



Klæðingar, rannsóknir og þróun á prófunaraðferðum

- Stöðuskýrsla áfanga 5 -

Pétur Pétursson
maí 2016

ÁGRIP

Í þessum fimmta áfanga verkefnis um rannsóknir og þróun á prófunaraðferðum fyrir klæðingar var umfang rannsókna ekki eins mikið og oftast áður. Ákveðið var að fylla í göt í rannsóknum á þeim klæðingarefnum sem til eru í kerjum á NMÍ og hafa verið notuð til ýmissa rannsókna á undanförunum árum. Jafnframt var ákveðið að halda áfram samanburði á mælingum á kornadreifingu milli rannsóknastofa og verktaka, í þetta sinn á flokkuðum klæðingarefnum. Loks má nefna að prófanir á virkni viðloðunarefna með tíma héldu áfram með viðloðunarefnum sem ekki höfðu verið prófuð áður með raunblönduprófi.

Segja má að þessi verkþáttur verkefnisins um Klæðingar 2015 hafi í raun einungis falið í sér prófanir sem féllu ekki beint undir aðra þætti verkefnisins, svo sem verkþátt um breytt bindiefni í klæðingar. Sá verkþáttur verkefnisins varð mun umfangsmeiri en fyrirhugað var í upphafi, bæði vegna mikils umfangs bikþeytuklæðinga og prófana á bikþeytuklæðingum. Það sem vóg þó þyngst í þeim verkþætti voru umfangsmiklar úttektir á nýlögðum og eldri bikþeytuklæðingum, bæði vor og haust 2015. Hér verður því einungis fjallað um niðurstöður prófana sem féllu undir þennan hatt, auk lítillegs samanburðar við sambærilegar prófanir í fyrri áföngum, án þess að um sé að ræða heildstæða rannsóknarskýrslu.

Efnisyfirlit

ÁGRIP.....	2
1 INNGANGUR	6
2 EFNISEIGINLEIKAR KLÆÐINGAREFNA STEINEFNABANKA.....	8
3 VIRKNI VIÐLOÐUNAREFNA MEÐ TÍMA - SAMANBURÐUR	12
4 SAMANBURÐUR Á MÆLINGUM Á KORNADREIFINGU	14
4.1 Fyrri rannsóknir	14
4.2 Almennt.....	14
4.3 Ísakot.....	15
4.4 Neðri-Mýrar.....	17
4.5 Skútar	19
4.6 Lambafell.....	21
4.7 Samantekt	23
HEIMILDIR OG ÍTAREFNI.....	24

1 INNGANGUR

Á undanförunum árum hafa miklar breytingar átt sér stað hér á landi varðandi gerðir bindiefna í klæðingar með tilkomu nýrra mýkingarefna og viðloðunarefna. Um er að ræða umhverfisvænni efni sem koma í stað þynningarefnisins hvítspíra (e. white spirit), svo og fljótandi viðloðunarefni í stað fasts diamins. Í fyrstu voru gerðar tilraunir með að nota repjuolíu til mýkingar á biki í klæðingar í stað hvítspíra og síðar bættust við tilraunir með að nota etylester (lýsisafurð) í sama skyni. Auk þess hafa verið innleidd fljótandi viðloðunarefni og hafa viðloðunarefni TPH, Wetfix N422 og Wetfix N verið notuð á undanförunum árum. Einnig hafa verið gerðar tilraunir með Impact 8000 viðloðunarefni.

Í fyrsta áfanga þessa verkefnis var gerður fjöldinn allur af hræsluprófum og í áfangaskýrslu 1 eru birtar niðurstöður raunblönduprófana, svo og hefðbundinna hræsluprófa, sem gerð höfðu verið frá 2011 og fram á árið 2012¹. Þar var um að ræða ýmsar útfærslur og raunblöndur, fyrst með steinefni úr Seljadalsnámu sem ætíð hafði komið vel út úr viðloðunarprófum með 100 % þakningu. Síðan voru gerð raunblöndupróf með völdum steinefnum sem höfðu verið lögð út í klæðingar árið 2010 en höfðu brugðist þá um haustið eða veturinn. Einnig var birt verklýsing að raunblönduprófi í áfangaskýrslu 1, eftir nokkra þróunarvinnu á hræsluprófinu á grundvelli þessa verkefnis.

Í öðrum áfanga þessa verkefnis var áfram haldið með hræsluprófanir á raunblöndum². Gerð voru endurtekin hræslupróf á þrenns konar steinefni, fimm sinnum og tveir rannsóknamenn mátu þakningu að loknu hverju prófi. Einnig voru könnuð áhrif frost/þíðu og salts á hreyfðarseigju bindiefnis. Þá var kannað hversu lengi virkni viðloðunarefna varði við mismunandi geymsluhitastig, svo og mæld stungudýpt biksýna. Margar af þessum rannsóknum má segja að hafi verið spilaðar af fingrum fram, m.a. þegar upp komu grunsemdir um að lítil virkni bindiefna gæti hafa valdið viðloðunarleysi og að stungudýpt (PG) biks væri minni en upp er gefin við afhendingu.

Segja má að í þriðja áfanga þessa verkefnis hafi ýmsir þræðir verið teknir upp og framvinda rannsókna ákveðin á verkefnisfundum³. Könnuð var virkni mismunandi viðloðunarefna með tíma á sýnum sem útbúin voru á rannsóknastofu. Þá voru gerðar prófanir með raunblönduprófi með mismiklu magni af mýkingarefni. Hjá Fjölveri voru gerðar stungudýptarmælingar á biki eftir upphitun á rannsóknastofu til að kanna hvernig bik harðnaði við endurteknar upphitanir. Einnig voru þar gerðar seigjumælingar á þjálbiki með mismiklu mýkingarefni. Annar verkþáttur þess áfanga var samanburður á mælingu á kornadreifingu hjá verktökum, á rannsóknastofum og hjá Vegagerðinni, þar sem útbúin voru 10 hlutasýni af tveimur burðarlagsefnum og dreift á fimm aðila (tvö sýni á hvern). Loks ber að nefna hitamælingar við útlögn klæðinga, en eftirlitsmenn Vegagerðarinnar mældu hita bindiefnis með tíma frá útsprautun og þar til steinefni lagðist í það.

¹ Pétur Pétursson 2012: Klæðingar, rannsóknir og þróun á prófunaraðferðum – áfangaskýrsla 1. Vegagerðin 2012.

² Pétur Pétursson 2013: Klæðingar, rannsóknir og þróun á prófunaraðferðum – áfangaskýrsla 2. Vegagerðin 2013.

³ Pétur Pétursson 2014: Klæðingar, rannsóknir og þróun á prófunaraðferðum – áfangaskýrsla 3. Vegagerðin 2014.

Í fjórða áfanga verkefnisins⁴ voru gerðar prófanir á sýnum af klæðingarefnum sem safnað hafði verið í ker í steinefnabankann, þótt ekki hafi öll próf sem gera á við rannsóknir á klæðingarefnum verið gerð. Því var haldið áfram með að fylla upp í rannsóknaniðurstöður á steinefnabankanum í þessum áfanga. Í fjórða áfanga var einnig mæld hreyfðarseigja blandna af etylester úr lýsi og hvítspíra í mismunandi hlutföllum hjá Fjölveri, en þær mælingar bentu ekki til að vænlegt væri að vinna með slíkar blöndur í klæðingar. Jafnframt því að prófa hver áhrif blöndunar á hvítspíra í þjálbik með etylester hefði á hreyfðarseigju var ákveðið að kanna viðloðunareiginleika sömu blandna með raunblönduprófi. Ekki reyndist unnt að sýna fram á nein tengsl milli viðloðunargildis sem steinefni fengu og blöndunarhlutfalla etylesters og hvítspíra. Í ljósi niðurstaðna prófana sem komið höfðu í ljós í fyrri áföngum á virkni mismunandi viðloðunarefna með tíma kom upp áhugi á að prófa virkni fleiri gerða viðloðunarefna. Í ljós kom eins og áður að virkni mismunandi viðloðunarefna er afar mismunandi með geymslutíma.

Segja má að verkþátturinn um rannsóknir á klæðingarefnum hafi skilað af sér margvíslegum árangri, reyndar í flestum tilfellum bæði hratt og örugglega. Fyrst má nefna að á fyrstu stigum verkefnisins var þróað raunblöndupróf á viðloðun klæðingarefna, þar sem þörf á því skapaðist með tilkomu nýrra mýkingarefna í bindiefnið, sem sagt repjuolíu og í kjölfarið ethylester úr lýsi. Raunblönduprófið hefur nú svo gott sem tekið alveg við af gamla hrærsluprófinu til að meta viðloðun. Ýmsar rannsóknir á hreyfðarseigju mismunandi bindiefnisblanda hafa skilað sér í ákvörðunum á æskilegu magni þjálniefna í bindiefnið. Þá má nefna að rannsóknir á virkni mismunandi viðloðunarefna í klæðingar með tíma hafa leitt til þess að sett hefur verið ákvæði um að viðloðunarefni skuli bætt á tankbíla ef tafir á útsprautun hafa orðið meiri en 2 sólarhringar frá afhendingu. Prófanir á klæðingarefnum steinefnabankans, svo og steinefnum sem notuð hafa verið í klæðingar, hafa leitt til þess að kröfur og eftirfylgni varðandi leyfilegt magn fínefnis hafa verið hertar, svo og kröfur um leyfilegt magn undir- og yfirstærða. Loks má geta þess að samanburður á mælingum á kornadreifingu burðarlagsefna og klæðingarefna hafa leitt í ljós að aðgerða er þörf í þeirri viðleitni að minnka muninn milli prófunarstofa og verktaka. Í næsta áfanga verður meðal annars lögð áhersla á að taka út tæki og verklag við mælingu á kornadreifingu og minnka þannig muninn milli aðila.

