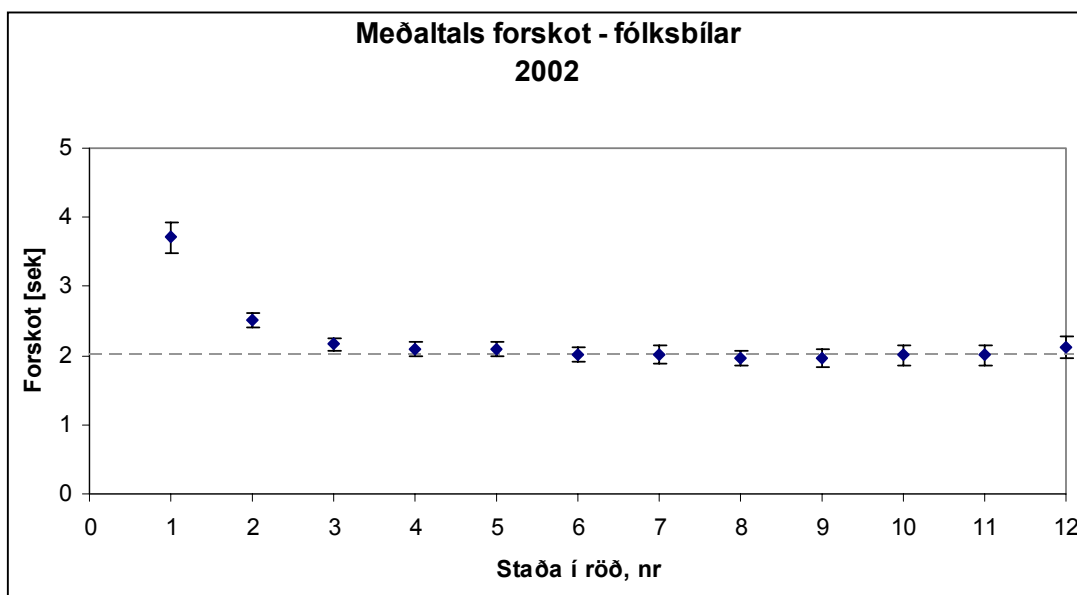




Inntaksgildi í hermunarforrit áfangaskýrsla

Mettað forskot og tapaður tími á umferðarljósum



Guðbjörg Lilja Erlendsdóttir
Haraldur Sigþórsson
Þorsteinn Þorsteinsson
Janúar 2003

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	1
1 Inngangur.....	1
2 Mettað forskot og tapaður tími.....	2
<i>Mettað forskot og tapaður tími á Íslandi</i>	<i>2</i>
<i>Mettað forskot og tapaður tími erlendis.....</i>	<i>3</i>
3 Um hermunarforritið CORSIM og inntaksgildi þess.....	4
4 Mat á íslenskum aðstæðum	7
<i>Aðferðarfræði og framkvæmd</i>	<i>7</i>
<i>Niðurstöður</i>	<i>8</i>
<i>Umræða og samanburður við heimildir.....</i>	<i>9</i>
5 Næmni hermunar fyrir breytingum á inntaksgildum	11
<i>Bakgrunnur, aðferðarfræði og tilgátur</i>	<i>11</i>
<i>Niðurstöður</i>	<i>12</i>
Mettað forskot	12
Tapaður tími	14
Íslenskar aðstæður	15
6 Umræða og samantekt niðurstaðna.....	17
<i>Áhrif þessarar athugunar á hermun í framtíðinni og næstu skref.....</i>	<i>17</i>
7 Heimildir og önnur gögn sem lágu til grundvallar.....	18
<i>Ritaðar.....</i>	<i>18</i>
<i>Á veraldarvefnum</i>	<i>18</i>
<i>Munnlegar og tölvupóstur.....</i>	<i>18</i>
8 Viðauki 1: Mælingar	19
Miklabraut	19
Kringlumýrarbraut.....	19
Mælingar á Miklubraut og Kringlumýrarbraut teknar saman	20
9 Viðauki 2: Orðskýringar	21

1 Inngangur

Á síðustu árum hefur notkun hermunarforrita aukist við hönnun stærri umferðarmannvirkja á Íslandi, en einnig við umferðarskipulag og minni framkvæmdir. Dæmi um verkefni þar sem hermun hefur verið notuð eru forhönnun mislægra gatnamóta við Skeiðarvog, forhönnun Sundabrautar, forhönnun mislægra gatnamót á Reykjanesbraut og umferðarskipulag fyrir Kristnitökuhátíð 2000.

Forritið sem notað hefur verið við þessar hermanir heitir CORSIM og er bandarískt. Allt frá því að byrjað var að nota forritið hafa menn velt því fyrir sér hversu vel forritið nær að líkja eftir íslenskum aðstæðum en eins og menn vita er umferðarmenning mismunandi milli landa.

Vorið 2000 vann Samúel Torfi Pétursson lokaverkefni við Háskóla Íslands sem fjallaði um inntaksgildi forritsins. Í verkefninu var gerð frumrannsókn á íslenskum gildum fyrir mettað forskot (e. *saturation headway*) og tapaðan tíma (e. *start-up lost time*) á umferðarljósum og tvísýnt ökubil (e. *critical gap*) á gatnamótum án ljósastýringar, auk athugunar á akreina vali og lágmarksbili milli ökutækja við samruna (e. *merging*).

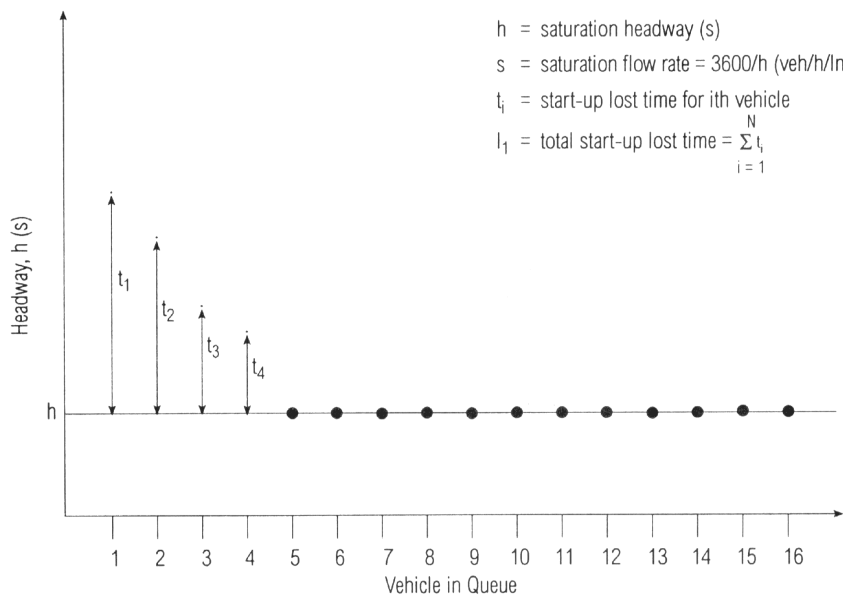
Í kjölfarið var sótt um styrk til Rannsóknarráðs Vegagerðarinnar til að vinna verkefnið frekar. Í þessum hluta þess verks er ætlunin að beina athyglinni að **mettuðu forskoti** og **töpuðum tíma** á umferðarljósum auk þess að meta **næmni forritsins** fyrir breytingum á þessum stærðum.

Í seinni hluta verkefnisins, sem gert ráð fyrir að vinna 2003 ef áframhaldandi styrkveiting fæst, verður sjónum beint að **tvísýnu ökubili** og **billengd** við fléttun umferðarstrauma á stofnbrautum.

2 Mettað forskot og tapaður tími

Almennt er talað um tvennskonar flæði umferðar. Annars vegar stöðugt flæði umferðar (e. *uninterrupted flow*) og hins vegar óstöðugt flæði umferðar (e. *interrupted flow*). Stöðugt flæði ríkir þar sem engin regluleg truflun verður á flæðinu. Óstöðugt flæði aftur á móti er t.d. á umferðarljósum eða annars staðar þar sem regluleg truflun verður á umferðarflæðinu, sem veldur töfum.

Mettað forskot og tapaður tími eiga við um óstöðugt flæði. Þessar tafir verða þegar bílar taka af stað eftir að hafa beðið eftir grænu umferðarljósi (sjá mynd 1). Tíminn milli fyrsta og annars bíls sem taka af stað er meiri en milli næstu tveggja og svo framvegis þar til stöðugleiki hefur náðst. Þessi stöðugleiki kallast mettað forskot. Tapaður tími er summa viðbótartímans sem bætist við mettað forskot þegar tekið er af stað. Eins og gefur að skilja eru þessar tafir mjög breytilegar, allt eftir aðstæðum, gerð ökutækis og ekki síst vegna þess hve mismunandi einstaklingarnir eru. Þess vegna gefa mælingar á þessum stærðum mjög mismunandi niðurstöðu.



