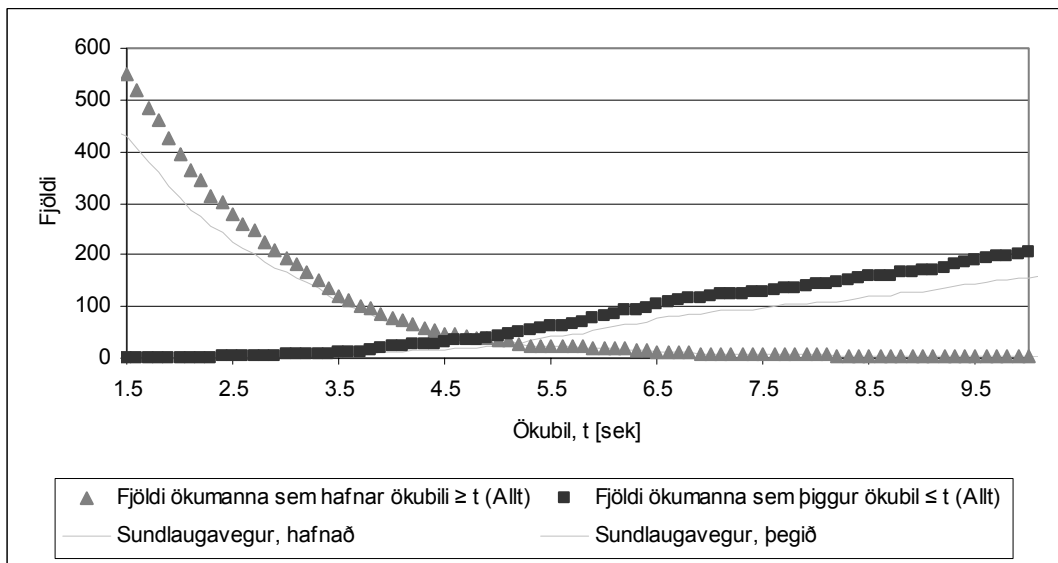




VEGAGERÐIN

Inntaksgildi í hermunarforrit áfangaskýrsla

Tvísýnt ökubil



Guðbjörg Lilja Erlendsdóttir
Haraldur Sigþórsson
Þorsteinn Þorsteinsson
Nóvember 2003

 **Línuhönnun**
verkfræðistofa



Verkfræðistofnun
Háskóla Íslands

Efnisyfirlit

1	Inngangur	1
2	Tvísýnt ökubil og fylgitími	2
3	Um hermunarforritið CORSIM og inntaksgildi þess	5
	3.1 <i>Sjálfgefin inntaksgildi CORSIM fyrir breytu 145</i>	7
4	Mat á íslenskum aðstæðum	8
	4.1 <i>Aðstæður, aðferðafræði og framkvæmd</i>	9
	4.2 <i>Niðurstöður.....</i>	10
	Vinstribeygja af aðalvegi	10
	Hægribeygja frá hliðarvegi	13
5	Næmni hermunar fyrir breytingum á inntaksgildum	16
	5.1 <i>Bakgrunnur, aðferðafræði og tilgátur</i>	16
	5.2 <i>Niðurstöður.....</i>	17
6	Umræða og samantekt niðurstaðna.....	19
7	Heimildir og önnur gögn sem lágu til grundvallar	20
Viðauki 1:	Orðskýringar.....	21

1 Inngangur

Til að kanna hvort sjálfgæfin inntaksgildi í hermunarforritinu CORSIM endurspeglir íslenskan raunveruleika hafa á undanförunum árum verið gerðar athuganir á aksturslagi á Íslandi.

Upphaf verkefnisins má rekja til lokaverkefnis Samúels Torfa Péturssonar við verkfræðideild Háskóla Íslands (Samúel Torfi Pétursson, maí 2000), þar sem gerð var frumrannsókn á þeim stærðum sem síðan hafa verið kannaðar nánar í þessu verkefni sem styrkt er af Rannsóknarráði Vegagerðarinnar.

Í síðustu áfangaskýrslu (Guðbjörg Lilja Erlendsdóttir og fl., janúar 2003) voru metin íslensk gildi fyrir mettað forskot (e. *saturation headway*) og tapaðan tíma (e. *start-up lost time*) á umferðarljósum ásamt næmni hermunarforritsins CORSIM fyrir breytingum á þessum stærðum. Niðurstaðan var, útfrá mælingum á gatnamótum Miklubrautar og Kringlumýrarbrautar, að mettað forskot er heldur hærra en viðmiðunargildi HCM og CORSIM. Tapaður tími reyndist aftur á móti mjög ólíkur á Miklubraut og Kringlumýrarbraut þar sem umferðarálag er trúlega áhrifavaldur í því sambandi.

Niðurstöður hermunar með þessum íslensku gildum voru nokkuð frábrugðnar niðurstöðum hermunar með sjálfgæfnum inntaksgildum. Önnur athyglisverð niðurstaða er að vikmörk niðurstaðna stækkuðu með hærri inntaksgildum sem veldur því að gera þarf fleiri keyrslur til að fá viðhlítandi nákvæmni á niðurstöðum.

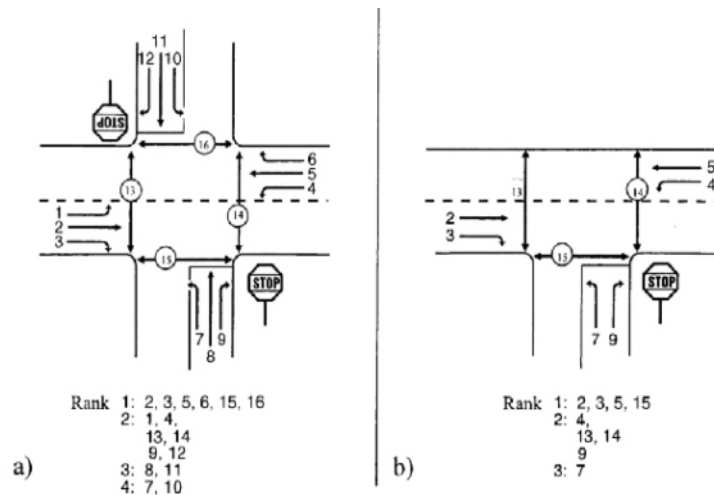
Í þessum hluta verksins er ætlunin að meta **tvísýnt ökubil** (e. *critical gap*) og önnur einkenni forgangsstýrðra gatnamóta tengd þegnum ökubilum. Upphafleg áætlun verkefnisins gerði ráð fyrir að billengd við fléttun yrði einnig könnuð í þessum áfanga en vegna takmarkaðs tíma var ákveðið var að gera frekar ýtarlegri athugun á tvísýnu ökubil í stað þess að snerta aðeins á yfirborði beggja þátta.

2 Tvísýnt ökubil og fylgitími

Þessi kafli byggir á skilgreiningum og umfjöllun HCM (Highway Capacity Manual) á forgangsstýrðum gatnamótum (Transportation Research Board, 2000). Þó er annarra heimilda einnig getið. HCM er sá staðall sem hermunarforritið CORSIM er unnið með hliðsjón af.

Á forgangsstýrðum gatnamótum eru tveir þættir sem ákvarða hvenær ökutæki á hliðarvegi ekur af stað. Annars vegar þarf að vera nægjanlega langt í næsta ökutæki á aðalvegi til að öruggt sé að aka af stað og hins vegar þarf að ökutækið að eiga réttinn fram yfir aðra sem bíða við gatnamótin.

Ökutæki sem ferðast beint áfram á aðalvegi, eða taka hægribeygju frá aðalvegi, eiga hæstan forgang meðan ökutæki sem ætla að taka vinstribeygju frá hliðarvegi hafa lægstan forgang og þurfa því að víkja fyrir öllum öðrum. Þó gert sé ráð fyrir að ökutæki með hæstan forgang geti ekið óhindrað um gatnamótin þá er það ekki alltaf svo. Sérstaklega ekki þegar gatnamótin eru nálægt mettun eða ef ekki er nægjanlega stór vinstribeygjuvasi á aðalvegi. Mynd 1 sem er úr HCM sýnir umferðarstraumana á X-gatnamótum og T-gatnamótum og hverjir eiga forgang á hverja.



