

# Sjálfbær upplýst umferðarskilti með endurskini

Áfangi 1. 2002-2003



Þorgeir Jónsson  
David A Hubbell  
Guðlaugur K Óttarsson

## **SJÁLFBÆR UPPLÝST UMFERÐARMERKI MEÐ ENDURSKINI 1. ÁFANGI-2002-2003**

Þorgeir Jónsson arkitekt FAÍ  
David A Hubbell verkfræðingur  
Guðlaugur Kristinn Óttarsson eðlisverkfræðingur

### **Efnisyfirlit**

Markmið verkefnis 1. áfanga	Bls. 2
Markmið verkefnis 2. áfanga	Bls. 2
Tímarammi verkefnis 1. áfanga	Bls. 2
Tímarammi verkefnis 2. áfanga	Bls. 2
Forsaga verkefnis	Bls. 2
Lýsing á rannsóknnum	Bls. 5
Tæki til mælinga og útreikninga	Bls. 9
Úrvinnsla	Bls. 9
Sértækar rannsóknir	Bls. 13
Lokaorð	Bls. 15
Heimildarskrá	Bls. 15-16

**Lokaskýrsla vegna verkefnis:  
Lýsandi umferðarskilti með endurskini. 1. áfangi.**

**Markmið verkefnis 1. áfanga:**

Að kanna hvort mögulegt er að nýta hitamismun í umferðarmannvirkjum og eða innan umhverfis þeirra til að framleiða rafmagn sem nýta má til lýsingar umferðarskilta og rafbúnaðar sem auka umferðaröryggi.

**Markmið verkefnis í 2. áfanga:**

Að hanna frumgerð af sjálfbæru upplýstu umferðarmerki með endurskini. Án tillits til niðurstöðu 1. áfanga.

**Tímarammi verkefnis 1. áfanga:**

21.06.2002 – 21.12.2002 Gagnasöfnun  
15.01.2003-03.03.2003 Úrvinnsla og skýrslugerð

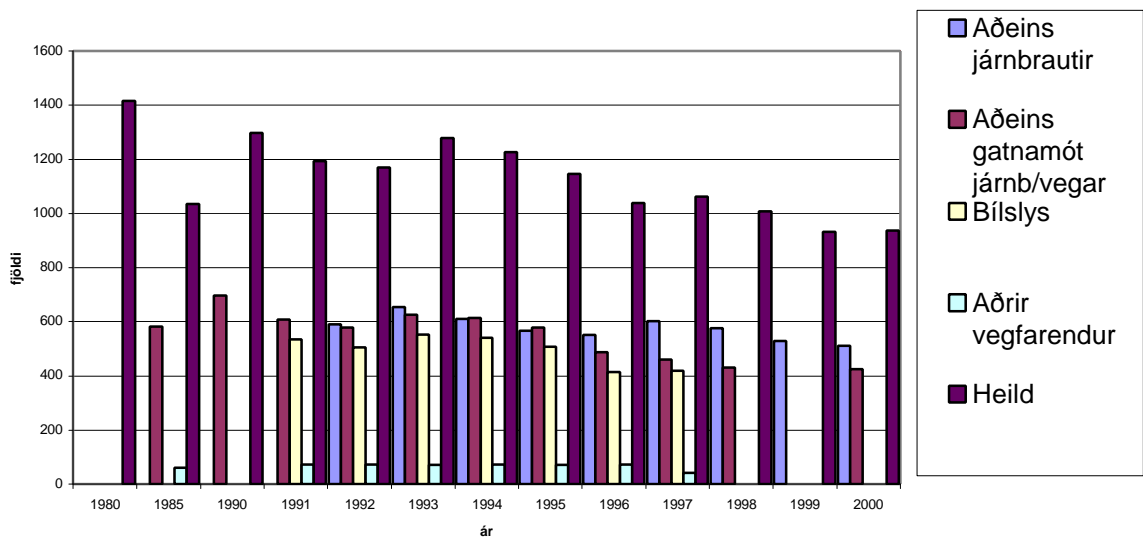
**Tímarammi verkefnis 2. áfanga:**

21.06.2003-20.08.2003 Frumgerðarsmíði og Prófun  
21.07.2003-1.12.2003 CE og UL prófanir á framleiðslugerðum  
15.1.2004-21.6.2004 Viðurkenningarferli í 50 ríkjum BNA

**Forsaga verkefnis:**

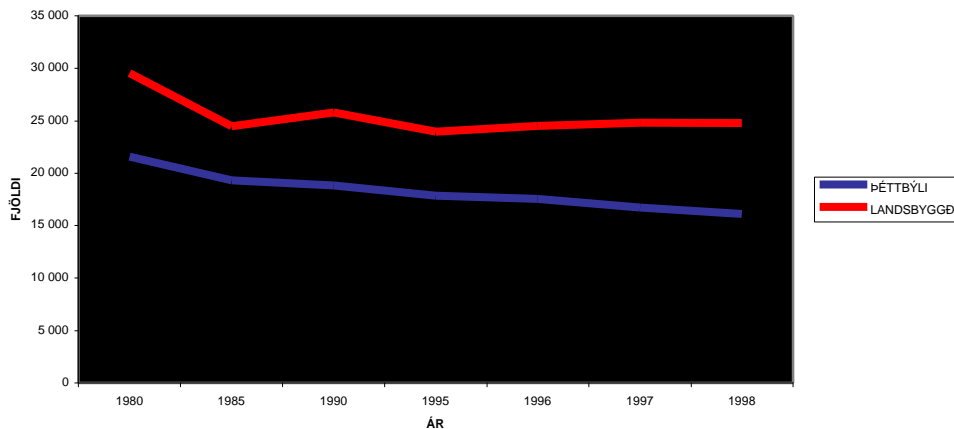
Þorgeir Jónsson arkitekt og David A Hubbell verkfræðingur hafa undanfarin 5 ár unnið að rannsóknum og uppfinningum sem auka umferðaröryggi. Við athugun á slysaflokkum í BNA kom í ljós að slysum við gatnamót með umferðarmerkjum s.s Stop merkjum fór fjölgandi í íbúðarhverfum. Einnig fór slysum við þverun járnbrautarleiða fjölgandi eftir stöðuga fækkun í 5 ár.

Slys við jarnbrautir 1980-2000



1980-94: U.S. Department of Transportation, Federal Railroad Administration, *Highway-Rail Crossing Accident/Incident and Inventory Bulletin* (Washington, DC: Annual issues), and the *Accident/Incident Bulletin* (Washington DC: Annual issues).

