

Ljósvalki

Smíði og hönnun tækis til mælinga á endurskinu vegstika

Kristinn Fannar Pálsson

Bárugötu 37
101 Reykjavík
kfp@hi.is

Útdráttur. Mælitækið Ljósvalki er ljósmælitæki sem ætlað er til mælinga á endurskinu vegstika. Mælitækið nemur spennu sem verður til þegar ljósi er beint að tækinu. Spennan er svo mæld með datalogger og gildin lesin inn í tölvu, þar sem unnið er úr þeim. Prófanir voru gerðar á frumgerð mælitækisins og það var betrubætt auk þess sem keyptur var búnaður og öðrum skipt út fyrir annan betri. Niðurstöður prófana sem gerðar voru í ár og síðasta sumar gefa til kynna að hægt sé að nota tækið eins og upphaflega stóð til en þó bendir allt til að gagnauðvinnslan verði flóknari en gert var ráð fyrir í upphafi.

Inngangur

Verkefnið Ljósvalki er unnið í framhaldi af verkefni við Háskóla Íslands sem snérist um frumhönnun mælitækis til mælinga á endurskinu vegstika. Rannsóknarráð umferðaröryggismála veitti styrk til framleiðslu frumgerðar mælitækisins og prófana á því vorið 2002 og framhaldsstyrk vorið 2003.

Þessi hluti verkefnisins snýst um hönnun og notagildi mælitækisins við raun- aðstæður. Notagildi mælitækisins við raun- aðstæður er að miklu leiti háð þeim óvissuþáttum sem fram komu í fyrri hluta verkefnisins og eru þeir því skoðaðir nánar.

Mældur ljósstyrkur

Þegar að ljósgjafi gefur frá sér ljósorku sem dreifist í allar áttir gildir um styrk hans (mældur í vöttum) að hann er fall af mældum ljósstyrk og fjarlægð mælitækis frá ljósgjafa skv. eftirfarandi jöfnu.

$$\text{Styrkur ljósgjafa} = \frac{\text{mældur ljósstyrkur}}{4 * \pi * r^2} \quad (1)$$

Þar sem r er fjarlægð ljósgjafa frá mælitæki.

Ofangreind formúla á einnig við um vegstikur þar sem endurskin vegstikunnar er ljósgjafinn. Ljósnefni sjálfur sem notaður er í mælitækinu mælir spennu. Samband spennu og orku í vöttum má lýsa með eftirfarandi jöfnu.

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (2)$$

Þar sem V er mæld spenna og R er viðnám ljósmælisins. Viðnám ljósmælisins er fasti og stýttist því út í jöfnu 1 þannig að eftir situr spennan V. Þá má endurskrifa jöfnu 1 sem.

$$\text{Raunveruleg spenna} = \frac{\text{mæld spenna}}{4 * \pi * r^2} \quad (3)$$

Þær upplýsingar sem fást úr mælingu endurskinsins með þessu móti duga því til að hægt sé að búa til viðmið sem nothæft er við mat á endurskinum vegstika. Viðmiðið er t.d. hægt að gera með því að stilla saman endurskin vegstika sem er mælt með ljósmæli og mælda spennu með Ljósavaka.

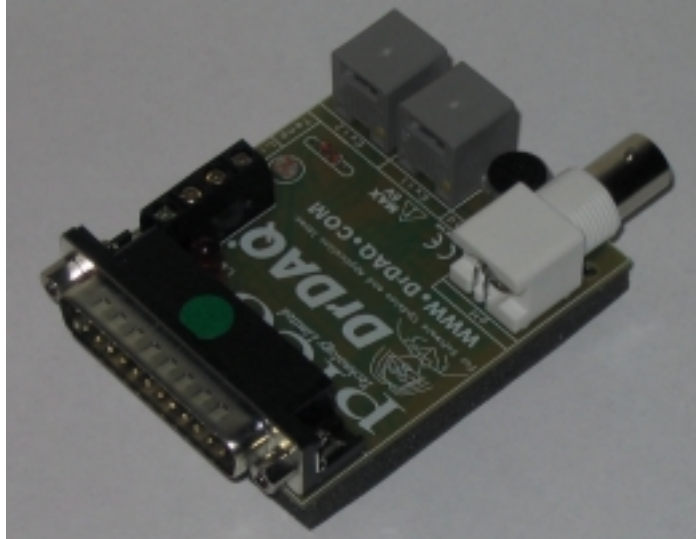
Búnaður

Hluti þess búnaðar sem notaður var í upphafi verkefnisins var fenginn að láni meðan leitað var af hentugum tækjakosti. Ljósmælitækið sjálft hefur haldið upprunalegri mynd en skipt hefur verið um ljósgjafa og uppsetning búnaðarins einfölduð.

