



Nýsköpunarmiðstöð
Íslands

Verknr: 8GV07156

Auðhreinsanleg yfirborð vegmerkinga

Lokaskýrsla

Páll Árnason

Guðmundur Gunnarsson

Mars 2010

Efnisyfirlit

1. Inngangur	3
2. Auðhreinsanleiki	4
3. Sýni í fyrri fasa prófana	5
4. Fyrri fasi prófana	6
5. Skynjunarvegalengd stika	8
6. Sýni í seinni fasa prófana	10
7. Seinni fasi prófana	12
8. Niðurstöður.....	14

1. Inngangur

Mikil áhersla er nú innan efnistækninnar að þróa annarsvegar sterkari yfirborð vöru og rispuþólnari og hins vegar auðhreinsanlegri yfirborð. Sem dæmi ná nefna að norræni nýsköpunarsjóðurinn hefur styrkt verkefni þar sem þróa átti auðhreinsanlegri bíllökk fyrir norrænan markað og verkefni þar sem þróa á rispuþólnari yfirborð á bíla, síma, sjónvörp og hljómflutningstæki.

Nýsköpunarmiðstöð Íslands hefur á umliðnum árum og verður fyrirsjáanlega á næstu árum þáttakandi í alþjóðlegum verkefnum á sviði sterkari og auðhreinsanlegra yfirborða, bæði í samvinnu við innlend og erlend fyrirtæki. Framleiðendur vöru fyrir matvælavinnslu hafa hingað til sýnt auðhreinsanleika yfirborða mestan áhuga enda miklir hagsmunir þar í húfi, en einnig er mjög áhugavert að athuga hvort hægt sé að bæta eiginleika vegstika, skilta og fleiri yfirborða í vegumhverfinu að þessu leiti og auka þar með umferðaröryggi.

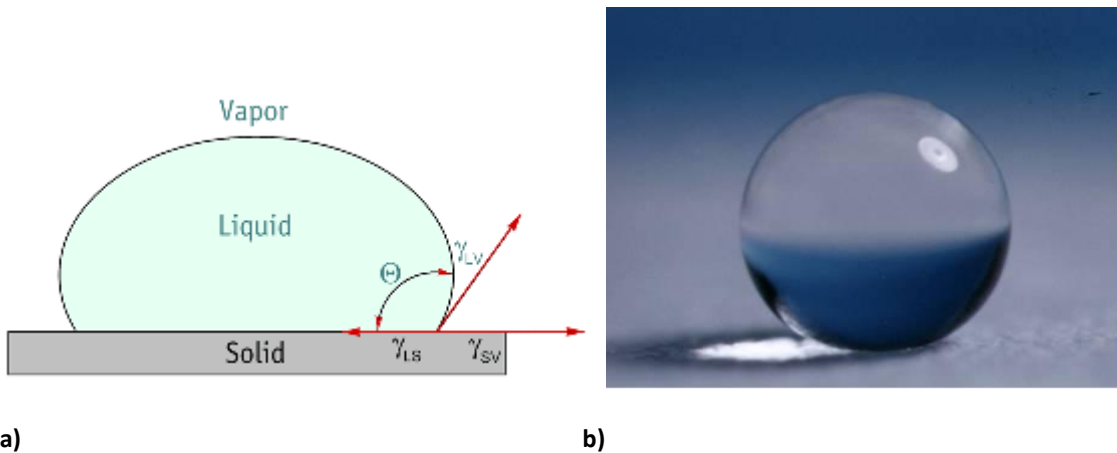
Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar styrkti þessar fyrstu þreifingar á því hvort hægt væri að auka hreinleika vegstika. Verkefnið hófst sumarið 2007, stikur með þremur nýjum yfirborðsefnum voru settar út á veg í nóvember og síðan var endurskin þeirra verið mælt sem mælikvarða á hreinleikann, enda einna mikilvægast að endurskinsmerki stikanna sjáist vel í myrkri. Ný sýni voru síðan útbúin haustið 2008 og hafa þau verið í prófun þar til nú.