Í verkefnishópi sátu Einar Gíslason (verkefnisstjóri) og Gunnar Bjarnason hjá Vegagerðinni, Erla María Hauksdóttir hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands og Pétur Pétursson hjá PP ráðgjöf.

⁴ Pétur Pétursson 2015: Klæðingar, rannsóknir og þróun á prófunaraðferðum – áfangaskýrsla 4. Vegagerðin 2015

2 EFNISEIGINLEIKAR KLÆÐINGAREFNA STEINEFNABANKA

Á undanförnum árum hefur verið bætt nokkuð við steinefnabankann af sýnum í stórum fiskikerjum. Áhersla var lögð á að safna flokkuðum klæðingarefnum, en fyrir voru burðarlagefni í bankanum. Safnað hefur verið efnum úr sjö námum, sem sagt Seljadal, Hólabrú, Lambafelli, Neðri Mýrum, Grímsá, Skútum og Bláhæð, en síðastnefnda efnið var tekið sumarið 2015. Til stóð að bæta einnig við klæðingarefni úr Uppsalanámu, en hætt var við það.

Tafla 1 sýnir niðurstöður prófana sem fengist hafa í þessu rannsóknarverkefni, bæði áfanga 4 og 5, svo og nokkrar niðurstöður úr rannsóknakerfi Vegagerðarinnar.

Tafla 1 Niðurstöður prófana á flokkuðum klæðingarefnum steinefnabanka

Klæðingarefni	Kornakúrfa*	< 0,063 mm, %	< d %	> D %	Berg- greining**	Fl - lögun, %	Brot- hlutfall, %	Kúlna- kvörn, %	LA próf, %	Frost- þol, %	Viðloðun raun, %
Seljadalur 16925	11/16	2	20	5	0	11,1	x	10,9	14,6	1,3	100
Hólabrú 19177	11/16	1,3	14	10	4	5,1	75/6	13,8	15,9	5,4	99
Lambafelli 16825	11/16	1,3	19	13	0	1,6	x	5,6	9,6	0,2	99
Neðri Mýrar 21369	11/16 (8/16)	0,7	34	8	0	11,8	x	5,4	11,8	0,3	100
Grímsá 18586	11/16	0,9	23	23	22	14,5	55/25	16,8	13,7	5,6	75
Skútar 22511	11/16	1,2	11	7	3	3,4	x	15,6	12,2	2,8	100
Bláhæð 15908	11/16	0,1	18	8	0	14,6	x	13,2	11,6	0,2	100

*flokunarstærð

** % í þriðja flokki

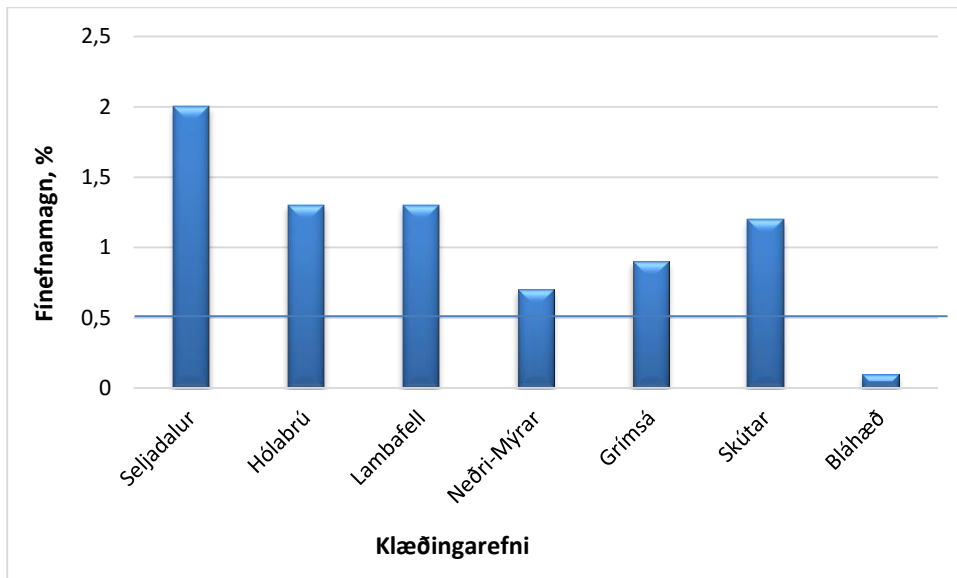
Hluti rannsóknarverkefnis 2014

Hluti rannsóknarverkefnis 2015

Niðurstöður fengnar úr rannsóknakerfi

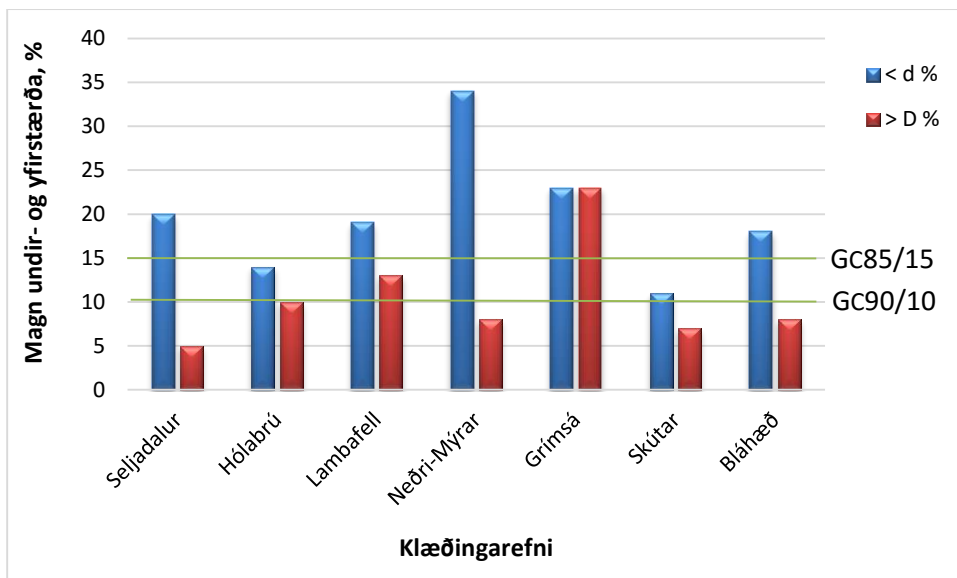
Í töflunni eru enn birtar nokkrar niðurstöður sem fengnar eru úr rannsóknakerfi Vegagerðarinnar, aðallega berggreiningar og viðloðunarpróf, auk frostþolsprófs á Seljadalsefni. Um er að ræða nýlegar prófanir í rannsóknakerfinu sem reiknað er með að endurspegli eiginleika þess efnis sem safnað var í kerin. Það skal tekið fram að sýnin sem tekin voru í steinefnabankann á undanförunum árum eru e.t.v. ekki marktæk fyrir það efni sem framleitt er í námunum nú. Framleiðendur klæðingarefna hafa í flestum tilfellum bætt sín framleiðsluferli, meðal annars til að losna við fínefni úr klæðingarefnum, svo og til að minnka magn undir- og yfirstærða að kröfu Vegagerðarinnar.

Þær niðurstöður prófana sem birtar eru í töflu 1 benda til þess að sýnin sem tekin voru á sínum tíma standast ekki ítrustu kröfur til klæðingarefna, eins og fjallað verður lítillega um hér á eftir. Mynd 1 sýnir magn fínefna sem smjúga 0,063 mm sigti í klæðingarefnum steinefnabankans. Til viðmiðunar er sett inn blá lína sem markar þá kröfu sem sett hefur verið fram í kafla 6 í Efnisgæðariti Vegagerðarinnar (Leiðbeiningar um efnisrannsóknir og efniskröfur 2016), að fínefni í flokkuðu klæðingarefni skuli ekki vera meira en 0,5 % undir 0,063 mm. Samkvæmt þessum ákvæðum stenst einungis Bláhæðarefnið kröfuna um fínefnamagn, Neðri-Mýrar og Grímsá eru undir 1 % fínefni, en önnur efni eru með meira magn, sjá mynd 1.



Mynd 1 Magn fínefna sem smjúga 0,063 mm sigti í klæðingarefnum steinefnabankans

Mynd 2 sýnir magn undir- og yfirstærða í klæðingarefnum steinefnabankans.



Mynd 2 Magn undir- og yfirstærða í klæðingarefnum steinefnabankans

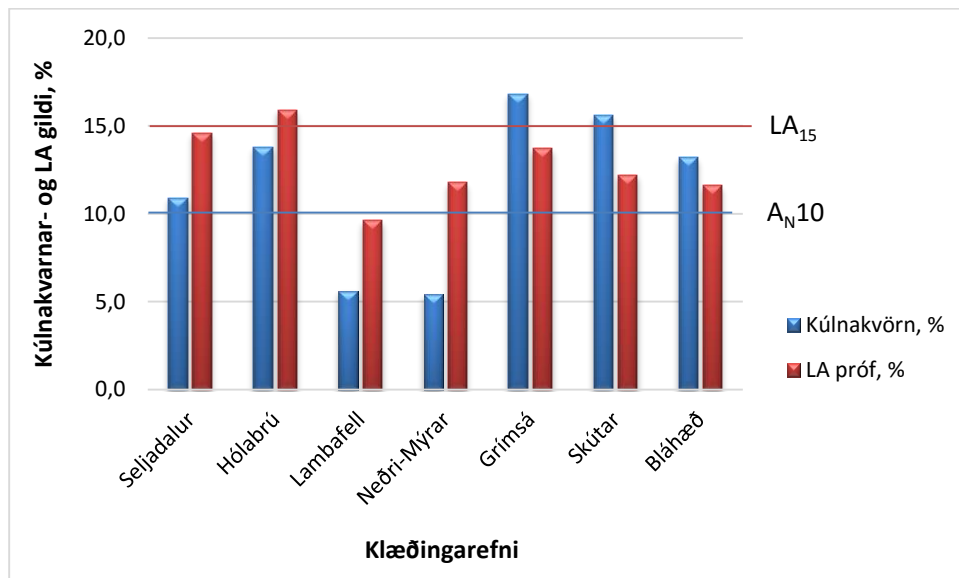
Í kafla 6 í efnisgæðariti Vegagerðarinnar (Leiðbeiningar um efnisrannsóknir og efniskröfur 2016) er mælt með að velja flokk $G_{c90/10}$ eða $G_{c90/15}$ fyrir flokkað klæðingarefni. Eins og sjá má á mynd 2, stenst ekkert efni kröfuflokkinn $G_{c90/10}$ (≥ 90 % efnis undir efri flokkunarstærð, D, og ≤ 10 % efnis undir neðri flokkunarstærð, d). Steinefni frá Hólabrú og Skútum eru einu efnin sem standast rýmri kröfuflokkinn samkvæmt Efnisgæðaritinu, sem sagt $G_{c90/15}$, en önnur steinefni falla utan þessara marka, sérstaklega hvað varðar undirstærðirnar (bláar súlur).

