



Malbiksrannsóknir 2014

Áfangaskýrsla VII



Pétur Pétursson
apríl 2015

INNGANGUR

Í þessari skýrslu er fjallað um niðurstöður malbiksprófana ársins 2014, svo og samanburður gerður við fyrri rannsóknir þegar það á við. Verkefnið snýst í grófum dráttum um rannsóknir á stífni, skriði, slit og vatnsnæmi malbiks, svo og áhrifum hitalækkandi efna á eiginleika malbiks. Segja má að verkefnið hafi verið tvískipt;

- 1) Frekari rannsóknir á notkun hitalækkandi efna í íslenskt malbik. Verkbátturinn, sem var unninn á vormisseri 2014, fólst í því að útbúa sýni (Marshall kjarna) með og án hitalækkandi efna. Framkvæmdar voru prófanir á malbiki með mismunandi hitalækkandi efnum (Sasobit, Leadcap og SonneWarmix auk samanburðarmalbiks á íblöndunarefna). MSc neminn Katrín Þ. Pálsdóttir (KPP) við Háskóla Íslands vann þennan áfanga verkefnisins og hefur gefið út ýtarlega skýrslu um niðurstöður sínar. Verkbátturinn var unnin í samstarfi við Malbikunarstöðina Höfða og VTI í Svíþjóð varðandi sýnagerð og prófanir, en einnig voru aðkeyptar prófanir frá NMÍ. Helstu prófanir voru stífnipróf (með og án vatnsáreitis), hjólfarapróf, slitpolspróf og vatnsnæmipróf. Auk þess fengust niðurstöður nokkurra hliðarprófana sem fylgja sýnagerð með Marshall aðferð, sem sagt mælingar á rúmþyngd, holrýmd, kornakúrfum og bindiefnisinnihaldi.

Þar sem þessi verkþáttur var að hluta til styrktur af þessu verkefni, sem sagt hjólfaraprófanir á NMÍ og útlagður kostnaður vegna prófana hjá VTI í Svíþjóð eru í þessari skýrslu birtar helstu niðurstöður MSc verkefnis KPP. Um er að ræða áhugaverðar niðurstöður og gott innslag í rannsóknir á íslensku malbiki sem fram hafa farið á undanförunum árum. Höfundur þessarar skýrslu leyfir sér að túlka niðurstöður prófana eftir sínu höfði og ber niðurstöður saman við fyrri rannsóknir ef því er að skipta. Þó ber að ítreka að verkefnið var unnið af Katrínu undir leiðsögn Sigurðar Erlingssonar hjá HÍ, þótt skýrsluhöfundur þessarar skýrslu hafi verið með í ráðum.

- 2) Þessi verkþáttur fólst í því að bæta við gagnasafn um skriðeiginleika íslensks malbiks. Áhersla var lögð á að ná betri og ódýrari sýnum úr götu en áður hafði verið gert héraendis, sem sagt malbikskjörnum sem eru 30 cm í þvermál. Slík sýnataka veldur minna raski en að saga plötur úr malbikinu og auk þess umfangsminni viðgerðum. Bornar voru saman niðurstöður hjólfaraprófa á söguðum plötusýnum og boruðum kjörnum úr völdum götum og auk þess borið saman við próf á sýnum sem þjöppuð höfðu verið á rannsóknastofu. Einnig var tekið eitt sýni (tvö hlutasýni) úr nýju malbiki á Bústaðavegi.

Contents

INNGANGUR.....	1
1 FYRRI ÁFANGAR.....	4
2 PRÓFUNARAÐFERÐIR.....	6
2.1 Hjólfarapróf.....	6
2.2 Prall slitþolspróf.....	7
2.3 Vatnsnæmipróf.....	8
2.4 Stífnipróf.....	9
3 PRÓFANIR OG NIÐURSTÖÐUR ÚR VERKÞÆTTI 1.....	11
3.1 Gerð sýna.....	11
3.1.1 Steinefni, kornakúrfa.....	11
3.1.2 Bindiefni og íblöndunarefni.....	12
3.2 Hjólfarapróf.....	13
3.3 Stífnipróf.....	15
3.4 Prall slitþolspróf.....	17
3.5 Vatnsnæmi - kleyfnitogþol.....	19
3.6 Samantekt.....	21
4 KJARNATAKA ÚR VEGI OG HJÓLFARAPRÓF.....	22
4.1 Undirbúningur.....	22
4.2 Sýnataka – borun.....	23
4.3 Hjólfaraprófanir – niðurstöður.....	27
4.4 Samantekt á norskum gögnum.....	31
5 ÁLYKTANIR.....	33
Heimildir, staðlar og ítarefni:.....	35
VIÐAUKI I Niðurstöður hjólfaraprófana.....	37

1 FYRRI ÁFANGAR

Á undanförunum árum hafa komið út skýrslur um rannsóknir á íslensku malbiki sem framkvæmdar voru með tækjabúnaði sem komið var upp á Nýsköpunarmiðstöð Íslands (NMÍ) og uppfyllir Evrópustaðla. Fyrsta skýrslan í þessum flokki hét *Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður* og kom út árið 2009. Í þessum fyrsta áfanga voru meðal annars gerðar mælingar á skriðeiginleikum sýna í hjólfaraprófi af SL malbiki (AC) sem tekin voru úr vegi með sögun, svo og samanburður á þeim sýnum og sams konar sýnum sem þjöppuð voru á rannsóknastofu með „roller compactor“. Í öðrum áfanga verkefnisins, sem áfangaskýrsla II frá 2010 fjallar um, var aftur tekið sýni úr vegi, að þessu sinni SMA malbik auk þess sem haldið var áfram að prófa hefðbundnar íslenskar malbiksgerðir. Á þessum tíma hafði Prall- slitþolstækið verið sett upp og voru sýni því bæði prófuð með tilliti til skrið- og sliteiginleika. Þriðja áfangaskýrslan í sama flokki kom út árið 2011 og má segja að í þeim áfanga hafi verið framhald á prófunum á hefðbundnum malbiksblöndum með tilliti til skrið- og sliteiginleika, aðallega á aðsendum sýnum, þjöppuðum á rannsóknastofu. Í mars 2012 kom svo út fjórða áfangaskýrsla þessa verkefnis, en í þeim áfanga var áhersla lögð á prófanir á áhrifum fínefnahluta og fínefnagerðar í malbiki á skriðeiginleika þess. Í fimmtu áfangaskýrslunni sem kom út í mars 2013 er fjallað um áhrif fínefnainnihalds og bikmagns á skriðeiginleika malbiks. Einnig er þar borin saman hönnuð holrýmd með Marshall aðferð og mæld holrýmd í sýnum sem prófuð höfðu verið með hjólfaraprófi. Þá er fjallað um slit- og skriðeiginleika malbiks sem tekið var út tilraunaköflum á Bústaðavegi í áfangaskýslu V og einnig könnuð áhrif frost/þíðu í saltlausn á slitþol malbikssýna. Áfangaskýrsla VI kom út í febrúar 2014, en þar er fjallað sérstaklega um mun á niðurstöðum hjólfaraprófana eftir því hvort sýni eru þjöppuð á rannsóknastofu eða söguð plötusýni úr götu. Þá eru teknar saman allar prófanir sem gerðar höfðu verið í hjólfarataekinu, holrýmdarmælingar tengdum þeim, fínefna- og bikinnihald, svo og niðurstöður allra Prall slitþolsprófa.

Auk þessara skýrslna um rannsóknir á íslensku malbiki kom út skýrsla um áhrif fjölliðubreyttra bikbindiefna á skrið- og sliteiginleika malbiks árið 2010 og var hún hluti af námsverkefni við Háskólann í Reykjavík (Ásgeir Rúnar Harðarson 2010). Þá kom út skýrsla um niðurstöður verkefnis sem fjallaði um áhrif bikgerðar (mælt með stungudýptarmælingu) á slit- og skriðeiginleika malbiks í mars 2011. Fleiri verkefni tengjast rannsóknnum á malbiki með nýjum prófunaraðferðum á síðustu árum, m.a. hefur Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas lagt út tilraunakafla og hafa sýni úr götu og gerð á rannsóknastofu verið prófuð m.a. með hjólfarataeki og Prall-slitþolstæki og gefnar út skýrslur. Þá hafa gögn fengist úr rannsóknaverkefnum sem tengjast endurvinnslu malbiks.

Verkefnið í heild sinni snýr að áframhaldandi rannsóknum á íslensku malbiki í víðum skilningi. Með tilkomu nýrra evrópskra 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. Einnig er unnt að hanna, þjappa og prófa nýjar blöndur malbiks, svo sem malbiks sem blandað er með fjölliðum (SBS) eða hitalækkandi efnum (Sasobit vaxi og Evotherm), en niðurstöður benda

til þess að fjölliður og vax geti bætt skrið- og sliteiginleika malbiks verulega (Ásgeir Rúnar Harðarson 2010, Arnþór Óli Arason & Pétur Pétursson 2011 og Pétur Pétursson 2013).

Helsti styrktaraðili verkefnisins Malbiksraunsoeknir 2014 er Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar, en auk þess hefur Reykjavíkurborg styrkt verkefnið. Þá hefur malbikunarstöðin Höfði tekið á sig kostnað vegna sýnagerða og prófana vegna MSc verkefnis KPP.

Í verkefnishópi sátu Arnþór Óli Arason og Hafsteinn Hilmarsson hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands, Gunnar Bjarnason hjá Vegagerðinni, Halldór Torfason hjá Malbikunarstöðinni Höfða, Sigþór Sigurðsson hjá Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas, Theodór Guðfinnsson hjá Reykjavíkurborg og Pétur Pétursson verkefnisstjóri. Auk þess Katrín Þ. Pálsdóttir og Sigurður Erlingsson hjá HÍ vegna meistaraverkefnis KPP sem fjallað er um í þessari skýrslu.

2 PRÓFUNARAÐFERÐIR

Í þessum kafla eru settar fram lýsingar á þeim prófunaraðferðum sem fjallað er um í skýrslunni. Sumar af þessum lýsingum á aðferðum hafa birst í fyrri áfangaskýrslum þessa verkefnis, en aðrar eru byggðar á lýsingum í MSc ritgerð KPP (Katrín Þuríður Pálsdóttir 2014).

2.1 Hjólfarapróf

Skriðpróf í hjólfarataeki, eða hjólfarapróf, eru hér gerð samkvæmt staðli ÍST EN 12697-22 Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt – Part 22: Wheel tracking, nánar tiltekið með litlu tæki (aðferð B) í lofti, en slíkt tæki er til staðar á NMÍ. Prófsýni geta verið hvort heldur tekin úr götu eða þjöppuð á rannsóknastofu. Tæki til þjöppunar á heitum malbikssýnum sem passa í hjólfarataekið er einnig til staðar á NMÍ og er það í samræmi við staðal ÍST EN 12697-33 Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt – Part 33: Specimen prepared by roller compactor. Þegar malbik er þjappað í þjöppunni er það hitað upp að því hitastigi sem hæfir bikgerðinni, vigtað og sett í mót, gjarnan 300 x 400 mm á kant. Þegar magn er ákvarðað er tekið mið af rúmþyngd malbiksins þannig að það nái ákveðinni þykkt, að teknu tilliti til holrýmdar að þjöppun lokinni. Þjöppunin felst í því að ávalur stálfótur leggst á sýnið og hnoðar það fram og aftur til að líkja eftir stáltromlu valta, sjá mynd 1 b). Farið er yfir sýnið alls tíu sinnum með 10 kN álagi á stálfótinn og tekur þjöppun hverrar plötu u.þ.b. 2 mínútur.

Hjólfaraprófið er gert í lokuðum, hitastýrðum skáp, sjá mynd 1 a). Malbiksplötu er komið fyrir í skápnum og hún látin standa í a.m.k. 4 klst. til að ná prófunarhitastiginu. Í prófinu er gúmmíhjól, sem er 200 mm í þvermál og 50 mm breitt, ekið fram og aftur eftir sýninu, alls 10.000 umferðir með 700 N álagi. Hjólið ekur samtals 230 mm í hvora átt á sýninu með hraðanum 26,5 umferðir á mínútu. Mælir skráir reglulega hjólfaradýpt á hverjum tíma. Hafður er stuðningur við hliðar og enda plötunnar meðan á prófun stendur. Samkvæmt prófunarstaðli skal í hverju prófi mæla tvö hlutasýni og gefa upp meðaltal þeirra. Hjólfarapróf voru gerð við 45°C, en það er lægsti leyfilegi prófhiti samanber töflu D.1 í viðauka D í staðli um gerðarprófanir á malbiki, ÍST EN 13108-20 Bituminous mixtures - Material specifications - Part 20: TypeTesting. Niðurstöður prófsins eru einkum þrenns konar; heildarhjólfaradýpi í mm eftir 10.000 umferðir (Total Rut Depth, TRD), hjólfaradýpt sem hlutfall af sýnisþykkt (Proportional Rut Depth, PRD) og hjólfaramyndun á hverjar 1000 umferðir, síðustu 5.000 umferðirnar (Wheel Tracking Slope (WTS)).



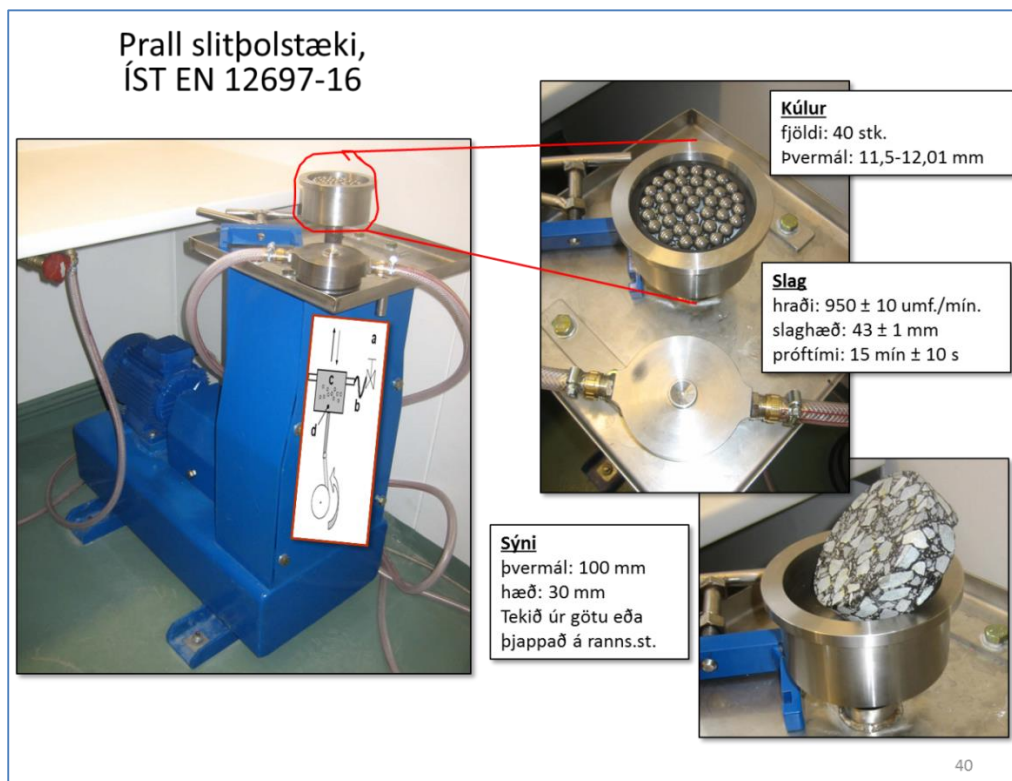
Mynd 1 a) og b) Hjólfaratæki og malbikspjappa

2.2 Prall slitpolspróf

Prall slitpolsprófið er ætlað til þess að meta slitpól malbiks gagnvart nagladekkjaáraun. Aðferðin er samkvæmt Evrópustaðli ÍST EN 12697-16. Prófið er gert þannig að í litlum stálhólki er komið fyrir sneið af malbiki sem er um 10 cm í þvermál og 3 cm þykk ásamt 40 stálkúlum sem eru 1,15 cm í þvermál. Á hólkinn er sett lok sem leyfir vatnsstreymi yfir sýnið, 2 l/mín af 5 +/- 1°C vatni. Tækið hristir síðan hólkinn upp og niður, 950 sveiflur/mínútu í 15 mínútur og er slaglengdin 4,3 cm. Þyngdartap sýna er mælt og síðan reiknað yfir í ml. Í hverju prófi eru prófuð fjögur hlutasýni og er Prall gildið meðaltal þeirra.

Í sneiðum sem gerðar eru úr borkjörnum er álagið sett á vegyfirborðið en í þeim sem sagaðar eru úr sívalningum þjöppuðum á rannsóknastofu, er áraunin sett á sagarfarið. Prallgildi eru því ekki alveg sambærileg milli sýna teknum úr götu og sýna útbúnum á rannsóknastofu.

Mynd 2 sýnir Prall-slitpólstæki og gefur auk þess upplýsingar um einstaka þætti sem viðkoma tækjabúnaði og prófi.



Mynd 2 Prall slitþolstæki

2.3 Vatnsnæmiþróf

Mæling á vatnsnæmi malbikskjarna felst í því að bera saman kleyfnibrotþol (e: indirect tensile strength) ómeðhöndlaðra sýna og sýna sem hafa verið geymd í vatnsbaði við ákveðnar aðstæður og reikna út hlutfall brotstyrks þess sýnis sem var vatnsmeðhöndlað af brotstyrk ómeðhöndlaðs sýnis. Sýnin eru meðhöndluð á þann hátt sem lýst er í ÍST EN 12697-12, aðferð A og síðan brotin í pressu samkvæmt verklýsingu í ÍST EN 12697-23. Prófinu er ætlað að gefa upplýsingar um þol malbiks gegn áraun vatns og gefur vísbendingu um viðloðun í malbikinu milli steinefna og bikbindiefna, svo og samloðun malbiksmassans.

Samkvæmt staðli er hægt að velja um fjórar þjöppunaraðferðir á sýnum til notkunar í vatnsnæmiþróf og auk þess má velja misstór sýni að þvermáli. Hérlandis er notuð Marshall þjöppun og kjarnar sem eru 100 mm í þvermál ef um gerðarprófanir er að ræða (e: Type testing). Útbúnir eru sex malbikssívalningar, þar sem sett eru 35 högg á hvorn enda með Marshall hamrinum. Sívalningarnir eru mældir og vegnir og þeim síðan skipt í tvo hópa, 3 hlutasýni í hvorum. Annar hlutinn er geymdur þurr við 20°C þangað til rétt fyrir próf. Sívalningarnir sem á að prófa eftir meðhöndlun eru vatnsmettaðir við undirþrýsting í 30 mínútur og rúmmál þeirra mælt. Ef rúmmál prófhlutar hefur aukist um tvö prósent eða meira er honum hafnað. Sívalningarnir eru síðan hafðir í vatnsbaði vegna vatnsmettunar við 30°C í 68 til 72 klst. ef um er að ræða bik með stungudýpt yfir 160/220, en fyrir harðara bik er vatnshitinn 40°C. Síðustu tvo tímána fyrir próf eða lengur er hiti allra sívalninganna færður að 25°C prófunarhita. Mynd 3 sýnir malbikskjarna sem hefur verið brotinn í pressu.