Gagnasöfnunarbúnaður (datalogger)

Gerðar voru prófanir með samskonar datalogger og Vegagerðin notar til öflunar gagna frá veðurstöðvum. Einnig voru gerðar prófanir með datalogger sem Vegagerðin fékk til prófunar. Þeir dataloggerar sem Vegagerðin notar eru mun öflugri og fullkomnari heldur en nauðsynlegt er við þá gagnasöfnun sem fyrirhuguð var. Við þetta verkefni var ætlunin að safna gögnum á rauntíma inn í tölvu og vinna strax úr þeim þar.

Keyptur var datalogger af gerðinni Dr.Daq til gagnasöfnunar. Dataloggerinn er beintengdur við ferðatölvu og söfnunartíðni hans og geta er háð örgjörva og minni tölvunnar. Dataloggerinn fær að auki orku frá tölvunni og því er uppsetning búnaðarins mun einfaldari heldur en með þeim dataloggerum sem prófaðir voru í upphafi.



Mynd. 1. Dr.Daq datalogger. Dataloggerinn er tengdur tölvu í gegnum prentarakapal sem flytur gögn og straum. Dataloggerinn býður upp á mælingar straums, spennu og viðnáms auk þess sem að hann er með innbyggðan ljós-, hljóð- og hitamæli. Á honum eru einnig tengi fyrir tilbúin mælitæki.

Ljósgrafi

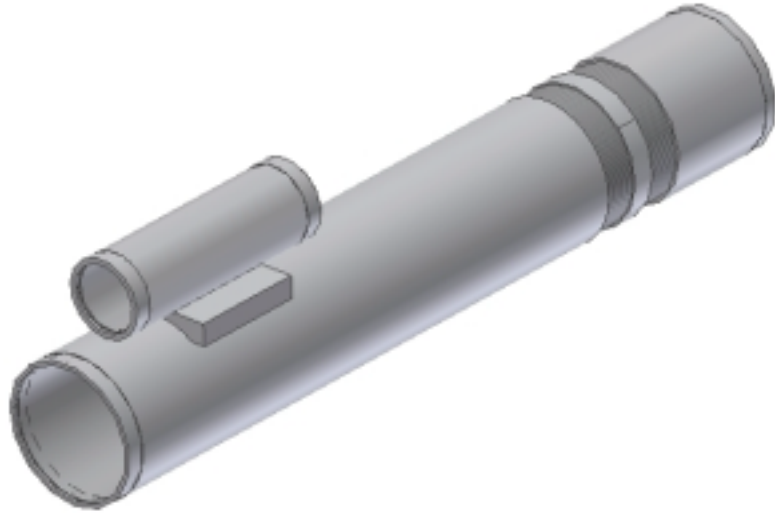
Í upphafi verkefnisins var notast við 100 vatta ljóskastara sem tengja þurfti sérstaklega við 12 volta kerfi. Fyrstu mælingarnar voru gerðar innandyrna og þurfti því sérstakan 12 volta aflgjafa til að knýja ljóskastarann. Það hafði þann ókost í för með sér að þegar aflgjafinn fór að hitna mikið mátti sjá breytingar á ljósinu og komu áhrif þess fram við mælingar á endurskini nýrrar vegstíku. Annar ókostur var uppsetning þessa búnaðar. Tengja þurfti kastarann sérstaklega inn á rafkerfi ökutækis og þar með var uppsetningin orðin of flókin til að hægt væri að hlaupa með búnaðinn í prófanir.

Til að bæta úr þessu var farin sú leið að nota 50 vatta halogen peru sem var fest í venjulegt perustæði. Einnig var keyptur spennubreytir sem breytir 12 voltum í 220 volt og nota má til að knýja bæði ljósið og ferðatölvu. Með þessu var uppsetning tækjabúnaðarins einfölduð til muna.

Hús utan um ljósabúnað og festingar

Í fyrstu prófunum með Ljósavaka var notast við ljóskastara sem var sjálfstæð eining og var ætlunin að vera með hann framan á ökutæki eða á hlið þess. Sú aðferð að notast við halogen peru sem skrúfa má í venjulegt perustæði hefur þann kost fram yfir áður nefndan ljóskastara að einfalt er að festa hið nýja ljós á sjálft mælitækið og þar með er búnaðurinn orðin sjálfstæð eining og uppsetning hans á ökutæki mun einfaldari en ella.

Hannað hefur verið hús utan um ljósaustæði og fótur sem kemur á milli þess og mælitækisins.



Mynd. 2. Fyrirhugað hús utan um ljósabúnað ofan á mælitækinu ásamt fæti þess.

Þekktir óvissuþættir

Fram kom í fyrri hluta verkefnisins að helstu óvissuþættir við fyrirhugaðar endurskinsmælingar eru til komnir vegna breytilegra umhverfisþátta og hreyfingar mælitækisins.

