

# **Samanburður á virkni vegmerkinga**

**(Umhverfis Akrafjall 2000)**

**Lokaskýrsla**  
**Júlí '02**

## Samantekt

Í þessu prófunarverkefni sem stóð yfir frá sumrinu '00 til sumarsins '02 og framkvæmt var á nokkrum vegum norðan Hvalfjarðar var borinn saman sýnileiki mismunandi vegmerkinga, aðallega vatnsmálningar, hefðbundins sprautumassa og nýrrar kynslóðar þunnsprautumassa (STS).

Helstu niðurstöður verkefnisins eru:

- Ekki er að sjá að sprautumassi í þykktum undir 1 mm hafi neinn kost fram yfir málningu, en nokkra ókosti. Ný kynslóð þunnsprautumassa frá Nor-Skilt virðist ekki líkleg til að hafa góða endingu í 0,5mm þykkt við íslenskar aðstæður, hann virðist þurfa að vera þykkari. Þetta er í samræmi við niðurstöður af kantlínunum í N-Noregi.
- Ekki er sjá að sprautumassi hafi neina kosti fram yfir málningu í kantlínunum á klæddum vegum, en í kantlínunum á meira keyrðum og malbikuðum vegum má á öðrum vetri greina að sprautumassinn heldur endurskininu betur en málning.
- Kostir sprautumassa á miðlínu fram yfir málningu eru sýnileiki í birtu og 40-80mcd/m<sup>2</sup>/lux endurskin yfir mesta skammdegið og fram á vorið. Það er háð umferðarálagi hvað málningin hverfur fljótt eftir 1. nóvember en sprautumassinn endist einhverjum mánuðum lengur.
- Munur á endurskininu premix perla í þeim tveimur tegundum sprautumassa sem notaðar hafa verið hér á landi á umliðnum árum er í samræmi við þumalputtareglu um að hver auka 10% í glerinnihaldi auki endurskin massa um 22-29 mcd/m<sup>2</sup>/lux.
- Sílanhúðaðar perlur eins og þær hafa verið framleiddar passa ekki hér á landi.
- Frávik frá réttum gæðum voru mun algengari í vinnu með sprautumassa en málningu og sama saga var í norsku prófununum. Þetta samræmist þeirri viðteknu skoðun að við sprautumössun geti miklu fleira farið úrskeiðis og hún krefjist mun meiri þjálfunar starfsmanna og viðhalds búnaðar.
- Lengi býr að fyrstu gerð. Fylgni er nokkuð góð milli hlutfallslegs endurskins nýlegrar lína og endurskins þeirra þar til þær slitna í gegn.

## Inngangur

Á umliðnum árum hafa alloft verið gerðar samanburðarathuganir á endingu og virkni vegmerkinga. Það hafa mest verið samanburðarprófanir á málningu eða samanburðarprófanir á massa. Á árunum '95-'96 voru gerðar samanburðarmælingar á endingu sprautumassa og leysiefnamálningar, en síðan þá hefur heilmikil þróun verið í vegmerkingum, s.s. að;

- þegar prófunin hófst var komin fimm ára reynsla á sprautumassann hér á landi og eðlilegt að ætla að verktakar hafi náð tókum á tækninni
- byrjað er að nota vatnsmálningu og talið er að hún komi í stað leysiefnamálningar á næstu árum
- Norðmenn eru mikið farnir að sprautu massa í þykktinni 0,4-0,5mm sem lækkar verulega kostnað við mössun og þeir láta mjög vel af árangrinum.

Það var því orðin þörf á að bera saman þau efni sem talið var líklegast að yrðu mest notuð á næstu árum. Þau efni eru;

- hefðbundinn sprautumassi
- norskur þunnsprautumassi
- vatnsmálning.

Í þessum prófunum voru merktar hefðbundnar miðlínur og kantlínur á vegum í kringum Akrafjall og á köflum í Hvalfirði og undir Hafnarfjalli.

Í Noregi er prufusvæði með samanburði á þunnsprautumassa og vatnsmálningu við nokkuð "íslenskar aðstæður". Línur voru málaðar sumarið '99 og töldu menn þar ástæðu til að vera mjög bjartsýnir um góða niðurstöðu norska þunnsprautumassans. Það og ánægja norsku vegagerðarinnar með árangurinn af notkun þessa efnis í mið- og suður Noregi var verulegur hvati til að farið var af stað með prófanirnar hér á landi sumarið 2000. Ætlunin var m.a. að bera niðurstöðurnar frá Noregi saman við niðurstöðurnar hér.

Markmið prófananna hefur verið skilgreint það að fá samanburð á sýnileika mismunandi vegmerkinga, s.s. vatnsmálningar, hefðbundins sprautumassa og nýrrar kynslóðar þunnsprautumassa (STS). Merkingarnar eru allar vel hvítar og aðallega talin ástæða til að fylgjast með sýnileika í myrkri, þ.e. endurskini. Endurskin línanna hefur verið mælt í tvö ár. Miðlínúmerkingar voru allar ónýtar eftir fyrsta veturinn og var því ekki fylgst með þeim frekar, en fylgst var áfram með kantlínunum. Kantlínur eru enn nokkuð góðar á malbikinu, en niðurstöður prófana eru orðnar það ljósar að verkefninu er talið lokið.

Stytt útgáfa af þessari skýrslu er gefin út á ensku.

## Notkun vegmerkingarefna á Norðurlöndum fyrir aldamótin

Verulegar breytingar hafa verið á notkun vegmerkingarefna á Norðurlöndum frá 1990. Þá samanstóðu vegmerkingar að langmestu leiti af leysiefnamálningu í 0,2-0,25mm þykkt annarsvegar og termóplastískum massa í 3mm þykkt hinsvegar. Tvíþátta kaldmassi var lítillega notaður í Finnlandi. Síðan hefur þróunin í efnisnotkuninni í grófum dráttum verið sem hér segir:

### Svíþjóð

Eftir nokkra ára prófanir ákvað sænska Vegagerðin árið 1989 að hætta að nota leysiefnamálningu á fimm árum og bregðast þannig við kröfum um minni leysiefnanotkun. Minnkaði notkun leysiefnamálningar árlega í Svíþjóð frá tæpum 1000 þús.lítrum. í 200-300 þús lítra um miðjan áratuginn. Þá hófst notkun vatnsmálningar á vegi og hefur síðan mátt greina hægfara aukningu á málningarnotkuninni. Vatnsmálningin er mest notuð í strjálbýlli héruðum, í Mið- og Norður-Svíþjóð

Á árinu '99 var þannig áætlað að notuð hafi verið 15000 tonn af massa og 435 þús lítrar af málningu í Svíþjóð, þar af 310 þús lítrar fyrir Vegagerðina. Vegagerðin og stóru flugvellirnir nota aðallega vatnsmálningu, en smáir verktakar sem vinna fyrir Vegagerðina, sveitarfélög og bílastæðaeigendur nota enn leysiefnamálningu. Skiptingin er sú að vatnsmálningin er 335 þús lítrar og leysiefnamálningin 100 þús lítrar lítrar.

