitlagskúrfa SL16 (Y-16 samkvæmt Alverki).

Til samanburðar var lagt á hluta vegarkafans SMA16 malbik úr sama steinefni, en SMA malbik (steinríkt malbik) hefur mest verið notað hér á landi á umferðarpunga vegi undanfarna tvo áratugi. Steinefnakúrfan er grófari en venjuleg þétt kúrfa en fyllt upp með meira magni af bindiefni og filler (méla < 0,063 mm). SMA kornakúrfa er sem sagt mun ríkari af 11-16 mm steinum sem að öðru óbreyttu á að auka slitpól gagnvart nagladekkjum.

Sama gerð bindiefnis var notuð í báðar malbiksgerðir (stungudýpt PG 160/220) en rétt er að geta þess að SMA malbik inniheldur nokkuð meira af bindiefni en hefðbundið þétt malbik.

Framleiðsla

Við framleiðslu á SMA malbiki er blandað trefjum í steinefnin svo þau haldi betur “yfirmagn” af bindiefni. Efnið eins og áður segir hefur verið í notkun hjá MHC í um 20 ár og er vel þekkt. Blöndun gekk vel og framleiðslan eins og vænta mátti (sjá rannsóknarniðurstöður í viðhengi).

Við framleiðslu á PMA malbiki þarf að blanda SBS fjölliðum við steinefnin rétt áður en bindiefnið kemur inn í blandarann, ekki ósvipað og þegar trefjum er blandað í SMA malbik. Notað er sérstakt síló með snigli sem skammtar SBS efnið í vog og gekk blöndun vel og virtist efnið vera einsleitt, vel blandað og áþekkt venjulegu þéttu malbiki við sjónskoðun. Í báðum tilfellum (SMA og PMA) er blöndunartími lengdur lítilega miðað við framleiðslu á hefðbundnu malbiki.

Framleidd voru: 318 tonn af SMA 16 malbiki með Snasa-steinefni og 338 tonn af SL 16 malbiki með Snasa-steinefni og 3% SBS.

Framleiðsla hófst um kl. 7 þann 20. júlí 2011, en útlögn hófst um kl. 9. SMA malbik var lagt út fyrst og lauk því um hádegi en útlögn á PMA malbik tók við og lauk um kl. 15. Sýni voru tekin af báðum malbiksgerðum og rannsökuð með hefðbundnum Marshall aðferðum, en að auki voru send sýni til

NMÍ í hjólfarapróf og slitþolspróf (svokallað Prallpróf). Allar mælingar voru gerðar á sömu blöndum og voru lagðar út á vegi.

Útlögn

Dagsetning útlagnar: 20/7/2011

Staðsetning: Bústaðavegur milli Réttarholtsvegur og Sogavegar, sjá mynd 1.

Veður: Heiðskýrt, 15-20 °C hiti, vindur 0-3 m/s. Kjör aðstæður fyrir malbikun.

Útlögnin hófst við gatnamót Bústaðavegur og Réttarholtsvegur og var lagt í átt að Reykjanesbraut. Lagt var samhlíða með 2 útlagningarvélum og þeirri þriðju var bætt við eftir þörfum í útskot o.þ.h. Notast var við 3 stóra valtara, 7-9 tonna stáltromluvalta.

Byrjað var á því að leggja út SMA16 og var það lagt á kaflann milli Réttarholtsvegur og syðri gatnamóta við Ásgarð. Við völtun vottaði fyrir dálítilli blæðingu undan miðjum brettum útlagningarvélanna. Það er oftast tekið sem merki um að nægjanlegt magn bindiefnis sé í SMA malbiki. Við syðri gatnamót við Ásgarð var skipt yfir í SL16 PMA malbik með 3% SBS og var það lagt á allan seinni hluta verksins að enda á móts við Bjarkahlíð (milli Tunguvegar og Sogavegar).

Töluvert var af bikblettum í yfirborði PMA malbiks að lokinni útlögn og þá heldur meira á nyrðri akrein, en rétt er að fram komi að þeim megin var þyngsti valtarinn og virðist það hafa haft áhrif.

Alls voru lögð út 318 tonn af SMA16 og 338 tonn af SL16 með 3% SBS.

Reiknast til að efnisnotkun hafi verið u.þ.b. 127 kg/m² í SMA16 og SL16 PMA og uppreiknuð meðalþykkt u.þ.b. 4,85 cm.



Mynd 1. Staðsetning malbiksútlagnar

Opnað var fyrir umferð inn á malbikaðan vegarkafllann kl. 19:30 eftir að hitastig malbiksins hafði mælst töluvert undir 40°C. Rétt er að hafa í huga að SL16 PMA malbikið var lagt seinna út en SMA malbikið og því eðlilega heitara en það sem lagt var fyrr um daginn. Það getur haft áhrif þegar fyrsta eftirþjöppun vegna bílaumferðar byrjar. Mikilvægt er að hafa þetta í huga þegar hjólfaramyndun er skoðuð; sem sagt að PMA malbikið var lagt út síðar um daginn og því hættara við þjöppun vegna umferðar ef einhver yrði.

Sýnataka og rannsóknir

Tekin voru malbikssýni í stöð með hefðbundnum hætti. Malbikstegundirnar voru rannsakaðar með hefðbundnu Marshall prófi og að auki voru send sýni á NMÍ til að skoða hegðun þessara tveggja malbiksgerða í hjólfaraprófi (Wheel track) og slitprófi (Prall-próf).

Troxler þjöppumælir var notaður á meðan útlögn fór fram til að tryggja að þjöppun væri fullnægjandi á öllum stöðum.

Teknir voru borkjarnar úr báðum malbiksgerðunum og þeir prófaðir m.t.t. holrýmdar á rannsóknarstofu MHC.

Niðurstöður efnisrannsókna

Niðurstöður efnisrannsókna á sýnum úr malbiksgerðunum tveimur með Marshall aðferð eru birtar í töflu 1.

Tafla 1. Marshall próf, helstu niðurstöður.

	PMA m/SBS	SMA
Holrúm í malbiki %	2,6	2,4
Rúmþyngd steinefna Mg/m ³	2,88	2,88
Bikfylling %	86%	86%
Sig mm	5,0	5,4
Festa kN	9,300	5,900
Hlutfall festa/sig, kN/mm	1,872	1,099
Marshall rúmþyngd Mg/m ³	2,519	2,530

Í töflu 1 má sjá að niðurstöður eru svipaðar fyrir báðar malbiksgerðir hvað varðar holrúm, rúmþyngd og bikfyllingu. Það er í sig og festu sem PMA malbikið virðist vera mun stífara (meiri festa og minna sig). Rétt er að geta þess að margir draga í efa áreiðanleika Marshall prófsins fyrir SMA malbik. Aðferðin var þróuð og ætluð fyrir heitblandað malbik með þéttan sáldurferil líkt og PMA malbikið í þessari tilraun er, en ekki malbikskúrfu eins og SMA malbikið er byggt upp með. Aðrar hönnunarforsendur liggja að baki SMA malbiks.

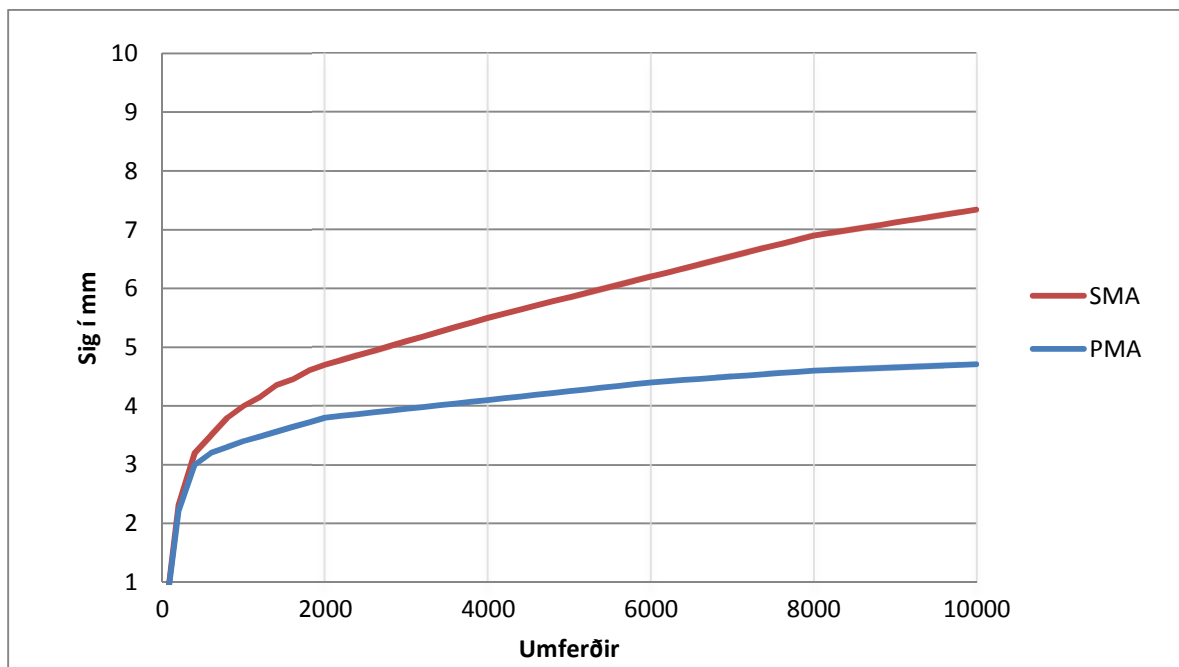
Hjólfarapróf var gert á malbiksplötum sem þjappaðar voru í malbiksþjöppu NMÍ (Roller compactor) og er þróun hjólfaramyndunar (í mm) sýnd í töflu 2.