Óvissa vegna umhverfisþátta

Til umhverfisóvissuþátta telst endurkast af hlutum í nágrenni vegstikunnar, endurkast af stikunni sjálfri, akstursstefna gagnvart sólu, hæð sólar, birta utandyra og bleyta.

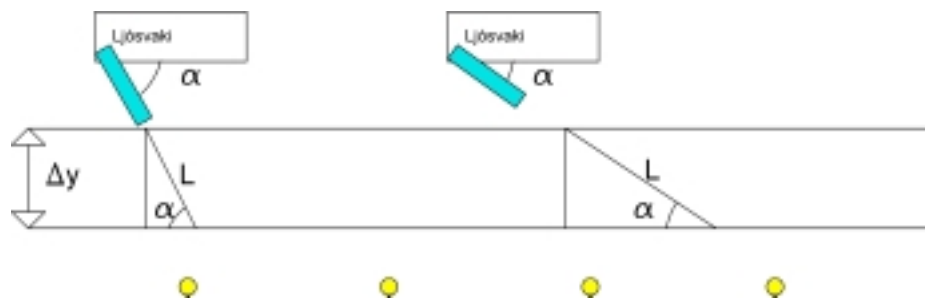
Óvissa vegna hreyfingar og staðsetningar mælitækis

Þar sem að mæling ljósorku er háð fjarlægð og ferð mælitækis frá ljósorkugjafa er stöðugleiki mælitækisins, gagnvart þeim ferli sem ekið er eftir, mikilvægur þáttur. Sé akstursferill bíls sem er að mæla endurskin eftir vegi skoðaður þar sem að fjarlægð mælitækisins frá hverri vegstiku fyrir sig er mismunandi (rauður ferill á mynd 3), má sjá skv. formúlu 1 að munur getur verið milli mæligilda ljósendurkasts eins vegstika.

Til að minnka óvissu tengda akstursferli bíls gagnvart línu vegstika (sjá mynd 3, rauður ferill) má t.d. stækka hornið α eins mikið og unnt er. Með því móti minnkar aukning á fjarlægð mælitækisins frá endurskini vegstikunnar minna en ella (sjá mynd 4). Mælihorn undir 20° auka mjög á mælióvissuna. Graf sem sýnir mismunandi fjarlægðir D_y sem fall af mælihorni er að finna í viðauka 1.1.



Mynd 3. Æskilegur (grænn) og óæskilegur (rauður) akstursferill bíls við mælingu endurskins.



Mynd 4. Samband hornsins α og aukningar á fjarlægð Δy . Sé α stækkað minnkar L í hlutfalli við $L = \Delta y / \sin(\alpha)$.

Prófanir

Prófanir voru gerðar á ofangreindum óvissuþáttum. Við prófanirnar hefur dataloggerinn verið stilltur þannig að hann les mælingar á 40 millisekúndna fresti eða með tíðninni 25Hz.

Áhrif litar stiku á mælingar

Við frekari prófanir á vegstikum snemma sumars komu fram grunsemdir um hvort gulur litur stikunnar hefði áhrif á fyrirhugaðar mælingar. Þar af leiðandi var ákveðið að prófa það frekar í dagsbirtu.

Prófanir voru gerðar á því hvort gulur litur vegstiku hefði áhrif á mælingar endurskins frá stiku með nýju endurskini. Mælibúnaðurinn og vegstikan voru sett upp í dagsbirtu utandyra og vegstikan þakin með svörtum pappír sem hægt var að kippa í burtu í miðri mælingu. Mynd 5 sýnir uppsetningu tilraunarinnar.

Fyrst var tekin mæling án þess að stikan væri til staðar og því næst var stikan sett fyrir framan mælitækið, þar sem vegstikan var þakin svörtum pappír. Því næst var svartur miði tekinn af endurskini hennar og svo stuttu síðar svartur miði fjarlægður af

sjálfri stikunni þannig að gulur flötur hennar kom í ljós. Að lokum var svartur miði settur á endurskin stikunnar.

Þessar mælingar voru gerðar tvisvar með vegstikuna í mismunandi fjarlægð.



Mynd 5. Uppsetning búnaðar við prófanir á áhrifa litar vegstiku á mælingar.

Prófanir úr bíl á ferð

Til að skoða virkni og notkunarmöguleika mælitækisins við raunaðstæður voru gerðar tilraunir með það í bil á ferð. Fyrstu prófanir með upprunalegum ljósabúnaði gáfu til kynna að ólíklegt væri að hægt væri að nota það á ferð en ákveðið var að prófa það frekar með hinum nýja ljósabúnaði. Útbúnaðurinn var settur saman í fólksbíl og mælt út um gluggann. Gerðar voru mælingar í þurrviðri og rigningu.