Mynd 1 Mettað forskot og tapaður tími á ljósastrýrdum gatnamótum.
(Heimild: Transportation Research Board, 2000)

Mettað forskot og tapaður tími á Íslandi

Þrátt fyrir að oft sé stuðst við bandarískar reikniáferðir við hönnun og mat á afkastagetu ljósastrýrdra héraða hér á landi þá eru þau ólík bandarískum ljósastrýrdum að einu veigamiklu leyti. Í Bandaríkjunum kemur bara gult ljós í lok hvers græns tímabils en hér er það bæði við upphaf og lok græns ljóss. Áhrif þessa eru óljós. Gula ljósið er ætlað sem viðbragðstími en örur ökumenn setja það ekki fyrir sig að aka af stað á gulu. Ef mæla á mettað forskot og tapaðan tíma fyrir fyrsta ökutækið sem tekur af stað er því nauðsynlegt að miða við tímann þegar gult ljós kviknar.

Í Reykjavík er guli fasinn á undan grænu yfirleitt tvær sekúndur en sá í lokin þrjár sekúndur. Tíminn sem rautt ljós logar gagnvart öllum er oftast tvær sekúndur en stundum meira, allt eftir stærð gatnamótanna og hraða. Í HCM (Bandaríkjunum) er reiknað með að tíminn sem

gult ljós logar og tíminn sem rautt ljós á allar akstursstefnur við lok græns sé samtals 4 sekúndur, sem er 1 sekúndu minna en á hefðbundinn tími á Íslandi.

Niðurstöður frumrannsóknar Samúels Torfa Péturssonar¹ á þessum stærðum er að mettað forskot hér á landi sé 1,9 sekúndur á ökutæki og tapaður tími sé 2,9 sekúndur. Taka verður fram að ekki fékkst fram tölfræðileg staðfesting á þessum gildum.

Mettað forskot og tapaður tími erlendis

Í staðalinum HCM² er mælt með að 1900 ökutæki á klukkustund séu notuð sem grunnstærð mettnarflæðis sem síðan er leiðrétt með tilliti til akreinabreiddar, fjölda þungra bíla, halla og fleiri atriða. Miðað við kjöraðstæður (akreinabreidd 3,6 m, flatt land, engir þungir bílar, aðeins beinir umferðarstraumar og engar truflanir af bílum sem beygja og engin bílastæði), er því mettað forskot:

$$h = \frac{3600}{1900} = 1,9 \text{ sek} / \text{öku}$$

Þar sem 3600 eru fjöldi sekúndna í einni klukkustund. Við hefðbundnar aðstæður þar sem fjöldi þungra bíla er 2 % en allt annað óbreytt verður mettnarflæðið u.þ.b. 1860 ökutæki á klukkustund grænt ljós og mettað forskot 1,93 sekúndur á ökutæki. Viðmiðunargildi fyrir tapaðan tíma eru 3 sekúndur samkvæmt HCM en þá er tími sem tapast vegna tíma þar sem rautt ljós lýsir á móti öllum einnig talinn með. Í Traffic Engineering³ kemur fram að allt að 75% tapaðs tíma verði við upphaf græns ljóss, sem eru 2,25 sekúndur.

Fyrstur til að setja fram stærðir fyrir mettað forskot og tapaðan tíma á gatnamótum var Bruce Greenshield á miðjum fimmta áratug síðustu aldar⁴. Hann sett fram jöfnu fyrir nauðsynlegum grænum tíma til að anna ákveðinni umferð. Í henni kemur fram að mettað forskot sé 2,1 sekúndur á ökutæki og tapaður tími 3,7 sekúndur. Árið 1978 var jafnan endurbætt með fleiri mælingum. Mettað forskot var eftir sem áður 2,1 sekúndur á ökutæki en tapaður tími var nú metinn 1,1 sekúnda. Þessi dramatíska lækkun á töpuðum tíma er skýrð með því að bílstjórar hafi orðið örari á þessum þremur áratugum og að ökutækin hafi batnað⁵.

Í bókinni Traffic Engineering eftir Roess, McShane og Prassas⁶ er getið um könnun sem gerð var 1987-1988 á mettnarflæði á gatnamótum með óvörðum vinstribeygjustraumum⁷. Niðurstöðurnar eru flokkaðar í tvennt. Annars vegar gatnamót með einni akrein í hverri aðkomu og hins vegar gatnamót með tveggja akreina aðkomum. Niðurstöðurnar má sjá í töflu 1. Gefin eru upp hæstu gildi, lægstu gildi og meðaltals gildi mettaðs forskots. Athygli vekur að gildi aðkoma með eina akrein eru mun hærri. Þetta má rekja til þess að beygjustraumarnir deila akrein með straumnum sem heldur beint áfram.

¹ Samúel Torfi Pétursson, maí 2000

² Transportation Research Board, 2000

³ Roess, Roger P og fleiri, 1998

⁴ Roess, Roger P og fleiri, 1998

⁵ Roess, Roger P og fleiri, 1998

⁶ Roess, Roger P og fleiri, 1998

⁷ Samkvæmt heimildartilvísun <Roess, Roger P og fleiri, 1998> er könnunina að finna í <Roess, R og fleiri, september 1989. Level of Service in Shared-Permissive Left Turns Lane Groups; Final Report., FHWA Contract No. DTFH-87-C-0012. Transportation Training and Research Center, Polytechnic University, Brooklyn, NY>

Tafla 1 Mettað forskot samkvæmt rannsókn sem gerð var í Bandaríkjunum 1987-1988 (Heimild: Roess, Roger P og fleiri, 1998 sem vísa í Roess, R og fleiri, september 1989 (sjá neðanmálsgrein 7))

	Aðkoma með einni akrein	Aðkoma með tveimur akreinum
Fjöldi aðkoma	14	26
Fjöldi 15 mínútna tímabila	101	156
Lágmarks mettað forskot	2.11 s/ökut	1.83 s/ökut
Meðal mettað forskot	2.81 s/ökut	2.69 s/ökut
Hámarks mettað forskot	5.66 s/ökut	4.81 s/ökut

Í HCM er einnig getið kannana sem gerðar hafa verið víða í Bandaríkjunum. Þessar mælingar sýna glögglega hversu breytilegar þessar stærðir eru. Mettað forskot er á bilinu 1,8-2,4 sekúndur á ökutæki (samsvarar mettnarflæði 1500-2000 ökutæki á klukkustund) og tapaður tími á bilinu 0,8-3,0 sekúndur.

Breytileikinn er í raun það mikill að mælt er með því í HCM að gert sé mat á mettuðu forskoti og töpuðum tíma í hvert sinn sem þörf er á þessum stærðum vegna hermunar eða annarra reikninga.

3 Um hermunarforritið CORSIM og inntaksgildi þess

Hermun er til margra hluta nýtsamleg innan umferðarverkfræðinnar. Það er ekki aðeins við hönnun stórra umferðarmannvirkja sem hún getur komið að gagni heldur einnig við að kanna áhrif smærri breytinga á stærra kerfi, eins og við breytingu á akreinanotkun. Eins eru til hermunarforrit sem taka á öðrum hlutum eins og t.d. stillingu umferðarljósá og þróun bíla m.t.t. umferðaröryggis⁸.

Við hermun líkt og alla aðra reikninga er mikilvægt að vera með forsendur og bakgrunnsgögn sem nákvæmust. Í rauninni á maður að leitast við að meta sem flest inntaksgildi viðkomandi forrits⁹ eins og t.d. óheft flæði, mettnarflæði gatnamóta og tvísýnt ökubil, en ekki taka sjálfgefnu gildin endilega beint. Upplýsingar um inntaksgildin geta einnig komið frá fyrri verkum eða öðrum heimildum. Það er hlutverk þessa verkefnis að leggja mat á nokkrar af þessum stærðum fyrir íslenskar aðstæður og kanna hvað áhrif sú vitneskja hefur á niðurstöður hermunar.

Hermunarforritið sem skoðað verður, og hefur verið notað á Línuhönnun, kallast CORSIM (*Microscopic Traffic Simulation Model*) sem er hluti af TSIS hugbúnaðinum (*Traffic Software Integrated System*). CORSIM skiptist síðan í tvennt. Annars vegar NETSIM sem tekur á venjulegum vegum og götum og hinsvegar FRESIM sem hermir hraðbrautir. Forritið er unnið af McTrans Center við Flórídaháskóla (*University of Florida*), fyrir bandarísku vegagerðina (FHWA, *Federal Highway Administration*).

Líkanið er byggt upp af hnútpunktum og hlekkjum milli þeirra. Hver hlekkur og hnútpunktur hefur síðan sín einkenni, eins og fjölda og breidd akreina, meðaltals óheftan hraða á hlekknum, stýringu í hnútpunkti og svo framvegis.

⁸ Revised Monograph on Traffic Flow Theory á síðu Turner-Fairbank Highway Research Center: <http://www.tfhrc.gov/its/tft/toc.pdf>

⁹ Center for Microcomputers in Transportation um TSIS: <http://www-mctrans.ce.ufl.edu/featured/tsis/>

Einnig er hægt að hafa áhrif ýmissa einstaklingsbundna þætti ökumanna. Í forritinu eru skilgreindar tíu gerðir ökumanna sem eru mis óþolinmóðar (e. *aggressive*). Fram til þessa hafa sjálfgefín gildi verið notuð fyrir þessar færslur, en þær eru tengdar hlutum eins og hraða sem ökumenn velja sér, forskot sem menn setta sig við og mettuðu forskoti og töpuðum tíma fyrsta ökutækis á ljósagatnamótum. Ökutækin sem koma á eftir fyrsta ökutækinu við hermun tapa engum tíma. Hermunin lýsir því oftast betra ástandi en raunveruleikanum¹⁰.

