



# Malbiksrannsóknir 2013

## Áfangaskýrsla VI



Pétur Pétursson  
febrúar 2014



## ÁGRIP

Í þessari skýrslu er fjallað um niðurstöður malbiksprófana ársins 2013, svo og samantekta á gögnum úr fyrri áföngum.

Eftirfarandi eru rannsóknættir sem óskað var eftir að styrktir yrðu á yfirstandandi rannsóknári, með seinni tíma breytingum (*skáletrað*):

1. Samband hjólfaramyndunar á sýnum úr vegi og útbúnum á rannsóknastofu, SMA16 hart bik með 3% SBS og SMA16 mjúkt bik með 3% Sasobit úr Reykjanesbraut. *Þessi liður gekk eftir.*
2. Hjólfaramyndun í malbiki með þremur mismunandi hitalækkandi efnum (Sasobit, Evotherm, Leadcap). *Þessi verkliður þróaðist í það að verða sambærilegur við lið 1 með tveimur hitalækkandi efnum.*
3. Frekari rannsóknir á áhrifum fínefna (fillers) á hjólfaramyndun í malbiki, með sérstöku tilliti til gerðar og samspils þyngdar og rúmmáls fínefna (kornarúmpyngd fillers). Mæla 4 hreinar fínefnagerðir. *Hætt var við þennan lið að sinni.*
4. Frost/þíða í salti á plötum í hjólfarapróf og skriðmælingar borið saman við ómeðhöndlaðar plötur. *Þessi liður gekk eftir.*
5. Vatnsnæmipróf, kanna mismunandi malbiksgerðir við 25°C og 35 högg í Marshall á hvora hlið. Algengustu malbiksgerðirnar til að byrja með. *Einungis ein malbiksgerð var prófuð og hætt við frekari prófanir að sinni.*
6. Samantekt á gögnum um mælda holrýmd úr áfangaskýrslum. *Þessi liður gekk eftir.*
7. Taka saman mun á plötupörum sem prófuð eru í hjólfaraprófi og reikna frávík. *Þessi liður gekk eftir.*
8. Safna niðurstöðum rannsókna með Prall og hjólfaraprófi. *Þessi liður gekk eftir.*

Farið var yfir umsókn og úthlutun á fundi verkefnishóps í maí 2013. Þar var meðal annars ákveðið að prófa tvö hitalækkandi efni í malbik í stað þriggja, sbr. lið 2 hér að ofan (efninu Leadcap sleppt). Þegar langt var liðið á sumarið varð ljóst að nokkrar breytingar þurfti að gera á framkvæmd verkefnisins, þar sem í ljós kom að sumir verkþættir voru dýrari en reiknað hafði verið með. Einnig kom fram áhugi á að taka sýni úr tilraunaköflum á Suðurlandsbraut með hitalækkandi efnum (Sasobit og Evotherm) til samanburðar við sýni sem þjöppuð voru á rannsóknastofu. Því var ákveðið í verkefnishópi með tölvupóstum að sleppa alveg frekari rannsóknum á áhrifum fínefna á hjólfaramyndun í þessum áfanga og jafnframt að hætta frekari prófunum á vatnsnæmi mismunandi malbiksgerða að svo stöddu (einungis ein gerð prófuð). Vegna þessa niðurskurðar var unnt að kosta sýnatöku og hjólfaraprófanir á sýnum úr tilraunaköflum á Suðurlandsbraut. Þar með má segja að verkefnið hafi orðið hnitmiðaðra en til stóð og snúist að mestu um prófanir á malbiki með hitalækkandi efnum, bæði úr götu og þjappað á rannsóknastofu og þar að auki könnuð áhrif frost/þíðu á slíkt malbik.

### Helstu niðurstöður:

- Þegar bornir eru saman skriðeiginleikar mismunandi malbiksgerða kemur í ljós að minnsta skriðið á sér stað í malbiki með hörðu biki (PG70/100) og Sasobit vaxi eða SBS fjölliðu.
- Sýni tekin úr vegi eru í öllum tilfellum með meiri hjólfaramyndun en sambærileg sýni sem þjöppuð eru á rannsóknastofu.

- Holrýmdarmælingar á sýnum sem söguð eru úr mældum plöttum í hjólfaraprófi gefa ekki til kynna að munur sé á holrýmd sýna úr götu og sýna sem þjöppuð eru á rannsóknarstofu. Því liggur ekki fyrir hvað veldur því að sýni úr götu mælast með meiri hjólför en sambærileg sýni sem þjöppuð eru á rannsóknastofu.
- Minnst heildarskrið (TRD) á sýnum sem tekin eru úr vegi/götu er 5-6 mm með Sasobit vaxi og SBS fjölliðu og PG70/100 biki og næst minnst með Evotherm og PG70/100 biki. Mest heildarskrið á sýnum sem tekin eru úr vegi er í malbiki með PG160/220 biki.
- Ekki er vitað á þessu stigi hvað veldur 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 er vitað hvort sýni tekin úr vegi eða sýni þjöppuð á rannsóknastofu endurspegli betur skriðeiginleika malbiks með mjúku biki (PG 160/220). Þó má gera því skóna að hjólfaramyndun sýna úr vegi endurspegli skriðeiginleika þess malbiks betur en sýna sem þjöppuð eru á rannsóknastofu. Þetta er þó sett fram með þeim fyrirvara að sýnatakan sjálf og meðhöndlun þar á eftir orsaki ekki veikleika gagnvart skriði.
- Frost/þíðu álag í saltvatni reyndist ekki hafa mælanleg áhrif á skriðeiginleika SL malbiks (AC) til hins verra. Báðar malbiksgerðirnar sem prófaðar voru reyndust koma ívið betur út eftir frost/þíðu áraunina, þó varla utan skekkjumarka þar sem munurinn er óverulegur.
- Prall-slitþolsgildi íslensks malbiks liggja á bilinu 10 til 28 ml, þó flest undir 20 ml ef um slitsterkt 16 mm steinefni er að ræða. SMA malbik virðist slitna minna en SL malbik (AC) og íblöndun SBS fjölliðu virðist minnka slit í Prall-prófi. Þá eru líkur á að malbik með mjúku biki slitni ívið minna en sams konar malbik með harðara biki.
- Nýleg vatnsnæmiþróf á tveimur gerðum íslensks malbiks sýna að ITSR hlutfallið stenst vel þær kröfur sem settar eru fram í leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur.

Á þessu stigi er enn óskýrður mismunur á hjólfaraprófunum eftir uppruna sýnanna, þ.e.a.s. hvort þau eru söguð úr götu eða þjöppuð á rannsóknastofu. Þó má setja fram tvo þætti sem hugsanlega gætu skýrt þennan mismun, þótt engar beinar mælingar eða rannsóknir liggi 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.

# EFNISYFIRLIT

ÁGRIP.....	1
1 INNGANGUR.....	6
2 PRÓFUNARAÐFERÐIR.....	8
2.1 Hjólfarapróf.....	8
2.2 Frostþolspróf.....	9
2.3 Vatnsnæmipróf.....	9
3 PRÓFANIR OG NIÐURSTÖÐUR.....	12
3.1 Hjólfarapróf á sýnum þjöppuðum á rannsóknastofu og út götu.....	12
3.1.1 Reykjanesbraut 2008 og Ártúnsbrekka 2009.....	12
3.1.2 Bústaðavegur 2012.....	13
3.1.3 Reykjanesbraut 2013.....	14
3.1.4 Suðurlandsbraut 2013.....	15
3.1.5 Hjólfarapróf á sýnum úr götu og þjöppuðum með RC aðferð.....	17
3.2 Áhrif frost/þíðu áraunar á skrið í hjólfaraprófi.....	18
3.3 Samantektir á gögnum úr fyrri áföngum.....	20
3.3.1 Samantekt á mun milli tveggja hlutasýna í hjólfaraprófi.....	20
3.3.2 Samantekt á gögnum um mælda holrýmd.....	25
3.3.3 Samantekt á gögnum um mælt slit með Prall-aðferð.....	30
3.4 Athugun á vatnsnæmi malbiks.....	38
4 ÁLYKTANIR.....	39
HEIMILDIR, STAÐLAR OG ÍTAREFNI.....	41
VIÐAUKI I MÆLIGÖGN FRÁ REYKJANESBRAUT.....	42
VIÐAUKI II MÆLIGÖGN FRÁ SUÐURLANDSBRAUT.....	48
VIÐAUKI III VATNSNÆMIPRÓF.....	56



# 1 INNGANGUR

Á undanförunum árum hafa komið út skýrslur um rannsóknir á íslensku malbiki 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.

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 rannsóknum á malbiki með nýjum prófunaraðferðum á síðustu árum, m.a. hefur Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas lagt út tilraunakafli 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 Malbiksraunir 2013 er Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar, en auk þess hefur Reykjavíkurborg styrkt verkefnið. Þá hafa malbikunarstöðvarnar Hlaðbær-

Colas og Höfði tekið á sig kostnað vegna sýnatöku úr vegi/götu. NMÍ hefur séð um allar prófanir þessa áfanga um malbiksrannsóknir.

Í verkefnishópi sátu Arnþór Óli Arason, Ásbjörn Jóhannesson og Óskar Örn Jónsson 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.



## 2 PRÓFUNARAÐFERÐIR

### 2.1 Hjólfarapróf

Skriðpróf í hjólfaratæki, 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 hjólfaratækið 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 gúmmihjóli, 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 prófhitu samanber töflu D.1 í viðauka D í staðli um gerðarprófanir á malbiki, ÍST EN 13108-20 Bituminous mixtures - Material specifications - Part 20: Type Testing. 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).

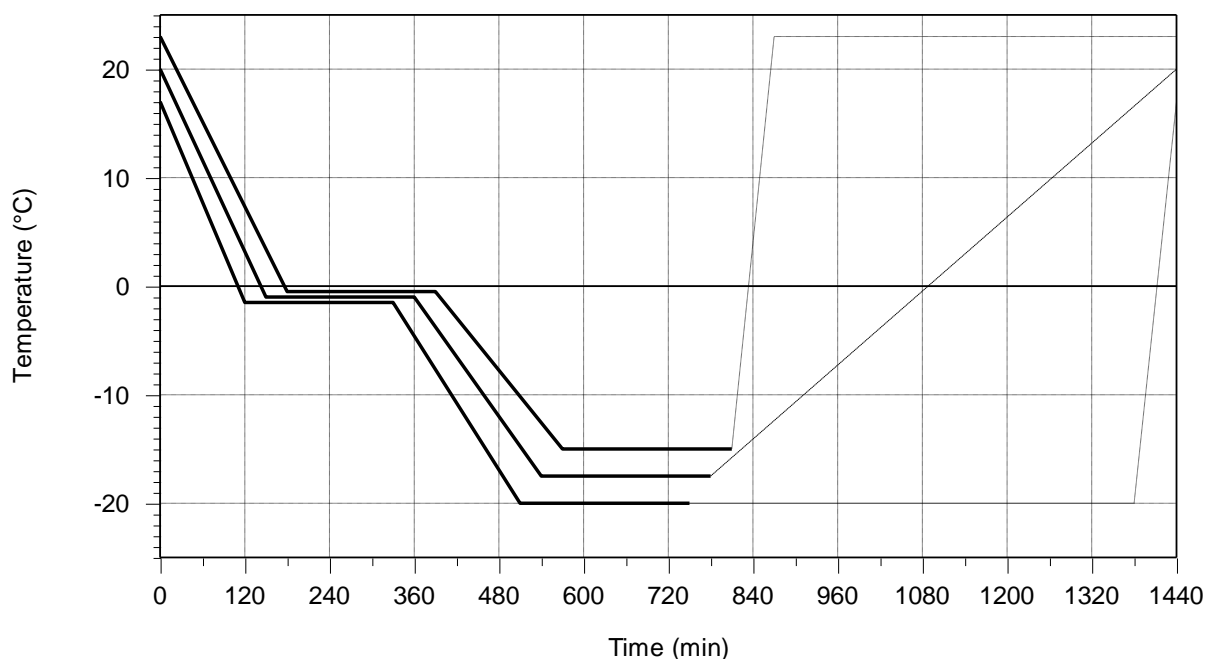


Mynd 1 a) og b) Hjólfaratæki og malbiksþjappa

## 2.2 Frostþolspróf

Eins og fram hefur komið var einn verkþáttur þessa áfanga að prófa sýni sem orðið hafði fyrir frost/þíðu áraun í saltvatni með hjólfaraprófi. Ákveðið var að útbúa aukasett (tvær plötur) af sýnum úr malbiki með Evotherm og Sasobit sem malbikunarstöðin Höfði hafði framleitt og lagt var í tilraunakafla á Suðurlandsbraut. Þannig fékkst samanburður á hjólfaramyndun í sýnum sem þjöppuð voru á rannsóknastofu, með og án frostáraunar.

Í evrópskum stöðlum er ekki að finna frostþolspróf sem ætlað er til að nota á malbiksplötur og því þurfti að sérhanna aðferðina. Hún er þó í sjálfu sér ekki flókin, en fól í sér nokkra tilflutninga á malbiksplötunum. Ákveðið var að nota sambærilega hitakúrfu og notuð er til prófana á óbundnum steinefnum, sem sagt í staðli ÍST EN 1367-6, sjá mynd 2, og 1 % saltlausn.



**Mynd 2** Hitaferill sem stuðst var við til að setja frost/þíðu áraun á plötur

Malbiksplöturnar voru hafðar í frystikistu yfir nótt, mettaðar af saltlausn og síðan teknar úr kisutni og látnar þiðna yfir daginn í saltvatnsbaði við herbergishita.

## 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. Hérlendis 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 styrkhluftfall (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 og  $ITS_d$  er meðalbrotstyrkur ómeðhöndlaðra sýna.



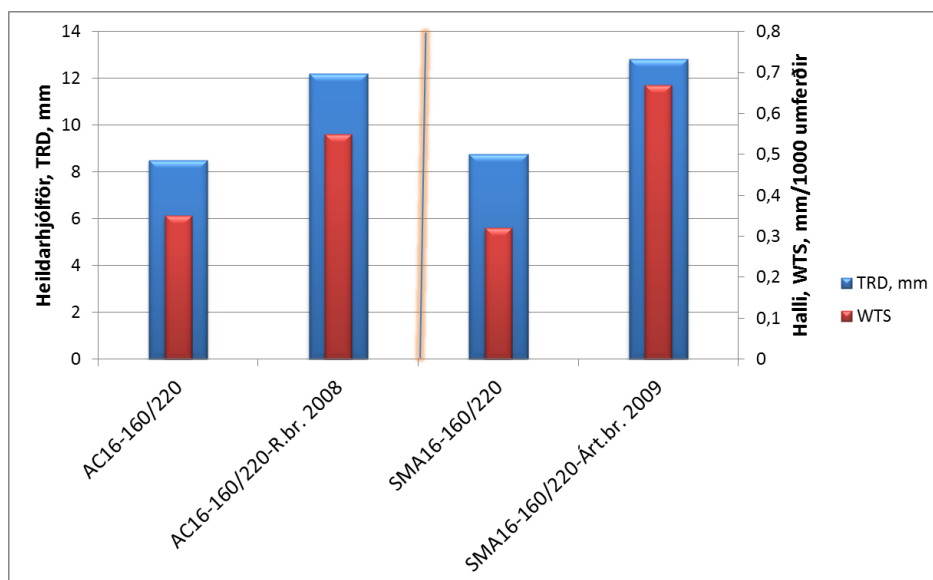
### 3 PRÓFANIR OG NIÐURSTÖÐUR

#### 3.1 Hjólfarapróf á sýnum þjöppuðum á rannsóknastofu og úr götu

Á undanförunum árum hafa verið tekin söguð sýni úr vegi/götu til prófana í hjólfarataeki Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands. Fyrst var tekið sýni af hefðbundnu SL16 malbiki (AC) úr Reykjanesbraut árið 2008 og síðan sýni af hefðbundnu SMA malbiki úr Ártúnsbrekku. Í framhaldi af þessum sýnatökum var ráðist í tilraunakafla með óhefðbundnari malbiksblöndum, sérstaklega með íblöndunarefnum svo sem SBS fjölliðu á Bústaðavegi, Sasobit vaxi og SBS fjölliðu á Reykjanesbraut og Sasobit vaxi og Evotherm á Suðurlandsbraut. Niðurstöður þessara hjólfaramælinga liggja fyrir auk mælinga á sambærilegum malbiksgerðum sem þjappaðar voru á rannsóknastofu og er fjallað um þessar rannsóknir hér á eftir.

##### 3.1.1 Reykjanesbraut 2008 og Ártúnsbrekka 2009

Fjallað hefur verið áður um prófanir á sýnum úr götu í fyrstu áföngum þessa verkefnis, þegar hjólfarataekið var nýtt héraendis, sjá áfangaskýrslur I og II í þessu verkefni. Tekin voru sýni af hefðbundnum malbiksgerðum, annars vegar SL16 malbik (AC) úr Reykjanesbraut og hins vegar SMA16 úr Ártúnsbrekku, báðar gerðir með PG 160/220 biki. Sýnin voru prófuð í hjólfarataeki við 45°C og sambærilegar malbiksgerðir voru einnig þjappaðar á rannsóknastofu og prófaðar á sama hátt. Það vakti athygli að sýni sem þjöppuð voru á rannsóknastofu (skv. ÍST EN 12697-33, „Roller compaction“) fengu greinilega lægri gildi úr hjólfaraprófi en sýni tekin úr götu, sjá mynd 4.



Mynd 4 Hjólfarapróf á sýnum úr Reykjanesbraut 2008 og Ártúnsbrekku 2009

Eins og sjá má á myndinni eru gildin nokkuð áþekkt, heildarhjólför milli 8 og 9 mm á sýnum sem þjöppuð voru á rannsóknastofu og milli 12 og 13 mm á sýnum úr götu. Það skal tekið fram að sýnin sem tekin voru úr götu voru prófuð með burðarlagsmalbiki undir, en það var ekki talið hafa afgerandi áhrif á skrið í slitlagsmalbikinu. Tafla 1 sýnir stök gildi fyrir hlutasýnin tvö á malbikinu sem notað var í Ártúnsbrekku, meðaltal og staðalfrávik.

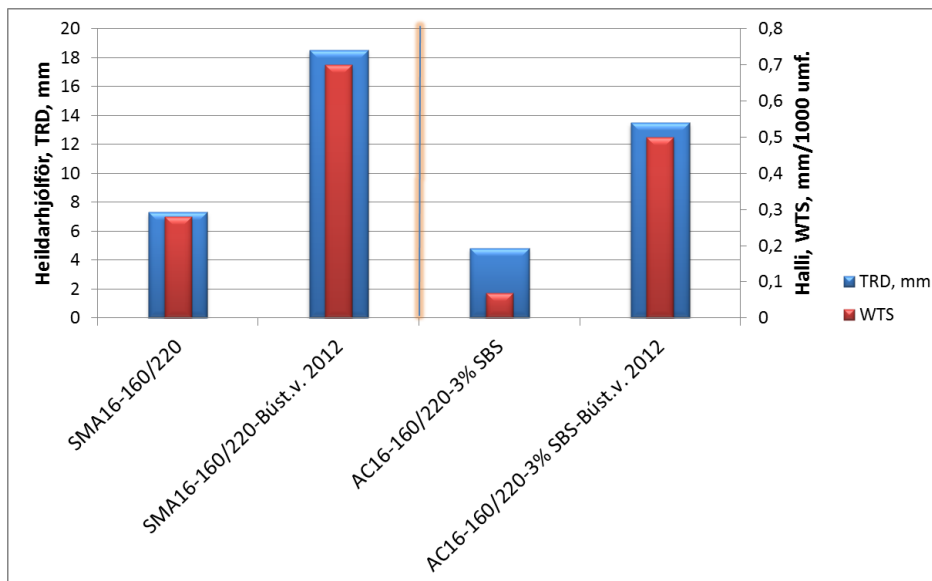
**Tafla 1** Gildi tveggja hlutasýna malbiks sem notað var í Ártúnsbrekku

<b>Malbiksgerð, heildarhjölför, TRD</b>	<b>TRD 1</b>	<b>TRD 2</b>	<b>Meðaltal</b>	<b>STDEV</b>
SMA16 Ottersbo, PG 160/220	8,94	8,58	8,76	0,25
SMA16 Ottersbo, PG 160/220, Ártúnsbrekka	13,49	12,14	12,82	0,95
<b>Malbiksgerð, skrið/1000 umferðir, WTS</b>	<b>WTS 1</b>	<b>WTS 2</b>	<b>Meðaltal</b>	<b>STDEV</b>
SMA16 Ottersbo, PG 160/220	0,322	0,310	0,316	0,008
SMA16 Ottersbo, PG 160/220, Ártúnsbrekka	0,578	0,756	0,667	0,126

Bent skal á að malbikið úr Reykjanesbrautinni var einungis prófað einu sinni við 45°C og því eiga hlutasýni ekki við í þessu tilliti.

### 3.1.2 Bústaðavegur 2012

Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas lagði út tvo tilraunakafla á Bústaðaveg í júlí 2011. Um var að ræða annars vegar SL16 malbik (AC) með 3% SBS fjölliðu og hins vegar hefðbundið SMA malbik (án fjölliðu), í báðum tilfellum PG 160/220 bik. Sýni úr köflunum voru tekin úr götunni haustið 2012 og höfðu kafarnir þá verið undir umferð í liðlega eitt ár, en einnig höfðu verið tekin sýni af framleiðslunni og þau þjöppuð á rannsóknastofu. Samanburður á þessum mælingum er sýndur á mynd 5.



**Mynd 5** Hjólfarapróf á sýnum úr Bústaðavegi 2012

Myndin sýnir að gildin sem fengust úr þessum samanburði eru á sama veg og í fyrri samanburði, þ.e.a.s. að sýni sem þjöppuð eru á rannsóknastofu koma mun betur út en sýni sem tekin eru úr götu. Þar fyrir utan mældist sýnið með 3% SBS sem þjappað var á rannsóknastofu með því allra minnsta sem mælst hafði í hjólfaraprófi fram að því héraendis. Sambærilegt sýni úr götu mældist með yfir þreföldu hjólfaradýpi þess sem þjappað var á rannsóknastofu. Hefðbundna SMA malbikið sem þjappað var á rannsóknastofu mældist ívið betra en svipað malbik sem notað var í Ártúnsbrekkunni, en SMA sýnið úr götu var með því allra lakasta sem mælst hafði héraendis. Á

Þessu stigi var í raun engin haldbær skýring á því hvers vegna sýni sem tekin voru úr götu fengu svona mikil lakari gildi úr hjólfaraprófi en sýni sem þjöppuð voru á rannsóknastofu.

