



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

VILLE VAARALA
ADAPTIIVISEN LIIKENNEVALO-OHJAUKSEN TOIMINTA
JA VAIKUTUKSET
Diplomityö

Tarkastaja: professori Jorma Mänty-
nen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Talouden ja rakentamisen tiedekun-
nan tiedekuntaneuvoston kokouk-
sessa 6. toukokuuta 2015

TIIVISTELMÄ

VILLE VAARALA: Adaptiivisen liikennevalo-ohjauksen toiminta ja vaikutukset
Tampereen teknillinen yliopisto
Diplomityö, 134 sivua, 60 liitesivua
Joulukuu 2015
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät
Tarkastaja: professori Jorma Mäntynen

Avainsanat: Liikennevalot, adaptiivinen liikennevalo-ohjaus, ImFlow

Tässä diplomityössä tutkitaan adaptiivisen liikennevalo-ohjauksen toimintaa ja ohjauksella saavutettuja tuloksia verrattuna perinteiseen valo-ohjaukseen. Työn alussa käydään läpi liikennevalo-ohjauksen perusteita ja selvennetään eroavaisuudet perinteisen ja adaptiivisen valo-ohjauksen välillä. Tämän jälkeen tarkastellaan kolmen adaptiivisen valo-ohjausjärjestelmän toimintaa ja niillä saavutettuja tuloksia. Tarkasteltavat valo-ohjausjärjestelmät ovat SCOOT, SCATS ja ImFlow. Työn tärkein osuus on Tampereen ImFlow – projekti, jossa adaptiivinen ImFlow – valo-ohjaus otettiin ensimmäistä kertaa käyttöön Suomessa. Materiaali yleisen liikennevalo-ohjauksen ja eri adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien toiminnan kuvaamiseen hankittiin pääasiassa kirjallisuustutkimuksen perusteella. Tampereen ImFlow – projektissa valtaosa materiaalista saatiin Tampereen kaupungilta, Imtech Traffic & Infra Oy:lta ja Trafifix Oy:lta.

Nykyisin liikennevalojen toimintaa pyritään optimoimaan mahdollisimman tehokkaasti liikennevirtojen perusteella, jotta liikennepuuhkia saadaan minimoitua. Perinteisessä valo-ohjauksessa hyödynnetään olemassa olevien liikennemäärätietojen perusteella suunniteltuja kiinteää kiertoaikaa noudattavia valo-ohjelmia. Perinteisen valo-ohjauksen heikkous on se, että liikennemäärien muutoksiin kyetään reagoimaan liikennetieto-ohjauksella vain hyvin marginaalisesti. Nykyaikaiset adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät eivät hyödynnä valmiiksi suunniteltuja ja ajoitettuja valo-ohjelmia, vaan optimoivat liikennevalojen ajoituksia reaaliajassa liikenneilmaisimilta saatujen liikennetietojen perusteella. Näin ollen ne vähentävät liikennesuunnittelijoiden työtä siltä osin, kuin sitä kuluisi valo-ohjelmien päivittämiseen.

Tampereella Satakunnankadulla ja Hämeenpuistossa kymmenessä liittymässä käyttöönotettu ImFlow – järjestelmä edustaa adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien uusinta sukupolvea. Järjestelmän adaptiivinen algoritmi muuntaa tilaajan visiot ohjattavan alueen valo-ohjauksen toiminnasta suoraan optimaaliseksi liikennevalojen ajoituksiksi. Tampereen projektissa ImFlow – valo-ohjaus tuotti positiivisia tuloksia suhteessa aikaisempaan SYVARI – valo-ohjaukseen. Parhaiten adaptiivinen valo-ohjaus toimi suhteessa SYVARI – valo-ohjaukseen silloin, kun liikennemäärät olivat suurimpia ja liikenne oli ruuhkautuneinta. Vastaavanlaisen tilanteen ohjaaminen tuottaa suurimpia ongelmia perinteiselle valo-ohjaukselle.

ImFlow – ohjauksen aikaansaamien positiivisten tulosten perusteella on mahdollista, että järjestelmää hyödynnetään Tampereella laajemmassakin mittakaavassa. Mahdollisesti adaptiivinen valo-ohjaus yleistyy myös muualla Suomessa Tampereen projektin innoittamana.