Tafla 2. Hjólfarapróf, hjólfaramyndun í mm.

SMA	PMA m/SBS	Umferðir
0	0	0
4,0	3,4	1000
4,7	3,8	2000
5,5	4,1	4000
5,9	4,3	5000
6,2	4,4	6000
6,9	4,6	8000
7,3	4,7	10000

Í töflu 2 sést að SL PMA malbikið hefur mun betra viðnám gegn hjólfaramyndun en SMA malbikið. Eftir 5.000 umferðir í hjólfaraprófi eru hjólför í SL PMA malbiki 4,3 mm á móti 5,9 mm í SMA malbiki og að auki er halli ferilsins verulega lægri þannig að við lok prófs (10.000 umferðir) endar SL PMA malbik með 4,7 mm hjólför, en SMA með 7,3 mm hjólför (sjá nánar í viðauka 1).

Önnur aðferð til að meta skrið í hjólfaraprófi er að reikna út halla ferils á bilinu 5.000-10.000 umferðir, en hann er 0,281 mm/1000 umferðir fyrir SMA en aðeins 0,074 mm/1000 umferðir fyrir SL PMA. Er þar næstum fjórfaldur munur, sjá nánar í viðauka 1 "Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22" Mynd 2 sýnir þróun hjólfaramyndunar í malbiksgerðunum tveimur.



Mynd 2. Hjólfaramyndun í hjólfaratæki NMÍ fyrir PMA og SMA malbik.

Slitþolsmælingar (Prall) á þjöppuðum kjörnum gefur til kynna að SMA malbikið sé örlítið slitþolnara með meðalgildi 15,5 en SL PMA malbikið sem fær gildið 18, sjá töflu 3. Þetta kemur ekki á óvart þar sem í SMA16 er meira af stærri steinum (11-16 mm) en í þéttu SL16 kúrfunni og er í samræmi við aðrar mælingar á hefðbundnu malbiki. Báðar malbiksgerðirnar mælast undir hefðbundnum viðmiðunarmörkum norsku Vegagerðarinnar um slitþol malbiks gagnvart nagladekkjum skv. Prall-aðferð, sjá töflu 4.³

Nánari upplýsingar um slitþol eru birtar í viðauka 2 “Slitþolsmælingar Prall SBS vs SMA Bústaðavegur”

Tafla 3. Slitþolsmælingar - Prall

Meðaltal, ml	SMA	PMA
Gildi 1	15	18
Gildi 2	16	18

Tafla 4. Kröfur frá Norsku Vegagerðinni, Statens Vegvesen

	ÁDU				
	<1500	1501-3000	3001-5000	5001-10000	>10000
Hámark leyfð Prall gildi cm ³		36	28	25	22

Mælingar

Mælingar í hjólförum með réttsskeið voru gerðar strax daginn eftir útlögn þann, 21/7/2011. Mælt var á þremur stöðum á báðum akreinum fyrir hvora malbikstegund með hefðbundinni 3 metra réttsskeið þar sem fleygar í mismunandi þykktum eru notaðir til að mæla hjólfar undir réttsskeiðinni. Mælt var í öllum hjólförum þar sem metið er með sjónmati hvar þau myndast. Staðsetningar voru merktar nákvæmlega með fastmerkjum svo endurtaka mætti mælingar á sömu stöðum síðar, sjá myndir 3 og 4. Næsta mæling var framkvæmd 3 mánuðum eftir útlögn og voru niðurstöður þá þegar nokkuð afgerandi að SL PMA malbikið virtist mynda minni hjólför en SMA malbikið. Þriðja réttsskeiðarmæling var svo framkvæmd að vori 2012 eftir nagladekkjaáraun vetrarins, sjá töflur 5 til 7.

³ Handbog 018 Vegbygging á Janúar 2009 bls 318



Mynd 3. Staðsetning mælisniða, SMA16 malbik



Mynd 4. Staðsetning mælisniða SL16 PMA malbik

Tafla 4. Réttsskeiðarmælingar 21/7 2011

Mælingar Bústaðarvegi

 Dags 21.júl

Staður	Lýsing	Akrein N		Akrein S		
		VH	HH	VH	HH	
Y16 SMA - Snasi		VH	HH	VH	HH	
SMA 1	Gangbrautarskilti 50 m traktor bannaður	0	0	1	0	mm
SMA 2	Móti rafmagnskassa	1,5	1,5	0,5	0,5	mm
SMA 3	NF við útskot	2	0	0	0	mm
Meðaltal:						0,583 mm
Y16 - Snasi m/ SBS		VH	HH	VH	HH	
SBS 4	Annað NF neðan Ásgarðs	0	0	0	0	mm
SBS 5	Annar staur ofan Tunguvegar	1	0	0	0	mm
SBS 6	Annar steypustólpi frá Tunguvegi	0	0	0	0	mm
Meðaltal:						0,083 mm

Mæling tvö til samanburðar var gerð á sömu stöðum með sömu aðferð u.þ.b. 3 mánuðum síðar.

Tafla 5. Réttsskeiðarmælingar 19/10 2011

Mælingar Bústaðarvegi

 Dags 19.okt 3 mánuðir

Staður	Lýsing	Akrein N		Akrein S		
		VH	HH	VH	HH	
Y16 SMA - Snasi		VH	HH	VH	HH	
SMA 1 Seinni	Gangbrautarskilti 50m traktor bannaður	0,5	0,5	1	0	mm
SMA 2 Seinni	Móti rafmagnskassa	3,5	3	1,3	1,5	mm
SMA 3 Seinni	NF við útskot	2	0,5	0	0	mm
Meðaltal:						1,150 mm
Y16 - Snasi m/ SBS		VH	HH	VH	HH	
SBS 4 Seinni	Annað NF neðan Ásgarðs	0	0	0	0	mm
SBS 5 Seinni	Annar staur ofan Tunguveg	1	0	0	0	mm
SBS 6 Seinni	Annar steypustólpi frá Tunguvegi	2,5	0	1,5	0	mm
Meðaltal:						0,417 mm

Þriðja mæling til samanburðar var gerð á sömu stöðum með sömu aðferð u.þ.b. 6 mánuðum síðar.

Tafla 6. Réttsskeiðarmælingar 27/4 2012

Mælingar Bústaðarvegi

Dags 27.apr 6 mánuðir

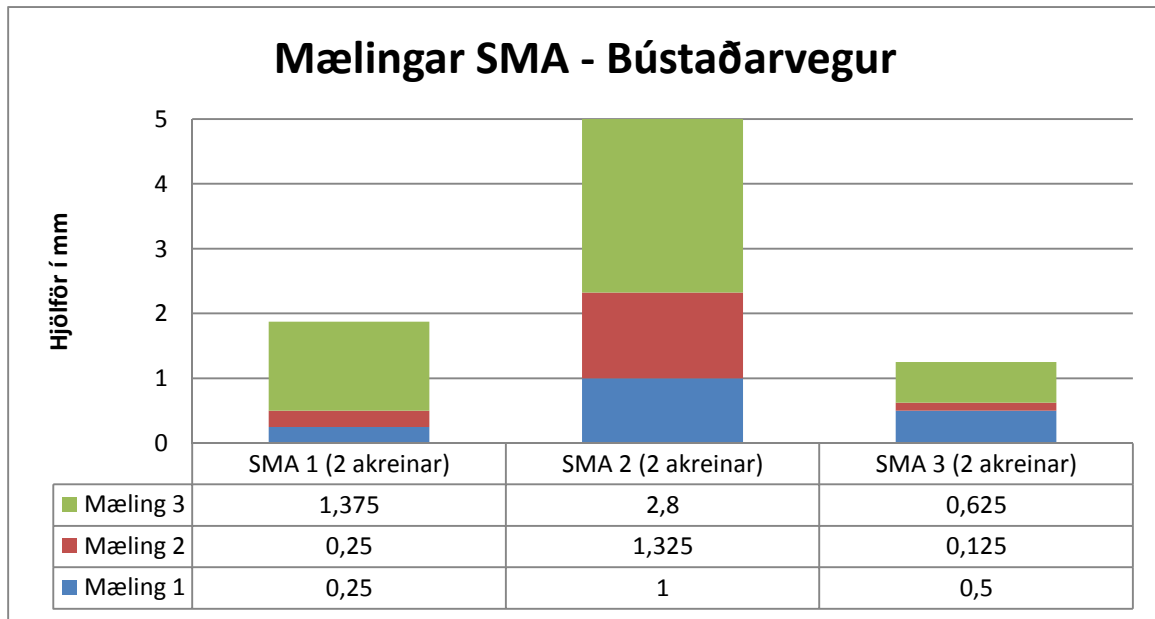
Staður	Lýsing	Akrein N		Akrein S		
Y16 SMA - Snasi		VH	HH	VH	HH	
SMA 1 Seinni	Gangbrautarskilti 50m traktor bannaður	1,5	2	1	2	mm
SMA 2 Seinni	Móti rafmagnskassa	5	5	4	2,5	mm
SMA 3 Seinni	NF við útskot	2	0,5	0,5	0	mm
Meðaltal:						2,167 mm
Y16 - Snasi m/ SBS		VH	HH	VH	HH	
SBS 4 Seinni	Annað NF neðan Ásgarðs	1	0,5	1,5	1	mm
SBS 5 Seinni	Annar staur ofan Tunguveg	1,5	0	1,5	1	mm
SBS 6 Seinni	Annar steypustólpi frá Tunguvegi	3	0	1	1	mm
Meðaltal:						1,083 mm

Fyrstu niðurstöður sýndu minni hjólfaramyndun í SL 16 PMA malbiki blönduðu með SBS. Munurinn var strax nokkur daginn eftir útlögn og er meðaltal hjólfaramyndunar ríflega tvöfalt í SMA malbiki í báðum seinni mælingunum miðað við PMA malbik.