Mynd 3 Brotinn kjarni í pressu

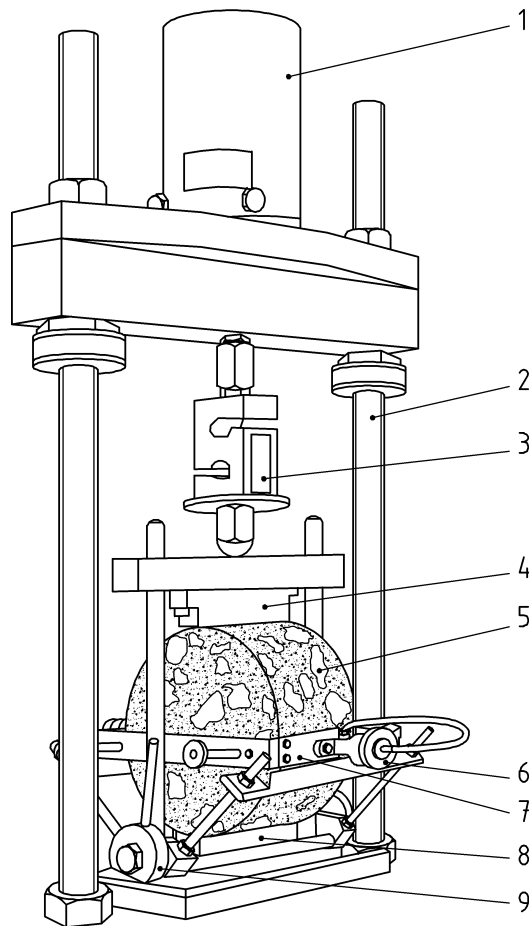
Reiknað er út styrkhluftall (e: Indirect Tensile Strength Ratio) votu sívalninganna og þeirra þurru skv. eftirfarandi jöfnu:

$$ITSR = 100 \times \frac{ITS_w}{ITS_d}$$

þar sem $ITSR$ er kleyfnitogþol í %, ITS_w er meðalbrotstyrkur vatnsmeðhöndlaðra sýna, kPa , og ITS_d er meðalbrotstyrkur ómeðhöndlaðra sýna, kPa .

2.4 Stífniþróf

Í staðli ÍST EN 12697-26: „Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 26: Stiffness“ er gefinn möguleiki á að mæla stífni með einum níu útfærslum. Í þessu verkefni var valin ein einfaldasta útfærslan, þ.e.a.s. svokölluð IT-CY aðferð (e: indirect tension to cylindrical specimens). Notast var við malbikskjarna, 10 cm í þvermál, sem útbúinn var með Marshall hamri og laminn 50 sinnum á hvorn enda. Stífniþrófin voru framkvæmd á VTI í Svíþjóð á sýnum sem útbúin voru hjá Malbikunarstöðinni Höfða. Mynd 4 sýnir dæmi um búnað til að mæla stífni með IT-CY aðferðinni.



Key

- | | | | |
|---|-------------------------|---|----------------------|
| 1 | Pneumatic load actuator | 6 | LVDT adjuster |
| 2 | Steel load frame | 7 | LVDT mounting frame |
| 3 | Load cell | 8 | Lower loading platen |
| 4 | Upper loading platen | 9 | LVDT alignment jig |
| 5 | Test specimen | | |

Mynd 4 Dæmi um uppstillingu IT-CY útfærslu á stífniþrófi úr staðli ÍST EN 12697-26

Í stuttu máli er malbikskjarninn lagður á hliðina ofan á málmstrimil sem er 12 mm í þvermál og lagaður þannig (e: concave) að kjarninn leggist ofan í hann (nr. 8 á mynd 4). Annar sams konar lagaður málmstrimill er settur ofan á kjarnann (nr. 4 á mynd 4) undir álgasselluna sjálfa (nr. 3 á mynd 4). Sett er sveifluálg á sýnið þar sem álagið varir í 0,1 s og sýnið hvílt undir 20 N grunnálagi í 2,9 s. Lárétt formbreyting sem verður á sýninu við álagið er mæld nákvæmlega með LVDT mæli (e: Linear Variable Differential Transformer). Samkvæmt viðauka C í prófunarstaðlinum má reikna með að Poissons hlutfallið sé 0,35 fyrir malbik og að því gefnu er stífistuðullinn reiknaður út með hliðsjón af því hlutfalli, láréttri færslu, krafti og þykkt sýnis. Ekki verður farið nánar út í fræðilega hluta prófsins, en bent er á að prófunarstaðallinn er ítarlegur hvað varðar mismunandi útfærslur á stífniþrófunum.

3 PRÓFANIR OG NIÐURSTÖÐUR ÚR VERKÞÆTTI 1

Eins og fyrr segir er þessi kafli unnin upp úr gögnum sem birt eru í meistararitgerð Katrínar Þ. Pálsdóttur (2014). Þó skal tekið fram að ekki eru birtar alveg allar niðurstöður hennar verkefnis, heldur það sem höfundi þessarar skýrslu þótt athygliverðast með tilliti til rannsókna á íslensku malbiki almennt. Verkefnið í heild sinni snéri að áhrifum íblöndunarefna á efniseiginleika íslensks malbiks, þar sem bornar voru saman malbiksgerðir sem voru að öllu leyti eins fyrir utan að ein gerðin var án íblöndunarefnis en þrjár gerðir með mismunandi íblöndunarefnum. Íblöndunarefnin voru af gerðunum Sasobit, LeadCap og SonneWarmix. Það sem fjallað er um hér á eftir er gerð sýna og niðurstöður prófana á stífni, skriði, slitþoli og vatnsnæmi. Það skal áréttað að KPP vann að því að útbúa sýnin og prófa þau síðar að öllu leyti utan þjöppunar á plötum í hjólfarapróf (með sérstökum stálfæti) og svo hjólfaraprófið sjálft sem framkvæmt var á NMÍ.

3.1 Gerð sýna

Sýnin voru sett saman og hrærð í lítilli hrærivél á rannsóknastofu malbikunarstöðvarinnar Höfða og notað steinefni og bindiefni frá þeim. Útbúnir voru malbikssívalningar með þjöppun með Marshall hamri í öll prófin nema hjólfaraprófið.

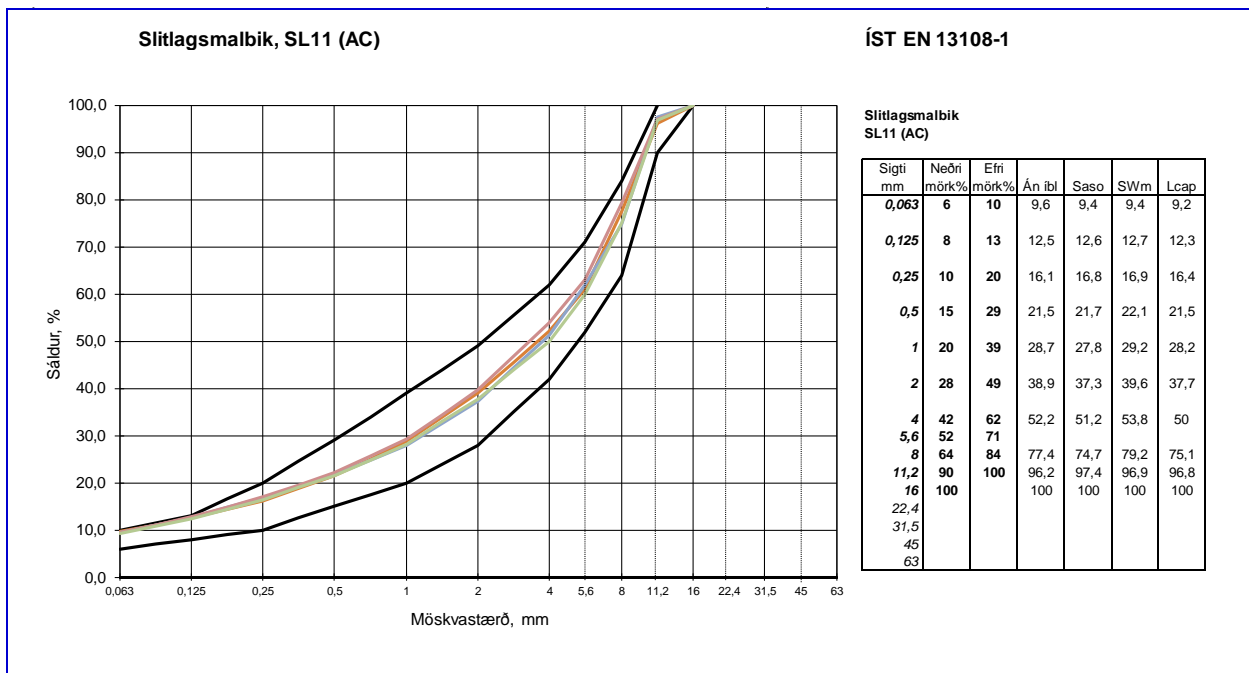
3.1.1 Steinefni, kornakúrfa

Valið var að útbúa SL11 malbik og að hafa steinefnakúrfuna innan þeirra marka sem lögð eru til í leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur (Vegagerðin 2015). Til þess að svo yrði voru settir saman þrír stærðarflokkar í ákveðnum hlutföllum við hönnun kúrfunnar. Tafla 1 sýnir helstu þætti varðandi hönnun kornakúrfunnar.

Tafla 1 Helstu þætti varðandi hönnun kornakúrfunnar

Steinefni, mm	Náma	Magn, %	Fínefni, %
Perla 8/11	Seljadalur	37	2,5
Salli 0/8	Seljadalur	47	13,3
Sandur 0/8	Björgun	16	1,0
Hönnuð blanda		100	7,3

Eins og sjá má á töflunni var stefnt á 7,3 % fínefni, sem væri þá við neðri mörk markalína fyrir SL11 malbik. Auk þess var ákveðið að stefna á 6,0 % bindiefniefnismagn í blöndunum. Þar með hefði hlutfallið fínefni/bindiefni verið 1,2, en í leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur (2015) er lagt til að þetta hlutfall sé á bilinu 1,15 til 1,5. Þegar kornakúrfa og bindiefnismagn raunverulegra malbiksblanda var könnuð kom í ljós að fínefnamagnið var talsvert hærra en stefnt var að, eða frá 9,2 upp í 9,6 % eða við efri mörk markalína, sjá mynd 5.



Mynd 5 Kornakúrfur malbiksblendanna, mældar á raunverulegum blöndum

Eins og myndin sýnir eru kornakúrfurnar nánast allar eins og eflaust innan skekkjumarka sigtunar. Að vísu getur munað allt að 5 einingum á hæsta og lægsta gildi á 4 mm og 8 mm sigti, en annars er mun minni munur. Það er því tæpast ástæða til að ætla að sú aðferð sem notuð var við skömmtun, blöndun og hrærslu malbiks hafi valdið mun á kornadreifingu sýna sem aftur hefði getað haft áhrif á niðurstöður prófana.

3.1.2 Bindiefni og íblöndunarefni

Stungudýpt þess biks sem notað var í verkefninu mældist PG 72, sem sagt við neðri mörk PG 70/100 biks sem ákveðið hafði verið að nota. Bindiefnisinnihald mældist heldur hærra en stefnt var að, eða frá 6,05 upp í 6,28 %, þó innan þess magns sem lagt er til í leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur. Hlutfall fínefnis og bindiefnis er um og yfir 1,5, sem er þá um og rétt yfir ráðlögðu hlutfalli. Holrýmd malbiksins mældist í lægri kantinum eða frá 0,2 upp í 1,0 %. Hæst mældist holrýmdin í malbiksblöndunni með SonneWarmix, eða 1,0 %, 0,9 % í blöndunni án íblöndunarefna, 0,6 % með LeadCap og 0,2 % með Sasobit.

Þess ber að geta að ákveðið hafði verið að nota þau hlutföll af íblöndunarefnum sem framleiðandi lagði til og því ekki notað sama magn. Þannig var ákveðið að nota 3 % (þunga biks) af Sasobit, 1,5 % af LeadCap og 1,0 % af SonneWarmix. Hugsanlegt er að mismiklir skammtar af íblöndunarefnum hafi áhrif á þjöppun með Marshallhamri og þar með holrýmd. Að minnsta kosti þjappast malbik með Sasobit lang mest og þar á eftir með LeadCap, en SonneWarmix þjappast svipað og blandan án viðloðunarefna og virðist þá 1 % af því efni ekki bæta þjöppun við þær aðstæður sem voru í þessu verkeni.

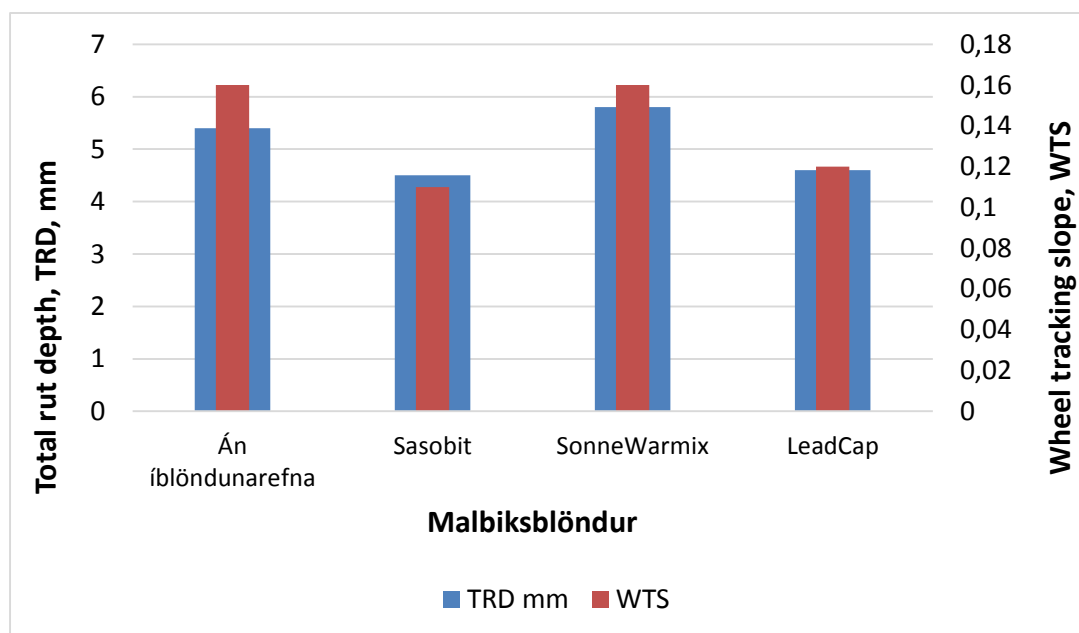
3.2 Hjólfarapróf

Hjólfaraprófið var gert á NMÍ á plötum sem þar voru þjappaðar í sérstakri þjöppu eins og lýst er í kafla 2 hér að framan. Niðurstaða prófsins er meðaltal gilda sem fást á tveimur plötum. Helstu niðurstöður eru settar fram í töflu 2, þ.e.a.s. heildarhjólfaramyndun í mm (e: Total Rut Depth, TRD) og hjólfaramyndun eftir hverjar 1000 umferðir á síðustu 5000 umferðunum. Einnig eru sýndar holrýmdarmælingar, annars vegar á Marshall sýnum og hins vegar á sýnum sem söguð eru úr plötum í hjólfarapróf. Eins og sjá má eru holrýmdargildin heldur hærri ef mælt er úr plötu og reyndar mun hærri í tilfalli LeadCap. Ekki er þó sýnilegt samband milli holrýmdar og hjólfaramyndunar í þessari rannsókn (Katrín Þuríður Pálsdóttir 2014), ekki frekar en sýnt var í áfangaskýrslu VI um malbiksrannsóknir 2013 (Pétur Pétursson 2014)

Tafla 2 Niðurstöður mælinga í hjólfaraprófi og holrýmdarmælingar

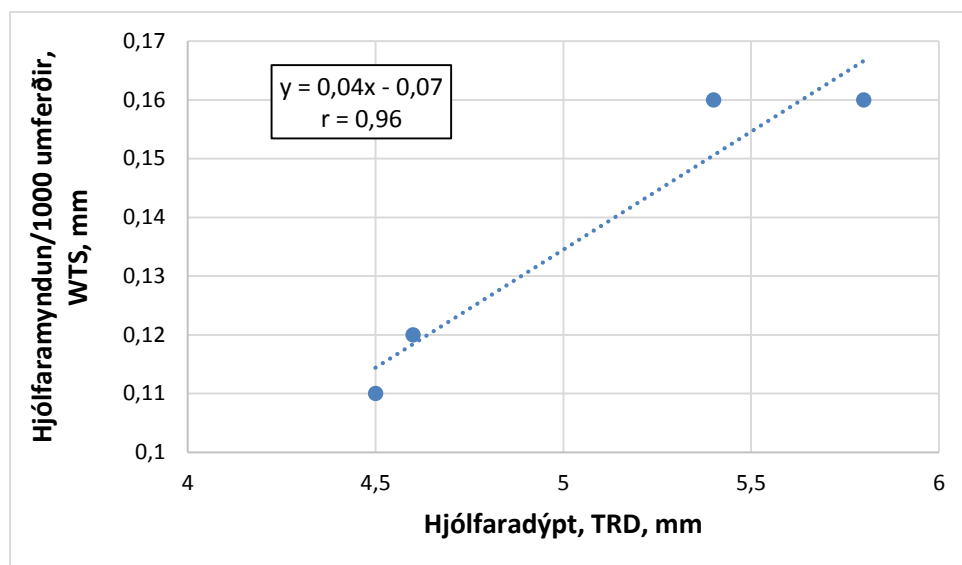
Malbiksblanda	TRD, mm	WTS, mm	Holrýmd Marshall, %	Holrýmd plötur, %
Án íblöndunarefna	5,4	0,16	0,9	1,0
Sasobit	4,5	0,11	0,2	0,4
SonneWarmix	5,8	0,16	1,0	1,3
LeadCap	4,6	0,12	0,6	1,2

Taflan sýnir að heildarhjólfaramyndun er í öllum tilfellum undir 6 mm, en það þarf ekki að koma á óvart, enda um hart grunnbik að ræða. Reyndar var önnur platan með malbiksblöndunni með SonneWarmix yfir 6 mm í heildarhjólför, þótt meðaltalið lægi undir 6 mm. Hvað sem öðru líður virðast bæði 3 % Sasobit og 1,5 % LeadCap hafa jákvæð áhrif á skriðmótstöðu malbiks, hvort heldur er litið til TRD eða WTS. SonneWarmix virðist engin áhrif hafa, nema jafnvel til hins verra, sjá mynd 6.



Mynd 6 Niðurstöður hjólfaraprófana á malbiki með og án íblöndunarefna

Það er áhugavert að skoða sambandið milli TRD og WTS eins og gert var í samantekt um malbiksraunir 2013, sjá mynd 7.



Mynd 7 Sambandið milli TRD og WTS

Eins og sjá má er sambandið sterkt, en auðvitað einungis fjórir punktar á bak við það. Áður hafði þetta samband fengið jöfnuna $y = 0,05x - 0,12$ fyrir allt íslenskt malbik sem prófað hafði verið þá, sem er nokkuð svipað þessu sambandi, en reyndar á mun víðara sviði.

Að lokum er ekki úr vegi að skoða gögn um norskar kröfur um skrið í nýútgefinni handbók N200 og skoða hvernig þessar malbiksblöndur myndu raðast inn í þær kröfur. Í leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisraunir og efniskröfur er eftirfarandi umfjöllun:

Ekki hafa enn verið settir fram kröfuflokkar sem byggja á umferðarmagni fyrir hjólfarapróf. Í handbók N200 frá júní 2014 er tafla 603.2 á bls. 314 með kröfum um skrið í hjólfaraprófi. Í töflunni hér fyrir neðan eru norsku kröfurnar fyrir skrið í hjólfaraprófi sýndar til fróðleiks. Tekið skal fram að Norðmenn prófa við 50°C 20 cm kjarna (þvermál) sem teknir eru úr vegi, en héraendis eru prófuð sýni við 45°C sem þjöppuð eru á rannsóknarstofu. Bent skal á að mismunandi útfærsla prófsins milli landa virðist leiða til þess að íslensk gildi verði nokkuð hærri en norsku gildin, þótt ekki sé útilokað að munur á malbikinu hafi þar líka áhrif. Raunir á skriðeiginleikum íslensks malbiks benda til að hægt sé að framleiða malbik með heildarskrið 5-6 mm ef notað er hart bik og jafnvel enn minna ef auk þess eru notaðar fjölliður, allt niður í 3,5 til 5 mm. Lægsta gildi sem mælst hefur með íslensku aðferðinni á íslensku malbiki er 2,4 mm í heildarskrið, en það malbik var með 3 % Sasobit íblendi.