BANASLYS Í BNA 1980-1998

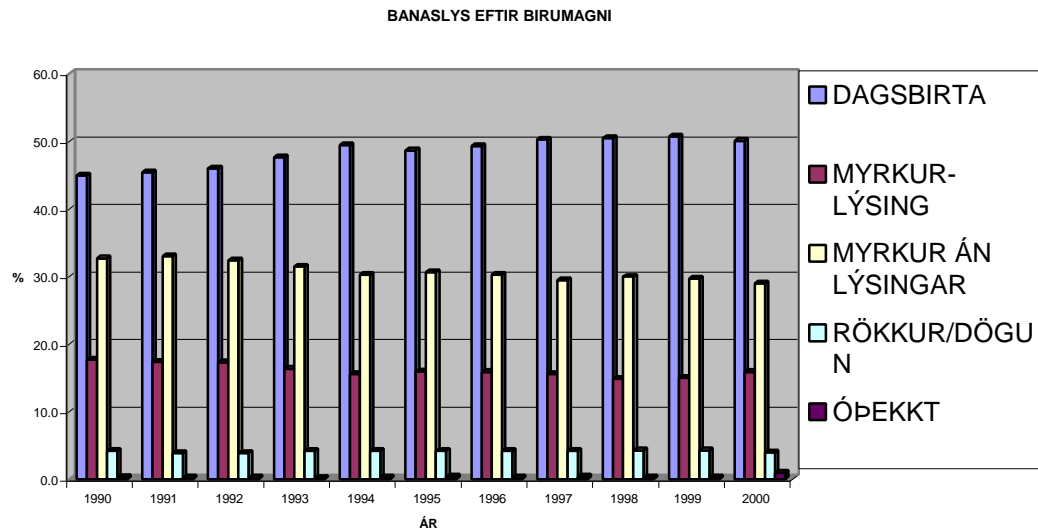


Hér sést samanburður á banslysum á landsbyggð og í þéttbýli í BNA á tímabilinu 1980-1998. Slysum í þéttbýli fer fækkandi en slysum á landsbyggðinni fer hægt fjölgandi ár frá ári.

**Fatality rates:** Calculated by the U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics.

Athyglin beindist einnig að merkingum við framkvæmdir og viðhald vega þar sem fjölgun varð á alvarlegum slysum á starfsmönnum við vinnu .

Árið 2000 voru settar samræmdar reglur í BNA um umferðarlýsingu. Í staðlinum er m.a. kveðið á um að upplýst umferðarskilti skuli nota í auknu mæli. Einnig er kveðið á um að skiltin skuli hafa sama útlit dag sem nótt.



Megnið af banaslysum í BNA eru í dagsbirtu. Athyglisverðast er að skoða tíðni slysa þar sem ekki er lýsing og þar sem lýsing er.

Eina þekpta lausnin sem notuð er í dag eru ljóskastarar festir á eða við skiltin sem lýsa á þau við myrkur. Einnig kom fram í viðtölum við forsvarsmenn vegagerða í ýmsum fylkjum BNA að hár stofnkostnaður samfara árlegu viðhaldi dragi úr útbreiðslu upplýstra umferðarskilta. Svo virðist sem embættismenn í BNA kjósi frekar að setja upplýst umferðarmerki á þekpta svartbletti í vegakerfinu en hafa þau í kerfisbundinni notkun í öllu vegakerfinu. Vegagerð New York ríkis óskaði eftir lausn sem hafði þróast vegna vinnu fyrir vegagerð Flórída sem notar upplýst götunafna skilti sem staðal. Ákveðið var að setja upp þrjú upplýst skilti eftir hugmyndum og hönnun okkar. Hugmyndin hefur verið lögð inn sem einkaleyfi og hefur verið í einkaleyfisferlinu í tvö ár.

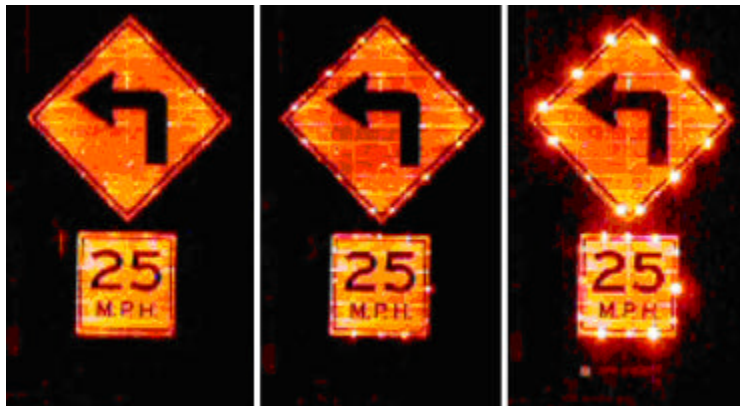
Valdir voru þrjú þekktir svartblettir þar sem þungir vöruflutningavagnar ultu í kröppum beygjum ef þeir óku of hratt í beygurnar.



Sú gerð viðvörðunarskilta sem notuð er til að vara vegfarendur við beygjum eru ekki notuð hérlandis. Merkið er alltaf í samræmi við aðstæður. Beygjumerkið er mótað eftir raunverulegum aðstæðum og hraðatakmarkið sem fylgir merkinu segir til um hámarkshraða vöruflutningabíls án þess að velja í beygjunni. Aki menn hraðar mun farartækið ekki ná beygjunni.

Hannaðar hafa verið og framléiddar nokkrar frumgerðir sem eru nú til reynslu í New York ríki. Hönnunin miðast við að taka á nokkrum vandamálum sem eru þekkt, s.s. lækkun endurskins með notkun og stuttum líftíma hefðbundinnar

lýsingar ásamt sjálfbærni. Reiknað er með 10 ára endingu án þjónustu, að venjubundinni hreinsun undanskildri.



Merkin hafa þrjú stig lýsingar. Jöfn stöðug lýsing yfir merkin, viðbótar stöðug punkt lýsing á jöðrum og blikkandi punktlýsing á jöðrum. Blikkandi ástand er tengt nálægðarskynjara ( radar, LASER, hljóði, ljósnæmni og eða ITS\*) og fer að blikka þegar farartækið er í 700-1200 m fjarlægð. Allir atvinnu bílstjórar vita hvað merkið segir þeim. Núna geta þeir ekki borið því við að hafa ekki séð tölustafina í myrkrinu.

Það sem kemur í veg fyrir almenna útbreiðslu upplýstra umferðarmerkja er kostnaður og umstang við raflagnir og lýsingarbúnað skiltanna. Viðhaldspörfin er árleg og stofnar lífi starfsmanna þjónustunnar í hættu í hvert skipti sem sinna þarf merkinu. Talið er að í BNA verði að meðaltali eitt banaslys á viku þar sem starfsmenn við vegagerð og viðhald vega eru fórnarlömbin. Því verður að leita hagkvæmari lausna þar sem saman fer lítil viðhaldspörf og sjálfbærni í orkunotkun. Í beinu framhaldi af leitinni að sjálfbærum orkugjafa barst athyglin að varmarafmagni og var því fenginn til liðs við hópinn einn fremsti sérfræðingur okkar á þessu sviði Guðlaugur Kristinn Óttarsson en hann hefur unnið að uppfinningum og rannsóknum á sviði varmaraffræði í 15 ár.