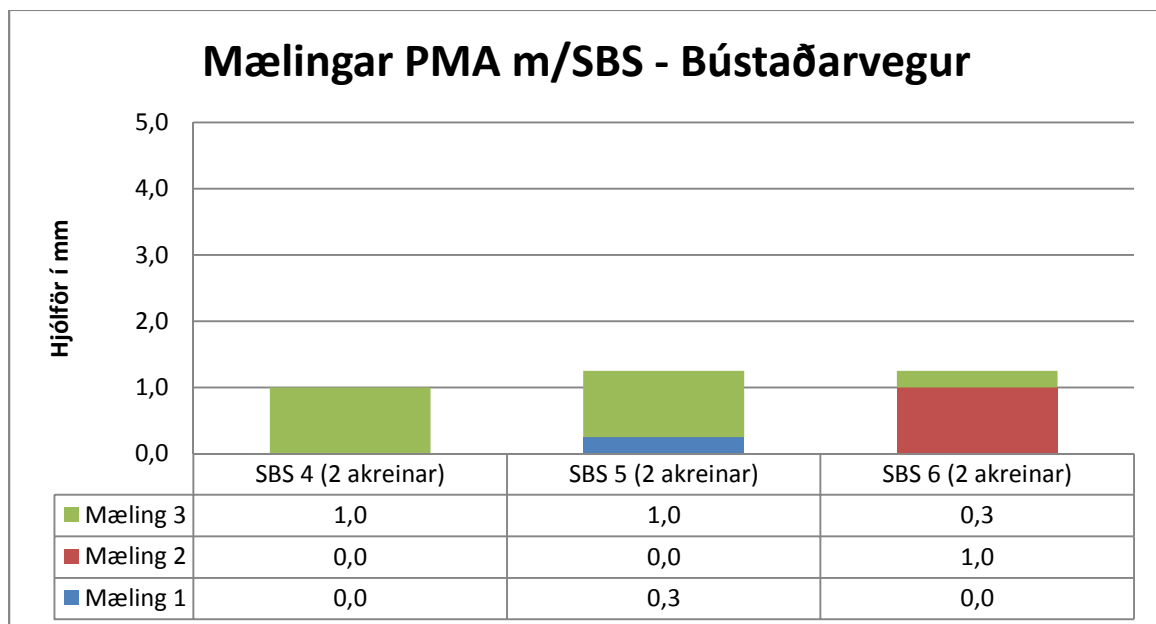
Athugasemd er gerð við mælingu á SL PMA við gatnamót Tunguvegar/Bústaðarvegar en þar liggur gatan í breiðu sniði svo að erfitt var að meta nákvæmlega staðsetningu mælingar og myndun hjólfara. Þegar horft til norðurs er mælistaður á hægri akrein að auki rétt innan við beygju og myndast óeðlilegt álag þar.

Á SMA kaflanum er einn mælistaður (nr. 2 á móts við rafmagnskassa) í þröngu sniði vegna umferðareyju sem skilur á milli akstursstefna og virðist það hafa áhrif á hjólfaramyndun umfram aðra staði.

Mynd 5 sýnir mælingar á uppsafnaðri hjólfaramyndun á SMA kaflanum og mynd 6 sýnir það sama fyrir SL PMA kaflann.



Mynd 5. Uppsöfnuð hjólfaramyndun fyrir SMA malbik



Mynd 6. Uppsöfnuð hjólfaramyndun fyrir SL PMA m/SBS malbik

Fyrstu niðurstöður sýna heldur minni hjólfaramyndun í PMA malbiki miðað við SMA, jafnvel þótt horft sé framhá mögulegri skekkju vegna staðsetningar á mælistað 2 í SMA kaflanum. Það sem hefur áhrif á slit í því sniði (þar sem hæsta gildin koma fram) er að akreinar liggja í þrengra sniði en á öðrum stöðum þar sem umferðareyja aðskilur akreinar.

Fleiri mælingar verða gerðar á sömu stöðum í lok sumars 2012 en þá má ætla að frekari hjólfaramyndun hafi átt sér stað vegna skriðs, en þar gætu áhrif SBS íblöndunar komið betur í ljós.

Þegar verkefnið fór af stað var ákveðið að Verkfræðistofan Efla myndi koma að mælingum með sérstökum búnaði sem verið er að prófa við mælingar á slitlögum. Notast er við laser-tæki til að mæla hjólför og hefur verið gert einu sinni á báðum köflunum, fljótlega eftir útlögn. Ekki hefur verið mælt að vori 2012 en það stendur til. Niðurstöður úr vormælingum liggja því ekki fyrir en áætlað er að frekari mælingar verða gerðar vor/sumar 2012 og áfram næstu ár um óákveðinn tíma til að fylgjast með hjólfaramyndun. Áhugavert verður einnig að bera saman þessar mælingar við hefðbundnar réttsskeiðarmælingar.

Þess má geta að ákveðið hefur verið að saga platta og bora kjarna til rannsókna á NMÍ í hjólfara- og slitprófum, en það er hluti af öðru rannsóknaverkefni. Þá er um að ræða að prófa raunmalbik þjappað á staðnum í götu en ekki á rannsóknarstofu úr raunblöndu eins og hér hefur verið til umfjöllunar. Sýnataka er áætluð sumarið 2012 og prófanir í framhaldi af því.

Samantekt

Það er niðurstaða þessa rannsóknaverkefnis að PMA malbik, þ.e. malbik blandað með SBS fjölliðum, sé mjög fýsilegur kostur fyrir kaupendur malbiks. Fyrstu prófanir benda til þess að einfalt sé að framleiða og leggja slíkt malbik og rannsóknir sýna að hjólför myndast síður í malbikinu, jafnvel í samanburði við SMA malbik sem helst hefur verið notað hér á landi á umferðarpunga vegi.

Hjólfarapróf gefur mjög ákveðnar vísbendingar um að skrið muni verða minna í PMA en SMA malbiki, sem og hlutfallið Festa/Sig úr Marshallprófi. Mælingar með réttsskeið staðfesta hjólfaraprófið, þó fleiri og nákvæmari mælingar yfir lengri tíma þurfi að gera. Mæling 3 sú síðasta sem gerð var sýnir að slitþol virðist vera sambærilegt eða betra í PMA malbikunu (þrátt fyrir að Prall gildi gæti gefið annað til kynna) en mælingin að vori 2012 og samanburður við mælinguna frá hausti 2011 er fyrst og fremst að sýna slit vegna nagladekkja yfir veturinn. Gera má ráð fyrir að skrið sé lítið yfir vetrartímann þegar kalt er í veðri.

Að öllum líkindum verður PMA malbik með hefðbundinni steinkúrfu ódýrara en SMA malbik en það hefur ekki verið til umfjöllunar í þessu verkefni.

Næsta verkefni hjá MHC og óformlegt framhald þessa verkefnis er að prófa og þróa steinríkt SMA malbik með fjölliðum og jafnvel með harðara bindiefni að auki, eða með stungudýpt PG 70/100. Slíkt malbik ætti að geta verið það besta gagnvart sliti og skriði sem hægt er að framleiða hér á landi.

Samstarfsaðilar

Reykjavíkurborg, Colas Danmark, Colas Írland, Efla ehf verkfræðistofa, Nýsköpunarmiðstöð Íslands, PP- ráðgjöf (Pétur Pétursson), Vegagerðin.