ABSTRACT

VILLE VAARALA: The operation and effects of adaptive traffic light systems
Tampere University of Technology
Master of Science Thesis, 134 pages, 60 Appendix pages
December 2015
Master's Degree Programme in Civil Engineering
Major: Traffic and Transportation Systems
Examiner: Professor Jorma Mäntynen

Keywords: Traffic lights, adaptive traffic light control, ImFlow

This Master of Science Thesis studies the operation and effects of adaptive traffic light control systems compared to traditional traffic light control. In the beginning of this Thesis the basics of traffic light control are introduced and the differences between the traditional and adaptive traffic light control are explained. After this the inspection is being pointed towards three adaptive traffic light control systems in which the operation of the systems and the effects they have proven are being inspected. The assigned adaptive systems are SCOOT, SCATS and ImFlow. The most important section of the Thesis is Tampere's ImFlow – project. This is the first installment of ImFlow – system in Finland. The theory used for describing the basics of traffic light control and the adaptive traffic light systems are based on literature review. The majority of the material used in Tampere's ImFlow – project was provided by the city of Tampere and companies Imtech Traffic & Infra and Trafix.

These days traffic lights are used optimizing traffic flows to minimize congestion. In traditional traffic light control, fixed time plans based on historical data are used synchronizing adjacent intersections. The weakness of fixed time plans is that they aren't able to react to the fluctuations of traffic volumes properly. The modern adaptive traffic light control systems aren't using fixed time plans, but instead optimize traffic light signals in real time based on the data received from traffic detectors. Because the adaptive traffic light control systems aren't using fixed time plans, they are reducing the workload because traffic engineers aren't needed to design the fixed time plans, and therefore don't need to keep them up to date.

The adaptive traffic light control system, deployed in ten intersections in Hämeenpuisto and Satakunnankatu in Tampere, represents the newest generation of adaptive traffic light control systems. ImFlow's unique adaptive algorithm automatically translates the configured policies into an optimal traffic flow. The results ImFlow produced compared to previous 'SYVARI – traffic light control' were positive. The adaptive ImFlow control produced best results when the traffic volumes were the highest and congested. With traditional traffic light control it is difficult to manage similar traffic situations efficiently.

Based on the positive results ImFlow – control produced in Tampere, it is possible that the municipality decides to enlarge the ImFlow network in future. It is also highly possible that within the next few years adaptive traffic light control is being used in larger scale in Finland inspired by the positive results in Tampere's ImFlow project.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tampereen teknillisen yliopiston diplomi-insinöörin tutkintoon kuuluvana opinnäytetyönä. Diplomityö on tehty Tampereen kaupungille ja työn ohjaajana on toiminut Tampereen kaupungin liikenneinsinööri Mika Kulmala. Tampereen teknillisen yliopiston taholta työn tarkastajana on toiminut liikenne- ja kuljetustekniikan professori Jorma Mäntynen.

Diplomityön tekeminen on ollut pitkä ja vaativa prosessi. Projektissa osallisena olleiden tahojen tuki ja apu on auttanut huomattavasti työn eri vaiheissa. Ensimmäisenä haluan kiittää professori Jorma Mäntystä hänen osoittamastaan mielenkiinnosta työtä kohtaan. Hänen palautteensa ja tukensa on auttanut minua suuresti työn eri vaiheissa. Erityisesti haluan kiittää Tampereen kaupunkia ja Mika Kulmalaa sekä projektissa mukana ollutta henkilöstöä Imtech Traffic & Infralta siitä, että olen saanut olla osallisena Suomen ensimmäisessä adaptiivisen ImFlow – valo-ohjauksen projektissa. Projekti on ollut erittäin mielenkiintoinen, ja olen oppinut sen aikana paljon. Työtä tehdessäni olen oppinut adaptiivisesta liikennevalo-ohjauksesta ja liikennevaloista yleensäkin enemmän kuin osasin edes odottaa. Mika Kulmalalta olen saanut palautetta ja ohjausta sen suhteen, että Tampereen kaupungin tavoitteet tulisivat työssäni saavutetuiksi. Jukka-Pekka Alanissi on toiminut yhteyshenkilönäni Imtechiltä ja neuvonut minua Imtechin tavoitteiden saavuttamisessa sekä opastanut minua lukuisissa ImFlow – valo-ohjausta koskevissa kysymyksissä. Lisäksi haluan kiittää Riku Nevalaa Trafixilta. Häneltä olen saanut hyviä ohjeita siitä, kuinka VISSIM – simulointien tuloksia tulisi käsitellä. Ilman Rikun apua simulointitulosten koostaminen havainnollistaviksi taulukoiksi olisi ollut huomattavasti työläämpää. Viimeisenä, mutta ei vähäisempänä, haluan kiittää perhettäni ja ystäviäni kaikesta tuesta diplomityön tekemisen aikana.