Ásbjörn Ólafsson hafði yfirumsjón með verkefninu fyrir hönd Vegagerðarinnar og sá um allar endurskinsmælingar í seinni fasa. Vegagerðin á Reykjanesi sá um að koma öllum sýnunum fyrir og taka þau niður. Þökkum við þessum aðilum kærlega fyrir.

Áfangaskýrsla um stöðu prófana var gefin út í janúarlök 2008 og minnisblað um yfirstandandi prófanir í september 2008. Með þessari skýrslu um verkefnið í heild er því lokið.

2. Auðhreinsanleiki

Yfirborðseignleikar skipta miklu máli fyrir viðloðun óhreininda við ýmis yfirborð. Hrjúfleiki yfirborðsins skiptir máli og einnig yfirborðsspenna efnisins sem yfirborðið gert úr. Efni eins og teflon hafa lága yfirborðsspennu sem lýsir sér í því að snertihorn (Θ) vatndropa er hátt á slíkum yfirborðum, sjá mynd 1a. Slík yfirborð eru sögð vera vatnsfælin. Óhreinindi er oft hægt að strjúka af þannig yfirborðum og eru þau því sögð vera auðhreinsanleg (easy to clean).



Mynd 1. a) Snertihorn (Θ) vökva við yfirborð b) Vatnsdropi á ofurvatnsfælnu yfirborði.

Ef saman fer ákveðinn hrjúfleiki og lág yfirborðsspenna geta vatnsdropar ekki fest við slík yfirborð, heldur renna af því eins og kúlur, sjá mynd 1 b. Slík yfirborð eru sögð vera ofurvatnsfælin (superhydrophobic), og eru laufblöð margra jurta búin þessum eiginleikum. Regn getur skolað óhreinindi af þannig yfirborðum, og er þau sögð vera sjálfhreinsandi (self-cleaning).

Önnur tegund af sjálfhreinsandi yfirborðum eru ofurvatnssækin (superhydrophilic) yfirborð. Ef vatnsdropi sest á slíkt yfirborð dreifir hann alveg úr sér á stuttum tíma þannig að vatnið viðist hverfa. Dögg getur ekki myndast á ofurvatnssæknum yfirborðum og regndropar mynda filmu sem rennur af yfirborðinu. Til er rúðugler búið þessum eiginleikum. Vegna þess að yfirborðið er ofurvatnssækið kemst vatn auðveldlega milli yfirborðsins og óhreininda og getur regn því skolað óhreinindi af ofurvatnssæknum yfirborðum og eru þau því sjálfhreinsandi. Ein tegund ofurvatnssækinna yfirborða eru yfirborð sem eru „fótótokalalytísk“, en þau verða fyrst ofurvatnssækin þegar sólarljós hefur náð að skína á yfirborðin. Á fótótokalalytískum yfirborðum myndast stakeindir (radicals) sem geta hvarfast við lífræn efni og brotið þau niður þannig að auðveldara er að hreinsa þau af yfirborðinu.

3. Sýni í fyrri fasa prófana

Við leit að sýnum til prófunar var haft til hliðsjónar að:

- ◇ Hægt væri að úða þeim á yfirborð eða bera þau á með svampi
- ◇ Þau væru glær, enda mikilvægt að þau breyti sem minnst ljósbroti endurskinsfilmunnar.
- ◇ Þau væru sem þynnst, enda þekkt að glærar filmur sem settar eru yfir endurskinsmerki trufla endurskinseiginleikana meir eftir því sem þær eru þykkari.

Þrjú sýni voru fengin til prófana

- ◇ Wellcoat EX-100
- ◇ Nano Marine Interior
- ◇ Nano Marine Finish

Wellcoat EX-100 er fengið frá japanska fyrirtækinu Godai Inc (http://www.godai-inc.co.jp/wellcoat/Company_Eng.pdf), en efni þetta er byggt á kísiloxíði og gefur ofurvatnssækna húð.