Upplýsingar og heimildir

Heimildir

Ásgeir Rúnar Harðarson 2010: <i>Samanburður á malbiki með og án fjölliða lokaverkefni við HR</i>	2
Handbog 018 Vegbygging á Janúar 2009 bls 318	8
Rolf Johansen 2010: <i>Experience and future use of polymer modified binders</i> . Statens vegvesen.....	2
Colas Danmark A/S um uppskriftir PMA malbiks	
SBS – Kraton D1101 ASM - Data document.pdf	

Myndir og töflur

Mynd 1. Staðsetning malbiksútlagnar	5
Mynd 2. Hjólfaramyndun í hjólfaratæki NMÍ fyrir PMA og SMA malbik	7
Mynd 3. Staðsetning mælisniða, SMA16 malbik	9
Mynd 4. Staðsetning mælisniða SL16 PMA malbik	9
Mynd 5. Uppsöfnuð hjólfaramyndun fyrir SMA malbik	12
Mynd 6. Uppsöfnuð hjólfaramyndun fyrir SL PMA m/SBS malbik	12
Tafla 1. Marshall próf, helstu niðurstöður.	6
Tafla 2. Hjólfarapróf, hjólfaramyndun í mm.....	7
Tafla 3. Slitpolsmælingar - Prall.....	8
Tafla 4. Réttsskeiðarmælingar 21/7 2011	10
Tafla 5. Réttsskeiðarmælingar 19/10 2011	10
Tafla 6. Réttsskeiðarmælingar 27/4 2012	11

Viðaukar

Viðauki 1 - Hjólfarapróf – PMA m/SBS vs SMA Bústaðavegur.pdf

Viðauki 2 - Slitþolsmælingar (Prall próf) PMA m/SBS vs SMA Bústaðavegur.pdf

Viðauki 3 - Rannsóknarniðurstöður malbiks og borkjarnar PMA m/SBS vs SMA Bústaðavegur.pdf

Viðauki 4 - Kraton D1101 ASM - Data document.pdf

Viðauki 5 - PMA malbik - Kynningarbæklingur - A0.pdf (Kynningarbæklingur um fyrstu niðurstöður birt á Rannsóknarráðstefnu Vegagerðarinnar 4. nóvember 2011)



Malbik frá Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas hf.

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

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

MHC, SL16 Snasi með 3% SBS - Plata C

Mesta rúmp. malbiks (teor.)	2,586 g/cm ³		
Vatnshiti	23°C	Rúmp.	0,9976 g/cm ³

C	1439,9	2371,6	351,8	2715,5	2363,7	933,9	2,531	2,1
D	1532,2	2516,0	336,7	2847,2	2510,5	986,2	2,546	1,6
E	1568,8	2579,3	354,5	2925,7	2571,2	1012,9	2,538	1,8
						Meðaltal	2,538	1,8

MHC, SL16 Snasi með 3% SBS - Plata D

Mesta rúmp. malbiks (teor.)	2,586 g/cm ³		
Vatnshiti	23°C	Rúmp.	0,9976 g/cm ³

C	1440,7	2366,3	340,6	2698,2	2357,6	927,8	2,541	1,7
D	1425,2	2341,8	369,1	2704,1	2335,0	918,8	2,541	1,7
E	1490,3	2450,5	341,9	2785,5	2443,6	962,5	2,539	1,8
						Meðaltal	2,540	1,8

MHC, SMA16 Snasi - Plata E

Mesta rúmp. malbiks (teor.)	2,592 g/cm ³		
Vatnshiti	23°C	Rúmp.	0,9976 g/cm ³

C	1489,3	2475,7	351,6	2814,5	2462,9	988,8	2,491	3,9
D	1422,7	2376,8	340,4	2702,3	2361,9	956,4	2,470	4,7
E	1479,3	2468,4	368,8	2824,6	2455,8	991,5	2,477	4,4
						Meðaltal	2,479	4,4

MHC, SMA16 Snasi - Plata F

Mesta rúmp. malbiks (teor.)	2,592 g/cm ³		
Vatnshiti	23°C	Rúmp.	0,9976 g/cm ³

C	1403,3	2321,7	341,4	2652,0	2310,6	920,6	2,510	3,2
D	1393,1	2308,6	354,2	2654,5	2300,3	917,7	2,507	3,3
E	1435,9	2383,1	336,0	2707,7	2371,7	949,5	2,498	3,6
						Meðaltal	2,505	3,4



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

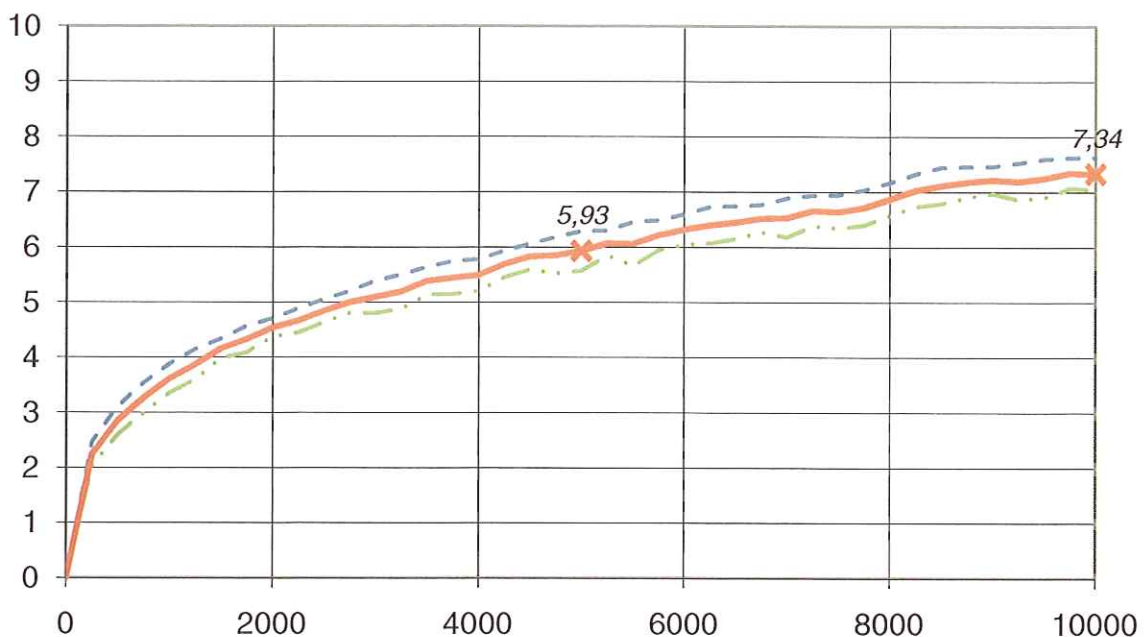
Sýni: SMA16 Snasi

Framleitt 20.07.2011 fyrir Reykjavíkurborg og lagt á Bústaðaveg.

Aths.: Próf á plötu E stöðvaðist eftir 7767 umferðir og er ferill samsettur.

Malbik		<i>Mælingar Hlaðbæjar-Colas. Sýni MHC H11033.</i>					
Bik		p%	6,0	Mæld			
Rúmþyngd malbiks, (teoretisk)		kg/m ³	2592	Mæld			
Rúmþyngd biks		kg/m ³	1020	Gefin			
Rúmþyngd steina		kg/m ³	2880	Reiknuð			
Þjöppuð plata		<i>Vigtun og mælingar m. rennimáli</i>			<i>Rúmþyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>		
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>		<i>E</i>	<i>F</i>	<i>Meðaltal</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>Meðaltal</i>
Þyngd plötu	kg	15,650	15,610				
Meðalþykkt	mm	54,1	54,1	54,1			
Rúmmál plötu	cm ³	6492	6475				
Reiknuð rúmþyngd	kg/m ³	2411	2411	2411	2479	2505	2492
Reiknað holrúm	rm%	7,0	7,0	7,0	4,4	3,4	3,9
Hjólfarapróf við 45°C		<i>Upphaf sett á 0</i>					
		<i>E</i>	<i>F</i>	<i>Meðaltal</i>			
Sig við 5000 umferðir, mm		6,29	5,57	5,93			
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		7,63	7,04	7,34			
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		14,1	13,0	13,6			
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,268	0,294	0,281			

Sig í mm og umferðir





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

Sýni: SL16 Snasi með 3% SBS
Framleitt 20.07.2011 fyrir Reykjavíkurborg og lagt á Bústaðaveg.

Aths.:

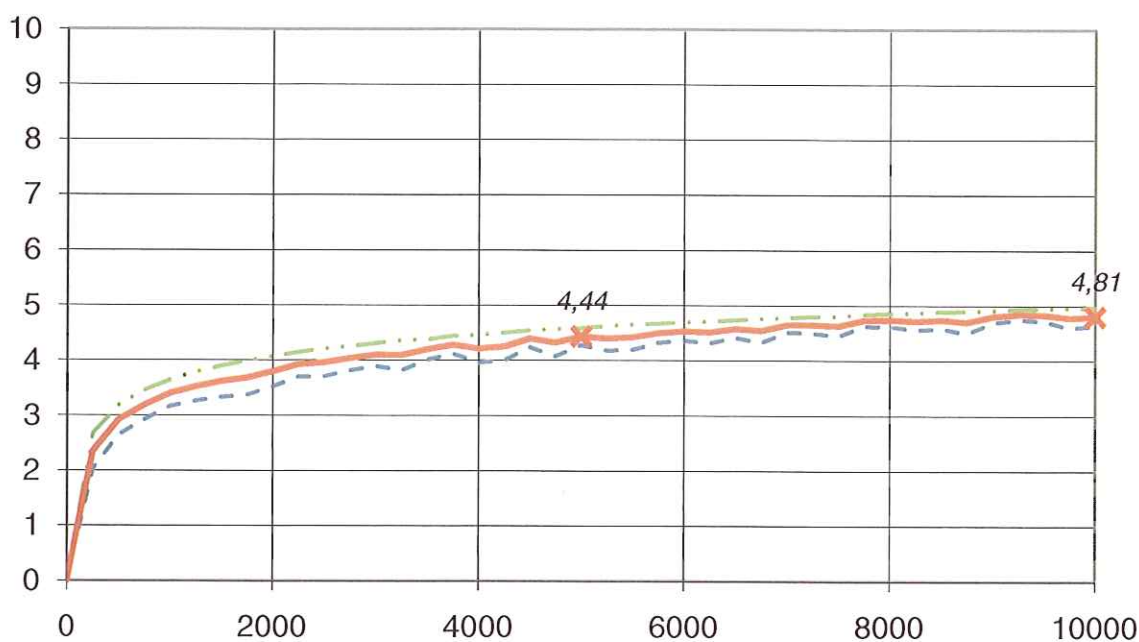
Malbik		<i>Mælingar Hlaðbæjar-Colas. Sýni MHC H11034.</i>					
Bik		p%	6,2	Mæld			
Rúmþyngd malbiks, (teoretisk)		kg/m ³	2586	Mæld			
Rúmþyngd biks		kg/m ³	1020	Gefin			
Rúmþyngd steina		kg/m ³	2880	Reiknuð			
Þjöppuð plata		<i>Vigtun og mælingar m. rennimáli</i>			<i>Rúmþyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>		
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>		C	D	Meðaltal	C	D	Meðaltal
Þyngd plötu	kg	15,420	15,420				
Meðalþykkt	mm	50,4	51,4	50,9			
Rúmmál plötu	cm ³	6117	6150				
Reiknuð rúmþyngd	kg/m ³	2521	2507	2514	2538	2540	2539
Reiknað holrúm	rm%	2,5	3,0	2,8	1,9	1,8	1,8

Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0

	C	D	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	4,28	4,59	4,44
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	4,64	4,97	4,81
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	9,2	9,7	9,4
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,072	0,076	0,074

Sig í mm og umferðir



Slitþolsmælingar - Prall
 ÍST EN 12697-16:2004

 Kaupandi: **Malbikunarstöðin Hlaðbær Colas hf.**
 Umbjóðandi: **Jón Smári Sigursteinsson**

 SMA 16 Snasi án SBS og SL 16 Snasi m/3% SBS - Bik 160/220
 Malbik frá stöð MHC

<i>Malbiks- gerð og holrúm</i>	<i>Próf- sneið</i>	<i>Yþp fyrir g</i>	<i>Yþp eftir g</i>	<i>Efnis- tap g</i>	<i>Rúm- þyngd* Mg/m³</i>	<i>Prall gildi ml</i>	<i>Meðal Prall ml</i>
SMA 16 Snasi							
SMA16 1,0 %rm	1A	551,0	512,5	38,5	2,565	15	
	2A	595,8	557,5	38,3	2,565	15	
	2B	587,2	550,1	37,1	2,565	14	
	3A	587,8	547,4	40,4	2,565	16	15
SMA16 2,4 %rm	4B	594,9	554,2	40,7	2,530	16	
	5A	585,0	545,5	39,5	2,530	16	
	5B	548,6	508,6	40,0	2,530	16	
	6B	558,1	517,1	41,0	2,530	16	16
SL16 Snasi m/ 3% SBS							
SL16 1,4 %rm	7A	574,2	530,6	43,6	2,549	17	
	8A	592,8	548,3	44,5	2,549	17	
	8B	590,7	541,7	49,0	2,549	19	
	9B	585,8	537,5	48,3	2,549	19	18
SL16 4,4 %rm	10A	562,4	520,9	41,5	2,473	17	
	10B	576,0	530,7	45,3	2,473	18	
	11B	569,3	522,7	46,6	2,473	19	
	12B	557,4	514,0	43,4	2,473	18	18

Aths.: Sneiðar voru hafðar í 5°C vatni yfir nótt en kranavatn við prófun var 7°C, en á að vera 5 ±1°C.

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



Rúmþyngdir sívalninga sem þjappaðir voru vegna slitþolsmælinga - Prall

Kaupandi: Malbikunarstöðin Hlaðbær Colas hf.
Umbjóðandi: Jón Smári Sigursteinsson

SMA16 Snasi og SL16 Snasi m/ 3% SBS
Malbik frá stöð MHC vegna Bústaðavegar 20. júlí 2011
Mælingar fyrir sögun

Hiti vatns, °C		23							
Rþ vatns, g/cm ³		0,9976							
Merki sív.	Þurrt sýni g	Sýni í vatni g	Ybb. sýni g	Ryður vatni g	Rúm- mál cm ³	Rúm- þyngd Mg/m ³	Meðal- rúmþ. Mg/m ³	Rþ. malbiks Mg/m ³	Hol- rúm rm%
SMA 16 Snasi									
S01	1266,0	775,6	1267,4	491,8	493,0	2,568			Stilling 4%
S02	1265,0	774,7	1266,2	491,5	492,7	2,568			
S03	1264,6	772,2	1265,2	493,0	494,2	2,559	2,565	2,592	1,0
S04	1214,1	736,7	1216,7	480,0	481,2	2,523			Stilling 8%
S05	1214,4	739,2	1216,4	477,2	478,3	2,539			
S06	1212,8	736,8	1215,3	478,5	479,7	2,529	2,530	2,592	2,4
SL16 Snasi m/ 3% SBS									
S07	1267,0	774,3	1268,2	493,9	495,1	2,559			Stilling 4%
S08	1265,4	769,2	1266,6	497,4	498,6	2,538			
S09	1266,4	771,8	1267,5	495,7	496,9	2,549	2,549	2,586	1,4
S10	1214,7	728,9	1217,2	488,3	489,5	2,482			Stilling 8%
S11	1214,9	724,3	1217,6	493,3	494,5	2,457			
S12	1215,0	729,3	1218,2	488,9	490,1	2,479	2,473	2,586	4,4

Rúmþyngd malbiks er skv. mælingu Hlaðbæjar-Colas.

Sívalningar voru þjappaðir í snúðþjöppu og var hún stillt á 65 mm hæð og holrúm 4 og 8%. Er þá reiknað frá rúmmáli sívalnings, þ.e. með yfirborðsholrúmi.



Þykkt sneiða af malbikssýnum
undirbúningur vegna Prall prófs

Merki	Þykkt, mm				Meðalþykkt, mm		Þvermál, mm		Meðalþvermál, mm	
	1	2	3	4	Meðaltal	Stfráv.	1	2	Meðaltal	Stfráv.
S01A	29,35	28,40	27,83	28,94	28,63	0,66	99,82	99,07	99,45	0,53
S01B	32,85	31,84	31,72	33,33	32,44	0,78	99,96	99,39	99,68	0,40
S02A	31,16	30,90	30,72	31,16	30,99	0,22	99,93	99,82	99,88	0,08
S02B	30,20	30,28	30,24	30,28	30,25	0,04	99,91	99,52	99,72	0,28
S03A	30,98	30,94	30,50	30,58	30,75	0,25	99,74	99,99	99,87	0,18
S03B	30,46	30,52	30,76	30,31	30,51	0,19	99,72	100,12	99,92	0,28
S04A	29,72	29,89	29,97	29,63	29,80	0,16	99,69	99,45	99,57	0,17
S04B	31,07	30,79	31,09	31,46	31,10	0,27	99,72	99,22	99,47	0,35
S05A	30,27	30,96	30,97	30,64	30,71	0,33	99,67	99,59	99,63	0,06
S05B	30,45	30,27	29,87	30,12	30,18	0,25	99,32	99,58	99,45	0,18
S06A	30,88	30,73	30,36	30,80	30,69	0,23	99,96	99,57	99,77	0,28
S06B	30,30	30,50	30,56	30,38	30,44	0,12	99,90	99,70	99,80	0,14
S07A	29,82	29,88	30,06	29,62	29,85	0,18	99,83	99,44	99,64	0,28
S07B	31,17	30,95	30,98	31,28	31,10	0,16	99,92	99,81	99,87	0,08
S08A	30,86	30,87	30,50	30,49	30,68	0,21	99,98	99,78	99,88	0,14
S08B	30,35	30,55	30,30	30,30	30,38	0,12	99,93	99,85	99,89	0,06
S09A	30,95	31,08	30,40	30,37	30,70	0,37	99,96	99,75	99,86	0,15
S09B	30,06	30,13	30,33	30,57	30,27	0,23	99,85	99,76	99,81	0,06
S10A	30,00	30,00	30,35	30,37	30,18	0,21	99,85	99,55	99,70	0,21
S10B	30,67	30,42	31,04	31,03	30,79	0,30	99,83	99,60	99,72	0,16
S11A	30,52	30,20	30,42	30,69	30,46	0,20	99,89	99,76	99,83	0,09
S11B	30,19	31,07	30,53	30,52	30,58	0,36	99,89	99,71	99,80	0,13
S12A	30,99	31,46	30,88	30,76	31,02	0,31	99,88	99,69	99,79	0,13
S12B	30,13	29,84	29,74	30,27	30,00	0,25	99,83	99,46	99,65	0,26
Meðalþykkt sneiða					30,52	0,71	Meðalþvermál		99,73	0,22
Mest	32,85	31,84	31,72	33,33	32,44	0,78	99,98	100,12	99,92	0,53
Minnst	29,35	28,40	27,83	28,94	28,63	0,04	99,32	99,07	99,45	0,06