Það skal áréttað að með tilkomu tilraunalagna með bikþeytuklæðingar voru settar fram stífar kröfur um magn fínefna og undir- og yfirstærða og því fylgt mun betur eftir en áður var. Meðal

annars hafa flestir framleiðendur steinefna í bikþeytuklæðingar komið sér upp aðstöðu til að þvo fínefni út úr framleiðslunni.

Berggreining er viðunandi í öllum steinefnasýnunum nema Grímsá, þar sem þriðja flokks efni er metið 22 %, en ítrasta krafa um magn 3. flokks efnis í Efnisgæraritinu fyrir klæðingarefni er 5 % þar sem umferð er > 2000 ÁDU. Öll sýnin standast ítrustu kröfur um kornalögun samkvæmt Efnisgæðaritinu, eða < 15 %, þótt efnið frá Bláhæð og Grímsá sé nálægt mörkunum.

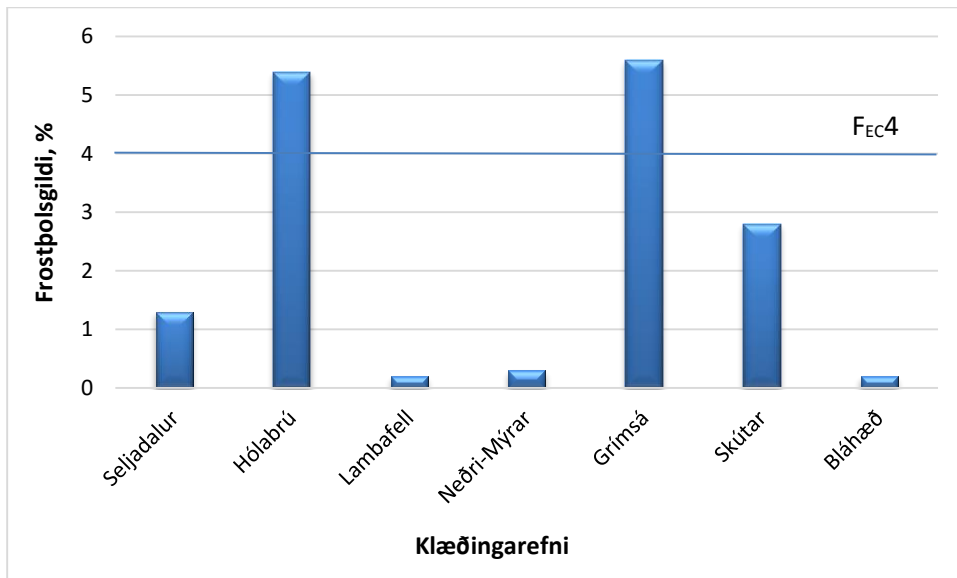
Mynd 3 sýnir niðurstöður prófana með kúlnakvörn (slitþol) og LA prófi (styrkur). Á myndina eru dregnar línur sem sýna ítrustu kröfur til hvors eiginleika fyrir sig fyrir klæðingarefni, þar sem umferð er > 2000 ÁDU.



Mynd 3 Niðurstöður prófana með kúlnakvörn (slitþol) og LA prófi (styrkur)

Eins og sést á myndinni eru öll kvarnargildin, nema steinefni frá Lambafelli og Neðri-Mýrum yfir A_{N10} mörkunum, en Seljadalsefnið er þó nærri þeim mörkum. Lakast er efnið frá Grímsá, þar næst Skútum og svo Hólabrú. Styrkur steinefnanna, mældur með LA prófi, er hins vegar undir LA_{15} mörkunum í öllum tilfellum nema Hólabrú, sem er tæpu prósentustigi yfir mörkunum. Að öðru leyti er lítill munur á mældum gildum sem liggja á milli 10 og 15 % niðurbrot úr prófinu.

Mynd 4 sýnir niðurstöður prófana með frostþolsprófi. Á myndina er dregin lína sem sýnir ítrustu kröfur til frostþolsgildis fyrir klæðingarefni, F_{EC4} , þar sem umferð er > 2000 ÁDU.



Mynd 4 Niðurstöður prófana með frostþolsprófi á klæðingarefnunum

Myndin sýnir að tvö steinefni standast ekki ítrustu kröfur úr frostþolsprófi, þ.e.a.s. Hólabrú og Grímsá. Það ætti ekki að koma á óvart að Grímsá skuli ekki standast þessar kröfur, enda með 22 % í þriðja flokki berggreiningar. Hólabrú er hins vegar með einungis 4 % í þriðja flokki og því hefði mátt gera ráð fyrir að frostþol væri í lagi. Reyndar er það svo samkvæmt mynd 63-2 í Efnisgæðaritinu að ekki þarf að gera frostþolspróf (og reyndar ekki heldur LA próf) ef berggreining er innan marka fyrir viðkomandi umferðarflokk. Í tilfalli Hólabrúar er magn 3. flokks efnis innan ítrustu marka fyrir umferð > 2000 ÁDU (< 5 % í 3. flokki) og því hefði strangt til tekið ekki þurft að gera frostþolspróf. Þó má halda því til haga að bæði efnið frá Hólabrú og Grímsá standast næst ströngustu kröfu um frostþol sem er F_{EC8} og eru reyndar nær 4 % en 8 % niðurbroti ef út í það er farið.

Viðloðun sýnanna af klæðingarefni sem eru í steinefnabankanum stenst ítrustu kröfu í öllum tilfellum, sem sagt þakning ≥ 99 %, nema efnið frá Grímsá sem er með 75 % þakningu eftir hrærslupróf. Að því leytinu til má segja að efnið frá Grímsá falli algjörlega sem klæðingarefni þar sem viðloðun er langt frá því að vera fullnægjandi. Því skal haldið til haga að það var meðvituð ákvörðun að fá sýni af þessu efni inn í steinefnabankann sem slakt efni til að hafa ákveðna breidd í niðurstöðum prófana.

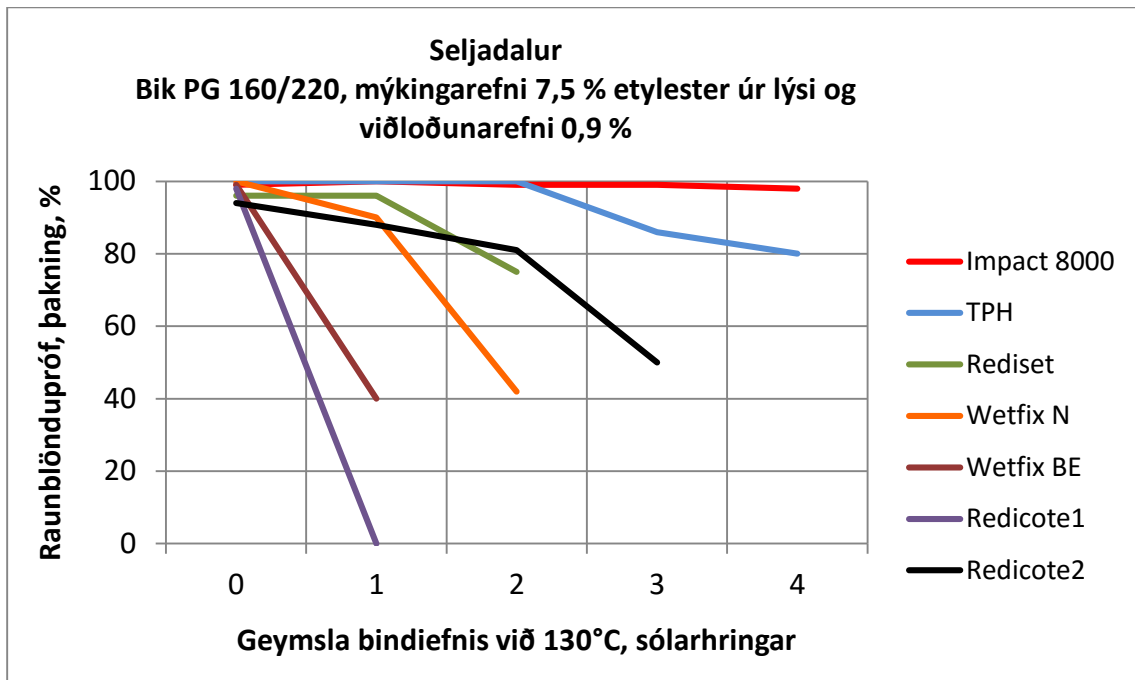
3 VIRKNI VIÐLOÐUNAREFNA MEÐ TÍMA - SAMANBURÐUR

Eins og fjallað hefur verið um í áfangaskýrslum 2, 3 og 4 hefur talsvert verið prófað með raunblönduprófunum hversu vel eða illa hin mismunandi viðloðunarefni sem notuð hafa verið hérlandis hafa enst við geymslu við háan hita. Í öðrum áfanga voru prófuð þrenns konar steinefni (Seljadalur, Hólabrú og Birgisdalsá), með PG 180/220 biki og 7,5 % etylester úr lýsi og oftast með viðloðunarefninu Wetfix N. Í þeim áfanga var einnig prófað að geyma bindiefnisblönduna við mishátt hitastig, allt upp í 150°C. Í ljós kom að þakning féll hratt með geymslu við hátt hitastig og einnig entist virknin lengur ef viðloðun var á annað borð góð. Í þriðja áfanga var haldið áfram sambærilegum prófunum, en að þessu sinni með þrenns konar viðloðunarefnum (WetfixN, TPH og Impact 8000) og við 130°C geymsluhitasig. Í ljós kom að Impact 8000 kom best út af öllum viðloðunarefnum sem prófuð höfðu verið.