Tvö þau síðasttöldu voru frá norska fyrirtækinu Re-Turn. Forsvarsmenn þess hafa lengi verið í viðskiptum við norsku vegagerðina, selt vegagerðinni m.a. efni til yfirborðsmerkinga vegna, sprautuplast og glerperlur. Í samvinnu við finnskt fyrirtæki höfðu þeir þróað tvær yfirborðshúðir sem þeir töldu að óhreinindi ættu að festast mjög illa við. Þeir hafa eins og af nöfnum efnanna má sjá fyrst og fremst verið að horfa til sjávarumhverfis, sögðust hafa nú þegar fengið mjög jákvæðar niðurstöður prófana á skipum og töldu að sama ætti að gilda í vegumhverfinu. Finish efnið er 50% dýrar, en það er talið mun slitþolnara enda styrkt “kol nanórörum”. Norska vegagerðin ákvað að prófa þessi efni, þar á bæ hafa menn sérstakan áhuga á að auka hreinleika yfirborða í jarðgöngum. Ekki hafa fengist upplýsingar um gang þeirra prófana.

Á meðan Wellcoat er vatnssækin húð eru hin efnin vatnsfráhrindandi. Snertihorn vatnsdropa við yfirborðið er mælikvarði á hversu vatnssækið yfirborðið er, eftir því sem

snertihornið er hærra (perlar), þeim mun meira vatnsfráhrindandi er yfirborðið. Þessi eiginleiki var mældur á sýnunum og niðurstöður eftirfarandi:

Tafna 1. Snertihorn vatns við sýni.

Sýni	Snertihorn vatns
Ómeðhöndlað endurskinsmerki	85°
Wellcoat	<5°
Nano Marine Interior	114°
Nano Marine Finish	105°

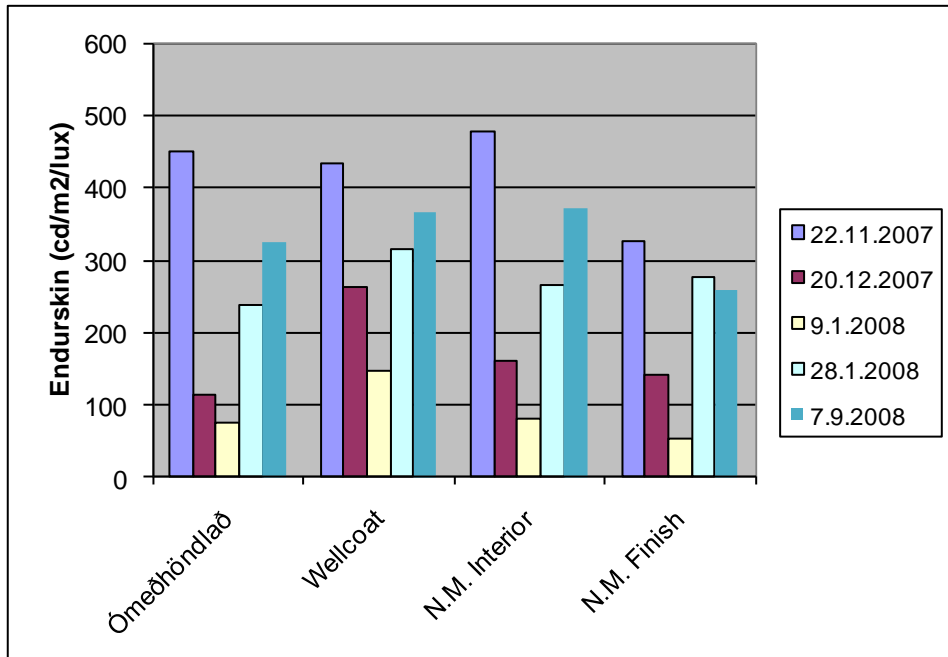
4. Fyrri fasi prófana

Sýnin þrjú voru borin á sex vegstikur hvert, jafnframt voru sex ómeðhöndlaðar stikur með í prófuninni. Fjórum stikur með hverri yfirborðshúð var komið fyrir við vegkant í Bleikdal á Kjalarnesinu og snéru allar í suðaustur. Tveimur stikum með hverri húð var komið fyrir um einum km inni í Hvalfjarðargöngum.