Tafla 2 sýnir stök gildi fyrir hlutasýnin tvö á malbikinu sem notað var á Bústaðavegin, meðaltal og staðalfrávik.

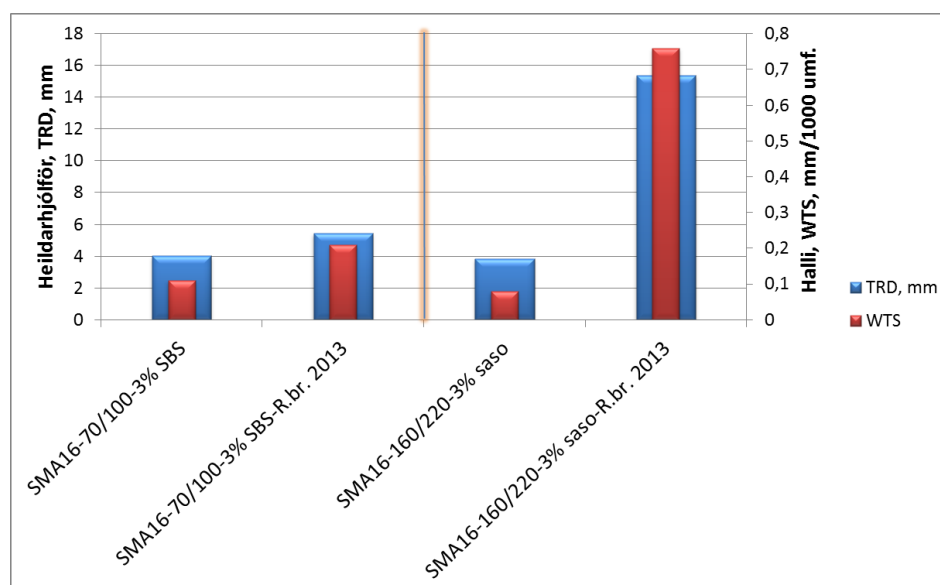
**Tafla 2** Gildi tveggja hlutasýna malbiks sem notað var á Bústaðaveg

<b>Malbiksgerð, heildarhjólför, TRD</b>	<b>TRD 1</b>	<b>TRD 2</b>	<b>Meðaltal</b>	<b>STDEV</b>
SMA16 Snasi, PG 160/220	7,63	7,04	7,34	0,42
SMA16 Snasi, PG 160/220, Bústaðavegur	17,11	19,79	18,45	1,90
SL16 Snasi, PG 160/220, 3% SBS	4,64	4,97	4,81	0,23
SL16 Snasi, PG 160/220, 3% SBS, Bústaðavegur	13,95	13,11	13,53	0,59
<b>Malbiksgerð, skrið/1000 umferðir, WTS</b>	<b>WTS 1</b>	<b>WTS 2</b>	<b>Meðaltal</b>	<b>STDEV</b>
SMA16 Snasi, PG 160/220	0,268	0,294	0,281	0,018
SMA16 Snasi, PG 160/220, Bústaðavegur	0,528	0,762	0,645	0,165
SL16 Snasi, PG 160/220, 3% SBS	0,072	0,076	0,074	0,003
SL16 Snasi, PG 160/220, 3% SBS, Bústaðavegur	0,638	0,334	0,486	0,215

Taflan sýnir m.a. að bæði sýnin sem tekin eru úr götu mælast með hátt heildarskrið (TRD), 18,5 og 13,5 mm, en einnig tiltölulega mikinn halla (WTS), eða 0,65 og 0,49 mm/1000 umferðir.

### 3.1.3 Reykjanesbraut 2013

Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas lagði aftur út tvo tilraunakafla í júlí 2012, í þetta sinn á Reykjanesbraut. Um var að ræða annars vegar SMA16 Durasplitt + 3% Sasobit með biki PG 160/220 og hins vegar SMA16 Durasplitt + 3% SBS með biki PG 70/100. Sýni úr köflunum voru tekin í september 2013 og höfðu kaflarnir þá verið undir umferð í liðlega eitt ár, en einnig höfðu verið tekin sýni af framleiðslunni og þau þjöppuð á rannsóknastofu. Samanburður á þessum mælingum er sýndur á mynd 6.



**Mynd 6** Hjólfarapróf á sýnum úr Reykjanesbraut 2013

Það sést á myndinni að SMA16 með hörðu biki (PG 70/100) og 3 % SBS kemur mjög vel út og má segja að sýnið sem tekið var úr veginum fái mun betri niðurstöðu en sýni sem áður höfðu verið tekin úr vegi. Aftur á móti er sláandi munur á SMA með mjúku biki (PG 160/220) og 3 % Sasobit vaxi sem annars vegar er þjappað á rannsóknastofu og hins vegar tekið úr götu. Það sýni sem tekið var úr götu sver sig í ætt við sýni sem áður höfðu verið tekin úr götu, öll með mýkri gerðinni af biki. Því er freistandi að túlka þetta sem svo að sýni með mjúku biki sem tekin eru úr götu fá tiltölulega há gildi úr hjólfaraprófi, jafnvel þótt þau innihaldi efni eins og SBS fjölliðu eða Sasobit vax. Ástæðan er hins vegar enn ekki fyllilega ljós og ekki vitað á þessari stundu hvort há gildi á sýnum með mjúku bindiefni sem tekin eru í vegi endurspegli lítið viðnám gegn skriði eða hvort lág gildi á sýnum sem þjöppuð eru á rannsóknastofu (með SBS fjölliðu eða Sasobit vaxi) endurspegli mikið viðnám gegn skriði. Til þess að fá úr því skorið þyrfti að gera nákvæmnismælingar á hjólfaramyndun tilraunakafla, bæði að vori og hausti.

Tafla 3 sýnir stök gildi fyrir hlutasýnin tvö á malbikinu sem notað var á Reykjanesbrautina, meðaltal og staðalfrávik.

**Tafla 3** Gildi tveggja hlutasýna malbiks sem notað var á Reykjanesbraut

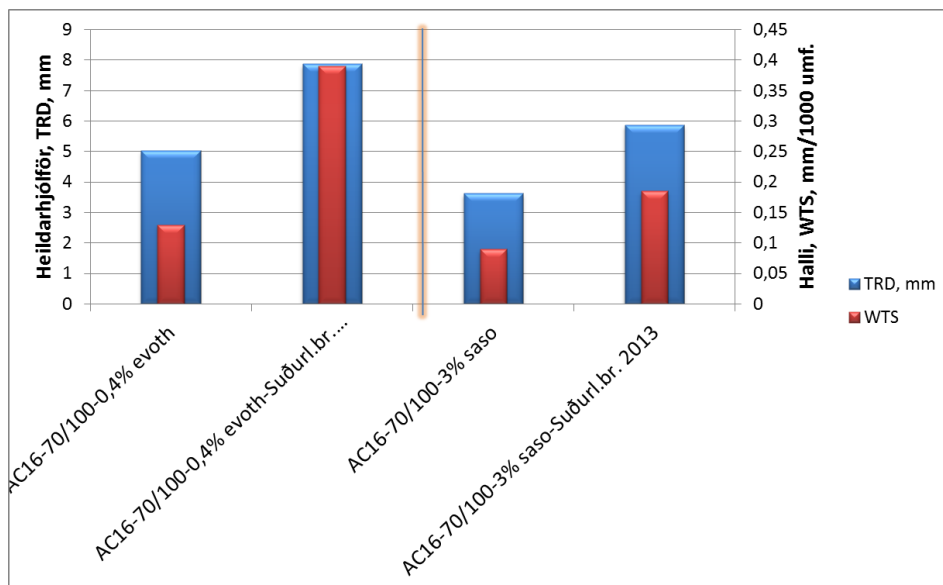
<b>Malbiksgerð, heildarhjólför, TRD</b>	<b>TRD 1</b>	<b>TRD 2</b>	<b>Meðaltal</b>	<b>STDEV</b>
SMA16 Durasplitt, PG 70/100, 3% SBS	4,18	3,83	4,01	0,25
SMA16 Durasplitt, PG 70/100, 3% SBS, Reykjanesbraut	6,24	4,65	5,45	1,12
SMA16 Durasplitt, PG 160/220, 3% Sasobit	3,27	4,41	3,84	0,81
SMA16 Durasplitt, PG 160/220, 3% Sasobit, R.braut	15,61	15,19	15,40	0,30
<b>Malbiksgerð, skrið/1000 umferðir, WTS</b>	<b>WTS 1</b>	<b>WTS 2</b>	<b>Meðaltal</b>	<b>STDEV</b>
SMA16 Durasplitt, PG 70/100, 3% SBS	0,124	0,088	0,106	0,025
SMA16 Durasplitt, PG 70/100, 3% SBS, Reykjanesbraut	0,240	0,186	0,213	0,038
SMA16 Durasplitt, PG 160/220, 3% Sasobit	0,056	0,102	0,079	0,033
SMA16 Durasplitt, PG 160/220, 3% Sasobit, R.braut	0,680	0,844	0,762	0,116

Taflan sýnir að malbikið með mýkra bikinu sem tekið var úr vegi fær 15,4 mm heildarhjólför (TRD) og halla (WTS) um 0,76 mm sem er nokkuð hátt gildi og gefur til kynna að malbikið sé enn að skriða þó nokkuð til í prófinu.

### 3.1.4 Suðurlandsbraut 2013

Malbikunarstöðin Höfði framleiddi og lagði út tvo tilraunakafla á Suðurlandsbraut sumarið 2013. Um var að ræða SL16 malbik (AC) með Seljadalsefni og PG 70/100 biki, annar með 0,4 % Evotherm og hinn með 3 % Sasobit vaxi. Mynd 7 sýnir niðurstöður mælinga á sýnum sem þjöppuð voru á rannsóknastofu og sýnum teknum úr götu.





**Mynd 7** Hjólfarapróf á sýnum úr Suðurlandsbraut 2013

Enn og aftur kemur fram munur í hjólfaramyndun á sýnum sem þjöppuð eru á rannsóknastofu annars vegar og tekin eru úr vegi hins vegar. Sjá má að SL16 malbik (AC) með PG 70/100 biki og 3 % sasobit vaxi sem tekið er úr götu fær svipaða heildarhjólfaradýpt og SMA16 malbikið með PG 70/100 með 3 % SBS sem lagt var á Reykjanesbrautina 2013. Það sama á reyndar við í samanburði á sömu sýnum þjöppuðum á rannsóknastofu. Sama malbik með 0,4 % Evotherm hitalækkandi efni í stað Sasobit vax mælist með heldur meiri hjólför, en þó í lægri kantinum, bæði sýni þjöppuð á rannsóknastofu og sýni tekin úr götu, enda með hörðu biki (PG 70/100), sem virðist gera gæfumuninn.

Tafla 4 sýnir stök gildi fyrir hlutasýnin tvö á malbikinu sem notað var á Suðurlandsbrautina, meðaltal og staðalfrávik.

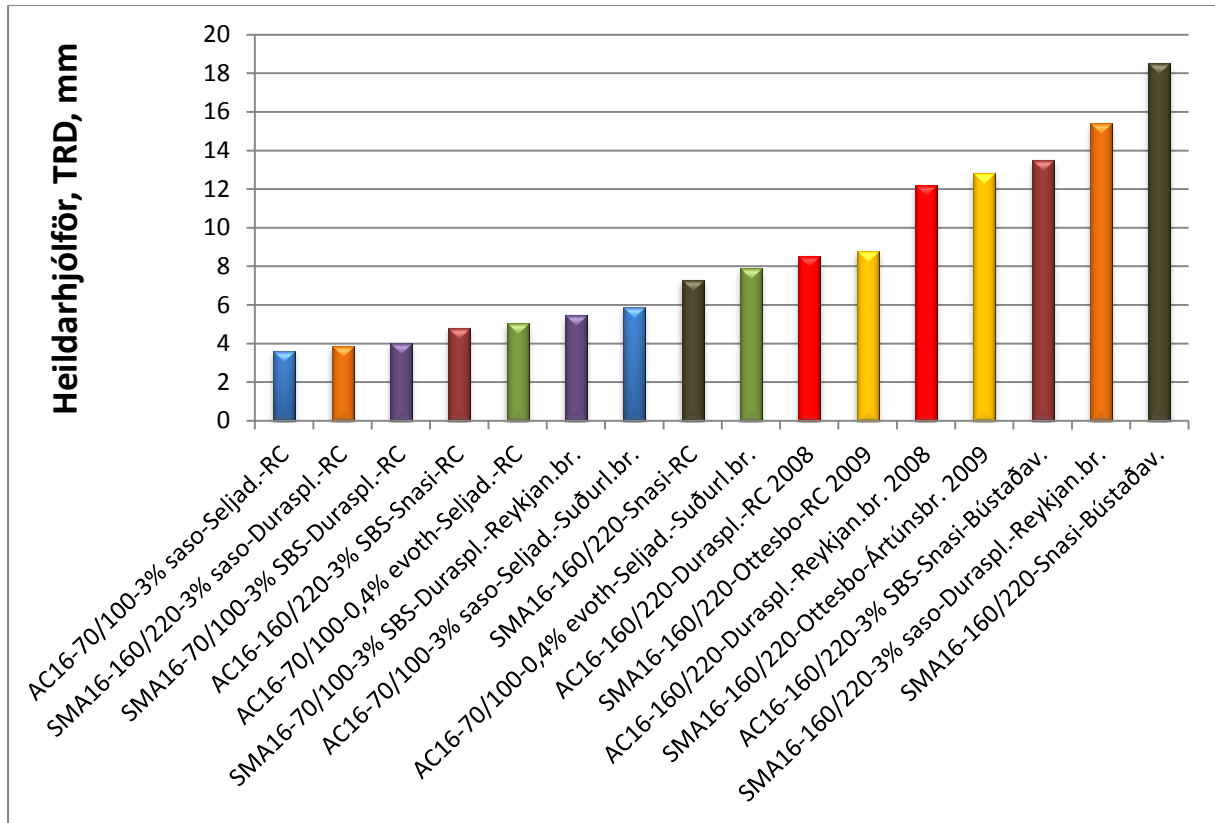
**Tafla 4** Gildi tveggja hlutasýna malbiks sem notað var á Suðurlandsbraut

<b>Malbiksgerð, heildarhjólför, TRD</b>	<b>TRD 1</b>	<b>TRD 2</b>	<b>Meðaltal</b>	<b>STDEV</b>
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 0,4% Evotherm	4,98	5,07	5,03	0,06
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 0,4% Evotherm, Suðurlandsbraut	8,77	6,99	7,88	1,26
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 3% Sasobit	3,82	3,42	3,62	0,28
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 3% Sasobit, Suðurlandsbraut	6,20	5,51	5,86	0,49
<b>Malbiksgerð, skrið/1000 umferðir, WTS</b>	<b>WTS 1</b>	<b>WTS 2</b>	<b>Meðaltal</b>	<b>STDEV</b>
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 0,4% Evotherm	0,140	0,126	0,133	0,010
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 0,4% Evotherm, Suðurlandsbraut	0,484	0,304	0,394	0,127
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 3% Sasobit	0,098	0,074	0,086	0,017
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 3% Sasobit, Suðurlandsbraut	0,200	0,170	0,185	0,021

Eins og sést á töflunni eru öll mæld meðalhjólfaragildi undir 8 mm og auk þess er halli ferils/1000 umferðir síðustu 5000 umferðirnar (WTS) lágur nema í tilvikinu malbik með Evotherm úr götu þar sem hallinn eru um 0,39 mm/1000 umferðir.

### 3.1.5 Hjólfarapróf á sýnum úr götu og þjöppuðum með RC aðferð

Mynd 8 sýnir niðurstöður hjólfaraprófana á malbikssýnum sem tekin hafa verið úr götu/vegi hérlendis og samsvarandi malbiksgerða (í sama lit) sem þjappaðar voru á rannsóknastofu (RC=Roller Compaction).

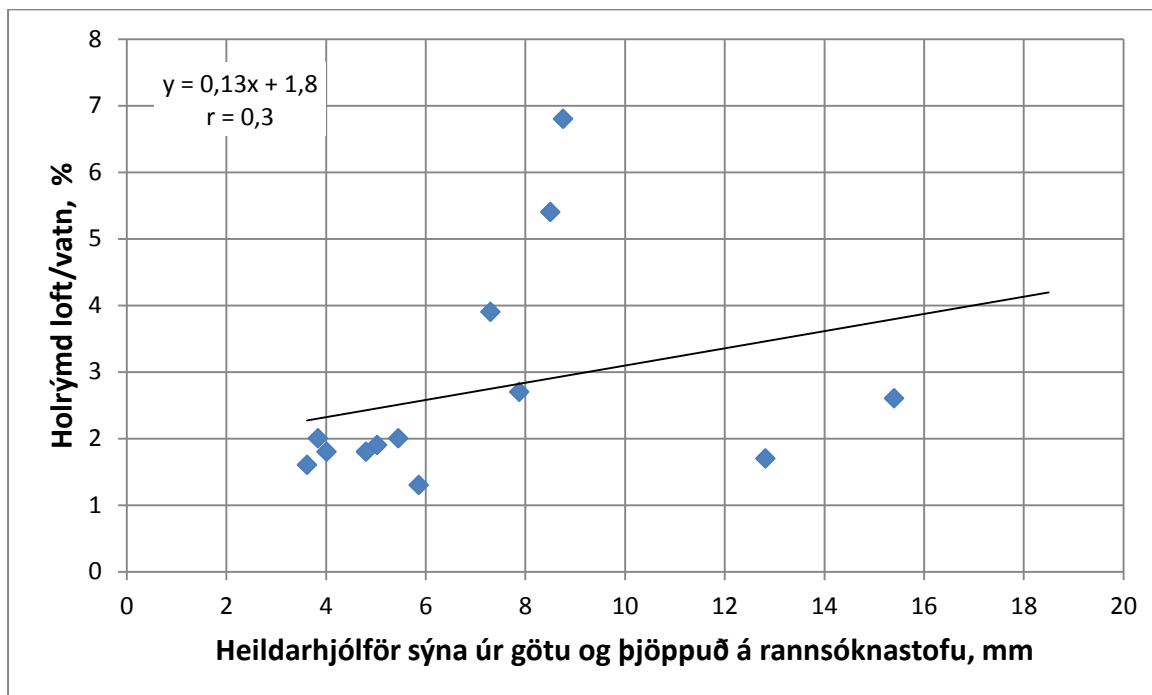


**Mynd 8** Niðurstöður hjólfaraprófa á malbikssýnum sem tekin hafa verið úr götu/vegi og þjappaðar voru á rannsóknastofu

Til að draga saman ályktanir af hjólfaraprófum sem gerð hafa verið hérlendis á undanförunum árum, annars vegar á sýnum sem þjöppuð voru á rannsóknastofu og hins vegar á sýnum teknum úr götu má setja fram eftirfarandi punkta:

- 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 fjöllliður 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 heildarhjölför yfir 12 mm, óháð því hvort um er að ræða SL (AC) eða SMA malbik, svo og hvort þau innihalda SBS eða Sasobit.

Holrýmd malbikssýna úr vegi/götu og þjöppuðu á rannsóknastofu var borin saman við heildarhjólframmyndun til að kanna hvort hún gæti skýrt mun á hjólfaramyndun, sjá mynd 9.



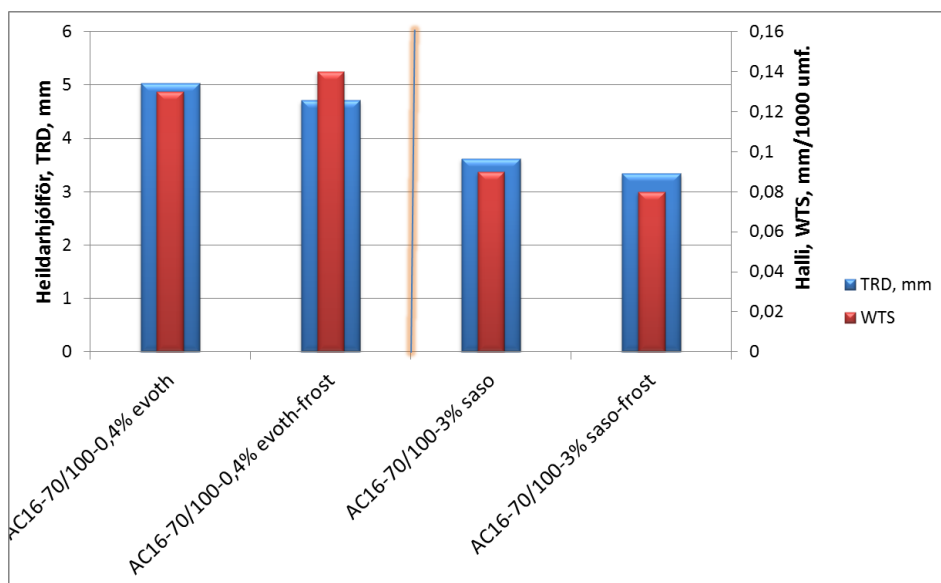
**Mynd 9** Mæld holrýmd borin saman við heildarhjólfaramyndun

Eins og mynd 9 sýnir eru flest mæld holrýmdargildi milli 1 og 3 % hvort heldur þau voru tekin úr götu eða útbúin á rannsóknastofu, þó með þeirri undantekningu að tvö sýni virðast ekki fá nægilega þjöppun á rannsóknastofu. Því verður ekki séð að ónóg þjöppun úti í vegi sé ástæða þessa munar í hjólfaraprófi eins og ætla hefði mátt. Aðrir þættir, svo sem mismunandi aðstæður við útlögn og þjöppun og mismunandi meðhöndlun malbiks áður en það er þjappað, gætu hugsanlega skýrt mun á hjólfaramyndun í sýnum teknum úr götu og sýnum þjöppuðum á rannsóknastofu.

Það skal tekið skýrt fram að ekki er við því að búast að holrýmdin ein og sér skýri mismunandi hjólfaramyndun, þar sem ýmsir þættir þættir, svo sem bindiefnisgerð og –magn, íaukar, sáldurferill og fleira hefur sterk áhrif á hjólfaramyndun.

### 3.2 Áhrif frost/þíðu áraunar á skrið í hjólfaraprófi

Hluti þessa áfanga var að mæla hvort frost/þíðu sveiflur í saltlausn hefðu áhrif á skriðeiginleika malbiksins, mælt með hjólfaraprófi. Mynd 10 bendir til þess að slík áhrif séu ekki mælanleg, þ.e.a.s. plötupörin sem sett voru í frost/þíðu áraun í saltvatni fá mjög svipuð mæligildi og alveg sambærilegar plötur sem ekki voru meðhöndlaðar á þann hátt.