Hann er einn af stofnendum Varmarafs ehf. Þeir hafa m.a. sett á markað varmarafal sem vinnur raforku úr hitamun lofts og heitu vatni.

Af öllum sjálfbærum orkugjöfum er sólarorkan orkumest að virkja, enda notuð í auknu mæli til framleiðslu raforku fyrir umferðarmerki og mæli- og eftirlitsstöðvar. 600 milljón íbúar á norðurhveli eiga hins vegar erfitt með að nýta sér þessa orku, alla vega í svartasta sammdeginu, þegar þörfin er mest. Varmarafmagn gæti fyllt í það skarð ef hægt er að skapa aðstæður þar sem hitamunur er nægilegur allt árið til að knýja rafmagnsbúnað sem safnar og geymir raforku. Ljóst er að í umhverfinu er fólgin nægileg orka til að knýja lýsandi umferðarskilti. Vandamálið er að ná að beisla hana í rafmagn á hagkvæman hátt. Mikil áhersla hefur verið lögð á að endurbæta og auka möguleika okkar á að beisla orkuna sem fólgin er í okkar nánasta umhverfi og ný og endurbætt tækni mun á næstunni auka hlutdeild sína í orkuneyslu samfélagsins.

### Lýsing á rannsóknum:

Rannsóknir eru tvískiptar.

1. Hitamælingar og eða söfnun upplýsinga um hitastig undir, á og yfir jörðu á völdum stöðum. Útreikningar á hitaferlum og mismunaútreikningar á hitastigi.
2. Hönnun sýndar rafals sem vinnur raforku úr hitamismun reiknuðum frá söfnuðum gögnum.

1.

Safnað var gögnum frá vegagerð New York ríkis þar sem sýndi hitamælingar yfir og undir jörðu frá 1.6.2002 - 31.12.2002. Einnig var gögnum safnað frá Veðurstofu Íslands sem mælir hita á svipaðan hátt. Eigin mælingar fóru fram í Laugarnesi Reykjavík og miðuðust við hitamælingar með svörtum efnum og eða stækkunarglerjum sem juku hitastig ofan jarðar verulega. Einnig var lofað gögnum frá Avion flugvelli á Ítalíu, en vegna mistaka við skráningu var ekki hægt að nýta þau gögn. Nægilegar upplýsingar liggja fyrir til að draga upp raunsanna mynd af hitaferlum og mismun þeirra.

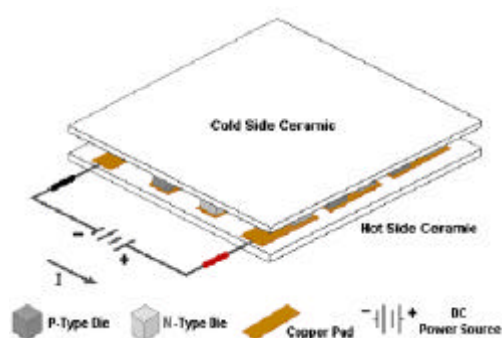
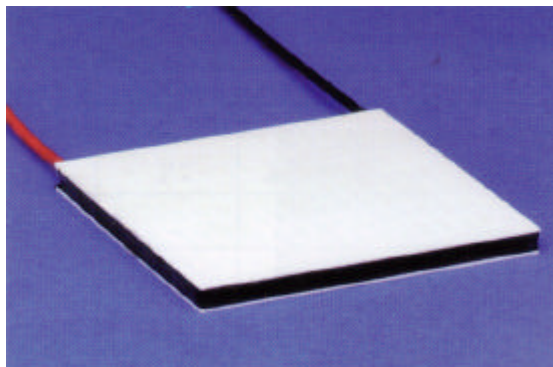
1.1

Gögn frá New York fylki eru á xls formi og eru umreiknuð frá hrágögnum sem sýnd eru með umreikningi. Einnig eru í gögnum upplýsingar um veður, rigningu, þöku og þurr. Hitastig er umreiknað í Fahrenheit en hrágögn eru í milligráðum Celsius. Mælingar eru skráðar á 5 mínútna fresti. Staðsetning mælinga er 74°W 42°N

1.2

Gögn Veðurstofu Íslands ná yfir tímabilið 9. júlí 2002 – 31. desember 2003 og var safnað á lóð Veðurstofu Íslands. Mælingarnar voru gerðar í 2 metra hæð yfir jörðu og á 50 sm dýpi undir mælistaðnum.

Markmið rannsókna er; **á grundvelli hitamælinga þar sem fyrir er hitamismunur, að áætla orkuframleiðslu kerfis sem samsett er úr varmarafalsflögum, hitaleiðandi og hindrandi efnum. Að kanna hvort orkan er nægileg til að sjá umferðaröryggis búnaði fyrir sjálfbærri orku.**



Til að útskýra aðferðina skulum við skoða hvernig varmarafalsflaga vinnur. Flögurnar eru þunnar ( c.a. 2-4 mm ) , og yfirleitt ferningslaga. Flagan er samsett úr verndarplötu úr leir ( 0.6 mm ) beggja vegna við örsmáa hálfleiðara úr Bismút Tellúrín. sem eru tengdir saman með raðtengdum skautum.

Bismút (Bi) er 73. algengasta efni jarðskorpunnar. Eðliseiginleikar þess gera það er slæmurm varma- og rafmagnsleiðara. Efnasambönd bismúts eru notuð í snyrtiðnaði.

Tellúrín (Te) Efnið er hálfmálmur. Það finnst hreint, en líka í samböndum gulls, silfurs, kopars, blýs og nikkels. Það er fremst unnið úr afgangsfraðleiðslu blý- og koparhreinsistöðva. Tellúrín er notað í rafmagnshitatæki, málmblöndur, hálfleiðara, límefni í gúmmí, og í glergerð. Einnig eru efnasambönd þess notuð sem skordýra-, sveppa- og gerlaeitur. Hálfleiðarar eru tvenns konar P og N. Þeim er raðað á víxl í jafnar raðir. Þau mynda raðtengingu frá skauti til skauts. Þegar hitamunur er milli leir flata flögunnar fara jónir á hreyfingu í hálfleiðurum og mynda rafstraum eftir raðtengingunni gegnum flöguna. Ef margar flögur eru raðtengdar og hafa sama hitamismun milli áðurnefndra flata er hægt að margfalda aflið. Hægt er að finna stuðul sem kemst næst því að vera hlutfallsleg virkni flögunnar og fá út orkuframleiðslu hennar sem fall af hitastigsmun. Með tegrún er sína hægt að reikna út heildar orkuframleiðsluna sem fall af tíma.