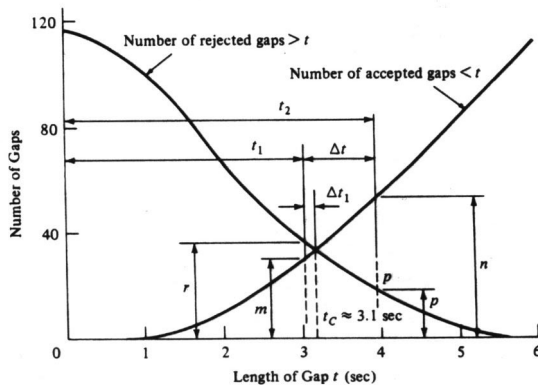
Mynd 1 Umferðarstraumar á forgangsstýrðum X- og T-gatnamótum. Straumarnir eru númeraðir og flokkaðir eftir því hverjir eiga hæstan forgang („rank 1“) og síðan stíglækkandi (Úr: Transportation Research Board, 1998)

Skilgreining HCM á tvísýnu ökubili, t_c , er lágmarkstímabil í sekúndum milli tveggja ökutækja á aðalvegi¹ þannig að ökutæki á hliðarvegi við stöðvunarskyldu nái að þvera gatnamótin eða sameinast straumi á aðalvegi. Tvísýnt ökubil er mismunandi eftir því hvort ætlunin er að taka hægribeygju, aka þvert í gegnum gatnamótin eða taka vinstribeygju og eins er það mismunandi fyrir mismunandi einstaklinga. Einnig hefur landhalli, fjöldi akreina og þyngd ökutækis áhrif.

Ef tvö ökutæki sem standa í röð á hliðarvegi ná að nýta sama ökubilið kallast bilið milli þeirra, mælt í sekúndum, fylgitími, t_f , og er í raun það forskot sem skilgreinir mettunarflæði á hliðarveginum þegar straumurinn er ótruflaður. Fylgitími er venjulega styttri en tvísýnt ökubil.

¹ Eða frá því að ökutæki á hliðarvegi kemur að stöðvunarlínu þar til ökutæki á aðalvegi kemur.

Það bil sem ökumaður dæmir sem nægjanlega stórt og nýtir sér kallast *þegið ökubil* (e. *accepted gap*) en öðrum bilum er *hafnað* (e. *rejected*). Ómögulegt er að mæla tvísýnt ökubil beint en það liggur milli þess ökubils sem er þegið og stærsta ökubils sem er hafnað.



Mynd 2 Uppsafnaður fjöldi þeginna ökubila og ökubila sem hafnað hefur verið. (Úr: Garber, Nicholas J. og Lester A Hoel, 2001)

Fleiri skilgreiningar eru á tvísýnu ökubili. Greenshield skilgreindi það sem það ökubil sem 50% ökumanna þiggja á meðan skilgreining Raffs er háð fjölda ökubila (í stað hlutfalls). Mynd 2 sýnir skilgreiningu Raffs á tvísýnu ökubili. Annar ferillinn sýnir fyrir hvert t , fjölda ökubila stærri en t sem hafnað hefur verið og hinn ferillinn sýnir fjölda ökubila minni en t sem þegið hefur verið. Hið tvísýna ökubil er þar sem ferlarnir tveir skerast.

Eins og áður segir hafa þættir eins og landhali og þyngd ökutækis áhrif á stærð tvísýns ökubils. Í HCM er birt tafla yfir viðmiðunargildi fyrir grunnildi tvísýns ökubils sem síðan er lagt við og dregið frá eftir því hvernig aðstæður eru (tafla 1). Til dæmis eru dregnar 0,7 sekúndur frá grunnildinu ef verið er að reikna tvísýnt ökubil fyrir vinstribeygju frá hliðarvegi fyrir T-gatnamót.

Tafla 1 Grunnildi fyrir tvísýnt ökubil og fylgitíma fyrir krossgatnamót með stöðvunarskyldu samkvæmt HCM. (Úr: Transportation Research Board, 2000)

	Grunnildi tvísýns ökubils [sek]		
	Tveggja akreina aðalvegur	Fjögurra akreina aðalvegur	Grunnildi fylgitíma [sek]
Vinstribeygja af aðalvegi	4,1	4,1	2,2
Hægribeygja frá hliðarvegi	6,2	6,9	3,3
Beint áfram á hliðarvegi	6,5	6,5	4,0
Vinstribeygja frá hliðarvegi	7,1	7,5	3,5

Á stærri vegum, þar sem aðstæður leyfa, fara menn oft í tveimur skrefum í gegnum gatnamót, fyrst inn að miðju og fylgjast þá nær eingöngu með umferð sem kemur frá vinstri, og síðan alla leið og einbeita sér þá að umferð frá hægri. Ökubilið er því þegið í tveimur þrepum (e. *two stage gap acceptance*). Um þessa gerð ökubila verður ekki fjallað í þessari athugun.

Nokkuð er síðan HCM hætti að taka tillit til hraða á aðalvegi við mat á tvísýnu ökubili. Rannsóknir sýndu að ökumenn þiggja og hafna ökubilum af vissri stærð óháð hraða annarra ökutækja. Í öðrum heimildum er þó tekið tillit til hraða eins og í sænskum reikniáðferðum. Tafla 2 sýnir gildin sem reiknilíkan sænsku Vegagerðarinnar miðar við. Þar er gerður greinarmunur á vegum með mismunandi hraða og hvort um bið- eða stöðvunarskyldu sé að ræða (Holmberg, Bengt, Christer Hydén og fl., 1996).

Tafla 2 Gildi fyrir tvísýnt ökubil notuð eru af sænsku Vegagerðinni í sekúndum.
(Úr: Holmberg, Bengt, Christer Hydén og fl., 1996)

	50 km/klst	50 km/klst	70 km/klst	70 km/klst	90 km/klst	90 km/klst
	Bið- skylda	Stöðvunar- skylda	Bið- skylda	Stöðvunar- skylda	Bið- skylda	Stöðvunar- skylda
Vintribeygja af aðalvegi	4,8	4,8	5,7	5,7	6,7	6,7
Hægribeygja frá hliðarvegi	5,0	5,7	5,9	6,6	6,9	7,5
Beint áfram á hliðarvegi	5,1	5,8	6,0	6,7	7,0	7,6
Vintribeygja frá hliðarvegi	5,3	6,0	6,2	6,9	7,2	7,8

3 Um hermunarforritið CORSIM og inntaksgildi þess

Þessi kafli var einnig í síðustu áfangaskýrslu en er endurbirtur hér lesandanum til glöggvunar á hermunarforritinu CORSIM og inntaksgildum þess. Textinn hefur þó verið aðlagður að efni þessarar skýrslu, tvísýnu ökubili.

Hermun er til margra hluta nytsamleg 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 umferðarljósa og þróun bíla m.t.t. umferðaröryggis².

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 forrits³ eins og t.d. óheft flæði, mettunarflæði 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 hvaða 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.

Einnig er hægt að hafa áhrif á ýmsa einstaklingsbundna þætti ökumanna. Í forritinu eru skilgreindar tíu gerðir ökumanna sem eru mis óþolinmóðar (e. *aggressive*). Fram til þessa hafa sjálfgefn 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. Jafnmargir ökumenn eru af hverri gerð við hermunina.

Í töflu 2 er lýsing á þeim breytum forritsins sem hafa áhrif á hegðun og viðbrögð ökumanna. Í þessum áfanga verkefnisins, sem fjallar um tvísýnt ökubil eru það breytur 142, 143 og 145 sem koma við sögu. Ætlunin er að kanna næmni forritsins fyrir breytingum á breytu 145. En í henni er skilgreind stærð þegins ökubils fyrir vinstribeygju af aðalvegi og hægribeygju frá hliðarvegi fyrir hinar tíu gerðir ökumanna.

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.