### Noregur

Í Noregi var lögð mikil vinna í að þróa tvíþátta pólýestermálningu til að leysa leysiefnamálninguna af hólmi. Því var endanlega hætt '96. Þá var tekin ákvörðun um að fara yfir í sprautumassa í stað málningar og gekk það hratt fyrir sig, enda höfðu flestir umferðarmeiri vegir þá verið sprautumassaðir eða massaðir um árabíl. Eitt fylki, Buskerud NV af Osló, hefur notað vatnsmálningu í stað sprautumassa og starfsmenn þess hafa líka málað nokkuð í N-Noregi. Á árinu '98 voru notuð um 6200 tonn af massa í Noregi og um 100 þús lítrar af málningu, mest vatnsmálningu. Á árunum '99-'00 var massanotkunin frekar á niðurleið vegna þess að með nýju efni frá Nor-skilt (STS) hefur massanum verið sprautað mun þynnra, sérstaklega í kantlínunum.

### Finnland

Leysiefnamálning til vegmerkinga hefur verið að minnka hratt í Finnlandi þótt málningin aukist. Þegar á árinu '96 var vatnsmálningarnotkunin 750 þús lítrar á móti 150 þús lítrar af leysiefnamálningu og á árinu '99 var vatnsmálningarnotkunin áætluð 1250 þús lítrar á móti 50 þús lítrum af leysiefnamálningu. Massanotkun er um 4500 tonn.

### Danmörk

Í Danmörku hefur lítil þróun orðið á þessu sviði umliðinn áratug, önnur en sú að Viborg amt hefur farið yfir í vatnsmálningu. Umræðan þar hefur ekki verið sterk um umhverfismálin, heldur telur Viborg amt að 10% dýrari línur, sem vatnsmálningarlínurnar eru, séu meira en 10% endingarbetri. Í Danmörku er áætlað að notuð séu 4500 tonn af massa og 255 þús lítrar af málningu.

### Ísland

Heldur hefur dregið úr notkun leysiefnamálningar á umliðnum árum, úr yfir 100 þús lítrum þegar mest var niður í 70-80 þús lítra á síðustu árum. Vegagerðin hefur notað sama magn í áráraðir, en hér á landi er minnkunin vegna þess að sveitarfélögin hafa að mestu hætt að nota leysiefnamálningu. Notaðir voru 5 þús lítrar af vatnsmálningu á

árinu '98, 10 þús lítrar '99 og 10 þús lítrar voru keyptir '00 en verktakinn náði ekki að klára nema lítið brot af henni. Árleg aukning hefur verið í notkun sprautumassa á síðustu fimm árum. Heildar massanotkun er um 550 tonn.

### Meginlandið

Þeirrar áherslu að minnka leysiefnanotkun við vegmálun hefur síður orðið vart á meginlandi Evrópu en á Norðurlöndum. Langmest er notað af massa, svo kaldmassa, þá leysiefnamálningu, en vatnsmálningarnotkun hefur aukist hægum skrefum.

### N-Ameríka

Í N-Ameríku er staðan sú að Bandaríkjamenn fóru úr leysiefnamálningu yfir í vatnsmálningu á árunum '99-'00 og var það aðallega vegna skatta á leysiefnin og strangra krafa um meðferð stórra íláta með leysiefnum. Í Kanada hafði sú breyting ekki orðið árið 2000.

Allar þessar tölur um notkun vegmerkingarefna eru frekar óræðar en gefa okkur nokkuð skýra mynd af notkuninni þegar deilt er í þær með höfðatölu eins og í töflunni hér að neðan þar sem miðað er við áætlaða notkun árið 2000.

Vegmerkinganotkun í lítrum á þúsund íbúa

	Leysiefna	Vatns	Massi	Tveggja þátta	Samt.	Ath
Ísland	300		1000		1300	Þar af 500 sprautum.
Svíþjóð	7	50	850		907	Þar af 250 sprautum.
Noregur	10	10	720		740	
Finnland	50	350	450	20	870	
Danmörk	30	10	400		440	
Bretland	50	10	300		360	
Þýskal.	100	25	75	30	230	
USA	25	400	150	7	582	
Kanada	400	75	?	?	475	

Í þessari töflu má m.a. sjá að notkun vegmerkingarefna er mjög mikil á Norðurlöndum og má það að hluta til rekja til nagladekkjanotkunar og mikils slits á vegum og vegmerkingum. Samanlögð notkun í lítrum segir mikið til um hvaða kostnaður liggur að baki því lítraverð á málningu og massa er nokkuð svipað 150 - 200 kr. á lítra með vsk. Þar við bætist síðan vinna verktakans, gler og fleira. Samkvæmt þessari töflu virðist Ísland vera á toppnum varðandi notkun vegmerkingarefna og síðan hin Norrænu nagladekkjaríkin. Það er áberandi munur á notkuninni í Noregi og Svíþjóð annars vegar og Finnlandi hins vegar, Noregur og Svíþjóð nota sprautumassa að miklu leiti en Finnarnir vatnsmálningu. Notkun vegmerkingarefna hefur farið mjög vaxandi á Íslandi á umliðnum árum og virðist svo sem hún verði enn á uppleið næstu árin. Það hefur komið skýrt fram í þeim samnorrænu prófunum sem gerðar hafa verið að slit á vegmerkingum er hraðara á Íslandi en á hinum Norðurlöndunum og því eðlilegt að við notum meira efnismagn og

þurfum að nota meira efnismagn til þess að viðhalda sama standard á merkingunum.

## Norsk prófunarsvæði

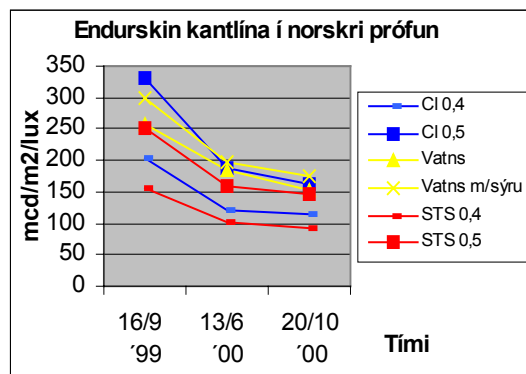
Í Noregi er prufusvæði með samanburði á þunnsprautumassa og vatnsmálningu á E6 brautinni norður undir fylkismörkum við Finnmörku, á nýju og gömlu malbiki, ÁDU 500. Á svæðinu er mikil ánaud snjóplóga með stáli, veginum er haldið opnum alla daga en lokast gjarnan á nóttinni. Prófunin er því gerð við nokkuð "íslenskar aðstæður". Kantlínur voru málaðar sumarið '99 og töldu menn þar ástæðu til að vera mjög bjartsýnir um góða niðurstöðu norska þunnsprautumassans. Þeir sem hafa umsjón með þessari prófun hafa mikla trú á norska þunnsprautumassanum og hugsanlega er það markmið prófananna að sýna fram á yfirburði hans.

Í samvinnu við Dow í Bandaríkjunum hefur Nor-Skilt þróað sprautumassa úr nýrri kynslóð af PE plasti (náskildu því sem nú er að ryðja sér rúms í plastpokum og rörum) og eiga fyrirtækin saman einkaleyfi á hugmyndinni. Efnið er lagt við sama hitastig og venjulegur sprautumassi, 220°C ef fara á niður í 0,4mm og fá samt fallega dreifingu, en 180°C er jafnvel nóg í þykkari línur. Nor-Skilt mælir með 0,6 mm á okkar grófu slitlög, þeir hafa verið að vinna með 0,5 og 0,6 mm í Noregi, aðeins prófað 0,4 mm sumarið '99 með góðum árangri og það verulega aukið sumarið '00. Engin hætta virðist á aðskilnaði og botnfellingu eins og í hefðbundnum massa og efnið virðist þola vel að vera heitt í pottinum í marga tíma án þess að breytast mikið. Í þessar þunnu línur eru notaðar sérstakar perlur sem eru aðeins smærri en class B, eða 200-400 mikron, húðaðar til að ná viðloðun við massann. Stærri perlur hafa ekki tollað nógu vel í. Það er mikilvægt að perlunum sé skotið í línuna alveg fast við efnisúðann til að efnið sé ekki orðið of kalt.