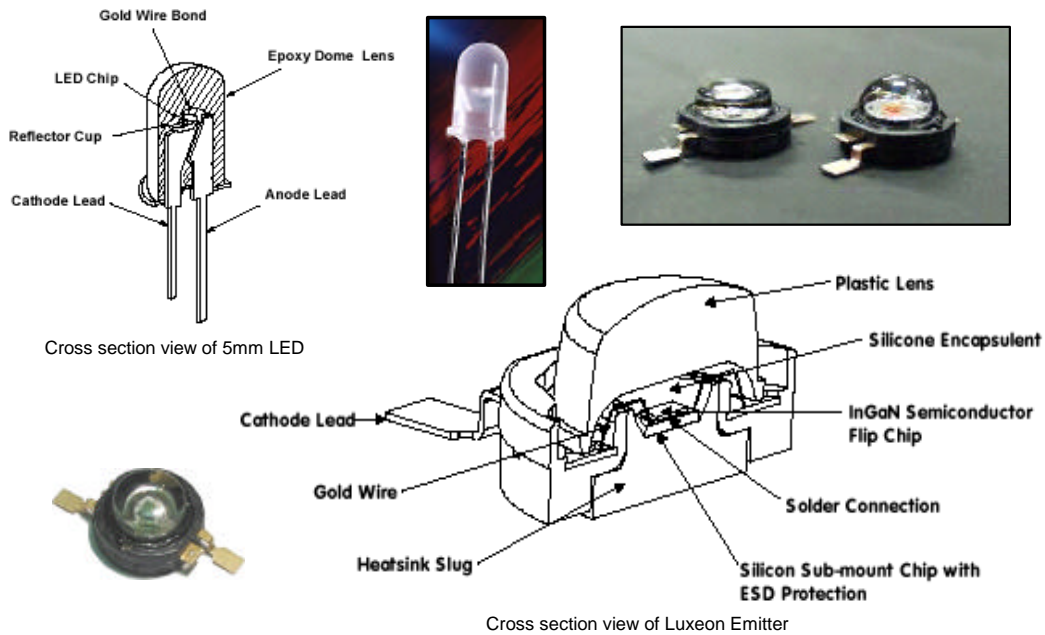
Vegna legu varmarafalsflögunnar á mörkum hita og kulda, þarf góða hitaeinangrun. Koma þarf í veg fyrir að hitamunur jafnist út. Einangrun með nýju efni sem kallast Aerogel sem er rúmlega tuttugufalt betri einagrari en steinull viðheldur stöðugleika kerfisins

Þróun tækninnar hefur ekki verið hröð. Segja má að hún sé eldri en sjálft rafmagníð og hafi fyrst tekið miklum breytingum síðastliðin 20 ár. Sífelld er verið að endurbæta virkni og eru miklar vonir bundnar við nýja gerð af varmaflögum sem kallast Lofttæmi díóður en þessi tækni byggist á kvantum færslu rafeinda yfir lofttæmi sem er aðeins nokkrir nanometrar á þykkt. Því er haldið fram að þessi gerð varmarafflaga muni 4-5 falda virkni flögunnar. Venjulega er reiknað með að 65°C hitamunur þurfi að vera til staðar í kerfinu til að framleiða nægilega orku fyrir 50W rafmótor. Með tilkomu Lofttæmi díóða lækkar lágmarks hitamunur í kerfinu niður í 10-15 °C. miðað við sömu orkuframleiðslu.

Valdir hafa verið hagkvæmstu lýsingarkostirnir með tilliti til orkuþarfar og endingar og hefur farið töluverður tími í að hanna lýsinguna og velja ljósgjafana. Ljóst er að ný lýsingartækni þarf að koma til sögunnar, því illmögulegt er að nota hefðbundna lýsingu með varmarafmagn. Ljósdíóður og rafljómandi plötur eru einu ljósgjafarnir sem geta gengið fyrir varmarafmagn eins og staðan er í dag og fyrirsjáanlega næsta áratuginn. Þessi lýsingartækni flokkast undir efnisgerða tækni ( Solid State ) þar sem hvorki er notast við glóþræði eða gastegundir til að mynda ljós. Ending er mæld í 100.000 stundum sem eru 10-20 ár, allt eftir því hver tendrunartíðnin er. Þróun ljós díóða ( LED ) hefur verið álíka hröð og örgjörvatæknin undanfarin 5 ár. Ljósín eru nú orðin hagkvæmari en glóperu lýsing og stefnir í algera yfirburði þeirra yfir almennri lýsingu innan fárra ára. Við höfum notast við Luxeon ljós frá Lumiled en það er talið framleiða bestu og sterkustu díóður á markaðnum í dag.



## Luxeon – Structurally Different

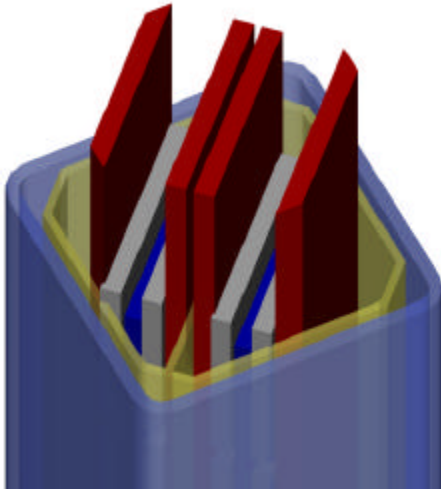


Rafljómun ( Electro-luminance) er einnig efnisgerð ljóstækni þar sem fosfór blanda er rafmögnuð með 600-40000 Hz riðstraum viðmjög lágan rafstraum. Hægt er að framleiða mjög þunnar filmur. Litur ljóssins breytist með tíðni rafmagns. Því hærri tíðni þeim mun hvítara og bjartara ljós. Þessi tækni framkallar kalt ljós og hefur lengst af verið notuð þar sem óæskilegt er að hafa ljós sem kemur fram á hitamyndum. Þessi gerð lýsingar getur aðeins verið dauf baklýsing enda hefur hún verið notuð við baklýsingu síma, tölva og tækja með fljótandi kristall skjám.

Eiginleiki varmarafalsflögu felst í virkni sem uppgötvuð var snemma á 19. öld þar sem tveir fletir heitir og kaldir sem tengjast saman með mismunandi málmskautum, framkalla rafstraum, oftast kallað Seebeck virkni. Ef farið er öfugt að og flagan látin fá rafstraum, myndast hiti og kuldi á samsvarandi flötum, það kallast Peltier virkni. Með því að raðtengja flögurnar safnast upp spenna sem nota má til að kveikja ljós. Ef hægt er að stjórna hitaflæðinu frá heitu yfir í kalt má koma fyrir á þeim mörkum allmörgum flögum sem samanlagt framleiða nægilega orku til lýsingar. Þetta er þekkt og hefur Varmarafmagn m.a. verið notað í geimferðum sem orkugjafi. Það sem gerir þessa rannsókn frábrugðna þekkttri notkun er, að leitast er við að kanna hvort lítill hitamunur getur komið að gagni við rafmagnsframleiðslu fyrir smáspennt kerfi.