Endurskinið var mælt áður en stikurnar voru settar upp og síðan þá hefur endurskinið verið mælt þrisvar.

Það rýrir nokkuð niðurstöður síðustu mælinganna á Kjalanesi að Vegagerðin hafði endurnýjað sjö af þeim sextán stikum sem settar voru það upp í nóvember. Af þeim fjórum stikum af hverri gerð sem þar áttu að vera voru þrjár eftir af ómeðhöndluðu stikum og Wellcoat, tvær með N.M. Interior og ein með N.M. Finish húð.

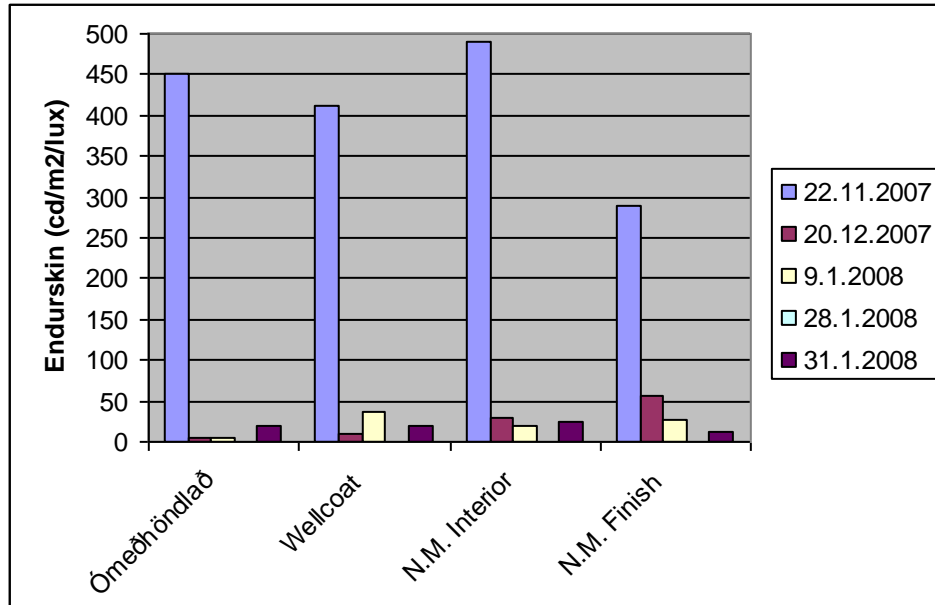
Niðurstöður mælinga má sjá á myndum 2 og 3.



Mynd 2. Endurskin kantstika á Kjalarnesi.

Dökkbláu súlurnar sýna endurskinið í nóvember áður en stikurnar voru settar út við veg. Af mynd 2 má sjá að húðunin hafði nokkur áhrif á endurskinið, sérstaklega lækkaði það mikið við húðun með N.M. Finish.

Það vekur jafnframt athygli á mynd 2 að stikurnar eru hreinni í síðustu mæling en í þeim tveimur fyrri. Þetta er ekki alveg sannleikanum samkvæmt, í raun var vel frosin snjóskán á þeim yfirborðum sem sneru í suður og austur á Kjalarnesinu þennan dag. Með því að snúa aðeins upp stikuna datt hins vegar skánin af í heilu lagi og kannski einhver óhreinindi með. Þá var hægt að mæla endurskin þess yfirborðs sem undir var og hefði væntanlega komið í ljós þegar snjórinn bráðnaði.