Í Noregi hefur þetta nýja efni verið langmest notaða efnið í kantlínur á gljúpt malbik, en í Svíþjóð hefur efnið verið prófað á klæðningu og virkað ágætlega að sögn Nor-Skilt. Þeir prófuðu að nota efnið í miðlínur sumarið '99 þótt það sé ekki gúmmiblandað, þetta bindiefni virðist að mati Norðmannanna ekki þurfa gúmmí. Cleanosol er líka að þróa svipaðan massa og Nor-Skilt og er þeirra útgáfa einnig á prufusvæðinu.

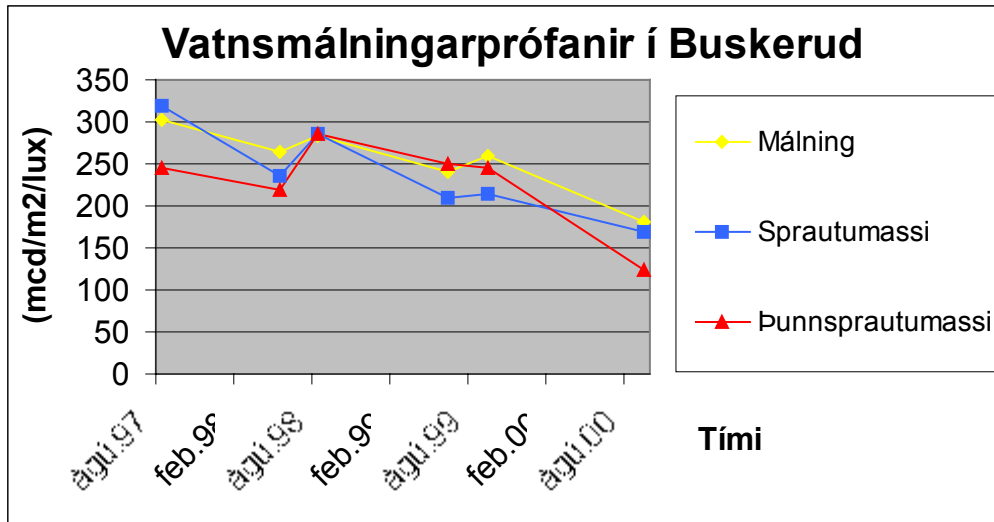
Prufusvæðið var lagt sumarið '99, þrjú eins svæði með hverju prófunarsýni á báðum kantlínur. Hvert sýni kemur því fyrir á sex stöðum. Af 24 línur með þunnsprautumassa vantaði gler í 3 línur og 6 línur höfðu of mikið gler, skv. þeim fyrirvörum sem gerðir voru vegna mats á niðurstöðum. Engir slíkir fyrirvarar voru gerðir við vatnsmálninguna. Í töflunni hér að neðan eru sýndar niðurstöður endurskinsmælinga á svæðinu og þeim línur sleppt þar sem skortur var á perlum.

Sýni	16/9 '99	13/6 '00	20/10 '00
Cleanosol 400 $\mu$	203	121	116
Cleanosol 500 $\mu$	330	189	162
Vatnsmálning með sýru	258	186	153
Vatnsmálning án sýru	299	197	174
Nor-Skilt STS 400 $\mu$	156	102	92
Nor-Skilt STS 500 $\mu$	252	158	147



Vatnsmálningin er sigurvegari eftir fyrsta árið og einnig eftir annað árið, það þarf 0,5mm sprautumassa til að jafnast á við vatnsmálningu sem er mun ódýrari. Ekki hafa fengist nýrri mælingar af þessu prófunarsvæði

Þessar nýju prófanir sýna fyrst og fremst að nýji sprautumassinn frá Nor-skilt hefur svipaða eiginleika og annar sprautumassi. Niðurstöðurnar eru sláandi líkar niðurstöðum Norðmannanna úr samnorræna vatnsmálningarverkefninu sem hófst '97 þar sem prófaðar voru sem vatnsmálningartegundir á öllum Norðurlöndunum, þar á meðal í Borgarfirði. Á prófunarsvæðinu í Buskerud NV af Osló fékkst eftirfarandi samanburður á meðaltali vatnsmálninganna og sprautumassa.



Eins og sjá má stóð vatnsmálningin í hefðbundinni þykkt sig þarna að meðaltali jafn vel á kantlínunum og 1,5mm sprautumassi á þeim þremur árum sem prófunin stóð yfir.



### Kostnaður við einstakar línutegundir

Við samanburða á endingu á ólíkum tegundum yfirborðsmerkinga er nauðsynlegt að gera sér einnig grein fyrir ólíkum kostnaði við þær. Reynt var að varpa ljósi á kostnað við þær merkingar sem verið var að prófa sumarið 2000, einhverjar breytingar hafa orðið síðan, aðallega vegna flökts íslensku krónunnar, en breyta væntanlega lítið innbyrðis hlutföllum.

Við mat á kostnaði við hverja línu er tekið mið af kostnað Vegagerðarinnar við leysiefnamálningu og sprautumassa, verðmunur á vatnsmálningu og leysiefnamálningu er áætlaður á grundvelli tilboða og þeirrar reynslu sem þegar hefur fengist af vatnsmálningu og kostnaðartölur fyrir þunnsprautumassann er áætlaðar út frá kostnaði í Noregi. Verðsamanburður miðast við 10 sm breiða línu.

Aðeins eitt fylki málar eitthvað að ráði í Noregi. Með vatnsmálningu málaði málningarflokkurinn í Buskerud 1675þús lm í meðalþykktinni 0,337mm blautfilmu (0,200mm þurrfilmu) á árinu '99. Efniskostnaður (málning, gler, froða og edik) var 9,5kr /lm og ef þeir borguðu vsk á vinnuliðinn (bill 5600kr/klst, þrír menn og flutningur) þá væri vinnukostnaðurinn 5,5kr/lm, samtals 15 ÍSK/m. Hér á landi hefur vinnuþátturinn við málun verið mun dýrari sem að einhverju leiti orsakast af veðri og færri máluðum metrum á km en hjá norðmönnum sem hafa frekar blinda vegi (mikið heilar miðlínur) og heilar kantlínur. Í Svíþjóð hefur vatnsmálningin kostað svipað án vsk., þ.e. um 19 ÍSK/m þegar vsk. hefur verið bætt við. Reiknað er með að 0,2mm vatnsmálningarlína kosti hér um 20kr/m og miðað við 0,28mm sem raunin var í þessum prófunum þá er kostnaðurinn kominn upp í 22kr/m. Við samanburð við massa er eðlilegt að taka með í reikninginn að mun meira þarf að formerkja þar sem máluð er miðlína. Hér er þeim kostnaði slegið fram sem 2kr/m.

Verðmyndun á sprautumassalínu í Noregi sumarið '99 að viðbættum vsk. á vinnu er eins og hér segir:

Kerfi	Massi m/vsk (NOK/m)	Perlur m/vsk (NOK/m)	Vinna (NOK/m)	Samt. (NOK/m)	Samt m/vsk á vinnu* (ÍSK/m)
1,0mm hefðb.	1,95	0,20	1,35-1,85	3,5-4,0	36 - 42
0,5mm þunn.	1,05	0,20	1,50-1,75	2,75-3,0	29-32

\*Miðað við gengið NOK=9,5ÍSK sumarið '99.