Niðurstöður prófana

Áhrif guls litar vegstikunnar á mælingarnar eru óveruleg. Hinsvegar kemur fram að áhrifa gætir frá vegstiku sem er staðsett mjög nálægt mælitækinu. Prófanir úr bíl á ferð gefa einnig til kynna að hlutir staðsettir nálægt mælitækinu s.s. skiltastangir, vegvísar o.fl. hafa áhrif á mælingarnar með þeim hætti að greining mæligagna verður flókin ef stikulínan er óregluleg og almennt í mjög slæmu standi.

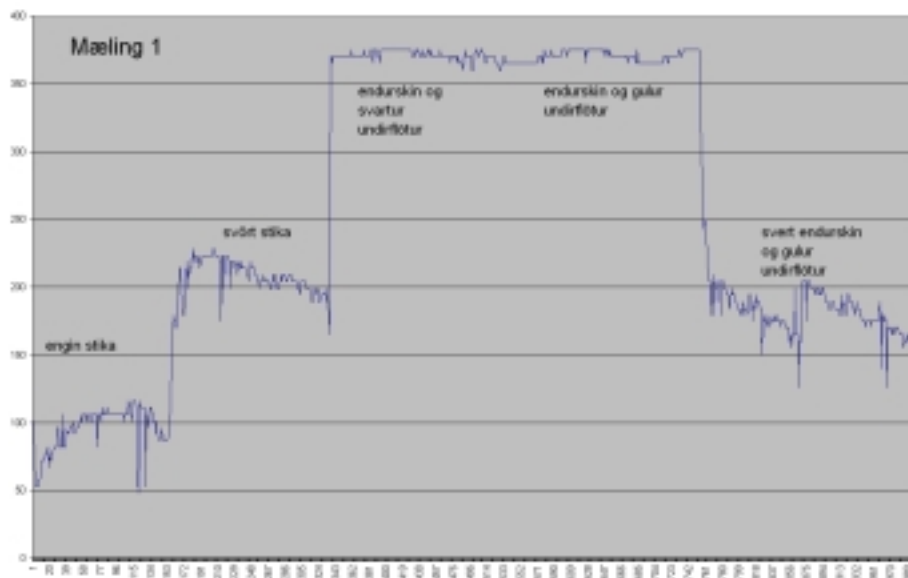
Umhverfisþættir á borð við birtu og snjó virtust ekki hafa afgerandi áhrif á mælingarnar. Mælingarnar voru framkvæmdar við mismunandi birtuskilyrði og af myndum 8 og 9 má sjá að mismunandi birtuskilyrði hafa mest áhrif á mæligildi milli mælitoppa sem til verða þegar ekið er fram hjá vegstiku, eða þegar mælt er út í loftið. Snjó í vegkanti veldur því að þessi mæligildi verða hærri en ella, en þegar mælt er í snjó verður ljósmælirinn forspenntur að 100 mV.

Rigning eða blautar vegstikur hafa þau áhrif á mælingarnar að endurkast frá þeim verður hærra en ella. Hér getur munað allt að 50 mV. og mælingar út í loftið eru mun óstöðugri heldur en þegar þurr er.

Áhrif litar stiku á mælingar

Mæling 1

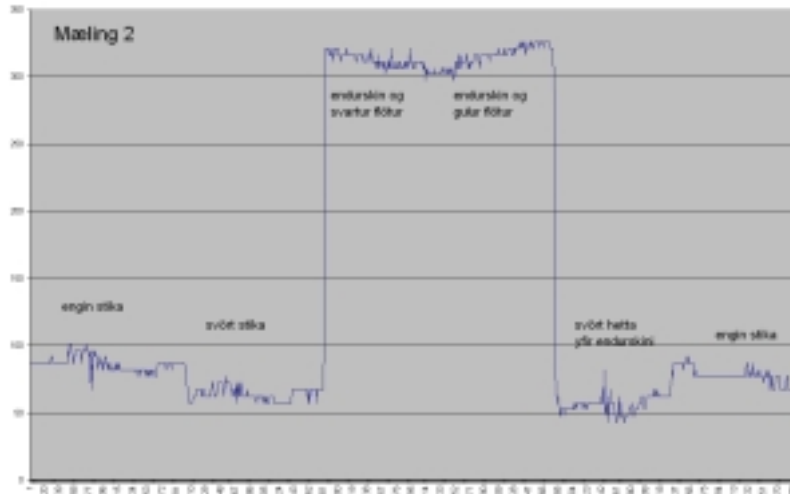
Fyrst er mælt án þess að stika sé fyrir framan mælitækið. Því næst er vegstika sem þakin er svörtum pappír í 80 sm fjarlægð frá mælitækinu á meðan mælingu stendur. Þá er svartur pappír fjarlægður af endurskini hennar og þar á eftir er hann einnig fjarlægður af gulum fleti stikunnar. Að lokum er svartur pappírinn settur aftur á endurskin vegstikunnar. Mynd 6 sýnir mæliniðurstöðurnar.