² Revised Monograph on Traffic Flow Theory á síðu Turner-Fairbank Highway Research Center: <http://www.tfhr.gov/its/tf/toc.pdf>

³ Center for Microcomputers in Transportation um TSIS: <http://www-mctrans.ce.ufl.edu/featured/tsis/>

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

Tafla 3 Helstu breytur í CORSIM sem stjórna hegðun og viðbrögðum ökumanna. Breytur sem eru tengdar tvísýnu ökubili eru skáletraðar og með stærra letri.

Nr. breytu	Nafn	Lýsing
11	NETSIM Link Description	Mettað forskot og tapaður tími fyrsta ökutækis á umferðarljósum og hraði óhefts flæðis.
58	Vehicle Type Specifications for NETSIM	Samsetning bílaflotans, stærð, hröðun og margföldunarstuðull á mettað forskot hvers hlekks sem ákvarðað er með breytu 11.
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 óþolinmæði ökumanna, óþolinmæðisstuðull ökumanna, hlutfall ökumanna sem eru samvinnufúsir við akreinaskeipti.
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 hægribeygju.
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 vinstribeygja eftir að grænu ljósi líkur miðað við hvenær komið er að stöðvunarlínu.
142	<i>Acceptable Gap in Near-Side Cross Traffic for Vehicles at a Sign</i>	<i>Þegið ökubil fyrir bíla á aðalvegi sem koma frá vinstri m.t.t. ökumannsgerðar.</i>
143	<i>Additional Time for Far-Side Cross Traffic in Acceptable Gap for Vehicles at a Sign</i>	<i>Viðbót við breytu nr. 142 vegna umferðar sem kemur frá hægri miðað við umferð á hliðarvegi.</i>
144	Amber Interval Response	Viðbragð mismunandi ökumanna við gulu ljósi við lok græns m.t.t. ásættanlegrar hemlunar.
145	<i>Gaps for Permissive Left-Turns and for Right-Turns on Red or at Signs</i>	<i>Ökubil í sekúndum milli bíla í straumi sem þarf að skera við vinstribeygju frá aðalvegi eða hægribeygju frá hliðarvegi eða þar sem leyfð er hægribeygja á rauðu ljósi.</i>
147	Free-Flow Speed Percentages	Óheftur hraði mismunandi ökumanna sem hlutfall af skilgreindum óheftum hraða viðkomandi hlekks.
149	Link Type Distributions (Queue Discharge Headways and Start-Up lost Time)	Mettað forskot og tapaður tími þegar tekið er af stað á ljósum miðað við ökumannsgerð.
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 frágagsskrá (e. *output*) en einnig er hægt að horfa á hermuna sjónrænt og sjá niðurstöðurnar á hverjum tímapunkti annaðhvort á 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 skráum eins og hver flöskuhálsinn er þegar umferðarteppa skapast.

3.1 Sjálfgefin inntaksgildi CORSIM fyrir breytu 145

Þegar ökutæki taka óvarða vinstribeygju eða hægribeygju frá hliðarvegi skilgreinir breyta 145 þegið ökubil fyrir mismunandi gerðir ökumanna. Í töflu 4 eru upplýsingar um þegið ökubil þegar tekin er vinstribeygja en upplýsingar fyrir hægribeygju eru í töflu 5.

Jafnmargir ökumenn eru af hverri tegund, 10 % af hverri tegund.

Tafla 4 Þegið ökubil við óvarða vinstribeygju í tíunduhlutum sekúndna fyrir mismunandi ökumannsgerðir.

Ökumannsgerð:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Þegið ökubil:	78	66	60	54	48	45	42	39	36	27

Upplýsingarnar um hægribeygju eiga bæði við um hefðbundna hægribeygju á forgangstýrðum gatnamótum og hægribeygju á rauðu ljósi (þar sem það er leyft).

Tafla 5 Þegið ökubil við hægribeygju í tíunduhlutum sekúndna fyrir mismunandi ökumannsgerðir.

Ökumannsgerð:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Þegið ökubil:	100	88	80	72	64	60	56	52	48	36

4 Mat á íslenskum aðstæðum

Við mælingu á tvísýnu ökubili skiptir máli að velja gatnamót sem eru hæfilega umferðarþung og að umferð á aðalvegi sé tiltölulega jafndreifð. Slík gatnamót er sífellt erfiðara að finna þar sem umferðarljós eru oftar en ekki sett upp á þessum gatnamótum. Í lokaverkefni Samúels Torfa (Samúel Torfi Pétursson, maí 2000) voru gatnamót Suðurlandsvegur og Breiðholtsbrautar skoðuð. Í dag er búið að breyta þeim gatnamótum í hringtorg svo ekki var inni í myndinni að skoða þau nánar.

Úr varð að skoða gatnamót Nýbýlavegar og Auðbrekku, gatnamót Víkurvegur og Gagnvegur og gatnamót Sundlaugavegar og Reykjavegar.



Mynd 3 Gatnamót Nýbýlavegar og Auðbrekku, Víkurvegur og Gagnvegur og gatnamót Sundlaugavegar og Reykjavegar.

Öll eru gatnamótin T-gatnamót með biðskyldu og nokkuð þungri umferð á annatíma. Galli allra gatnamótanna (þó síst gatnamótanna við Sundlaugaveg) er hversu lotubundin umferðin er vegna nálægðar gatnamótanna við ljósastýrð gatnamót. Þannig er dreifing í stærð ökubíla ekki nægjanlega mikil. Bílin eru ýmist svo lítil að engin leið er að nýta sér þau eða svo stór að það er engum vandkvæðum háð að nýta sér þau. Því var ákveðið að eingöngu skyldi unnið úr ökubilum sem voru minni en 20 sekúndur.

4.1 Aðstæður, aðferðafræði og framkvæmd

Umferð um gatnamótin var tekin upp á myndband í um klukkustund á hverjum stað⁴. Mæling á þegnum og höfnuðum ökubílum var síðan gerð út frá myndböndunum bæði fyrir *hægribeygjur frá hliðarvegi* og *vintribeygju af aðalvegi*⁵.

Þekkt vandamál við mælingar á tvísýnu ökubili er ójafnvægi milli fjölda þeginna ökubila og hafnaðra ökubila. Fyrir hvern bíl sem kemur að gatnamótunum (víkjandi bíll) er oftast en ekki möguleiki að skrá mörg ökubil sem hafnað er en aðeins eitt þegið ökubil.

Ekki var gerður greinarmunur á fólksbílum og þungum bílum við mælingarnar. Gera má ráð fyrir að minnsta þegið ökubil þungra bíla sé eitthvað stærra en fólksbíla. Hlutfall þungra bíla er þó það lítið að gert er ráð fyrir að það hafi ekki afgerandi áhrif á niðurstöðurnar. Einnig er gerð sú nálgun að landið sé flatt á öllum gatnamótunum.

Samkvæmt HCM eru áhrif halla á tvísýnt ökubil $0,1 \cdot \frac{\text{halli}\%}{100}$ fyrir hægribeygju af

hliðarvegi. Viðbótin er sem sagt á þriðja eða mesta lagi á öðrum aukastaf sem er umfram þá nákvæmni sem stefnt er að. Samkvæmt HCM er ekki gert ráð fyrir að halli lands hafi áhrif á vintribeygjustraum af aðalvegi (Transportation Research Board, 2000).

Niðurstöðurnar eru birtar með tvennum hætti. Annarsvegar sem graf að hætti Raff og hins vegar sem hlutfall ökumanna sem þiggur ökubil af ákveðinni stærð miðað við heildarfjölda ökubila af þeirri stærð. Fyrri grafið (Raff-graf) er notað til að ákvarða tvísýnt ökubil en það síðara er notað til að ákvarða hversu stórt hlutfall ökumanna þiggur ökubil af ákveðinni stærð en inntaksgildi CORSIM eru á því formi.