**Mynd 10** Próf á sýnum sem sett voru í frost/þíðu áraun í saltvatni borið saman við sýni sem ekki voru meðhöndluð á þann hátt

Ef grannt er skoðað má sjá að þau sýni sem meðhöndluð voru með frost/þíðu og salti koma heldur betur út úr hjólfaraprófinu hvað varðar heildarhjólför, en munurinn er varla marktækur. Sjá má á töflu 5 að munur milli plötupara er yfirleitt lítill og staðalfrávik þar af leiðandi líka.

**Tafla 5** Mælingar á stökum plötum, meðaltal og staðalfrávik

Malbiksgerð	TRD 1	TRD 2	Meðaltal	STDEV
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 0,4% Evotherm	4,98	5,07	5,03	0,06
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 0,4% Evotherm, frost	4,53	4,88	4,71	0,25
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 3% Sasobit	3,82	3,42	3,62	0,28
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 3% Sasobit, frost	3,47	3,20	3,34	0,19
Malbiksgerð	WTS 1	WTS 2	Meðaltal	STDEV
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 0,4% Evotherm	0,140	0,126	0,133	0,010
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 0,4% Evotherm, frost	0,124	0,148	0,136	0,017
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 3% Sasobit	0,098	0,074	0,086	0,017
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 3% Sasobit, frost	0,080	0,082	0,081	0,001

Þess má geta að holrýmdarmælingar (í vatni og lofti) lágu á bilinu 0,9 til 1,9 % og ætti sá munur ekki að hafa afgerandi áhrif á hjólfaramyndun. Hins vegar mældist holrýmd þeirra sýna sem voru sett höfðu verið í frost/þíðuálag vera 0,9 % sem bendir til að þau hafi verið það þétt að saltvatnið hafi ekki náð að ganga inn í malbikið að nokkru ráði.

### 3.3 Samantektir á gögnum úr fyrri áföngum

#### 3.3.1 Samantekt á mun milli tveggja hlutasýna í hjólfaraprófi

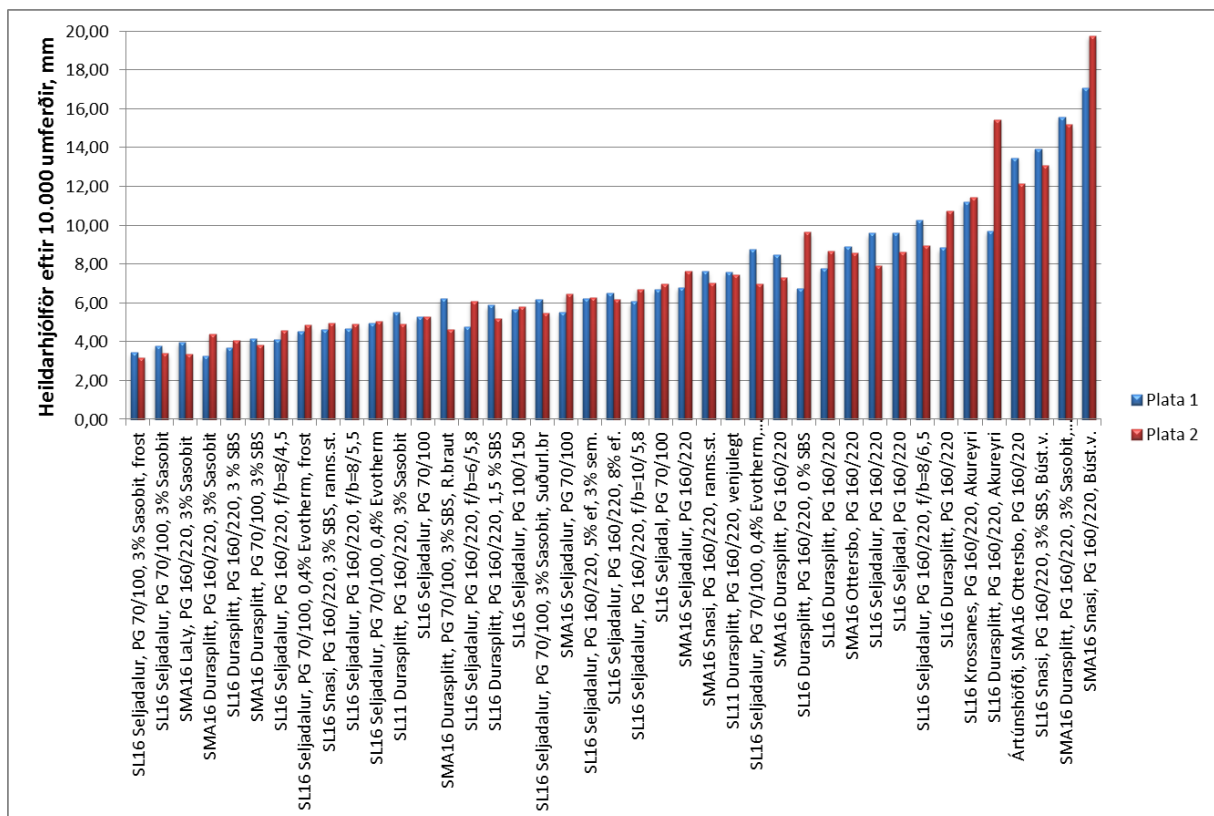
Einn þáttur þessa áfanga var að taka saman upplýsingar um mun á mældum gildum á tveimur hlutasýnum úr hjólfaraprófi. Tafla 6 sýnir mælda heildarhjólfaradýpt (TRD) tveggja platna, meðalgildið og staðalfrávik (STDEV) þessara tveggja mælinga (með fyrirvara um mistök í innslætti).

**Tafla 6** Mæld heildarhjólfaradýpt tveggja platna (TRD), meðalgildi og staðalfrávik þeirra

Malbiksgerð	TRD 1	TRD 2	Meðaltal	STDEV
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 3% Sasobit, frost	3,47	3,20	3,34	0,19
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 3% Sasobit	3,82	3,42	3,62	0,28
SMA16 LaLy, PG 160/220, 3% Sasobit	3,99	3,37	3,68	0,44
SMA16 Durasplitt, PG 160/220, 3% Sasobit	3,27	4,41	3,84	0,81
SL16 Durasplitt, PG 160/220, 3 % SBS	3,72	4,10	3,91	0,27
SMA16 Durasplitt, PG 70/100, 3% SBS	4,18	3,83	4,01	0,25
SL16 Seljadalur, PG 160/220, f/b=8/4,5	4,15	4,58	4,37	0,30
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 0,4% Evotherm, frost	4,53	4,88	4,71	0,25
SL16 Snasi, PG 160/220, 3% SBS	4,64	4,97	4,81	0,23
SL16 Seljadalur, PG 160/220, f/b=8/5,5	4,68	4,94	4,81	0,18
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 0,4% Evotherm	4,98	5,07	5,03	0,06
SL11 Durasplitt, PG 160/220, 3% Sasobit	5,53	4,92	5,23	0,43
SL16 Seljadalur, PG 70/100	5,28	5,32	5,30	0,03
SMA16 Durasplitt, PG 70/100, 3% SBS, R.braut	6,24	4,65	5,45	1,12
SL16 Seljadalur, PG 160/220, f/b=6/5,8	4,79	6,12	5,46	0,94
SL16 Durasplitt, PG 160/220, 1,5 % SBS	5,91	5,20	5,56	0,50
SL16 Seljadalur, PG 100/150	5,69	5,83	5,76	0,10
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 3% Sasobit, Suðurl.br	6,20	5,51	5,86	0,49
SMA16 Seljadalur, PG 70/100	5,54	6,49	6,02	0,67
SL16 Seljadalur, PG 160/220, 5% ef, 3% sem.	6,26	6,29	6,28	0,02
SL16 Seljadalur, PG 160/220, 8% ef.	6,52	6,19	6,36	0,23
SL16 Seljadalur, PG 160/220, f/b=10/5,8	6,08	6,73	6,41	0,46
SL16 Seljadal, PG 70/100	6,71	6,98	6,85	0,19
SMA16 Seljadalur, PG 160/220	6,81	7,64	7,23	0,59
SMA16 Snasi, PG 160/220, ranns.st.	7,63	7,04	7,34	0,42
SL11 Durasplitt, PG 160/220, venjulegt	7,61	7,47	7,54	0,10
SL16 Seljadalur, PG 70/100, 0,4% Evotherm, Suðurl.br	8,77	6,99	7,88	1,26
SMA16 Durasplitt, PG 160/220	8,48	7,32	7,90	0,82
SL16 Durasplitt, PG 160/220, 0 % SBS	6,78	9,65	8,22	2,03
SL16 Durasplitt, PG 160/220	7,81	8,70	8,26	0,63
SMA16 Ottersbo, PG 160/220	8,94	8,58	8,76	0,25
SL16 Seljadalur, PG 160/220	9,61	7,94	8,78	1,18
SL16 Seljadal, PG 160/220	9,64	8,65	9,15	0,70
SL16 Seljadalur, PG 160/220, f/b=8/6,5	10,27	8,98	9,63	0,91

Malbiksgerð	TRD 1	TRD 2	Meðaltal	STDEV
SL16 Durasplitt, PG 160/220	8,87	10,73	9,80	1,32
SL16 Krossanes, PG 160/220, Akureyri	11,21	11,47	11,34	0,18
SL16 Durasplitt, PG 160/220, Akureyri	9,73	15,46	12,60	4,05
Ártúnsbrekka, SMA16 Ottersbo, PG 160/220	13,49	12,14	12,82	0,95
SL16 Snasi, PG 160/220, 3% SBS, Búst.v.	13,95	13,11	13,53	0,59
SMA16 Durasplitt, PG 160/220, 3% Sasobit, R.braut	15,61	15,19	15,40	0,30
SMA16 Snasi, PG 160/220, Búst.v.	17,11	19,79	18,45	1,90

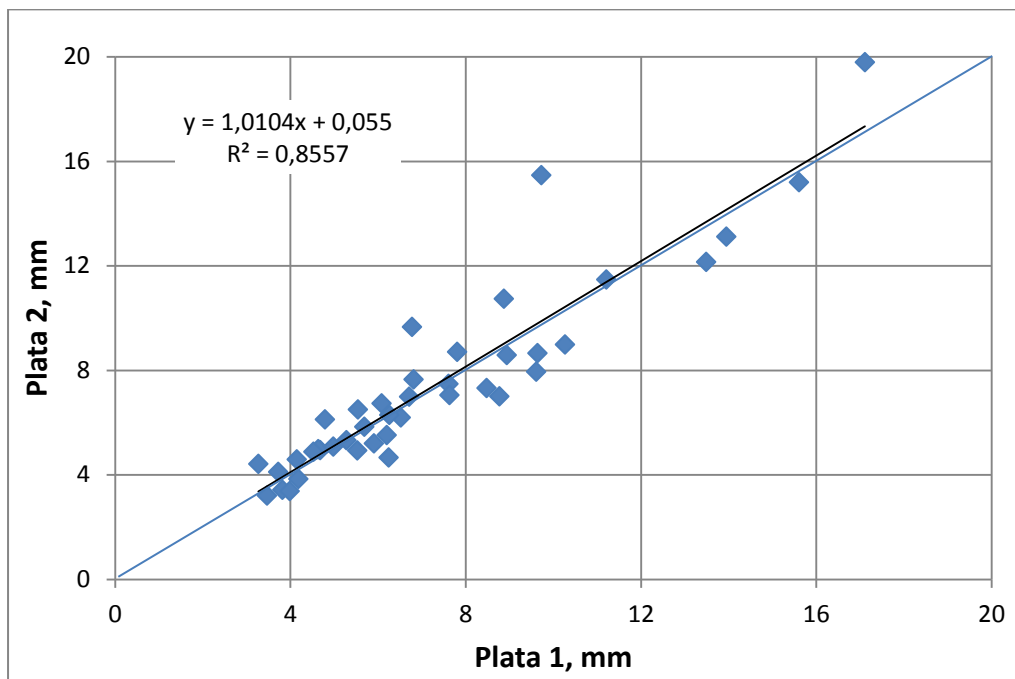
Mynd 11 sýnir plötupörin í súluriti þar sem fyrri platan sem prófuð var er blá og sú seinni rauð.



Mynd 11 Heildarhjólfaramyndun tveggja plötupara

Það sést að í flestum tilfellum er munurinn ekki mjög mikill en í öðrum tilfellum þó nokkur. Til dæmis er munurinn tæpir 6 mm á milli platna þar sem meðaltalið er 12,6 mm í aðsendu malbiki frá Akureyri. Ekki er augljós skýring á þessum mikla mun, en í áfangaskýrslu III þar sem fjallað er um niðurstöðu þessa malbiks er þess getið að seinni mælingin hafi ekki tekist sem skyldi og því gæti fyrri mælingin verið „réttari“. Þess ber að geta að í prófunarstaðlinum (ÍST EN 12697-22) er ekki getið um leyfilegt hámark mismunar á tveimur plötu. Einnig er tekið fram í staðlinum að ekki séu til haldbær gögn um nákvæmni aðferðarinnar.

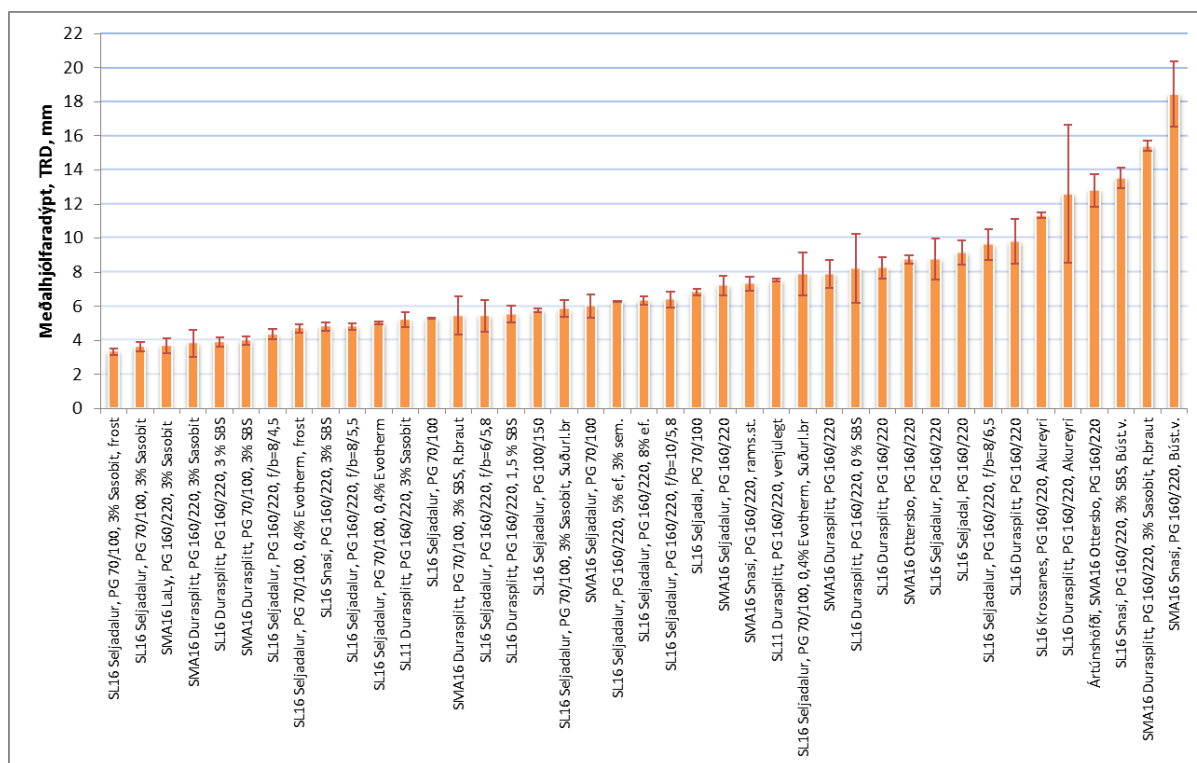
Mynd 12 sýnir hvernig línulegt samband milli tveggja mælinga á heildarhjólfaradýpt lítur út.



Mynd 12 Línulegt samband milli tveggja mælinga á heildarhjólfaradýpt, TRD (mm)

Það sést á myndinni að aðfallslína þessara mælinga liggur svo gott sem  $Y=X$  og fylgnistuðullinn er hár ( $r=0,93$ ), þótt stöku punktar falli talsvert frá aðfallslínunni, svo sem Akureyrarmalbikið sem fjallað var um hér að framan.

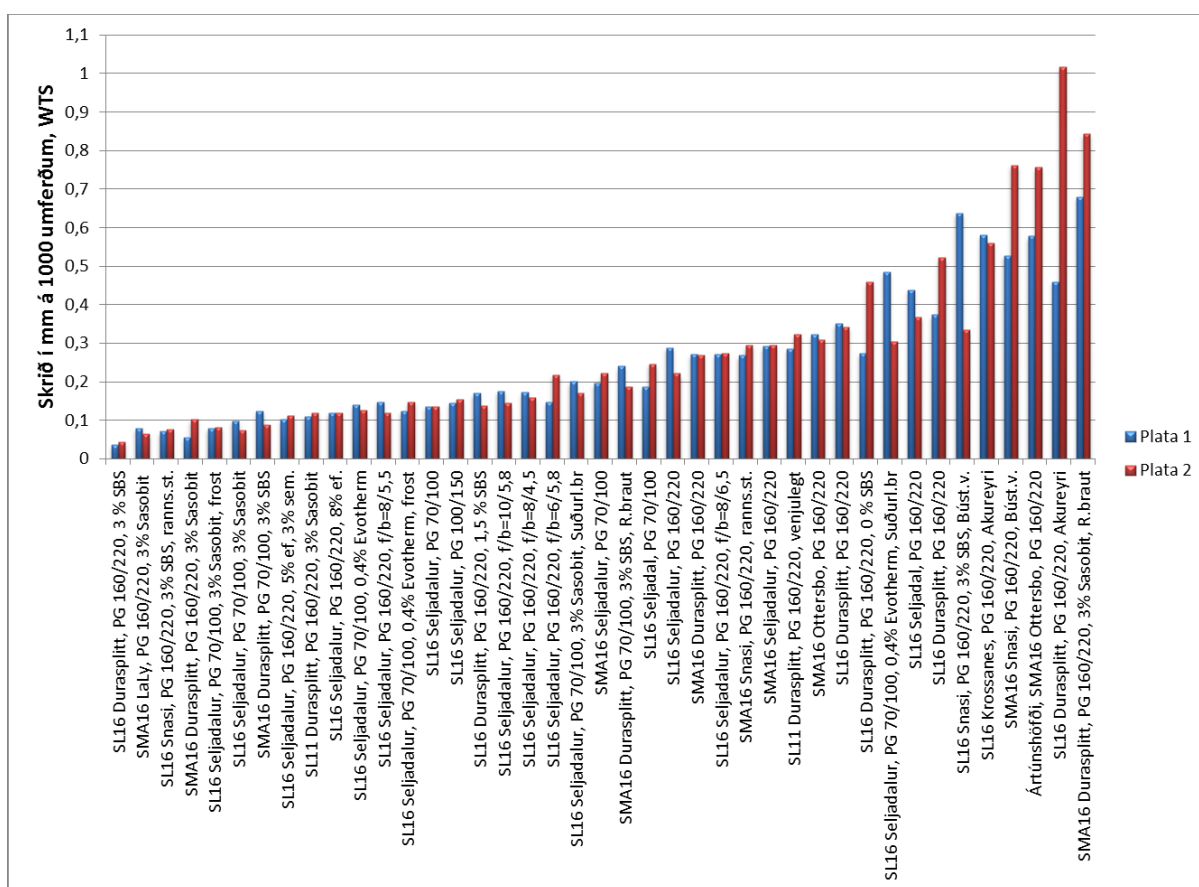
Mynd 13 sýnir meðalhjólfaradýpt tveggja platna, svo og staðalfrávik mælinganna í hvora átt.



Mynd 13 Meðalhjólfaradýpt tveggja platna og staðalfrávik mælinganna í hvora átt

Nokkur staðalfrávik eru talsvert há og má benda á að eitt staðalfrávik er yfir 4 einingum og auk þess eitt yfir 2 einingum. Eins og minnst var á hér að framan eru líkur á að seinni mælingin með þessu háa staðalfrávik hafi mistekist og því ekki á hana að treysta. Meðaltal staðalfrávika er 0,65 þegar háa staðalfrávik er tekið með (líðlega 0,5 ef því er sleppt). Miðgildi gefur oft betri mynd af dreifingu, sérstaklega ef staðalfrávik hafa skekka dreifingu, sem líklega á við í þessu tilfalli. Miðgildið fyrir staðalfrávik heildarhjólfaradýptar er 0,435 sem ætla má að sé viðunandi í flestum tilfellum. Ekki er regla að staðalfrávik hækki með hækkandi meðalgildum, en þó er tilhneigingin sú að hærri staðalfrávik séu algengari þar sem meðalgildin eru há.

Mynd 14 sýnir niðurstöður hjólfaraprófa reiknað út sem skrið í mm/1000 síðustu 5000 umferðirnar. Þetta er í rauninni mælikvarði á það hvort hjólfaramyndun er að mestu lokið (lág tala) eða hvort skriðferillinn er enn að rísa (há tala).