Mynd 6. Ferillinn sýnir mældu spennu (mV). Þegar engin stika er fyrir hendi mælist mesta spenna í kringum 100 mV. Þegar búið er að setja upp stiku sem er fullkomlega svört mælist spennan á bilinu 200 – 230 mV og þegar búið er að fjarlægja svartan pappír frá endurskini hennar mælist spenna í kringum 370 mV. Þegar endurskinið er síðan svart í lokin fellur endurskinið niður í u.þ.b. 200 mV. Hér sést mikið flökt á mæligildunum þegar stikan er svört.

Mæling 2

Nú er vegstikan sett í 280 sm fjarlægð frá framenda ljósvakans. Mælingin fer fram á sama hátt og fyrri mælingin.



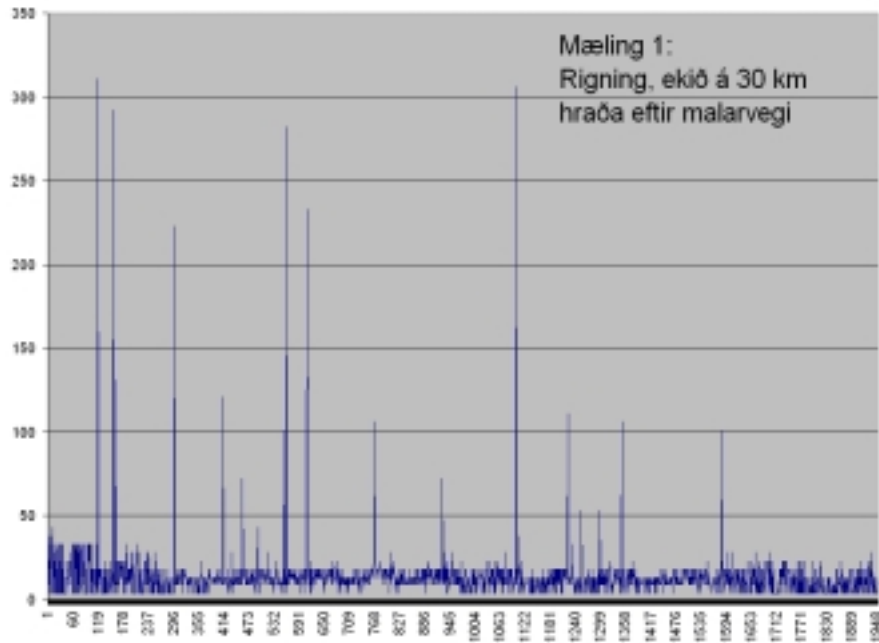
Mynd 7. Ferillinn sýnir mældu spennu í mV. Í fyrstu er engin stika í mælisviðinu en þegar henni er komið fyrir í 2,8m fjarlægð fellur spennan niður úr 90 mV niður í u.þ.b. 70 mV. Þegar endurskin vegstikunnar er gert sýnilegt mælist spennan á milli 300 og 320 mV og þegar gulur flötur stikunnar er gerður sýnilegur fer spennan hæst upp í 325 mV. Þegar endurskinið er síðan svert fellur spennan niður í u.þ.b. 50 mV og þegar stikan er fjarlægð fer endurskinið upp í u.þ.b. 70 mV.