Í 4. áfanga kom upp áhugi á að prófa virkni fleiri gerða viðloðunarefna með tíma. Próf á Impact 8000, TPH og Wetfix N voru endurtekin og auk þess prófuð viðloðunarefnin Rediset, Redicote og Wetfix BE, öll frá Akzo Nobel, öll með steinefni úr Seljadalsnámu.

Viðloðun var prófuð með raunblönduprófi eftir allt að fjögurra daga geymslu við 130°C, en prófum hætt á viðkomandi viðloðunarefni þegar viðloðun væri komin undir 80 % þakningu. Í ljós kom að virkni viðloðunarefna með tíma var afar mismunandi, byggt á niðurstöðum raunblönduprófa. Það viðloðunarefni sem verst kom út hafði misst alla virkni við prófun eftir einn sólarhring, en það sem kom best út hélt nánast fullri virkni allt fram á fjórða sólarhring, en þá var prófunum hætt. Önnur viðloðunarefni voru þar á milli.

Í þessum áfanga var einu viðloðunarefni bætt við, ný gerð af Redicote, til að fylla inn í myndina og vegna þess að umboðsaðili taldi að það gæti hentað betur en mörg önnur viðloðunarefni sem prófuð höfðu verið með tilliti til virkni með tíma. Á mynd 5 hefur nýja viðloðunarefninu verið bætt við á mynd sem lá fyrir eftir fyrri áfanga og er merkt Redicote 2.



Mynd 5 Niðurstöður um virkni viðloðunarefna með tíma, mælt með raunblönduprófi

Eins og myndin sýnir kom í ljós að Redicote 2 kom mun betur út en t.d. Redicote 1 og á svipuðu róli varðandi virkni með tíma og Rediset. TPH viðloðunarefni og Impact 8000 skera sig þó úr hópnum varðandi virkni með geymslutíma. Ekki verður fjallað nánar um þessar niðurstöður hér, enda var umfjöllun um niðurstöðurnar í heild sinni birt í áfangaskýrslu 4.

4 SAMANBURÐUR Á MÆLINGUM Á KORNADREIFINGU

4.1 Fyrri rannsóknir

Í þriðja áfanga þessa verkefnis voru útbúin 10 hlutasýni af tveimur burðarlagsefnum og þeim dreift á fimm aðila (tvö sýni á hvern) til kornagreiningar. Helstu niðurstöður þess samanburðar eru birtar í töflum og myndum í áfangaskýrslu 3, en eru í stuttu máli eftirfarandi:

- Svo virðist að munur sem kemur fram á hlutasýnum innan rannsóknastofa endurspegli að mestum hluta raunverulegan mun á efnum eftir skiptingu (splittun). Sá munur var yfirleitt ekki mikill.
- Talsverður munur getur verið á kornakúrfum hjá mismunandi prófunarstofum, mun meiri en munur á hlutasýnum sömu prófunarstofu. Þessi niðurstaða leiðir af sér að munur á sigtum og/eða aðferðum við sigtun er raunverulegur milli rannsóknastofa
- Annað burðarlagsefnið í rannsókn 3. áfanga var innan markalína hjá verktakanum sem framleiddi það, en utan markalína að hluta hjá flestum prófunarstofunum.
- Hitt burðarlagsefnið var utan markalína í öllum tilfellum, en munur milli prófunarstofa var ekki eins mikill í því tilfalli.
- Full ástæða væri til að fara nánar út í rannsóknir og kannanir á því hvort mismunandi prófunarstofur og verktakar fari eftir Evrópustöðlum og ISO stöðlum um sigtanir og kvarðanir á sigtum. Til greina kemur að tækjabúnaður, sem sagt sigti og hristarar, sé í misgóðu ástandi milli prófunarstofa og verktaka, en einnig kemur til greina að verklag við framkvæmd kornagreiningar sé mismunandi (t.d. hversu lengi sýni er í hristara). Æskilegt væri að gera frekari úttektir á þessum þáttum hjá prófunarstofum og verktökum.

4.2 Almenn

Í framhaldi af þeim niðurstöðum sem fengust í 3. áfanga þessa verkefnis var ákveðið að gera sambærilega könnun á klæðingarefnum. Ástæða þess var ekki síst vegna áherslu hjá Vegagerðinni á að flokkuð klæðingarefni standist kröfur um fínefni og undir- og yfirstærðir. Ákveðið var að bera saman kornakúrfur á 8/11 og 11/16 mm sýna af klæðingarefnum sem unnin höfðu verið í fjórum námum af fjórum verktökum. Leitað var til fjögurra prófunarstofa um að sigta tvö hlutasýni af hverju sýni fyrir sig, auk framleiðandans sem í hlut átti hverju sinni. Prófunarstofurnar sem um ræðir eru hjá Vegagerðinni (Veg), Eflu, NMÍ og Mannviti (Mann) og steinefni og framleiðendur þeirra eru Ísakot (Fossvélar), Neðri-Mýrar (Króksverk), Lambafell (Björgun) og Skútar (Skútaberg).

Sótt voru nægilega stór sýni í námurnar meðan á framleiðslu stóð og þau send til Vegagerðarinnar í Reykjavík. Þar var sýnunum skipt niður í 10 hlutasýni í 20 l plastfötur og tvö hlutasýni send á prófunarstofur og viðkomandi framleiðanda.

Að lokinni skiptingu var fötunum „ruglað“ og miðar sem fóru í fötur auk þess stokkaðir eins og spil og settir óséðir, einn í hverja fötu. Þannig var reynt að minnka líkur á kerfisbundinni skekkju, þótt hlutasýnin geti ekki öll verið nákvæmlega eins.

Það skal tekið fram að framleiðsla í Ísakotsnámu var rétt að hefjast þegar sýni var tekið og ekki búið að stilla framleiðsluna af. Því eru niðurstöðurnar í því tilviki ekki marktækar fyrir framleiðsluna, þótt samanburðurinn milli prófunarstofa sé fyllilega marktækur.

Hér á eftir eru birtar niðurstöður þessara samanburðarprófana fyrir hvert efni fyrir sig og loks tafla sem raðar niðurstöðum prófunarstofa og verktaka í heild. Bent skal á að inn á súlurit um yfir- og undirstærðir og fínefnamagn hafa verið settar inn línur sem marka kröfurnar G_c90/15 og 0,5 % fínefnamagn.

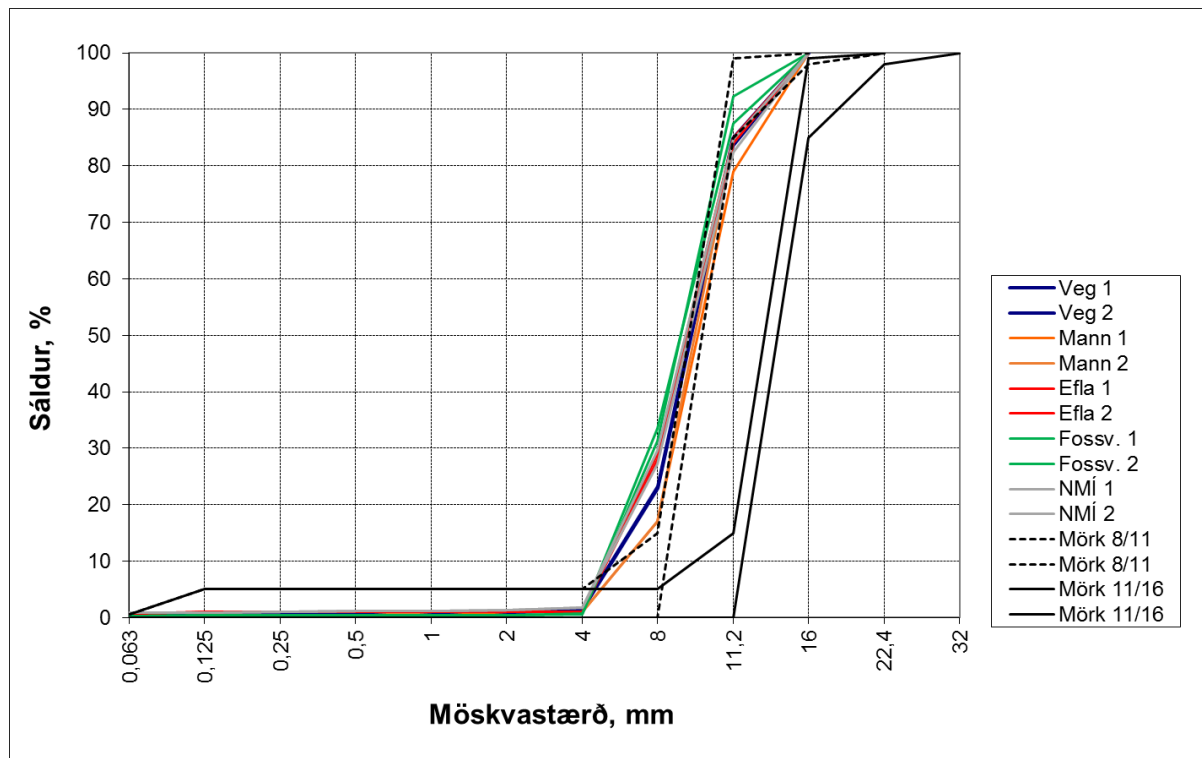
4.3 Ísakot

Tafla 2 sýnir niðurstöður mælinga á kornadreifingu sýna af flokkaðri klæðingu úr Ísakotsnámu. Gildin í töflunni er hluti efnis (%) sem smýgur viðkomandi sigti.