Í töflu 2 er lýsing á þeim breytum forritsins sem hafa áhrif á hegðun og viðbrögð ökumanna. Í þessum áfanga verkefnisins, sem fjallar um mettað forskot og tapaðan tíma á umferðarljósum, eru það breytur 11, 58 og 149 sem koma við sögu. Ætlunin er að kanna næmni forritsins fyrir breytingum á grunnbreytunni (breyta 11).

Vegna þess að hermunin er slembiferli þarf að gæta þess að keyra hermilíkanið það oft að dreifing niðurstaðna sé innan ásættanlegra marka. Dreifingin er könnuð með því að beita t-prófi á niðurstöðurnar.

Niðurstöður hermunarinnar veita síðan meðal annars upplýsingar, fyrir hvern hlekk, um meðalhraða, biðraðamyndun og tafir. Með forritinu er einnig hægt að fá ýmsar upplýsingar um sem snúa að umhverfisþáttum eins og útblástur.

¹⁰ David Hale, þjónustuveri McTrans. Fyrirspurn á tölvupósti um CORSIM. (24. júní 2002)

Tafla 2 Helstu breytur í CORSIM sem hafa áhrif á hegðun og viðbrögð ökumanna. Breytur sem eru tengdar mettuðu forskoti og töpuðum tíma eru skáletraðar og með stærra letri.

Nr. breytu	Nafn	Lýsing
11	<i>NETSIM Link Description</i>	<i>Mettað forskot og tapaður tími fyrsta ökutækis á umferðarljósum og hraði óhefts flæðis.</i>
58	<i>Vehicle Type Specifications for NETSIM</i>	<i>Samsetning bílaflotans, stærð, hröðun og margföldunarstuðull á mettað forskot hvers hlekks sem ákvarðað er með breytu 11.</i>
81	Lane-Change Parameters	Ýmis gildi sem ákvarða hvernig og hvenær skipt er um akrein. Til dæmis tími sem það tekur að skipta um akrein, viðbragðstími, ásættanlegt forskot í tengslum við ópolinmæði ökumanna, ópolinmæðisstuðull ökumanna, hlutfall ökumanna sem eru samvinnufúsir við akreinaskipti
140	Left-turn Jump, Left and Right-Turning Speeds	Líkur á að vinstribeygja sé tekin við upphaf græns ljóss áður en þeir sem koma á móti taka af stað. Einnig hraði þeirra sem taka vinstri og hægri beygju.
141	Spillback Probability and Probability of left-Turn Lagger	Líkur á því að taka þátt í eða valda yfirfylli (e. <i>spillback</i>) miðað við fjölda bíla í yfirfylli og líkur þess að tekin sé vinstri beygja eftir að grænu ljósi líkur miðað við hvenær komið er að stopplínu
142	Acceptable Gap in Near-Side Cross Traffic for Vehicles at a Sign	Tvisýnt ökubil milli bíla á aðalgötu sem koma frá vinstri m.t.t. ökumannsgerðar.
143	Additional Time for Far-Side Cross Traffic in Acceptable Gap for Vehicles at a Sign	Viðbót við breytu nr. 142 vegna umferðar sem kemur frá hægri miðað við umferð á hliðargötu.
144	Amber Interval Response	Viðbragð mismunandi ökumanna við gulu ljósi við lok græns m.t.t. ásættanlegrar hemlunar
145	Gaps for Permissive Left-Turns and for Right-Turns on Red or at Signs	Bil í sekúndum milli bíla í straumi sem þarf að skera við vinstribeygju frá aðalgötu eða þar sem leyfð er hægri beygju á rauðu ljósi.
147	Free-Flow Speed Percentages	Óheftur hraði mismunandi ökumanna sem hlutfall af skilgreindum óheftum hraða viðkomandi hlekks
149	<i>Link Type Distributions (Queue Discharge Headways and Start-Up lost Time)</i>	<i>Mettað forskot og tapaður tími þegar tekið er af stað á ljósum miðað við ökumannsgerð</i>
152	Distributions of Longitudinal Distance to Start to Attempt a Lane Change	Ákvörðun á því hvenær ökumenn fara að breyta um akrein vegna áfangastaðar m.t.t. ökumannsgerðar. (Sjálfgengið meðalgildið er 300 fet/92 metrar)
153	Driver's Familiarity with Paths Distribution	Hlutfall bílstjóra sem þekkir næstu beygju (sjálfgengið gildi 10%) eða næstu tvær beygjur (sjálfgengið gildi 90%) (e. <i>turn movements</i>)

Niðurstöðurnar er hægt að skoða í frágangsskrá (e. *output*) en einnig er hægt að horfa á hermuna sjónrænt og sjá niðurstöðurnar á hverju tímamarki annað hvort í grafi eða í töflu. Það að hægt er að horfa á hermuna á skjánum hjálpar til við að koma auga á atriði sem erfitt er að lesa úr skrá ein og hver flöskuhálsinn er þegar umferðarteppa skapast.

4 Mat á íslenskum aðstæðum

Niðurstöður lokverkefnis Samúels Torfa Péturssonar við Háskóla Íslands¹¹ benda til þess að þess að mettað forskot á Íslandi sé í lægri kantinum miðað við það sem Bandaríkjamenn miða við en tapaður tími aftur á móti jafnvel aðeins í hærri kantinum (sjá kafla 2). Þetta varð kveikjan að þessu verkefni þar sem ætlunin er að fá fram íslenskt viðmiðunargildi með viðunandi nákvæmni fyrir mettað forskot og tapaðan tíma. Tveir straumar á gatnamótum Kringlumýrarbrautar og Miklubrautar voru mældir í þeim tilgangi.



Mynd 2 Gatnamót Miklubrautar og Kringlumýrarbrautar. Horft til norðausturs.

Í upphafi var ætlunin að taka fleiri gatnamót¹² með en þau reyndust ekki nægjanlega mettuð til að gefa haldbærar niðurstöður. Hugmyndin með því að taka fleiri gatnamót var bæði að fá stærra safn mælinga en einnig að sjá hvort og þá hver munurinn væri milli mismunandi gatnamóta.

Aðferðarfræði og framkvæmd

Gatnamót Kringlumýrarbrautar og Miklubrautar eru vel mettuð á annatíma, tiltölulega flöt, með framhjálaupum fyrir hægribeygjustrauma og vösum fyrir vinstribeygjustrauma þannig að truflun frá bílum sem beygja er í lágmarki. Gatnamótin eru því kannski eins nálægt því að að vera við kjöraðstæður samkvæmt skilgreiningu HCM og komist verður með mælingu á raunveruleikanum. Gerður er greinarmunum á fólksbílum og þungum bílum við mælinguna og við útreikninga eingöngu reiknað með fólksbílum. Hermunarforritið CORSIM tekur sjálft tillit til þunga bíla sem og tafa vegna ökutækja sem beygja.

Með hliðsjón af umferðartalningu gatnamótanna frá 2000 var ákveðið að mæla mettað forskot og tapaðan tíma fyrir straumana sem sýndir eru á mynd 3 milli klukkan 16.45 og 17.45 síðdegis. Um er að ræða beina strauma á ystu akrein. Hvor straumur um sig var tekinn upp á myndband tvo eftirmiðdaga¹³ og mæling gerð út frá myndbandinu¹⁴. Þannig fengust upplýsingar um u.þ.b. 1000 ökutæki eða 70-80 ökutæki fyrir hvert sæti raðarinnar,

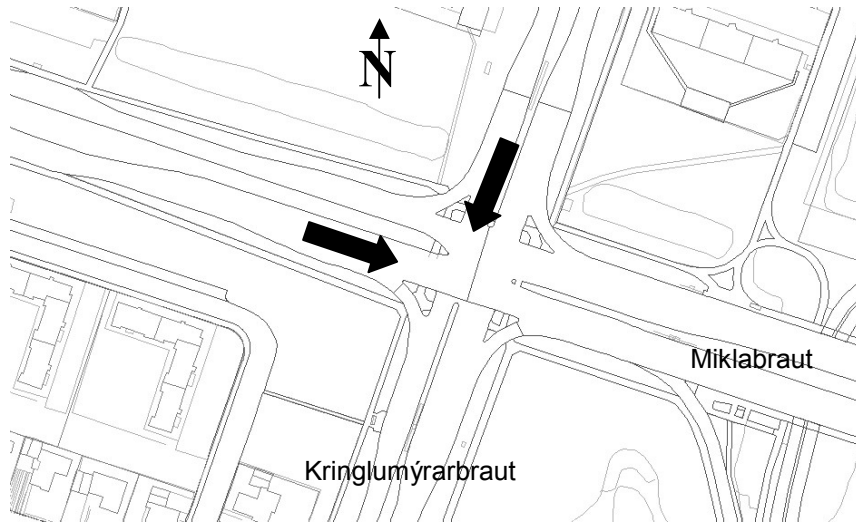
¹¹ Samúel Torfi Pétursson, maí 2000

¹² Þetta voru gatnamót Kringlumýrarbrautar og Sæbrautar og gatnamót Suðurlandsbrautar og Álfheima.