Mælingar úr bíl á ferð

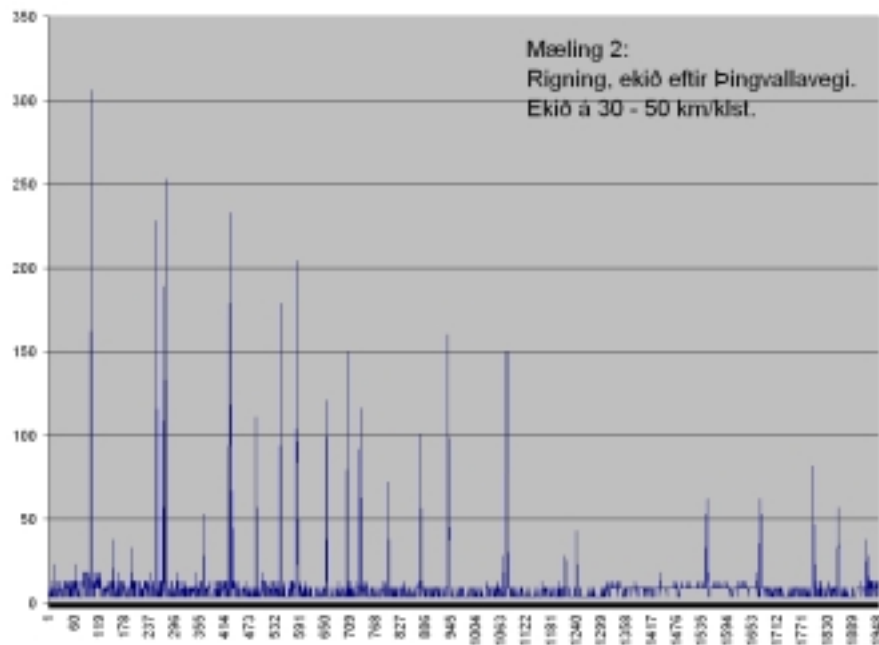
Mælingar í rigningu

Til að meta hvort munur væri á mælingum við mismunandi umhverfisaðstæður þá voru framkvæmdar mælingar á malarvegi og vegi með bundnu slitlagi. Malarvegurinn var mjög blautur og snjór allt í kringum hann. Birtuskilyrði voru ekki nægilega góð til að til dagsbirtu megi teljast, sökum þess hve skýjað var.

Mælitækinu var beint út um glugga á bíl á ferð og haldið eins stöðugu og unt var. Þó sveiflaðist það eitthvað með vind og mælihornið α var því breytilegt, yfirleitt í kringum 30° .



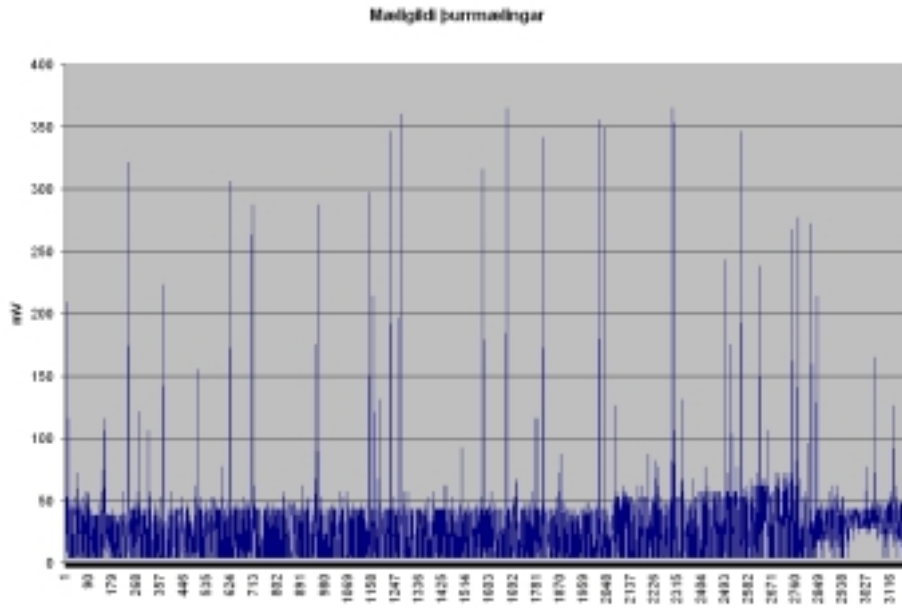
Mynd 8. Línurit mælinga úr regnmælingu á malarvegi. Ekið var á 30 km/klst



Mynd 9. Línurit mælinga úr regnmælingu á vegi með bundnu slitlagi. Í upphafi var aksturhraði 30 km/klst en hann var aukinn jafnt í 50 km/klst.