Malbikunarstödin Hladbær-Colas
Gullhella 1
221 Hafnarfjörður

Færdigvareanalyse

Udskrevet: 15-11-2011

Produkt: AB SL 16 180+3%SBS

Fabrik: 97

Kunde: RVK-Borg

Sted: Bústaðarvegur

Recept: 23816-Z16

Analyse nr: 10467

Udtaget dato: 20-07-2011

Modt.dato: 20-07-2011

Signeret: JSS

Udtag.temp. 165

Klokken: 15:00

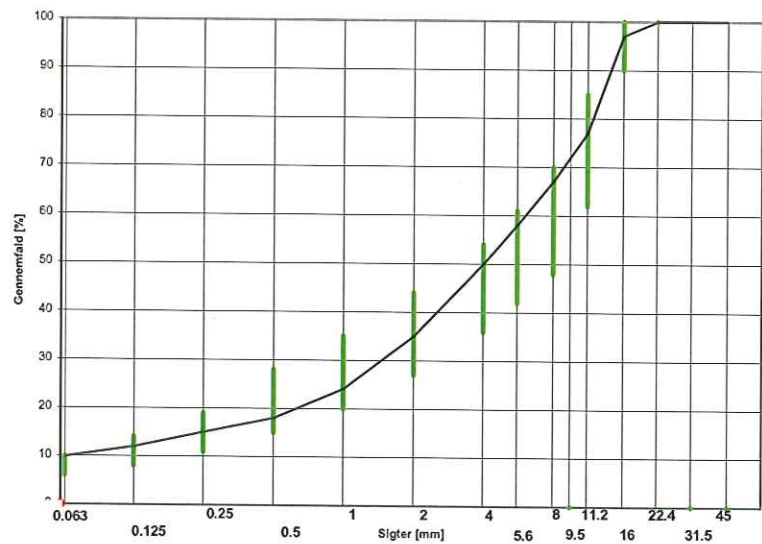
E-nr: 324

Fabriks ref. 97

Materialedata:	Resultat	Spec.	Min.	Max.	Analysemetode
Stendensitet, Mg/m ³	2,88				DS/EN 1097-6
Asfaltdensitet, Mg/m ³	2,519				DS/EN 12697-6
Hulrum, %	2,6		0,4	2,5	DS/EN 12697-8
Hulrum i sten, %	18,0				DS/EN 12697-8
Bitumenfyldning, %	86,0				DS/EN 12697-8
Vb/Vs	0,188				
Stabilitet, N	9300		7000		DS/EN 12697-34
Deform, mm	5,0		1,5	5,5	DS/EN 12697-34
Refleksionsfaktor					
K & R-genindv, C					DS/EN 1427
Bindemiddel indh. %	6,2	5,8	5,2	6,8	DS/EN 12697-34
Penetration, 1/10mm					Troxler model 4155
Maks. dens. Mg/m ³	2,586				DS/EN 12697-5
Stab/Deform N/mm	1872		1200		
Méla/Bik - Hlutfall	1,60		1,15	1,50	

Gennemfald %

Sigte mm	Resultat	Min.	Max.
45	100		
31,5	100		
22,4	100	100	100
16	97	90	100
11,2	77	62	85
9,5	72		
8	67	48	70
5,6	58	42	61
4	50	36	54
2	35	27	44
1	24	20	35
0,5	18	15	28
0,25	15	11	19
0,125	12	8	14
0,063	9,9	6,0	10,0



Analysemetode DS/EN 12697-2

Bemærkning: H11034: Y16 Snasi 3% SBS

Malbikunarstödin Hladbær-Colas
Gullhella 1
221 Hafnarfjörður

Færdigvareanalyse

Udskrevet: 15-11-2011

Produkt: AB SMA 16 160/220TPH

Fabrik: 97

Kunde: RVK-Borg

Sted: Bústaðarvegur

Receipt: 53810-Z11

Analyse nr: 10466

Udtaget dato: 20-07-2011

Modt.dato: 20-07-2011

Signeret: JSS

Udtag.temp. 160

Klokken: 11:00

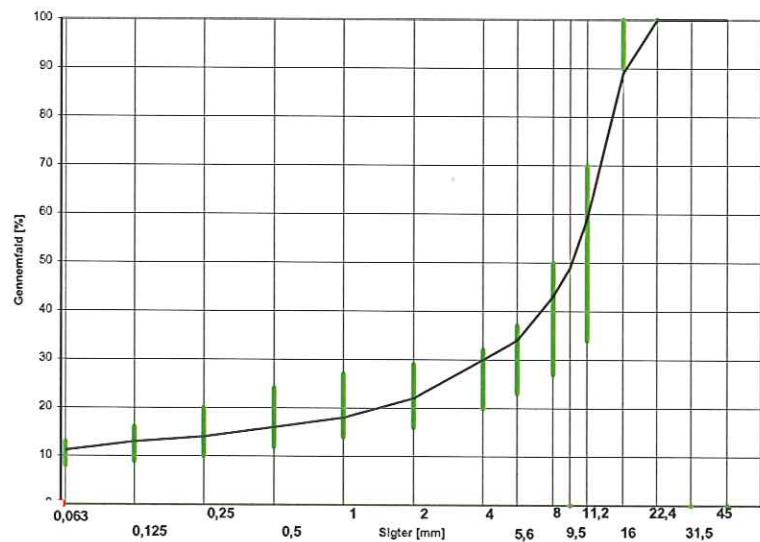
E-nr: 324

Fabriks ref. 97

Materialedata:	Resultat	Spec.	Min.	Max.	Analysemetode
Stendensitet, Mg/m ³	2,88				
Asfaltdensitet, Mg/m ³	2,530				
Hulrum, %	2,4		1,5	3,5	DS/EN 12697-8
Hulrum i sten, %	17,4				DS/EN 12697-8
Bitumenfyldning, %	86,0				DS/EN 12697-8
Vb/Vs	0,182				
Stabilitet, N	5900		5000		
Deform, mm	5,4		1,5	5,0	
Refleksionsfaktor					
K & R-genindv, C					
Bindemiddel indh. %	6,0	5,9	5,3	6,5	Troxler model 4155
Penetration, 1/10mm					
Maks. dens. Mg/m ³	2,592				DS/EN 12697-5
Stab/Deform N/mm	1099		1000		
Méla/Bik - Hlutfall	1,87		1,15	1,50	

Gennemfald %

Sigte mm	Resultat	Min.	Max.
45	100		
31,5	100		
22,4	100	100	100
16	89	90	100
11,2	59	34	70
9,5	49		
8	43	27	50
5,6	34	23	37
4	30	20	32
2	22	16	29
1	18	14	27
0,5	16	12	24
0,25	14	10	20
0,125	13	9	16
0,063	11,2	8,0	13,0



Analysemetode DS/EN 12697-2

Bemærkning: H11033: SMA16 Snasi

Borkjarnar / Bústaðarvegur (tvær malbikstegundir) 4,5 cm

Verkefni: Malbiksyfirlagnir í Reykjavík, 2011	Verktaki: Framkvæmda- og eignasvið Reykjavíkurborgar	Malbikssýni nr:	Lagt dags: 20.07.2011
Verknúmer: Vnr. - 324	Gerð malbiks 1) Y16 SMA Snasi / Uppskrift: 53810	Gæðaeftirlit: Mælt m/Troxler	Borað dags: 19.10.2011
Sveitarfélag: Reykjavík	Gerð malbiks 2) Y16 Snasi með 3% SBS / Uppskrift: 23816		Unnið dags: 20.10.2011
Gæðakröfur: Holrýmnd < 4% /// Stakir kjamar = 4,0 - 4,5% holrýmnd /// Einstök frávik frá ákveðinni þykkt < 10% (4,5 cm = 4,0 - 5,0 cm)			Skýrsla nr: 11 - 324
Hvað: Yfirlögn á Bústaðarveg.			Unnið af: Gisli Eymars.
Aths um staðsetningu borkjama: Borkjarnar BÚ 1 / BÚ 2 (SMA) 200 metra frá vesturenda útlagnar, akreín í austur, ytri hjólför.			10,00 cm í þvermál
Borkjarnar BÚ 3 / BÚ 4 (SBS) 20 metra vestan Tunguvegar, akreín í vestur, innri hjólför. Sjá mynd			

Staðsetning Borkjarna	Útlögð þann	Merki	Þurr þyngd g	Þyngd í vatni g	Rök þyngd g	Rúmþyngd g/cm ³	Max rúmþyngd g/cm ³	Holrýmnd í prósentum	Reiknuð þykkt í cm	Þversk-fliotur í cm ²	Mæld þykkt Sagaðir kj.	Athugasemdir
SMA Bústaðarvegur, Sjá mynd	20.7.2011	BÚ 1 sma	933,9	573,3	934,2	2,590	2,592	0,5%	4,6	78,5	4,7	
-	-	BÚ 2 sma	895,8	550,1	896,1	2,581	2,592	0,4%	4,4	78,5	4,6	
SBS Bústaðarvegur, Sjá mynd	20.7.2011	BÚ 3 sbs	879,2	537,4	879,8	2,560	2,588	1,0%	4,4	78,5	4,4	
-	-	BÚ 4 sbs	877,6	534,2	878,0	2,545	2,586	1,6%	4,4	78,5	4,5	

Athugasemdir:

	Meðaltal holrýmndar	Meðaltal mældrar þykktar í cm.	Meðaltal reikn. þykktar í cm.
Meðaltal	0,9%	4,5	4,4





K0412
Europe
1/10/2012

KRATON[®] D1101 A Polymer

Data Document

Identifier : K412DDe12E

Description

Kraton D1101 A polymer is a clear, linear block copolymer based on styrene and butadiene with bound styrene of 31% mass. It is supplied from Europe in the physical forms identified as follows in the grade nomenclature:

- D1101 AT - supplied as porous pellets dusted with talc
- D1101 AS - supplied as porous pellets dusted with amorphous silica
- D1101 ASM - supplied as powder dusted with amorphous silica
- D1101 AIM - supplied as powder dusted with calcium carbonate for supply to the North American market
- D1101 AU - supplied as porous pellets undusted

Kraton D1101 A polymer is used as a modifier of bitumen in roofing felt compounds, roads and pipe coating. It may also be suitable for use in formulating adhesives, sealants and coatings and in the modification of polymers.