Mynd 3. Endurskin kantstika í Hvalfjarðargöngum. Næst síðasta mæling sést ekki á myndinni vegna þess að endurskin mældist nánast ekki á neinni stiku vegna drullu.

Það er ljóst af mynd 3 að óhreinkun er mikið vandamál í Hvalfjarðargöngunum og að mánaðarlegur þvottur gerði hóflegt gagn á tímabilinu.

5. Skynjunarvegalengd stika

Sú fjarlægð sem ökumaður skynjar vegmerkingu í birtu frá bílljósum og um leið viðbragðstími hans er talin vera fylgja lógaritmanum af birtunni frá henni skv. eftirfarandi formúlu¹:

$$L = a \times \log(R) + b,$$

Þar sem;

L = Skynjunarfjarlægð ökumans

R = Styrkur endurskins

a og b eru fastar

¹ Gabriel Helmers och Sven Olof Lundkvist, Siktsträcka till vägmarkering i fordonsbelysning, VTI 1991

Þeir Lundkvist og Nilsson framkvæmdu mælingar á skynjunarvegalegd mismunandi gerða stika fyrir aldarfjórðungi síðan og fengu við þær aðstæður sem þar voru eftirfarandi samband milli skynjunarvegalengdar og endurskins²:

$$L = (\log (R \times A) - 0,46) / 0,0071 = 141 \times \log(R \times A) - 65$$

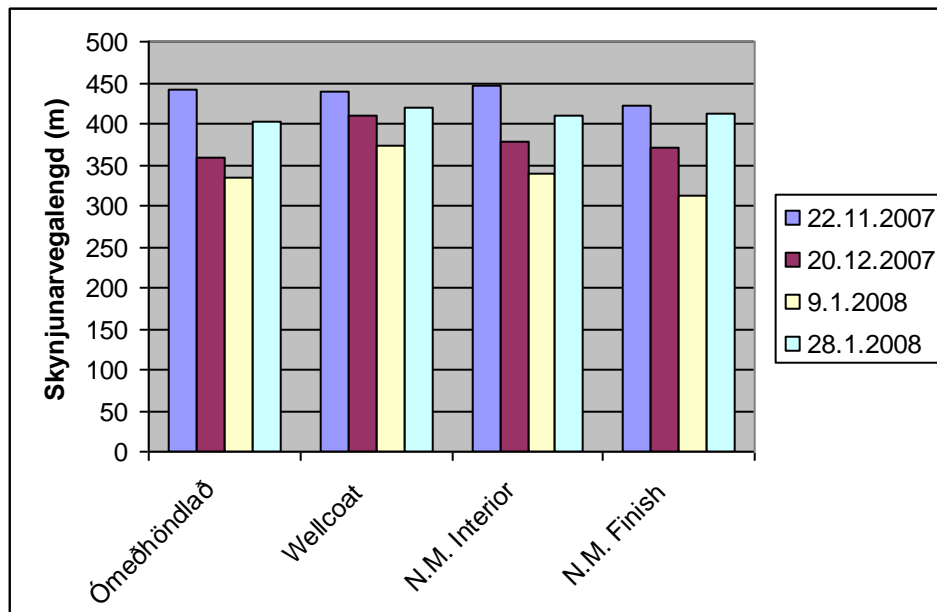
Þar sem;