Norskar kröfur um skrið	Árdagsumferð, ÁDU				
	<1500	1500-3000	3000-5000	5000-10000	>10000
% skrið af lagþykkt	-	20	12	7	5
Umreiknað heildarskrið TRD, mm*	-	10	6	3,5	2,5

* Heildarskrið (Total Rut Depth) miðað við 50 mm þykkt malbikslag

Eins og fram kemur í ofangreindum texta leiðbeininganna uppfyllir íslenskt malbik almennt ekki ýtrustu kröfur Norðmanna, en hugsanlegt er að kerfisbundinn munur á útfærslu prófsins sé til staðar. Þar fyrir utan má benda á að allar fjórar malbiksblöndurnar koma í raun vel út í hjólfaraprófinu ef miðað er við fyrri prófanir á íslensku malbiki almennt. Megin ástæða þess er eflaust að bikið sem notað var er tiltölulega hart samkvæmt stungudýptarmælingu (PG 72), en slíkt bik hefur alltaf komið vel út í hjólfaraprófi, hafi það verið þjappað á rannsóknastofu. Því er full ástæða til að íhuga enn og aftur hvort ástæða sé til að nota hart bik í enn meira mæli en nú er gert.

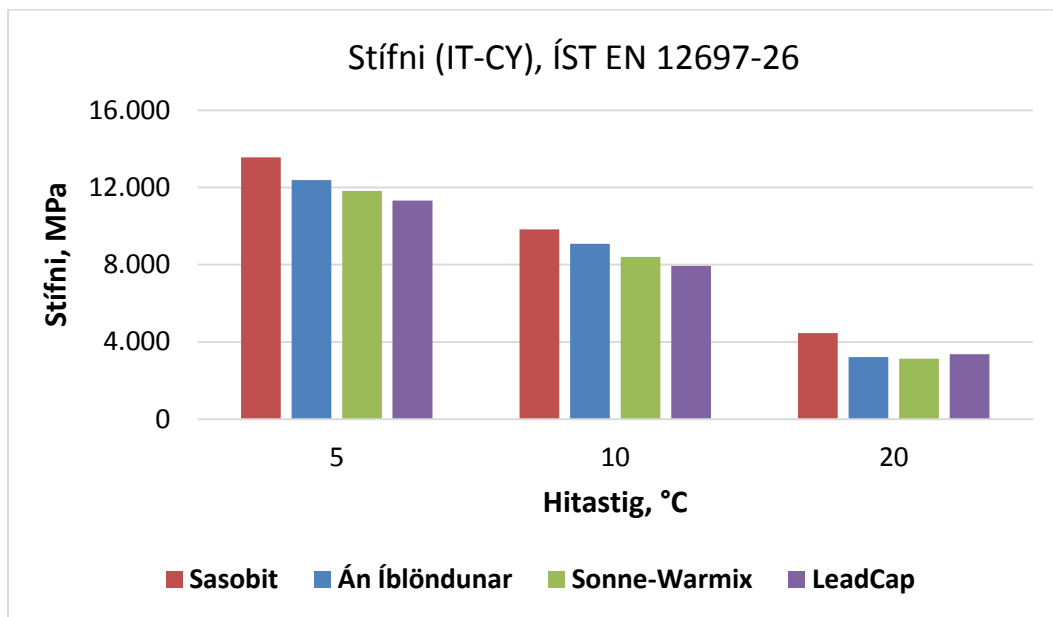
3.3 Stífnipróf

Stífniprófin voru framkvæmd á VTI í Svíþjóð á sýnum sem útbúin voru með Marshall hamri hjá Malbikunarstöðinni Höfða. Niðurstöður eru settar fram í töflu 3.

Tafla 3 Niðurstöður stífni mælinga á malbiksblöndum við mismunandi hitastig

Hitastig, °C	Stífni MPa, malbiksblöndur			
	Án Íblöndunar	Sasobit	SonneWarmix	LeadCap
5	12.388	13.566	11.816	11.328
10	9.078	9.828	8.400	7.942
20	3.217	4.458	3.137	3.361

Taflan sýnir að stífni er á bilinu 11000 til 13500 MPa við 5°C, 8000 til 10000 við 10°C og 3000 til 4500 við 20°C. Mynd 8 sýnir stífni malbiksblanda við mismunandi hitastig, raðað eftir stífni við 5°C.



Mynd 8 Stífni malbiksblanda við mismunandi hitastig

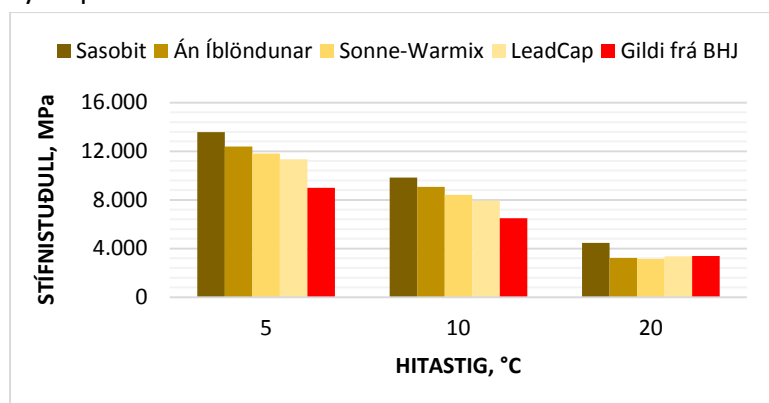
Það er greinilegt að stífnin er mjög háð hitastigi eins og við var að búast, en einnig að íblöndunarefnin hafa mismikil áhrif á stífnieiginleikana. Þannig hefur malbiksblandan með Sasobit mesta stífni við öll mæld hitastig, næst kemur blandan án íblöndunarefna, en SonneWarmix og LeadCap blöndurnar eru ekki eins stífar. Þetta á við um mælingar við 5 og 10°C, en við 20°C er varla marktækur munur á stífni, nema að Sasobit blandan virðist enn vera áberandi stífari en hinar blöndurnar. Þess má geta að tengsl milli niðurstaðna stífniprófs og hjólfaraprófs er ekki sterk, þótt malbiksblandan án íblöndunarefna, með Sasobit og SonneWarmix raði sér nánast á beina línu. Ástæðan er sem sagt sú að LeadCap blandan sem er með minnsta stífni, kemur næst best út úr hjólfaraprófinu, en það er gert við 45°C. Því má velta fyrir sér hvort LeadCap malbiksblandan, sem mælist heldur stífari við 20°C en blandan með SonneWarmix og sú án íblöndunarefna, hafi betri stífnieiginleika með auknu hitasigi. Ekki er þó hægt að fullyrða um það, en skriðeiginleikar og stífni eru þættir sem ættu að vera háðir hvor öðrum á einhvern hátt.

Reiknuð hefur verið út að stífni dæmigerðs SL16 malbiks með PG 160/220 biki geti verið um 6500 MPa við 10°C (Sigurður Erlingsson 2012). Út frá því hafa stífnistuðlar við mismunandi hitastig verið reiknaðir, sjá töflu 4 (Birkir Hrafn Jóakimsson 2014).

Tafla 4 Dæmigerður stífnistuðull malbiks við mismunandi hitastig (BHJ 2014)

T	E_T
[°C]	[MPa]
5	8996
10	6500
15	4696
20	3393
25	2452

Það er áhugavert að bera þessi gildi saman við mæld gildi sem fengust í þessu verkefni. Mynd 9 sýnir þann samanburð.



Mynd 9 Samanburður á stífnistuðlum þessa verkefnis og því sem birt var í skýrslu BHJ 2014

Eins og sjá má eru gildin frá BHJ lægri en gildi þessarar rannsóknar við 5 og 10°C eins og vænta má þar sem stungudýptin er PG 180 (SE 2012) í fyrra tilfellinu en PG 72 í því seinna. Reyndar hefði líklega mátt reikna með meiri mun í stífnistuðli þar sem stungudýptarmunurinn er þetta mikill. Við 20°C er munur á stífnistuðli hverfandi, fyrir utan malbiksblönduna með Sasobit íblöndun, sem er stífast. Því virðast stífnistuðlar með og án íblöndunarefna í þessu verkefni vera fremur lágir við 20°C miðað við svipaða stífni með mun mýkra biki.

Í ungverskri rannsókn (Z Puchard & A Gorgenyi 2012) var hefðbundin malbiksblanda af SL11 með biki með stungudýpt PG 50/70 (ekki ósvipuð þeirri sem prófuð var í þessari rannsókn, þó með aðeins harðara biki) var stífnistuðullinn mældur. Þar kemur fram að stífnistuðull mælist yfir 7000 MPa við 20°C og yfir 10000 MPa við 15°C. Tekið er fram að um sé að ræða „high modulus asphalt“, en ungverskar stífnikröfur fyrir slíkt malbik eru > 7000 MPa við 20°C. Ekki verður farið nánar út í mat á stífni íslensks malbiks, en fróðlegt væri að gerðar yrðu frekari mælingar á stífni til að auka þekkingu á eiginleikum þess malbiks sem notað er hérlandis.

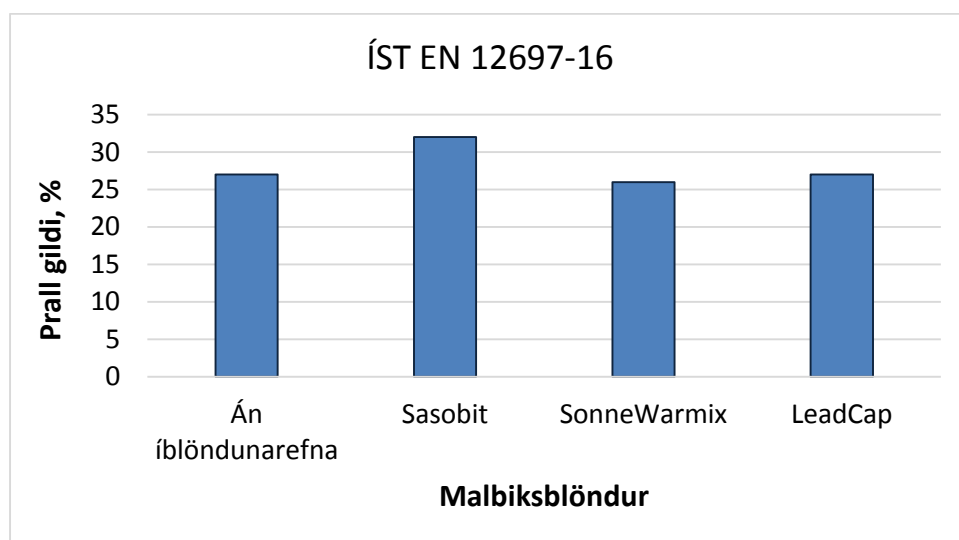
3.4 Prall slitpolspróf

Prall slitpolsprófin voru gerð hjá VTI í Svíþjóð á kjörnum sem útbúnir voru með Marshall hamri hjá Malbikunarstöðinni Höfða (KPP 2014). Niðurstöður, sem sagt meðaltal fjögurra hlutasýna, má sjá í töflu 5.

Tafla 5 Niðurstöður Prall slitpolsprófa

Malbiksblanda	Prall gildi, ml
Án íblöndunarefna	27
Sasobit	32
SonneWarmix	26
LeadCap	27

Slitpolsgildin liggja á bilinu 26 til 32 ml og ef litið er til munar á hlutasýnum (KPP 2014), verður að teljast líklegt að malbiksblandan með Sasobit skeri sig marktækt úr með hæsta slitpolsgildið og þar með mesta slitið. Mynd 10 sýnir niðurstöðurnar.



Mynd 10 Niðurstöður Prall slitpolsprófa á malbiksblöndunum fjórum

Í leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur (2015) eru settar fram eftirfarandi upplýsingar um norskar kröfur um slitpól malbiks, eftir umferðarmagni, mælt með Prall aðferðinni.

Í handbók N200 frá júní 2014 er tafla 603.4 á bls. 314 með kröfum um slit í Prall-prófi. Í töflunni hér fyrir neðan eru norsku kröfurnar fyrir slit í Prall prófi sýndar til fróðleiks. Hér á landi hafa íslenskar malbiksgerðir mælst með slit frá um 10 og upp í 28 ml. Malbik með 11 mm steinefni og þar að auki með steinefni með slitpól yfir A_N10 mælist með Prall gildi >20 ml, en malbik með 16 mm slitsterku steinefni mælist með Prall gildi á bilinu 10 til 20 ml. Norsku kröfurnar virðast því síst of strangar fyrir íslenskt malbik og er vægasta kröfugildið mun hærra en mælst hefur í íslensku malbiki.

Norskar kröfur um slitpól	Árdagsumferð, ÁDU				
	<1500	1500-3000	3000-5000	5000-10000	>10000
Prall gildi, ml	-	36	28	25	22

Ef norsku gildin væru í gildi hérlendis mætti nota blöndurnar án íblöndunarefnis, með SonneWarmix og með LeadCap fyrir umferð allt að 5000 ÁDU, en blönduna með Sasobit fyrir umferð allt að 3000 ÁDU.

Það vekur athygli að öll mæld gildi í þessari rannsókn eru í hærrí kantinum miðað við þau gildi sem áður hafa verið mæld héraendis, en einungis tvö gildi sem mæld hafa verið héraendis áður eru með slitþolsgildi yfir 25 ml. Þau sýni voru með steinefnum sem eru talsvert veikari en Seljadalsefnið sem notað var í þessari rannsókn, sem sagt Hólabrú og Björgun. Einnig ber að geta þess að langoftast hafa verið prófuð sýni með 16 mm steinefni (PP 2014), en í þessari rannsókn var 11 mm steinefni. Þær fáu mælingar með 11 mm steinefni sem fyrir lágu voru allar í hærrí kanntinum. Hvað sem því líður er sýnt fram á það hér að malbik með 11 mm steinefni er ekki eins slitsterkt og malbik með 16 mm steinefni, auk þess að Sasobit íblöndunarefni virðist hafa neikvæð áhrif á slitstyrk malbiks.

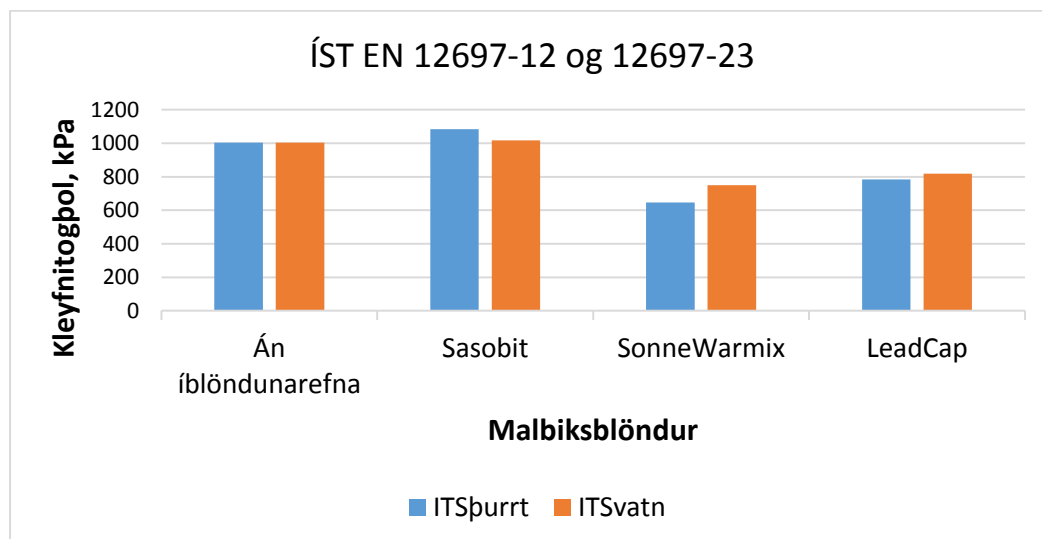
3.5 Vatnsnæmi - kleyfnitogþol

Vatnsnæmiþróf voru gerð á kjörnum sem útbúnir voru með Marshall hamri sérstaklega fyrir þetta próf, en þeir fá 35 högg á hvorn enda í stað 50 högga. Niðurstöður eru gefnar sem hlutfallslegur munur á kleyfnitogþoli (ITS í kPa) þurra kjarna og vatnsmeðhöndlaðra kjarna (ITSR), sjá töflu 6.

Tafla 6 Kleyfnitogþol malbiksblöndna og hlutfallslegur munur á þurrum og vatnsmeðhöndluðum

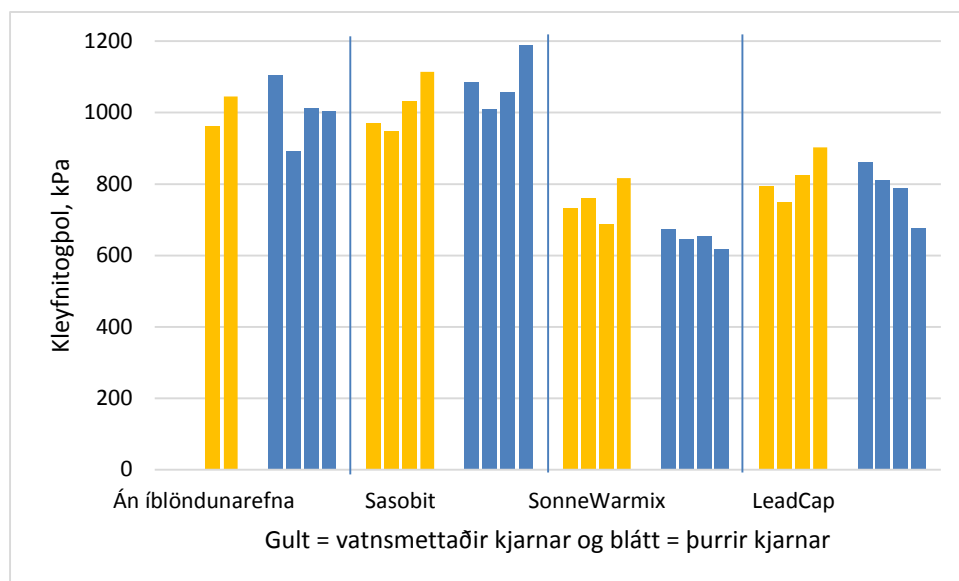
Malbiksblöndun	ITS _{þurrt}	ITS _{vatn}	ITSR, %
Án íblöndunarefna	1003	1004	100
Sasobit	1084	1017	94
SonneWarmix	647	749	116
LeadCap	784	818	104

Taflan sýnir að hlutfallslegur munur virðist varla vera marktækur, a.m.k. ætti vatnsmeðhöndlun sýna ekki að auka kleyfnitogþol þeirra, heldur þvert á móti. Hins vegar má ætla að kleyfnitogþol, hvort heldur þurrt eða vatnsmeðhöndlað sé mismunandi eftir malbiksblöndum, sjá mynd 11.



Mynd 11 Niðurstöður kleyfnitogþolsprófana, meðaltalsgildi

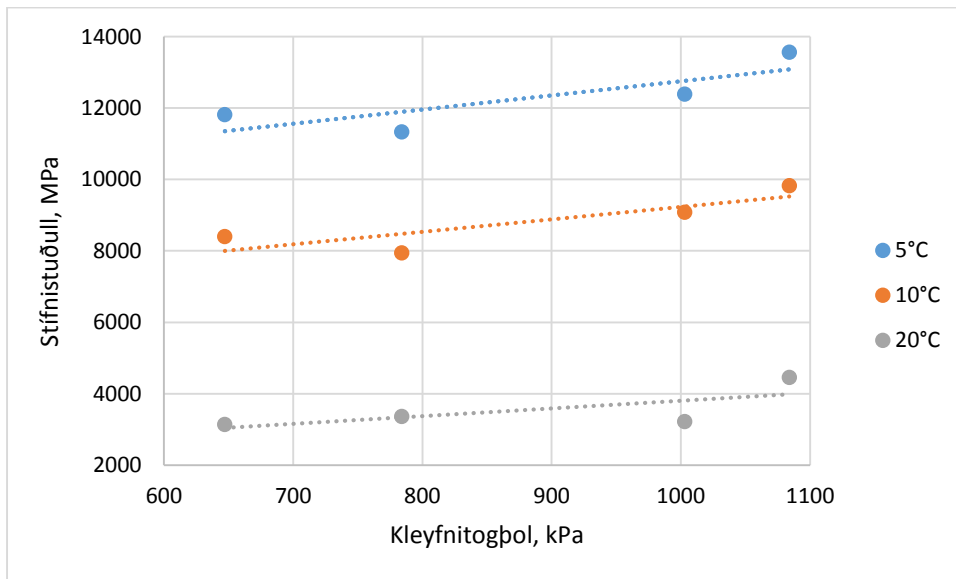
Ef skoðuð eru einstök gildi á bak við meðaltalið er augljóst að tölurverður munur getur verið á milli hlutasýna fyrir hverja malbiksgerð, sjá mynd 12.