Til að ákvarða tvísýnt ökubil gatnamóta er skurðpunktur línanna tveggja á Raff-grafinu reiknaður. Við þá útreikninga er gert ráð fyrir að línurnar séu beinar á ákveðnu bili í kringum skurðpunktinn. Upplýsingar um hinar áætluðu línur eru fengnar með línulegri aðhvarfsgreiningu. Skekkja í útreikningi á skurðpunkti línanna er metin með því reikna hæsta og lægsta mögulega gildi á skurðpunktinum með því að ýmist draga frá eða leggja við eina staðalskekkju við gildi hallatölu og skurðpunkts við y-ás.

⁴ Þriðjudag 14. október 16.30-17.30 Nýbýlavegur-Auðbrekka, miðvikudagur 15. október 8.30-9.30 Víkurvegur-Gagnvegur, mánudagur 27. október 17.00-18.00 og þriðjudagur 4. nóvember 16.15-17.15 Sundlaugavegur-Reykjavegur.

⁵ Tími í sekúndum með 5 aukastöfum (fleiri aukastafir en nákvæmni mælingarinnar gefur tilefni til) var færður í textaskrá þegar slegið var á takka á lyklaborðinu auk bókstafar sem slegið var á. Með því að slá á mismunandi stafi mátti greina hvaða straumi bíll tilheyrði og fyrir fyrir víkjandi strauma var bæði skráður tíminn þegar ökutæki kom að gatnamótum og þegar ökutæki tók af stað og þáði ökubil.

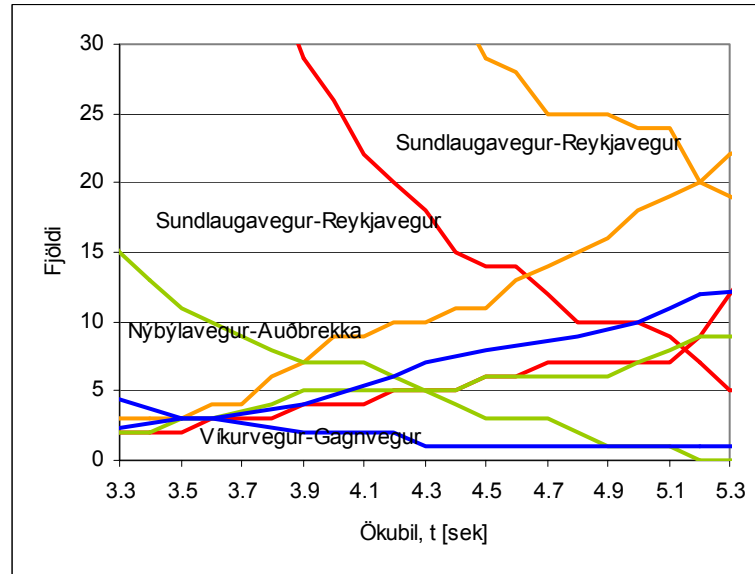
4.2 Niðurstöður

Vinstribeygja af aðalvegi

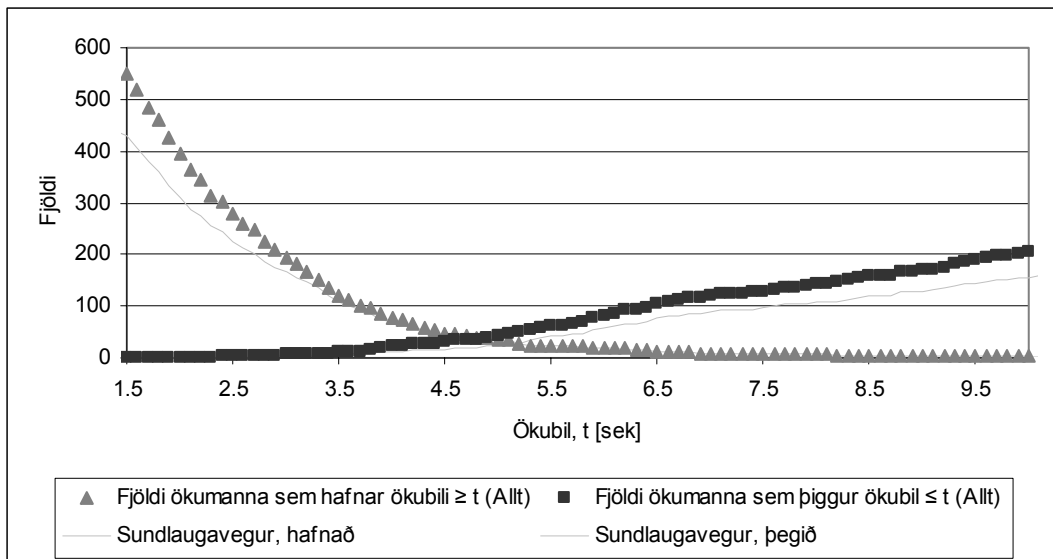
Mælingar á vinstribeygju af aðalvegi voru gerðar á þrennum gatnamótum, gatnamótum Nýbýlavegar og Auðbrekku, á gatnamótum Víkurvegur og Gagnvegur og á gatnamótum Sundlaugavegar og Reykjavegar þar sem mælt var tvisvar. Mælt var í eina klukkustund í senn.

Lausleg athugun á tvísýnu ökubili fyrir gatnamótin sýnir að gatnamót Sundlaugavegar og Reykjavegar hafa afgerandi hæst tvísýnt ökubil (mynd 4).

Það á við um báðar mælingarnar sem voru gerðar þar. Erfitt er að gera sér í hugarlund hvað veldur því.



Mynd 4 Hluti úr Raff-grafi fyrir vinstribeygju af aðalvegi fyrir gatnamótin sem mælt var á. Skurðpunktur lína af sama lit markar tvísýnt ökubil viðkomandi gatnamóta.



Mynd 5 Raff-graf, vinstribeygja af aðalvegi. Tvísýnt ökubil miðað við öll gögn er 4,8 sek (4,1-5,8 sek) en 5,1 sek (4,3-6,2 sek) ef aðeins er litið á mælingar frá Sundlaugavegi.

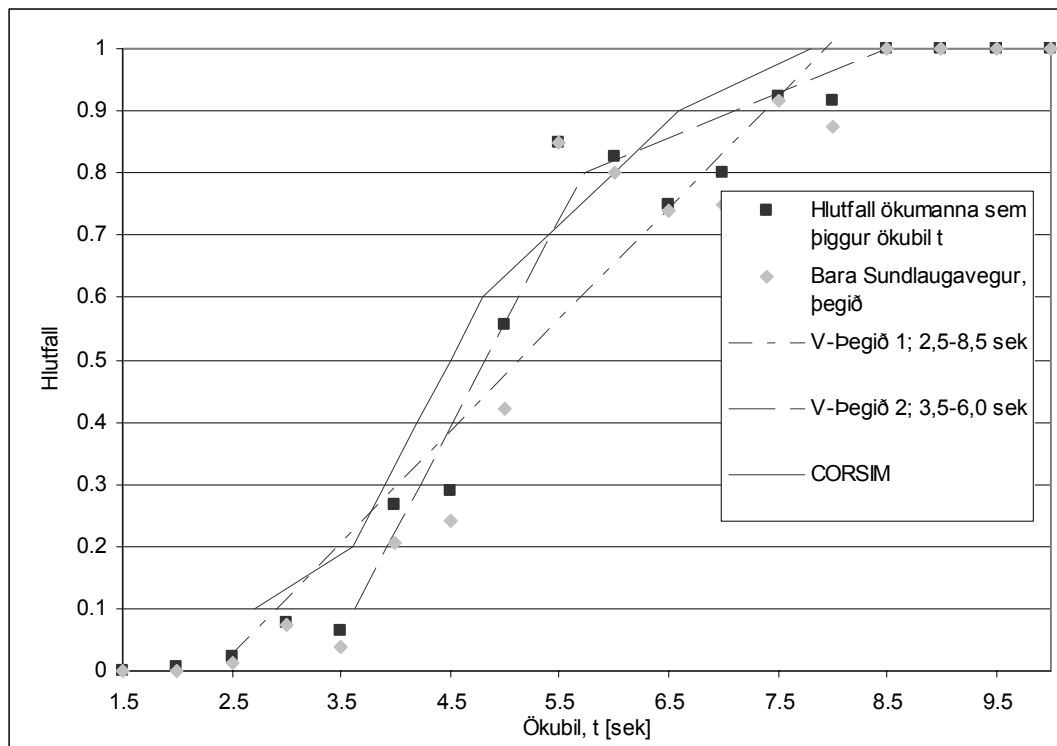
Þrátt fyrir þetta var ákveðið var á slá öllum mælingunum saman við ákvörðun á viðmiðunargildi tvísýns ökubils fyrir vinstribeygju af aðalvegi. Samtals voru 359 þegin ökubil mæld. Niðurstöðuna má sjá á mynd 5 þar sem einnig er sýnt hvernig niðurstaðan

hefði verið hefði aðeins verið mælt á gatnamótum Sundlaugavegar og Reykjavegar (gráar línur).