L = Skynjunarfjarlægð ökumans í metrum

R = Styrkur endurskins í mcd/m²/lux

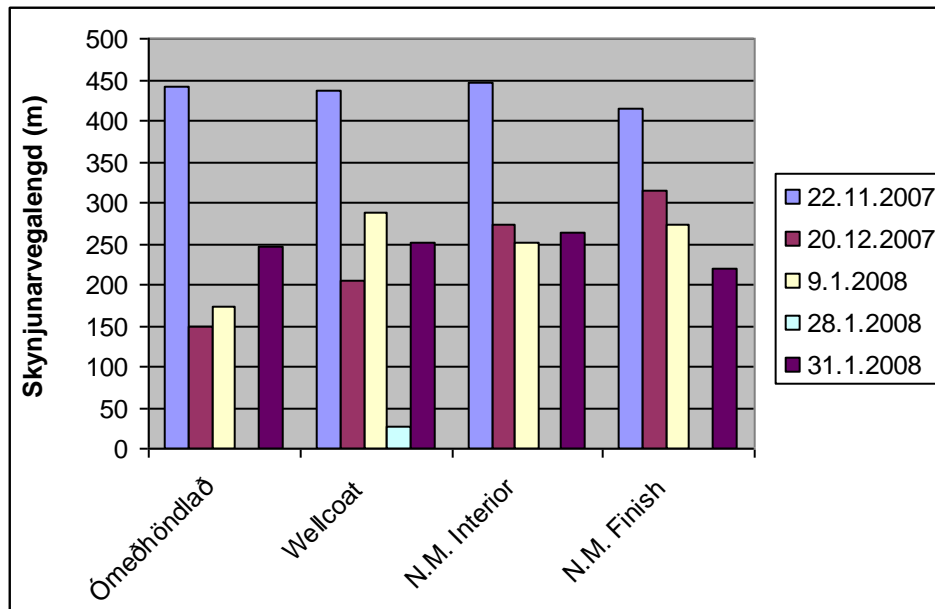
A = flatarmál endurskins í m²

Þessi formúla þarf ekki að gilda á þeim tveimur stöðum þar sem prófanir okkar voru framkvæmdar og væntanlega er skynjunarvegalegdin háð annarri birtu á hverjum tíma. Í göngunum er t.d. grunnlýsing sem tryggir ákveðna skynjunarvegalegd óháð endurskini og því er ljóst að formúla Lundkvist og Nilsson gildir ekki, en við prófum samt að nota þessa formúlu á okkar endurskinsmælingar á myndum 4 og 5.



Mynd 4. Líkleg skynjunarvegalegd kantstika á Kjalarnesi.

² Sven-Olof Lundkvist och Bertil Nilsson, Vägkantstolparnas funktional egenskaper, VTI 1984



Mynd 5. Líkleg skynjunarvegalegd kantstika í Hvalfjarðargöngum.

Niðurstöður þessara prófana eru ekki mjög skýrar. Svo virðist sem allar húðirnar bæta sýnileika stika í Hvalfjarðargöngum og að Wellcoat bæti sýnileika stika á Kjalarnesi, en niðurstöðurnar eru ekki mjög afgerandi og hæpið að þær réttlæti þann aukna kostnað sem er við húðunina.

6. Sýni í seinni fasa prófana

Eftir leit að mögulegum nýjum valkostum var ákveðið að prófa tvo mjög ólíka möguleika. Annars vegar var ákveðið í samráði við stærsta aukefna framleiðanda Evrópu, Clariant, að hann húðaði endurskinsmerki með þremur mismunandi „sjálfhreinsandi“ eða auðhreinsanlegum efnum sem þeir hafa þróað. Hins vegar var ákveðið að fyrirtæki í Japan (TOTO), sem þróað hefur fótókatalítíska sjálfhreinsandi húð, húðaði endurskinsmerki fyrir stikur. Sex endurskinsmerki hafa verið húðuð með hverju þeirra fimm efna sem talin eru upp í töflu 2.

Til viðbótar þessum erlendu sýnum var ákveðið að prófa hvaða áhrif Rain-x, vatnsfráhrindandi efni sem fæst hér á bensínstöðvum, hefði á óhreinkun stika. Í prófununum voru svo líka ómeðhöndlaðar stikur til viðmiðunar.