Sprautumassi í þykktinni 1,0mm kostar rúmar 40kr/m á Íslandi og hér er miðað við að verðhlutfallið milli sprautumassa og þunnsprautumassa sé það sama á Íslandi og í Noregi. Þá fæst eftirfarandi samanburður á verði þeirra vegmerkingarefna sem til prófunar eru í þeirri þykkt sem prófuð er:

Tegund vegmerkingarefnis	Verð (kr/m)
Vatnsmálning, 0,28mm	22-24
Þunnsprautumassi, 0,5mm	30-32
Sprautumassi, 1,0mm	40-42

Athugið að ekki er við þetta mat tekið tillit til verðbreytinga síðan árið 2000.

## Sýni

Eftirfarandi sýni af vegmerkingarefnum voru prófuð.

- Merkalin AQ6010 vegmálning frá Geveko sem kom vel út úr málningarprófunum '97-'98
- STS frá Nor-Skilt, þunnsprautumassi (super-tynn-spray) sem líkar einstaklega vel í Noregi
- 6731 frá Cleanosol sem Vegmerking ehf. notar.
- Prismo SP SP55RA sem Vegamál ehf. notar.

Jafnframt var dreift í línuna um 300-350 g/m<sup>2</sup> af "drop-on" perlum nema á Nor-Skilt línurnar, þar var dreift um 200 g/m<sup>2</sup> enda eru þær perlur sem þar voru notaðar smærri. Nor-Skilt sendi hingað sínar eigin "drop-on" perlur, en í aðrar línur voru notaðar hefðbundnar "class b" perlur.

Ákveðið var að á miðlínunum skildi sprautumassinn lagður í þeim tveimur þykktum sem Vegagerðin kaupir hann í, 1,0mm og 1,5mm. Í prófuninni eru því sex mismunandi útfærslur af línunum eins og sýnt er í töflu hér að neðan.

Sýni nr.	Sýni táknað	Lýsing á sýni	Kantl.	Miðl.	Lýsing á yfirborðsperlum
1	Vatns.	0,2-0,3 mm vatnsmálningar	x	x	class B perlum
2	STS	0,5 mm STS sprautumassa	x	x	Sérhúðaðar 200-400míkr.
3	C1,0	1,0 mm sprautumassa frá Cleanosol	x	x	class B perlum
4	C1,5	1,5 mm sprautumassa frá Cleanosol		x	class B perlum
5	P1,0	1,0 mm sprautumassa frá Prismo	x	x	class B perlum
6	P1,5	1,5 mm sprautumassa frá Prismo		x	class B perlum

## Prófunarsvæði

Málaðar voru flestar kantlínur og miðlínur á vegum 51, 503 og 509 sem liggja milli Akranes og hringvegjar og kantlína hringvegjarins frá göngum að 47 (Hvalfjarðarvegi). Einnig miðlína á 47 frá Ferstiklu (vegamótum 47 og 50) að Hvalstöð og á hringvegi undir Hafnarfjalli. Prófunarkaflar voru eftirfarandi:

Tákn	Prófunarkaflar
51 S	Sá hluti Akrafjallsvegjar (51) sem er sunnan Akrafjalls
51 N	Sá hluti Akrafjallsvegjar (51) sem er norðan Akrafjalls, frá göngum að
503	Gamli Innesvegurinn austan Akraness
503H	Nýlegur vegstubbur milli Akrafjallsvegjar og gamla Innesvegjar
509	Akranesvegur
47 Ferst-Hvalst	Hvalfjarðarvegur frá Ferstiklu að Hvalstöð
1 Göng-Hvalfj	Hringvegur frá norðurenda Hvalfjarðarganga að Hvalfjarðarvegi
1 Hafnarfjall	Hringvegur undir Hafnarfjalli

Ástand merkinga á flestum vegunum var kannað áður en vinna við prófunina hófst og er niðurstaða sýnd í töflu hér að neðan.

Prófunarkaflar	Slitlag	Umferð* (ÁDU/VDU)	Miðlína	Kantlína
51 S	Malbik'98	1300/1100	50 %slitin 1,5mm spr.	50% slitin máln.
51 N	Klæðning	900/500	Nýmáluð	Engin
503	Klæðning	500/400	Sýnileg	Engin
503H	Klæðning	500/400	Sýnileg	Engin
509	Malbik'98	2400/2000	50 %slitin 1,5mm spr.	50% slitin máln.
47 Ferst-Hvalst	Klæðning	300/170	Engin	Engin
1 Göng-Hvalfj	Malbik	2100/1300	-	**
1 Hafnarfjall	Klæðning	2200/1200	**	-

\* Ár-dagsumferð/vetrar-dagsumferð

\*\* Var ekki skoðað sérstaklega en ætla má að miðlína þessa vegar hafi verið horfin, en kantlína nokkuð vel sýnileg.

Prófunarkaflar	Prufur á miðl.	Prufur á kantl.	Útfærsla
51 S	1-6	1,2,3,5	Hvert sýni 2x600 m á hvorri akrein og miðju.
51 N	-	1,2,3	Hvert sýni um 5km á kanti.
503	1,2,3	1,2,3	Hvert sýni á 3-800m á hvorri akrein og miðju.
503H	3,5	1,2	Hvert sýni á 700m á hvorri akrein eða miðju.
509	2,3	1,2,3	Hvert sýni á 3-600m á hvorri akrein og miðju.
47 Ferst-Hvalst	1,2,3	-	Hvert sýni á 2000m á miðju.
1 Göng-Hvalfj	-	2,5	STS á austurkanti, vatnsmálning á vestari
1 Hafnarfjall	2,6	-	STS kafli (þykkt 1,5mm), annars Prismo

## Framkvæmdir

Vegmerking ehf. sá um að leggja allar línur nema með Prismo sprautumassa, þá vinnu framkvæmdi Vegamál ehf og með leysiefnamálningu málaði Vegagerðin í Borgarnesi. Þegar unnið var með Nor-Skilt STS efnið komu hingað tveir norðmenn til að tryggja gæði vinnunnar, Stein Dietrichson framleiðslustjóri Nor-Skilt og Sturlu Rognes frá norsku vegagerðinni.

Sturla vinnur hjá norsku vegagerðinni við ráðgjöf við einstök fylki varðandi vegmerkingar með sprautuplasti, leysa tæknileg vandamál og þróa áfram verktæknina. Hann hefur einnig á undanförunum árum unnið nokkuð fyrir Nor-Silt við að aðstoða þá verktaka í nágrannaríkjunum sem vilja prófa að nota Nor-Skilt efni. Sturla þekkir því vel til þeirra tækja sem notuð eru í Skandinavíu og vandamála sem upp koma.