Kaarinassa 13.11.2015

Ville Vaarala

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tavoitteet ja rajaukset	1
1.2	Taustaa tutkimukselle	2
1.3	Tutkimusmenetelmät	2
1.4	Työn rakenne	3
2.	YLEISTÄ LIIKENNEVALO-OHJAUksesta.....	4
2.1	Liikennevalojen ohjaustavat.....	6
2.2	Liikennevalojen ohjausperiaatteet	8
2.2.1	Erillisohjaus	9
2.2.2	Yhteenkytkentä	11
2.2.3	Linkitys.....	14
2.2.4	SYVARI	15
2.2.5	Alueellinen valo-ohjaus.....	18
3.	MAAILMALLA KÄYTETTYJÄ ADAPTIIVISIA VALO-OHJAUSJÄRJESTELMIÄ	25
3.1	SCOOT	27
3.1.1	Yleistä	27
3.1.2	Järjestelmän toiminta	28
3.1.3	Saavutetut tulokset	31
3.2	SCATS	37
3.2.1	Yleistä	37
3.2.2	Järjestelmän toiminta	37
3.2.3	Saavutetut tulokset	39
3.3	ImFlow	46
3.3.1	Yleistä	46
3.3.2	Järjestelmän toiminta	47
3.3.3	ImFlow Central.....	52
3.3.4	Saavutetut tulokset	59
3.4	Eroavaisuudet perinteisen ja adaptiivisen valo-ohjauksen välillä.....	70
4.	CASE TAMPERE.....	73
4.1	Alueen kuvaus ja nykytila.....	73
4.2	ImFlow – järjestelmälle asetettavat toimintalinjaukset	75
4.3	Ilmaisinjärjestelyt	77
4.4	Simulointimalli.....	78
4.4.1	Liikennemäärät	79
4.4.2	Joukkoliikenteen mallinnus	86
4.4.3	Mallin ominaisuudet	88
4.4.4	Liikenteen tunnuslukujen kerääminen	90
5.	SIMULOINNIN TULOKSET	93

5.1	Koko verkon keskimääräiset tunnusluvut	93
5.1.1	Aamuhuipputunti	94
5.1.2	Päiväliikenne	96
5.1.3	Iltahuipputunti.....	98
5.2	Matka-ajat	100
5.2.1	Aamuhuipputunti	102
5.2.2	Päiväliikenne	104
5.2.3	Iltahuipputunti.....	107
5.3	Liittymäkohtaiset tunnusluvut.....	109
5.3.1	Aamuhuipputunti	109
5.3.2	Päiväliikenne	113
5.3.3	Iltahuipputunti.....	118
5.4	Tulosten yhteenveto.....	122
6.	YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	125
	LÄHTEET	129