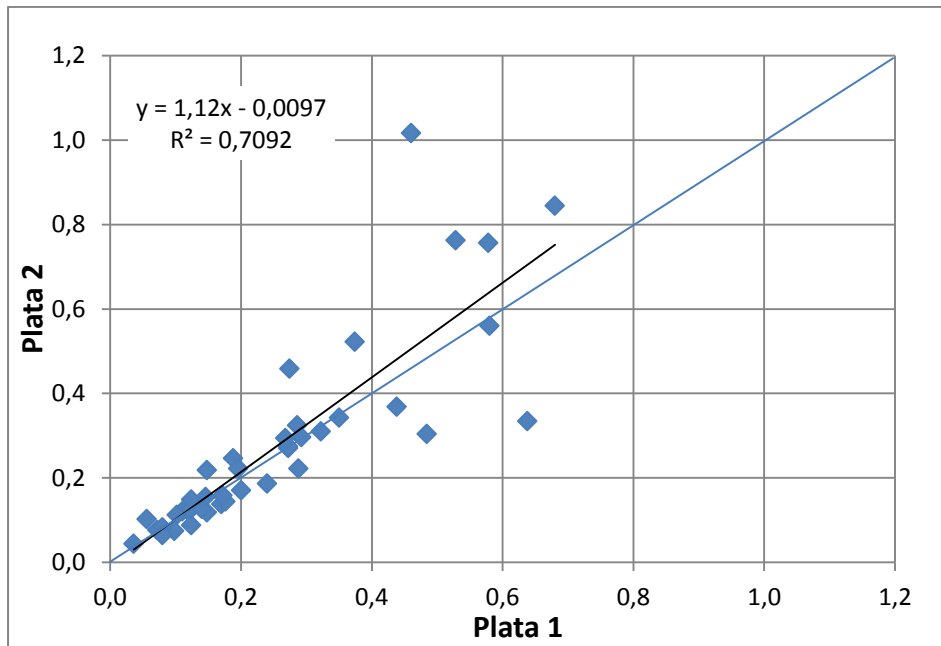


**Mynd 14** Niðurstöður hjólfaraprófa reiknað í mm/1000 umferðir síðustu 5000 umferðirnar

Myndin sýnir að talsvert meiri munur er sjáanlegur á plötum í hverju pari þegar þessi framsetning niðurstaðna er notuð og aftur er malbikið frá Akureyri með SL16 Durasplitt (AC) PG 160/220 með áberandi mestan mun milli platna. Halli ferlanna tveggja getur sem sagt verið nokkuð mismunandi (sérstaklega ef hallinn er yfir u.þ.b. 0,3), þótt heildarhjólfaramyndunin geti orðið svipuð á endanum. Meðaltal staðalfrávika er 0,047 þegar háa staðalfrávik er tekið með (líðlega 0,039 ef því er sleppt). Miðgildi gefur oft betri mynd af dreifingu, sérstaklega ef staðalfrávik hafa skekka dreifingu, sem líklega á við í þessu tilfalli. Miðgildið fyrir staðalfrávik hjólfaraprófa reiknað í mm/1000 umferðir síðustu 5000 umferðirnar er 0,018 sem ætla má að

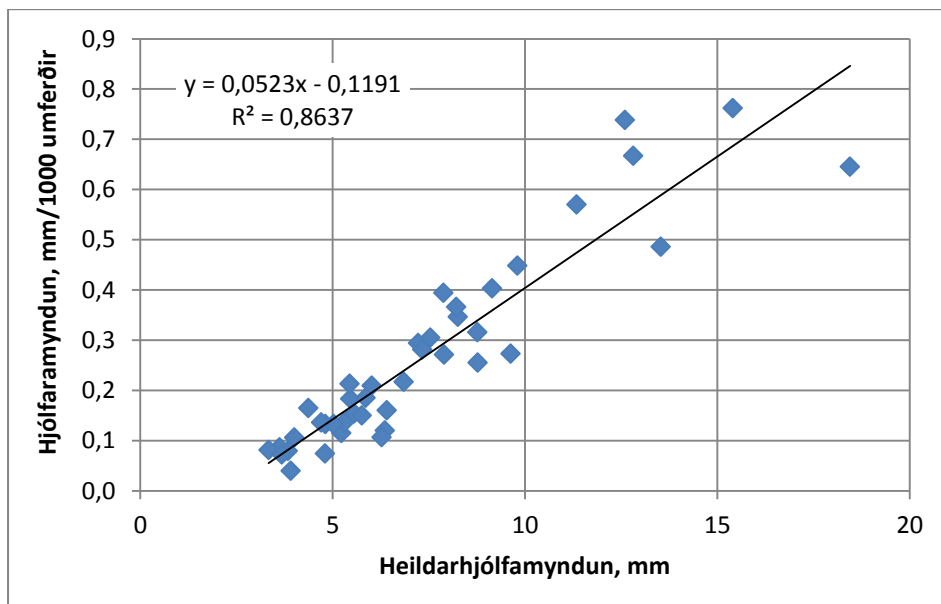


sé viðunandi í flestum tilfellum. Mynd 15 sýnir það sama þegar línulegt samband hlutasýna 1 og 2 er skoðað.



**Mynd 15** Hjólfaramyndun (mm)/1000 umferðir, síðustu 5000 umferðirnar, WTS

Þrátt fyrir þennan mun sem getur verið á halla ferla tveggja platna í plötupari er fróðlegt að skoða tengsl milli meðaltala heildarhjólfaramyndunar og halla í mm/1000 umferða síðustu 5000 umferðirnar, sjá mynd 16.



**Mynd 16** Tengsl meðaltala heildarhjólfaramyndunar og halla í mm/1000 umferða (síðustu 5000 umferðirnar)

Það er sem sagt ljóst af myndinni að ef heildarhjólfaramyndun er lítil er halli líka ferilsins orðinn tiltölulega láréttur síðustu 5000 umferðirnar.

### 3.3.2 Samantekt á gögnum um mældu holrýmnd

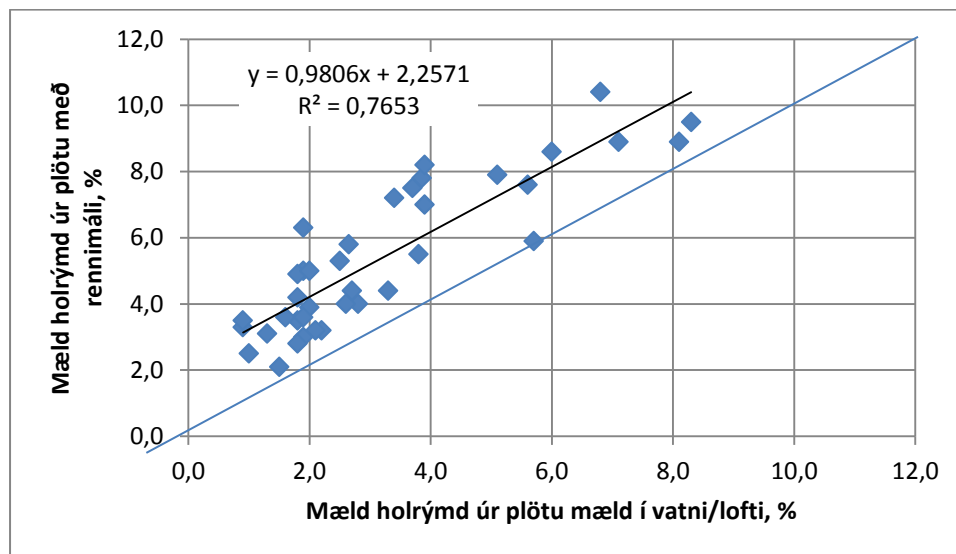
Þar sem holrýmnd sýna sem söguð voru úr prófuðum plötum hafði verið mæld, annars vegar með skíðmáli og hins vegar í lofti og vatni var áhugavert að bera saman þessar mælingar. Tafla 7 sýnir samantekt þessara mælinga (með fyrirvara um mistök í innslætti). Auk þess eru settar fram upplýsingar um fínefnamagn og bikmagn, oftast frá framleiðendum (með sama fyrirvara og áður).

**Tafla 7** Samantekt mælinga á holrýmnd sýna sem mæld voru í hjólfaraprófi

Úr plötu, vatn/loft	Úr plötu, rennimál	Fínefni, %	Bik, %	Hlutf. fínefni/bik	Malbiksgerð
1,8	3,5	8,1	5,9	1,4	SL16 Seljadal, PG 70/100
6,0	8,6	8,1	5,3	1,5	SL16 Seljadal, PG 160/220
5,7	5,9	6,6	6,0	1,1	SMA16 Durasplitt, PG 160/220
1,0	2,5	8,5	4,7	1,8	SL16 Durasplitt, PG 160/220
5,6	7,6	8,5	4,7	1,8	SL16 Durasplitt, PG 160/220
2,7	5,8	8,7	5,0	1,7	SL16 Durasplitt, PG 160/220, 3 % SBS
3,9	7,8	8,7	5,0	1,7	SL16 Durasplitt, PG 160/220, 1,5 % SBS
5,1	7,9	8,7	5,0	1,7	SL16 Durasplitt, PG 160/220, 0 % SBS
8,3	9,5	6,0	5,6	1,1	SL16 Krossanes, PG 160/220, Akureyri
8,1	8,9	4,8	4,5	1,1	SL16 Durasplitt, PG 160/220, Akureyri
3,8	5,5	8,6	5,5	1,6	SL11 Durasplitt, PG 160/220
2,5	5,3	10,5	5,3	2,0	SL11 Durasplitt, PG 160/220, 3% Sasobit
6,8	10,4	6,3	5,5	1,1	SMA16 Ottersbo, PG 160/220
1,8	4,2	9,8	5,8	1,7	SL16 Seljadalur, PG 160/220
1,9	6,3	9,8	5,8	1,7	SL16 Seljadalur, PG 70/100
1,9	5,0	9,8	5,8	1,7	SL16 Seljadalur, PG 100/150
3,7	7,5	8,6	6,2	1,4	SMA16 Seljadalur, PG 160/220
3,9	8,2	8,6	6,2	1,4	SMA16 Seljadalur, PG 70/100
2,2	3,2	8,0	5,8	1,4	SL16 Seljadalur, PG 160/220, 8% ef.
2,1	3,2	8,0	5,8	1,4	SL16 Seljadalur, PG 160/220, 5% ef, 3% sem.
1,9	3,0	10,0	5,8	1,7	SL16 Seljadalur, PG 160/220, f/b=10/5,8
3,3	4,4	6,0	5,8	1,0	SL16 Seljadalur, PG 160/220, f/b=6/5,8
7,1	8,9	8,0	4,5	1,8	SL16 Seljadalur, PG 160/220, f/b=8/4,5
2,8	4,0	8,0	5,5	1,5	SL16 Seljadalur, PG 160/220, f/b=8/5,5
1,5	2,1	8,0	6,5	1,2	SL16 Seljadalur, PG 160/220, f/b=8/6,5
1,8	2,8	9,9	6,2	1,6	SL16 Snasi, PG 160/220, 3% SBS, ranns.st.
x	2,3	9,9	6,2	1,6	SL16 Snasi, PG 160/220, 3% SBS, Búst.v.
3,9	7,0	11,2	6,0	1,9	SMA16 Snasi, PG 160/220, ranns.st.
x	2,7	11,2	6,0	1,9	SMA16 Snasi, PG 160/220, Búst.v.
1,8	4,9	11,9	5,6	2,1	SMA16 Durasplitt, PG 70/100, 3% SBS
2,0	3,9	11,9	5,6	2,1	SMA16 Durasplitt, PG 70/100, 3% SBS, R.braut
2,0	5,0	12,0	5,7	2,1	SMA16 Durasplitt, PG 160/220, 3% Sasobit
2,6	4,0	12,0	5,7	2,1	SMA16 Duraspl., PG 160/220, 3% Sasobit, R.braut
1,6	3,6	8,4	5,2	1,6	SL16 Seljadalur, PG 70/100, 3% Sasobit
0,9	3,3	8,4	5,2	1,6	SL16 Seljadalur, PG 70/100, 3% Sasobit, frost

Úr plötu, vatn/loft	Úr plötu, rennimál	Fínefni, %	Bik, %	Hlutf. fínefni/bik	Malbiksgerð
1,3	3,1	8,4	5,2	1,6	SL16 Seljadalur, PG 70/100, 3% Sasobit, Suðurl.br
1,9	3,6	8,2	5,6	1,5	SL16 Seljadalur, PG 70/100, 0,4% Evotherm
0,9	3,5	8,2	5,6	1,5	SL16 Seljadalur, PG 70/100, 0,4% Evotherm, frost
2,7	4,4	8,2	5,6	1,5	SL16 Seljad., PG 70/100, 0,4% Evoth., Suðurl.br
3,4	7,2	10,3	5,6	1,8	SMA16 LaLy, PG 160/220, 3% Sasobit

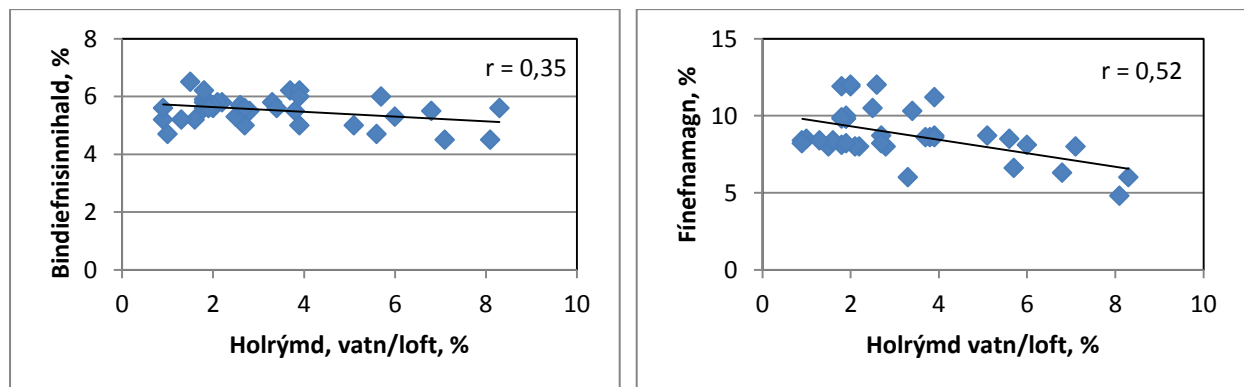
Mynd 17 sýnir tengsl mælinga á holrýmd með þessum tveimur aðferðum.



Mynd 17 Samanburður á holrýmd mældri í vatni/lofti og með rennimáli

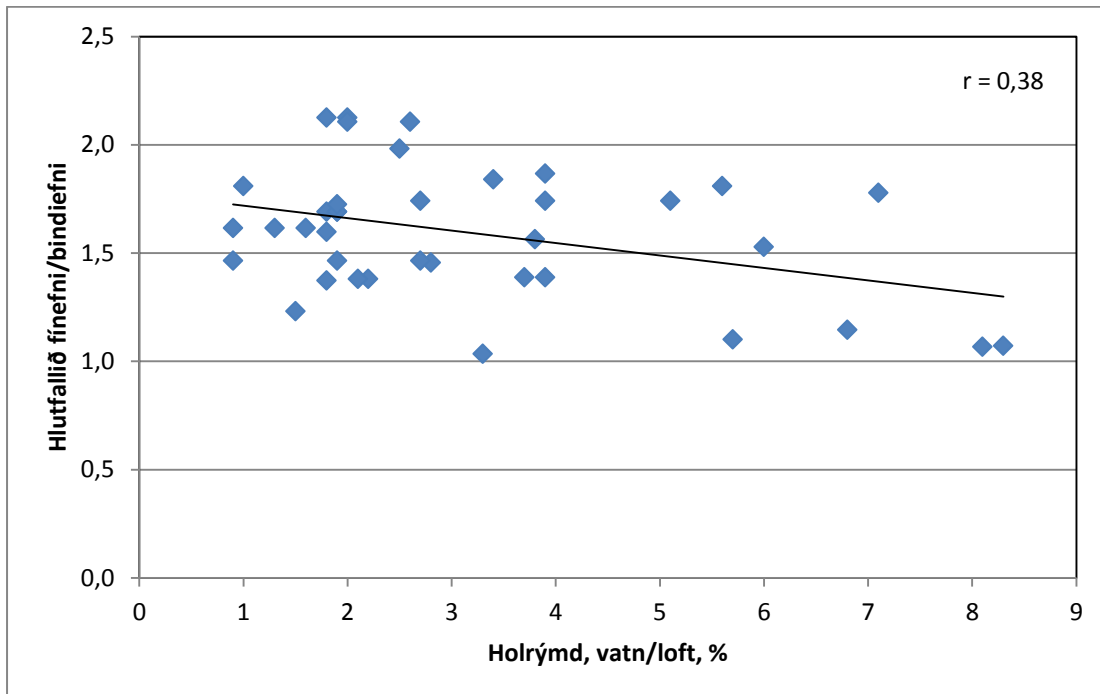
Það sést á myndinni að nokkuð sterk tengsl eru milli mælinga með þessum aðferðum og lætur nærri að mæling með rennimáli gefi um 2 prósentustigum hærra gildi en mæling í vatni/lofti.

Þar sem upplýsingar um magn fínefnia og bindiefnis þeirra malbiksgerða sem fóru í hjólfarapróf og holrýmdarmælingar liggja fyrir, sbr. töflu 7 voru tengsl þessara þátta könnuð. Mynd 18 sýnir tengsl holrýmdar við bindiefnisinnihald og fínefnamagn malbiks.



Mynd 18 a) og b) Tengsl holrýmdar við bindiefnisinnihald og fínefnamagn malbiks

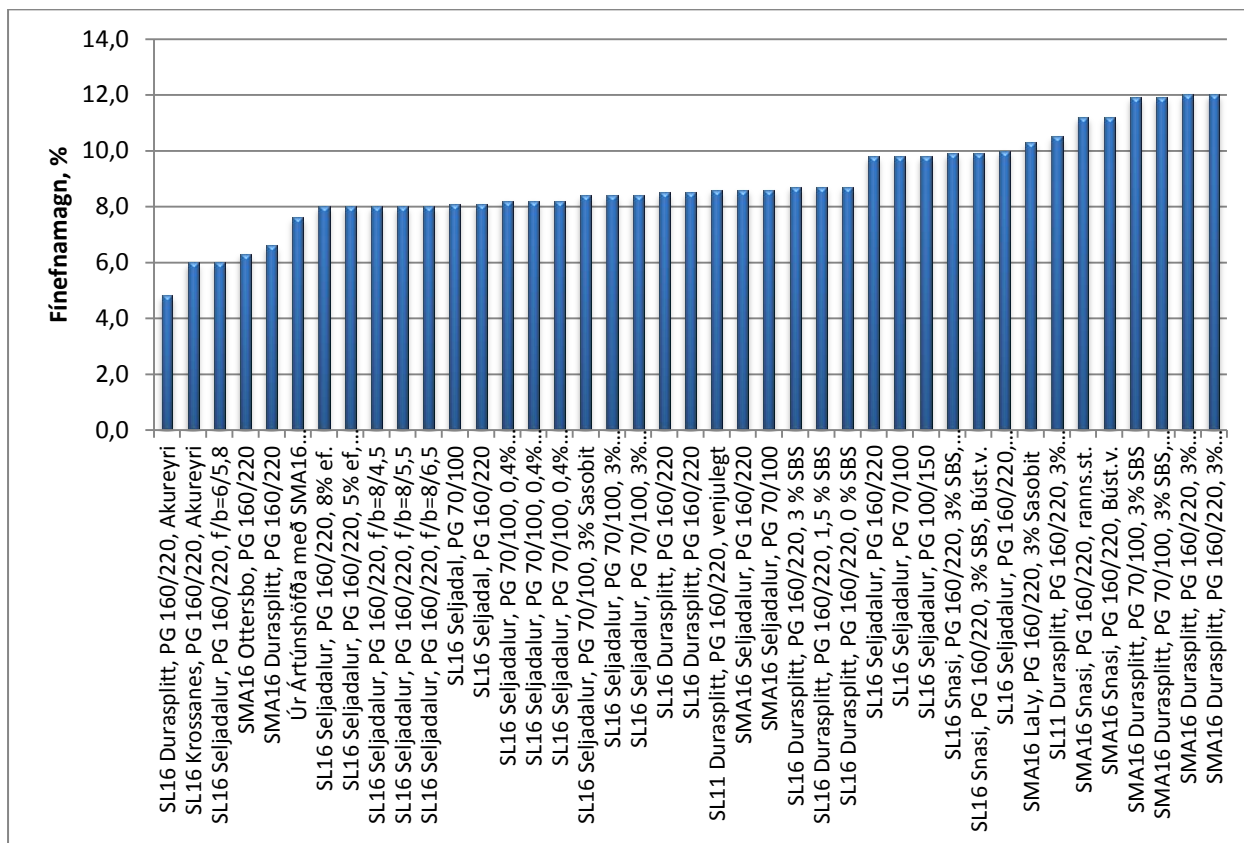
Það sést á myndinni að tengsl þessara mælinga eru ekki sterk, þótt aðfallslínurnar bendi til í báðum tilfellum að aukið magn bindiefnis og fínefnis lækkar holrýmd malbiksins. Mynd 19 sýnir tengsl holrýmdar við hlutfallið fínefnamagn/bindiefnismagn, en það hlutfall er gjarnan notað við hönnun malbiks.



**Mynd 19** Tengsl holrýmdar við hlutfallið fínefnamagn/bindiefnismagn

Myndin sýnir sömu tilhneygingu og myndir 18 a) og b), að holrýmd fer minnkandi með hækkandi hlutfalli fínefni/bindiefnis, þótt sambandið geti ekki talist sterkt.

Mynd 20 sýnir súlurit yfir fínefnamagn þeirra malbiksblöndna sem prófaðar voru með hjólfaraprófi og voru auk þess holrýmdarmældar.

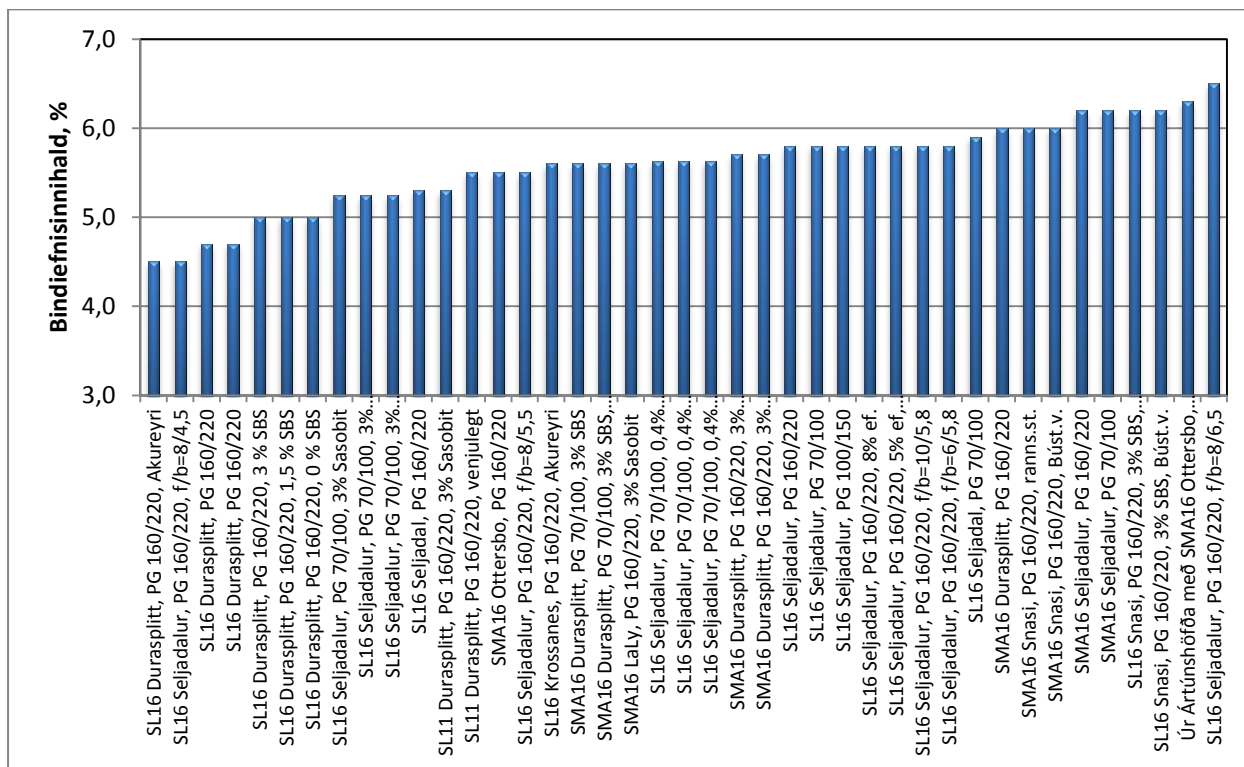


**Mynd 20** Fínefnamagn íslenskra malbiksgerða

Það sést á myndinni að fínefnamagn er allt frá 4,8 % (sem er utan marka fyrir SL malbik) til 12 % og eru í langflestum tilfellum innan marka um fínefni fyrir viðkomandi malbiksgerð. Þó má benda á að þrjár gerðir SMA eru undir mörkum fínefnis (mörk fyrir SMA 16 malbik eru 8-13 % fínefni) og ein gerð SL 11 malbiks er yfir mörkum fínefnis (mörk fyrir SL 11 eru 6-10 % fínefni).