Sturlu leist vel á sprautuplastbíl Vegmerkingar, hann er mjög öflugur og góður bíll. Það er þó ljóst að verktakinn sem lét byggja bílinn hafði ekki ótakmörkuð auraráð, sem sést til dæmis á því að hann hefur einn mjög stóran pott til að hafa nægjanlegt bráðið efni en ekki tvo helmingi minni sem flestir velja því það er þægilegra en aðvísu mun dýrara. Aðrar ábendingar sem komu frá Sturlu eru að;

- það vantar hitamæli á efni í þrýstítanki til að auðvelda stjórnun á línuþykkt og lögun línu
- það þyrfti að vera annað hjól eða sterkari festingar undir sprautusleða til að sleðinn sé stöðugri
- það þyrfti að hita upp sprautuloftið til að fá nægjanlegan hita í efnið við sprautun án þess að þurfa að hita það óheyrilega í bræðslupotti (Trysil segir að þetta sé ekki hægt því loftmagnið sé of mikið)
- það þyrfti að einangra rör niður að sprautu af sömu ástæðu
- það þyrfti síðara "pils" á sprautu, 3sm
- það þyrfti að vera stærra gat í perlusprautu til að fá nægjanlegt magn, í Noregi hafa menn 8mm gat
- það þyrfti loftstút framan við sprautu til að hreinsa vegyfirborðið
- áhöfnin þyrfti að hafa tiltækar andlitshlífar þegar unnið er við áfyllingu eða lagfæringu á búnaði. Tveir ljótir brunar sem gróa seint hafa orðið í Noregi á umliðnum árum, annar á handlegg og hinn á andliti.

Framkvæmdir hófust snemma í júní með því að Nor-Skilt-STS línurnar voru lagðar. Nokkurn tíma tók að stilla búnaðinn fyrir þetta efni, en Sturla sá um það. Það var ekki fyrr en norðmennirnir voru ánægðir með línurnar sem farið var inn á sjálft prófunarsvæðið og prufulínurnar lagðar. Á meðan á þessu stóð var öllum massanum haldið heitum. Miðlínur voru málaðar fyrstu tvo dagana en kantlínur þann þriðja, en svo langur upphitunartími er á mörkum þess sem efnið þolir.

Snemma í júlí var síðan málað með Cleanosol og Prismo sprautumassanum og vatnsmálningunni. Það að ekki tókst að setja allar línurnar niður á sama tíma telst nokkur ljóður á framkvæmd prófunarinnar og eðlilegt að túlka niðurstöður varlega í samræmi við það.

Erfiðlega gekk að fá yfirborðsperlurnar til að sitja rétt í Prismo línunum og gefa gott endurskin. Ástæðan er að öllum líkindum sú að gatið í perlusprautunni er svo lítið að

Það þarf óheyrilegan þrýsting til að fá nægjanlegt perlumagn. Við þennan þrýsting sprautast stærsti hluti perlanna niður í massann og virkar ekki.

Áður en framkvæmdir hófust í júní var miðlína máluð með leysiefnamálningu á 51N og í september byrjun voru málaðar kantlínur á 51N og 51S. Það er fylgst með þessum línunum og verða niðurstöður túlkaðar með þeim fyrirvara að línurnar eru málaðar á öðrum tíma en hin strikin.

### Þykktir lína

Ákveðið var að fela verktakanum að mála með vatnsmálningunni í þeirri þykkt sem hyldi vel á hverjum vegi og spara málninguna alla veganna ekki. Niðurstaðan var sú að málað var í svipaðri þykkt allstaðar, að meðaltali í þurrfilmubýkktinni 0,28mm.

Norðmönnum var falið að gera tillögu um þykkt á sínu efni. Þeir fylgdust með verkinu og töldu að sú þykkt sem lögð var væri heppileg. Hefðbundinn sprautumassi var lagður í hefðbundnum þykktum. Plötur voru settar á veginn og vigtaðar til að meta þykktirnar. Misjafnlega tókst að hitta á þá þykkt sem ætlunin var að hafa á hverjum stað, en meðaltals þykktir hvers efnis á hverjum vegi eru sýndar í töflum hér að neðan.

#### Þykktir miðlína í mm

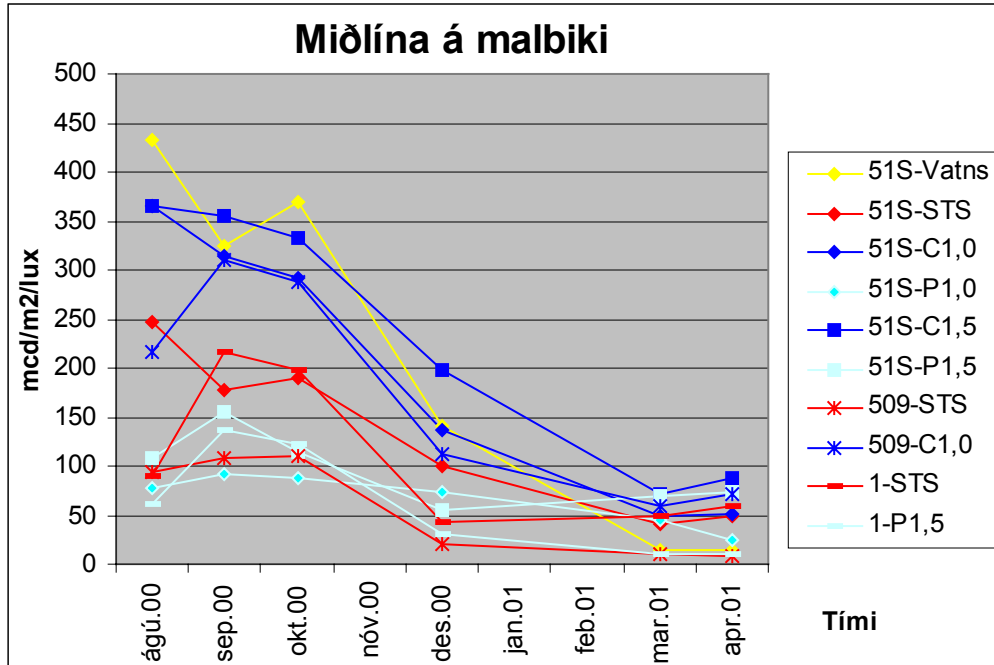
Vegur	Yfirborð	Vatnsm.	STS	C1,0	P1,0	C1,5	P1,5
51 S	Malbik	0,28	0,44	0,77	1,15	1,45	1,74
503H	Klæðning			1,26	1,47		
503	Klæðning	0,28	0,43				
509	Malbik		0,50	1,33			
Hvalfj	Klæðning	0,28	0,54	1,06			
1	Malbik		1,33				

#### Þykktir kantlína í mm

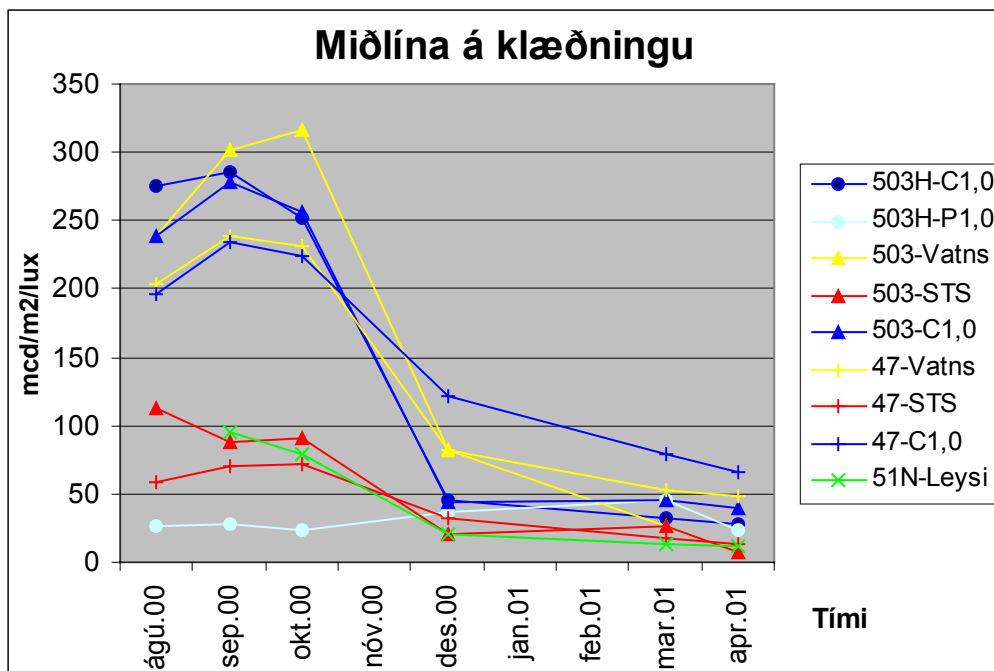
Vegur	Yfirborð	Vatnsm.	STS	C1,0	P1,0
51 N	Klæðning	0,28	0,47	1,00	
51 S	Malbik	0,28	0,45	0,97	1,10
503H	Klæðning	0,28			
503	Klæðning	0,28	0,49		
509	Malbik	0,28	0,42	0,95	
1	Malbik	0,28	0,50		