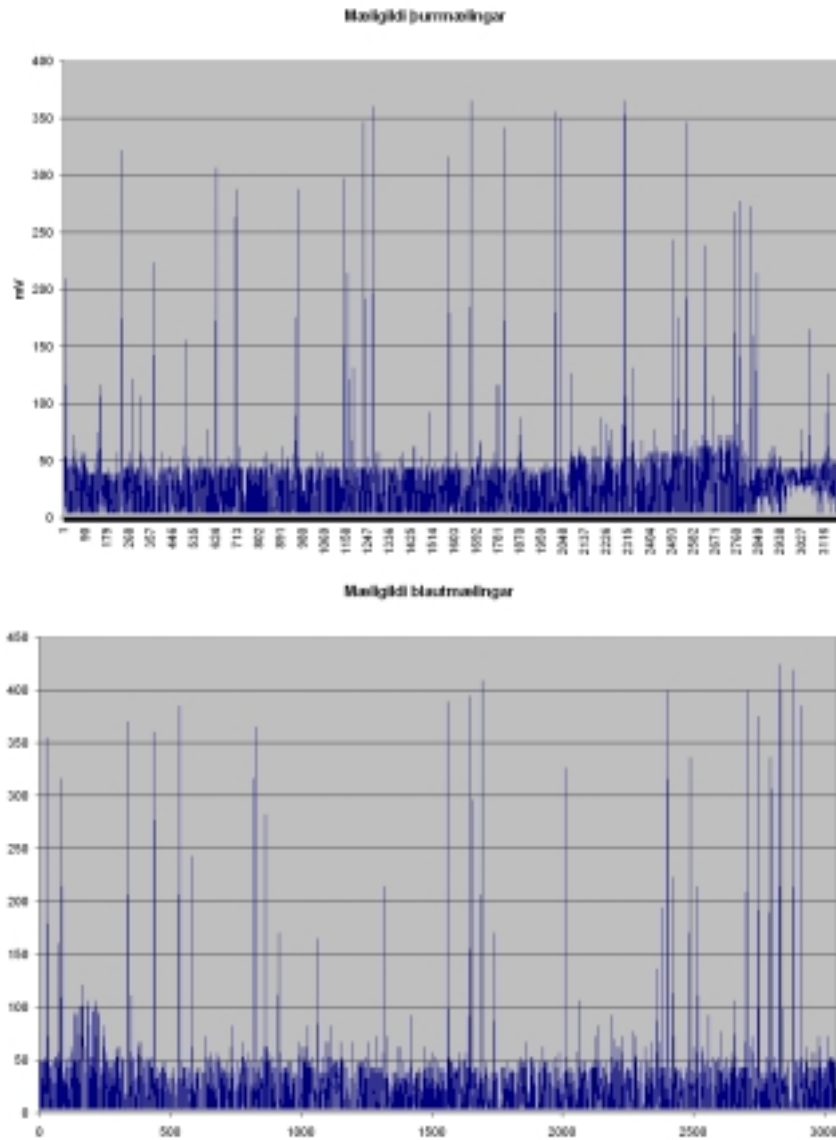
Mælingar í þurrviðri

Gerðar voru mælingar í þurrviðri. Ekið var á 30 km/klst eftir vegi með bundnu slitlagi þar sem birtuskilyrði voru góð. Mynd 10 sýnir línurit mæligilda þeirrar mælingar.



Mynd 10. Mæligildi þurrmælingar. Háu topparnir verða til þegar ekið er fram hjá vegstikum eða öðrum hlutum sem senda frá sér mikið endurkast. Í upphafi þessarar mælingar var nánasta umhverfi nokkuð stöðugt en þegar leið á hana var ekið fram hjá snjóþekju í vegkannti sem hafði áhrif á mælinguna.

Samanburður á mælingum í þurrviðri og rigningu

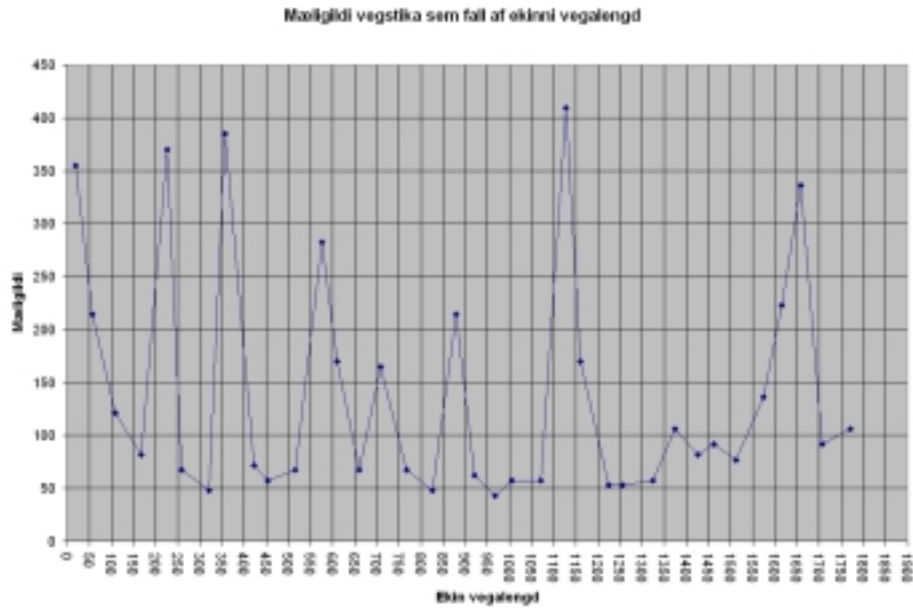


Mynd. 11. Samanburður á þurr- og blautmælingum á sama veginum. Hæstu gildi blautmælingar eru um 50 mV hærri en þurrmælingar og áhrif frá nánasta umhverfi virðast vera miklu meira ráðandi í rigningunni. Einnig er meiri óregla á mælingum á milli toppa. Það getur verið tilkomið vegna vatnssöfnunar framan á mælitækið auk þess sem grjót og steinar verða breytilegri.