Tafla 2 Niðurstöður mælinga á kornadreifingu sýna af flokkaðri klæðingu úr Ísakotsnámu

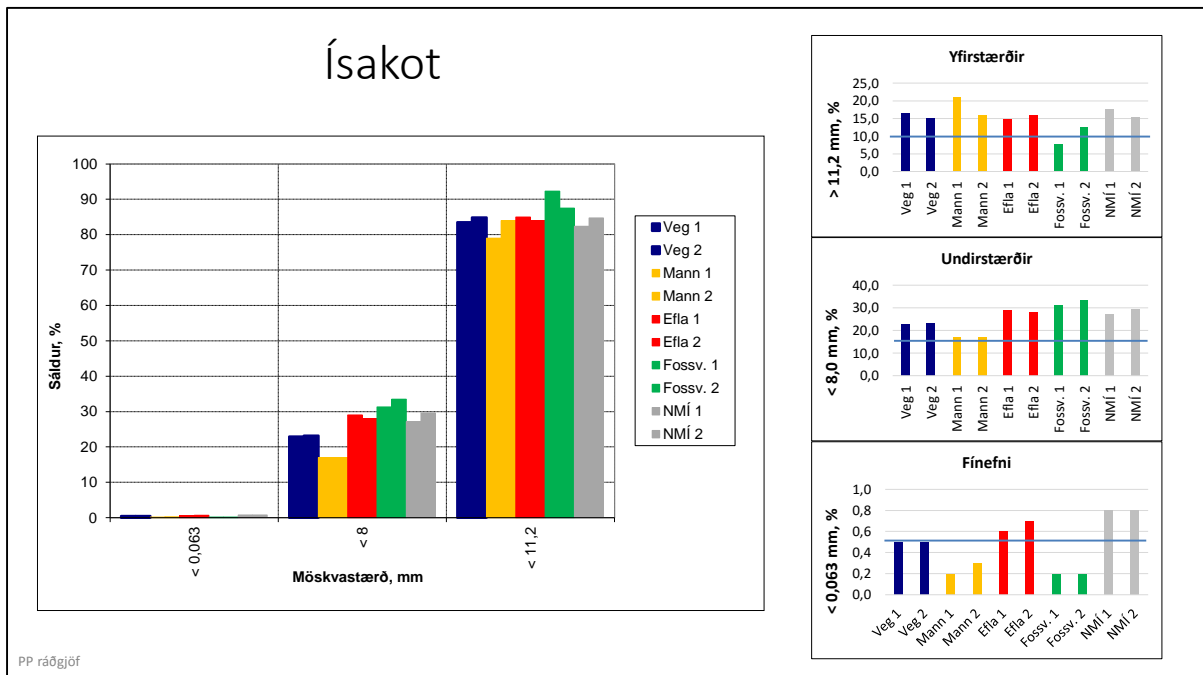
Sigti, mm	Veg. 1	Veg. 2	Mann. 1	Mann. 2	Efla 1	Efla 2	Fossv. 1	Fossv. 2	NMÍ 1	NMÍ 2
0,063	0,5	0,5	0,2	0,3	0,6	0,7	0,2	0,2	0,8	0,8
0,125	0,7	0,6	0,3	0,3	1,0	1,0	0,4	0,4	0,9	0,9
0,25	0,7	0,7	0,3	0,3	1,0	1,0	0,4	0,4	1,0	1,0
0,5	0,8	0,8	0,3	0,3	1,0	1,0	0,4	0,4	1,1	1,1
1	0,9	0,9	0,3	1,0	1,0	1,0	0,4	0,4	1,2	1,2
2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,4	0,4	1,3	1,3
4	1,3	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,7	1,7	1,7
8	22,9	23,2	17,0	17,0	29,0	28,0	31,3	33,5	27,2	29,6
11,2	83,5	84,9	79,0	84,0	85,0	84,0	92,3	87,5	82,4	84,7
16	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Mynd 6 sýnir samanburð allra mældra gilda fyrir steinefni úr Ísakotsnámu.



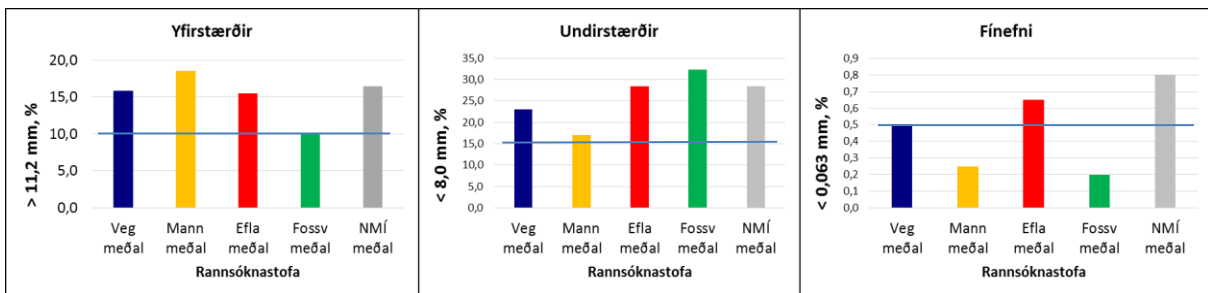
Mynd 6 Samanburður allra mældra gilda fyrir steinefni úr Ísakotsnámu

Mynd 7 sýnir magn fínefna og undir- og yfirstærða í Ísakotsefninu



Mynd 7 Magn fínefna og undir- og yfirstærða í Ísakotsefninu

Mynd 8 sýnir meðalgildi tveggja hlutasýna af yfirstærðum, undirstærðum og fínefni. Athugið að kvarðarnir eru mismunandi á súluritunum.



Mynd 8 Meðalgildi tveggja hlutasýna af yfir- og undirstærðum og fínefni Ísakotsefnis

Eins og myndirnar hér að ofan sýna er Mannvit með mest í yfirstærðum, minnst í undirstærðum og lítið fínefni miðað við aðrar prófunarstofur. Þetta gæti orsakast af of stuttum tíma í hristara, eða að hristari sé ekki mjög ágengur. Verktakinn er hins vegar með minnst í yfirstærðum, mest af undirstærðum, en mjög lítið fínefni. Hugsanlega er 0,063 mm sigtið illa hreinsað, en það getur valdið því að það stíflist. NMÍ mælir mest fínefni, eða 0,8 %. Yfirstærðir mælast að meðaltali frá 10 % upp í 18 %, undirstærðir frá 16 % upp í 32 % og fínefni frá 0,2 % hjá verktaka og upp í 0,8 % hjá NMÍ og önnur gildi eru þar á milli.

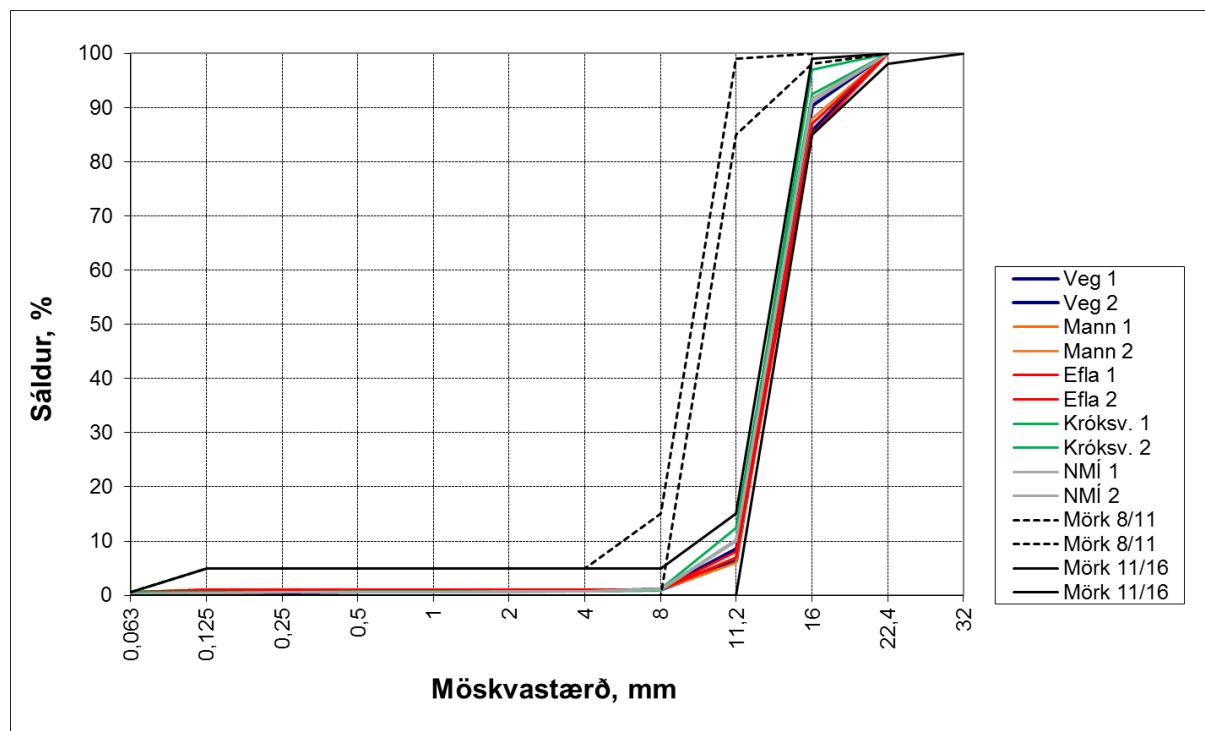
4.4 Neðri-Mýrar

Tafla 3 sýnir niðurstöður mælinga á kornadreifingu sýna af flokkaðri klæðingu úr Neðri-Mýrum. Gildin í töflunni er hluti efnis (%) sem smýgur viðkomandi sigti.