Útbúinn er uppsetning af Varmarafmagns flögum sem samsvara því sem koma má fyrir í einu skilti og talin er nægja til að tendra ljós á a.m.k.einum lýsingarkosta ( 67 flögur ). Skapaður er hitamismunur í samræmi við meðaltals tölur úr mæligögnum og orkuframleiðsla mæld. Þannig er fundin stuðull sem sýnir nálgun á hugsanlegri framleiðslu orku sem hægt er að tengja

mæligögnum og mæla þannig orkuframleiðslu miðað við raunmælingar á tilraunasvæðunum.



Rauðu stangirnar eru hitaleiðandi efni sem jafna hitanum á heitu hlið varmaflögunnar ( Grátt) Blái liturinn er köld hitaleiðandi plata sem jafnar kuldanum á hina hlið flögunnar. Gula efnið er glært Aerogel ( mest einangrandi efni þekkt) sem kemur í veg fyrir hitaflæði frá heitu yfir í kalt. Dökkblái liturinn er járnör.

#### Tæki til mælinga og útreikninga:

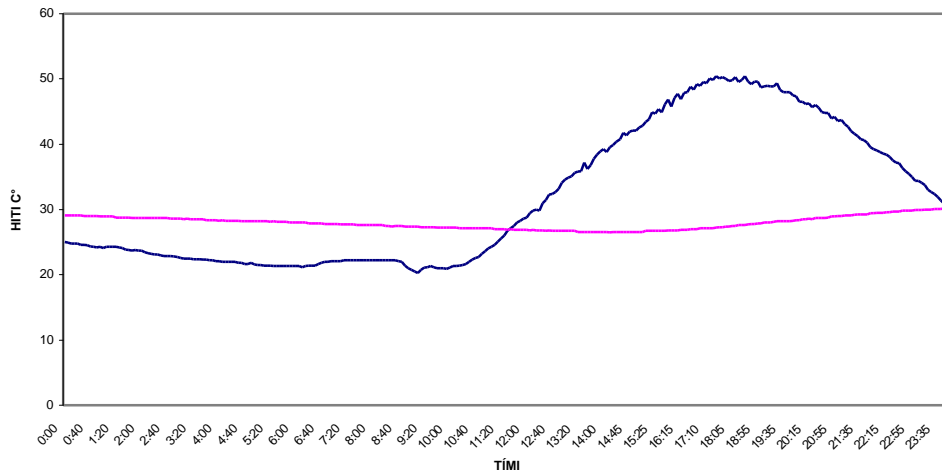
1. Stafræn mælingargögn frá hitamælum undir yfirborði vega í New York ríki BNA.
2. Stafræn gögn frá hitamælum í Reykjavík.
3. Mæligögn frá skilti í Reykjavík.
4. Tölva með töflureikni
5. Varmarafals flögur ( mismunandi stærðir )
6. Mælitæki sem mæla straum, spennu, viðnám og tíðni.
7. Lampar: Ljós díóður 1-5 W (3500K°) 750 mA, Rafljómandi lampar 6 mA
8. Spólur AC-DC,
9. Áriðlar DC-AC
10. Þéttar og hleðslutæki fyrir rafhlöður.

#### Úrvinnsla:

Við úrvinnslu gagna var notast við töflureikni og gagnagrunn sem gátu unnið með gögnin til útreikninga á orkuframleiðslu. Mælingar hafa allar

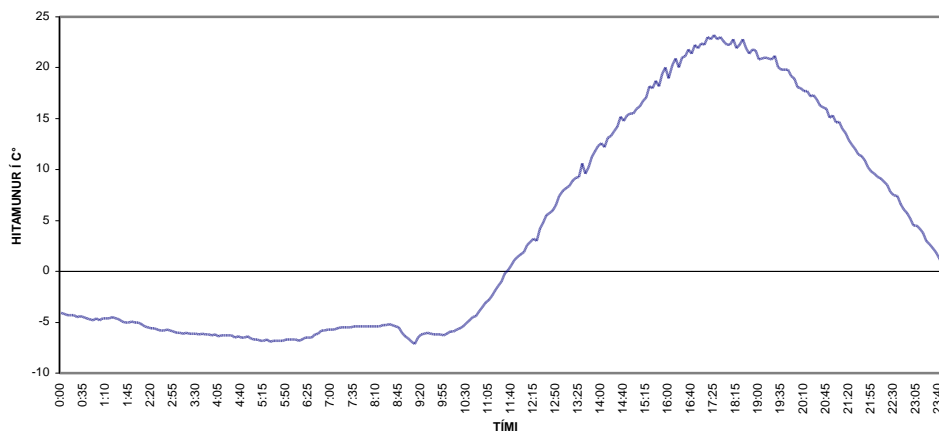
sömu einkenni og svo virðist sem hitastigsferlið sé eins að formi á öllum mælistöðum. Hitastig undir yfirborði sveiflast minna en yfir því en með sömu tíðni. Smávægileg fasabreyting er milli mælinga. Útihiti er lægri en hiti undir yfirborði á nóttunni frá miðnætti fram undir kl. 9:00 að morgni er hann fer að hækka.

HITAMÆLING 10.7.2002-BNA



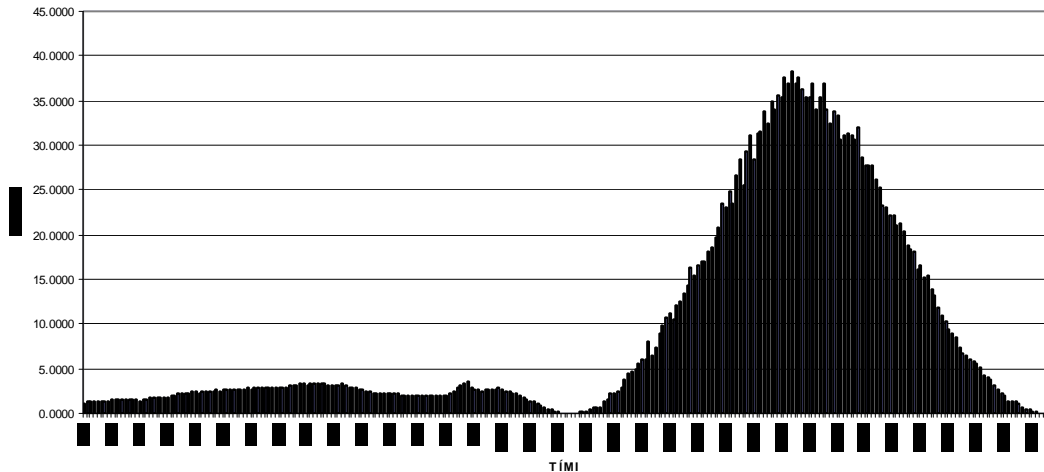
Línuritíð sýnir einn sólarhring. Blá línan er útihiti, en bleika línan er hiti undir yfirborði