Mynd 12 Niðurstöður kleyfnitogþolsmælinga á öllum hlutasýnum malbiksblendanna

Það sést á myndinni að þurr og vatnsmettuð gildi innan sömu malbiksblöndunnar geta verið ýmist hærri eða lægri á hvorn veginn sem er, nema í blöndunni með SonneWarmmix þar sem þurru gildin eru öll lægri en vatnsmettuðu gildin. Ekki er hægt að fullyrða að það sé tilviljun, en það er afar sérstakt að vatnsmeðhöndluð sýni hafi herra togþol en ómeðhöndluð sýni. Líklegt má telja að malbiksýnin hafi verið það þétt á heildina litið að vatnsmeðhöndlun hafi ekki náð að hafa teljandi áhrif á kleyfnitogþol.

Það er ekki úr vegi að líta á mæld gildi, óháð hlutfallinu ITSR, en sjá má á mynd 12 að blöndurnar án íblöndunarefna og með Sasobit mælast með styrk nálægt 1000 kPa, en blöndurnar með SonneWarmmix og LeadCap eru nálægt 700 til 800 kPa. Þar sem sýni í vatnsnæmiprófi og sýni í stífniþrófi fá álag á hliðina, þótt ólíkt sé, var prófað að skoða tengsl niðurstaðna með þessum tveimur prófum, sjá mynd 13.



Mynd 13 Tengsl niðurstaðna úr kleyfnitogþolsprófi og stífniþrófi

Myndin sýnir að ákveðin tengsl virðast vera fyrir hendi, þótt þau nái ekki að vera marktæk með 95 % líkum. Fylgnistuðullinn r er þó yfir 0,8 þegar stífniþrófið er við 5 og 10°C og um 0,7 við 20°C. Kleyfnitogþolið gefur því ákveðna hugmynd um hvort stífni er líkleg til að vera há eða lág, en kemur auðvitað á engan hátt í stað stífniþrófs. Hlutfall kleyfnitogþols ITSR í þessari rannsókn gaf hins vegar ekki niðurstöður sem hægt var að byggja á, en prófið er að mörgum talið gallað, sérstaklega gerð sýna eins og fram kemur hjá KPP (2014).

3.6 Samantekt

Þær prófanir og niðurstöður sem Katrín Þuríður Pálsdóttir aflaði og birti í meistararitgerð sinni (KPP 2014) hafa reynst koma að góðum notum sem innlegg í rannsóknir á íslensku malbiki, sem staðið hafa yfir undanfarin ár. Sýnt er fram á að Sasobit og LeadCap íblöndunarefni draga úr hjólfaramyndun vegna skriðs miðað við malbik án íblöndunar, jafnvel þótt notað hafi verið hart bik (PG 70/100) í verkefninu. SonneWarmix hefur hins vegar neikvæð áhrif ef eitthvað er. Að vísu var notað mismikið magn af íblöndunarefnum samkvæmt upplýsingum frá framleiðenda og getur það haft áhrif á niðurstöðurnar. Sasobit íblöndun virðist einnig hafa jákvæð áhrif á stífnieiginleika miðað við blöndu án viðloðunarefna við öll hitastig sem prófuð voru. Það á hins vegar ekki við um hin íblöndunarefni, þótt LeadCap rétti sig af við 20°C.

Ekki er að sjá að íblöndunarefni hafi áhrif á slitþol malbikssýnanna, nema Sasobit sem veldur að því er virðist meira sliti en hinar blöndurnar. Hugsanlegt er að aukin stífni Sasobit malbiksins valdi því að bikbindiefnið er stökkara en hinar gerðirnar við lágt hitastig (~6°C) og brotni því frekar og auki þar með slitið í prófinu. Varðandi vatnsnæmiþrófið má segja að sýnin hafi ekki hentað til að fá marktækan mun á hlutfallinu ITSR, þau hafi verið of lokuð til að vatn hefði teljandi áhrif á kleyfnitogþolið. Hins vegar virðist mismunandi þurr styrkur í kleyfnitogþoli endurspegla að einhverju leyti stífnieiginleika malbiksins.

4 KJARNATAKA ÚR VEGI OG HJÓLFARAPRÓF

4.1 Undirbúningur

Eins og fram kemur í áfangaskýrslu VI um Malbiksrannsóknir (PP 2014) höfðu hjólfarapróf á malbiki sem sagað var úr götu ávallt komið ver út en á sams konar malbiki sem útbúið var á rannsóknastofu. Munurinn gat verið mismikill, en var áberandi meiri í malbiki með mjúku biki (PG 160/220), en með hörðu biki (PG 70/100). Malbik með mjúku biki sem sagað var úr götu gat fengið 12 til 18 mm hjólfaradýpt í prófinu en sýni úr sams konar blöndum sem þjappað var á rannsóknastofu fékk 4 til 8 mm hjólfaradýpt. Holrýmdarmælingar á sýnum sem söguð eru úr mældum plöttum í hjólfaraprófi gáfu ekki til kynna að munur væri á holrýmd sýna úr götu og sýna sem þjöppuð voru á rannsóknarstofu. Því var mismunandi holrýmd sýna ekki til skýringar á því að sýni úr götu mældust með meiri hjólför en sambærileg sýni sem þjöppuð voru á rannsóknastofu.

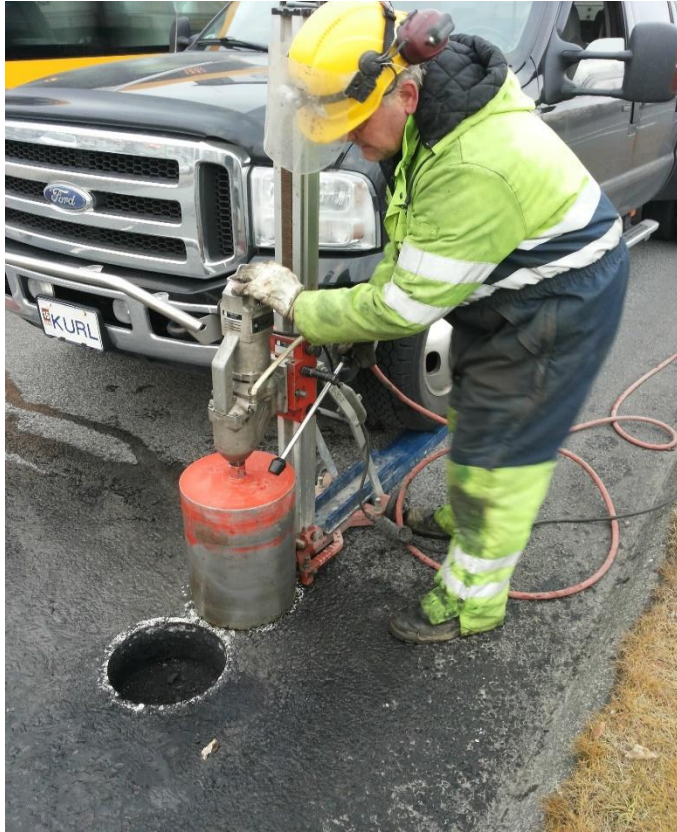
Ekki var vitað hvað olli þeim mikla mun sem mælist í hjólfaraprófi á malbiki með mjúku biki, annars vegar úr vegi/götu og hins vegar þjappað á rannsóknastofu. Með öðrum orðum má segja að ekki var vitað hvort sýni tekin úr vegi eða sýni þjöppuð á rannsóknastofu endurspegluðu betur skriðeiginleika malbiks með mjúku biki (PG 160/220). Grunur lék á að sýnatakan sjálf og meðhöndlun þeirra þar á eftir gæti hugsanlega valdið veikleika gagnvart skriði án þess að hægt væri að sýna fram á það.

Á fundi verkefnishópsins í júní 2014 var samþykkt að í þessum áfanga verkefnisins yrði lögð áhersla á að ná betri og ódýrari sýnum úr götu í hjólfarapróf en áður hafði verið gert hérlendis, sem sagt malbikskjörnum sem eru 30 cm í þvermál. Slík sýnataka veldur minna raski en að saga plötur úr malbikinu og auk þess umfangsminni viðgerðum. Áhugavert þótti að bera saman niðurstöður hjólfaraprófa á plötum og kjörnum úr völdum götum, en einnig að prófa sýni úr nýju malbiki og var verkefnistjóra falið að standa að undirbúningi sýnatökunnar. Fyrst þurfti að finna verktaka sem gæti og vildi vinna að borun á malbiki og eftir talsverða eftirgrennslan tók Birgir Ingvason hjá Kurl ehf að sér að sjá um sýnatöku. Reykjavíkurborg ákvað að taka á sig kostnað við umferðarmerkingar og viðgerðir á malbiki í samstarfi við Malbikunarstöðina Höfða og auk þess að kosta vanan eftirlitsmann frá verkfræðistofunni Eflu, Bergþóru Kristinsdóttur.

Til að unnt væri að prófa kjarna sem eru 30 cm í þvermál í hjólfaratækinu þurfti að láta smíða mót eða ramma utan um kjarnana við prófun og var samið við LogoFlex ehf um smíðina á mótí úr akrílpласти (plexigleri). Óskað var eftir tilboði hjá Steinsmiðju S Helgasonar um snyrtingu kjarna, sem sagt sögun í 50 mm þykkt, en þeir höfðu í fyrri áföngum snyrt sagaðar plötur á sama hátt. Loks var óskað tilboðs hjá NMÍ um prófanir á snyrtum malbikskjörnum, en reiknað var út að verkefnið réði við að taka 10 kjarna og láta prófa þá í hjólfaraprófi, sem sagt af fimm köflum.

4.2 Sýnataka – borun

Mynd 14 sýnir uppstillingu við borun. Sjá má að annar kjarninn hefur verið tekinn og verið er að bora hinn kjarnann. Þungi bílsins er notaður til að fergja niður boröxulinn svo að ekki komi slag á borkrónuna



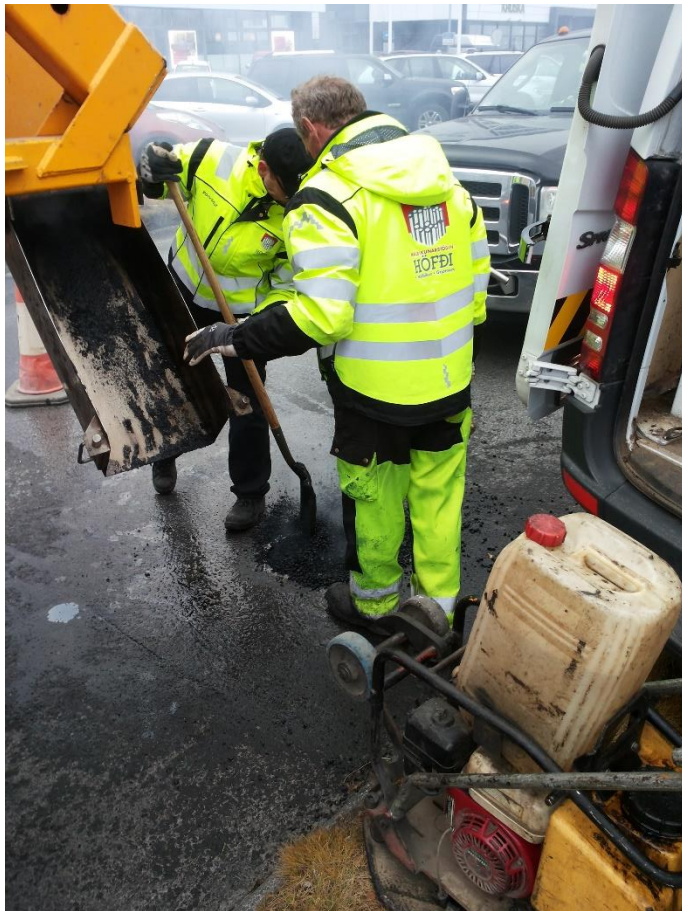
Mynd 14 Uppstilling við kjarnatöku úr malbiki.

Nokkuð auðveldlega tókst að ná kjörnum upp, en þeir voru nokkuð þungir, enda fylgdu eldri lög malbiks með og gat þykktin verið 15 cm. Stundum fylgdi kjarninn með í borkrónunni þegar borinn var hífður upp og þá voru engin vandamál að ná honum. Ef kjarninn kom ekki upp í krónunni var notast var við stór skrúfjárn og þess háttar til að mjaka sýnunum upp. Norðmenn hafa látið smíða sívalning sem hægt er að setja utan um kjarnan og herða svo að, sjá mynd 15 a) og b) (Lerfald 2007). Hugsanlega verða kjarnarnir fyrir minna hjaski á þann hátt sem Norðmenn gera.



Mynd 15 a) og b) Búnaður til að ná upp þungum malbikskjörnum

Eftir að hlutasýnin tvö höfðu verið tekin upp var fyllt í holurnar með viðgerðarmalbiki sem haldið var heitu á staðnum, sjá mynd 16.



Mynd 16 Heitu malbiki hellt í holurnar eftir borun

Eftir að malbik hafði verið sett í holurnar var þjappað yfir með jarðvegsþjöppu, sjá mynd 17.



Mynd 17 Malbik þjappað í kjarnaholurnar með jarðvegsþjöppu

Til greina kæmi að þjappa viðgerðarmalbikið á annan hátt til dæmis með vélknúnum hamri, eins og sýndur er í skýrslu Norðmanna (Lerfald 2007), sjá mynd 18.



Mynd 18 Holur fylltar með viðgerðarmalbiki og þjappað með hamri í nokkrum lögum

Ekki skal lagt mat á það hér hvor viðgerðaraðferðin hentar betur, en hins vegar er ljóst að sýnataka með kjarnabor veldur mun minna raski og minni viðgerð en sú aðferð að saga út plötur eins og gert hafði verið áður. Mynd 19 sýnir umfang viðgerða eftir sögun (til hægri) og kjarnatöku (til vinstri).



Mynd 19 Viðgerð á malbiki eftir sögun (til hægri) og kjarnatöku (til vinstri)

4.3 Hjólfaraprófanir – niðurstöður

Tekið var neðan af kjörnunum í steinsmiðju, þannig að þykkt hvers kjarna var 50 mm. Til að unnt væri að prófa kjarnana í hjólfaratækinu þurfti að smíða mót til að styðja við sýnið, skv. staðli, sjá mynd 20 af uppstillingu kjarna í hjólfaratækinu.



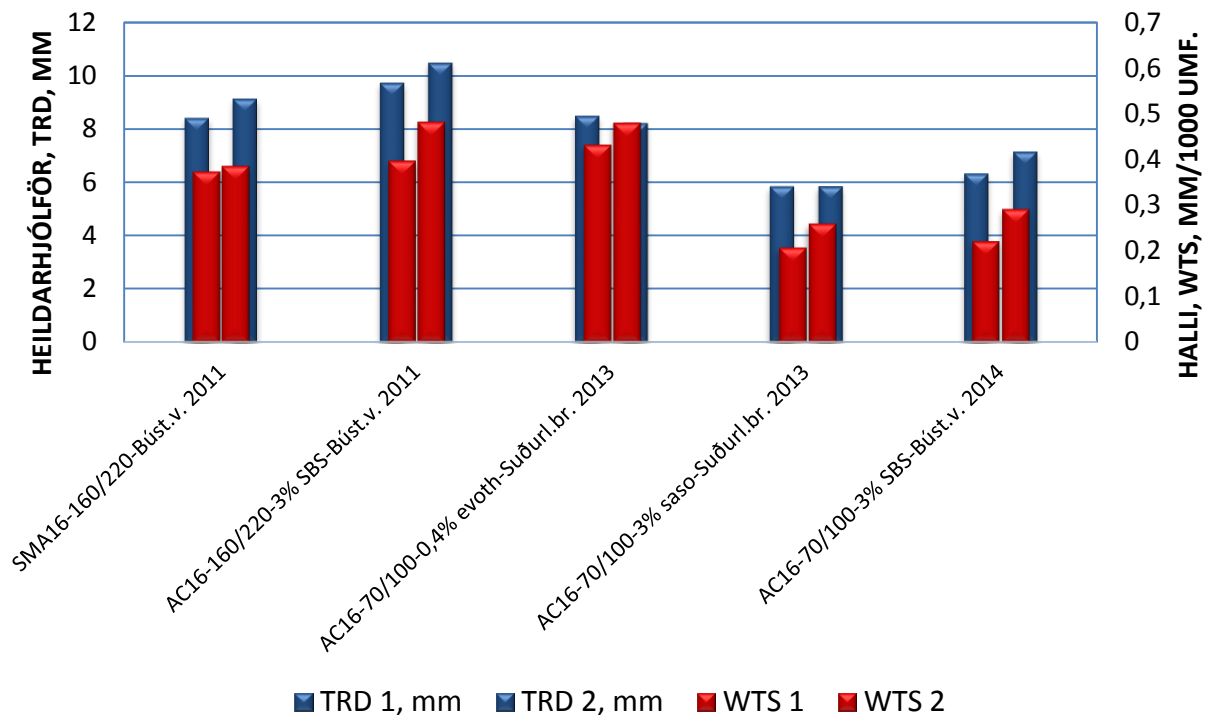
Mynd 20 Kjarni í akrilplastmóti í hjólfaratækinu

Niðurstöður hjólfaraprófana á kjarnasýnunum sem tekin voru sumarið 2014 á fimm stöðum má sjá í töflu 7.

Tafla 7 Niðurstöður hjólfaraprófa á tveimur hlutasýnum malbikskjarna

Malbiksgerð	TRD 1, mm	TRD 2, mm	WTS 1	WTS 2	Steinefni	Útlagnarár
SMA16-160/220-Búst.v. 2011	8,42	9,14	0,374	0,386	Snasi	2011
AC16-160/220-3% SBS-Búst.v. 2011	9,74	10,49	0,398	0,482	Snasi	2011
AC16-70/100-0,4% evoth-Suðurl.br. 2013	8,5	8,23	0,432	0,48	Seljadalur	2013
AC16-70/100-3% saso-Suðurl.br. 2013	5,86	5,85	0,208	0,26	Seljadalur	2013
AC16-70/100-3% SBS-Búst.v. 2014	6,34	7,15	0,222	0,292	Seljadalur	2014

Í töflunni stendur TRD fyrir heildarhjólfaramyndun (mm) og WTS stendur fyrir hjólfaramyndun síðustu 5000 umferðirnar í mm/1000 umferðir. Mynd 21 sýnir niðurstöðurnar á tveimur hlutasýnum sem prófuð voru af hverjum stað.



Mynd 21 Niðurstöður hjólfaraprófa á tveimur hlutasýnum frá hverjum stað

Eins og sjá má á myndinni er yfirleitt tiltölulega lítil munur á niðurstöðum prófana á tveimur hlutasýnum. Það kjarnapar sem kemur best út í hjólfaraprófinu er AC16 með biki PG 70/100 og 3 % Sasobit sem lagt var á Suðurlandsbraut sumarið 2013. Næstbest er sams konar malbik sem lagt var á Bústaðavegin 2014, en með 3 % SBS í stað Sasobit. Hinar gerðirnar þrjár eru á nokkuð svipuðu róli þegar prófaðir eru kjarnar sem teknir eru úr götu. Á fjórum af þessum malbiksgerðum höfðu áður verið prófuð sýni sem þjöppuð voru á rannsóknastofu annars vegar og söguð sýni úr malbikinu á sama stað og kjarnarnir voru teknir.