Tafla 3 Niðurstöður mælinga á kornadreifingu sýna af flokkaðri klæðingu úr Neðri-Mýrum

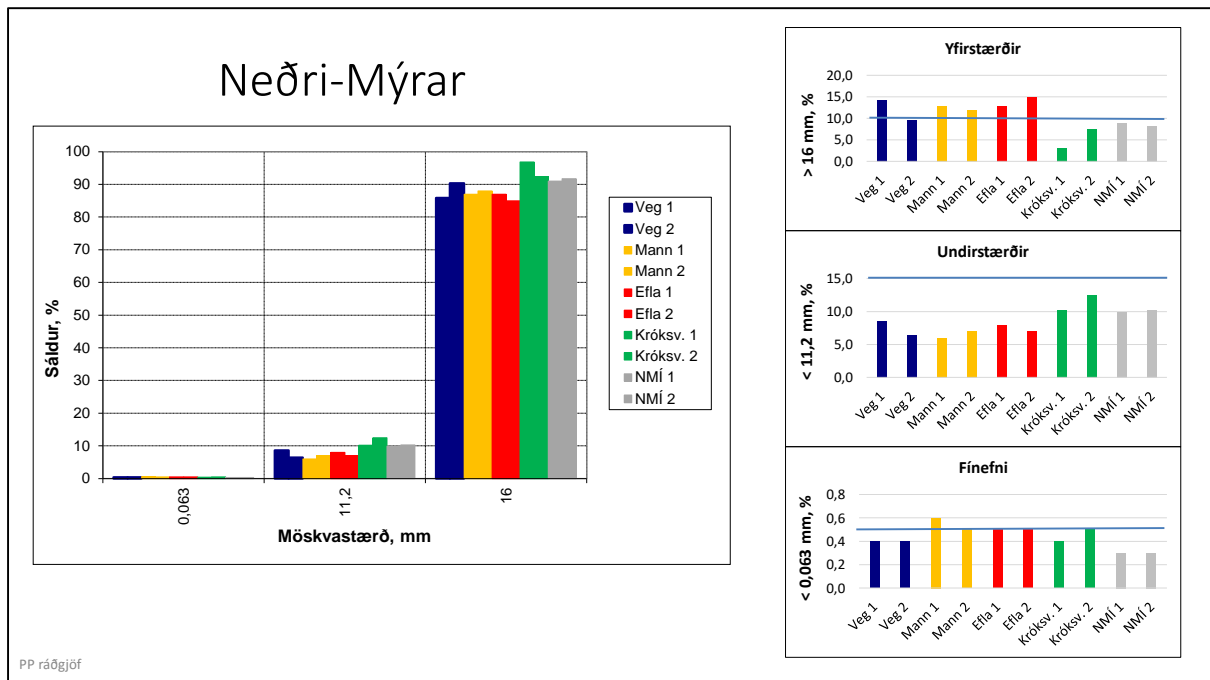
Sigti, mm	Veg. 1	Veg. 2	Mann. 1	Mann. 2	Efla 1	Efla 2	Króksv. 1	Króksv. 2	NMÍ 1	NMÍ 2
0,063	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,3	0,3
0,125	0,5	0,5	0,7	0,6	1,0	1,0	0,5	0,6	0,4	0,4
0,25	0,5	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	0,5	0,5
0,5	0,6	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,7	0,6	0,6
1	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,7	0,6	0,6
2	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,8	0,6	0,7
4	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,8	0,7	0,8
8	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,2	1,0	1,2
11,2	8,6	6,4	6,0	7,0	8,0	7,0	10,2	12,5	9,9	10,3
16	85,8	90,3	87,0	88,0	87,0	85,0	96,9	92,4	91,0	91,7
22,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Mynd 9 sýnir samanburð allra mældra gilda fyrir steinefni úr Neðri Mýrum.



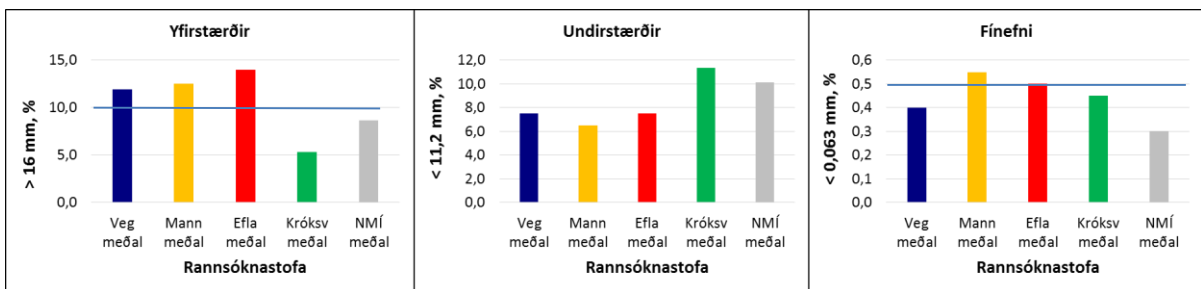
Mynd 9 Samanburður allra mældra gilda fyrir steinefni úr Neðri-Mýrum

Mynd 10 sýnir magn fínefna og undir- og yfirstærða í Neðri-Mýrum



Mynd 10 Magn fínafna og undir- og yfirstærða í Neðri-Mýrum

Mynd 11 sýnir meðalgildi tveggja hlutasýna af yfirstærðum, undirstærðum og fínafni. Athugið að kvarðarnir eru mismunandi á súluritunum.



Mynd 11 Meðalgildi tveggja hlutasýna af yfir- og undirstærðum og fínafni Neðri-Mýra

Eins og myndirnar hér að ofan sýna mælast yfirstærðir frá um 5 % upp í 14 % og er verktakinn með minnst af yfirstærðum og Efla mest. Verktakinn er hins vegar með mest af undirstærðum, eða ríflega 11 %. NMÍ mælir minnst af fínafnum í þessari námu eða 0,3 %, en mældi mest allra af fínafni í Ísakotsnámu (0,8 %). Segja má að dreifing í mældum gildum milli prófunarstofa sé almennt tiltölulega lítil í þessari námu og jafnframt að gildin falla að mestu innan marka til klæðingarefnis. Þó er undantekningin sú að Mannvit mælir mest fínafni, eða 0,55 % sem er rétt ofan marka (annað sýnið mældist 0,5 % og hitt 0,6 %).

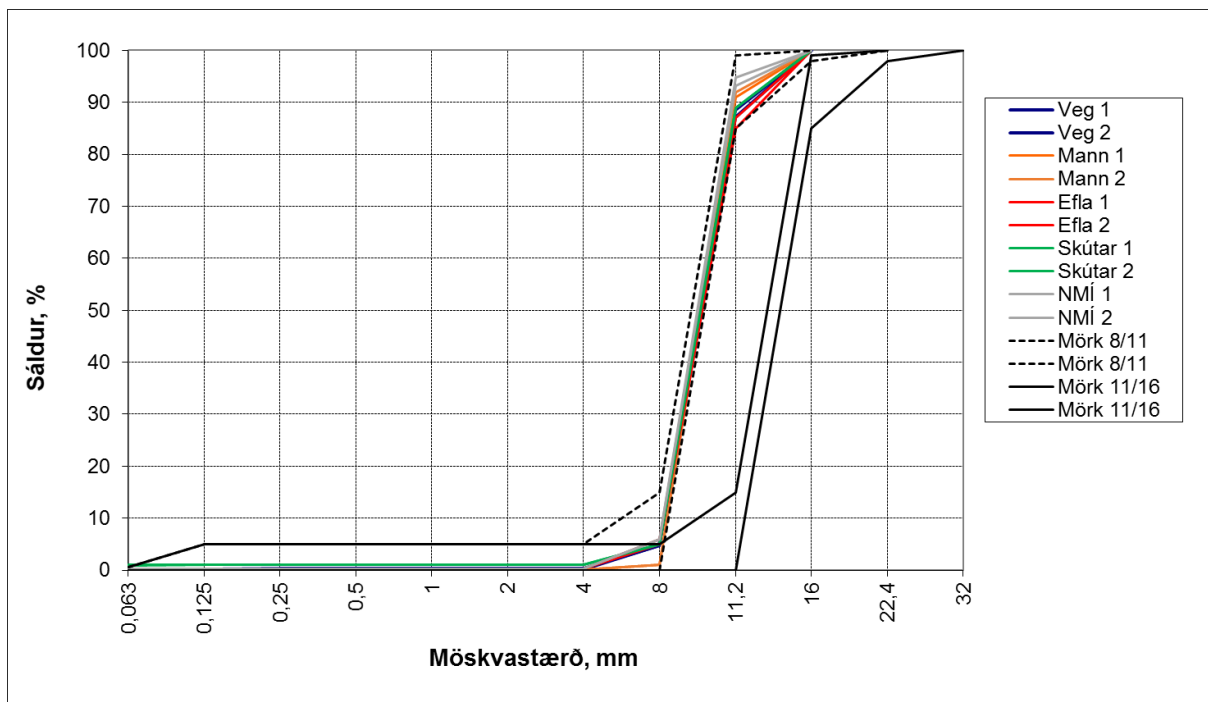
4.5 Skútar

Tafla 4 sýnir niðurstöður mælinga á kornadreifingu sýna af flokkaðri klæðingu úr Skútum. Gildin í töflunni er hluti efnis (%) sem smýgur viðkomandi sigti.