HITAMUNUR 10.7.2002-BNA



Hér sést að hitamunur er mestur síðla dags og á kvöldin

ORKUFRAMLEIÐSLA 10.7.2002-BNA

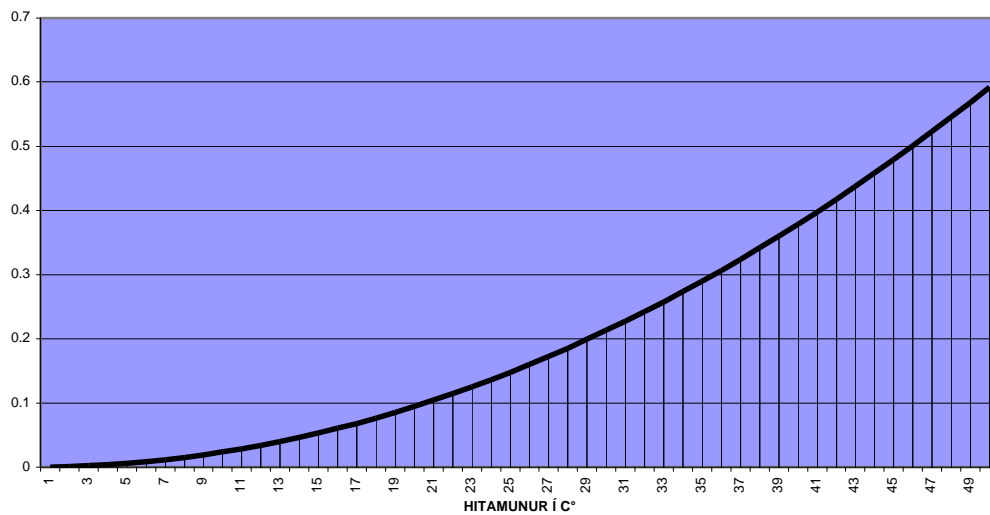


Hér sést orkuframleiðsla í Joule yfir sólarhring

Við skiptum mælitímanum upp í jöfn bil. Mælum síðan hitamismun yfir tímabilið og finnum þannig heildar orku á hverju tímabili sem reiknar út hversu mikla orku er hægt að vinna úr einni varmarafals flögu, með jöfnunni

$$P = (\text{Hitamunur}/65)^2$$

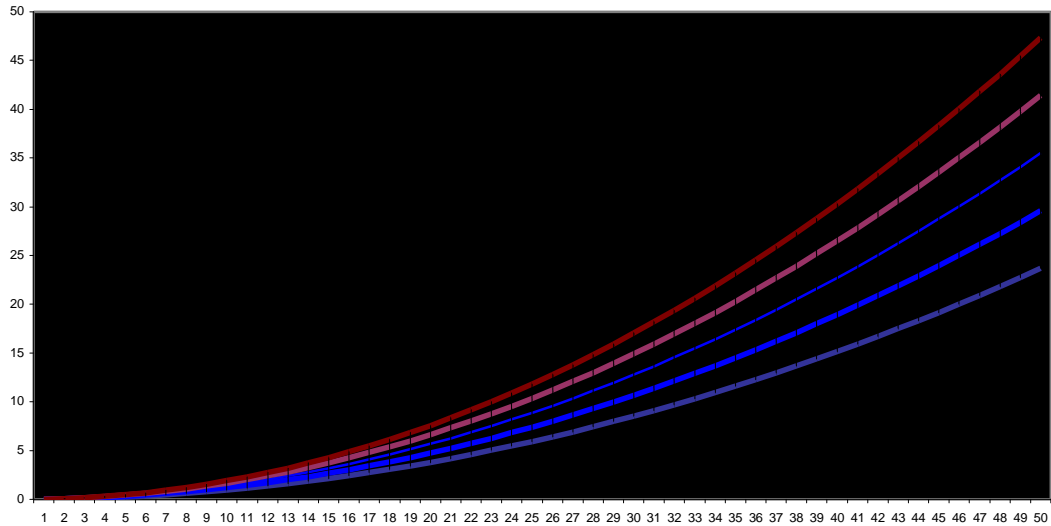
ORKUFRAMLEIÐSLA VARMARAFALSFLÖGU



Þessi jafna er fundin með því að mæla eiginleika varmarafalsflögu sem er 40 x 40 x 3.9 mm, en þær henta mjög vel til notkunar í varmarafala. Venjulega er þessi jafna sögð vera  $P = \text{Hitamunur}^2$  en þar sem ekki er hægt að breyta hitaorkunni í jafngilda raforku er noturð deilitalan 65. Jafnan fyrir ferlinu verður því  $0.00024 x^2 = W$  og x er hitamunur, W eru wött

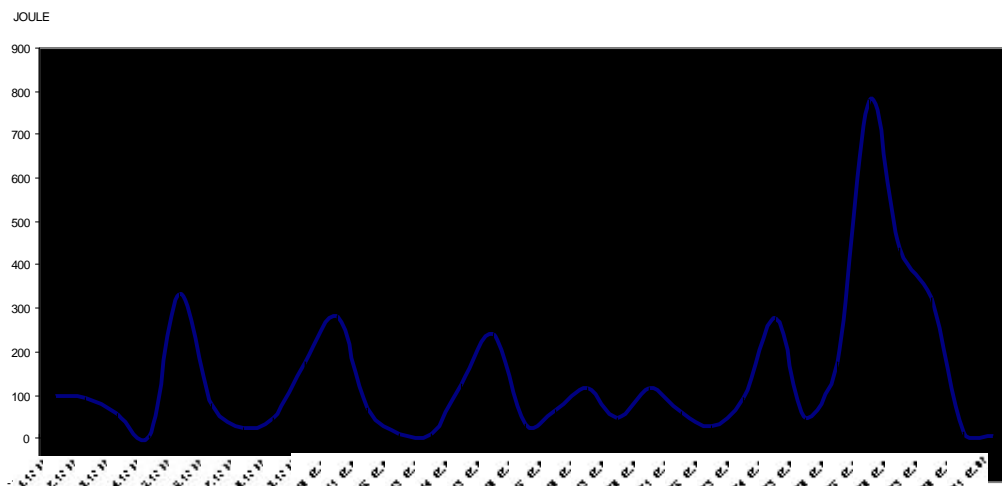
Mælieining er nú Wött en til að reikna út orkuna, margföldum við tímabilið (300 sek.) og fáum þá W x sek eða Joule.  
 Ákveðið var að kanna orkuframleiðslu í júlí og desember og bera þessa tvo mánuði saman.