Sales Specifications

Property	Test Method	Units	Sales Specification Range	Notes
Polystyrene Content	KM 03	%m	30.0 TO 32.0	
Vis, Sol (Toluene) 25.0%w @25C	KM 06	Pa.s	3.0 TO 5.0	
Total Extractables	KM 05	%m	≤ 1.0	
Antioxidant content	KM 08	%m	≥ 0.14	
Volatile Matter	KM 04	%m	≤ 0.3	
Ash (AU)	ISO 247	%m	≤ 0.2	
Ash (AS)	ISO 247	%m	≤ 0.4	
Ash (AT)	ISO 247	%m	≤ 0.4	
Ash (ASM)	ISO 247	%m	2.5 TO 5.0	
Ash (AIM)	BAM 908	%w	2.50 TO 4.50	

Typical Properties (These are typical values and may not routinely be measured on finished product)

Property	Test Method	Units	Typical Value	Notes
300% Modulus	ISO 37	MPa	2.9	b
Elongation at Break	ISO 37	%	880	b
Hardness, Shore A (30 sec)	ISO 868	Hardness, Shore A (30 sec)	72	a
Melt Flow Rate, 200°C/5kg	ISO 1133	g/10min.	< 1	
Tensile Strength	ISO 37	Mpa	33	b
Specific Gravity	ISO 2781		0.94	
Bulk Density	ASTM D 1895 method B	kg/dm ³	0.4	

a Measured on compression moulded slabs

b Measured on films cast from a solution in toluene

Packaging

Kraton Polymers are available in a number of different package types. For information specific to this grade, please contact your local Kraton Polymers representative.

(R) KRATON and the KRATON logo are trademarks owned by the KRATON Polymers Group of Companies

End Use Requirements

If the finished article is intended for use in food contact and packaging applications, toys, or human contact areas, manufacturers of the final product should observe all relevant regulations. Some of these regulations require tests to be carried out on the final product, e.g. migration. These are the responsibility of the final product manufacturer.

Information on the food packaging clearances of individual products is available from Kraton Polymers.

Medical Devices, Healthcare and Cosmetic Applications and Trademark Usage

Kraton Polymers' products should not be used in any devices or materials intended for implantation in the human body as defined by the U.S. Food and Drug Administration under 21 CFR 812.3(d) and 21 CFR 860.3(d). No customer of Kraton Polymers LLC and/or any of its direct or indirect subsidiaries ("Kraton Polymers"), or any other party, shall, without the express written consent of Kraton Polymers for each specific, individual application, be permitted to manufacture, use, sell, process, or otherwise supply, directly or indirectly, any Kraton Polymers Product, or any compound containing or made from any Kraton Polymers Product, in any of the following applications:

1. Cosmetics (exclusive of packaging or delivery applications);
 2. Drugs and other Pharmaceuticals (exclusive of packaging or delivery applications);
- and
3. Medical devices; provided, that any medical device that satisfies any one of the following definitions shall not be deemed to fall within the foregoing medical device restriction: (a) any medical device falling within the definition of either a Class I or Class II medical device, as defined in any federal law or regulation of the United States or Canada, or (b) any medical device falling within the definition of a Class I or Class II(a) medical device, as defined by any applicable regulation of the European Union or any member state thereof.

No customer of Kraton Polymers, or any other party, shall be permitted to use any of Kraton Polymer's trade names, trademarks, logos or other similar identifying marks or characteristics for the manufacture, sale, or promotion of its cosmetics, drugs, pharmaceutical products/materials, or medical devices.

Please contact your Kraton Polymers Sales Representative for more details before using our products in these specific applications.

Safety and Handling Precautions

Read the Safety Data Sheet carefully and thoroughly before beginning any work. Additional information relating to the health, safety, storage, handling and processing of Kraton Polymers products can be found in "Health and Safety Aspects of Kraton D and Kraton G Polymers" (Document K0155), available from your local Sales Representative or the company website. Kraton Polymers also recommends that customers or users consult other sources of safety information, for example, the current edition of the "Code of Practice on the Toxicity and Safe Handling of Rubber Chemicals," British Rubber Manufacturers Association Limited.

Kraton Polymers products and compounds can accumulate electrostatic charges when rubbed, chafed or abraded. Processing and storage equipment for use with Kraton Polymers products should provide a means of dissipating any charges that may develop.

When processing Kraton Polymers products, maintain a fire watch if the material reaches 225°C (437°F) for Kraton IR and Kraton D (polymers and compounds), and 280°C (536°F) for Kraton G (polymers and compounds). The temperatures listed above are indicated only for safety reasons (risk of fire and product degradation) and are not necessarily recommended for processing. Degradation of the polymer (polymer breakdown) will start at lower temperatures depending on the specific processing conditions. Therefore, operating below these temperatures does not guarantee the absence of product degradation.

Kraton Polymers products (the neat resin or the base product) are high molecular weight polymers which are non-toxic and biologically inactive.

Warranty

The information contained in this publication is, to the best of Kraton Polymers' knowledge, true and accurate, but any recommendations or suggestions that may be made are without guarantee, since the conditions of use and storage are beyond Kraton Polymers' control. The customer understands that it shall make its own assessment to determine the suitability of a Kraton Polymers product for a particular purpose. Further, nothing contained herein shall be construed as a recommendation to use any Kraton Polymers product in conflict with existing patents. All products purchased from or supplied by Kraton Polymers are subject to terms and conditions set out in the applicable contract, order acknowledgement and/or bill of lading. Kraton Polymers warrants only that its products will meet those specifications designated therein.

KRATON POLYMERS MAKES NO OTHER WARRANTY REGARDING ITS PRODUCT, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE; OR THAT THE USE OF SUCH INFORMATION OR KRATON POLYMERS PRODUCT WILL NOT INFRINGE ANY PATENT.

For Further Information

U.S.A Headquarters Kraton Polymers U.S LLC 15710 John F. Kennedy Blvd. Suite 300 Houston, Texas 77032 +1-800-4-KRATON (800-457-2866) info@kraton.com	Asia Pacific Rm 1601-03, Plaza 66, Phase 2 1266 West Nanjing Road Shanghai 200040, China +86 21 6289 6161	Europe, Middle East, Africa John M. Keynesplein 10 NL - 1066 EP Amsterdam The Netherlands +31 (0) 20 201 7697
---	---	--



Reykjavíkurborg



PMA malbik fyrir íslenskar aðstæður

Til að sporna við hjólfaramyndun og auka endingu malbiksslitlaga



PMA malbik (e: Polymer modified asphalt)

Eiginleikum bindiefnis í malbiki er breytt.

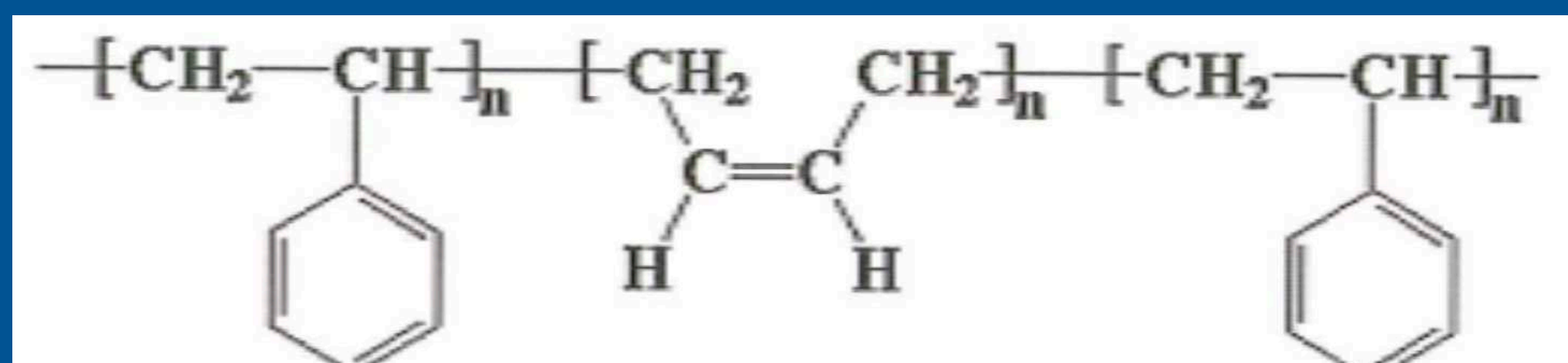
Ein leið til að búa til PMA malbik er íblöndun með SBS.