### Endurskinsmælingar frá sumrinu '00 til sumars '02

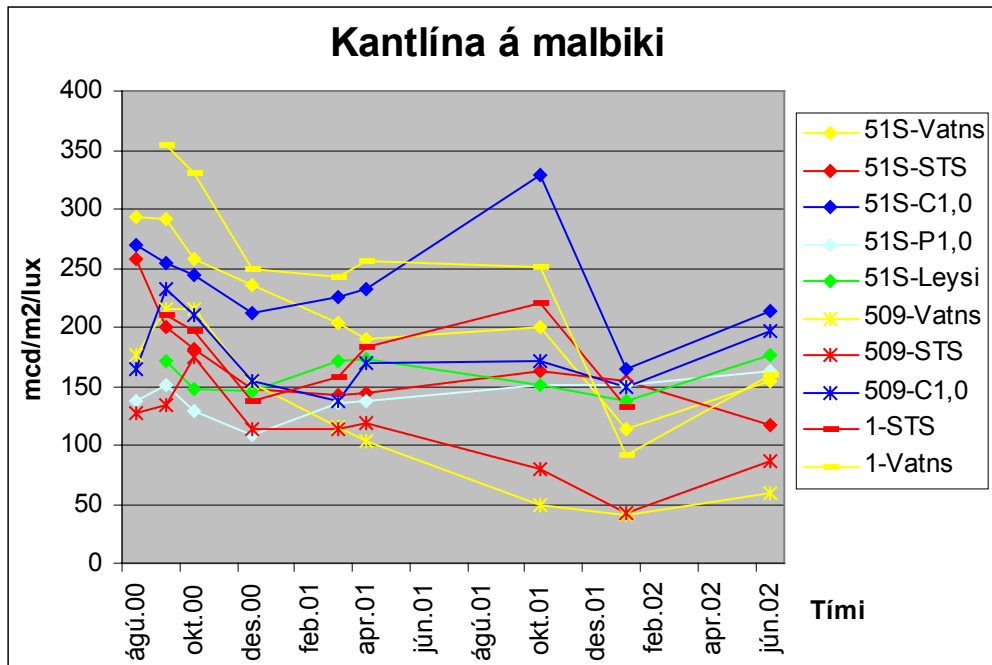
Endurskin línanna var mælt sex sinnum á fyrra árinu og þrisvar á kantlínunum eingöngu á síðara árinu. Niðurstöðurnar eru sýndar á línuritum hér fyrir neðan. Gildin eru meðaltal 3-15 mælinga, í flestum tilfellum 6 eða 12 mælinga.



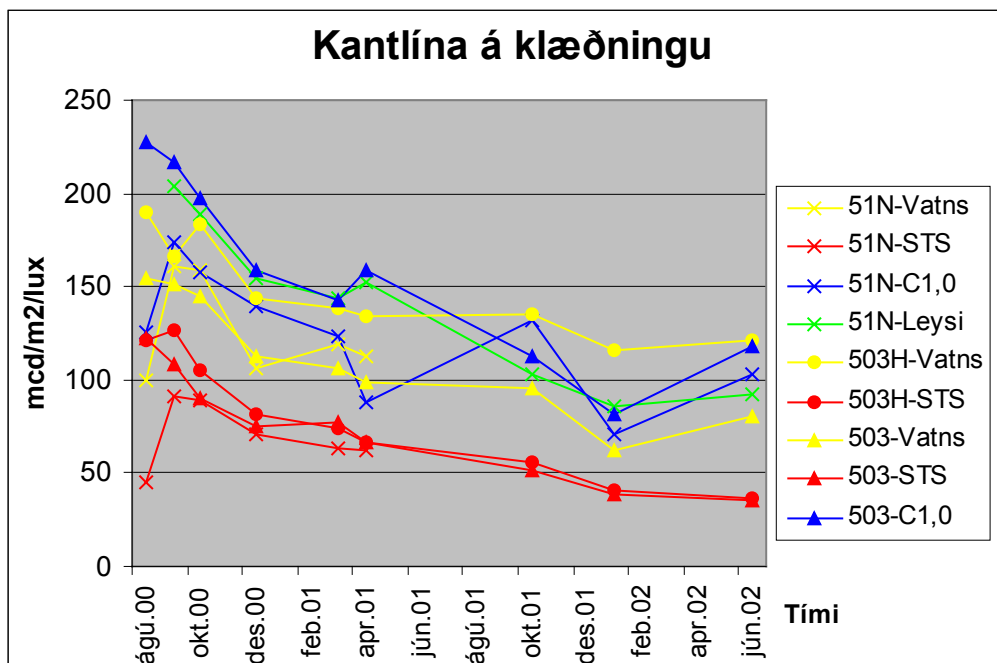
Tjara var mikil á STS línunni á vegi 1 í ágúst '00 vegna nýlegra viðgerða á vegi. Tjaran er enn mjög áberandi í sept. og okt. en horfin í des.



Leysiefnamálning á 51N var ekki mæld í ágúst. Línan þótti frá upphafi frekar þunn og léleg, það grisjaði gegnum hana eins og þunnmálningu sem stundum er notuð sem bráðabirgðamerking. Það var því ekki talið að hægt væri að dæma leysiefnamálningarlínur út frá henni.