	Júlí	Desember
New York	48.039 J	16.930 J
Reykjavík	19.400 J	4.276 J



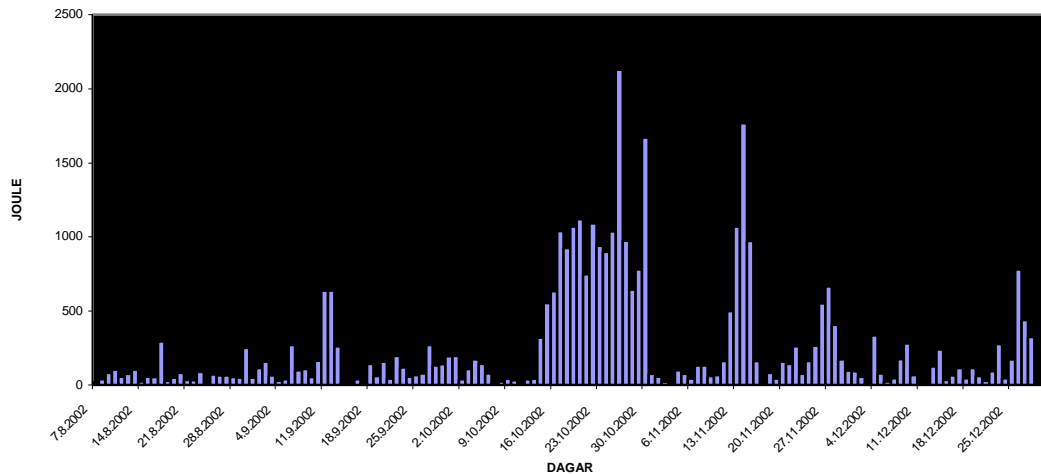
Línuritið hér að ofna sýnir rafmagnsframleiðslu í wöttum (Y) hjá mismunandi fjölda varmarafals flaga sem fall af hitamismun (X). Efsta línan (Brúnt) eru 80 flögur, svo 70,60,50 og neðst 40

REYKJAVÍK DESEMBER 2002 ORKUFRAMLEIÐSLA



Hér er orkuframleiðsla í desember í Reykjavík. Takið eftir miklum sveiflum í orku. Hitastig var einnig umtalsvert hátt milli jóla og nýárs sem skýrir orkuna þá daga.

ORKUFRAMLEIÐSLA REYKJAVÍK 7.8-30.12.2002



Hér er orkuframleiðsla í Reykjavík frá 7.8.2002-30.12.2002. Áberandi eru toppar í lok október, nóvember og desember. Heildarframleiðslan yfir tímabilið er 36.501,2 Joule Yfir 146 daga sem eru að meðaltali 250 Joule. Þetta dugur til að lýsa upp ljósdíóðu í rúmlega 3 mínútur á dag.

Dæmið er nú hægt að reikna út frá orkupörf og fá út hversu lengi lýsingin dugir með hliðsjón af mældri orkuframleiðslu.

Ein ljósdíóða af þeirri gerð sem við höfum kannað notar 350 mA straum og þolir allt að 3.99 V spennu. Hámarks okrupörf er því 1.4 W. Díóðurnar eru sjaldan látnar ganga fyrir fullu afli og er reiknað með 1.2 W orkupörf að jafnaði.

Ein varmarafals flaga 40 x 40 x 3.9 mm getur knúið eina 1.2W ljósdíóðu í 11 kls í júlí og í 3.4 kls í desember Í New York ríki Í Reykjavík dugir orkan til að lýsa í 6.9 kls í júlí og í 1 kls í desember.

Ef reiknað er með lýsingartíma að meðaltali í 14 kls á sólarhring þarf 40 varmarafalsflögur fyrir hverja ljósdíóðu í New York ríki í júlí 58 í desember 55 í Reykjavík í júlí og 78 í desember.

Ef skiltin eru námdarstýrð, þ.e. eru aðeins upplýst þegar farartæki er í a.m.k. 700 m fjarlægð fer það eftir tíðni aðkomandi umferðar hversu lengi orkan endist. Ef umferðin er t.d. 720 bílar frá kl. 18:00 til 6:00 er 1 bíll á mínútu. Bifreið sem ekur á 70 km/kl ekur 700 metra á 36 sek. Þannig hvílist skiltið að meðaltali í 24 sek af 60 þessar 14 stundir. Og er því samtals slökkt á því í 5.6 kls af 14

Einnig mætti kanna hvort hægt er með ljósbroti og eða speglunum að komast af með eina ljósdíóðu til að ljóma upp umferðarskilti. Auka mætti endingu raforkunnar með því að láta ljósdíóðuna blikka 50% lýsingartímans.

Ef skoðuð eru skilti með allt að 24 ljósdíóðum þarf 960-1872 flögur til að knýja skilti í 14 tíma á sólarhring.

Kostnaður við flögurnar eingöngu, getur orðið 1000 kr / flögu og því ætti öllum að vera ljóst að verðið er of hátt til að teljast verjandi. Niðurstaða

athugana okkar er, að tæknilega er hægt að framleiða raforku til að knýja lýsingu í umferðarskiltum með þeim hitamun sem fyrir er í nánasta umhverfi þess en staða tækninnar og útbreiðsla gefa ekki tilefni til efnahagslegrar hagkvæmni. Það er því niðurstaða rannsókna okkar **að ekki er hagkvæmt að afla orku til lýsingar umferðarskilta með varmarafmagni eingöngu.** Ef skoðuð er blönduð tækni þar sem saman fer orkuöflun með sólarrafhlöðu og varmarafalsflögu verður til mun hagkvæmara kerfi sem taka við af hvort öðru í tíma. Þannig er varmarafallinn virkastur þegar sólarrafhlöður eru í lægð og öfugt. Viðbótin sem varmarafalsflagan færir kerfinu stækkar því notkunarsvæðið inn á svæði sem erfitt er að nota sólarrafhlöður eingöngu s.s eins og hér á norðurslóðum. Tækniframfarir á sviði varmaraffræði gefa vísbendingar um betri virkni flaganna og hefur í því sambandi verið rætt um 4-5 földun. Þó niðurstaðan sé óhagstæð upphaflegum markmiðum okkar er ekki ástæða til að leggja árar í bát og hætta við leitina að sjálfbæra upplýsta umferðarmerkinu. Orkan sem fellur til í nánasta umhverfi skiltanna er nægileg til að geta lýst upp skiltið. Tæknin er ekki nægileg í dag til að breyta henni í raforku fyrir viðráðanlegt verð. Dæmi um orku sem fólgin er í umhverfinu.