Fínefni í hæfilegu magni er talið auka festu malbiksins, því þegar það blandast bindiefninu verður það seigara og vinnur þannig gegn skriði. Ef hlutfallið milli fínefnis og bindiefnis verður mjög hátt er hins vegar hættu á að malbikið verði óþjált og erfitt í útlögn. Þó skal því haldið til haga að fínefni eru vigtuð inn í blönduna, s.s. þyngdarhlutfall fínefnis ræður hvað mikið af því er sett í malbikið. Hins vegar getur rúmþyngd fínefnis verið afar mismunandi eftir uppruna og rúmmál sömu þyngdar því verið mismikið.

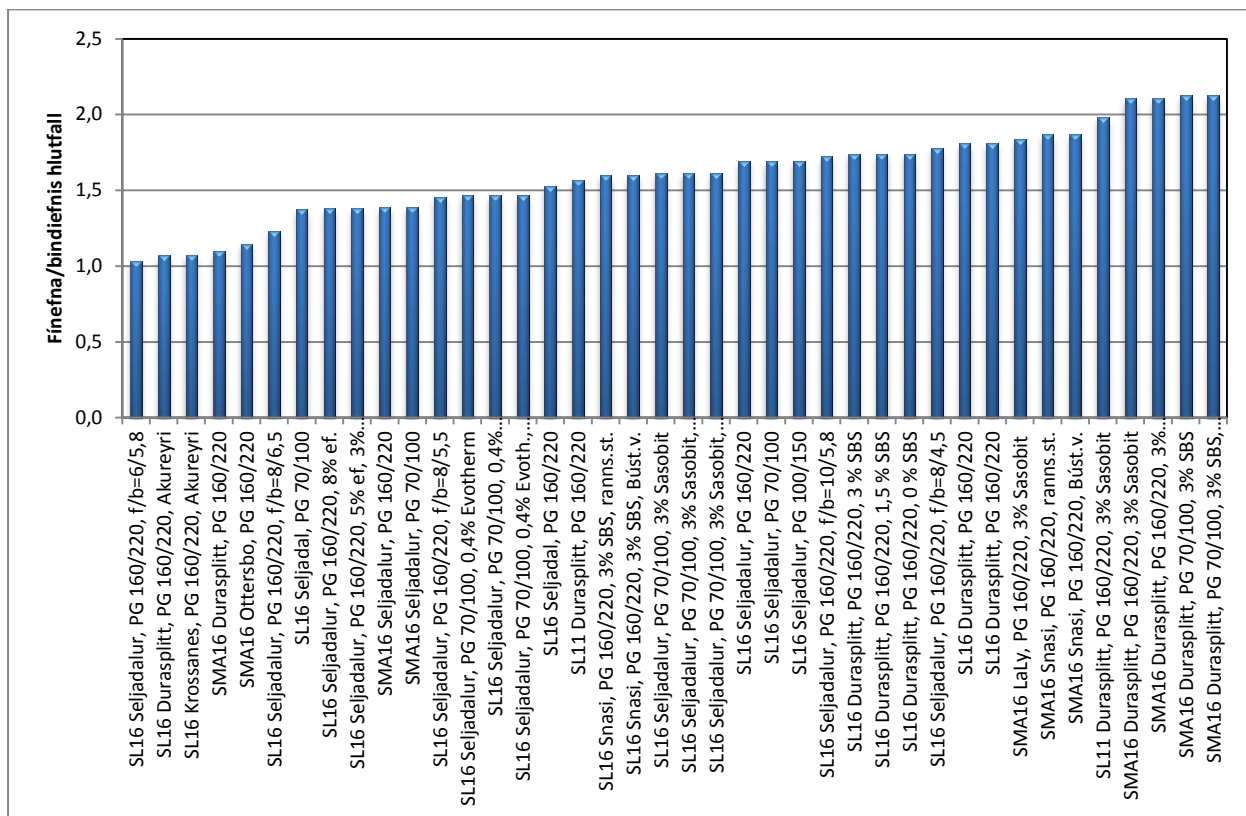
Mynd 21 sýnir bindiefnismagn þeirra malbiksgerða sem prófaðar voru með hjólfaraprófi og voru auk þess holrýmdarmældar.



**Mynd 21** Bindiefnisinnihald íslenskra malbiksgerða

Hlutfall bindiefnis í þessum malbiksgerðum liggur á bilinu 4,5 og 6,5 %. Þær gerðir SL11 malbiks sem prófaðar voru höfðu bindiefnismagnið 5,3 og 5,5 %, en samkvæmt leiðbeiningum Vegagerðarinnar ætti þessi gerð malbiks að hafa 5,7-6,3 % bindiefnisinnihald. Fyrir malbik af gerðinni SL16 er, skv. leiðbeiningunum, hæfilegt magn bindiefnis á bilinu 5,5 til 6,1 %, en talsvert mörg sýni af gerðinni SL16 eru undir þeim viðmiðum. Sama má segja um SMA16 gerðirnar, en í þeirri malbiksgerð er ráðlagt bindiefnismagn 5,7-7,2 % og eru fjögur SMA sýni undir þessum viðmiðum en átta sýni eru innan þeirra. Það er sem sagt ákveðin tilhneiging að bindiefnismagn sé heldur í lægri kanntinum miðað við þau leiðbeinandi gildi sem Vegagerðin hefur sett fram í sínum leiðbeiningum.

Mynd 22 sýnir hvert hlutfallið fínefnamagn/bindiefnismagn raðast hjá þeim malbiksgerðum sem prófaðar voru með hjólfaraprófi og voru auk þess holrýmdarmældar.



**Mynd 22** Hlutfallið fínefnamagn/bindiefnisimagn íslenskra malbiksgerða

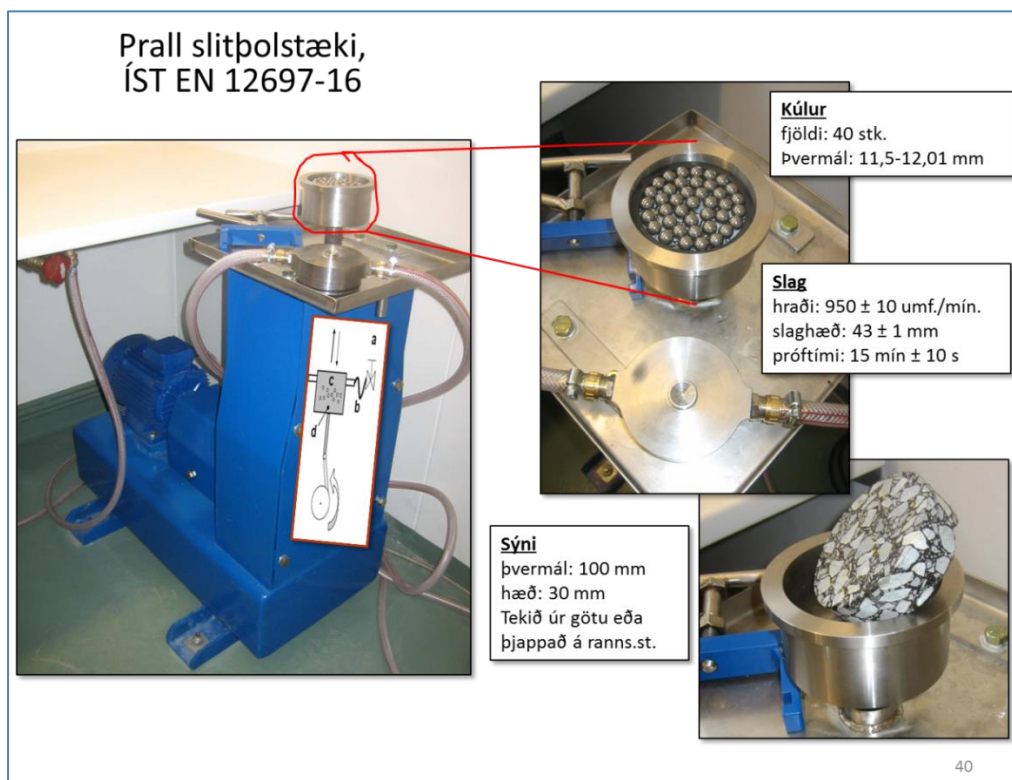
Myndin sýnir að Hlutfallið fínefnamagn/bindiefnisimagn liggur á bilinu 1,0 til 2,1. Í leiðbeiningum Vegagerðarinnar er sett fram að hæfilegt hlutfall milli fínefnamagns og bindiefnisimagns sé 1,15 til 1,5 fyrir SL og SMA malbik. Af þeim sýnum sem tekin eru með í þessu gagnasafni eru fimm undir viðmiðunarmörkunum, tíu innan marka og um 25 eru yfir þessum mörkum. Eins og fram kemur á mynd 19 er fínefnainnihaldið í langflestum tilfellum innan marka, en bindiefnisinnihaldið, sbr. mynd 20, er í mörgum tilfellum lægra en leiðbeinandi viðmiðunargildi Vegagerðarinnar segja til um. Ef til vill mætti álykta sem svo að það bindiefnisviðmið sem birt er í leiðbeiningum Vegagerðarinnar sé of hátt miðað við það sem tíðkast að nota í dag. Hugsanlega voru viðmiðin upphaflega sett fram á þeim tímum þegar ekki var talin hætta á skriði í íslensku malbiki og leitast var við að hafa holrým d í lágmarki. Þar með er hlutfallið milli fínefnis og bindiefnis líka skekkt, enda líklegt að það viðmið sé fengið á grundvelli hárra gilda um bindiefnisimagn.

### 3.3.3 Samantekt á gögnum um mælt slit með Prall-aðferð

Prall slitpólsprófið er ætlað til þess að meta slitpól malbiks gagnvart nagladekkjaárau. 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 23 sýnir Prall-slitþolstæki og gefur auk þess upplýsingar um einstaka þætti sem viðkoma tækjabúnaði og prófi.



### Mynd 23 Prall slitþolstæki

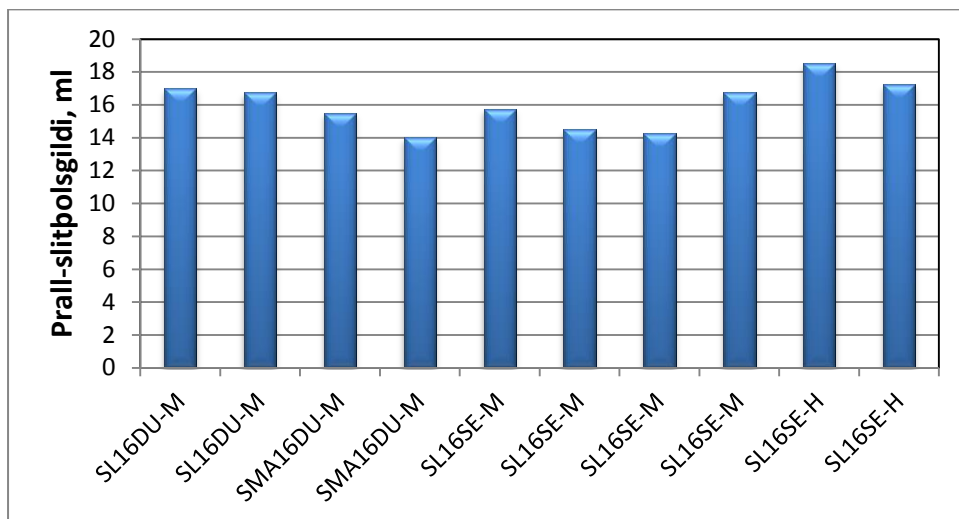
Hér á eftir verður fjallað um niðurstöður Prall-prófana í hverjum áfanga fyrir sig og síðan heildarsamantekt allra þeirra Prall-prófana. Bent skal á að eftirfarandi lykll að táknum um malbiksgerðir á við myndir og töflur sem birtar eru hér á eftir:

Skýringar við töflur og myndir:

SL	Slitlagsmalbik (AC)	HÓ	Hólabrúar steinefni
SMA	Steinríkt malbik	AD	Durasplitt Akureyri
11/16	Efri flokkunarstærð steinefnis	AK	Krossanes Akureyri
SE	Seljadals steinefni	M/H	Mjúkt/hart bindiefni (PG 160/220 – 70/100)
DU	Durasplitt steinefni	SBS	Fjölliða í bindiefninu (%)
OT	Ottersbo steinefni	Vax	Sasobit í bindiefninu
BJ	Björgunar steinefni	Frost	Sýni sett í frostáraun í salti

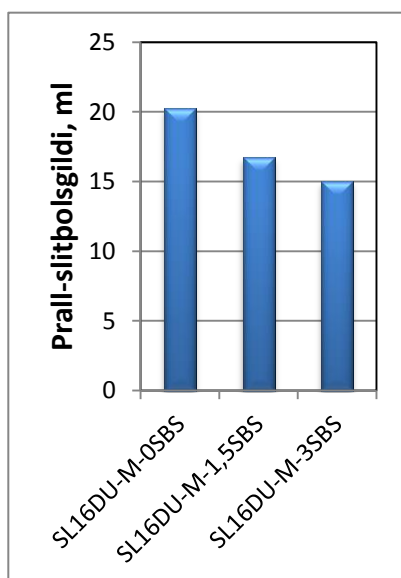
Í öðrum áfanga malbiksrannsókna um mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður (Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson, 2010) voru birtar fyrstu niðurstöður Prall-slitþolsprófana, sjá mynd 24.





**Mynd 24** Niðurstöður Prall-prófa í áfanga II frá 2010

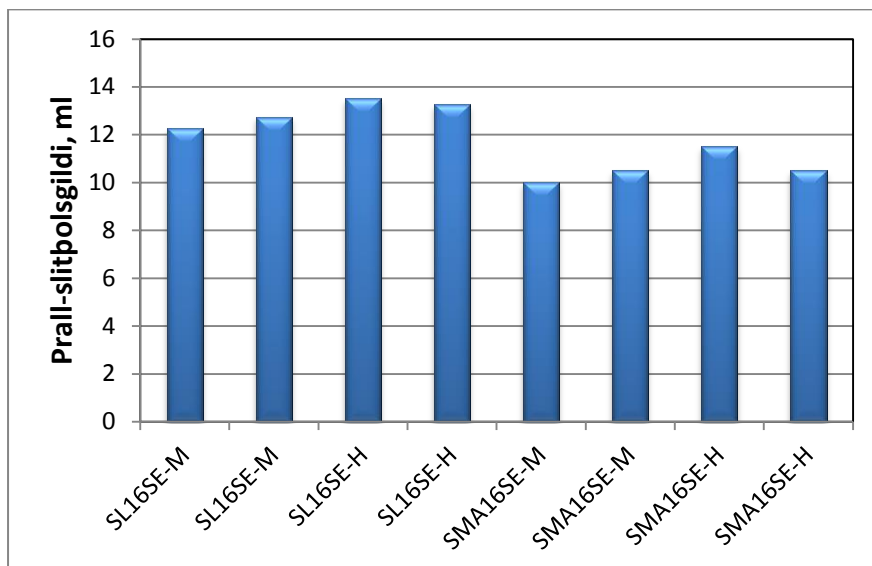
Í þessum öðrum áfanga verkefnisins var kannað hvort munur væri á slitþoli SL malbiks (AC) og SMA malbiks með Durasplitt steinefni og PG160/220 biki og einnig var prófað SL malbik (AC) með Seljadals steinefni og PG160/220 biki annars vegar og PG70/100 biki hins vegar. Eins og við mátti búast kemur SMA heldur betur út en SL malbik, en þó er munurinn ekki mikill. Einnig er sjónarmunur á slitþoli með mismunandi bikgerð, þar sem mýkra bikið kemur heldur betur út.



Í skýrslu um áhrif fjölliðubreyttra bikbindiefna á eiginleika malbiks (Ásgeir Rúnar Harðarson, 2010) voru gerð Prall-slitþolspróf á þrenns konar malbiksgerðum, ein án SBS fjölliðu, ein með 1,5 % SBS og ein með 3 % SBS. Mynd 25 sýnir að íblöndun SBS í malbik bætir slitþol þess og auk þess sem 3 % SBS eykur slitstyrk enn meir en 1,5 % SBS.

**Mynd 25** Niðurstöður Prall-prófa í skýrslu um SBS fjölliðu í malbik frá 2010

Í skýrslu um áhrif bikgerðar (PG) á slit- og skriðeiginleika malbiks (Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson, 2011) voru gerð Prall-próf á sýnum með PG160/220 biki annars vegar og PG70/100 biki hins vegar og auk þess SL malbik (AC) og SMA malbik. Steinefni var í öllum tilfellum frá Seljadalsnámu. Sjá má niðurstöðurnar á mynd 26.

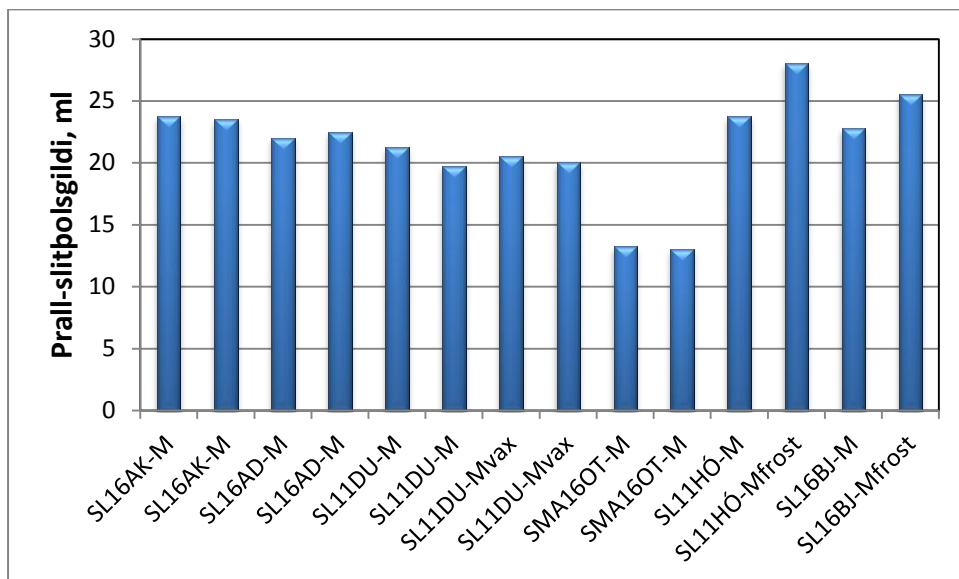


**Mynd 26** Niðurstöður Prall-prófa í skýrslu um hart/mjúkt bik í malbik frá 2011

Myndin sýnir að í grófum dráttum slitnar SMA malbik heldur minna en SL malbik og auk þess er sjónarmunur á sliti með mismunandi biki, þar sem mýkra bikið kemur heldur betur út. Þetta er í samræmi við niðurstöður sem fengust úr öðrum áfanga malbiksraunanna. Benda má á að hér mælist minnsta slit sem mælst hefur á íslensku malbiki, eða 10 ml í SMA16 með steinefni úr Seljadalsnámu og PG 160/220 biki.

Í áfangaskýrslu III um mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður (Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson, 2011) voru prófaðar tvær SL16 malbiksgerðir sem bárust frá Akureyrarbæ með Krossanes og Durasplitt steinefni, sjá mynd 27. Slit þessara gerða var óvenju hátt miðað við að í þeim eru tiltölulega slitsterk steinefni, eða 21-24 ml. Einnig voru SL11 sýni með Durasplitt prófuð í þessum áfanga, með og án vax (sasobit). Niðurstöður benda til að SL11 slitni heldur meira í Prall-prófinu en sambærilegar SL16 gerðir og vaxið hefur ekki teljandi áhrif á slit. Hér eru þó mjög fáar mælingar að baki ályktuninni. Þá var prófað SMA16 með steinefni frá Ottersbo og fékk það Prall-slitþolsgildið 13 ml.

Auk ofangreinds var prófað slitþol malbiks með steinefnum sem eru ekki mjög slitþolin í þriðja áfanga, sem sagt Hólabrú SL11 og Björgun SL16, en þessar malbiksgerðir eru gjarnan notaðar á götur þar sem umferð er ekki mikil á höfuðborgarsvæðinu. Malbiksgerðirnar voru prófaðar bæði með og án frost/þíðu áraunar í saltvatni til að kanna hvort sú áraun hefði áhrif á slitþol. Í ljós kom að báðar þessar malbiksgerðir fá Prall gildi 23 til 24 ml án frostáraunar, en eftir frostáraun fær malbikið með Hólabrúarefninu Prall-gildið 28 ml og malbikið með Björgunarefninu tæpa 26 ml. Þetta er nokkuð sterk vísbending um að frost/þíðu sveiflur í söltu umhverfi geta valdið auknu sliti. Þess skal getið að frostþol steinefnanna sjálfra var ekki mælt í þessum áfanga, en líklegt er að frostþol steinefnis í malbiki ráði miklu um hvort slit aukist til muna vegna frost/þíðu áraunar í saltvatni.