Greining mæligagna

Af ofangreindum línuritum má sjá að sumstaðar er mikil óregla í mælingunum. Þetta geta verið áhrif frá skiltum og öðrum aðskotahlutum sem eru við veginn ásamt því að mælitækið var ekki kyrfilega fest við bílinn sem notaður var við mælingarnar. Þar sem að vegalengd á milli vegstika, hraði bíls og tíðni mælinga eru þekkt er mögulegt að setja upp líkan sem vinnur með mæligögnin og ákvarðar hvar eru vegstikur og hvar ekki. Það er þó orðið öllu flóknara þegar þarf að taka vegrið inn í dæmið eða þessháttar þætti og því er þekking þess sem notar mælitækið á úrvinnslu gagnanna mikilvæg.

Líkan sem greinir mæligögnin var sett upp í töflureikninum Excel. Líkanið gerir ráð fyrir að fyrsta háa mæligildið sé vegstika og út frá áætlaðri vegalengd á milli vegstika og umferðarhraða bíls áætla líkanið ástand vegstikana á mældum vegum. Þó tekur líkanið ekki tillit til skilta sem eru nálægt vegstikum. Ef að endurvarp frá skiltunum er hærra heldur en frá vegstikunum er það endurvarp notað. Mynd 12 sýnir niðurstöður úr greiningu mæligagna í rigningu.



Mynd 12. Mæligildi áætlaðra vegstika í rigningu. Líkanið gerir ekki endilega ráð fyrir sléttum 50 metrum á milli vegstika heldur eru mæligildi í kringum hverja áætlaða staðsetningu vegstiku skoðuð.

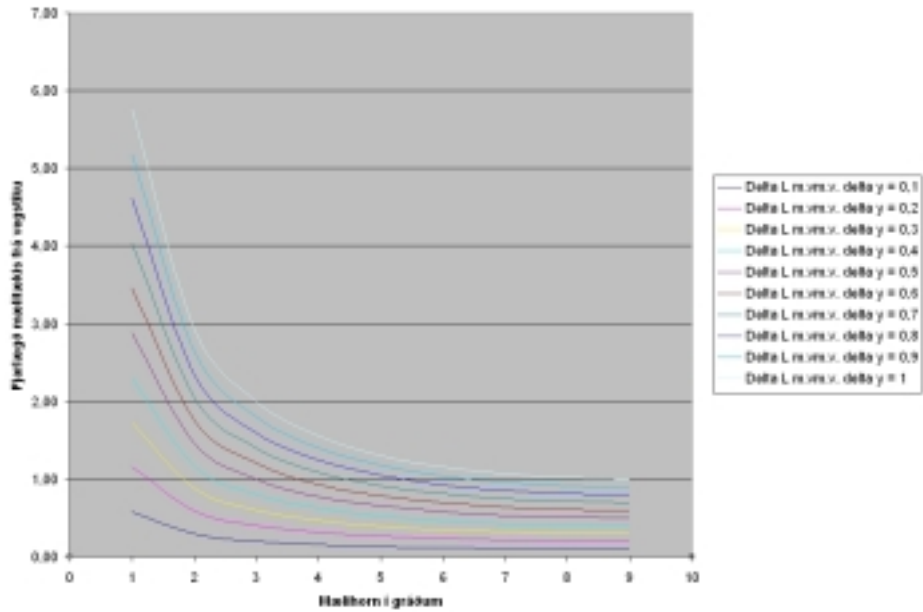
Niðurstaða

Af rannsóknum á Ljósavaka er ljóst að hugmyndafræðin á bak við mælitækið, þ.e. að mæla endurskin vegstika í bíl á ferð, gengur upp. Hins vegar er vandamál að greina vegstikur frá öðrum umhverfisþáttum. Hlutir eins og skilti og aðrir hlutir sem liggja nálægt veginum hafa áhrif á mælinguna og óreglulegt bíl á milli vegstika gerir það að verkum að erfitt er að greina hverja stiku fyrir sig.

Eftir prófanir á tækinu úti á örkinni kom í ljós að tæki af þessu tagi er frekar flókið í meðförum. Mismunandi umhverfisþættir gera það að verkum að notandi tækisins þarf að gera sér grein fyrir virkni þess og þeim gagnaúrvinnsluáferðum sem eru fyrir hendi. Mælitækið virðist því ekki vera eins einfalt í notkun og vonir stóðu til í upphafi.

Viðauki

Viðauki 1.1 – Mælihorn Ljósvara



Mynd 13. Aukning á fjarlægð mælitækis frá ljósgjafa sem fall af mælihorni. Hver ferill stendur fyrir mismunandi fjarlægð ljósvaka frá stikulínu Δy , eða fjarlægð mælitækis þvert á veginn frá stikulínu.

Af grafinu sést að horn undir 20° gefa mjög mikla aukningu á fjarlægð mælitækis frá endurskinni vegstiku.