¹³ Kringlumýrarbraut, 31.júlí og 12.ágúst. Miklubraut, 29.júlí og 30.júlí.

¹⁴ Tími í sekúndum með 5 aukastöfum (fleiri en nákvæmni mælingarinnar) var færður í textaskrá þegar slegið var á takka á lykklaborði auk bókstafar sem slegið var á. Þannig var hægt að greina þunga bíla frá öðrum.

sbr. mynd 1. En áætlað hafði verið að mæla þyrfti um 750 ökutæki til að fá viðunandi nákvæmni (+/- 0,05 sek/ökutæki fyrir mettað forskot). Um það bil 4% ökutækjanna voru þungir bílar.



Mynd 3 Stefna straumanna sem voru mældir, beinn straumur á ystu akrein.

Forskot fyrsta ökutækis sem tekur af stað var metið sem tíminn frá því að gult ljós kviknar þar til að aftari hjól ökutækisins¹⁵ fara yfir stöðvunarlínu. Forskot næsta ökutækis er svo tíminn sem líður frá því að aftari hjól fyrsta ökutækisins fara yfir stöðvunarlínuna þar til aftari hjól næsta ökutækis fara yfir stöðvunarlínuna og svo koll af kolli. Miðað er við tímann þegar gult ljós kviknar en ekki grænt vegna þess hversu margir ökumenn taka af stað á gulu ljósi (sbr. kafla 2, *Mettað forskot og tapaður tími á Íslandi*).

Niðurstöðurnar voru teknar saman fyrir hvert sæti raðarinnar og meðaltals forskot reiknað fyrir hvert sæti. Vikmörk voru reiknuð með t-dreifingu miðað við 95% öryggi (*e. confidence interval*). Mettað forskot var reiknað út frá forskoti ökutækja númer 4 til 12¹⁶.

Niðurstöður

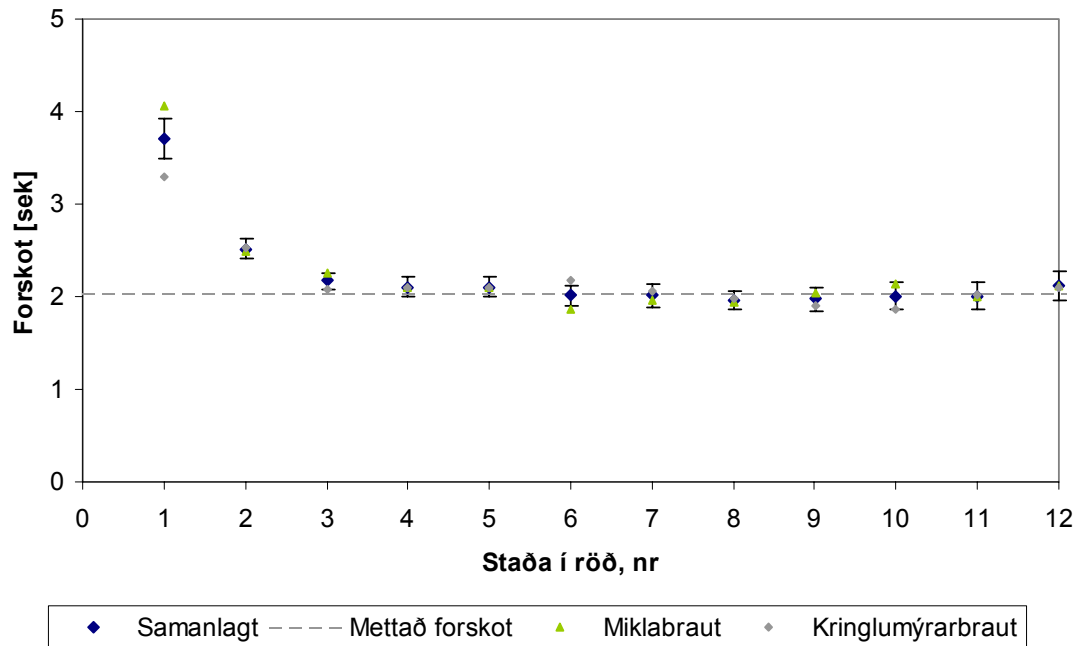
Tveir straumar voru mældir, annars vegar á Miklubraut og hins vegar á Kringlumýrarbraut (mynd 3). Niðurstöðurnar má sjá í töflu 3 og á mynd 4.

Litlu munar á niðurstöðum mettaðs forskots á Miklubraut og á Kringlumýrarbraut, svo litlu að óhætt er að leggja straumana saman. Mettað forskot fyrir straumana samanlagða er $2,03 \pm 0,04$ sek.

Fyrir tapaðan tíma munar aftur á móti meiru á straumunum á Miklubraut og á Kringlumýrarbraut, sem aftur hefur áhrif á niðurstöðuna þegar mælingar þessara tveggja strauma eru lagðar saman. Svo miklu munar á meðaltals forskoti fyrsta ökutækis á Miklubraut og Kringlumýrarbraut að ekki er hægt að segja með 95 % vissu að um sama þýði sé að ræða. Vegna þessa var ekki reiknaður tapaður tími fyrir mælingarnar sameiginlega þrátt fyrir að hægt væri að segja með 95 % vissu að annað og þriðja ökutækið væru hluti af sama þýði.

¹⁵ Hefðbundið er að miða við aftari hjól ökutækis og stöðvunarlínu skv. *Roess, Roger P og fleiri, 1998* síðu 403.

¹⁶ Aðrar samsetningar voru einnig prófaðar. Prófað var að reikna frá og með 3. ökutæki og frá og með 5. ökutæki en það gaf minni nákvæmni. Eftir 12 ökutæki reyndist flæðið ekki vera nægjanleg mettað



Mynd 4 Mettað forskot á Miklubraut, Kringlumýrarbraut og fyrir heildina. Fólksbilar.

Samkvæmt þessu virðast ökumenn á Kringlumýrarbraut vera viðbragðsfljótari en ökumenn á Miklubraut. Hluti af skýringu þess getur verið að umferðin á Kringlumýrarbraut er mun þyngri miðað við akreina á þessum tíma dags, en á Miklubraut, sem setur hugsanlega meiri pressu á þá sem eru á Kringlumýrarbraut að vera viðbragðsfljótir.

Tafla 3 Yfirlit niðurstaðna (95% öryggi á vikmörkum)

	Miklubraut	Kringlumýrarbraut	Samanlagt
Mettað forskot [sek/ökut]	2,03 ± 0,06	2,04 ± 0,06	2,03 ± 0,04
Tapaður tími fyrsta ökutækis [sek]	2,0 ± 0,3	1,3 ± 0,3	--
Tapaður tími [sek]	2,7 ± 0,4	1,8 ± 0,3	--

Umræða og samanburður við heimildir

Nokkuð meiri nákvæmni náðist í þessari rannsókn en í frumrannsókn Samúels Torfa¹⁷ sem ekki reyndist tölfræðilega marktæk. Tafla 4 sýnir samanburð niðurstaðnana við áður nefnda frumrannsókn og aðrar heimildir. Hafa verður í huga að eingöngu voru skoðuð ein gatnamót en ætla má að mun meiri rannsóknir liggi að baki viðmiðunargildum CORSIM og HCM.

Helsta niðurstaðan er sú að mettað forskot er ekki lægra en viðmiðunargildi CORSIM og HCM eins og frumrannsóknin benti til heldur þvert á móti aðeins hærra, sá munur er þó varla marktækur. Í næsta kafla verður kannað hvaða áhrif þetta hefur á niðurstöðu hermunar í CORSIM. Þó verður að hafa í huga að viðmiðunargildin eru miðað við kjöraðstæður en við mælingu eru alltaf einhverjir umhverfisþættir sem hafa áhrif.

¹⁷ Samúel Torfi Pétursson, maí 2000.

Tapaður tími, sérstaklega fyrsta ökutækis, virðist meira breytilegur eftir aðstæðum. Áhrif þess á niðurstöður hermunar verða líka skoðuð í næsta kafla. Engu að síður bendir þessi mikli munur til þess að þessi gildi verði að nota af varfærni þar sem munurinn geti jafnvel verið enn meiri ef fleiri gatnamót væru skoðuð.

Tafla 4 Samanburður niðurstaðna við heimildir.

	Miklabraut	Kringlumýrarbraut	Samúel Torfi, 2001	Viðmiðunargildi CORSIM	Viðmiðunargildi HCM
Mettað forskot [sek/ökut]	2,03 ± 0,06	2,04 ± 0,06	1,9	1,8	1,9
Tapaður tími fyrsta ökutækis [sek]	2,0 ± 0,3	1,3 ± 0,3	--	2,0	--
Tapaður tími [sek]	2,7 ± 0,4	1,8 ± 0,3	2,9	--	2,25

5 Næmni hermunar fyrir breytingum á inntaksgildum

Þessi þáttur rannsóknarinnar snýr að því að meta hvaða áhrif það hafi á niðurstöður hermunar að sjálfgefnum umferðartæknilegum breytingum sem hafa áhrif á mettað forskot og tapaðan tíma, sé breytt. Í raun er þetta mat á verðmæti og mikilvægi vitneskju um íslenskar aðstæður í umferðinni með tilliti til hermunar.