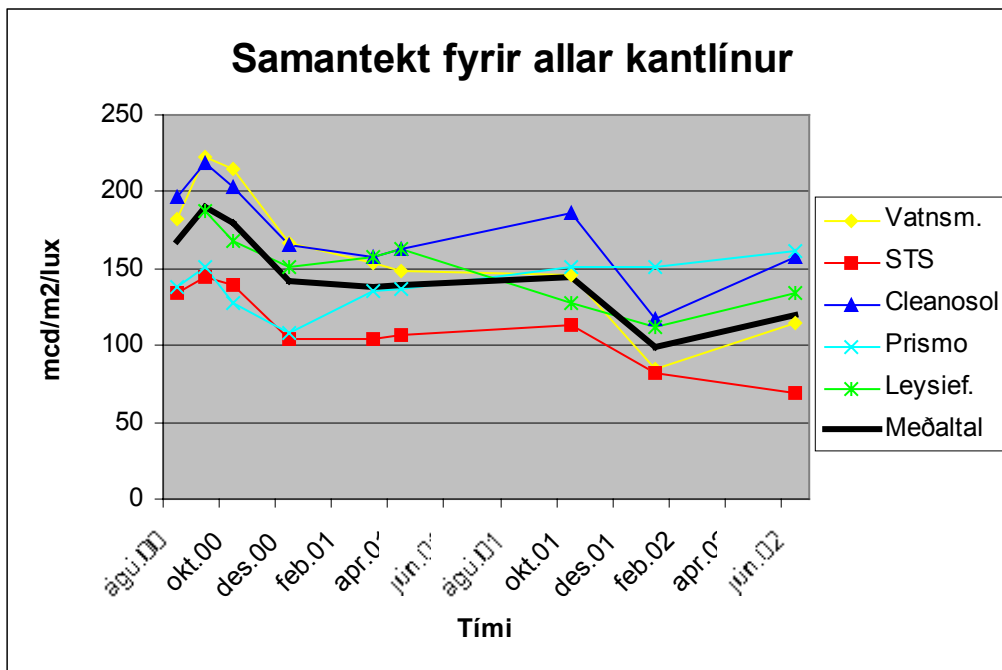
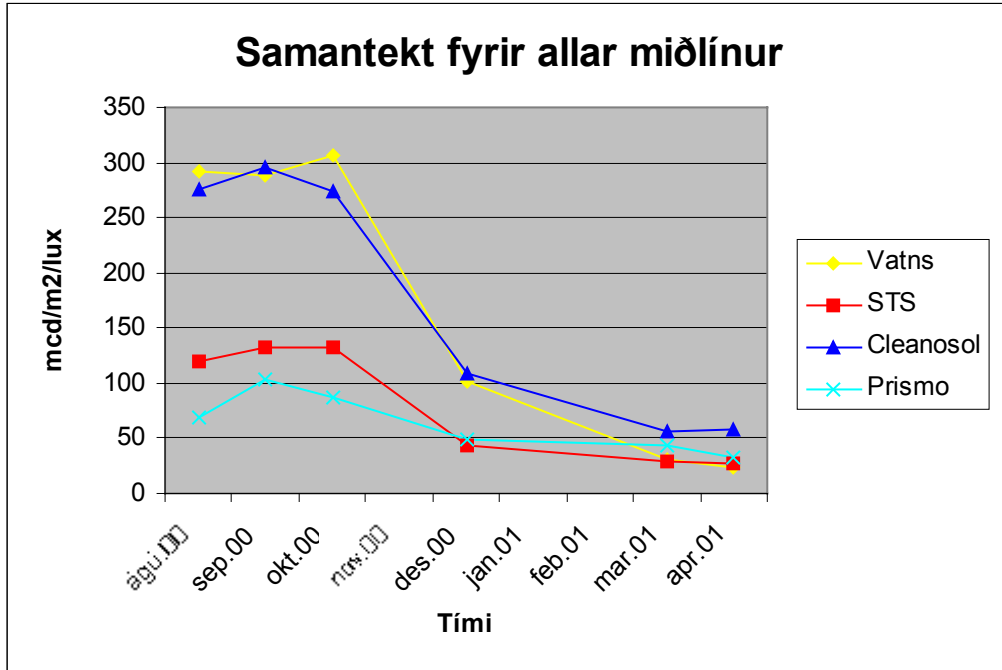
Línur á vegi 1 voru ekki mældar í ágúst '00.



Framangreind fjögur línurit fyrir þróun endurskins einstakra lína sýna svipaða þróun hjá öllum miðlínurum annarsvegar og öllum kantlínurum hins vegar. Til að fá betri yfirsýn



yfir þróunina hjá einstökum vegmerkingarefnum hefur hún verið tekin saman á næstu tveimur línuritum.



Á það er rétt að benda að einungis ein Prismo lína (P1,0) og tvær leysiefnamálningar línur eru inni í samantektinni yfir kantlínur. Vægi þeirra er því einnig lítið í vegna meðaltalinu.

## Sýnileiki í birtu

Engar mælingar voru gerðar á sýnileika línanna í birtu. Sýnileikinn ræðst af hvítleika og hvað línan hylur enn stóran hluta þess yfirborðs sem hún á að hylja. Með þessum þáttum hefur aðeins verið fylgst þótt mælingar hafi ekki farið fram. Allar línurnar voru mjög hvítar í byrjun (nema máluð miðlína á vegi 51 norðan Akrafjalls sem ekki huldi) en óhreinkun og slit var mismunandi.

Á kantlínunum varð ekki vart við neitt slit að ráði fyrsta árið, en lítilsháttar litarmismun mátti greina á línunum. STS efnið frá Nor-skilt hafði á flestum vegum óhreinkast mest en munur milli hinna efnanna var minni. Á sumum stöðum virtist sprautumassinn frá Cleanosol og vatnsmálningin hvítari en hin efnin. Á síðara árinu varð STS efnið enn daufara og áberandi verri merking en hinar línurnar og vatnsmálningin varð einnig mjög dauf á mest keyrða veginum (509).

Á miðlínunum er óhreinkun línanna mjög svipuð en slitið mismunandi. Í apríl '01 er staðan þessi:

Á vegi 47 (VDU 170) eru allar línurnar mjög greinilegar. Best er C1,0 þar sem um 80% af yfirborðinu er enn hulið, lítið eitt síðri er vatnsmálningin þar sem um 60% af yfirborðinu er enn hulið, og síst er STS sem ekki er eins hvít og einungis um 50% af yfirborðinu er enn hulið.

Á vegi 503 (VDU 400) er vatnsmálningin og STS nánast alveg horfið, en C1,0 og P1,0 sést vel, hylur 2/3 yfirborðsins en steinarnir í klæðningunni koma í gegn.

Á vegi 51 sunnan Akrafjalls (VDU 1100) má nánast alls staðar greina miðlínurnar, en mjög misvel. Slit er mun minna vestan vegamóta við 503 enda umferð þar minni. Verst farin er STS á eystri hlutanum sem hylur um 10% yfirborðs og síðan vatnsmálning og C1,0, sem þarna er einungis 0,7 mm þykk, þessar merkingar hylja einungis um 20% yfirborðs. Aðrar merkingar hylja 50 - 100 % yfirborðs í þokkalegu samræmi við þykkt.

Á vegi 509 (VDU 2000) er STS horfið, en C1,0 er heilleg lína

Á hringvegi undir Hafnarfjalli (VDU 1200) er sprautumassinn víðast alveg horfinn en annars staðar er línan jafnvel nokkuð heilleg, sérstaklega STS línur þar sem þær eru lagðar í 2,5 mm þykkt. Einnig má finna þar kafla þar sem STS í 1,3 mm þykkt og P1,5 hylur yfir 50% yfirborðs. Ástandið er áberandi verra en á vegi 51 sunnan Akrafjalls þar sem vetrarumferðin er lítið eitt minni og á vegi 509 þar sem vetrarumferð er mun meiri. Á þessum vegum er malbik og þekkt er að vegmerkingar endast betur á malbiki og líklega er þar hægari umferð sem veldur því að naglarnir höggva ekki eins fast.

## Umræða

Af framkvæmd prófana og reglulegum mælingum á línunum og með hliðsjón af þeim norsku prófunum sem jafnframt er lýst í þessari skýrslu er hægt að draga nokkrar ályktanir. Það er sérlega athyglisvert hvað niðurstöður eru skýrar og hvað niðurstöður af mismunandi og ólíkum vegum eru samhljóða.