Skurðpunktur línanna ákvarðar tvísýnt ökubil fyrir vinstribeygju af aðalvegi. Miðað við að allar mælingarnar séu með er tvísýnt ökubil 4,8 sekúndur (4,1-5,8 sek) en 5,1 sekúndur (4,3-6,2 sek) sé eingöngu litið á mælingar frá gatnamótum Sundlaugavegar og Reykjavegar. Munurinn er ekki mikill og óvíst hvort rétt sé að skilja á milli mismunandi mælistaða.

Þessum mælingum ber því nokkuð vel saman við grunnildi tvísýns ökubils fyrir vinstribeygju af aðalvegi samkvæmt HCM og sænsku reikniaðferðinni. Tvísýnt ökubil er samkvæmt þeim heimildum annars vegar 4,1 sekúndur og hins vegar 4,8 sekúndur (sjá kafla 2).

Mynd 6 sýnir sömu gögn og áður en núna sem hlutfall ökumanna sem þiggur ökubil af vissri stærð miðað við heildarfjölda ökubila af sömu stærð. Merkt með gráu eru niðurstaða mælinga á gatnamótum Sundlaugavegar og Reykjavegar. Heildregna línan er teiknuð miðað við sjálfgefin inntaksgildi CORSIM. Til að meta sambærileg gildi fyrir íslenskar aðstæður voru tvær línur dregnar í gegnum punktasafnið (miðað við öll gögnin). Þetta eru punktalínurnar tvær. Fyrri línan, „V-Þegið 1”, er bein lína (fundin með línulegri aðhvarfsgreiningu) gegnum punktasafnið frá ökubili 2,5 sekúndur að ökubili 8,5 sekúndur meðan seinni línun, „V-Þegið 2” er gegnum punktasafnið milli 3,5 sekúndna og 6,0 sekúndna. Síðan er brúað milli enda línunnar og gilda í 2,5 sekúndum og 8,5 sekúndum. Niðurstaðan fyrir hver 10 % ökumanna er birt í töflu 6.



Mynd 6 Vinstribeygja. Hlutfall ökumanna sem þiggja ökubil af stærð t miðað við heildarfjölda ökubila af sömu stærð. Til samanburðar eru sjálfgefin inntaksgildi CORSIM.

Inntaksgildi CORSIM, sem eru sýnd með heildreginni línu á mynd 6, falla nokkuð vel að mældu gildunum en eru samt eitthvað lægri.

Tafla 6 Þegið ökubil við óvarða vinstribeygju í sekúndum.

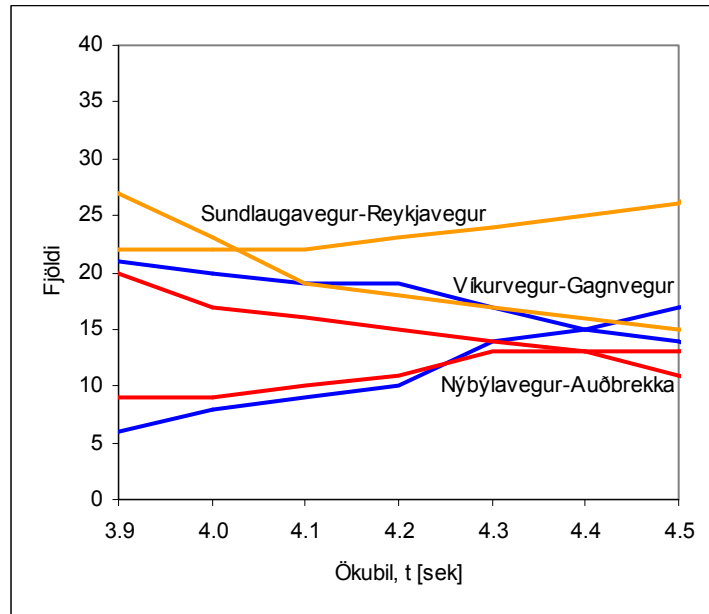
Hlutfall ökumanna sem þiggja ökubil:	100 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	40 %	30 %	20 %	10 %
Ökubil, V-Þegið 1:	7,9	7,4	6,8	6,3	5,7	5,1	4,6	4,0	3,5	2,9
Ökubil, V-Þegið 2:	8,5	7,1	5,7	5,4	5,1	4,8	4,5	4,2	3,9	3,6
Ökubil, CORSIM:	7,8	6,6	6,0	5,4	4,8	4,5	4,2	3,9	3,6	2,7

Hægribeygja frá hliðarvegi

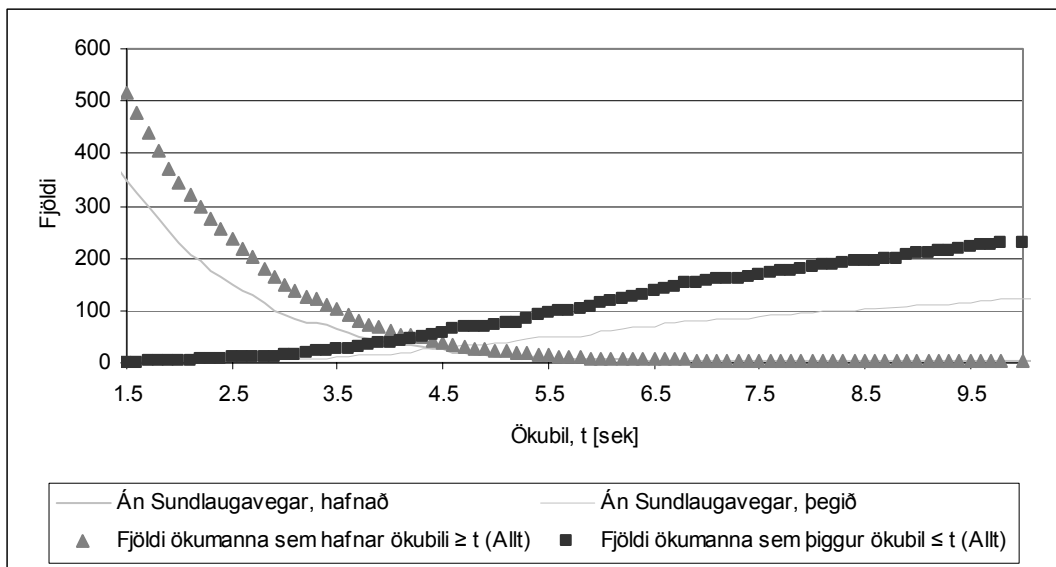
Mælingar á hægribeygju frá hliðarvegi voru gerðar á þrennum gatnamótum, það er gatnamótum Nýbýlavegar og Auðbrekku, á gatnamótum Víkurvegur og Gagnvegur og á gatnamótum Sundlaugavegar og Reykjavegar. Ein klukkustund var mæld á hverjum stað.

Lausleg athugun á tvísýnu ökubili fyrir gatnamótin sýnir að gatnamót Sundlaugavegar og Reykjavegar hafa afgerandi lægst tvísýnt ökubil (mynd 7). Möguleg skýring á herra gildi hinna gatnamótanna er að þar þarf ökutæki sem tekur hægribeygju að aka örlítið upp í móti og þarf því að reikna

með meiri tíma til að ná upp ferð. En eins og sagði í kaflanum um aðferðafræði (kafla 4.1) þá reiknar HCM ekki með þetta miklum áhrifum af halla lands. Mismunandi umferðarhraði er önnur möguleg skýring sem HCM hefur þó sagt að séu ekki til staðar.