Eins og fram hafði komið í umfjöllun í áfangaskýrslu VI (PP 2014) um mun á skriðeiginleikum malbiks sem þjappað var á rannsóknastofu annars vegar og sagað úr götu hins vegar kom eftirfarandi fram:

- Malbikssýni sem þjappað er á rannsóknastofu kemur undantekningalaust betur út í hjólfaraprófi (minni hjólfaramyndun) en sambærilegt malbik sem tekið er úr götu.
- Malbikssýni úr götu með hörðu biki (PG 70/100) mælist með minni hjólfaramyndun en malbikssýni úr götu með mjúku biki (PG 160/220).
- Bæði SBS fjölliður og Sasobit vax virðast minnka skrið malbikssýna sem þjöppuð eru á rannsóknastofu umtalsvert.
- Malbikssýni með mjúku biki sem tekin eru úr götu hafa hingað til fegnið heildarhjólför yfir 12 mm, óháð því hvort um er að ræða SL (AC) eða SMA malbik, svo og hvort þau innihalda SBS eða Sasobit.

Í skýrslunni voru þó settir fram tveir þætti sem hugsanlega gætu skýrt þennan mismun, þótt engar beinar mælingar eða rannsóknir lægju þar að baki:

a) útlagnarvélin og titurvaltar breyti legu steina í malbikinu sem eru flögóttir þannig að malbikið eigi auðveldara með að skriða. Malbiksþjappan á NMÍ hefur engan titring en malbiksvaltar hafa öflugan titring og útlagnarvélin hnífa sem gætu hugsanlega breytt legu steinflísa (miðað við sýni þjöppuð á rannsóknastofu)

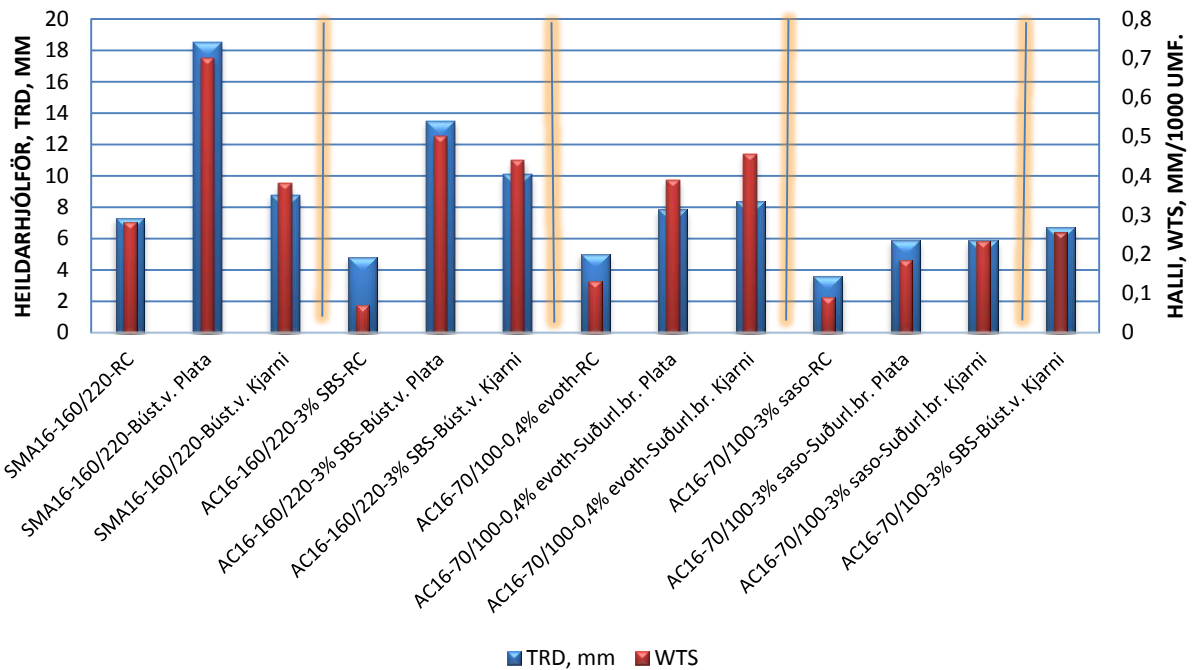
b) að bindiefnið harðni meira við gerð og meðhöndlun sýna á rannsóknastofu en í malbikunarstöð og útlögn. Hugsanlegt er að súrefni komist betur að heitu bindiefni við hrærslu og þjöppun á rannsóknastofu en í hrærslu á stórum slöttum í malbikunarstöð, flutningi á stórum förmum og útlögn sem gengur tiltölulega hratt fyrir sig.

Tafla 8 sýnir meðalhjólframmyndun í sýnum sem þjöppuð eru á rannsóknastofu (RC), tekin úr götu með sögun (Plata) og boruð úr götu (Kjarni). Auk þess eru niðurstöður meðaltals tveggja borkjarna sem teknir voru úr malbiki sem lagt var sama ár (2014).

Tafla 8 Samanburður á niðurstöðum hjólfaraprófa á mismunandi sýnum

Malbiksgerð	TRD, mm	WTS	Steinefni	Útlagnarár
SMA16-160/220-RC	7,3	0,28	Snasi	2011
SMA16-160/220-Búst.v. Plata	18,5	0,7	Snasi	2011
SMA16-160/220-Búst.v. Kjarni	8,78	0,38	Snasi	2011
AC16-160/220-3% SBS-RC	4,8	0,07	Snasi	2011
AC16-160/220-3% SBS-Búst.v. Plata	13,5	0,5	Snasi	2011
AC16-160/220-3% SBS-Búst.v. Kjarni	10,1	0,44	Snasi	2011
AC16-70/100-0,4% evoth-RC	5,03	0,13	Seljadalur	2013
AC16-70/100-0,4% evoth-Suðurl.br. Plata	7,88	0,39	Seljadalur	2013
AC16-70/100-0,4% evoth-Suðurl.br. Kjarni	8,37	0,456	Seljadalur	2013
AC16-70/100-3% saso-RC	3,62	0,09	Seljadalur	2013
AC16-70/100-3% saso-Suðurl.br. Plata	5,86	0,185	Seljadalur	2013
AC16-70/100-3% saso-Suðurl.br. Kjarni	5,86	0,234	Seljadalur	2013
AC16-70/100-3% SBS-Búst.v. Kjarni	6,75	0,257	Seljadalur	2014

Mynd 22 sýnir samanburð á gildum sem fengist hafa úr hjólfaraprófinu á þessum mismunandi sýnum auk eins kjarna úr malbiki sem lagt var fyrr á sumrinu 2014.



Mynd 22 Samanburður á gildum sem fengist hafa úr hjólfaraprófinu á mismunandi sýnum

Myndin sýnir að kjarnar sem teknir voru úr götu á Suðurlandsbraut fá svipaða niðurstöðu og söguðu plötturnar fengu. Í þessum tilfellum virðist vera sama hvort tekin er plata eða kjarni, en malbikið sem þjappað var á rannsóknastofu fær betri niðurstöðu en sagaðar plötur eða boraðir kjarnar. Það sést að rannsóknastofusýnið með AC16, PG 70/100 og 3 % Sasobit á Suðurlandsbraut fær 3,6 mm heildarskrið í hjólfaraprófinu (sem er með því lægsta sem mælst hefur hérlendis). Platan og kjarninn úr sama malbiki fá gildi rétt um 6 mm. Rannsóknastofusýnið með AC16, PG 70/100 og 0,4 % Evotherm fær 5,0 mm heildarskrið í hjólfaraprófinu, en platan og kjarninn fá gildi um 8 mm skrið. Það virðist því vera að sýni úr götu mælist með meiri hjólfaramyndun í prófinu og gætu því tilgátur a) og b) hér að ofan enn átt við sem skýringar á mun við meðhöndlun og þjöppun malbiksins í verki og á rannsóknastofu.

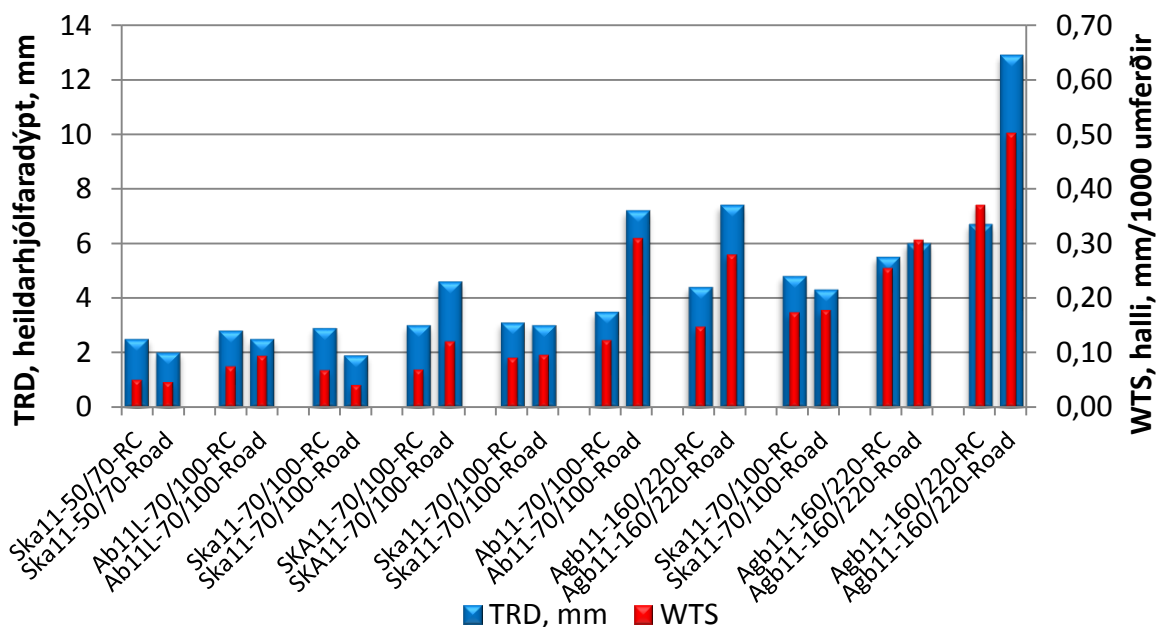
AC16, PG 160/220 malbikið með SBS og SMA16, PG 160/220 frá 2011 á Bústaðavegi sýna nokkuð ólíka tilhneingingu. Þar kemur fram í báðum tilfellum að söguðu plötturnar fá mun hærra gildi en boruðu kjarnarnir, þótt kjarnarnir fá hærra gildi en sýni útbúin á rannsóknastofu eins og við mátti búast. Það er því ekki ólíklegt, með tilliti til samanburðs við aðrar malbiksgerðir, að söguðu plötturnar hafi á einhvern hátt orðið fyrir sambærilegu hjaski eða einhverju öðru óútskýrðu. Hugsanlet er að malbiksplötur með mjúku biki verði fyrir spennum sem veikja malbiksmassann, t.d. þegar plötturnar eru teknar upp úr veginum, eða þá við meðhöndlun við snyrtingu í steinsmiðju. Því skal þó haldið til haga hér að prófferilinn verður annar og kjarnasýni er minna en plata (Arnþór Óli Arason 2015). Með einföldum reikningum (AÓA) sést t.d. að þegar hjólfar í kjarna sem er 30 cm í þvermál hefur náð 6,3 mm dýpt í miðju fer hjólið að rekast á plastrammann. Eftir því sem dýpið verður meira, þeim mun meiri verður munur á milli prófs á plötu og 30 cm kjarna. Til dæmis ef hjólfaradýpt er 10 mm í miðju kjarna sem er 30 cm í þvermál fengist 9,6 mm

meðaldýpi vegna rammans og ef hjólfaradýpt væri 15 mm í miðju kjarna sem er 30 cm í þvermál fengist 13,7 mm meðalhjólfaradýpt.

Önnur platan úr SMA16, PG 160/220 malbikinu á Bústaðavegi mældist með rúmlega 17 mm hjólför og hin með tæplega 20 mm hjólför, sem telst ekki vera mikill munur miðað við svo mikið skrið. Kjarnarnir sem teknir voru úr þessu SMA malbiki koma mun betur út en plöturnar, með um 9 mm heildarhjólför, en sýnin sem útbúin voru á rannsóknastofu fengu hjólfaragildi um 7 mm. Plöturnar sem sagaðar voru úr AC16, PG 160/220 malbikinu með 3 % SBS fengu hjólfaragildi milli 13 og 14 mm, en kjarnarnir fengu gildi um 10 mm. Sýnin sem voru útbúin á rannsóknastofu voru hins vegar tiltölulega lág, eða rétt undir 5 mm. Ef til vill er ekki tímabært að fara út í miklar tülkanir þegar munar 1 til 2 mm á meðaltali heildarhjólfaramyndunar í þessum tveimur malbiksgerðum. Það má þó halda því til haga að AC malbikið með SBS mælist með minni hjólfaramyndun en SMA malbikið á sýnum sem útbúin eru á rannsóknastofu. Í kjörnumum snýst þetta við, en munurinn er ekki mikill. Fróðlegt verður að fylgjast með hjólfaramyndun í þessum köflum áfram, en þeir eru nú að verða fjögurra vetra gamlir.

4.4 Samantekt á norskum gögnum

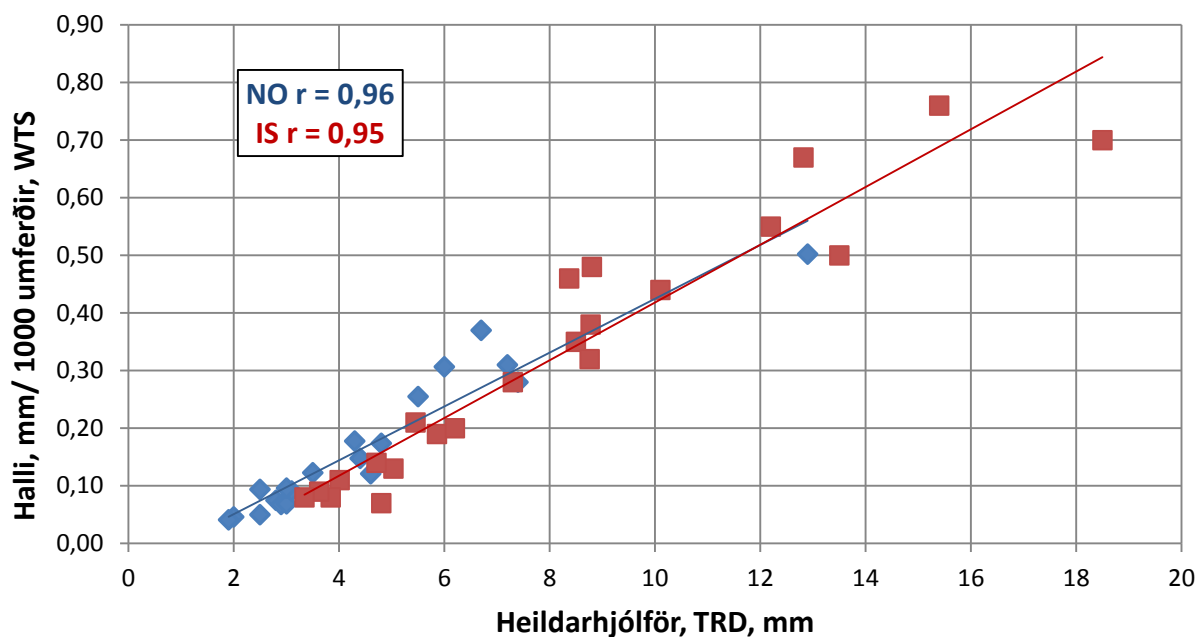
Í skýrslu Lerfald (2007) eru gögn um hjólfaraprófanir á norsku malbiki sem áhugavert er að skoða og bera saman við íslenskar prófanir. Um er að ræða samanburð á malbiki sem þjappað er á rannsóknastofu (með Roller Compactor, RC) og kjörnum sem eru teknir úr útlögðu malbiki. Norðmenn taka kjarna sem eru 20 cm í þvermál og setja í sérstakt mót til prófunar, en eins og komið hefur fram voru teknir kjarnar sem eru 30 cm í þvermál héraendis. Niðurstöður norsku prófana eru sýndar á mynd 23 (Lerfald 2007).



Mynd 23 Norskar niðurstöður úr hjólfaraprófi á sýnum þjöppuðum á rannsóknastofu og úr götu

Myndin sýnir að sumar malbiksgerðirnar fá lægri gildi úr hjólfaraprófinu (skv. sama Evrópustaðli) en mælst hafa hérlendis, hvort heldur er útbúið á rannsóknastofu (RC) eða borað úr götu (þvermál kjarna 20 cm). Sjá má gildi um og undir 3 mm heildarskrið í báðum tilvikum og er ekki einhlítt að boruðu kjarnarnir fá hærri gildi en þeir sem útbúnir eru á rannsóknastofu. Í öllum tilfellum þar sem munurinn er mikill eru það kjarnarnir sem fá hærri hjólfaragildi og í tveimur af þremur gerðum er um mjúkt bik að ræða (PG 160/220).

Mynd 24 sýnir tengslin milli hjólfaramyndunar TRD og halla, mm/1000 umferðir WTS fyrir bæði íslenskt og norskt malbik.



Mynd 24 Tengsl TRD og halla, mm/1000 umferðir WTS fyrir íslenskt og norskt malbik

Sjá má að tengslin eru sterk í báðum tilfellum og aðfallslínurnar liggja nálægt hvor annarri og með svipaðan halla. Þetta má e.t.v. túlka sem svo að eðli hjólfaramyndunarinnar sjálftrar er svipað í norskum prófunum og íslenskum, þ.e.a.s. ef heildar hjólfaramyndun er mikil er meiri hjólfaramyndun í mm/1000 umferðir síðustu 5000 umferðirnar. Það er sem sagt ekki svo að mikil hjólfaramyndun eigi sér stað í fyrstu en verði svo lítil sem engin eftir það, hvorki í norskum né íslenskum prófum.

Það er ljóst að norsku gildin liggja neðar en þau íslensku, en í sjálfu sér er norska úrtakið ekki vel þekkt. Það er þó vitað að ýmist er notað AC eða SMA malbik í úrtakinu, með 11 mm steinefni og oftast hörðu biki. Einnig er vitað að kjarnar sem Norðmenn prófa eru 20 cm í þvermál, en hjólið í mælitækinu fer fram og til baka um sem nemur 23 cm, sem sagt 1,5 mm út fyrir kjarnann í hvora áttina. Íslensku kjarnarnir eru hins vegar 30 cm í þvermál og fer hjólið því aldrei út fyrir malbikssýnið, þ.e.a.s. ef hjólfaradýpt er minni en 6,3 mm (sbr. umfjöllun í kaflanum hér að

framan). Þetta hefur áhrif á meðalhjólfaradýpt til minnkunar, sem sagt ef hjólið fer út fyrir sýnið og upp á mótið sem styður við sýnið. Einnig er auðvitað hugsanlegt að norskt malbik hafi almennt séð meiri mótstöðu gagnvart skriði en íslenskt malbik. Til fróðleiks má benda á hér að til stendur að senda íslenska kjarna og norska kjarna á milli landa og bera saman mæliniðurstöður milli landanna. Vonast er til að þá fáið betri skilningur á skriðeiginleikum íslensks malbiks og auk þess hvernig prófferillinn hefur áhrif á mismunandi sýnagerðir.

5 ÁLYKTANIR

Þær prófanir og niðurstöður sem Katrín Þuríður Pálsdóttir aflaði og birti í meistararitgerð sinni (KPP 2014) hafa reynst koma að góðum notum sem innlegg í rannsóknir á íslensku malbiki, sem staðið hafa yfir undanfarin ár. Sýnt er fram á að Sasobit og LeadCap íblöndunarefni draga úr hjólfaramyndun miðað við malbik án íblöndunar, jafnvel þótt notað hafi verið hart bik (PG 70/100) í verkefninu. SonneWarmix hefur hins vegar neikvæð áhrif ef eitthvað er. Að vísu var notað mismikið magn af íblöndunarefnum samkvæmt upplýsingum frá framleiðenda og getur það haft áhrif á niðurstöðurnar. Sasobit íblöndun virðist einnig hafa jákvæð áhrif á stífnieiginleika miðað við blöndu án viðloðunarefna við öll hitastig sem prófuð voru. Það á hins vegar ekki við um hin íblöndunarefni, þótt LeadCap rétti sig af við 20°C.