Tafla 4 Niðurstöður mælinga á kornadreifingu sýna af flokkaðri klæðingu úr Skútum

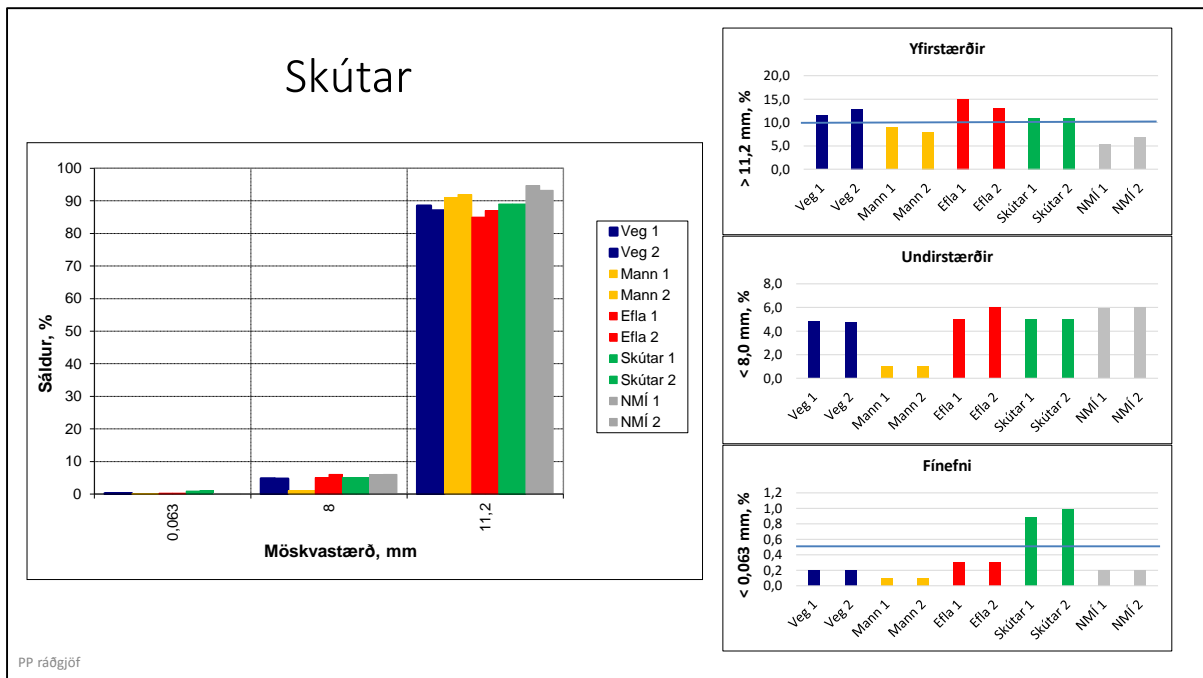
Sigti, mm	Veg. 1	Veg. 2	Mann. 1	Mann. 2	Efla 1	Efla 2	Skútar 1	Skútar 2	NMÍ 1	NMÍ 2
0,063	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	0,9	1,0	0,2	0,2
0,125	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	1,0	1,0	0,2	0,3
0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	1,0	1,0	0,3	0,3
0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	1,0	1,0	0,3	0,3
1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	1,0	1,0	0,3	0,3
2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	1,0	1,0	0,3	0,3
4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	1,0	1,0	0,3	0,3
8	4,8	4,7	1,0	1,0	5,0	6,0	5,0	5,0	5,9	6,0
11,2	88,5	87,1	91,0	92,0	85,0	87,0	89,0	89,0	94,7	93,2
16	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Mynd 12 sýnir samanburð allra mældra gilda fyrir steinefni úr Skútum



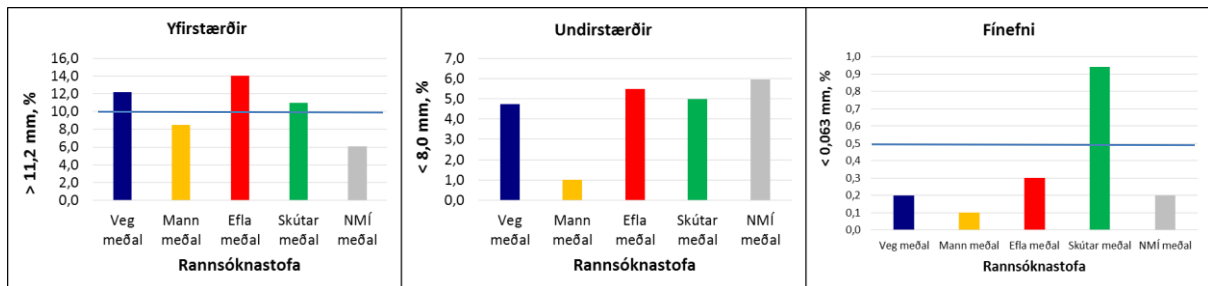
Mynd 12 Samanburður allra mældra gilda fyrir steinefni úr Skútum

Mynd 13 sýnir magn fínefna og undir- og yfirstærða í Skútaefninu.



Mynd 13 Magn fínefna og undir- og yfirstærða í Skútaefni

Mynd 14 sýnir meðalgildi tveggja hlutasýna af yfirstærðum, undirstærðum og fínefni. Athugið að kvarðarnir eru mismunandi á súluritunum.



Mynd 14 Meðalgildi tveggja hlutasýna af yfir- og undirstærðum og fínefni úr Skútanámu

Almennt má segja að lítið sé um undir- og yfirstærðir hjá öllum prófunarstofunum. Þó má benda á nokkur atriði sem eru athyglisverð. NMÍ mælir minnst af yfirstærðum, eða 6 % og mest af undirstærðum, einnig 6 %. Mannvit er með svipað hlutfall yfirstærða, ívið meira eða 8 %. Undirstærðir eru hins vegar einungis 1 % í mælingum Mannvits og er það umtalsvert lægra hlutfall undirstærða en hjá öllum öðrum. Fínefnahluti Mannvits er sá lægsti, en þó ekki áberandi lægri en allir hinir, nema verktakinn sem mælir mun meira fínefni en allir aðrir, eða tæpt 1 %. Líklegt verður að teljast að 0,063 mm sigtið hafi verið gallað hjá verktakanum.

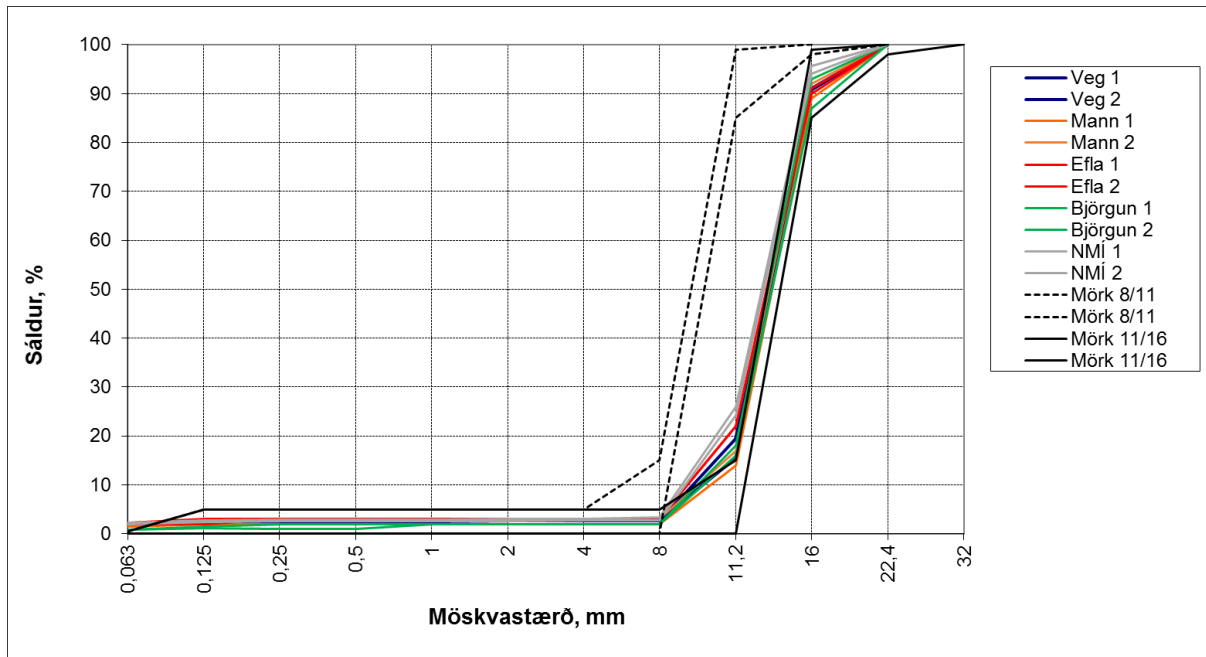
4.6 Lambafell

Tafla 5 sýnir niðurstöður mælinga á kornadreifingu sýna af flokkaðri klæðingu úr Lambafelli. Gildin í töflunni er hluti efnis (%) sem smýgur viðkomandi sigti.