Mynd 7 Hluti úr Raff-grafi fyrir hægribeygju frá hliðarvegi fyrir gatnamótin sem mælt var á. Skurðpunktur lína af sama lit markar tvísýnt ökubil viðkomandi gatnamóta.



Mynd 8 Raff-graf hægribeygju frá hliðarvegi. Tvísýnt ökubil miðað við öll gögn er 4,3 sek (3,8-4,9 sek) en 4,4 sek (3,9-5,0 sek) ef mælingar frá Sundlaugavegi eru ekki með.

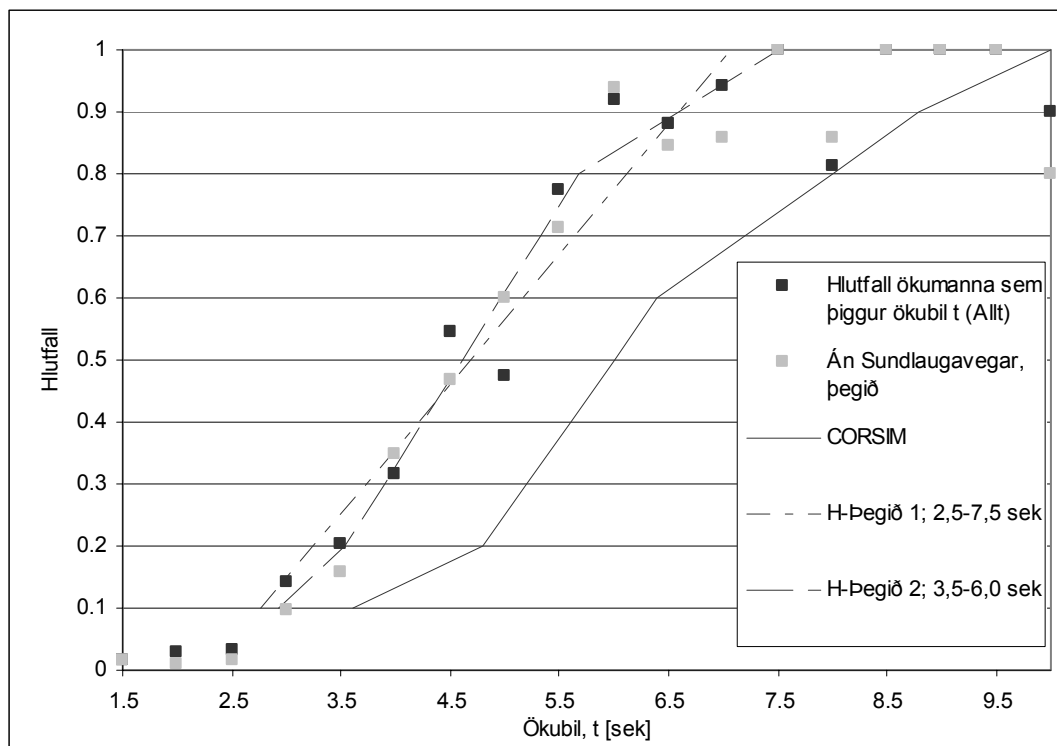
Þrátt fyrir þetta var ákveðið var á slá öllum mælingunum saman við ákvörðun á viðmiðunargildi tvísýns ökubils fyrir hægribeygju frá hliðarvegi. Samtals voru það 354 þegin ökubil. Niðurstöðuna má sjá á mynd 8 þar sem einnig er sýnt hvernig niðurstaðan

hefði verið hefðu gatnamót Sundlaugavegar og Reykjavegar ekki verið með (gráar línur).

Skurðpunktur línanna ákvarðar tvísýnt ökubil fyrir hægribeygju frá hliðarvegi. Miðað við að allar mælingarnar séu með er tvísýnt ökubil 4,3 sekúndur (3,8-4,9 sek) en 4,4 sekúndur (3,9-5,0 sek) séu gatnamót Sundlaugavegar og Reykjavegar ekki með. Munurinn á því hvort öll gögnin eru með eða hvort gatnamót Sundlaugavegar og Reykjavegar eru undanskilin er því hverfandi.

Þessi gildi eru nokkuð lægri en bæði grunnildi HCM, sem er 6,2 sekúndur, og grunnildi sænsku reikniaðferðarinnar, sem er 5,0 sekúndur miðað við 50 km/klst og biðskyldu.

Mynd 9 sýnir sömu gögn og áður en núna sem hlutfall ökumanna sem þiggur ökubil af vissri stærð miðað við heildarfjölda ökubila af sömu stærð. Merkt með gráu er niðurstaðan án mælinga á gatnamótum Sundlaugavegar og Reykjavegar. Heildregna línán er teiknuð miðað við sjálfgefin inntaksgildi CORSIM. Til að meta sambærileg gildi fyrir íslenskar aðstæður voru tvær línur dregnar í gegnum punktastafið (miðað við öll gögnin). Þetta eru punktastafirnir tvær. Fyrri línán, „H-Þegið 1”, er bein lína (fundin með línulegri aðhvarfsgreiningu) gegnum punktastafið frá ökubili 2,5 sekúndur að ökubili 7,5 sekúndur meðan seinni línán, „H-Þegið 2” er gegnum punktastafið milli 3,5 sekúndna og 6,0 sekúndna. Síðan er brúað milli enda línunnar og gilda í 2,5 sekúndum og 7,5 sekúndum. Niðurstaðan fyrir hver 10 % ökumanna er birt í töflu 7.



Mynd 9 Hægribeygja. Hlutfall ökumanna sem þiggja ökubil af stærð t miðað við heildarfjölda ökubila af sömu stærð. Til samanburðar eru sjálfgefin inntaksgildi CORSIM.

Athyglisvert er hversu miklu hærra inntaksgildi CORSIM eru. Hliðrunin er nálægt 2 sekúndum (mynd 9). Þó heldur meiri fyrir hæstu gildin.

Tafla 7 Þegið ökubil við hægriþygju af hliðarvegi í sekúndum. Til samanburðar eru sjálfgefin inntaksgilid Corsim.

Hlutfall ökumanna sem þiggja ökubil:	100 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	40 %	30 %	20 %	10 %
Ökubil, H-Þegið 1:	7,1	6,6	6,1	5,6	5,2	4,7	4,2	3,7	3,2	2,8
Ökubil, H-Þegið 2:	7,5	6,6	5,7	5,3	5,0	4,6	4,3	3,9	3,5	2,9
Ökubil, CORSIM:	10,0	8,8	8,0	7,2	6,4	6,0	5,6	5,2	4,8	3,6

5 Næmni hermunar fyrir breytingum á inntaksgildum

Þessi þáttur rannsóknarinnar snýr að því að meta hvaða áhrif það hafi á niðurstöður hermunar að sjálfgefnum inntaksgildum fyrir stærð ökubíla, sem þegin eru, sé breytt. Markmiðið er, líkt og í fyrri áfanga, að kanna verðmæti og mikilvægi vitneskju um íslenskar aðstæður í umferðinni þegar hermt er.

5.1 Bakgrunnur, aðferðarfræði og tilgátur

Ákveðið var að herma gatnamót Sundlaugavegar og Reykjavegar sem eru ein gatnamótanna sem mælt var á. Upplýsingar um stærð umferðarstrauma október 2000 voru fengnar frá Umferðardeild Verkfræðistofu (Reykjavíkurborg). Reiknað var með að 3 % ökutækja væru þung.