Ekki er að sjá að íblöndunarefni hafi áhrif á slitþol malbikssýnanna, nema Sasobit sem veldur að því er virðist meira sliti en hinar blöndurnar. Hugsanlegt er að aukin stífni Sasobit malbiksins valdi því að bikbindiefnið er stökkara en hinar gerðirnar við lágt hitastig (~6°C) og brotni því frekar og auki þar með slitið í prófinu. Varðandi vatnsnæmiþrófið má segja að sýnin hafi ekki hentað til að fá marktækan mun á hlutfallinu ITSR, þau hafi verið of lokuð til að vatn hefði teljandi áhrif á kleyfnitogþolið. Hins vegar virðist mismunandi þurr styrkur í kleyfnitogþoli endurspeglar að einhverju leyti stífnieiginleika malbiksins.

Á Suðurlandsbraut fá borkjarnarnir svipaða niðurstöðu og söguðu plöturnar fengu. Í þessum tilfellum virðist vera sama hvort tekin er plata eða kjarni, en malbikið sem þjappað var á rannsóknastofu fær betri niðurstöðu en sagaðar plötur eða boraðir kjarnar. Sýnin sem tekin voru úr Bústaðavegi sýna nokkuð ólíka tilhneigingu. Þar kemur fram í báðum tilfellum að söguðu plöturnar fá mun hærra gildi en boruðu kjarnarnir, þótt kjarnarnir fá hærra gildi en sýni útbúin á rannsóknastofu eins og við mátti búast. Það er því ekki ólíklegt, með tilliti til samanburðs við aðrar malbiksgerðir, að söguðu plöturnar hafi á einhvern hátt orðið fyrir sambærilegu hnjaski eða einhverju öðru óútskýrðu. Hugsanlegt er að malbiksplötur með mjúku biki verði fyrir spennum sem veikja malbiksmassann (Bústaðavegur), en síður plötur með hörðu biki (Suðurlandsbraut), t.d. þegar plöturnar eru teknar upp úr veginum, eða þá við meðhöndlun við snyrtingu í steinsmiðju.

Norsk gildi sem skoðuð hafa verið liggja neðar en þau íslensku. Kjarnar sem Norðmenn prófa eru 20 cm í þvermál, en hjólið í mælitækinu fer fram og til bak um sem nemur 23 cm, sem sagt 1,5

mm út fyrir kjarnann í hvora áttina. Íslensku kjarnarnir eru hins vegar 30 cm í þvermál og fer hjólið því ekki út fyrir malbikssýnið fyrr en hjólfaradýptin er orðin meiri en 6,3 mm. Þetta hefur áhrif til minnkunar, sem sagt ef hjólið fer út fyrir sýnið og upp á mótið sem styður við sýnið, því meira sem þvermál kjarna er minna. Einnig er hugsanlegt að norskt malbik hafi meiri mótstöðu gagnvart skriði en íslenskt malbik. Til fróðleiks má benda á hér að til stendur að senda íslenska kjarna og norska kjarna á milli landa og bera saman mæliniðurstöður milli landanna. Vonast er til að þá fáiist betri skilningur á skriðeiginleikum íslensks malbiks og auk þess hvernig prófferillinn hefur áhrif á mismunandi sýnagerðir.

Heimildir, staðlar og ítarefni:

Arnþór Óli Arason 2015: Tölvupóstur (arnthor.a@nmi.is) 8. apríl kl. 8:02 til Péturs Péturssonar (petursson.p@gmail.com) með upplýsingum í viðhengi.

Arnþór Óli Arason 2013: Prófanir á malbiki með endurunnu malbiki. Nýsköpunarmiðstöð Íslands, skýrsla 13-02. Reykjavík 2013.

Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson 2011: Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður. Áfangaskýrsla III. — Nýsköpunarmiðstöð Íslands, skýrsla 11-02. Reykjavík 2011.

Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson 2011: Áhrif bikgerðar (PG) á slit- og skriðeiginleika malbiks. — Nýsköpunarmiðstöð Íslands, skýrsla 11-01. Reykjavík 2011.

Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson 2010: Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður. Áfangaskýrsla II. — Nýsköpunarmiðstöð Íslands, skýrsla 10-02. Reykjavík 2010.

Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson 2009: Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður. Áfangaskýrsla I. — Nýsköpunarmiðstöð Íslands, skýrsla 09-05. Reykjavík 2009.

Ásgeir Rúnar Harðarson 2010: Áhrif fjölliðubreyttra bikbindiefna á eiginleika malbiks. Rannís – Nýsköpunarsjóður námsmanna. Reykjavík 2010.

Birkir Hrafn Jóakimsson 2014: Hjólför í íslensku malbiki - Slit og deigar formbreytingar. Meistararitgerð. Umhverfis- og byggingarverkfræðideild, Háskóli Íslands.

Efnisrannsóknir og efniskröfur. Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. Kafli 6: Slitlag. – Vegagerðin, janúar 2015.

Gunnar Örn Haraldsson og Sigbór Sigurðsson 2012: PMA Malbik við íslenskar aðstæður. Skýrsla til rannsóknasjóðs Vegagerðarinnar. Malbikunarstöðin Hlaðbær Colas hf.

Håndbok N200 Vegbygging – Juni 2014. Statens Vegvesen, Noregi.

ÍST EN 12697-12: Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 12: Water sensitivity of specimen.

ÍST EN 12697-16: Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 16: Abrasion by studded tyres.

ÍST EN 12697-22: Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 22: Wheel tracking.

ÍST EN 12697-23: Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 23: Indirect Tensile Strength.

ÍST EN 12697-26: Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 26: Stiffness.

ÍST EN 12697-33: Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 33: Specimen prepared by roller compactor.

ÍST EN 13108-20: Bituminous mixtures – Material specifications – Part 20: Type testing.

Katrín Þuríður Pálsdóttir 2014: Áhrif íblöndunarefna á efniseiginleika lághitamalbiks. Meistararitgerð. Umhverfis- og byggingarverkfræðideild, Háskóli Íslands.

Lerfald, B. O. 2007: Deformasjon av asfaltdekker. Statens vegvesen. (í uppkasti).

Pétur Pétursson 2014: Malbiksrannsóknir 2013 – áfangaskýrsla VI. – PP ráðgjöf. Reykjavík 2014.

Pétur Pétursson 2013: Malbiksrannsóknir 2012 – áfangaskýrsla V. – PP ráðgjöf. Reykjavík 2013.

Pétur Pétursson 2012: Samanburður á slit- og skriðeiginleikum íslensks malbiks. Áhrif sements í filler á skriðeiginleika malbiks. Áfangaskýrsla IV. — PP ráðgjöf. Reykjavík 2012.

Puchard, Z. & Gorgenyi, A. 2012: Hungarian experience with different bending devices. 3rd 4PBB conference 17-18 09. 2012, Davis, CA, USA

Sigurdur Erlingsson 2012: Rutting development in a flexible pavement structure, Road Materials and Pavement Design, 13:2, 218-234

VIÐAUKI I Niðurstöður hjólfaraprófana



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

Vegna Malbiksrannsókna 2014
Rannsóknaverkefni Katrínar Þ. Pálsdóttur

Malbik: Ransóknastofublanda frá Malbikunarstöðinni Höfða hf.
Blanda 1: SI11 Seljadalur án íblöndunarefna. - Hart bik (70/100)

Aths.:

Rúmp. Rúmpyngd malbiks samkvæmt mælingu Katrínar.

Rúmpyngd malbiks, (teoretisk) kg/m³ **2622**

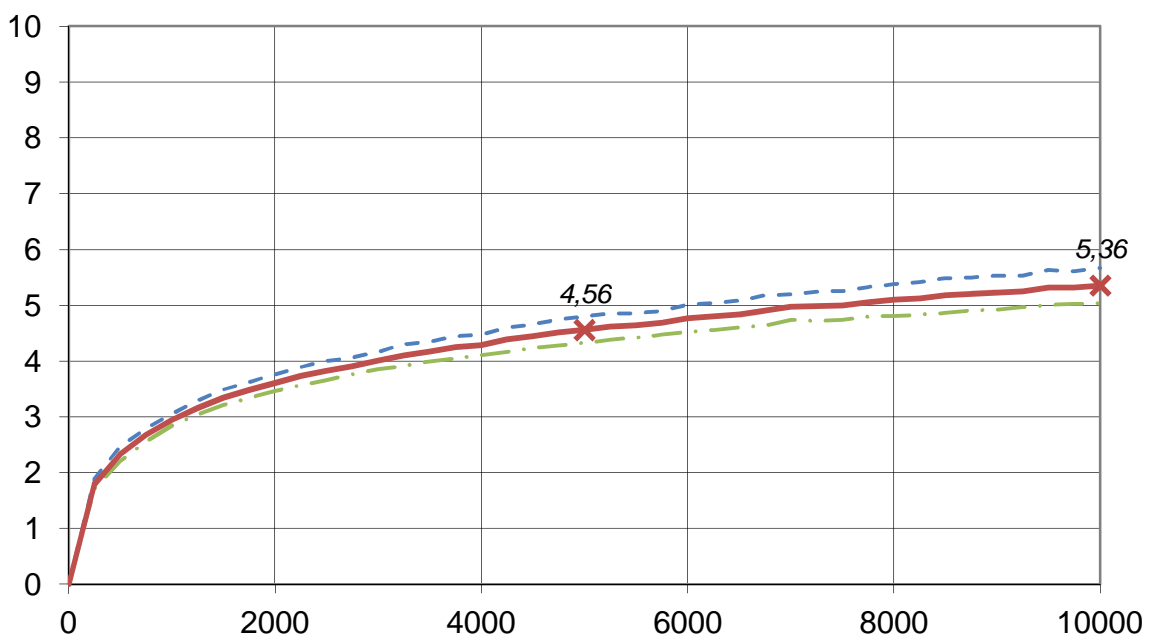
	Vigtun og mælingar m. rennimáli			Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf		
	B11	B12	Meðaltal	B11	B12	Meðaltal
Þjöppuð plata B*L plötu er um 300*400 mm						
Þyngd plötu	kg	15,450	15,440			
Meðalþykkt	mm	50,6	50,6	50,6		
Rúmmál plötu	cm ³	6065	6047			
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2547	2553	2550	2589	2600
Reiknað holrúm	rm%	2,8	2,6	2,7	1,3	0,8
						2595
						1,0

Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0 mm

	B11	B12	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	4,79	4,33	4,56
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	5,67	5,04	5,36
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	11,2	10,0	10,6
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,176	0,142	0,159

Sig í mm og umferðir





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

Vegna Malbiksrannsókna 2014
Rannsóknaverkefni Katrínar Þ. Pálsdóttur

Malbik: Ransóknastofublanda frá Malbikunarstöðinni Höfða hf.
Blanda 2: SL11 Seljadalur með Sasobit. - Hart bik (70/100)

Aths.:

Rúmp. Rúmpyngd malbiks samkvæmt mælingu Katrínar.

Rúmpyngd malbiks, (teoretisk) kg/m³ **2599**

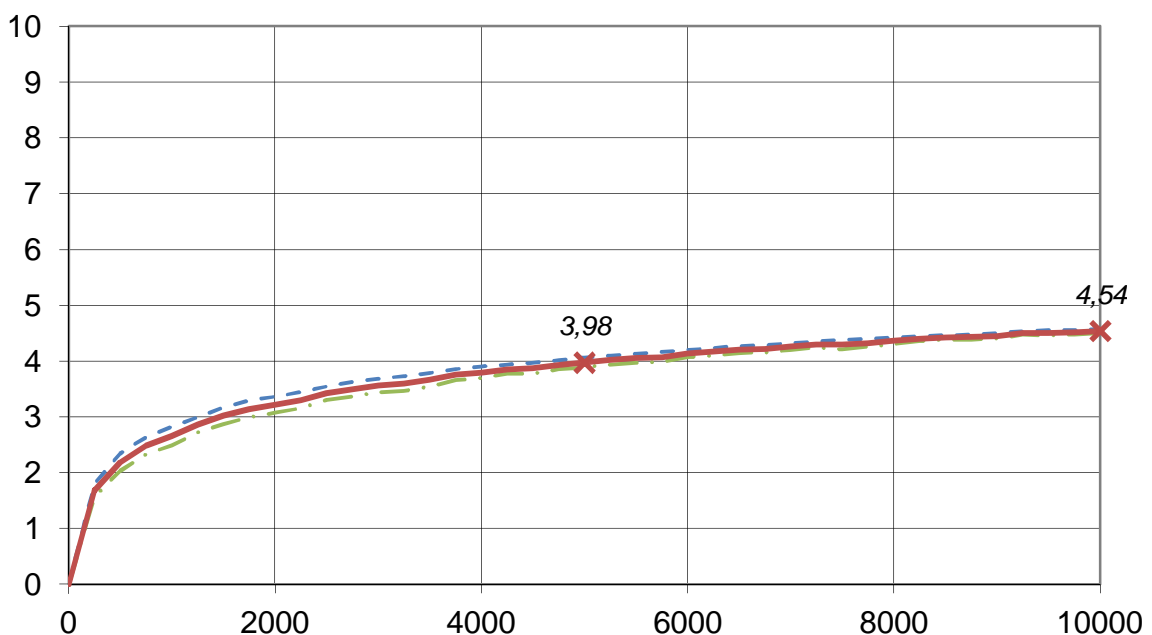
	Vigtun og mælingar m. rennimáli			Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf		
	B21	B22	Meðaltal	B21	B22	Meðaltal
Þjöppuð plata B*L plötu er um 300*400 mm						
Þyngd plötu kg	15,420	15,420				
Meðalþykkt mm	51,0	51,0	51,0			
Rúmmál plötu cm ³	6104	6091				
Reiknuð rúmpyngd kg/m ³	2526	2532	2529	2584	2592	2588
Reiknað holrúm rm%	2,8	2,6	2,7	0,6	0,3	0,4

Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0 mm

	B21	B22	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	4,06	3,89	3,98
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	4,58	4,50	4,54
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	9,0	8,8	8,9
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,104	0,122	0,113

Sig í mm og umferðir





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

Vegna Malbiksrannsókna 2014
Rannsóknaverkefni Katrínar Þ. Pálsdóttur

Malbik: Ransóknastofublanda frá Malbikunarstöðinni Höfða hf.
Blanda 3: SL11 Seljadalur með SonneWarmix. - Hart bik (70/100)

Aths.:

Rúmp. Rúmpyngd malbiks samkvæmt mælingu Katrínar.

Rúmpyngd malbiks, (teoretisk) kg/m³ **2617**

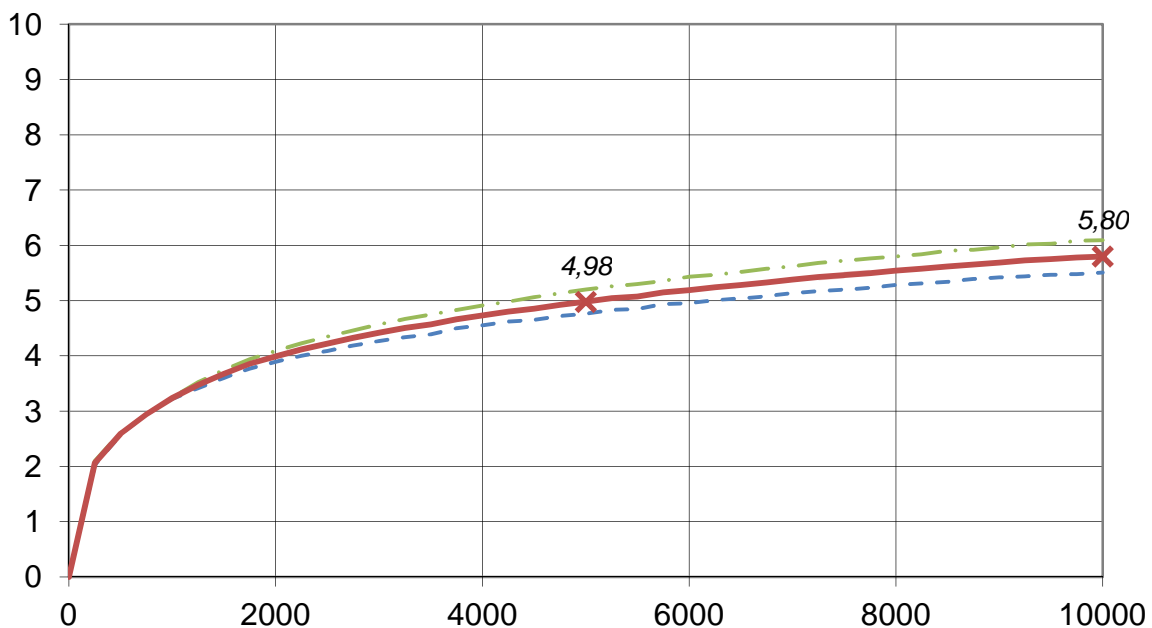
	Vigtun og mælingar m. rennimáli			Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf		
	B31	B32	Meðaltal	B31	B32	Meðaltal
Þjöppuð plata B*L plötu er um 300*400 mm						
Þyngd plötu kg	15,390	15,380				
Meðalþykkt mm	50,9	50,9	50,9			
Rúmmál plötu cm ³	6108	6087				
Reiknuð rúmpyngd kg/m ³	2520	2527	2523	2584	2583	2584
Reiknað holrúm rm%	3,7	3,5	3,6	1,3	1,3	1,3

Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0 mm

	B31	B32	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	4,76	5,20	4,98
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	5,51	6,09	5,80
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	10,8	12,0	11,4
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,150	0,178	0,164

Sig í mm og umferðir



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

Vegna Malbiksrannsókna 2014
Rannsóknaverkefni Katrínar Þ. Pálsdóttur

Malbik: Ransóknastofublanda frá Malbikunarstöðinni Höfða hf.
Blanda 4: SL11 Seljadalur með LeadCap. - Hart bik (70/100)

Aths.:

Rúmp. Rúmpyngd malbiks samkvæmt mælingu Katrínar.