Vindur 5 m/sek hefur aflið  $62\text{W/m}^2$

Sólin á Íslandi gefur  $500\text{W/m}^2$

Kæling með vindi gefur  $2000\text{W/m}^2$  við vindhraða 1 m/sek

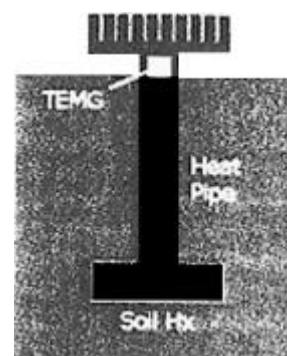
### Sértækar rannsóknir

Rannsakað var sérstaklega orkuframleiðsla varmarafalsflögu við tilbúna aðstæður. Reynt var að safna hita í svartan efnisbút með stækkunarglerjum og tókst að fá viðunandi gildi á orkuframleiðslu flögunnar. Hitamunur gat orðið  $65^\circ\text{C}$ . Hins vegar varð varma skammhlaup skömmu eftir að þessu marki var náð og við það jafnaðist hitamunur mjög hratt út. Hagkvæmur hitamunur án þess að eiga á hættu að skammhlaup verði yfir flöguna reyndist vera  $21^\circ\text{C}$ . Þá er reiknað með kæligetu lofts  $2000\text{W/m}^2$  sem verða þá yfir kaldari hlið flögunnar  $3.2\text{W}$  á meðan framleiddi flagan  $640\text{mW}$ . Það reyndist auðvelt að safna hita með svörtum efnum og stækkunargleri í skýjuðu var  $8^\circ\text{C}$  munur á útihita í sól og svarta efnisbútnum en í sól gat hitamunur orðið  $32^\circ\text{C}$ . Við viljum einnig benda á skýrslu um rannsókn sem við fundum á ráðstefnu Varmarafmagnssérfræðinga í Kaliforníu í Ágúst 2002.

#### A Study of Heat Sink Performance in Air and Soil for Use in a Thermoelectric Energy Harvesting Device

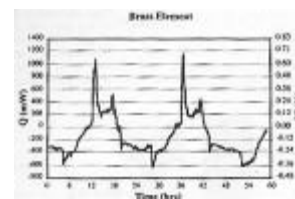
E. E. Lawrence  
Reed College Portland, OR 97202 USA  
lawrence@reed.edu  
G. J. Snyder

Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology, Pasadena, CA 91109, USA



Rannsóknir E.E. Lawrence undir leiðsögn G.J. Snyder var unnin með styrk frá Varnarmálaráðuneyti BNA

This work was carried out at the Jet Propulsion Laboratory-California Institute of Technology, under contract with NASA and funded by the U. S. Defense Advanced Research Projects Agency Energy Harvesting program.



Niðurstöður rannsókna sýna að með endurbótum á varmaflutningi milli jarðvegs og yfirborðs er hægt að safna orku til þess að nota í smáspennt rafkerfi. Þó er ekki búið að finna upp nægilega gott kerfi sem vinnur betur úr varmaorkunni. Einnig hafa þeir notað “betri” stuðul fyrir vinnslu varmarafslögu 40 þar sem við notum 65. Ljóst er að uppfinning Guðlaugs og Þorsteins mun hugsanlega endurbæta “mjólkun” rafmagns í varmarafalsflögum og auka virkni þeirra til muna. Einnig eru svonefndar Lofttæmidíóður sagðar endurbæta virkni allt að 5 falt. Niðurstöður okkar og þeirra eru svipaðar um hagkvæmni og öflun orkunnar svo og umbreytingu varmans í rafmagn. Þeir eru að leita að tæki fyrir hermenn sem staddir eru í óbyggðum og þurfa orku til að láta vita um staðsetningu í neyð. Við erum að reyna að kanna hvort hægt er að afla orku í umhverfi umferðarmannvirkja til að knýja smáspennt kerfi sem auka umferðaröryggi.

### Lokaorð

Ekki tókst að vinna nægilega orku með varmarafslögum úr náttúrulegum hitamun milli jarðvegs og yfirborðs til að lýsa upp umferðarmerki. Útreikningar benda til að mikinn fjölda flaga þurfi til að lýsa upp umferðarmerki með varmaraforku eingöngu. Vegna kostnaðar er ekki talið verjandi að sækjast eftir henni. Hins vegar bentu sértækar rannsóknir okkar á svörtum efnum ásamt söfnun sólarorku með linsum til aukinnar hagkvæmni. Einnig eru nýjustu uppfinningar á varmarafalsflögum sagðar auka virkni allt að 5 falt. Þó ekki verði unt að eignast umferðarskilti sem er upplýst með varmarafmagni eingöngu á næstu árum, mun vikni aukast og um leið líkurnar á að hagvæmni náist. Merkilegasta uppgötvun tilraunar var sá tími sem mest orkuframleiðsla átti sér stað á sólarhringnum. Þegar degi tekur að halla er eins og öll orkan sem fallið hefur á jörðina yfir daginn leysist úr læðingi með miklu varmaflæði milli jarðvegs og lofts. Ætla má að aukið dýpi myndi aukinn hitamun milli lofts og jarðvegs. Einnig má reikna með skarpari mun milli yfirborðs hita og jarðvegshita. Það kom okkur á óvart hvað dagamunur í orkusöfnun var mikill, sérstaklega í nóvember í Reykjavík. Munur í orku gat verið 500 faldur milli daga sem verður að teljast óvenjulegt. Mikil vinna hefur verið lögð í hönnun upplýstra umferðarmerkja. Fljótlega eftir að fyrstu niðurstöður hitamælinga og varmareikninga lágu fyrir var ákveðið að hætta að aðlaga lýsinguna að orkuframboðinu og einbeita sér að hanna breytilega lýsingu fyrir skiltin. Vegna óska vegagerðar New Jersey og New York um upplýst



aðvörunarskilti fyrir hættulegar beygjur var ákveðið að notast eingögnu við sólarraflöður. Við kynningu á umferðarmerkjunum í BNA hefur vaknað mikill áhugi á þessari gerð skilta. Þau eru frábrugðin öðrum sambærilegum upplýstum skiltum, þau hafa endurskinsfleti sem dofna ekki og eru einnig upplýst að innan jafnt yfir flötinn. Ljósgrajafinn eru díóður sem eru þær sterkustu á markaðnum í dag. Ljósdíóður hafa yfir 10 ára endingu og breyta því viðhaldsmýndinni verulega. Verið er að semja um framleiðslu skiltanna í BNA. Ef áhugasamir fjárfestar finnast á Íslandi er markaður fyrir vöruna í BNA.

Við vijum þakka Rannum fyrir veittan stuðning. Einnig Hreini Hjartarsyni hjá Veðustofu Íslands fyrir hitamælingar. Sturlu Jónssyni fyrir veitta aðstoð við smíði íhluta og við mælingar.

Verkefnið mun halda áfram. Áhersla verður lögð á samsetta sjálfbærni, sólar-, vind- og varmaorku. Einnig verður frumgerð skiltanna smíðuð hér á landi.