**Mynd 27** Niðurstöður Prall prófa í Áfanga III frá 2011

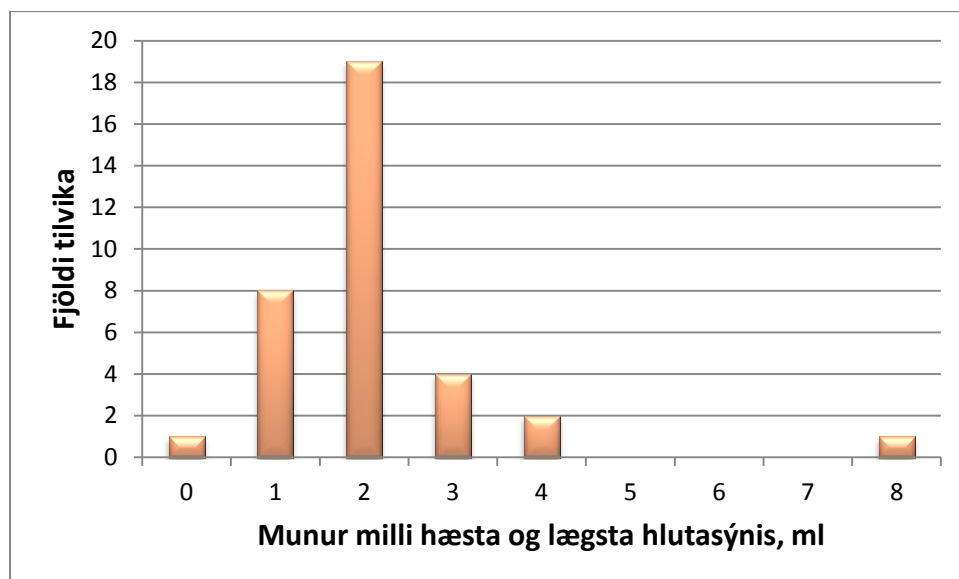
Til að draga saman allar niðurstöður sem birtar hafa verið í áfangaskýrslum um malbiksrannsóknir á undanförunum árum var tafla 8 tekin saman (með fyrirvara um mistök í innslætti).

**Tafla 8** Samantekt gagna úr Prall prófunum

Malbiksgerð	Holrúm, %	Prall gildi, stök sýni, ml				Meðalgildi, ml	STDEV
SMA16SE-M	1,4	10	10	10	10	10,0	0,00
SMA16SE-M	2,3	11	10	11	10	10,5	0,58
SMA16SE-H	2,4	11	10	11	10	10,5	0,58
SMA16SE-H	1,6	11	11	11	13	11,5	1,00
SL16SE-M	1,5	13	11	12	13	12,3	0,96
SL16SE-M	3,5	13	13	12	13	12,8	0,50
SMA16OT-M	0,9	12	14	12	14	13,0	1,15
SL16SE-H	3,2	13	14	13	13	13,3	0,50
SMA16OT-M	0,8	12	15	12	14	13,3	1,50
SL16SE-H	1,6	14	14	14	12	13,5	1,00
SMA16DU-M	0,7	15	13	14	14	14,0	0,82
SL16SE-M	0,5	14	15	15	13	14,3	0,96
SL16SE-M	0	14	15	15	14	14,5	0,58
SL16DU-M-3SBS	0,9	16	14	14	16	15,0	1,15
SMA16DU-M	0,3	16	15	15	16	15,5	0,58
SL16SE-M	0,1	16	16	15	16	15,8	0,50
SL16DU-M	1,2	18	16	18	15	16,8	1,50
SL16SE-M	4,1	16	18	16	17	16,8	0,96
SL16DU-M-1,5SBS	0,5	16	19	16	16	16,8	1,50
SL16DU-M	0,1	15	17	17	19	17,0	1,63
SL16SE-H	1,3	17	19	17	16	17,3	1,26

Malbiksgerð	Holrúm, %	Prall gildi, stök sýni, ml				Meðalgildi, ml	STDEV
SL16SE-H	0,5	17	19	19	19	18,5	1,00
SL11DU-M	2,9	20	19	20	20	19,8	0,50
SL11DU-Mvax	2,3	19	21	x	x	20,0	1,41
SL16DU-M-OSBS	1,1	19	21	21	20	20,3	0,96
SL11DU-Mvax	0,8	20	20	22	20	20,5	1,00
SL11DU-M	1,3	21	22	22	20	21,3	0,96
SL16AD-M	0,8	21	21	21	25	22,0	2,00
SL16AD-M	2,5	18	26	23	23	22,5	3,32
SL16BJ-M	2,4	22	23	22	24	22,8	0,96
SL16AK-M	2,2	23	24	23	24	23,5	0,58
SL16AK-M	0,6	24	23	25	23	23,8	0,96
SL11HÓ-M	1,6	23	23	25	24	23,8	0,96
SL16BJ-Mfrost	2,3	27	25	24	26	25,5	1,29
SL11HÓ-Mfrost	1,8	29	28	27	28	28,0	0,82

Taflan sýnir að meðal Prall-gildi íslensks malbiks sem prófað hefur verið hingað til liggur á bilinu 10 ml til 28 ml og má segja að staðalfrávik fjögurra gilda sé viðunandi í flestum tilfellum (STDEV). Til glöggvunar sýnir mynd 28 fjölda tilvika þar sem munur milli hæsta og lægsta Prall-gildis eru tilteknir ml.

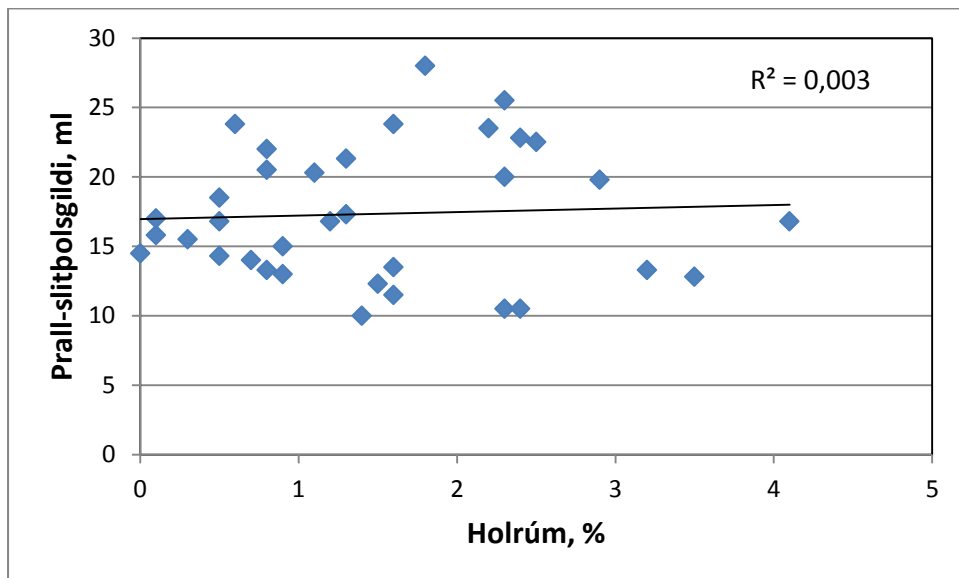


**Mynd 28** Munur milli hæsta og lægsta Prall-gildis, tiltekið í ml

Það sést á myndinni að í einu tilfalli fá öll hlutasýnin sömu niðurstöðu, í átta tilfellum er munurinn 1 ml, í 19 tilfellum 2 ml, í fjórum tilfellum er munurinn 3 ml og í tveimur tilfellum 4 ml. Loks má benda á að í einu tilfalli er munurinn 8 ml, þar sem lægsta gildið reyndist vera 18 ml, hæsta gildið 26 ml og tvær mælingar voru með gildið 23 ml (SL16AD-M). Það má leiða líkum að því að bæði sé lægsta gildið of lágt og hæsta gildið of hátt miðað við gildin sem liggja á milli,

en ÍST EN 12697-16 prófunarstaðallinn tekur í raun ekki á því hversu mikill munur má vera á milli stakra hlutasýna.

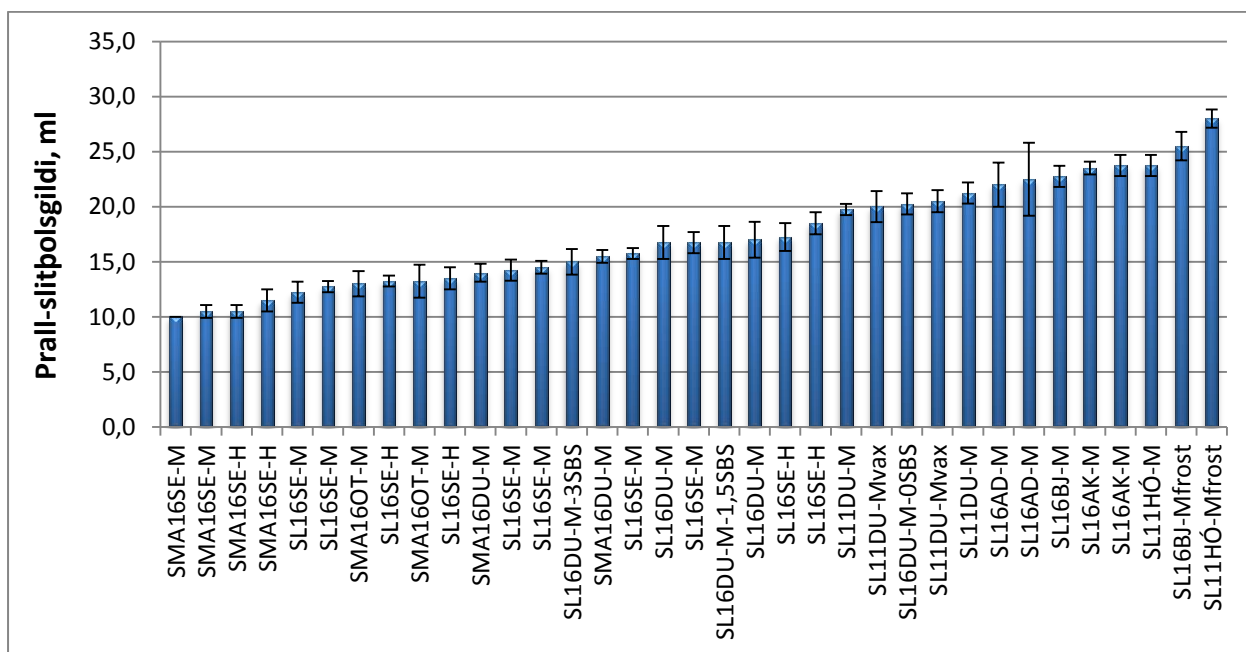
Þar sem upplýsingar um holrúmd sýnanna sem prófuð voru með Prall-prófi lágu fyrir var kannað hvort hún hefði áhrif á Prall-gildi ein og sér, sjá mynd 29.



**Mynd 29** Áhrif holrúmdar á Prall-gildi

Myndin bendir ekki til þess að holrúmd skipti sköpum varðandi Prall-slitþolsgildi, enda getur hönnuð holrúmd, t.d. í SMA malbiki verið nokkuð há án þess að það bitni á slitþolinu.

Mynd 30 sýnir samantekt allra Prall mælinga (meðaltöl fjögurra hlutasýna) á fyrri stigum rannsókna á íslensku malbiki.



**Mynd 30** Samantekt á Prall mælingum á mismundandi gerðum íslensks malbiks

Sjá má á myndinni að flestar malbiksgerðirnar sem prófaðar hafa verið með slitsterku steinefni (Seljadal, Durasplitt og Ottersbo) eru með Prall gildi < 20 ml og virðist það óháð því hvort bikgerðin var PG160/220 eða 70/100. SMA malbik virðist vera slitsterkara en SL malbikið á heildina litið og í öllum tilfellum með Prall gildi um eða undir 15 ml. Malbik með steinefni frá Hólabrú og Björgun fá hæstu Prall gildin, sérstaklega eftir frost/þíðuáraun (Prall gildi > 25 ml), en þessi steinefni teljast ekki vera mjög slitþolin. Malbiksgerðirnar með Krossaness- og Durasplitt steinefni frá Akureyri raða sér næst fyrir neðan malbik með steinefni frá Hólabrú og Björgun, en athygli vakti á sínum tíma að niðurstöður hjólfaraprófs á Akureyrarmalbikinu voru líka með því lakasta sem mælt hafði verið. Loks má benda á að SL11 malbik með slitsterku steinefni fær Prall gildi um 20 ml.

### 3.4 Athugun á vatnsnæmi malbiks

Eins og áður er getið varð þessi verkþáttur mun minni en til stóð og einungis prófað vatnsnæmi einnar gerðar. Því skal þó haldið til haga hér, enda hluti af þessu verkefni. Prófið var gert í samræmi við prófunarlýsingu í kafla 2.3. Um er að ræða SL11 malbik (AC) með Björgunarefni frá malbikunarstöðinni Höfða. Niðurstöður vatnsnæmiþrófsins sjást í töflu 9.

**Tafla 9** Niðurstöður vatnsnæmiþrófs á SL11 malbiki (AC) með Björgunarperlu

Sívalningar	Brotálag kN	ITS kleyfnitogþol, kPa	Meðaltal kPa	<b>ITSR hlutfall, %</b>
Þurrir kjarnar	5,89	551	568	<b>91</b>
	6,18	582		
	6,10	577		
	5,98	563		
Vatnsmeðhöndlaðir kjarnar	5,13	480	515	
	5,32	503		
	5,81	545		
	5,67	532		

Þessi niðurstaða, sem sagt að styrkhlutfallið ITSR er 91 %, bendir til þess að vatnsnæmi þessarar malbiksblöndu sé í góðu lagi, sérstaklega ef miðað er við kröfur Vegagerðarinnar sem settar eru fram í leiðbeiningariti um efnisrannsóknir og efniskröfur, en þar er miðað við að ITSR hlutfallið skuli vera yfir 70 %.

Nýleg rannsókn á vatnsnæmi malbiksgerðar sem kölluð er SMA16 LaLy + 3% Sasobit var gerð að beiðni Malikunarstöðvarinnar Hlaðbær-Colas vegna gerðarprófunar á þeirri malbiksgerð. Niðurstöður rannsóknarinnar eru birtar með góðfúslegu leyfi MHC og eru settar fram í töflu 10.

**Tafla 10** Niðurstöður vatnsnæmiþrófs á SMA16 LaLy + 3% Sasobit

Sívalningar	Brotálag kN	ITS kleyfnitogþol, kPa	Meðaltal kPa	<b>ITSR hlutfall, %</b>
Þurrir kjarnar	4,57	434	444	<b>95</b>
	4,74	455		
	4,23	392		
	5,24	497		
Vatnsmeðhöndlaðir kjarnar	3,92	364	420	
	4,42	416		
	4,84	465		
	4,71	436		

Þessar niðurstöður sýna að malbiksgerðin sem um ræðir stenst vel þær kröfur sem vitnað er til hér að framan í leiðbeiningum Vegagerðarinnar. Meðalgildin eru að vísu heldur lægri en fyrir SL11 malbikið (AC) með Björgunarefni, en ITSR hlutfallið heldur hærra.

Þess má geta hér að í íslenskum fylgistaðli vegna malbiksframleiðslu, ÍST 75, er ákvæði um að vatnsnæmipróf skuli vera hluti af gerðarprófunum fyrir malbik sem framleitt er fyrir mikla umferð. Það verður því fróðlegt að sjá hvernig fleiri malbiksgerðir munu koma út úr prófunum á vatnsnæmi á næstunni. Aðferðin hefur sætt nokkurri gagnrýni á Norðurlöndunum, ekki síst undirbúningur sýna (35 högg á hvorn enda sýnis með Marshall hamri). Um þessar mundir er rætt um samanburðarrannsóknir á vatnsnæmiprófinu á Norðurlöndunum og væri æskilegt að Ísland tæki þátt í slíkum rannsóknum ef af verður.

## 4 ÁLYKTANIR

- Þegar bornir eru saman skriðeiginleikar mismunandi malbiksgerða kemur í ljós að minnsta skriðið á sér stað í malbiki með hörðu biki (PG70/100) og Sasobit vaxi eða SBS fjölliðu.
- Sýni tekin úr vegi eru í öllum tilfellum með meiri hjólfaramyndun en sambærileg sýni sem þjöppuð eru á rannsóknastofu.
- Holrýmdarmælingar á sýnum sem söguð eru úr mældum plöttum í hjólfaraprófi gefa ekki til kynna að munur sé á holrýmd sýna úr götu og sýna sem þjöppuð eru á rannsóknarstofu. Því liggur ekki fyrir hvað veldur því að sýni úr götu mælast með meiri hjólför en sambærileg sýni sem þjöppuð eru á rannsóknastofu.
- Minnst heildarskrið (TRD) á sýnum sem tekin eru úr vegi/götu er 5-6 mm með Sasobit vaxi og SBS fjölliðu og PG70/100 biki og næst minnst með Evotherm og PG70/100 biki. Mest heildarskrið á sýnum sem tekin eru úr vegi er í malbiki með PG160/220 biki, óháð því hvaða íblendiefni eru í malbikinu.
- Ekki er vitað á þessu stigi hvað veldur 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 er vitað hvort sýni tekin úr vegi eða sýni þjöppuð á rannsóknastofu endurspegli betur skriðeiginleika malbiks með mjúku biki (PG 160/220). Þó má gera því skóna að hjólfaramyndun sýna úr vegi endurspegli skriðeiginleika þess malbiks betur en sýna sem þjöppuð eru á rannsóknastofu. Þetta er þó sett fram með þeim fyrirvara að sýnatakan sjálf og meðhöndlun þar á eftir orsaki ekki veikleika gagnvart skriði.
- Frost/þíðuálag í saltvatni reyndist ekki hafa mælanleg áhrif á skriðeiginleika SL malbiks (AC) til hins verra. Báðar malbiksgerðirnar sem prófaðar voru reyndust koma ívið betur út eftir frost/þíðu áraunina, þó að öllum líkindum innan skekkjumarka.
- Prall-slitþolsgildi íslensks malbiks liggja á bilinu 10 til 28 ml, þó flest undir 20 ml ef um slitsterkt 16 mm steinefni er að ræða. SMA malbik virðist slitna minna en SL malbik (AC) og íblöndun SBS fjölliðu virðist minnka slit í Prall-prófi. Þá eru líkur á að malbik með mjúku biki slitni ívið minna en sams konar malbik með harðara biki.
- Nýleg vatnsnæmipróf á tveimur gerðum íslensks malbiks sýna að ITSR hlutfallið stenst vel þær kröfur sem settar eru fram í leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur.



Á þessu stigi er enn óskýrður mismunur á hjólfaraprófunum eftir uppruna sýnanna, þ.e.a.s. hvort þau eru söguð úr götu eða þjöppuð á rannsóknastofu. Þó má setja fram tvo þætti sem hugsanlega gætu skýrt þennan mismun til umhugsunar, þótt engar beinar mælingar eða rannsóknir liggi þar að baki:

a) útlagnarvélin og titurvaltar breyti legu steina í malbikinu sem eru flögóttir þannig að malbikið eigi auðveldara með að skríða. 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.

## Heimildir, staðlar og ítarefni:

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

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

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

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

Arnbór 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.

Efnisrannsóknir og efniskröfur. Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. Kafli 6: Slitlag. – Vegagerðin, janúar 2013.

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

Håndbok 018 Vegbygging – Januar 2011. Statens Vegvesen.

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

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 12697-33: 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.

ÍST EN 1367-6: Tests for thermal and weathering properties of aggregates - Part 6: Determination of resistance to freezing and thawing in the presence of salt (NaCl)

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.

## **VIÐAUKI I Mæligögn frá Reykjanesbraut**

## Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003

### Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

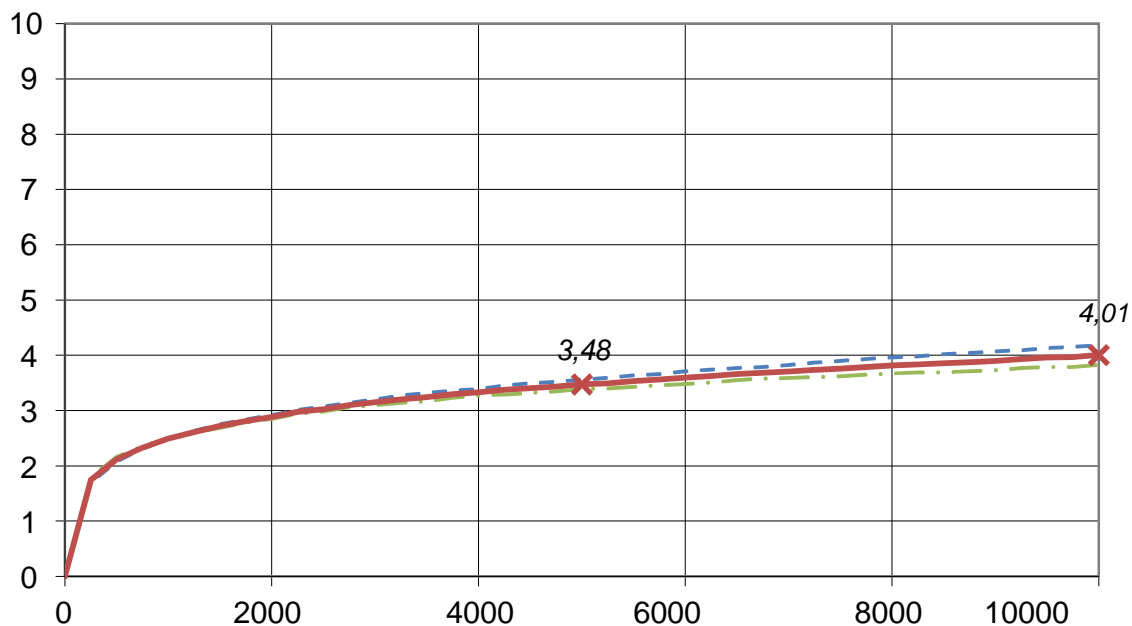
**Fyrir:** Malbikunarstöðina Hlaðbæ Colas hf.

**Sýni:** SMA16 Durasplitt með 3% SBS (Kraton) og biki SB 70/100

Framleitt í stöð Hlaðbæjar-Colas 25.7.2012 v. Reykjanesbrautar II hluta.