Rúmpyngd malbiks, (teoretisk) kg/m³ **2607**

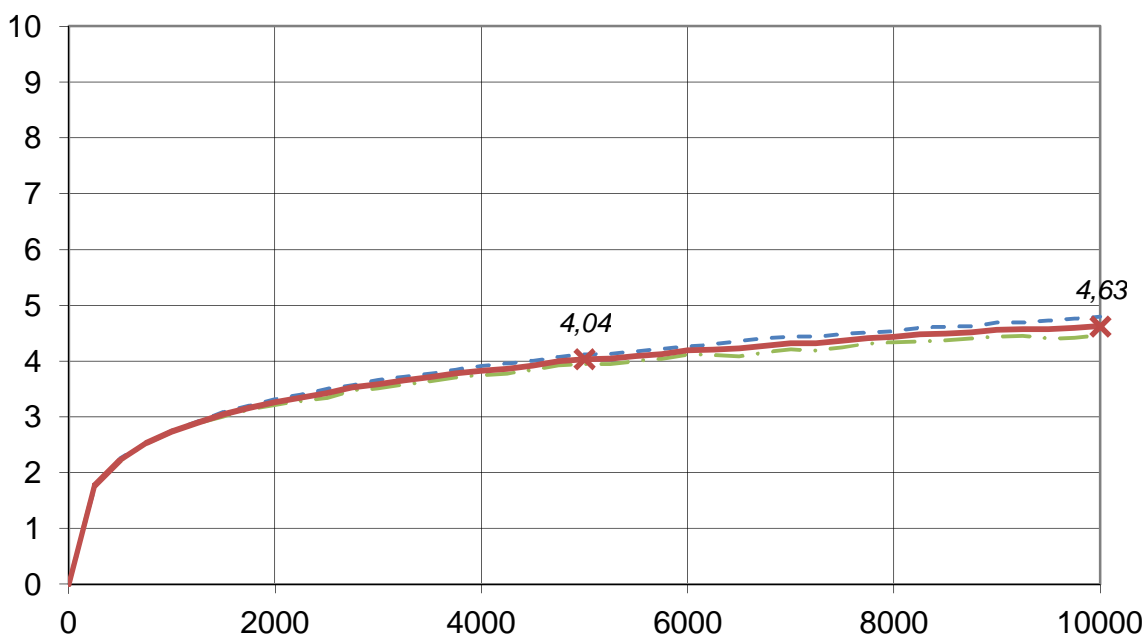
	Vigtun og mælingar m. rennimáli			Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf		
	B41	B42	Meðaltal	B41	B42	Meðaltal
Þjöppuð plata B*L plötu er um 300*400 mm						
Þyngd plötu kg	15,340	15,350				
Meðalþykkt mm	50,8	50,8	50,8			
Rúmmál plötu cm ³	6089	6072				
Reiknuð rúmpyngd kg/m ³	2519	2528	2524	2571	2579	2575
Reiknað holrúm rm%	3,4	3,0	3,2	1,4	1,1	1,2

Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0 mm

	B41	B42	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	4,12	3,95	4,04
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	4,79	4,46	4,63
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	9,4	8,8	9,1
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,134	0,102	0,118

Sig í mm og umferðir



Malbiksrannsóknir 2014

Hjólfarapróf við 45°C: Mæligögn

Malbikið:

Rannsóknaverkefni Katrínar Þ. Pálsdóttur: Tilraunir með hitalækkandi efni

Grunngerð: SL 11 Seljadalur - Bindiefni: 70/100

Plata:	B1 án íblöndunarefna			B2 með Sasobit		
	11	12	Meðal	21	22	Meðal
Umferðir	Hjölför, mm - (Byrjun núllstillt)					
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	1,89	1,71	1,80	1,80	1,57	1,69
500	2,47	2,20	2,34	2,34	2,03	2,19
750	2,80	2,56	2,68	2,64	2,33	2,49
1000	3,05	2,84	2,95	2,82	2,49	2,66
1250	3,29	3,04	3,17	3,00	2,72	2,86
1500	3,49	3,21	3,35	3,17	2,87	3,02
1750	3,63	3,34	3,49	3,29	2,99	3,14
2000	3,76	3,46	3,61	3,36	3,07	3,22
2250	3,89	3,57	3,73	3,44	3,16	3,30
2500	4,00	3,66	3,83	3,54	3,30	3,42
2750	4,06	3,76	3,91	3,63	3,36	3,50
3000	4,16	3,85	4,01	3,68	3,44	3,56
3250	4,30	3,91	4,11	3,73	3,47	3,60
3500	4,35	3,99	4,17	3,79	3,54	3,67
3750	4,44	4,05	4,25	3,85	3,66	3,76
4000	4,47	4,11	4,29	3,90	3,69	3,80
4250	4,60	4,17	4,39	3,93	3,77	3,85
4500	4,66	4,23	4,45	3,97	3,78	3,88
4750	4,75	4,28	4,52	4,01	3,86	3,94
5000	4,79	4,33	4,56	4,06	3,89	3,98
5250	4,85	4,38	4,62	4,10	3,94	4,02
5500	4,85	4,42	4,64	4,13	3,97	4,05
5750	4,90	4,48	4,69	4,16	3,98	4,07
6000	5,01	4,52	4,77	4,20	4,07	4,14
6250	5,04	4,56	4,80	4,23	4,10	4,17
6500	5,08	4,60	4,84	4,27	4,14	4,21
6750	5,17	4,64	4,91	4,28	4,15	4,22
7000	5,20	4,74	4,97	4,32	4,20	4,26
7250	5,24	4,72	4,98	4,35	4,24	4,30
7500	5,26	4,74	5,00	4,38	4,21	4,30
7750	5,32	4,79	5,06	4,39	4,26	4,33
8000	5,38	4,81	5,10	4,42	4,30	4,36
8250	5,41	4,83	5,12	4,44	4,36	4,40
8500	5,48	4,87	5,18	4,46	4,38	4,42
8750	5,50	4,91	5,21	4,48	4,38	4,43
9000	5,53	4,92	5,23	4,50	4,40	4,45
9250	5,53	4,97	5,25	4,53	4,47	4,50
9500	5,63	5,00	5,32	4,55	4,46	4,51
9750	5,61	5,03	5,32	4,56	4,48	4,52
10000	5,67	5,04	5,36	4,58	4,50	4,54

Malbiksrannsóknir 2014

Hjólfarapróf við 45°C: Mæligögn

Malbikið:

Rannsóknaverkefni Katrínar Þ. Pálsdóttur: Tilraunir með hitalækkandi efni

Grunngerð: SL 11 Seljadalur - Bindiefni: 70/100

Plata:	B3 með SonneWarmix			B4 með LeadCap		
	31	32	Meðal	41	42	Meðal
Umferðir	Hjölför, mm - (Byrjun núllstillt)					
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	2,02	2,10	2,06	1,74	1,80	1,77
500	2,58	2,61	2,60	2,25	2,22	2,24
750	2,94	2,94	2,94	2,54	2,51	2,53
1000	3,22	3,25	3,24	2,75	2,73	2,74
1250	3,42	3,53	3,48	2,92	2,88	2,90
1500	3,60	3,75	3,68	3,09	3,01	3,05
1750	3,77	3,94	3,86	3,20	3,13	3,17
2000	3,89	4,09	3,99	3,32	3,21	3,27
2250	4,00	4,23	4,12	3,40	3,28	3,34
2500	4,09	4,35	4,22	3,50	3,34	3,42
2750	4,19	4,46	4,33	3,57	3,48	3,53
3000	4,27	4,57	4,42	3,66	3,51	3,59
3250	4,34	4,67	4,51	3,72	3,58	3,65
3500	4,39	4,75	4,57	3,78	3,64	3,71
3750	4,50	4,83	4,67	3,84	3,71	3,78
4000	4,55	4,91	4,73	3,91	3,75	3,83
4250	4,62	4,98	4,80	3,96	3,77	3,87
4500	4,65	5,06	4,86	4,00	3,84	3,92
4750	4,72	5,13	4,93	4,07	3,92	4,00
5000	4,76	5,20	4,98	4,12	3,95	4,04
5250	4,83	5,26	5,05	4,13	3,95	4,04
5500	4,85	5,30	5,08	4,18	4,00	4,09
5750	4,94	5,36	5,15	4,22	4,04	4,13
6000	4,95	5,43	5,19	4,26	4,12	4,19
6250	5,01	5,47	5,24	4,30	4,11	4,21
6500	5,04	5,52	5,28	4,36	4,09	4,23
6750	5,08	5,58	5,33	4,40	4,15	4,28
7000	5,14	5,62	5,38	4,44	4,21	4,33
7250	5,17	5,68	5,43	4,44	4,19	4,32
7500	5,20	5,72	5,46	4,49	4,25	4,37
7750	5,23	5,76	5,50	4,51	4,31	4,41
8000	5,28	5,80	5,54	4,53	4,34	4,44
8250	5,31	5,84	5,58	4,60	4,35	4,48
8500	5,34	5,90	5,62	4,61	4,37	4,49
8750	5,39	5,92	5,66	4,62	4,40	4,51
9000	5,42	5,96	5,69	4,69	4,44	4,57
9250	5,44	6,02	5,73	4,69	4,45	4,57
9500	5,47	6,03	5,75	4,73	4,41	4,57
9750	5,48	6,08	5,78	4,76	4,42	4,59
10000	5,51	6,09	5,80	4,79	4,46	4,63



Malbiksrannsóknir 2014

Rannsóknaverkefni Katrínar Þ. Pálsdóttur: Tilraunir með hitalækkandi efni

Plötur úr hjólfaraprófum: Rúmpýngd mæld í lofti og vatni

Malbikið:

Malbik var blandað á rannsóknastofu Malbikunarstöðvarinnar Höfða hf.

Grunngerð: SL 11 Seljadalur - Bindiefni: bik 70/100

Ein blanda var með hreinu efni en þrjár með mismunandi hitalækkandi efnum

Mesta (teoretíska) rúmpýngd malbiks er skv. upplýsingum Katrínar.

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	Rúmp. g/cm ³	Holrúm rm%
-------	--------------	-----------	------------	--------------------	------------	---------------------------	----------------------------	---------------

Plata 11 - Blanda 1, hreint malbik

Mesta rúmp. malbiks (teor.)		2,622 Mg/m ³						
Vatnshiti		23°C	Rúmp.					
C	1449,9	2359,1	337,3	2691,5	2354,2	911,4	2,583	1,5
D	1469,9	2384,5	348,2	2728,2	2380,0	916,8	2,596	1,0
E	1563,2	2540,4	344,3	2879,4	2535,1	979,6	2,588	1,3
Meðaltal							2,589	1,3

Plata 11 - Blanda 1, hreint malbik

Mesta rúmp. malbiks (teor.)		2,622 Mg/cm ³						
Vatnshiti		23°C	Rúmp.					
C	1615,1	2614,4	342,9	2952,0	2609,1	1001,7	2,605	0,7
D	1447,0	2339,0	340,6	2675,3	2334,7	894,1	2,611	0,4
E	1469,1	2390,4	367,1	2752,5	2385,4	923,5	2,583	1,5
Meðaltal							2,600	0,9

Plata 21 - Blanda 2, malbik með Sasobit

Mesta rúmp. malbiks (teor.)		2,599 Mg/cm ³						
Vatnshiti		23°C	Rúmp.					
C	1542,8	2507,4	344,1	2846,6	2502,5	966,9	2,588	0,4
D	1416,4	2301,4	340,6	2637,1	2296,5	887,1	2,589	0,4
E	1484,8	2419,6	348,2	2761,4	2413,2	937,0	2,575	0,9
Meðaltal							2,584	0,6

Malbiksrannsóknir 2014

Rannsóknaverkefni Katrínar Þ. Pálsdóttur: Tilraunir með hitalækkandi efni

Plötur úr hjólfaraprófum: Rúmpyngd mæld í lofti og vatni
Plata 22 - Blanda 2, malbik með Sasobit

Mesta rúmp. malbiks (teor.)		2,599 Mg/cm ³						
Vatnshiti	23°C	Rúmp.	0,9976 Mg/m ³					
C	1484,3	2411,5	337,5	2743,5	2406,0	929,4	2,589	0,4
D	1501,9	2433,8	367,0	2796,6	2429,6	934,1	2,601	-0,1
E	1536,0	2496,7	342,9	2834,0	2491,1	963,0	2,587	0,5
Meðaltal							2,592	0,3

Plata 31 - Blanda 3, malbik með SonneWarmix

Mesta rúmp. malbiks (teor.)		2,617 Mg/cm ³						
Vatnshiti	23°C	Rúmp.	0,9976 Mg/m ³					
C	1519,6	2473,3	347,9	2814,1	2466,2	956,0	2,580	1,4
D	1474,3	2394,8	342,6	2731,9	2389,3	922,7	2,589	1,1
E	1549,2	2520,6	337,1	2851,9	2514,8	973,7	2,583	1,3
Meðaltal							2,584	1,3

Plata 32 - Blanda 3, malbik með SonneWarmix

Mesta rúmp. malbiks (teor.)		2,617 Mg/cm ³						
Vatnshiti	23°C	Rúmp.	0,9976 Mg/m ³					
C	1506,0	2448,1	366,8	2808,9	2442,1	944,4	2,586	1,2
D	1537,7	2499,4	343,6	2838,5	2494,9	964,0	2,588	1,1
E	1481,2	2414,3	339,7	2748,1	2408,4	935,3	2,575	1,6
Meðaltal							2,583	1,3

Plata 41 - Blanda 4, malbik með LeadCap

Mesta rúmp. malbiks (teor.)		2,607 Mg/cm ³						
Vatnshiti	23°C	Rúmp.	0,9976 Mg/m ³					
C	1494,2	2442,7	366,9	2801,9	2435,0	950,8	2,561	1,8
D	1380,6	2248,0	343,9	2586,5	2242,6	869,5	2,579	1,1
E	1499,1	2444,5	340,1	2779,0	2438,9	947,7	2,574	1,3
Meðaltal							2,571	1,4

Plata 42 - Blanda 4, malbik með LeadCap

Mesta rúmp. malbiks (teor.)		2,607 Mg/cm ³						
Vatnshiti	23°C	Rúmp.	0,9976 Mg/m ³					
C	1483,4	2420,3	343,0	2757,7	2414,7	939,2	2,571	1,4
D	1590,6	2582,0	348,3	2924,0	2575,7	993,8	2,592	0,6
E	1567,8	2554,6	337,5	2885,0	2547,5	989,2	2,575	1,2
Meðaltal							2,579	1,1



Hjólfarapróf — Hiti 45°C

Próf gert á 29 cm borkjörnum en annars skv. ÍST EN 12697-22:2003, B

Fyrir: Vegagerðina vegna verkefnisins „Malbiksrannsóknir 2014“.

Verkbeiðandi: Pétur Pétursson, PP ráðgjöf.

Malbik: Af Suðurlandsbraut, lagt 2013.

SL16 Seljadalur; bik 70/100; með Evotherm 0,4% af biki.

Borkjarnar voru teknir úr götu þann 4. nóvember 2014. Voru prófaðir sagaðir og snyrtir.

Aths.: Kjarnasneiðar voru skorðaðar í plastmóti frá verkkaupa.

Rúmþ. Rúmþyngd malbiks skv. gögnum úr verkefninu „Malbiksrannsóknir 2013“.

Rúmþyngd malbiks, (teoretisk) kg/m³ **2640**

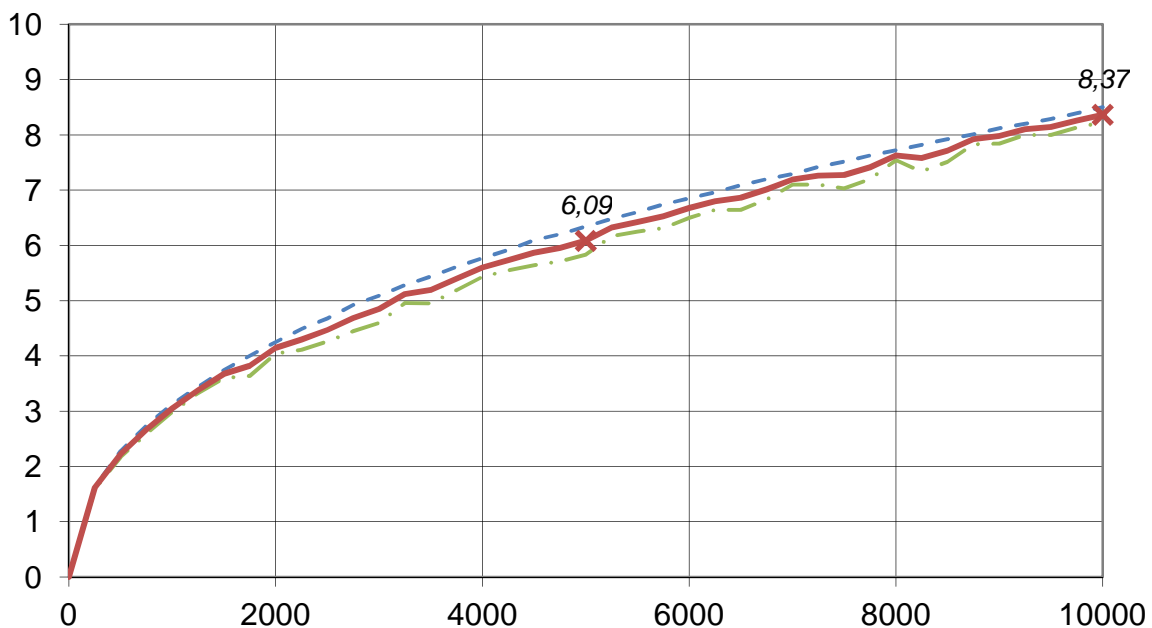
Borkjarni úr götu	Vigtun og mælingar m. rennimáli			Rúmþyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf		
	K1	K2	Meðaltal	K1	K2	Meðaltal
Þvermál sneiðar er um 291 mm						
Þyngd borsneiðar	kg	8,610	8,715			
Meðalþykkt	mm	51,0	51,1	51,1		
Rúmmál sneiðar	cm ³	3402	3404			
Reiknuð rúmþyngd	kg/m ³	2531	2560	2546	2589	2592
Reiknað holrúm	rm%	4,1	3,0	3,6	1,9	1,8

Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0 mm

	K1	K2	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	6,34	5,83	6,09
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	8,50	8,23	8,37
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	16,7	16,1	16,4
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,432	0,480	0,456

Sig í mm og umferðir





Hjólfarapróf — Hiti 45°C

Próf gert á 29 cm borkjörnum en annars skv. ÍST EN 12697-22:2003, B

Fyrir: Vegagerðina vegna verkefnisins „Malbiksrannsóknir 2014“.

Verkbeiðandi: Pétur Pétursson, PP ráðgjöf.

Malbik: Af Suðurlandsbraut, lagt 2013.

SL16 Seljadalur; bik 70/100; með Sasobit 3% af biki.

Borkjarnar voru teknir úr götu þann 4. nóvember 2014. Voru prófaðir sagaðir og snyrtir.

Aths.: Kjarnasneiðar voru skorðaðar í plastmóti frá verkkaupa.

Rúmp. Rúmpyngd malbiks skv. gögnum úr verkefninu „Malbiksrannsóknir 2013“.

Rúmpyngd malbiks, (teoretisk) kg/m³ **2640**

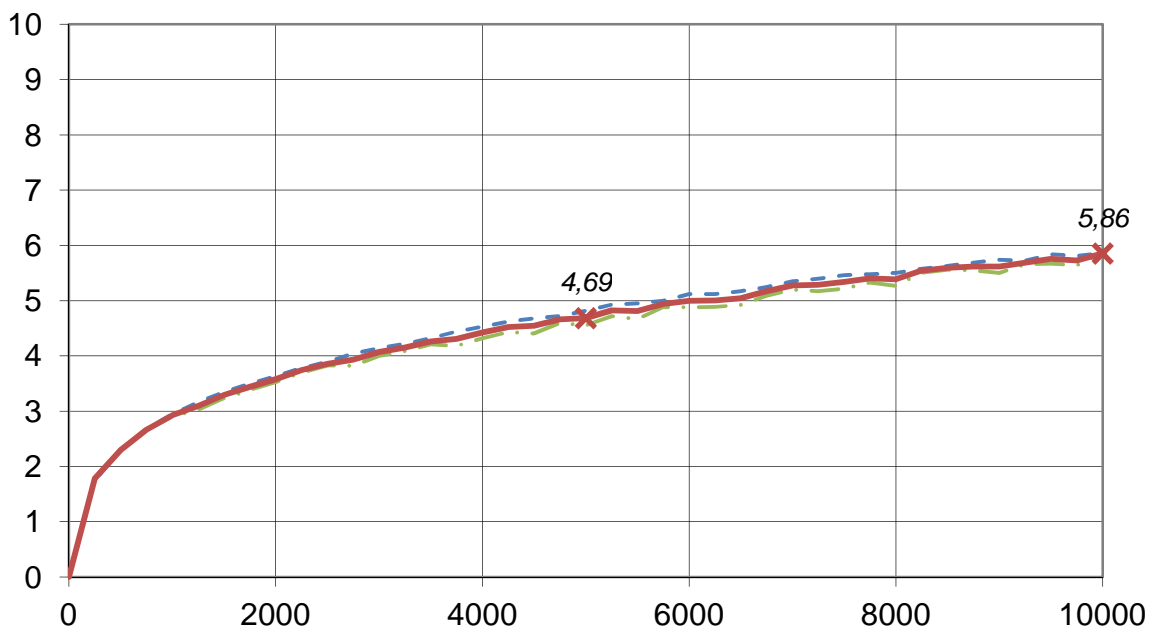
Borkjarni úr götu	Vigtun og mælingar m. rennimáli			Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf		
	K3	K4	Meðaltal	K3	K4	Meðaltal
Þvermál sneiðar er um 291 mm						
Þyngd borsneiðar	kg	9,205	8,470			
Meðalþykkt	mm	53,6	49,4	51,5		
Rúmmál sneiðar	cm ³	3561	3295			
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2585	2571	2578	2621	2620
Reiknað holrúm	rm%	2,1	2,6	2,4	0,7	0,8

Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0 mm

	K3	K4	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	4,82	4,55	4,69
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	5,86	5,85	5,86
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	10,9	11,8	11,4
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,208	0,260	0,234

Sig í mm og umferðir





Hjólfarapróf — Hiti 45°C

Próf gert á 29 cm borkjörnum en annars skv. ÍST EN 12697-22:2003, B

Fyrir: Vegagerðina vegna verkefnisins „Malbiksrannsóknir 2014“.
Verkbeiðandi: Pétur Pétursson, PP ráðgjöf.