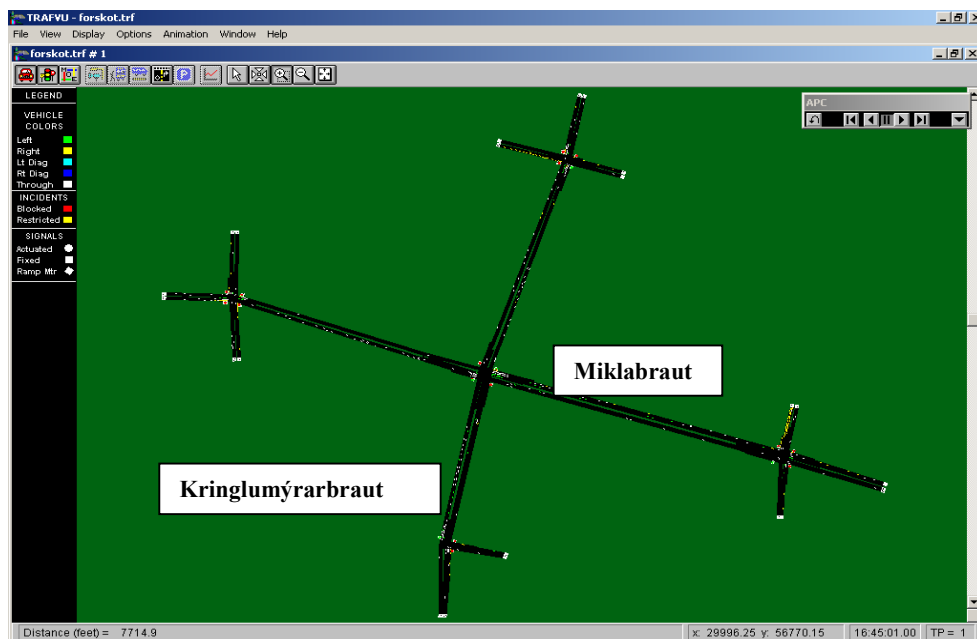
Bakgrunnur, aðferðarfræði og tilgátur

Það eru þrjár breytur í forritinu (11, 58 og 149) sem hafa áhrif á mettað forskot og tapaðan tíma þegar tekið er af stað á ljósum. Sú fyrsta, breyta 11 setur grunnildin fyrir hvern hlekk, breyta 58 ákvarðar breytileikann með tilliti til mismunandi ökutækja og breyta 149 ákvarðar breytileikann með tilliti til mismunandi ökumannsgerða (sjá töflu 2).

Dreifingin bæði með tilliti til mismunandi ökutækja og ökumanna, tekur mið af grunnildinu. Sjálfgefið grunnildi fyrir mettað forskot er 1,8 sekúndur á ökutæki og fyrir tapaðan tíma 2,0 sekúndur fyrir fyrsta ökutækið sem tekur af stað. Eingöngu eru könnuð áhrif breytilegra grunnilda (breyta 11) en ekki með tilliti til breytileika mismunandi ökutækja og ökumannsgerða.

Sjálfgefin dreifing fyrir mismunandi ökutækjagerðir gerir ráð fyrir 20% hærra mettuðu forskoti fyrir strætisvagna og flutningabíla, sem gefur tæplega 2,2 sekúndur á ökutæki í mettað forskot. Það er efni í aðra rannsókn að kanna hvort þessu og fleiru sé eins farið hér á landi.

Gatnamót Miklubrautar og Kringlumýrarbrautar eru sett upp í NETSIM og hermd með sömu umferð og ákvarðaði hvaða tímabil dagsins var skoðað þegar lagt var mat á íslenskar aðstæður (kl. 16.45-17.45). Gatnamótin eru einnig hermd með 20 % meiri umferð til að fá hugmynd um áhrif mettnar gatnamótanna á niðurstöðuna. Til að fá sem eðlilegasta umferð inn í gatnamótin eru aðliggjandi umferðarljós einnig höfð með í líkaninu (mynd 5).



Mynd 5 Líkanið sem unnið er með við næmnisathugunina. Gatnamót Miklubrautar og Kringlumýrarbrautar og aðliggjandi gatnamót.

Athugininni má skipta í tvennt annars vegar breytingar á gildum mettaðs forskots og tapaðs tíma fyrsta ökutækis þar sem öðru gildinu er breytt á meðan hinu er haldið föstu og hins vegar hermun þar sem keyrð er hermun með niðurstöðum athugunarinnar á íslenskum gildum fyrir mettað forskot og tapaðan tíma fyrsta ökutækis.

Fyrir alla hlutana er heildartafartími hvernar aðkomu og gatnamótanna í heild reiknaður sem samanburðarstærð.

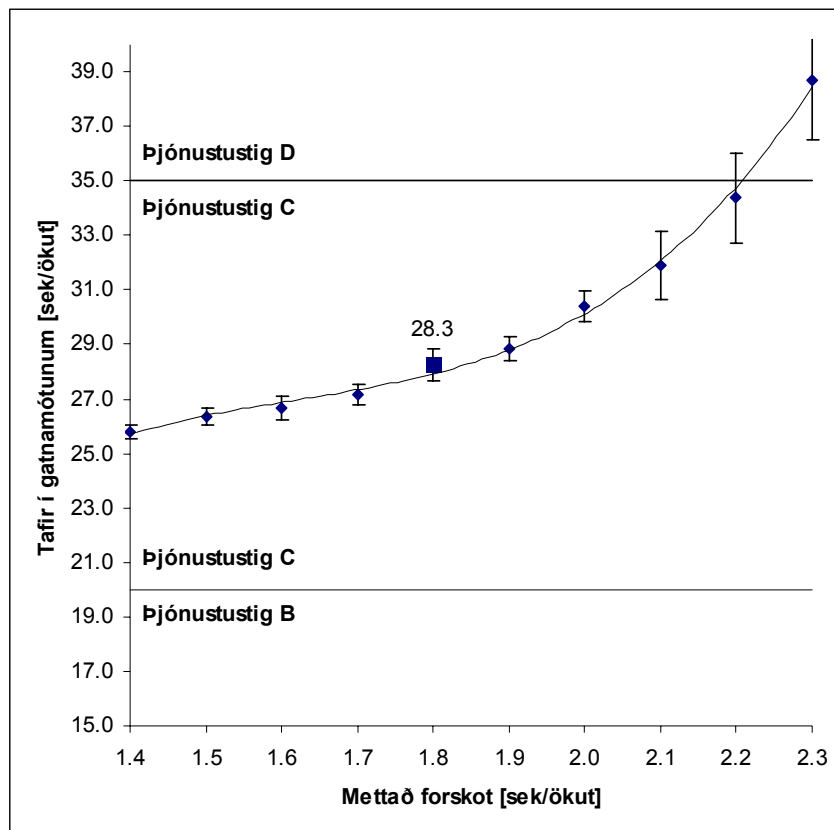
Gerðar voru 12 keyrslur fyrir hvert gildi og 95% vikmörk reiknuð miðað við t-dreifingu. Þetta er gert vegna slembieiginleika hermunarinnar.

Niðurstöður

Mettað forskot

Í þessum hluta var grunnildi mettaðs forskots breytt á meðan sjálfgefnu grunnildi tapaðs tíma fyrsta ökutækis var haldið föstu. Sjálfgefið grunnildi mettaðs forskots er 1,8 sekúndur á ökutæki. Lægsta gildi mettaðs forskots sem hægt er að nota í CORSIM er 1,4 sekúndur á ökutæki en það hæsta 9,9 sekúndur á ökutæki.