<b>Malbik</b>		<i>Mælingar MHC, meðaltal tveggja sýna (H12079 og H12081)</i>					
Bik	þ%	5,6 Mælt					
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m <sup>3</sup>	2529 Mæld					
Rúmpyngd biks	kg/m <sup>3</sup>	1020 Gefið					
Rúmpyngd steina	kg/m <sup>3</sup>	2468 Reiknuð					
<b>Þjöppuð plata</b>		<i>Vigtun og mælingar m. rennimáli</i>			<i>Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>		
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>		<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>Meðaltal</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>Meðaltal</b>
Pyngd plötu	kg	14,895	14,900				
Meðalþykkt	mm	51,7	51,7	<b>51,7</b>			
Rúmmál plötu	cm <sup>3</sup>	6209	6174				
Reiknuð rúmpyngd	kg/m <sup>3</sup>	2399	2413	<b>2406</b>	2482	2483	<b>2483</b>
Reiknað holrúm	rm%	5,1	4,6	<b>4,9</b>	1,9	1,8	<b>1,8</b>
<b>Hjólfarapróf við 45°C</b>		<i>Upphaf sett á 0</i>					
		<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>Meðaltal</b>			
Sig við 5000 umferðir, mm		<b>3,56</b>	<b>3,39</b>	<b>3,48</b>			
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD <sub>AIR</sub> )		<b>4,18</b>	<b>3,83</b>	<b>4,01</b>			
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD <sub>AIR</sub> )		<b>8,1</b>	<b>7,4</b>	<b>7,7</b>			
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS <sub>AIR</sub> )		<b>0,124</b>	<b>0,088</b>	<b>0,106</b>			

### Sig í mm og umferðir

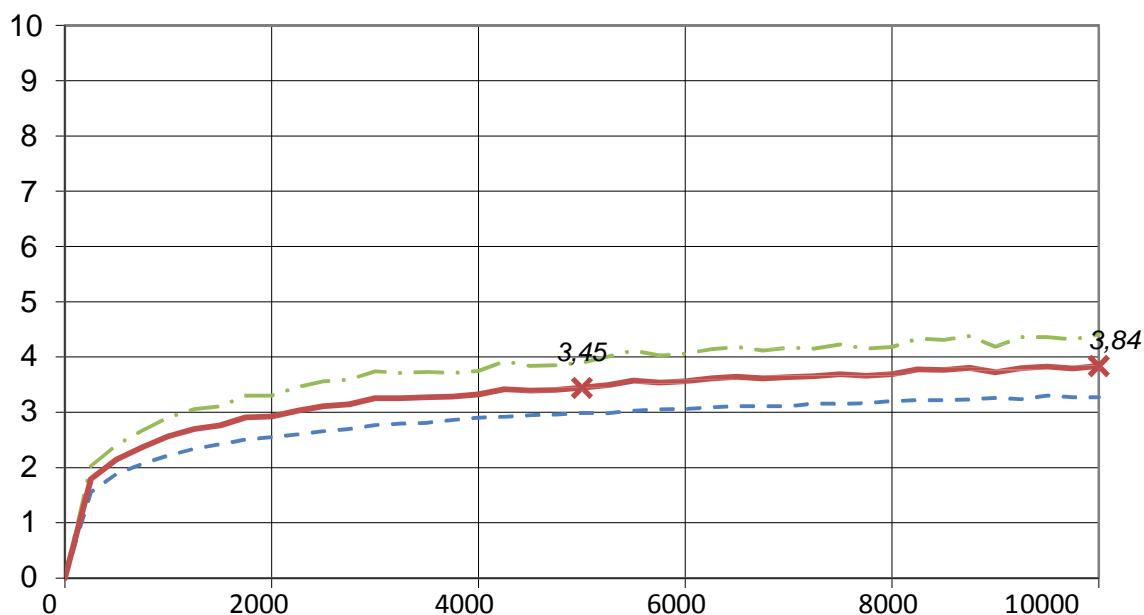


## Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

**Fyrir:** Malbikunarstöðina Hlaðbæ Colas hf.  
**Sýni:** SMA16 Durasplitt með 3% Sasobit og biki SB 160/220  
Framleitt í stöð Hlaðbæjar-Colas 25.7.2012 v. Reykjanesbrautar II hluta.

<b>Malbik</b>		<i>Mælingar MHC, meðaltal tveggja sýna (H12078 og H12080)</i>					
Bik	p%	5,7					Mælt
Rúmpýngd malbiks, (teoretisk)	kg/m <sup>3</sup>	2536					Mæld
Rúmpýngd biks	kg/m <sup>3</sup>	1020					Gefið
Rúmpýngd steina	kg/m <sup>3</sup>	2785					Reiknuð
<b>Þjöppuð plata</b>		<i>Vigtun og mælingar m. rennimáli</i>			<i>Rúmpýngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>		
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>		<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>Meðaltal</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>Meðaltal</b>
Pýngd plötu	kg	14,935	14,925				
Meðalþykkt	mm	51,6	51,8	<b>51,7</b>			
Rúmmál plötu	cm <sup>3</sup>	6202	6198				
Reiknuð rúmpýngd	kg/m <sup>3</sup>	2408	2408	<b>2408</b>	2482	2487	<b>2485</b>
Reiknað holrúm	rm%	5,0	5,0	<b>5,0</b>	2,1	1,9	<b>2,0</b>
<b>Hjólfarapróf við 45°C</b>		<i>Upphaf sett á 0</i>					
		<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>Meðaltal</b>			
Sig við 5000 umferðir, mm		<b>2,99</b>	<b>3,90</b>	<b>3,45</b>			
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD <sub>AIR</sub> )		<b>3,27</b>	<b>4,41</b>	<b>3,84</b>			
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD <sub>AIR</sub> )		<b>6,3</b>	<b>8,5</b>	<b>7,4</b>			
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS <sub>AIR</sub> )		<b>0,056</b>	<b>0,102</b>	<b>0,079</b>			

Sig í mm og umferðir



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

**Verk:** Malbiksrannsóknir 2013 - Sagaðar plötur af Reykjanesbraut  
**Sýni:** Hlaðbær Colas hf.: SMA 16 Durasplitt með biki 70/100 og Kraton (SBS) 3% af biki  
Malbik framleitt þann 25. júlí 2012. Sýni tekið úr vegi þann 10. september 2013.  
Plötur prófaðar á Nýsköpunarmiðstöð í október s.á.

### Aths.:

#### Malbik

Rúmpyngd malbiks skv. mælingu framleiðanda. (Sýni H12079 og H12081)

Rúmpyngd malbiks, (teoretisk) kg/m<sup>3</sup> **2529**

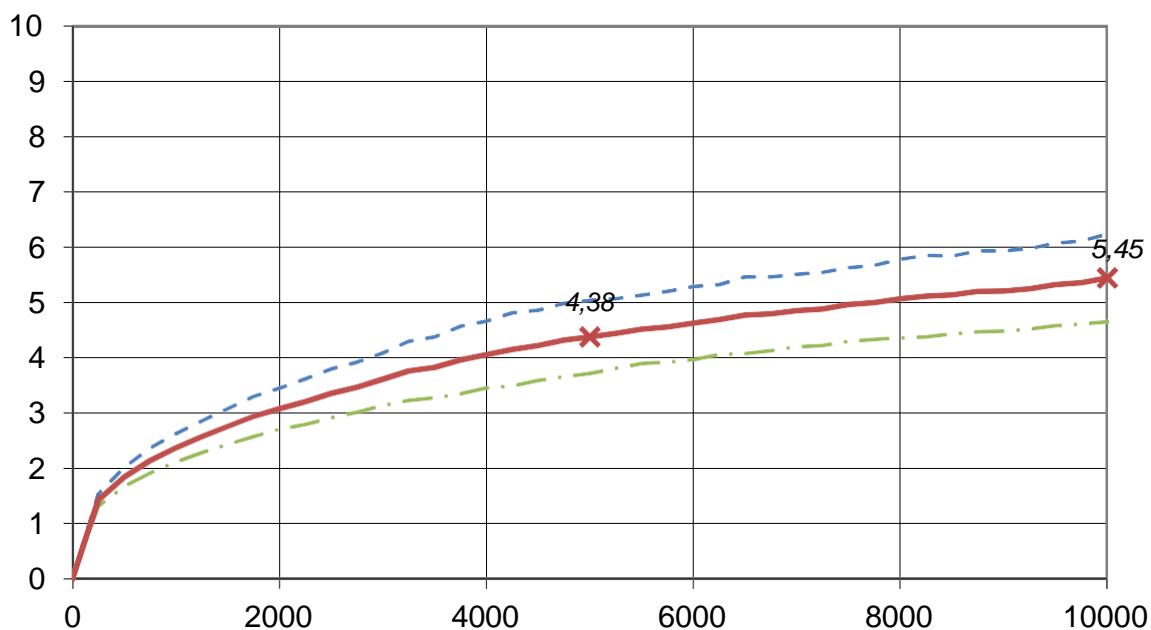
<b>Þjöppuð plata</b>		<i>Vigtun og mælingar m. rennimáli</i>			<i>Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>		
<i>B*L plötu er um 280*380 mm</i>		<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>Meðaltal</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>Meðaltal</b>
Þyngd plötu	kg	13,265	13,135				
Meðalþykkt	mm	50,9	50,2	<b>50,6</b>			
Rúmmál plötu	cm <sup>3</sup>	5473	5394				
Reiknuð rúmpyngd	kg/m <sup>3</sup>	2424	2435	<b>2429</b>	2475	2481	
Reiknað holrúm	rm%	4,2	3,7	<b>3,9</b>	2,1	1,9	<b>2,0</b>

#### Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0 mm

	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>Meðaltal</b>
Sig við 5000 umferðir, mm	<b>5,04</b>	<b>3,72</b>	<b>4,38</b>
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD <sub>AIR</sub> )	<b>6,24</b>	<b>4,65</b>	<b>5,45</b>
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD <sub>AIR</sub> )	<b>12,3</b>	<b>9,3</b>	<b>10,8</b>
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS <sub>AIR</sub> )	<b>0,240</b>	<b>0,186</b>	<b>0,213</b>

### Sig í mm og umferðir



## Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003

### Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

**Verk:** Malbiksrannsóknir 2013 - Sagaðar plötur af Reykjanesbraut  
**Sýni:** Hlaðbær Colas hf.: SMA 16 Durasplitt með biki 180/220 og Sasobit 3% af biki  
 Malbik framleitt þann 25. júlí 2012. Sýni tekið úr vegi þann 10. september 2013.  
 Plötur prófaðar á Nýsköpunarmiðstöð í október s.á.

#### Aths.:

#### Malbik

Rúmþyngd malbiks skv. mælingu framleiðanda. (Sýni H12078 og H12080)

Rúmþyngd malbiks, (teoretisk) kg/m<sup>3</sup> **2536**

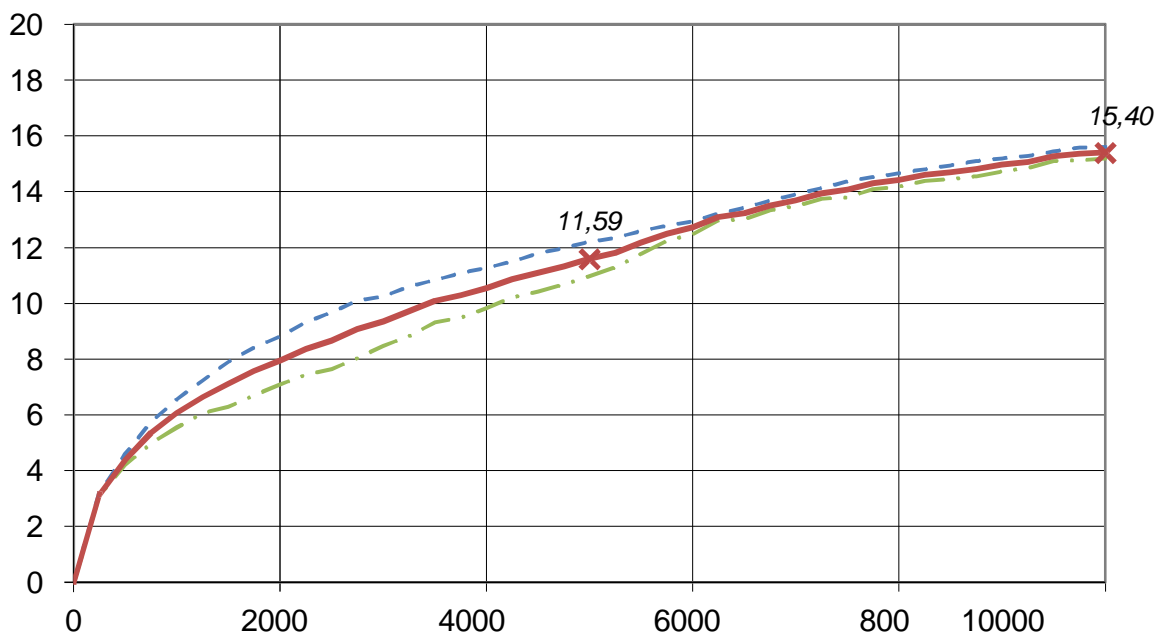
<b>Pjöppuð plata</b>		<i>Vigtun og mælingar m. rennimáli</i>			<i>Rúmþyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>		
<i>B*L plötu er um 280*380 mm</i>		<i>V1</i>	<i>V2</i>	<i>Meðaltal</i>	<i>V1</i>	<i>V2</i>	<i>Meðaltal</i>
Þyngd plötu	kg	13.235	13.175				
Meðalþykkt	mm	50,4	50,2	<b>50,3</b>			
Rúmmál plötu	cm <sup>3</sup>	5444	5407				
Reiknuð rúmþyngd	kg/m <sup>3</sup>	2431	2437	<b>2434</b>	2468	2472	
Reiknað holrúm	rm%	4,1	3,9	<b>4,0</b>	2,7	2,5	<b>2,6</b>

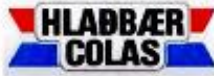
#### Hjólfarapróf við 45°C

*Upphaf sett á 0 mm*

	<i>V1</i>	<i>V2</i>	<i>Meðaltal</i>
Sig við 5000 umferðir, mm	<b>12,21</b>	<b>10,97</b>	<b>11,59</b>
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD <sub>AIR</sub> )	<b>15,61</b>	<b>15,19</b>	<b>15,40</b>
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD <sub>AIR</sub> )	<b>31,0</b>	<b>30,3</b>	<b>30,6</b>
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS <sub>AIR</sub> )	<b>0,680</b>	<b>0,844</b>	<b>0,762</b>

#### Sig í mm og umferðir





## „Malbiksrannsóknir 2013“

Minnisblað vegna sögunar á malbiksplöttum og borkjarnatöku á Reykjanesbraut.

**Útlögn: 25.07.2012**

**Malbiksteg 1:** SMA16 Durasplitt með Sasobit -3% af bindiefnisinnihaldi

**Malbiksteg 2:** SMA16 Durasplitt með hörðu biki (sb 70/100) og Kraton (SBS) – 3% af bindiefnisinnihaldi

**Sýnatoka: 10.09.2013**

**Malbiksteg 1:** SMA16 Durasplitt með Sasobit -3% af bindiefnisinnihaldi

Teknir tveir malbiksplattar (35 cm x 45 cm) + þrjár borkjarnar (b = 9,90 cm) – Borkjarnar eru teknir á milli platta

**Staðsetning:**

Akbraut í austur – Innri akreln (nyrðri) – Ytri hjólför (nyrðri) – Miðja á platta 113,5 cm frá ytri brún (máluð hvít lína)

Ca 500 metra austan við vesturenda útlagnar

**Merking á plöttum:** V1 + V2

**Merking á kjörnum:** V1 + V2 + V3

**Malbiksteg 2:** SMA16 Durasplitt með hörðu biki (sb 70/100) og Kraton (SBS) – 3% af bindiefnisinnihaldi

Teknir tveir malbiksplattar (35 cm x 45 cm) + þrjár borkjarnar (b = 9,90 cm) – Borkjarnar eru teknir á milli platta

**Staðsetning:**

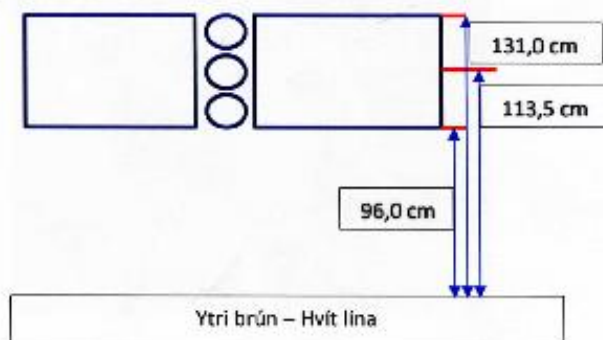
Akbraut í austur – Innri akreln (nyrðri) – Ytri hjólför (nyrðri) – Miðja á platta 113,5 cm frá ytri brún (máluð hvít lína)

Ca 470 metra vestan við austurenda útlagnar

**Merking á plöttum:** A1 + A2

**Merking á kjörnum:** A1 + A2 + A3

Afstöðumynd af sýnatöku – Á við báða sýnatökustaði





## **VIÐAUKI II Mæligögn frá Suðurlandsbraut**

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

**Verk:** Malbiksrannsóknir 2013 - Tilraunakafli á Suðurlandsbraut  
**Sýni:** Malbikunarstöðin Höfði hf. B21ev, SL16 Seljadalur með biki 70/100 og Evotherm  
Malbik framleitt þann 27. júlí 2013. Prófað í ágúst s.á.

### Aths.:

#### Malbik

Rúmþyngd malbiks skv. mælingu framleiðanda, sýni M13-062, færð að næstu 10 kg/m<sup>3</sup>  
Rúmþyngd malbiks, (teoretisk) kg/m<sup>3</sup> **2640**

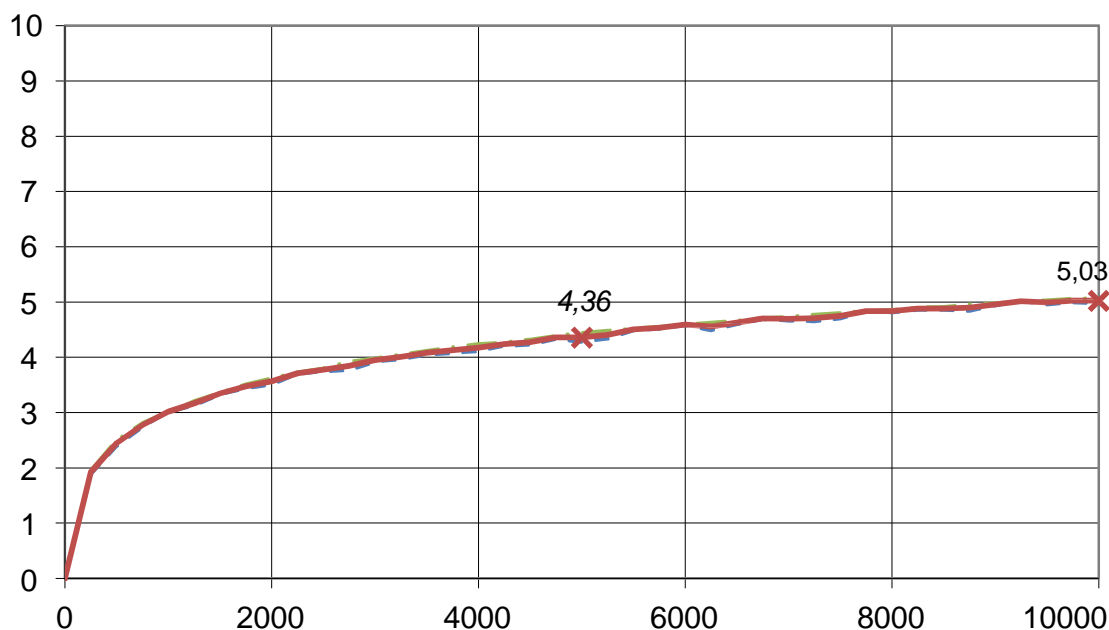
<b>Þjöppuð plata</b>		Vigtun og mælingar m. rennimáli			Rúmþyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf		
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>		5e	7e	Meðaltal	5e	7e	Meðaltal
Þyngd plötu	kg	15,550	15,540				
Meðalþykkt	mm	50,9	50,8	50,9			
Rúmmál plötu	cm <sup>3</sup>	6111	6102				
Reiknuð rúmþyngd	kg/m <sup>3</sup>	2545	2547	2546	2589	2592	2591
Reiknað holrúm	rm%	3,6	3,5	3,6	1,9	1,8	1,9

#### Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0 mm

	5e	7e	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	4,28	4,44	4,36
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD <sub>AIR</sub> )	4,98	5,07	5,03
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD <sub>AIR</sub> )	9,8	10,0	9,9
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS <sub>AIR</sub> )	0,140	0,126	0,133

### Sig í mm og umferðir



**Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003**
**Aðferð B í lofti - Hiti 45°C**
**Verk:** Malbiksrannsóknir 2013 - Tilraunakafli á Suðurlandsbraut

**Sýni:** Malbikunarstöðin Höfði hf. B21v, SL16 Seljadalur með biki 70/100 og vaxi

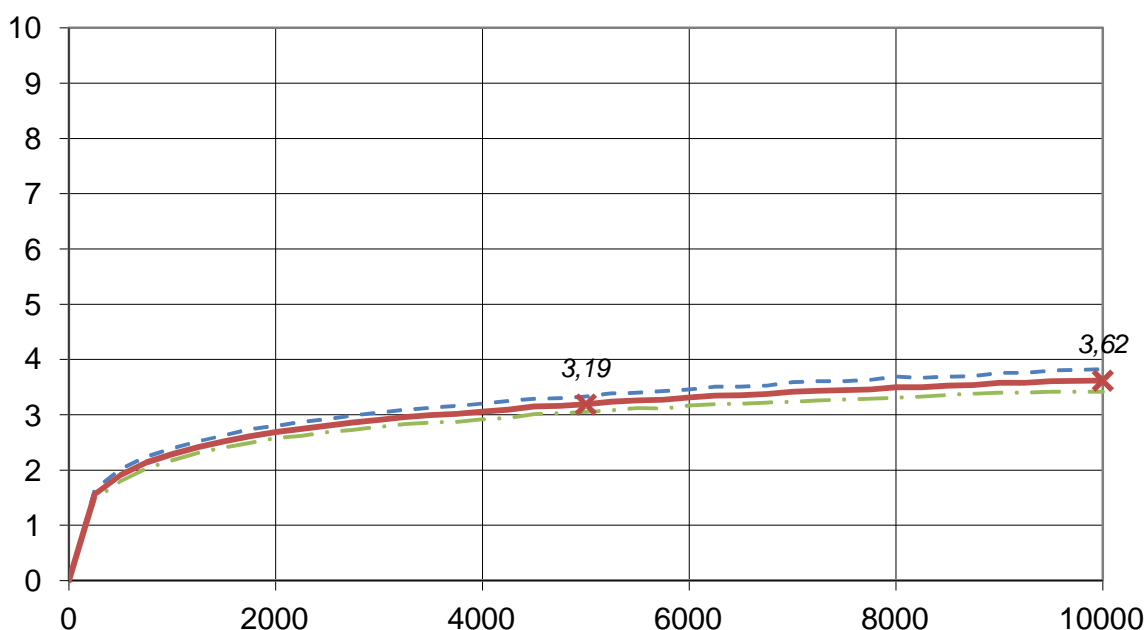
Malbik framleitt þann 27. júlí 2013. Prófað í ágúst s.á.