Helstu ályktanir varða samanburð á virkni málningar og sprautumassa á miðlínunum annars vegar og kantlínunum hins vegar og eru eftirfarandi:

- Miðlínur með góðri perludreifingu drop-on perla halda endurskininu 200-400mcd/m<sup>2</sup>/lux þar til nagladekkin eru sett undir. Nagladekkin eyðileggja virkni yfirborðsperlanna, hún er komin niður í 50-200mcd/m<sup>2</sup>/lux um miðjan desember og í mars er virkni yfirborðsperlanna engin. Þetta gildir bæði fyrir vatnsmálningu og sprautumassa á malbiki og klæðningu á vegum allt að 2500ÁDU.
- Síðari hluta vetrar byggist endurskin miðlína á íblönduðum perlum, endurskin málningar er því ekkert nema að umferðaralag sé afar lítið og endurskin sprautumassa er yfirleitt 40-80mcd/m<sup>2</sup>/lux.
- Endurskin íblönduðu perlanna sést best þegar allar drop-on perlurnar eru farnar en línan samt ekki gegnum slitin. Þannig mælingar á miðlínunum á malbiki voru gerðar í mars og apríl '00, mælingar voru 30 á Prismo og 36 á Cleanosol 6731B. Taflan hér að neðan sýnir meðaltal þessara mælinga og endurskin á þeim mælistað sem gaf besta virkni premix perlanna (meðaltal þriggja mælinga).

	Meðal endurskin (mcd/m <sup>2</sup> /lux)	Hámarks endurskin (mcd/m <sup>2</sup> /lux)
Prismo (20% gler)	54	76
Cleanosol 6731B (25% gler)	65	88

Nokkur þróun er í nágrannalöndunum í átt til herra glerinnihalds massa. Í skýrslunni “The effect of in-mixed beads on performance of road marking” sem finnska tæknistofnunin VTT gaf út í janúar á þessu ári og byggir á tveggja ára nokkuð umfangsmiklun prófunum er það ein af helstu niðurstöðunum að hver auka 10% í glerinnihaldi auki endurskin massa um 22-29 mcd/m<sup>2</sup>/lux. Það eru að vísu miklu fleiri þættir sem hafa áhrif á styrkleika endurskinsins og engin trygging fyrir því að efni með herra glerinnihaldi gefi herra endurskin, en þessi þumalputtaregla Finnanna er í góðu samræmi við mælingar okkar.

Víðast hvar er miðað við 20% sem lágmark eins og hér á landi, en miðað við þessar niðurstöður má búast við að fleiri feti í fótspor Norðmanna og Svía og lágmarkið fari að þokast upp. Áhugavert væri að fá massa frá Norski eða Cleanosol með 40-50% glerinnihaldi til prófunar hér, ef Finnarnir hafa á réttu að standa haldast þær merkingar yfir 100 mcd/m<sup>2</sup>/lux allan veturinn.

- Sýnileiki í birtu helst ágætur meðan línan slitnar ekki af veginum. Málningin hverfur á umferðarmeiri vegum fyrir jól. Sprautumassi endist lengur, er oftast sýnilegur fram á vor ef hann er nógu þykkur. Allar miðlínurnar í þessari prófun sáust vel í birtu um miðjan desember '00 en greinilegt slit sást í málningunni (nema í Hvalfirði) og á hringveginum sást slit á 1,5mm sprautumassa. Um miðjan

mars '01 var málning að mestu horfin á miðlínu (nema í Hvalfirði) og á hringveginum var 1,5mm sprautumassi horfinn á köflum, hins vegar voru 2,5mm þykkar línur mjög fallegar í dagsbitru.

- Kantlínur halda perlunum miklu betur. Sérstaklega er það athyglisvert hvað sprautumassaðar kantlínur á malbiki halda sér vel. Góð perludreifing í upphafi tryggir u.þ.b. jafn gott endurskin þar til vetur gengur í garð. Þá eykst óhreinun og staðbundnar skemmdir eru vegna plóga. Þar sem þessar skemmdir eru ekki þeim mun meiri uppfylla línurnar kröfur allan fyrsta veturinn um 100mcd/m<sup>2</sup>/lux sem algengar eru í N-Evrópu. Á seinni vetrinum fara margar kantlínur á klæðningu undir 100mcd/m<sup>2</sup>/lux mörkin og einnig málning og STS á umferðarmesta malbiksveginum.
- Fyrir utan það að STS efnið hafi ekki styrk til að endast í þunnum lögum á okkar vegum þá er ein hugsanleg ástæða fyrir lélegri útkomu STS efnisins í um 0,5 mm þykkt að notaðar eru sílanhúðaðar perlur. Fræðilega eiga svona perlur að haldast betur í yfirborðinu en þekkt er að endurskin þeirra er mun lakara í byrjun. Pierre Kalis forstjóri hjá perluframleiðandunum Sovitec telur að hefðbundnar sílanhúðaðar perlur eins og þær hafa verið framleiddar nái ekki sama endurskini og hefðbundnar perlur fyrsta árið og þar sem málað er á hverju ári eins og hér á landi séu þær verri kostur (hann vonast til að vera að leysa þetta vandamál og geta boðið upp á betri perlur). Þessi skoðun er í samræmi við fyrri prófanir á sílanhúðuðum perlum hér á landi og slæma útkomu STS í þunnum lögum. Þar sem STS efnið kom vel út í 1,3 -2,5 mm þykkt undir Hafnarfjallinu voru notaðar hefðbundnar perlur.
- Íslensku verktakarnir tveir í sprautumössun hafa yfir að ráða þökkalegum búnaði en ekki gallalausum frekar en við má búast af litlum verktökum. Takmörkuð gæði búnaðar kom þó ekki í veg fyrir Vegmerking gæti undantekninga lítið lagt góðar línur á profusvæðið, en línur Vegamála eru að stórum hluta mjög lélegar.

## Niðurstöður

Helstu niðurstöður verkefnisins eru:

- Ekki er að sjá að sprautumassi í þykktum undir 1 mm hafi neinn kost fram yfir málningu, en nokkra ókosti. Ný kynslóð þunnsprautumassa frá Nor-Skilt virðist ekki líkleg til að hafa góða endingu í 0,5mm þykkt við íslenskar aðstæður, hann virðist þurfa að vera þykkari. Þetta er í samræmi við niðurstöður af kantlínunum í N-Noregi.
- Ekki er sjá að sprautumassi hafi neina kosti fram yfir málningu í kantlínunum á klæddum vegum, en í kantlínunum á meira keyrðum og malbikuðum vegum má á öðrum vetri greina að sprautumassinn heldur endurskininu betur en málning.
- Kostir sprautumassa á miðlínu fram yfir málningu eru sýnileiki í birtu og 40-80mcd/m<sup>2</sup>/lux endurskin yfir mesta skammdegið og fram á vorið. Það er háð umferðarálagi hvað málningin hverfur fljótt eftir 1. nóvember en sprautumassinn endist einhverjum mánuðum lengur.
- Munur á endurskini premix perla í þeim tveimur tegundum sprautumassa sem notaðar hafa verið hér á landi á umliðnum árum er í samræmi við þumalputtareglu um að hver auka 10% í glerinnihaldi auki endurskin massa um 22-29 mcd/m<sup>2</sup>/lux.
- Sílanhúðaðar perlur eins og þær hafa verið framleiddar passa ekki hér á landi.
- Frávik frá réttum gæðum voru mun algengari í vinnu með sprautumassa en málningu og sama saga var í norsku prófununum. Þetta samræmist þeirri viðteknu skoðun að við sprautumössun geti miklu fleira farið úrskeiðis og hún krefjist mun meiri þjálfunar starfsmanna og viðhalds búnaðar.
- Lengi býr að fyrstu gerð. Fylgni er nokkuð góð milli hlutfallslegs endurskins nýlegrar lína og endurskins þeirra þar til þær slitna í gegn.