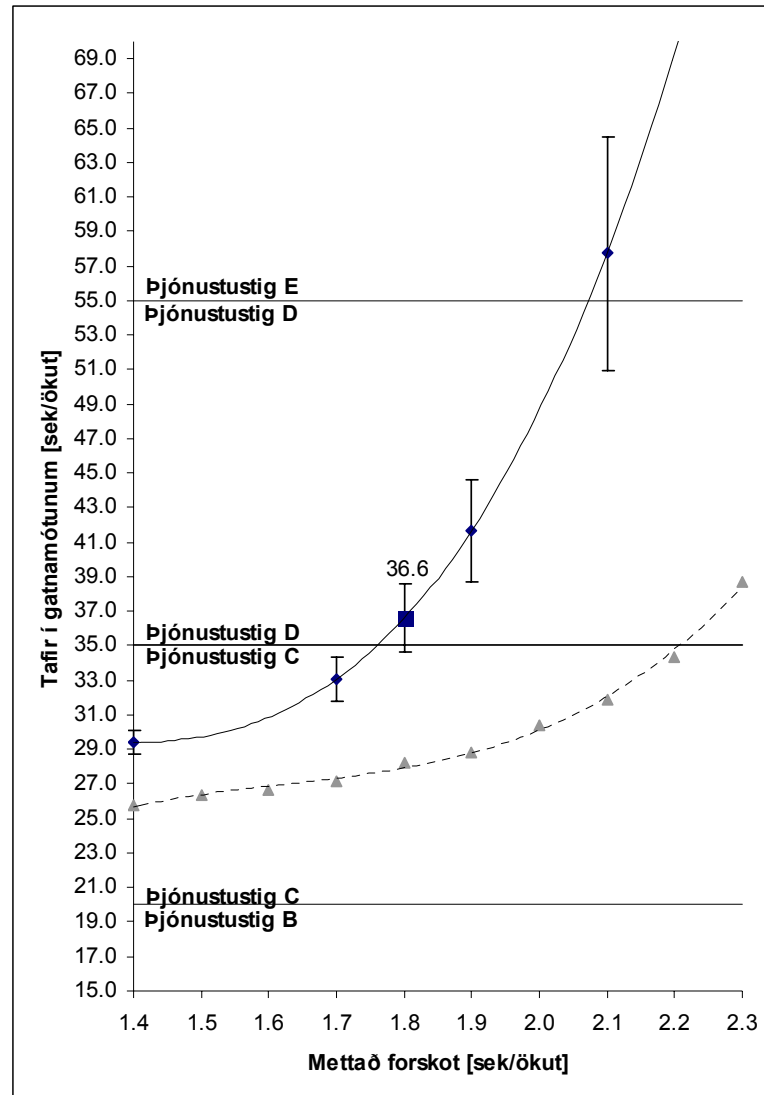
Niðurstöðurnar fyrir umferð árið 2000 má sjá á mynd 6. Samband milli mettaðs forskots og tafa í gatnamótunum er ekki til staðar. Tafirnar aukast fyrst hægt við breytingar á grunnildinu en svo hraðar eftir því sem mettað forskot verður stærra. Annað sem er athyglisvert er að óvissan (95% vikmörk) eykst eftir því sem grunnildi mettaðs forskots hækkar.



Mynd 6 Tafir í gatnamótum Miklubrautar og Kringlumýrarbrautar, reiknaðar með CORSIM miðað við mismunandi grunnildi á mettuðu forskoti. Umferð 2000. Sjálfgefið gildi mettaðs forskots er 1,8 sekúndur á ökutæki (merkt með ferningi). Tapaður tími fyrsta ökutækis er óbreyttur, 2,0 sekúndur.

Áhrif þess að auka umferðina um 20 % má sjá á mynd 7. Það lítur út fyrir að línan hliðrist til lárétt en ekki lóðrétt við það að gatnamótin séu mettaðri, þ.e. hermunin er næmari fyrir því hvert inntaksgildið er fyrir mettað forskot (meiri halli á línunni) og óvissan áykst. Óvissan á tölum miðað við sjálfgefna gildið 1,8 sekúndur á ökutæki eykst t.d. úr 2 % í 5 %.

Það er því mikilvægara að hafa mat á gildi mettaðs forskots þegar gatnamót eru nærri mörkum þjónustustigs C og D en þegar umferð er minni. Einnig er trúlegt að fleiri keyrslur þurfi til þess að fá ásættanlega nákvæmni.

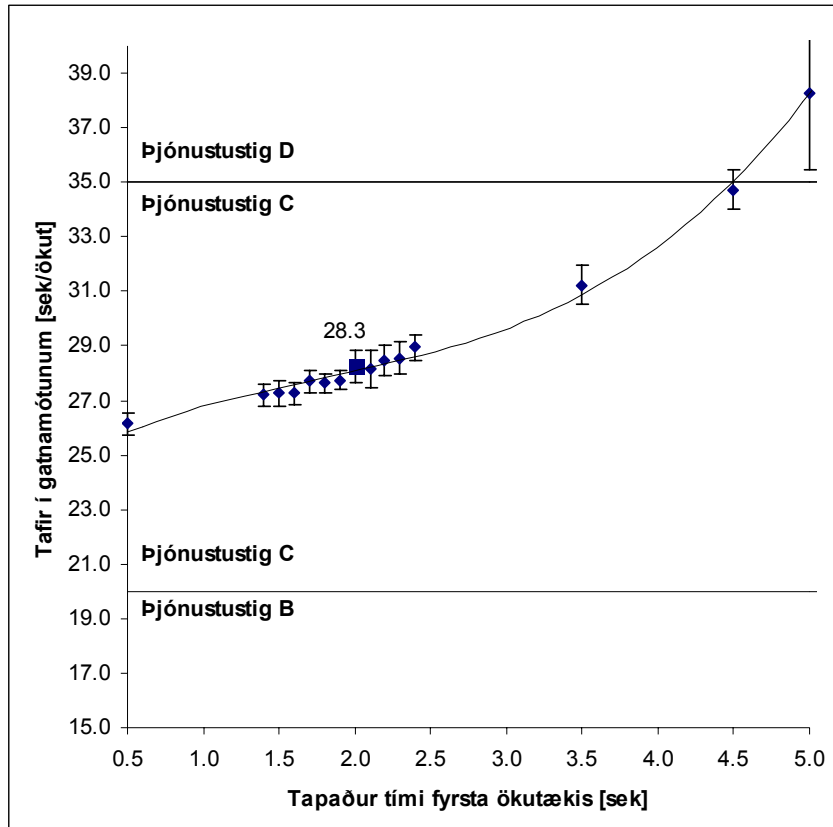


Mynd 7 Tafir í gatnamótum Miklubrautar og Kringlumýrarbrautar, reiknaðar með CORSIM miðað við mismunandi grunnildi á mettuðu forskoti. Umferð 2000 + 20%. Neðri línan sýnir niðurstöður miðað við umferð 2000. Sjálfgefið gildi mettaðs forskots er 1,8 sekúndur á ökutæki (merkt með ferningi). Tapaður tími fyrsta ökutækis er óbreyttur, 2,0 sekúndur.

Tapaður tími

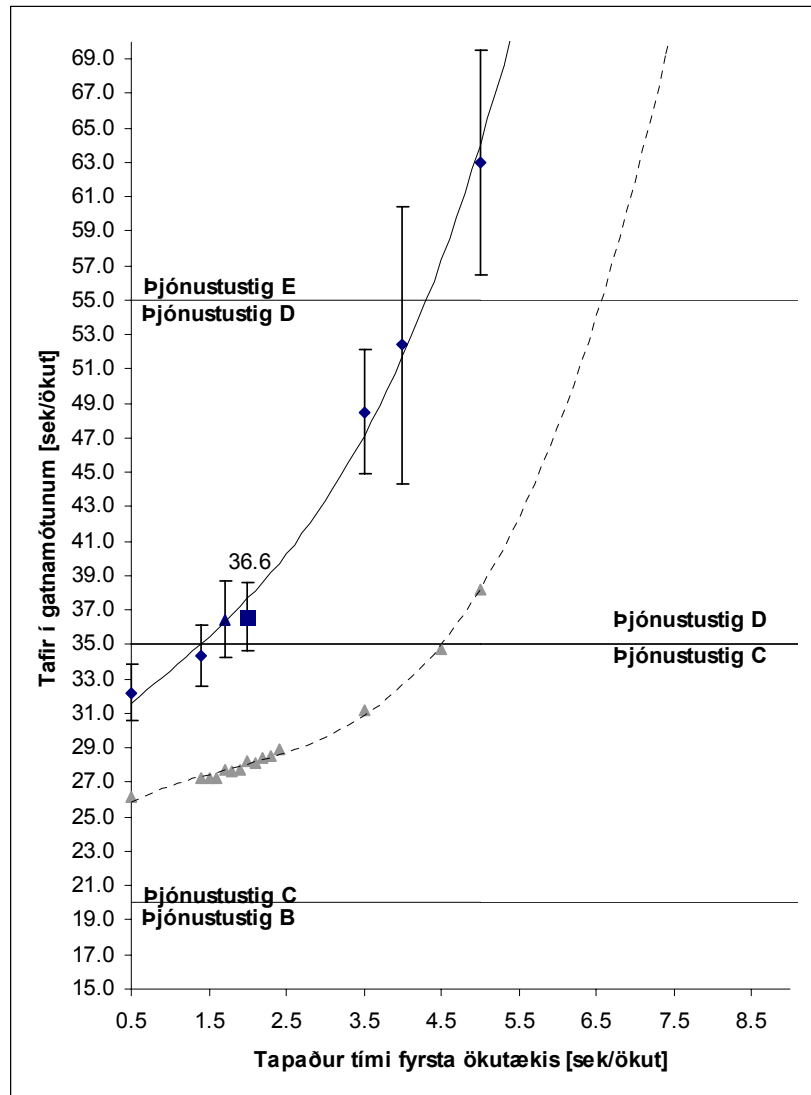
Í þessum hluta var grunngildi tapaðs tíma fyrsta ökutækis breytt á meðan sjálfgefnu grunngildi mettaðs forskots, 1,8 sekúndur, var aftur á móti haldið óbreyttu. Lægsta ráðlagða gildi tapaðs tíma í CORSIM er 0,5 sekúndur en hæsta gildi sem hægt er að nota er 9,9 sekúndur. Sjálfgefið grunngildi tapaðs tíma fyrsta ökutækis er 2,0 sekúndur.