LIITTEET A – BH

TERMIT JA LYHENTEET

Adaptiivinen liikennevalo-ohjaus	Adaptiivisessa valo-ohjauksessa liikennevalo-ohjausjärjestelmä hyödyntää liikenneilmaisimilta saatuja tietoja liikennevalojen toiminnan optimointiin reaaliajassa. Kehittyneet adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät eivät hyödynnä valmiiksi suunniteltuja kiinteitä valo-ohjelmia. Adaptiivinen valo-ohjaus kykenee alueellisen tason optimointiin.
Aikaohjaus	Liikennevalojen ohjaustapa, jossa liikennevalojen opastinryhmien vihreä aika on ennalta määritelty.
Alueellinen valo-ohjaus	Liikennevalojen ohjausperiaate, jossa usean liikennevaloliittymän muodostamaa aluetta ohjataan yhtenä kokonaisuutena. Yksittäisen liittymän toimintaan vaikuttaa lähialueiden liikennevaloliittymien toiminta.
Erillisohjaus	Liikennevalojen ohjausperiaate, jossa liittymän liikennevaloja ei ole kytketty muiden liikennevalojen toimintaan. Erillisohjatut liikennevalot eivät noudata kiinteää kiertoaikaa.
ImFlow	Hajautetulla laitteistoarkkitehtuurilla toimiva, uusinta sukupolvea edustava adaptiivinen valo-ohjausjärjestelmä.
Kiertoaika	Valokierron pituus. Aika, jonka kuluessa liikennevaloliittymän jokainen opastinryhmä pääsee vaihtumaan vihreäksi vähintään kerran. Yhteenkytketyissä liikennevaloissa kiertoaika on kiinteä ja erillisohjauksessa vaihteleva.
Käsiohjaus	Liikennevalojen ohjaustapa, jossa liikennevalojen opastinryhmien vihreiden aikaa säädetään käsin liikennevalokojeen käyttäjän toimesta.
Liikennetieto-ohjaus	Liikennevalojen ohjaustapa, jossa opastinryhmien vihreiden ajat vaihtelevat ilmaisimilta saatavien liikennetietojen perusteella.

Linkitys	Erillisohjauksen ja yhteenkytkennän yhdistelmä, jossa liikennevalot toimivat pääosin itsenäisesti, mutta tietyltä osin toimintaan vaikuttaa viereisen liittymän toiminta. Liittymien kiertoaika linkityksessä on muuttuva.
Valo-ohjelma	Liikennevalojen ajoitus, jossa vaihejärjestys on vakio ja opastinryhmien vihreiden kestot määrittyvät ennalta määritetyllä periaatteella. Valo-ohjelmia suunnitellaan eri vuorokauden ajoille liikennemäärien ja liikenteen suuntautumisen perusteella.
Vihreä aalto	Yhteenkytkettyjen liikennevalojen ajoitus, joka mahdollistaa pääsuunnan liikenteen etenemisen tietyllä ajonopeudella peräkkäisten liikennevalojen läpi pysähtymättä.
Yhteenkytkentä	Kahden tai useamman liikennevaloliittymän ajoittaminen toimimaan synkronoidusti siten, että pääsuunnalle saadaan muodostettua vihreä aalto. Yhteenkytkettyjen liikennevalojen kiertoaika on kiinteä ja ennalta määrätty.
DAAP	Distributed Adaptive Algorithm Product. ImFlow – järjestelmässä moduuli, joka asennetaan liittymän liikennevalokojeeseen ja kytkeään ImFlow serveriin adaptiivisen ohjauksen mahdollistamiseksi.
SAPS	System Activated Plan Selection. Liikennevalo-ohjausjärjestelmän kyky valita liikennetilanteeseen parhaiten soveltuva valo-ohjelma
SCATS	Sydney Coordinated Adaptive Traffic System. Australialainen adaptiivinen valo-ohjausjärjestelmä, joka perustuu osittain hajautettuun laitteistoarkkitehtuuriin.
SCOOT	Split Cycle Offset Optimisation Technique. Englantilainen adaptiivinen valo-ohjausjärjestelmä, joka perustuu keskitettyyn laitteistoarkkitehtuuriin.

SYVARI

Synkronoitu vaiherinki. Suomessa käytettävä uudenlainen tapa toteuttaa liikennevalo-ohjausta. Yhdistää erillisohjauksen ja yhteenkytkennän toimintoja.

TRANSYT

TRAffic Network StudY Tool. Simulointi ja liikennevalojen ajoitusohjelma, joka mahdollistaa liikennevalojen optimaalisen ajoittamisen liikennetietojen perusteella.

VISSIM

Verkehr In Städten. Saksalainen mikrosimulointiohjelma, joka soveltuu muun muassa liikennevalo-ohjauksen simulointiin.

1. JOHDANTO

1.1 Tavoitteet ja rajaukset

Diplomityössä on tarkoitus tutkia, kuinka nykyaikaiset adaptiiviset liikennevalo-ohjausjärjestelmät toimivat, miten järjestelmät eroavat toisistaan ja minkälaisia tuloksia tarkastelun kohteena olevat järjestelmät ovat saavuttaneet verrattuna perinteiseen kiinteää kiertoaikaa noudattavaan valo-ohjaukseen, tai johonkin muuhun aikaisempaan valo-ohjaukseen.