Sýnin frá Clariant eru polysilazan húðir sem þeir selja undir vörumerkinu tutoProm®. Þrjú efni með mismunandi gljóa eru prófuð. Efnið er selt sem auðhreynsanlegt (easy-to-crean / anti-graffiti) og ætlað fyrir:

- Almenningsfarartæki og flutningabíla
- Lesta og strætó stöðvar/skýli
- Málmyfirborð, t.d. felgur, skilti, götubekki
- Plastyfirborð
- Málað yfirborð
- Hverslags yfirborð sem verður fyrir mikilli veðrun
- Undirgöng
- Byggingar

Tafla 2. Sýni í seinni fasa prófana

Nr.	Fyrirtæki	Virgni húðar	Merkning	Snertihorn vatns(°)	Upphaflegt endurskin
1	TOTO Frontierresearch/ Kimoto corporation	Fótokatalytisk sjálfhreisnadi	FT2	97 ± 2 , beint úr pakkningu 69 ± 6 , 6,5 klst í dagsbirtu 76 ± 3 , + 16 klst í myrkri 32 ± 3 , + helgi	584
2	TOTO Frontierresearch/ Kimoto corporation	Fótokatalytisk sjálfhreisnadi	AT2	96 ± 4 , beint úr pakkningu 78 ± 2 , 6,5 klst í dagsbirtu 80 ± 2 , + 16 klst í myrkri 26 ± 9 , + helgi	603
3	Clariant Advanced Materials	Sjálfhreisnandi	a	104 ± 1	629
4	Clariant Advanced Materials	Sjálfhreisnandi	b	106 ± 1	625
5	Clariant Advanced Materials	Sjálfhreisnandi	c	104 ± 0,4	625
7	Rain-X	Vatnsfráhrindandi			
8	Viðmiðunarsýni			100 ± 6	592

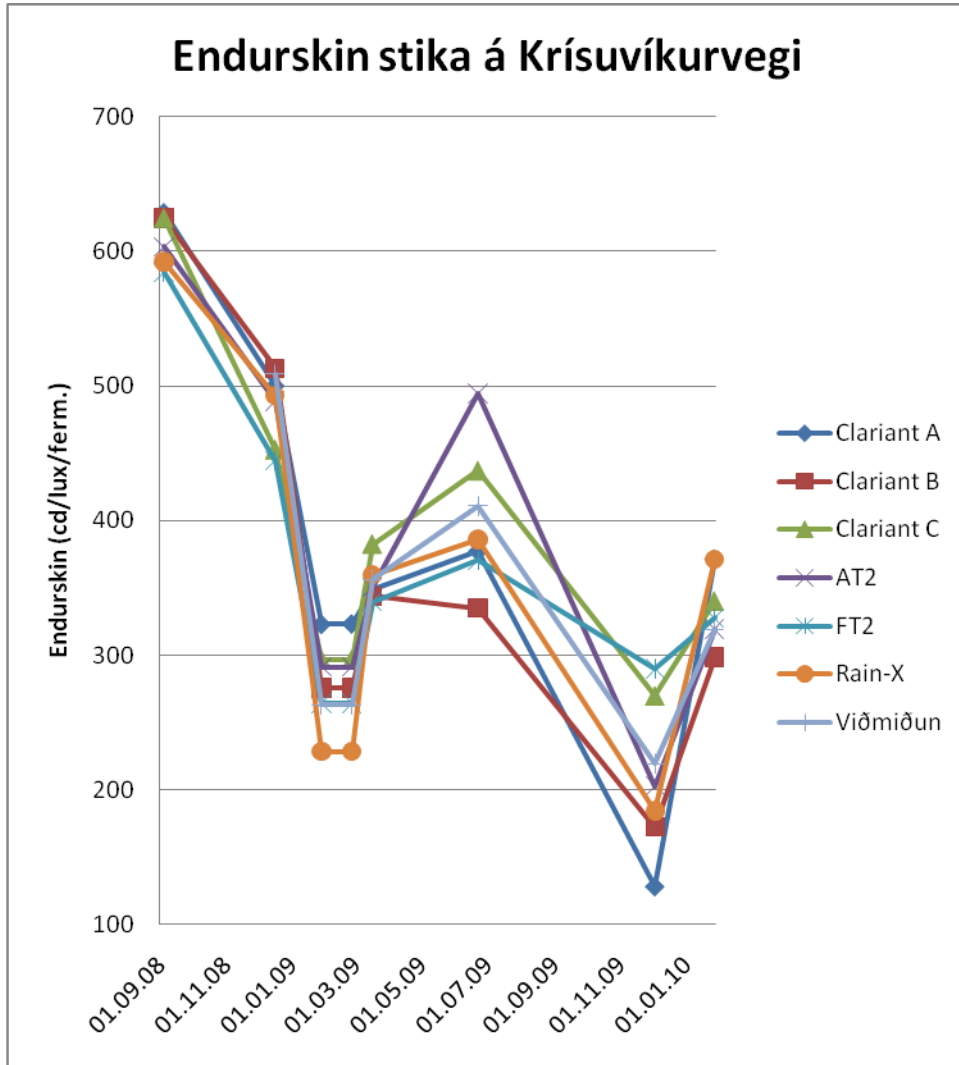
Snertihorn vatns við fótókatalýsku húðirnar er um 97° þegar þær eru teknar úr umbúðunum, en þegar ljós nær að skína á þau minnkar snertihornið. Eftir um 6.5 klst í dagsbirtu fer það í $68^\circ - 79^\circ$, og minnkar síðan lítillega þegar húðirnar eru geymdar í myrkri yfir nótt. Húðirnar verða þó fyrst vatnssæknar eftir að hafa verið utanhúss yfir helgi að hausti en við það fer snertihornið í $26^\circ - 32^\circ$.