**Aths.:**
**Malbik**

 Rúmþyngd malbiks skv. mælingu framleiðanda, sýni M13-061, færð að næstu 10 kg/m<sup>3</sup>

 Rúmþyngd malbiks, (teoretisk) kg/m<sup>3</sup> **2640**

<b>Þjöppuð plata</b>		<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>		<b>1v</b>	<b>3v</b>	<b>Meðaltal</b>	<b>1v</b>	<b>3v</b>	<b>Meðaltal</b>
Þyngd plötu	kg	15.560	15.550				
Meðalþykkt	mm	51,1	50,5	<b>50,8</b>			
Rúmmál plötu	cm <sup>3</sup>	6149	6080				
Reiknuð rúmþyngd	kg/m <sup>3</sup>	2530	2558	<b>2544</b>	2585	2613	<b>2599</b>
Reiknað holrúm	rm%	4,1	3,1	<b>3,6</b>	2,1	1,0	<b>1,6</b>
<b>Hjólfarapróf við 45°C</b>		<i>Upphaf sett á 0 mm</i>					
		<b>1v</b>	<b>3v</b>	<b>Meðaltal</b>			
Sig við 5000 umferðir, mm		<b>3,33</b>	<b>3,05</b>	<b>3,19</b>			
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD <sub>AIR</sub> )		<b>3,82</b>	<b>3,42</b>	<b>3,62</b>			
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD <sub>AIR</sub> )		<b>7,5</b>	<b>6,8</b>	<b>7,1</b>			
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS <sub>AIR</sub> )		<b>0,098</b>	<b>0,074</b>	<b>0,086</b>			

**Sig í mm og umferðir**


## Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C - Plötur prófaðar eftir tíu frostþíðusveiflur

**Verk:** Malbiksrannsóknir 2013 - Tilraunakafli á Suðurlandsbraut  
**Sýni:** Malbikunarstöðin Höfði hf. B21ev, SL16 Seljadalur með biki 70/100 og Evotherm  
Malbik framleitt þann 27. júlí 2013. Prófað í september og október s.á.

**Aths.:** Plötur voru settar í tíu frostþíðusveiflur. Þær voru hafðar í 1% saltlausn yfir daginn, en tekur upp og settar rakar í frost og hafðar þar yfir nótt.

### Malbik

Rúmþyngd malbiks skv. mælingu framleiðanda, sýni M13-062, færð að næstu 10 kg/m<sup>3</sup>

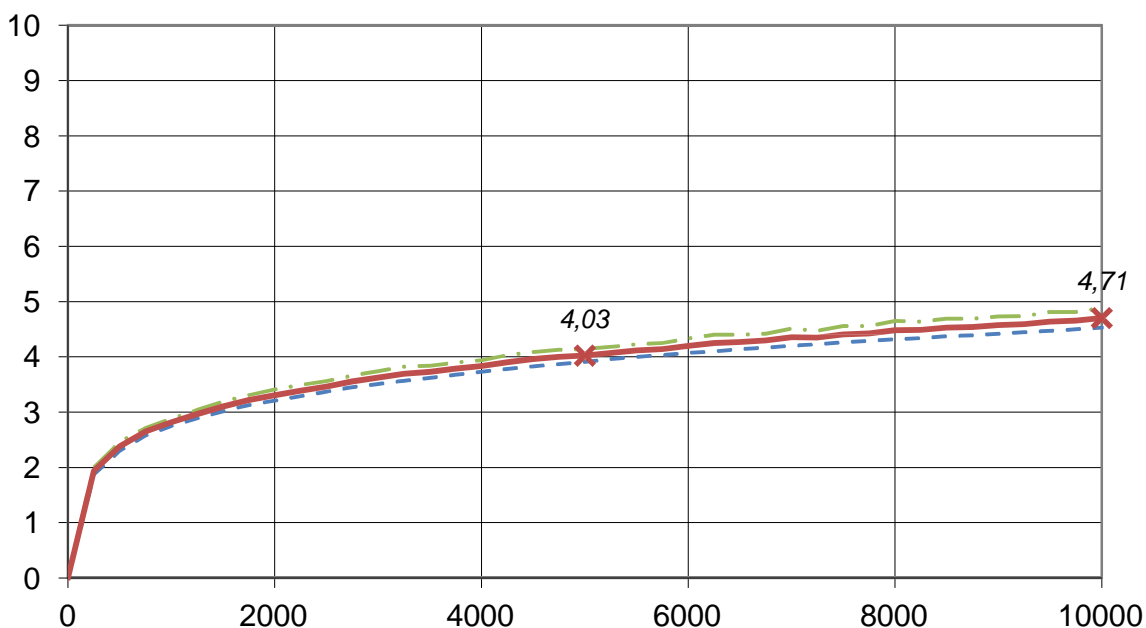
Rúmþyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m <sup>3</sup>	2640					
<b>Þjöppuð plata</b>	Vigtun og mælingar m. rennimáli			Rúmþyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf			
B*L plötu er um 300*400 mm	<b>6e</b>	<b>8e</b>	<b>Meðaltal</b>				
Þyngd plötu	kg	15.540	15.500				
Meðalþykkt	mm	51,1	50,8	<b>51,0</b>	<b>6e</b>	<b>8e</b>	<b>Meðaltal</b>
Rúmmál plötu	cm <sup>3</sup>	6113	6074				
Reiknuð rúmþyngd	kg/m <sup>3</sup>	2542	2552	<b>2547</b>	2622	2608	
Reiknað holrúm	rm%	3,7	3,3	<b>3,5</b>	0,7	1,2	<b>0,9</b>

### Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0 mm

	<b>6e</b>	<b>8e</b>	<b>Meðaltal</b>
Sig við 5000 umferðir, mm	<b>3,91</b>	<b>4,14</b>	<b>4,03</b>
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD <sub>AIR</sub> )	<b>4,53</b>	<b>4,88</b>	<b>4,71</b>
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD <sub>AIR</sub> )	<b>8,9</b>	<b>9,6</b>	<b>9,2</b>
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS <sub>AIR</sub> )	<b>0,124</b>	<b>0,148</b>	<b>0,136</b>

### Sig í mm og umferðir



**Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003**  
**Aðferð B í lofti - Hiti 45°C - Plötur prófaðar eftir tíu frostþíðusveiflur**

**Verk:** Malbiksrannsóknir 2013 - Tilraunakafli á Suðurlandsbraut

**Sýni:** Malbikunarstöðin Höfði hf. B21v, SL16 Seljadalur með biki 70/100 og vaxi

Malbik framleitt þann 27. júlí 2013. Prófað í september s.á.

**Aths.:** Plötur voru settar í tíu frostþíðusveiflur. Þær voru hafðar í 1% saltlaun yfir daginn, en tekur upp og settar rakar í frost og hafðar þar yfir nótt.

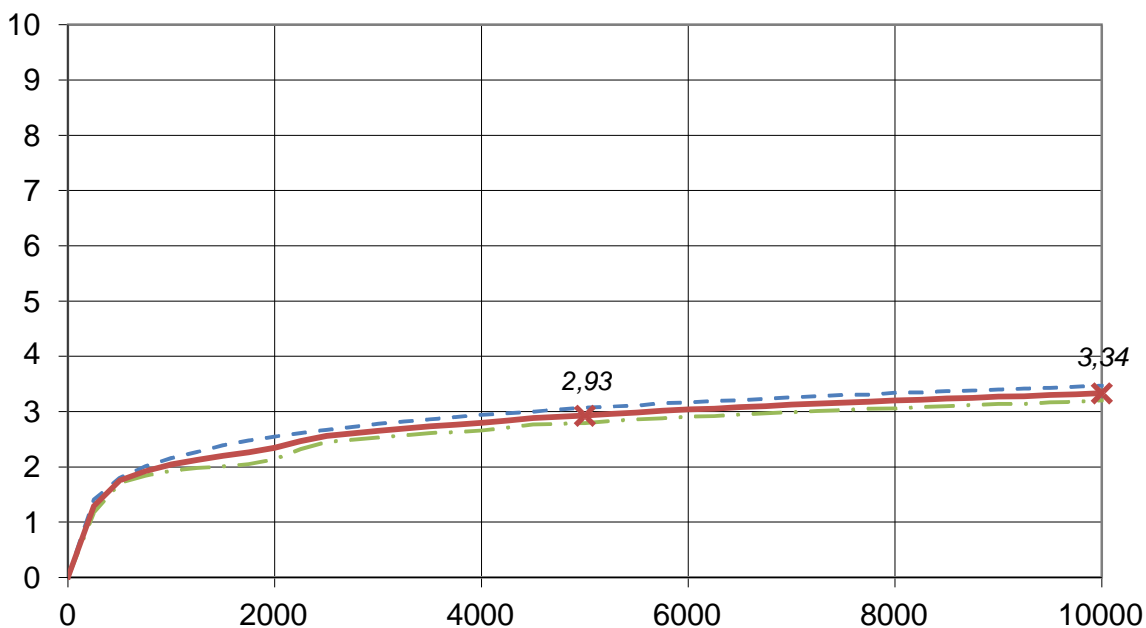
Hitastýring bar í ólagi í upphafi prófs á plötu 4v. Mæld gildi voru hækkuð um 0,3 mm.

**Malbik**

Rúmþyngd malbiks skv. mælingu framleiðanda, sýni M13-061, færð að næstu 10 kg/m<sup>3</sup>

Rúmþyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m <sup>3</sup>	<b>2640</b>					
<b>Þjöppuð plata</b>		<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>		<b>2v</b>	<b>4v</b>	<b>Meðaltal</b>			
Þyngd plötu	kg	15.540	15.550				
Meðalþykkt	mm	50,7	51,1	<b>50,9</b>	<b>2v</b>	<b>4v</b>	<b>Meðaltal</b>
Rúmmál plötu	cm <sup>3</sup>	6065	6118				
Reiknuð rúmþyngd	kg/m <sup>3</sup>	2562	2542	<b>2552</b>	2622	2608	<b>2615</b>
Reiknað holrúm	rm%	2,9	3,7	<b>3,3</b>	0,7	1,2	<b>0,9</b>
<b>Hjólfarapróf við 45°C</b>		<i>Upphaf sett á 0 mm</i>					
		<b>2v</b>	<b>4v</b>	<b>Meðaltal</b>			
Sig við 5000 umferðir, mm		<b>3,07</b>	<b>2,79</b>	<b>2,93</b>			
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD <sub>AIR</sub> )		<b>3,47</b>	<b>3,20</b>	<b>3,34</b>			
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD <sub>AIR</sub> )		<b>6,8</b>	<b>6,3</b>	<b>6,6</b>			
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS <sub>AIR</sub> )		<b>0,080</b>	<b>0,082</b>	<b>0,081</b>			

**Sig í mm og umferðir**





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

Verk: Malbiksrannsóknir 2013: Tilraunakæflir á Suðurlandsbraut, lagður 27. Júlí 2013.

Sýnt: Malbikunarslóða Höfði hf. B21ev, 8L18 Sejjadalur með bíli 70100 og Evothem  
Flötur sagaður úr götu og prófaður hjá Nýsköpunarmiðstöð í október 2013.

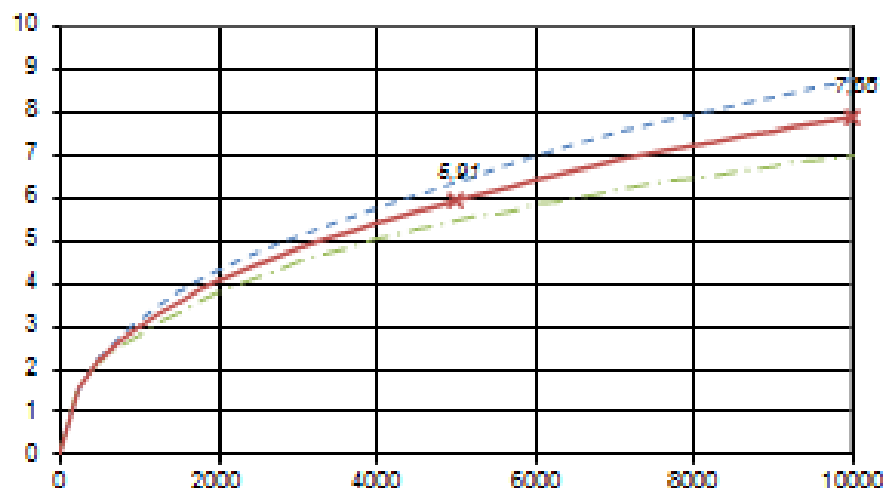
Athn.:

Malbik

Rúmbýgnd malbiks skv. mælingu framleiðanda, sýni M13-062, færð að restu 10 kg/m<sup>2</sup>  
Rúmbýgnd malbiks, (teoretísk) kg/m<sup>2</sup> 2840

Þjófpuð plata B*L plötur um 300*400 mm		Vigtun og mælingar m. rennimál			Rúmbýgnd mæld í lofti og vatni á hita sýnis eftir próf		
		EV1	EV2	Meðaltal	EV1	EV2	Meðaltal
Býgnd plötu	kg	15,120	15,620				
Meðalþykkt	mm	49,5	51,5	50,5			
Rúmmál plötu	cm <sup>3</sup>	5981	6195				
Reiknuð rúmbýgnd	kg/m <sup>2</sup>	2528	2521	2628	2565	2573	2689
Reiknað holnrúm	mm%	4,2	4,5	4,4	2,8	2,5	2,7
Hjólfarapróf við 45°C		Upphaf sett á 0 mm					
					EV1	EV2	Meðaltal
Slig við 5000 umferðir, mm					8,36	6,47	6,81
Slig við 10 000 umferðir, mm (RD <sub>5k</sub> )					8,77	6,89	7,88
Slig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD <sub>5k</sub> )					17,7	13,8	16,8
mm á 1000 umf á þustu 5000 umf. (WTS <sub>5k</sub> )					0,484	0,304	0,394

Slig í mm og umferðir





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

Verk: Malbiksrennsóknir 2013: Tilraunaköflur á Suðurlandsbraut, legður 27. júlí 2013.  
Sýnt: Malbikunarsjóðin Höfði hf. B-21v, BL18 Sérjafstur með bíli 70100 og vaxi  
Prófur sagðar úr götu og prófaðar hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands í október 2013.

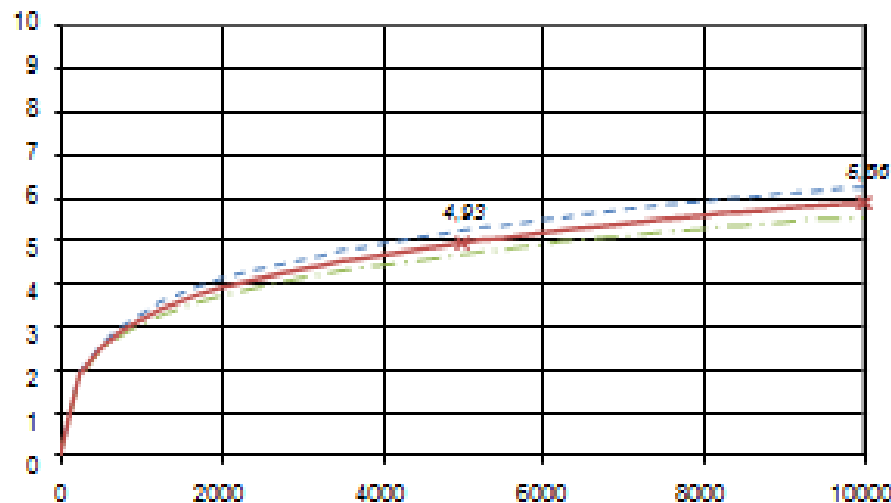
Amb.: \_\_\_\_\_

Malbik:

Rúmbyngd malbiks skv. mælingu framliðarða, sýni M13-061, ferð að næstu 10 kg/m<sup>2</sup>  
Rúmbyngd malbiks, (teoretísk) kg/m<sup>2</sup> 2840

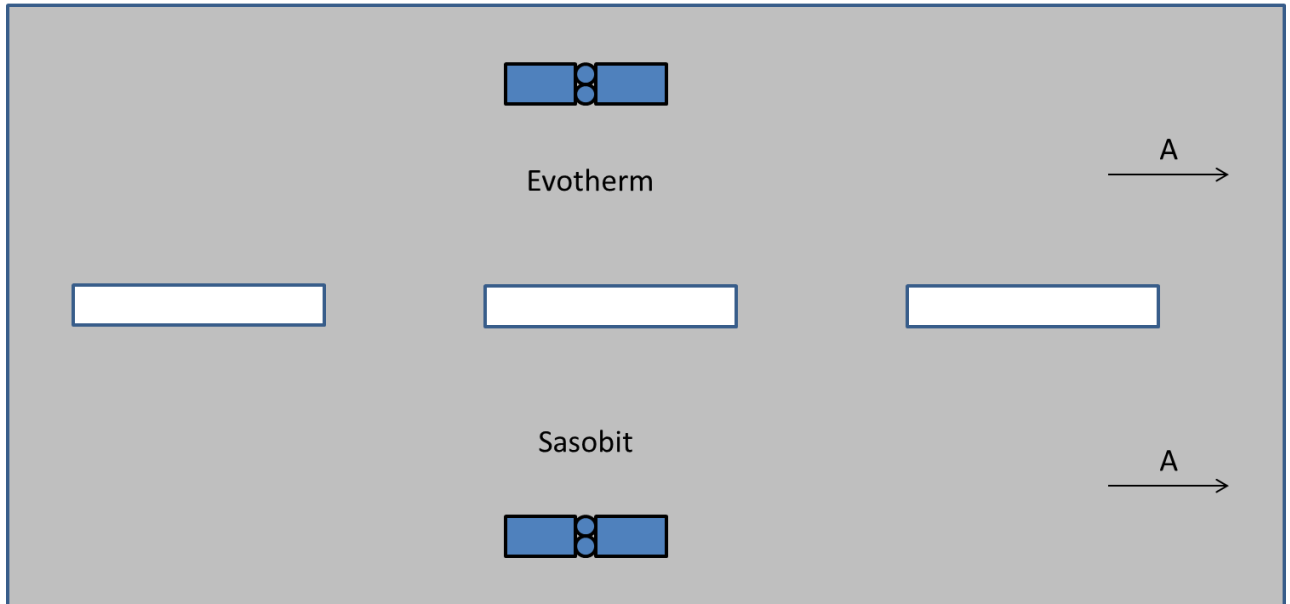
Þjófpuð plata		Vigtun og mælingar m. kemmell			Rúmbyngd mæld í lofti og vatni á hita sjáis eftir próf		
B*L plötur um 300*400 mm		SA1	SA2	Meðaltal	SA1	SA2	Meðaltal
Þyngd plötu	kg	15,450	15,010				
Meðalþykkt	mm	49,9	52,1	51,0			
Rúmmál plötu	cm <sup>3</sup>	6008	6238				
Reiknað rúmbyngd	kg/m <sup>3</sup>	2572	2546	2559	2605	2605	2605
Reiknað holnrúm	mm <sup>3</sup>	2,6	3,6	3,1	1,3	1,3	1,3
Hjólfarapróf við 45°C		Lögðar 22*30 mm					
		SA1	SA2	Meðaltal			
Slig við 5000 umferðir, mm		6,20	4,88	4,83			
Slig við 10 000 umferðir, mm (RD <sub>50x</sub> )		6,20	6,61	6,38			
Slig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (FRD <sub>50x</sub> )		12,4	10,8	11,6			
mm á 1000 umf s.ðustu 5000 umf. (WTS <sub>50x</sub> )		0,200	0,170	0,185			

Slig í mm og umferðir



- **Sýnataka úr Suðurlandsbraut, sögun á sýnum í hjólfarapróf**

- Hver plata 35 x 45 cm á kannt (lengri hliðin í akstursstefnu) tekin í ytri akrein hvorrar akreinar
- Gæta þess að ekki komi mikil spenna á plötur (gæti verið ráð að bora á milli þeirra til að losa um þær)
- Plötur settar á hvolf á sléttan flöt (t.d. lítið bretti)
- Höfði geymir plötur innandyra þar til PP sækir þær í septemberlok





### **VIÐAUKI III Vatnsnæmiþróf**

## Malbiksrannsóknir 2013

### Vatnsnæmi malbiks skv. ÍST EN 12697-12:2008. Aðferð A

#### Um sívalningana:

Átta sívalningar af hverri gerð voru þjappaðir með Marshallhamri 2\*35 högg í samræmi við kafla 6.1.1.4. í staðli. Fjórir sívalningar voru mettaðir samkvæmt staðli og hafðir

72 tíma í vatnsbaði við 30°C. Prófhiti allra var 25°C eftir um 3 tíma temprun.

#### Útreikningar o.fl.

Kleyfnitogþol:  $ITS=2*P/(\pi*D*H)$

ITS= kleyfnitogþol, GPa (Hér gefið sem kPa=1/10<sup>6</sup> GPa);

w=vot/d=þurr P= mesta brotálag, kN; D= þvermál sýnis, mm; H=

hæð sýnis, mm

Togþolshlutfall (Indirect tensile strength ratio):  $ITSR = 100 * ITS_w/ITS_d$

Brotlína í kjarna: Hrein (clear tensile break). - Aflöguð (deformation) - Blönduð (combination)

#### Niðurstöður prófs

Sívaln- ingar	Þur Vot	Brot- álag kN	Brot- lína	Hæð mm	Þvermál mm	ITS, kleyfnitogþol Stakar kPa	Meðal Meðal	ITSR Hlutfalls- prósenta
<b>Malbikunarstöðin Höfði hf.: SL11 Björgun (gerð A3) frá 27. maí 2013</b>								
12	Þ	5,89	Hrein	67,0	101,6	551		
13	Þ	6,18	Blönduð	66,5	101,6	582		
15	Þ	6,10	Hrein	66,3	101,5	577		
17	Þ	5,98	Hrein	66,3	101,9	563	568	
11	V	5,13	Hrein	67,1	101,4	480		
14	V	5,32	Hrein	66,3	101,6	503		
16	V	5,81	Blönduð	66,7	101,7	545		
18	V	5,67	Hrein	66,7	101,7	532	515	<b>91</b>