Diplomityön kannalta tärkein ja merkittävin osuus on Tampereen ImFlow – projekti. Projektissa analysoidaan adaptiivisen ImFlow – järjestelmän toimivuutta Tampereen keskustassa. Projektin merkittävyyttä korostaa se, että kyseessä on Suomen ensimmäinen ImFlow – järjestelmän käyttöönotto.

ImFlow on uusinta sukupolvea edustava adaptiivinen valo-ohjausjärjestelmä. Järjestelmä toimii hajautetulla ohjausperiaatteella tarkoittaen sitä, että jokainen liittymä määrittää itse liikennevalojen ajoitukset hyödyntäen viereisistä liittymistä saatavia liikennemäärätietoja. Pääsääntöisesti monissa muissa adaptiivisissa valo-ohjausjärjestelmissä liittymien liikennevalojen ajoitukset määrää enemmän tai vähemmän keskustietokone. ImFlow – järjestelmän uniikki ominaisuus on järjestelmän reaaliaikainen adaptiivinen algoritmi, joka muuntaa järjestelmälle asetetut toimintalinjaukset suoraan optimaaliseksi liikennevalojen ajoituksiksi.

Työssä tarkasteltavat adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät valittiin sillä perusteella, että ne ovat maailmalla laajasti hyödynnettyjä ja niiden toiminta poikkeaa osittain toisistaan. ImFlow – järjestelmän valinta yhdeksi tarkasteltavaksi järjestelmäksi on luonnollista Tampereen projektin vuoksi.

Tarkasteltaviksi valituista adaptiivisista liikennevalo-ohjausjärjestelmistä esitellään niiden yleistiedot sekä pääpiirteisesti järjestelmien toiminta. Tämän lisäksi tarkastellaan kullakin järjestelmällä saatuja tuloksia eri puolilta maailmaa.

Adaptiivisiin valo-ohjausjärjestelmiin, sekä yleiseen valo-ohjaukseen perehtymisen jälkeen työssä esitellään Tampereen ImFlow – pilottihanke. Tässä osassa työtä esitellään tarkastelualue liittymäkohtaisesti, sekä selostetaan yksityiskohtaisesti järjestelmän sekä käytettävän simulointimallin konfiguroinnit. Työn lopussa analysoidaan simulointien perusteella saatuja liikenteellisiä tunnuslukuja ImFlow – valo-ohjauksesta ja vertaillaan niitä nykyisestä SYVARI – valo-ohjauksesta saatuihin simulointituloksiin. Lisäksi pohditaan vielä lyhyesti simulointituloksiin perustuen, mitä muita ImFlow – ohjauksen sovelluskohteita Tampereella mahdollisesti löytyy.

1.2 Taustaa tutkimukselle

Työn aihe alkoi hahmottua syksyllä 2014 Tampereen kaupungin liikenneinsinöörin Mika Kulmalan ja Imtech Traffic & Infra Oy:n operatiivisen johtajan Jukka-Pekka Alanisin kanssa käydyssä keskustelussa. Maailmalla yleistyneet adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät eivät olleet toistaiseksi rantautuneet pysyvästi Suomeen kokeiluja lukuun ottamatta. Vastaavanlaisesta aiheesta ei ole aiemmin tehty diplomityötä, joten adaptiivisen liikennevalo-ohjauksen ja perinteisen kiinteällä kiertoajalla toimivan liikennevalo-ohjauksen vertailu vaikutti mielenkiintoiselta ja hyödylliseltä diplomityöaiheelta. Alustavassa keskustelussa suunniteltiin, että adaptiivinen liikennevalo-ohjausjärjestelmä ImFlow asennettaisiin toimimaan viidessä valoliittymässä Satakunnankadulla Tampereella.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Diplomityön aloituspalaverissa 13. tammikuuta 2015 mukana olivat Tampereen teknillisen yliopiston professori Jorma Mäntynen, Tampereen kaupungin liikenneinsinööri Mika Kulmala, operatiivinen johtaja Jukka-Pekka Alanissi Imtech Traffic & Infra Oy:lta ja diplomi-insinööri Riku Nevala Trafix Oy:lta. Aloituspalaverissa rajattiin ImFlow – valo-ohjauksen alue kattamaan viisi valoliittymää Satakunnankadulta sekä viisi valoliittymää Hämeenpuistossa. Hämeenpuisto on Satakunnankatua liikenteellisesti haastavampi kohde. Hämeenpuiston erityispiirteinä ovat tuplaliittymät, jotka ovat liikennevalo-ohjauksen kannalta erittäin haasteellisia. Juuri tämän vuoksi Hämeenpuiston liittymät päätettiin sisällyttää tarkastelualueeseen. Tarkasteltava alue on adaptiivisen valo-ohjauksen kannalta hyvin mielenkiintoinen siinäkin mielessä, että Tampereen Rantaväylän tunnelin valmistuttua, tilanteissa joissa tunneli on suljettuna, tunnelin läpikulku liikenne ohjataan osittain tarkasteltavan alueen läpi.