Malbik: Af Bústaðavegi, lagt 2011.
SL16 Snasi; bik 160/220; með SBS 3% af biki.
Borkjarnar voru teknir úr götu þann 4. nóvember 2014. Voru prófaðir sagaðir og snyrtir.

Aths.: Kjarnasneiðar voru skorðaðar í plastmóti frá verkkaupa.

Rúmp. Rúmpyngd malbiks skv. gögnum úr verkefninu „Malbiksrannsóknir 2012“.

Rúmpyngd malbiks, (teoretisk) kg/m³ **2586**

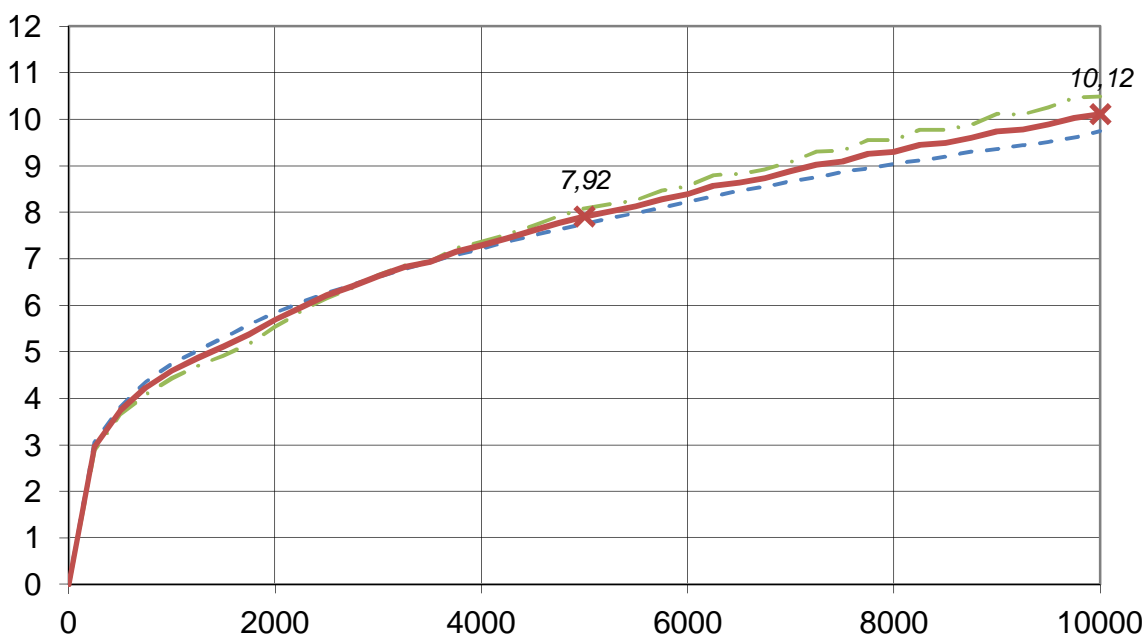
Borkjarni úr götu	Vigtun og mælingar m. rennimáli			Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf			
		K5	K6	Meðaltal	K5	K6	Meðaltal
Þvermál sneiðar er um 291 mm							
Þyngd borsneiðar	kg	8,560	8,225				
Meðalþykkt	mm	51,1	48,9	50,0			
Rúmmál sneiðar	cm ³	3400	3261				
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2518	2522	2520	2567	2573	2570
Reiknað holrúm	rm%	2,6	2,5	2,6	0,7	0,5	0,6

Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0 mm

	K5	K6	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	7,75	8,08	7,92
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	9,74	10,49	10,12
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	19,1	21,5	20,2
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,398	0,482	0,440

Sig í mm og umferðir





Hjólfarapróf — Hiti 45°C

Próf gert á 29 cm borkjörnum en annars skv. ÍST EN 12697-22:2003, B

Fyrir: Vegagerðina vegna verkefnisins „Malbiksrannsóknir 2014“.

Verkbeiðandi: Pétur Pétursson, PP ráðgjöf.

Malbik: Af Bústaðavegi, lagt 2011.

SMA16 Snasi; bik 160/220.

Borkjarnar voru teknir úr götu þann 4. nóvember 2014. Voru prófaðir sagaðir og snyrtir.

Aths.: Kjarnasneiðar voru skorðaðar í plastmóti frá verkkaupa.

Rúmþ. Rúmþyngd malbiks skv. gögnum úr verkefninu „Malbiksrannsóknir 2012“.

Rúmþyngd malbiks, (teoretisk) kg/m³ **2592**

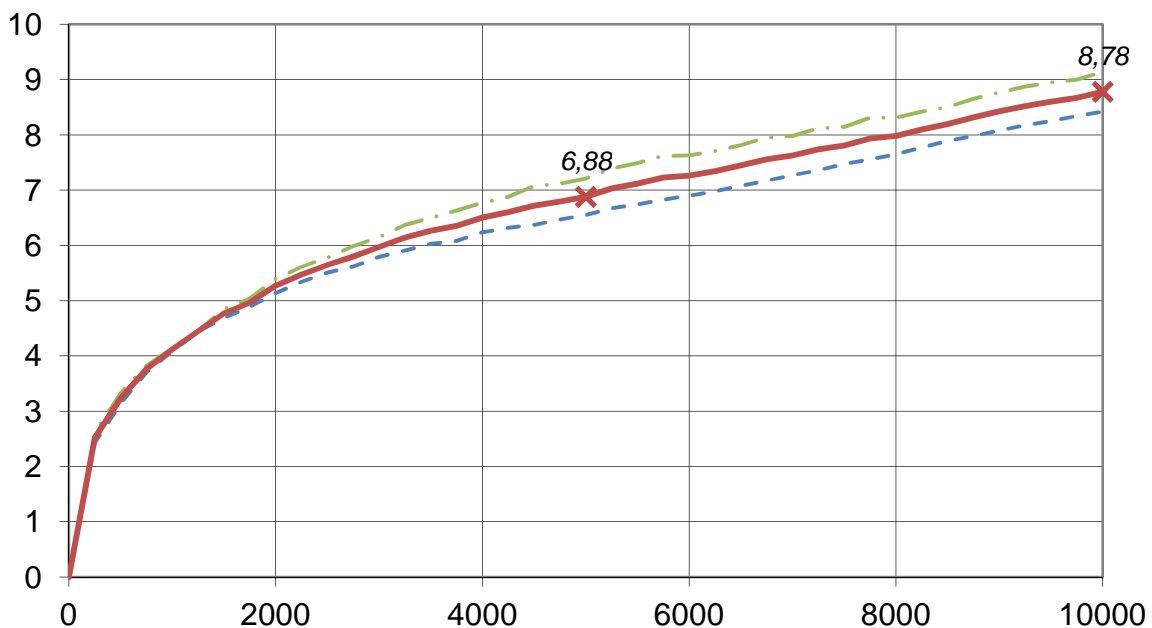
Borkjarni úr götu	Vigtun og mælingar m. rennimáli			Rúmþyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf		
	K7	K8	Meðaltal	K7	K8	Meðaltal
Þvermál sneiðar er um 292 mm						
Þyngd borsneiðar	kg	8,395	8,845			
Meðalþykkt	mm	50,0	52,3	51,2		
Rúmmál sneiðar	cm ³	3340	3491			
Reiknuð rúmþyngd	kg/m ³	2513	2534	2524	2579	2577
Reiknað holrúm	rm%	3,0	2,3	2,6	0,5	0,6

Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0 mm

	K7	K8	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	6,55	7,21	6,88
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	8,42	9,14	8,78
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	16,8	17,5	17,2
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,374	0,386	0,380

Sig í mm og umferðir





Hjólfarapróf — Hiti 45°C

Próf gert á 29 cm borkjörnum en annars skv. ÍST EN 12697-22:2003, B

Fyrir: Vegagerðina vegna verkefnisins „Malbiksraunnsóknir 2014“.

Verkbeiðandi: Pétur Pétursson, PP ráðgjöf.

Malbik: Af Bústaðavegi, lagt 2014.

SL16 Seljadalur; bik 70/100; með SBS 3% af biki.

Borkjarnar voru teknir úr götu þann 4. nóvember 2014. Voru prófaðir sagaðir og snyrtir.

Aths.: Kjarnasneiðar voru skorðaðar í plastmóti frá verkkaupa.

Rúmþ. Rúmþyngd malbiks skv. mælingu framleiðanda, Malbikunarstöðvarinnar Höfða.

Rúmþyngd malbiks, (teoretisk) kg/m³ **2638**

Borkjarni úr götu

Þvermál sneiðar er um 292 mm

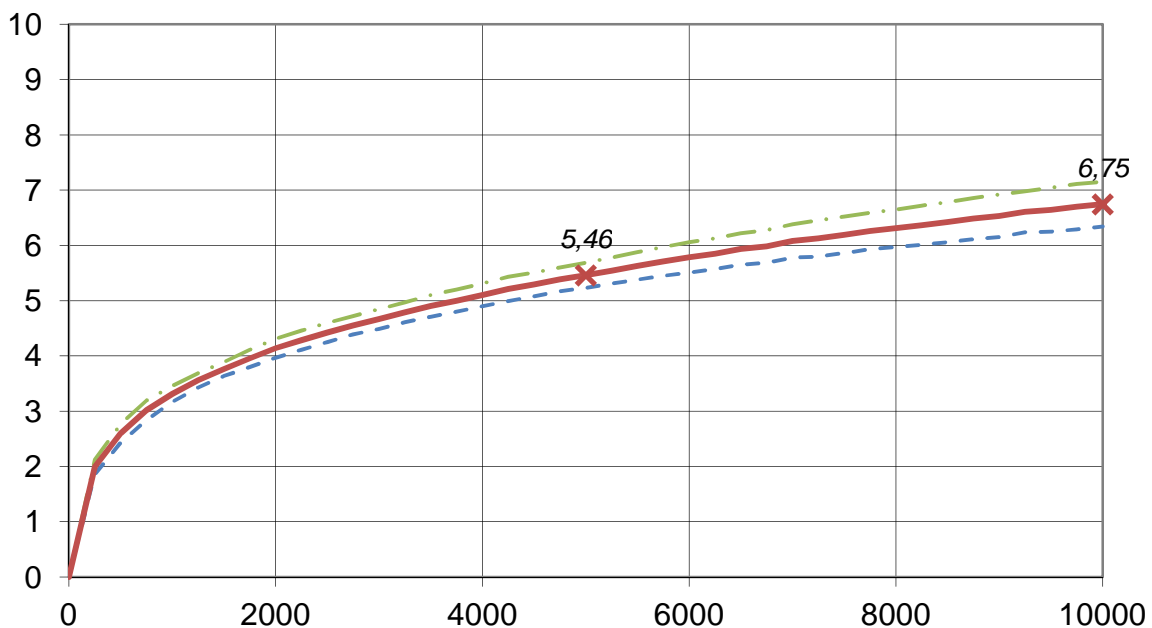
		Vigtun og mælingar m. rennimáli			Rúmþyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf		
		K9	K10	Meðaltal	K9	K10	Meðaltal
Þyngd borsneiðar	kg	8,775	8,775				
Meðalþykkt	mm	50,3	50,4	50,4			
Rúmmál sneiðar	cm ³	3363	3362				
Reiknuð rúmþyngd	kg/m ³	2609	2610	2610	2654	2646	2650
Reiknað holrúm	rm%	1,1	1,1	1,1	0,0	0,0	0,0

Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0 mm

	K9	K10	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	5,23	5,69	5,46
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	6,34	7,15	6,75
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	12,6	14,2	13,4
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,222	0,292	0,257

Sig í mm og umferðir





Malbiksrannsóknir 2014

Unnið fyrir Vegagerðina; umbjóðandi Pétur Pétursson, PP-Ráðgjöf

Rúmþyngd malbiks mæld í lofti og vatni eftir hjólfarapróf

Hjólfarapróf var gert á sneiðum úr borkjörnum 29 cm í þvermál.

Kjarnaneid var fyrst söguð um miðju, þvert á hjólfar. Annar helmingur síðan langsum í þrjá hluta með um 10 cm bili. Búturinn undir hjólfari er merktur D en þeir til hliðar C og E.

Hluti	Í vatni g	Yþp. g	Bakki g	Þurrt+ þakki, g	Þurrt g	Rúmmál cm ³	Rúmþ. Mg/m ³	Holrúm rm%
-------	--------------	-----------	------------	--------------------	------------	---------------------------	----------------------------	---------------

Sneið K1: Suðurlandsbraut 2013; SL16 Seljadalur, bik 70/100 með 0,4% Evotherm

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)			2,640 Mg/m ³	
Vatnshiti	23°C	Rúmþ.	0,9976 Mg/m ³	

C	645,6	1051,0	344,0	1391,1	1047,1	406,4	2,577	2,4
D	905,9	1471,5	366,9	1833,4	1466,5	567,0	2,587	2,0
E	894,3	1447,4	340,4	1784,5	1444,1	554,4	2,605	1,3
Meðaltal							2,589	1,9

Sneið K2: Suðurlandsbraut 2013; SL16 Seljadalur, bik 70/100 með 0,4% Evotherm

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)			2,640 Mg/m ³	
Vatnshiti	23°C	Rúmþ.	0,9976 Mg/m ³	

C	827,5	1338,7	343,9	1678,8	1334,9	512,4	2,605	1,3
D	1068,1	1727,1	348,1	2070,1	1722,0	660,6	2,607	1,3
E	685,6	1119,2	337,5	1451,8	1114,3	434,6	2,564	2,9
Meðaltal							2,592	1,8

Sneið K3: Suðurlandsbraut 2013; SL16 Seljadalur, bik 70/100 með 3% Sasobit

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)			2,640 Mg/m ³	
Vatnshiti	23°C	Rúmþ.	0,9976 Mg/m ³	

C	717,7	1155,7	337,5	1491,0	1153,5	439,1	2,627	0,5
D	1086,1	1751,5	347,9	2096,6	1748,7	667,0	2,622	0,7
E	779,3	1258,6	342,8	1598,9	1256,1	480,5	2,614	1,0
Meðaltal							2,621	0,7

Sneið K4: Suðurlandsbraut 2013; SL16 Seljadalur, bik 70/100 með 3% Sasobit

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)			2,640 Mg/m ³	
Vatnshiti	23°C	Rúmþ.	0,9976 Mg/m ³	

C	755,9	1218,6	342,9	1558,6	1215,7	463,8	2,621	0,7
D	1134,7	1829,8	340,7	2166,5	1825,8	696,8	2,620	0,7
E	792,6	1278,2	366,7	1641,8	1275,1	486,8	2,620	0,8
Meðaltal							2,620	0,7

Malbiksrannsóknir 2014

Unnið fyrir Vegagerðina; umbjóðandi Pétur Pétursson, PP-Ráðgjöf

Rúmþyngd malbiks mæld í lofti og vatni eftir hjólfarapróf
Hjólfarapróf var gert á sneiðum úr borkjörnum 29 cm í þvermál.

Kjarnaneið var fyrst söguð um miðju, þvert á hjólfar. Annar helmingur síðan langsum í þrjá hluta með um 10 cm bili. Búturinn undir hjólfari er merktur D en þeir til hliðar C og E.

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

Sneið K5: Bústaðavegur 2011; SL16 Snasi, bik 160/220 með 3% SBS

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)				2,586 Mg/m ³				
Vatnshiti		23°C	Rúmþ.	0,9976 Mg/m ³				
C	772,9	1260,2	348,9	1602,8	1253,9	488,5	2,567	0,7
D	936,3	1528,7	337,6	1858,9	1521,3	593,8	2,562	0,9
E	728,2	1185,9	340,5	1521,0	1180,5	458,8	2,573	0,5
Meðaltal							2,567	0,7

Sneið K6: Bústaðavegur 2011; SL16 Snasi, bik 160/220 með 3% SBS

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)				2,586 Mg/m ³				
Vatnshiti		23°C	Rúmþ.	0,9976 Mg/m ³				
C	726,9	1184,1	343,2	1524,4	1181,2	458,3	2,577	0,3
D	977,6	1594,6	367,6	1958,6	1591,0	618,5	2,572	0,5
E	633,2	1033,6	348,7	1379,4	1030,7	401,4	2,568	0,7
Meðaltal							2,573	0,5

Sneið K7: Bústaðavegur 2011; SMA16 Snasi, bik 160/220

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)				2,592 Mg/m ³				
Vatnshiti		23°C	Rúmþ.	0,9976 Mg/m ³				
C	814,9	1323,0	344,2	1661,0	1316,8	509,3	2,585	0,3
D	974,8	1582,4	342,8	1916,4	1573,6	609,1	2,584	0,3
E	740,2	1206,2	366,8	1566,7	1199,9	467,1	2,569	0,9
Meðaltal							2,579	0,5

Sneið K8: Bústaðavegur 2011; SMA16 Snasi, bik 160/220

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)				2,592 Mg/m ³				
Vatnshiti		23°C	Rúmþ.	0,9976 Mg/m ³				
C	756,1	1230,8	340,6	1561,1	1220,5	475,8	2,565	1,0
D	953,6	1549,1	366,8	1908,5	1541,7	596,9	2,583	0,4
E	721,2	1171,3	343,4	1509,5	1166,1	451,2	2,585	0,3
Meðaltal							2,577	0,6

Malbiksrannsóknir 2014

Unnið fyrir Vegagerðina; umbjóðandi Pétur Pétursson, PP-Ráðgjöf

Rúmþyngd malbiks mæld í lofti og vatni eftir hjólfarapróf
Hjólfarapróf var gert á sneiðum úr borkjörnum 29 cm í þvermál.

Kjarnaneið var fyrst söguð um miðju, þvert á hjólfar. Annar helmingur síðan langsum í þrjá hluta með um 10 cm bili. Búturinn undir hjólfari er merktur D en þeir til hliðar C og E.

<i>Hluti</i>	<i>Í vatni</i>	<i>Ybþ.</i>	<i>Bakki</i>	<i>Þurrt+</i>	<i>Þurrt</i>	<i>Rúmmál</i>	<i>Rúmþ.</i>	<i>Holrúm</i>
	<i>g</i>	<i>g</i>	<i>g</i>	<i>bakki, g</i>	<i>g</i>	<i>cm³</i>	<i>Mg/m³</i>	<i>rm%</i>

Sneið K9: Bústaðavegur 2014; SL16 Seljadalur, bik 70/100 með SBS

<i>Mesta rúmþ. malbiks (teor.)</i>				<i>2,638 Mg/m³</i>				
<i>Vatnshiti</i>		<i>23°C</i>	<i>Rúmþ.</i>		<i>0,9976 Mg/m³</i>			
C	803,9	1286,8	344,3	1628,9	1284,6	484,1	2,654	-0,6
D	1117,7	1788,6	340,8	2126,8	1786,0	672,5	2,656	-0,7
E	650,8	1041,4	337,8	1376,9	1039,1	391,5	2,654	-0,6
<i>Meðaltal</i>							<i>2,654</i>	<i>-0,6</i>

Sneið K10: Bústaðavegur 2014; SL16 Seljadalur, bik 70/100 með SBS

<i>Mesta rúmþ. malbiks (teor.)</i>				<i>2,638 Mg/m³</i>				
<i>Vatnshiti</i>		<i>23°C</i>	<i>Rúmþ.</i>		<i>0,9976 Mg/m³</i>			
C	842,5	1350,2	348,6	1696,0	1347,4	508,9	2,648	-0,4
D	1152,1	1849,5	344,4	2190,4	1846,0	699,1	2,641	-0,1
E	680,5	1089,4	337,5	1424,2	1086,7	409,9	2,651	-0,5
<i>Meðaltal</i>							<i>2,646</i>	<i>-0,3</i>

Upplýsingar um rúmþyngd malbiks eru fengnar úr skýrslum um Malbiksrannsóknir 2012 og 2013; skýrslu MHC um PMA malbik við íslenskar aðstæður frá 2012 og frá PP-ráðgjöf.