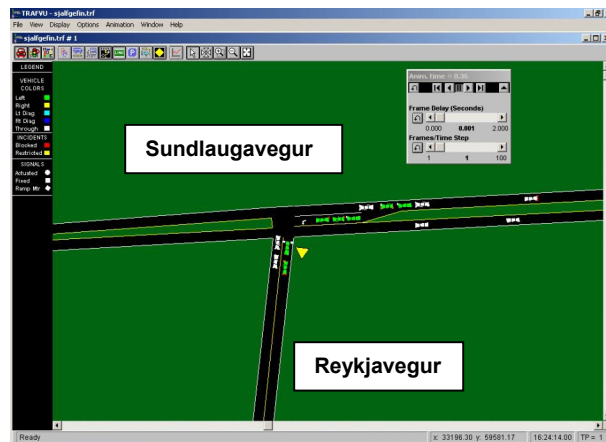
Hermt var miðað við umferð milli klukkan 16.15 og 17.15. Byrjað var á því að herma gatnamótin miðað við sjálfgefin gildi á breytu 145. Breyta 145 ákvarðar hversu stórt hlutfall ökumanna þiggur ökubíl af ákveðinni stærð, bæði fyrir hægribeygju frá hliðarvegi og vinstribeygju af aðalvegi.

Því næst voru niðurstöður mælinganna (kaflí 4) notaðar sem inntaksgildi við hermunina.

Til að kanna hlut umferðarmagnsins var einnig hermt með 10 % meiri og 10 % minni umferð.

Tafir í gatnamótunum af völdum stýringar voru notaðar sem samanburðarstærð.

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



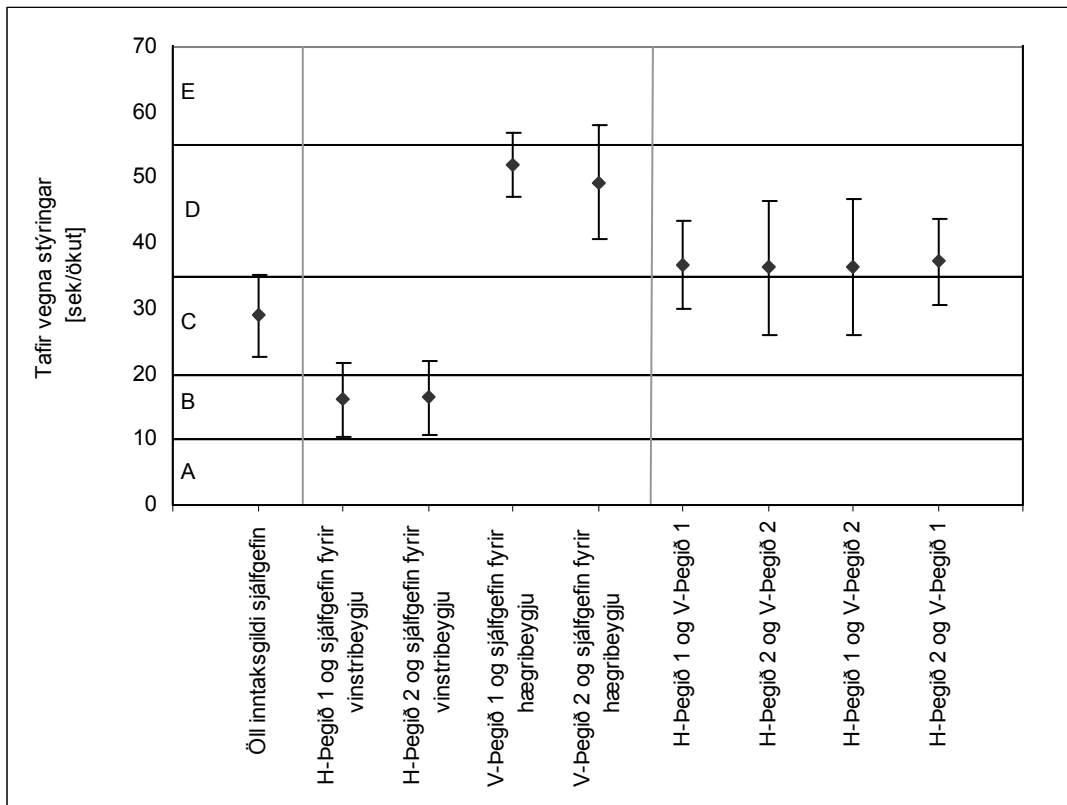
Mynd 10 Líkanið sem unnið var með við næmnisathugunina. Gatnamót Sundlaugavegar og Reykjavegar.

5.2 Niðurstöður

Niðurstöður hermunar miðað við umferð eins og hún var 2000 má sjá á mynd 11. Lengst til vinstri eru niðurstöður hermunar miðað við sjálfgefin inntaksgildi. Hægri 1 og hægri 2 eru nálganir tveggja mismunandi ferla í gegnum mæligögnin til að ákvarða hlutfall ökumanna sem þiggja ökubil af vissri stærð við hægribeygju frá hliðarvegi. Sama á við um vinstri 1 og vinstri 2 nema það á við um vinstribeygju af aðalvegi. Bókstafirnir A, B, C, D, E standa fyrir mismunandi þjónustustig.

Eins og fram kom í síðasta kafla þá mældust þegin ökubil fyrir hægribeygju nokkuð lægri en sjálfgefnu inntaksgildin en þegin ökubil vinstribeygju af aðalvegi voru aðeins hærri en sjálfgefnu inntaksgildin. Þetta endurspeglast í niðurstöðum hermunarinnar þar sem tafir eru minni þegar notast er við íslensk gildi fyrir þegin ökubil við hægribeygju en fyrir vinstribeygju.

Óvissa er samt nokkuð mikil og má segja að það sé ekki marktækur munur milli hermunarinnar með sjálfgefnum inntaksgildum og hinna þar sem sett hafa verið íslensk inntaksgildi fyrir bæði hægri- og vinstribeygju.



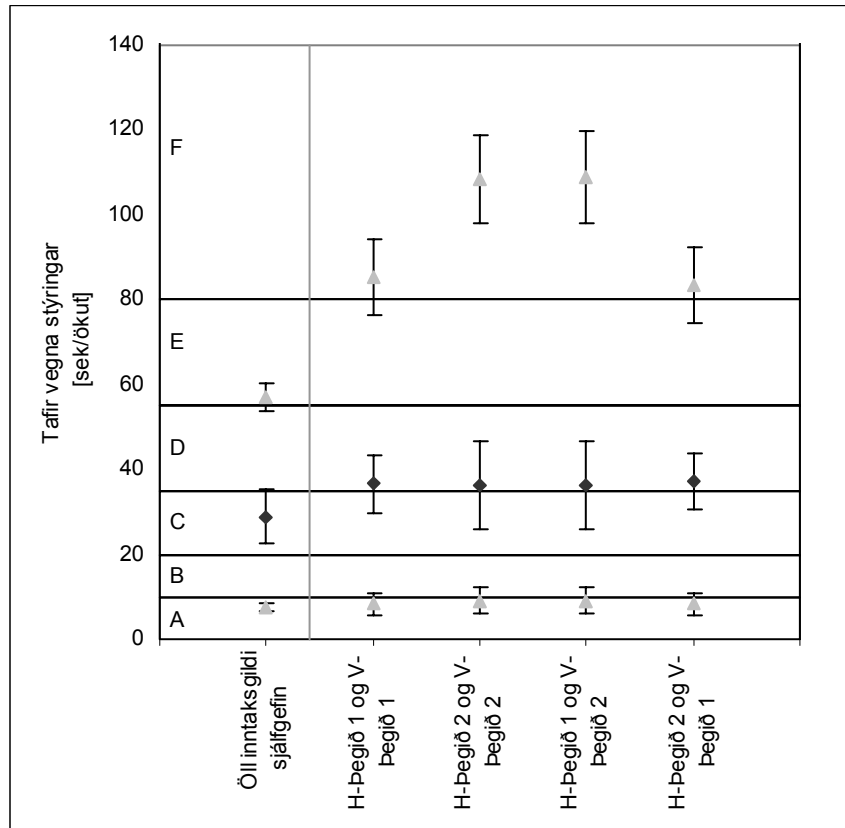
Mynd 11 Tafir vegna stýringar miðað við mismunandi inntaksgildi fyrir umferð árið 2000. Bókstafirnir A, B, C, D og E standa fyrir mismunandi þjónustustig.