Työn ensimmäinen puolisko, yleinen kuvaus liikennevalojen ohjaustavoista sekä ohjausperiaatteista ja maailmalla käytetyistä adaptiivisista valo-ohjausjärjestelmistä, suoritettiin hankkimalla tietoa pääasiassa kirjallisuustutkimuksella.

Työn jälkimmäisessä puoliskossa, jossa käsiteltiin ImFlow – pilottihankkeen simulointimenetelmiä ja tuloksia, suuri osa materiaalista saatiin Riku Nevalalta. Riku Nevala muodosti tarkan mallin tarkasteltavan alueen nykyisestä tilasta. Kyseistä VISSIM – mikrosimulointimallia hyödynnettiin nykyisen SYVARI – valo-ohjauksen ja ImFlow – valo-ohjauksen vertailussa. Huhtikuun 23. päivänä 2015 Vantaalla Imtechin tiloissa pidetyssä palaverissa päätettiin ImFlow – järjestelmän kannalta olennaiset toimintalinjaukset. SYVARI – valo-ohjauksen ja ImFlow – valo-ohjauksen toimivuutta suhteessa toisiinsa vertailtiin analysoimalla simuloinneista saatuja liikenteellisiä tunnuslukuja.

1.4 Työn rakenne

Työ etenee käyden läpi liikennevalo-ohjauksen perusteita, päätyen kehittyneimpien valo-ohjausmenetelmien kautta Tampereen ImFlow – järjestelmän pilottihankkeeseen.

Toisessa luvussa käsitellään yleisellä tasolla liikennevalo-ohjauksen perusteita. Siinä käydään läpi yksittäisten liikennevalojen ohjaustavat sekä ohjausperiaatteet. Ohjausperiaatteet kuvaavat liikennevalojen toiminnallista suhdetta suhteessa ympäristön muihin liikennevaloihin.

Työn kolmannessa luvussa esitellään muutamia maailmalla käytössä olevia adaptiivisia valo-ohjausjärjestelmiä. Tarkasteltaviksi adaptiivisiksi valo-ohjausjärjestelmiksi valittiin englantilainen SCOOT, australialainen SCATS, sekä Tampereen pilottihankkeessa käytettävä ImFlow. Kustakin järjestelmästä kuvataan järjestelmän toiminta, sekä esitellään muutamia maailmalla kyseisellä järjestelmällä saavutettuja tuloksia. SCOOT – ja SCATS – järjestelmien toiminta esitellään yleispiirteisesti perustuen täysin kirjallisuustutkimusmateriaaliin. Työn kannalta oleellisempi ImFlow – järjestelmä kuvataan tarkemmin kirjallisuustutkimusmateriaalin sekä Imtechiltä saadun ylimääräisen materiaalin perusteella.

Neljännessä luvussa syvennyttään Tampereen ImFlow – hankkeeseen. Luvun alussa kuvataan tarkasteltava alue ja valo-ohjauksen nykytila. Nykytilan kuvauksen jälkeen luvussa esitellään ImFlow – järjestelmän ohjelmointiin vaadittavat toimintalinjaukset. Luvun lopussa esitellään nykyisen SYVARI – valo-ohjauksen, sekä uuden ImFlow – järjestelmän toiminnan vertailuun käytettävän simulointimallin mallinnusperusteet, sekä simuloinnilla kerättävät liikenteelliset tunnusluvut.