Niðurstöðurnar fyrir umferð árið 2000 má sjá á mynd 8. Breytingar á töfum í gatnamótunum eru enn minni fyrir hverja 0,1 sekúndu sem tapaður tími breytist en við breytingar á mettuðu forskoti. Eins og í athuguninni á áhrifum breytinga á mettaðu forskoti aukast áhrifin eftir því sem tapaður fyrsta ökutækis eykst sem og óvissan.



Mynd 8 Tafir í gatnamótum Miklubrautar og Kringlumýrarbrautar, reiknaðar með CORSIM miðað við mismunandi grunngildi á töpuðum tíma fyrsta ökutækis. Umferð 2000. Sjálfgefið gildi tapaðs tíma fyrsta ökutækis er 2,0 sekúndur (merkt með ferningi). Mettað forskot er óbreytt, 1,8 sekúndur á ökutæki.

Eins og áður eru áhrif þess að auka umferðina um 20 % könnuð (mynd 9). Línan hliðrast einnig til lárétt við það að gatnamótin eru mettaðri þegar næmni forritsins fyrir töpuðum tíma er athuguð. Óvissan eykst líka verulega. Það er því ljóst að meiri þörf er á nákvæmum inntaksgildum við hermun þegar verið er að skoða ástand nærri mörkum þjónustustigs C og D. Einnig þarf fleiri keyrslur til þess að fá fram sömu nákvæmni og við hermun minna mettaðra gatnamóta.



Mynd 9 Tafir í gatnamótum Miklubrautar og Kringlumýrarbrautar, reiknaðar með CORSIM miðað við mismunandi grunnildi á töpuðum tíma fyrsta ökutækis. Umferð 2000 + 20%. Neðri línan sýnir niðurstöður miðað við umferð 2000. Sjálfgefið gildi tapaðs tíma fyrsta ökutækis er 2,0 sekúndur (merkt með ferningi). Mettað forskot er óbreytt 1,8 sekúndur á ökutæki.

Íslenskar aðstæður

Að lokum er athugað hver niðurstaða hermunar verður ef niðurstöður matsins á íslenskum aðstæðum (kafli 4) eru notaðar. Niðurstaða þeirrar athugunar er að mettað forskot er $2,03 \pm 0,04$ sekúndur á ökutæki og að tapaður tími fyrsta ökutækis sé $1,3 \pm 0,3$ sekúndur á Kringlumýrarbraut til suðurs en $2,0 \pm 0,3$ sekúndur á Miklubraut til austurs. Eftirfarandi grunnstærðir voru því notaðar:

- Mettað forskot: 2,0 sek/öku.
- Tapaður tími á Kringlumýrarbraut (bæði norður og suður): 1,3 sek
- Tapaður tími á Miklubraut (bæði austur og vestur): 2,0 sek

Miðað við þessi inntaksgildi eru tafir í gatnamótunum $29,6 \pm 0,7$ sekúndur á ökutæki en miðað við sjálfgefna gildin voru það $28,3 \pm 0,6$ sekúndur á ökutæki. Hermun gatnamótanna með sjálfgefnu gildunum er því líklega vanmat á aðstæðum þó svo að munurinn sé ekki

mikill. Munurinn er $1,3 \pm 0,9$ sekúndur á ökutæki sem hægt er að segja með með 95 % vissu að sé stærra en núll.

Ef umferðin er aftur á móti meiri þannig að þjónustustig gatnamótanna sé nær mörkum þjónustustigs C og D, þá skipta inntaksgildin verulegu máli. Þá verða tafir í gatnamótunum $43,8 \pm 3,6$ sekúndur á ökutæki, sem er tæplega 20 % hærra en ef sjálfgefin inntaksgildi hefðu verið notuð¹⁸. Við þessar aðstæður er það verulegt vanmat að nota sjálfgefnu gildin. Óvissan eykst líka.

¹⁸ 2000+20%. Tafir í gatnamótunum m.v. sjálfgefin gildi, $36,6 \pm 2,0$ sek/ökut.

6 Umræða og samantekt niðurstaðna

Könnunin á íslenskum aðstæðum, þar sem gatnamót Miklubrautar og Kringlumýrarbrautar voru skoðuð leiddu í ljós að mettað forskot er heldur hærra en viðmiðunargildi HCM og CORSIM. En þar sem aðeins voru skoðuð ein gatnamót er ekki hægt að alhæfa út frá því þó það gefi nokkuð góða vísbendingu.

Tapaður tími reyndist vera mjög ólíkur á Miklubraut og Kringlumýrarbraut. Umferðarálag gæti verið áhrifavaldur í því sambandi.

Nokkru munaði á tölum í gatnamótunum þegar hermunnin var keyrð með þessum „íslensku gildum” miðað við keyrslu með sjálfgefnu gildunum og reyndust „íslensku gildin” gefa verri niðurstöðu. Þessi vitneskja er mikilvæg við hönnun umferðarmannvirkja.

Athyglisvert var að óvissa jókst með hærri grunnildum, sem þýðir að fleiri keyrslur þarf til að fá sömu nákvæmni í niðurstöður og með lægri gildum. Niðurstaða hermunnarinnar er líka næmari fyrir hærri grunnildum.

Allt bendir þetta til þess að nauðsynlegt sé afla meiri heimilda um aksturslag á Íslandi ef segja á til um umferðarástand með hermunn eða öðrum reikniaðferðum með einhverri vissu.

Áhrif þessarar athugunar á hermunn í framtíðinni og næstu skref

Vonandi verður þessi fyrsta athugun á íslenskum inntaksgildum fyrir hermunnarforrit til þess að aflað verði fleiri heimilda um íslenskt aksturslag þannig að herma megi af meiri nákvæmni. Ekki er ósennilegt að hermunn með nýjum „íslenskum gildum” gefi verri niðurstöðu en fyrri hermanir með sjálfgefnum gildum.

Tvísýnt ökubil og billengd við fléttun eru þau gildi sem lagt er til að verði skoðuð næst. Einnig mætti kanna þær stærðir sem hér hafa verið skoðaðar nánar.

7 Heimildir og önnur gögn sem lágu til grundvallar

Ritaðar

- [1] Samúel Torfi Pétursson, maí 2000. *Umferðartæknileg inntaksgildi í hermunarforrit; frumrannsókn*. Lokaverkefni til Cand. Scient. prófs í Umhverfis- og byggingarverkfræði Háskóla Íslands.
- [2] Samúel Torfi Pétursson, júní 2001. *Um inntaksgildi í CORSIM hermunarforritið. Áfangaskýrsla 10.2.2001*. Línuhönnun.
- [3] Roess, Roger P og fleiri, 1998. *Traffic engineering; Second edition*. Prentice Hall, New Jersey. USA.
- [4] Transportation Research Board, 2000. *Highway Capacity Manual; HCM 2000*. USA.
- [5] U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, April 1997. *Corsim User's Manual, Version 1.03*. USA.
- [6] Þorsteinn Þorsteinsson og fl., febrúar 2002. *Umferðartæknileg inntaksgildi í hermunarforrit; Áfangaskýrsla*. Verkfræðistofnun Háskóla Íslands og Línuhönnun hf.

Á veraldarvefnum

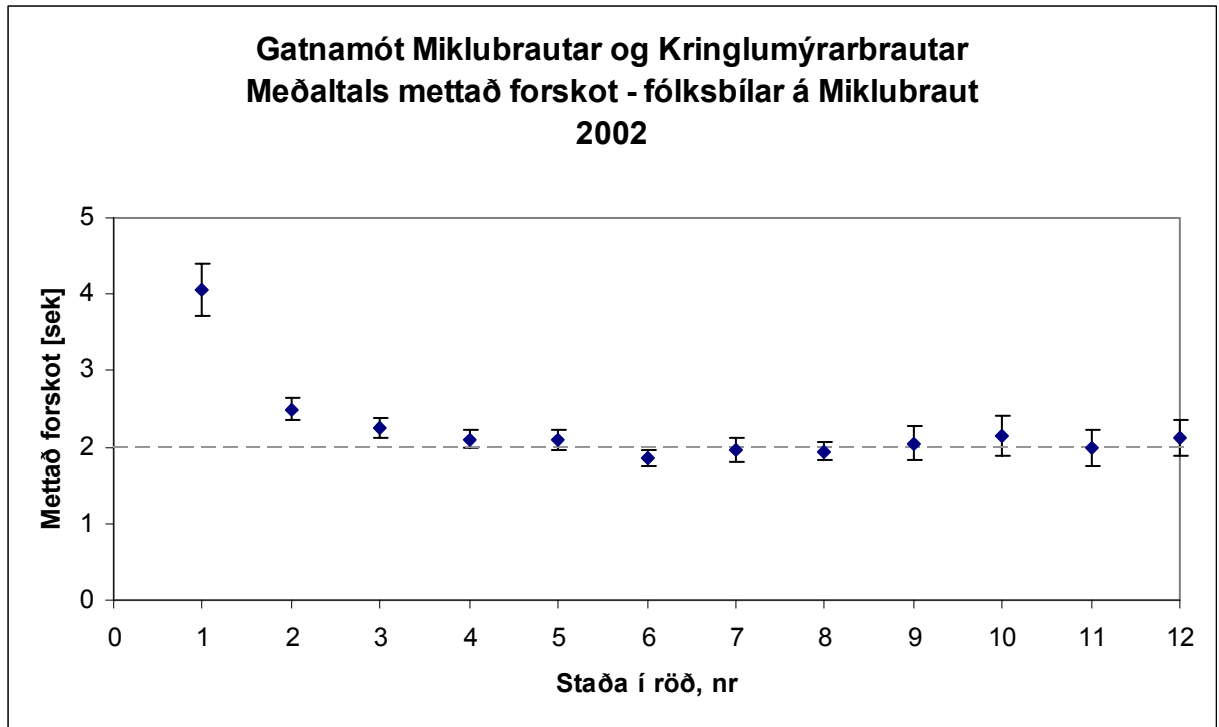
- [7] Center for Microcomputers in Transportation um TSIS:
<http://www-mctrans.ce.ufl.edu/featured/tsis/> (10. júní 2002)
- [8] Revised Monograph on Traffic Flow Theory á síðu Turner-Fairbank Highway Research Center: <http://www.tfhrc.gov/its/tft/toc.pdf> (11. júní 2002)