SBS (Styrene Butadiene Styrene)

- Plast-gúmmí fjölliður
- Upphaflega notað við framleiðslu á skósólum og hjólbörðum
- Hentar vel til að breyta eiginleikum biks

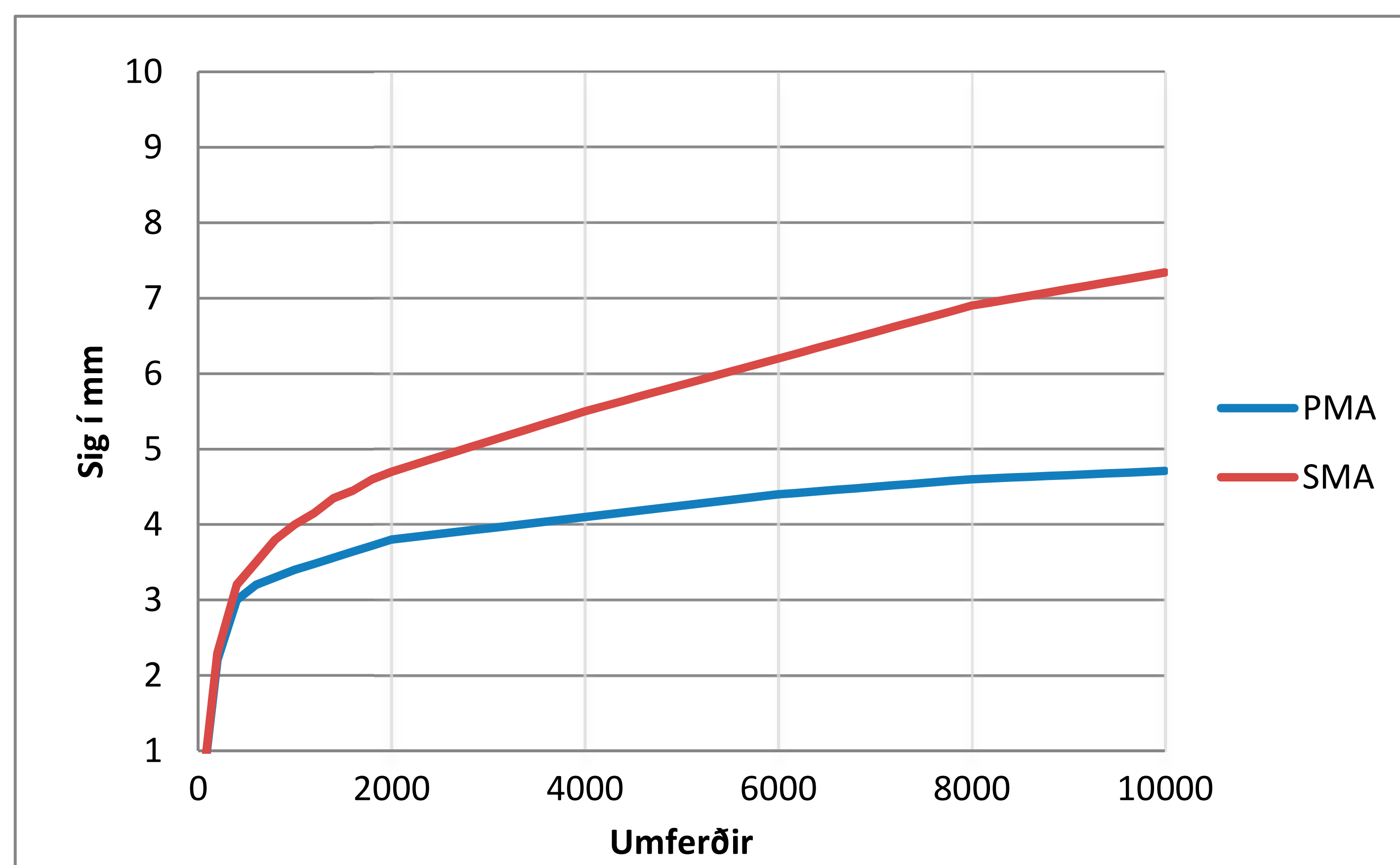
Helstu áhrif

- Malbik fær teygjanlega eiginleika
- Minnkar skrið
- Bætir öldrunar- og veðrunarþol

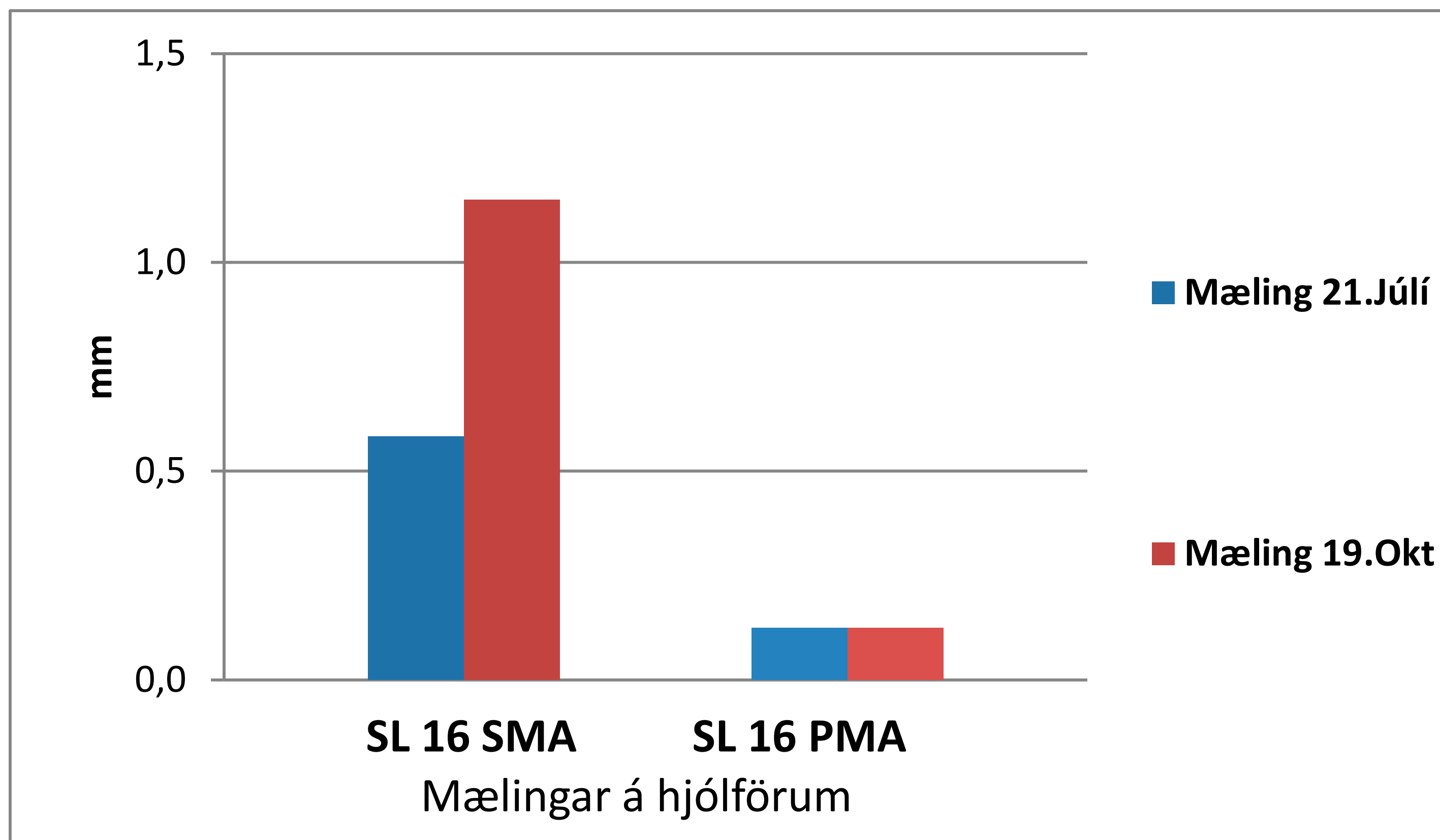


Helstu niðurstöður

Niðurstöður úr hjólfaraprófi



Meðaltal úr mælingum hjólfara á Bústaðavegi að lokinni útlögn og breyting á 3 mánaða tímabili



Hjólfarapróf

Hjólfarapróf (e: wheel track) framkvæmt hjá NMI sýnir mikinn mun á hjólfaramyndun í malbiki. Lagt var út hefðbundið SL16 SMA malbik og SL16 PMA malbik með SBS fjölliðum. Við tilraunirnar var notast við sömu steinefni og sama bindiefni, blandað og lagt út sama dag á Bústaðavegi í Reykjavík.

Niðurstöður úr mælingum með réttsskeið gefa sömu vísbendingar.

Sett hefur verið upp eftirlitsáætlun til að sjá hvaða áhrif vetrarumferð (nagladekk) hefur á þessar malbikstegundir.

Kostnaður

Reiknað er með að PMA malbik verði jafnvel ódýrara en SMA malbik sem mest hefur verið notað á umferðarþyngri vegi hér á landi. En gera má ráð fyrir að verðmunur á PMA malbiki og hefðbundnu malbiki verði aðeins 5-10%.