Tafir í gatnamótunum eru, fyrir utan stærð þeginna ökubila, að sjálfsögðu mjög háðar því hversu mikil umferðin er, þ.e. framboði á ökubilum af ásættanlegri stærð. Til fróðleiks var einnig hermt miðað við 10 % minni og 10 % meiri umferð. Niðurstöðuna má sjá á mynd 12.

Eðlilega dregur mjög úr muninum milli niðurstaðna hermána með mismunandi inntaksgildum þegar umferðin er minnkuð um 10 % því þá eykst framboð nægjanlega stórra ökubíla samhliða því að ökubílin lengjast.

Þegar umferðin aftur á móti er aukin, eykst munurinn á niðurstöðum hermána með mismunandi inntaksgildum. Munurinn á niðurstöðum miðað við sjálfgefin inntaksgildi og niðurstöðum með inntaksgildum byggðum á mælingunum er þá orðinn marktækur.

Líkt og kom í ljós í síðasta áfanga verkefnisins þá stækka vikið með aukinni umferð. Sem þýðir að keyra þyrfti fleiri keyrslur til að fá sambærilegt frávik og fyrir minni umferð.



Mynd 12 Tafir vegna stýringar miðað við mismunandi inntaksgildi fyrir umferð árið 2000 (svart) og ± 10 % (grátt). Bókstafirnir A, B, C, D, E og F standa fyrir mismunandi þjónustustig.

6 Umræða og samantekt niðurstaðna

Það er vandasamt að meta tvísýnt ökubil. Í fyrsta lagi er ekki hægt að mæla stærðina beint og svo er hún mjög svo breytileg eftir aðstæðum á hverjum stað.

Mælt var á þrennum gatnamótum. Í ljós kom að niðurstöðurnar voru nokkuð mismunandi eftir því hvaða gatnamót var um að ræða. Tvísýnt ökubil fyrir vinstribeygju af aðalvegi var t.d. um sekúndu hærra fyrir gatnamót Sundlaugavegar og Reykjavegar en fyrir hin gatnamótin. Á þeim gatnamótum var mælt í tvígang og var munurinn sá sami í bæði skiptin.

Breytileiki milli mismunandi gatnamóta var meiri fyrir vinstribeygju af aðalvegi en fyrir hægribeygju frá hliðarvegi. Óvissa við ákvörðun á tvísýnu ökubili (skurðpunkti línanna) var líka meiri fyrir vinstribeygju af aðalvegi en fyrir hægribeygju frá hliðarvegi.

Niðurstöður mælinga á íslensku aksturslagi benda til þess að tvísýnt ökubil við hægribeygju frá hliðarvegi sé nokkuð lægra en aðrar heimildir gera ráð fyrir en nokkuð svipað og aðrar heimildir gera ráð fyrir fyrir vinstribeygju af aðalvegi. Það voru þó hvorki gerðar nægjanlega margar mælingar né nægjanlega víða til að það sé óhætt að alhæfa í því sambandi.

Athyglisvert er að tvísýnt ökubil fyrir vinstribeygju af aðalvegi er hærra en fyrir hægribeygju frá hliðarvegi samkvæmt mælingunum en þetta er öfugt við þær heimildir sem borið var saman við. Hæsta og lægsta gildi mælinganna skarast samt svo það þarf ekki að vera að þetta sé raunin.

Ekki var marktækur munur á töfum vegna stýringar milli hermunar með sjálfgefnum inntaksgildum og hermunar þar sem gildi byggð á mælingunum voru notuð. Munurinn hefði þó trúlega orðið marktækur ef keyrðar hefðu verið fleiri keyrslur. Það varð hann líka þegar umferðin var augin um 10%. Þá voru tafirnar marktækt hærri við hermun með íslensku gildunum en með þeim sjálfgefnu.

Samanlögð niðurstaða þessa áfanga (*tvísýnt ökubil*) og þess síðasta (*mettað forskot og tapður tími á umferðarljósum*) er því að hermun með sjálfgefnum inntaksgildum vanmeti tafir í gatnamótum samanborið við hermun með inntaksgildum sem byggð eru á mælingum á íslenskum aðstæðum. Áhrif inntaksgildanna aukast eftir því sem gatnamótin eru nær metnun og samhliða eykst því mikilvægi þess að vera með réttar upplýsingar um inntaksgildi. Það er þó hugsanlegt að einhver önnur inntaksgildi, sem ekki hafa enn verið mæld á Íslandi, vegi upp á móti þessum mun. En þar til annað kemur í ljós er ekki hægt að gera ráð fyrir öðru en að hermun í CORSIM með sjálfgefnum inntaksgildum skili sér í ofmati á þjónustugæðum.

7 Heimildir og önnur gögn sem lágu til grundvallar

- Garber, Nicholas J. og Lester A Hoel, 2001. Traffic and Highway Engineering. 3rd edition. Brooks/Cole. USA.
- Guðbjörg Lilja Erlendsdóttir og fl., janúar 2003. *Inntaksgildi í hermunarforrit. Mettað forskot og tapaður tími á umferðarljósum. Áfangaskýrsla*. Línuhönnun og Verkfræðistofnun Háskóla Íslands. Vegagerðin.
- Holmberg, Bengt, Christer Hydén og fl., 1996. *Trafiken i samhället. Grunder för planering och utformning*. Studentlitteratur. Lund. Svíþjóð.
- Samúel Torfi Pétursson, maí 2000. *Umferðartæknileg inntaksgildi í hermunarforrit; frumrannsókn*. Lokaverkefni til Cand. Scient. prófs í umhverfis- og byggingarverkfræði við Háskóla Íslands.
- Samúel Torfi Pétursson, júní 2001. *Um inntaksgildi í CORSIM hermunarforritið. Áfangaskýrsla 10.2.2001*. Línuhönnun.
- Transportation Research Board, 2000. *Highway Capacity Manual; HCM 2000*. USA.
- Transportation Research Board, 1998. *Highway Capacity Manual; HCM 1997*. USA.
- U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, April 1997. *Corsim User's Manual, Version 1.03*. USA.
- Þorsteinn Þorsteinsson og fl., febrúar 2002. *Umferðartæknileg inntaksgildi í hermunarforrit; Áfangaskýrsla*. Verkfræðistofnun Háskóla Íslands og Línuhönnun hf. Vegagerðin.

Viðauki 1: 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 8 Orðskýringar og þýðingar

Orð	Enska	Skýring
Bil	Spacing	Bil milli bíla í kyrrstöðu mælt t.d. í metrum.
Flæði	Flow rate	Magn á tímaeiningu t.d. fjöldi á klst.
Forgangsstýrð gatnamót	Unsignalised intersection	Gatnamót án umferðarljósa.
Forskot	Headway	Bil milli bíla mælt í tíma t.d. í sekúndum miðað við sameiginlegan punkt.
Fylgitími	Follow-up time	Ökubil milli tveggja bíla á hliðar vegi sem ná að nýta sama ökubilið á aðalvegi (sjá <i>tvísýnt ökubil</i>).
Mettað forskot	Saturation headway	Bil milli bíla mælt í tíma í stöðugri röð á umferðarljósum.
Mettunarflæði	Saturation flow rate	Ökutæki á klst. grænt ljós og akrein.
Óheftur hraði	Free flow speed	Hraði ökutækja við óheft flæði.
Tapaður tími	Start-up lost time	Viðbótartími, 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.
Tvísýnt ökubil	Critical gap	Lágmarkstímabil, í sekúndum, milli tveggja ökutækja á aðalvegi þannig að ökutæki á hliðarvegi nái að þvera gatnamótin eða sameinast straumi á aðalvegi. Á við um forgangsstýrð gatnamót.
Þéttleiki	Density	Fjöldi ökutækja á vegi miðað við lengdareiningu, t.d. fjöldi á metra.
Þegið ökubil	Accepted gap	Það ökubil sem ökumaður dæmir sem nægjanlega stórt og nýtir sér.
Ökubil	Gap	Tími, í sekúndum, sem það tekur seinna ökutæki af tveimur að komast að upphafsstað þess fyrra. Miðað er við sama stað á báðum ökutækjum t.d. framstuðara.