Munnlegar og tölvupóstur

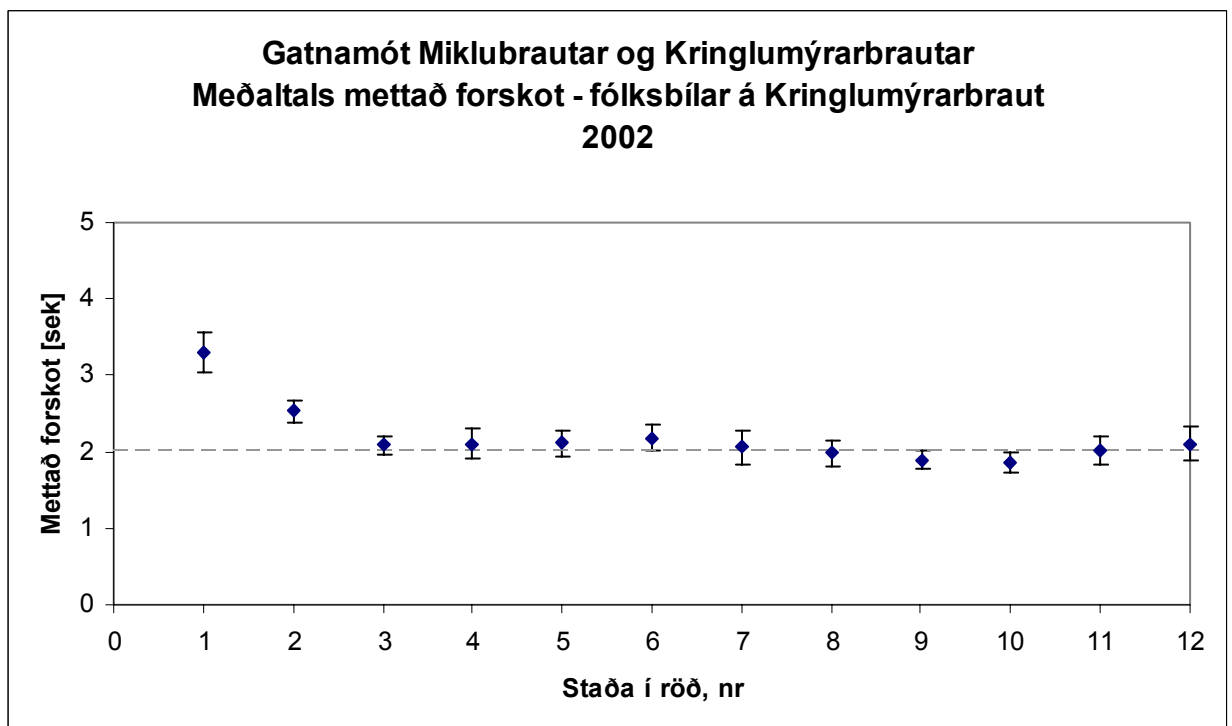
- [1] David Hale, þjónustuveri McTrans. Fyrirspurn á tölvupósti um CORSIM. (24. júní 2002)
- [2] Phil Cook, TMS consultancy. Fyrirspurn á tölvupósti mettað forskot og tapaðan tíma á umferðarljósum. (21. júní 2002)

8 Viðauki 1: Mælingar

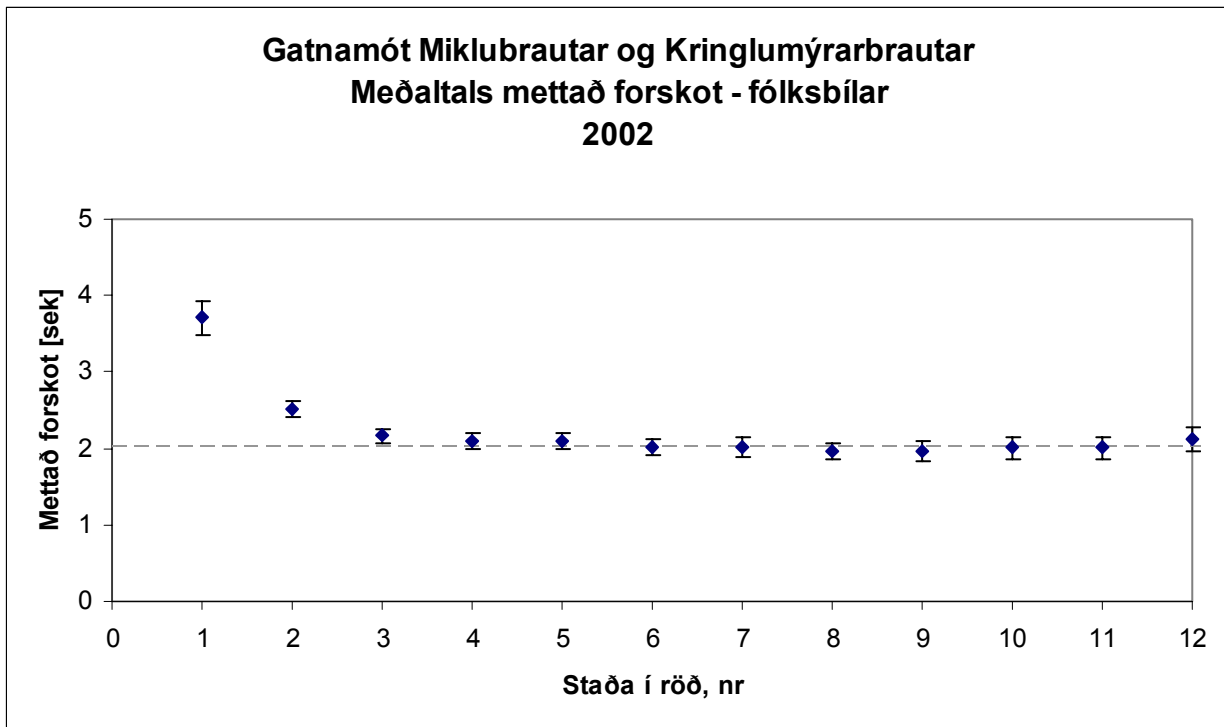
Miklabraut



Kringlumýrarbraut



Mælingar á Miklubraut og Kringlumýrarbraut teknar saman



9 Viðauki 2: Orðskýringar

Reynt hefur verið að nota íslensku yfir hugtök sem annars eru mun þekktari á ensku. Í sumum tilfellum eru til almennt viðurkenndar þýðingar á hugtökunum en í öðrum tilfellum hefur verið reynt að finna viðeigandi og lýsandi þýðingar. Í töflunni hér á eftir eru helstu hugtök sem notuð eru.

Tafla 5 Orðskýringar og þýðingar

Orð	Enska	Skýring
Bil	Spacing/Gap	Bil milli bíla í kyrrstöðu mælt t.d. í metrum.
Flæði	Flow rate	Magn á tímaeiningu t.d. fjöldi á klst.
Forskot	Headway / Gap	Bil milli bíla mælt í tíma t.d. í sekúndum miðað við sameiginlegan punkt.
Óheftur hraði	Free flow speed	Hraði ökutækja við óheft flæði.
Mettunarflæði	Saturation flow rate	Ökutæki á klst. grænt ljós og akrein.
Mettað forskot	Saturation headway	Bil milli bíla mælt í tíma í stöðugri röð á umferðarljósum.
Tapaður tími	Start-up lost time	Viðbótar tími, í sekúndum, sem bætist við mettað forskot fyrir fyrstu ökutæki sem taka af stað á ljósastýrðum gatnamótum, vegna viðbragðstíma og hröðunar þegar grænt ljós kemur.
Þéttleiki	Density	Fjöldi ökutækja á vegi miðað við lengdareiningu, t.d. fjöldi á meter
Tvísýnt ökubil	Critical gap	Lágmarks tímabil í sekúndum milli tveggja ökutækja á aðalvegi þannig að ökutæki á hliðarvegi við stöðvunarskyldu nái að þvera gatnamótin.
Yfirfylli	Spillback	