7. Seinni fasi prófana

Nýju sýnin eru að mati Nýsköpunarmiðstöðvar ekki líkleg til að virka vel í Hvalfjarðargöngunum, til þess er loft þar að líkindum of þurr. Ákveðið var að setja út fjórar stikur, af hverri gerð, samtals 28 stikur til prófunar á vegi með nokkra óhreinkun, þar sem allar stikurnar geta verið við svipuð skilyrði hvað varðar umferð og veðurfar. Niðurstaðan var sú að setja þær á Krýsuvíkurveg, stutt fyrir ofan iðnaðarhverfið á Völlunum þar sem Vegagerðin er með aðstöðu.



Mynd 6. Sýni á Krýsuvíkurvegi (ljósm. Ásbjörn Ólafsson)



Mynd 7. Endurskin kantstikaá Krísuvíkurvegi

8. Niðurstöður

Í þessu verkefni hafa verið prófaðar mjög fjölbreyttar leiðir til að halda stikunum hreinum og láta þær halda betur endurskini sínu. Mikil alþjóðleg gróska hefur verið á umliðnum árum í þróun leiða til að gera yfirborð auðhreinsanlegri eða sjálfhreinsanleg og hafa hér verið prófaðar þær lausnir sem helst hafa verið taldar skila árangri.

Niðurstaða verkefnisins er sú að ávinningur af húðun endurskinsmerkja er lítill. Húðun fylgir nokkur kostnaður og vafasamt að sá takmarkaði ávinningur sem fram kom í fyrri fasa prófana réttlæti þann kostnað.

Af þessu má ekki draga þá ályktun að þær húðir sem prófaðar hafa verið standi ekki fyrir sínu. Réttara er að draga þá ályktun að sú húð sem er á endurskinsmerkjunum frá framleiðanda sé mjög góð, dragi ekki til sín mikil óhreinindi og sé auðhreinsanleg. Því sé enginn ávinningur af húðun þeirra. Þær húðanir sem prófaðar hafa verið eru því líklegri til að henta á skítsælla yfirborð.