Tafla 5 Niðurstöður mælinga á kornadreifingu sýna af flokkaðri klæðingu úr Lambafelli

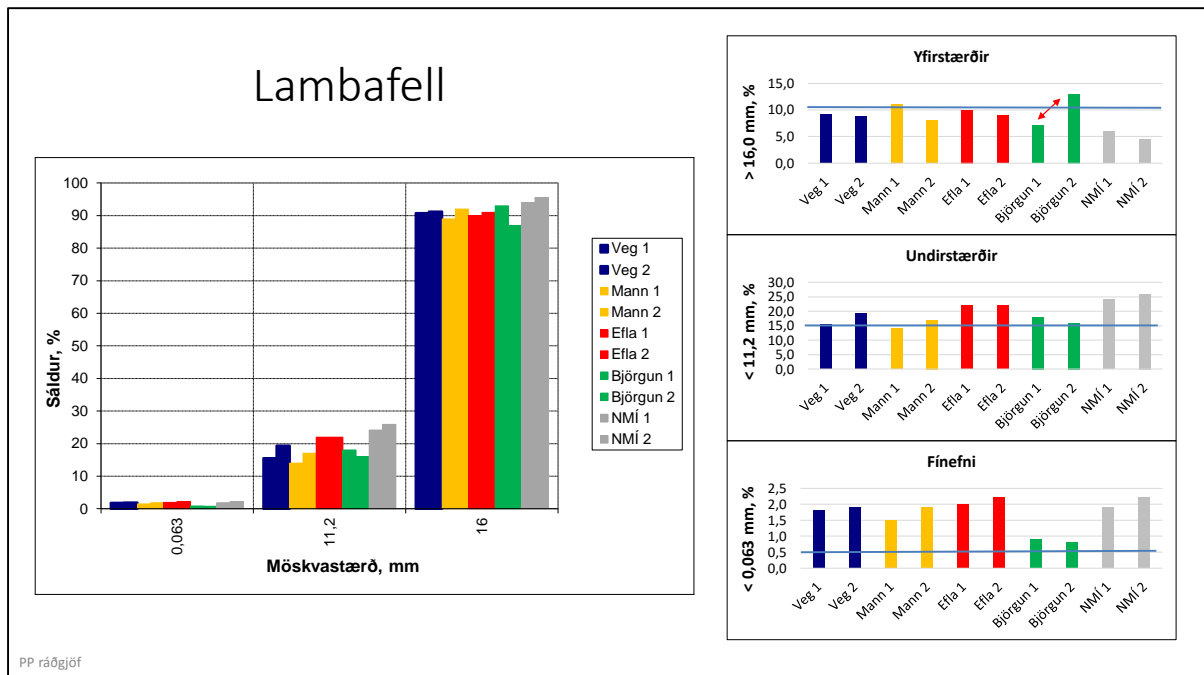
Sigti, mm	Veg. 1	Veg. 2	Mann. 1	Mann. 2	Efla 1	Efla 2	Björgun 1	Björgun 2	NMÍ 1	NMÍ 2
0,063	1,8	1,9	1,5	1,9	2,0	2,2	0,9	0,8	1,9	2,2
0,125	2,3	2,3	1,9	2,4	2,0	3,0	1,5	1,2	2,4	2,7
0,25	2,5	2,4	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0	1,0	2,5	2,9
0,5	2,5	2,5	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0	1,0	2,6	2,9
1	2,6	2,5	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,6	2,9
2	2,6	2,6	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,6	3,0
4	2,7	2,6	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,7	3,0
8	2,8	2,7	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,8	3,3
11,2	15,5	19,4	14,0	17,0	22,0	22,0	18,0	16,0	24,2	25,9
16	90,8	91,2	89,0	92,0	90,0	91,0	93,0	87,0	94,0	95,6
22,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Mynd 15 sýnir samanburð allra mældra gilda fyrir steinefni úr Lambafelli



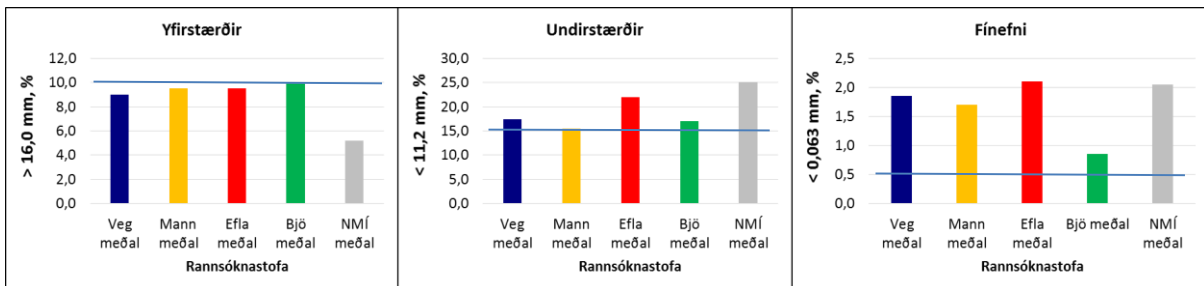
Mynd 15 Samanburður allra mældra gilda fyrir steinefni úr Lambafelli

Mynd 16 sýnir magn fínafna og undir- og yfirstærða í Lambafellsefninu.



Mynd 16 Magn fínefna og undir- og yfirstærða í Lambafellsefninu

Mynd 17 sýnir meðalgildi tveggja hlutasýna af yfirstærðum, undirstærðum og fínefni. Athugið að kvarðarnir eru mismunandi á súluritunum.



Mynd 17 Meðalgildi tveggja hlutasýna af yfirstærðum, undirstærðum og fínefni

Sjá má að yfirstærðir eru milli 9 og 10 % í öllum tilfellum nema í mælingu NMÍ þar sem hlutinn er um 5 %. Enn virðist NMÍ mæla þannig að meira fari í gegn um viðkomandi flokkunarsigti sem eru til skoðunar. Það á líka við um undirstærðirnar, en fínefnamælingar eru svipaðar hjá öllum, í kring um 2 %, nema hjá verktakanum sem er vel undir 1 %. Enn virðist viðkomandi verktaki, öfugt við NMÍ, fá einna minnst efni í gegn um sigtin sín, hugsanlega vegna of stutts tíma í hristara eða þá að hristari virkar ekki nógu vel. Einnig má benda á nokkuð mikinn mun á yfirstærðum á hlutasýnunum tveimur hjá verktaka, en annað sýnið mælist með 7 % yfir en hitt með 13 % yfir. Þetta er langmesti munur á yfirstærðum hlutasýna sem mælist hefur.

4.7 Samantekt

Almennt má segja að NMÍ mæli frekar lítið af yfirstærðum miðað við aðrar stofur, en mikið af undirstærðum og mikið af fínefni í sumum tilfellum, en öðrum ekki. Efla mælir oftast nokkuð mikið í yfirstærðum, en líka í undirstærðum og fínefnum, þó með undantekningum. Mannvit er með áberandi lítið í undirstærðum í öllum tilfellum og auk þess frekar lítil fínefni nema í einu tilfelli þar sem fínefnamagn mælist reyndar lágt hjá öllum stofum. Verktakar eru misjafnir og í einhverjum tilfellum væri ekki úr vegi að skoða bæði sigti og sigtiaðferðir þeirra. Mynd 18 sýnir hvernig prófunarstofur og verktakar raðast upp varðandi mælt magn yfirstærða, undirstærða og fínefna.

		Yfirstærðir, %				Undirstærðir, %				Fínefni, %					
		Ísakot	Neðri-Mýrar	Skútar	Lambafell	Ísakot	Neðri-Mýrar	Skútar	Lambafell	Ísakot	Neðri-Mýrar	Skútar	Lambafell		
Mest ↑ ↓ Minnst	Mannvit	Efla	Efla	Verktaki	Verktaki	Verktaki	NMÍ	NMÍ	NMÍ	Mannvit	Verktaki*	Efla		Mest ↑ ↓ Minnst	
	Vegagerðin	Mannvit	Vegagerðin	Efla	Efla	NMÍ	Efla	Efla	Efla	Efla	Efla	NMÍ			
	NMÍ	Vegagerðin	Verktaki	Mannvit	NMÍ	Efla	Verktaki	Verktaki	Vegagerðin	Verktaki	Vegagerðin	Vegagerðin			
	Efla	NMÍ	Mannvit	Vegagerðin	Vegagerðin	Vegagerðin	Vegagerðin	Vegagerðin	Mannvit	Vegagerðin	NMÍ	Mannvit			
	Verktaki	Verktaki	NMÍ	NMÍ*	Mannvit	Mannvit	Mannvit*	Mannvit	Verktaki	NMÍ	Mannvit	Verktaki**			
		*Langminnst				*Langminnst				* Langmest **Langminnst					

Mynd 18 Yfirstærðir, undirstærðir og fínefni hjá prófunarstofum og verktökum raðað upp

Eins og lesa má út úr þessum samanburðarprófunum munar oft miklu á mældri kornadreifingu milli einstakra prófanastofa og verktaka. Þessi munur veldur því í mörgum tilfellum að einn aðili er innan marka, en annar utan þeirra, sem er afar óheppilegt. Með öðrum orðum má segja að samanburður á mælingum á kornadreifingu burðarlagsefna og klæðingarefna hafi leitt í ljós að aðgerða er þörf í þeirri viðleitni að minnka muninn milli prófanarstofa og verktaka. Í næsta áfanga verður meðal annars lögð áhersla á að taka út tæki og verklag við mælingu á kornadreifingu og minnka þannig muninn milli aðila.

HEIMILDIR OG ÍTAREFNI

Efnisrannsóknir og efniskröfur. Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. Kafli 6: Slitlag. – Vegagerðin, janúar 2016.

Efnisrannsóknir og efniskröfur. Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. Viðauki 4: Gerðarprófanir, framleiðslueftirlit og frávikskröfur. – Vegagerðin, janúar 2016.

Efnisrannsóknir og efniskröfur. Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. Viðauki 1 – Lýsing á prófunaraðferðum. Vegagerðin, janúar 2016.

Pétur Pétursson 2012: Klæðingar, rannsóknir og þróun á prófunaraðferðum – áfangaskýrsla 1. Vegagerðin 2012.

Pétur Pétursson 2013: Klæðingar, rannsóknir og þróun á prófunaraðferðum – áfangaskýrsla 2. Vegagerðin 2013.

Pétur Pétursson 2014: Klæðingar, rannsóknir og þróun á prófunaraðferðum – áfangaskýrsla 3. Vegagerðin 2014.

Pétur Pétursson 2015: Klæðingar, rannsóknir og þróun á prófunaraðferðum – stöðuskýrsla 4. Vegagerðin 2015.