Viidennessä luvussa analysoidaan simuloinnin tuottamia liikenteellisiä tunnuslukuja, sekä verrataan järjestelmien toimintaa niin alueellisella, reittikohtaisilla, kuin liittymäkohtaisilla tasoilla. Luvun lopussa pohditaan mahdollisia muita sovelluskohteita ImFlow – ohjaukselle Tampereella.

2. YLEISTÄ LIIKENNEVALO-OHJAUksesta

Liikenne-ruuhkat ovat kaiken kokoisten kaupunkien ongelmia. Ihmisten lisääntynyt liikemisen tarve tuottaa yhä enemmän matkoja ja tämän vuoksi teillä kulkee entistä enemmän ajoneuvoja. Teiden liikenteellinen kapasiteetti tulee jossain kohtaa vastaan aiheuttaen liikenne-ruuhkia. Liikenne-ruuhkat kasvattavat matka-aikoja ja lisäävät samalla ajoneuvojen pysähtymismääriä. Tällä on suora vaikutus ajoneuvojen polttoaineen kulutuksen kasvamiseen. Polttoaineen kulutuksen kasvaminen on suoraan verrannollinen haitallisten ympäristöpäästöjen lisääntymiseen. Liikenteen ruuhkautumisella voi olla vaikutusta myös kuljettajien käyttäytymiseen. Liikenne-ruuhkat voivat yllyttää kuljettajia vaaralliseen käyttäytymiseen, kuten punaisia päin ajamiseen, kompensoidakseen ruuhkissa menetettyä aikaa. (FHWA 1995)

Asennettaessa ensimmäisiä liikennevaloja, tavoitteena oli vähentää liikenneonnettomuuksia. Liikenne-ruuhkien ja polttoaineen kulutuksen vähentämiseen ei juurikaan kiinnitetty huomiota. Ajan kuluessa, liikennemäärien yhä kasvaessa, tavoitteet ovat laajentuneet tiekapasiteetin maksimointiin ja liikennevirran sujuvoittamiseen. (FHWA 1995)

Liikennevaloilla on tärkeä merkitys liikenteen hallinnassa. Liikennevalojen asentamisen jälkeen ei valo-ohjelmien päivittämistä tule kuitenkaan laiminlyödä. FHWA (1995) julkaisun mukaan muun muassa Pohjois-Amerikassa yli puolet liikennevaloista on joko korjauksen, uusinnan tai päivittämisen tarpeessa. Mikäli liikennevalojen toiminta ei vastaa liikenteen tarpeita, ei valo-ohjauksella päästä haluttuihin tavoitteisiin. (FHWA 1995)

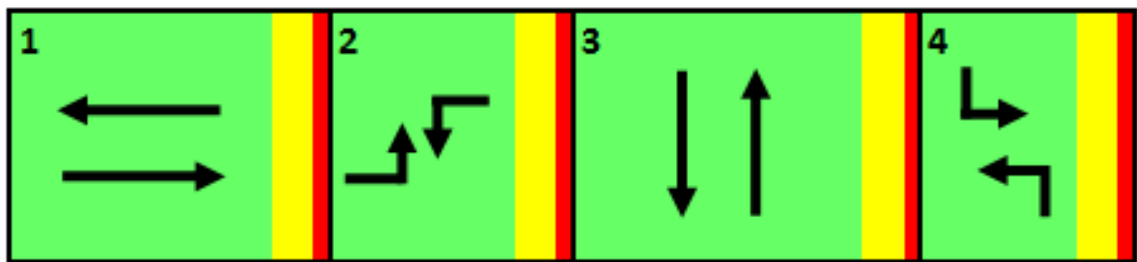
Liikennevalojen toimintaa voidaan ylläpitää suhteellisen yksinkertaisilla ja kustannustehokkailla menetelmillä. Päivittämällä valo-ohjelmat aika ajoin vastaamaan olemassa olevia liikennemääriä, voidaan saada suuria positiivisia vaikutuksia liikenteen sujuvuuteen. Liikennevalojen päivittäminen arvioidaan yhdeksi kustannustehokkaimmista tavoista säästää energiaa kaupunkialueilla. (FHWA 1995)

Federal Highway Administration (1996) määrittelee seuraavat termit keskeisiksi muuttujiksi liikennevalojen ohjelmoinnissa:

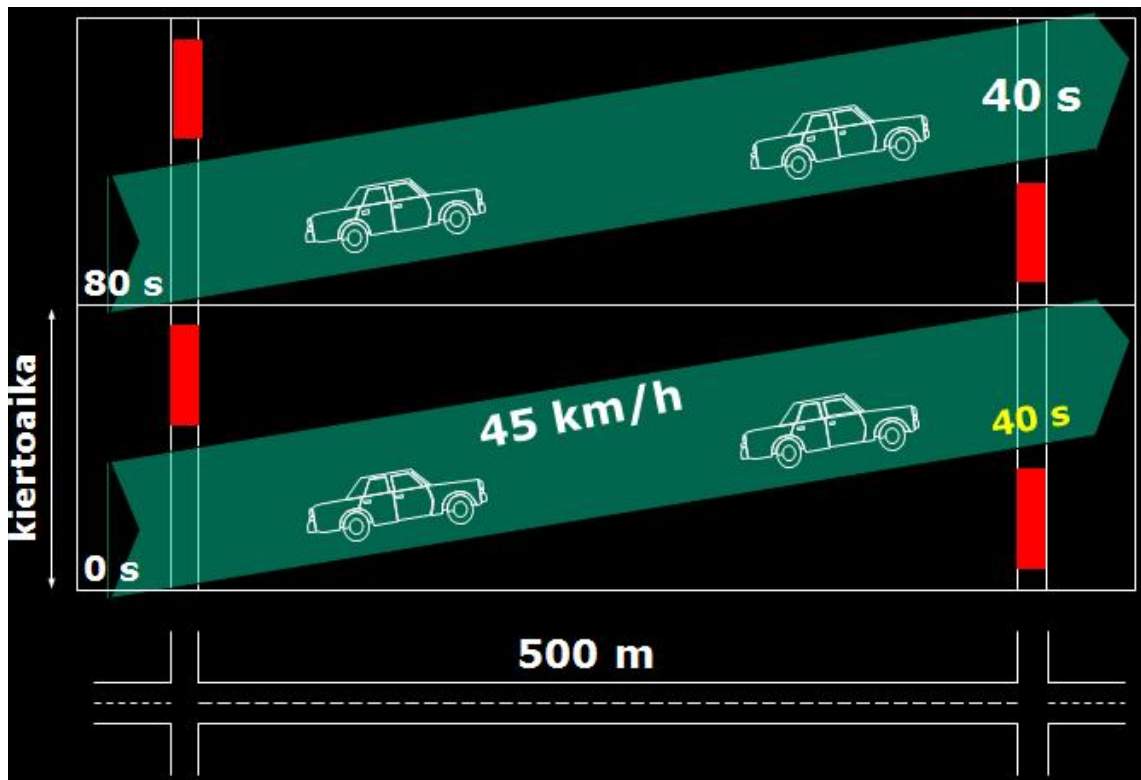
- Vaihe (Phase): Osuus valokierrosta, jonka aikana yksi tai useampi opastinryhmä on vihreänä samanaikaisesti. Valo-ohjatun liittymän jokainen ohjaussuunta kuuluu vähintään yhteen vaiheeseen.

- Vaiheen kesto (Split): Vaiheohjatussa valo-ohjauksessa, jossa vaiheen jokaisen ohjaussuunnan vihreät käynnistetään ja lopetetaan samanaikaisesti, kunkin vaiheen osuus kiertoajasta. Sisältää vihreän keston, keltaisen keston ja ajan, jolloin kaikki opastimet ovat punaisena ennen seuraavan vaiheen käynnistymistä.
- Aikaväli (Interval): Osuus kiertoajasta, jonka aikana liikennevalot pysyvät muuttumattomina. Suomalaisessa ohjaussuuntakohtaisessa valo-ohjauksessa, jossa saman vaiheen ohjaussuuntien vihreät voidaan käynnistää ja lopettaa eriaikaisesti, kiertoaikaan kuuluu useampia lyhyempiä aikavälejä kuin vaiheohjauksessa.
- Kiertoaika (Cycle Length): Aika, jonka aikana valoliittymän jokainen opastinryhmä pääsee vihreäksi vähintään kerran.
- Vaihesiirto (Offset): Vaihesiirto on aika sekunteina tai prosentteina kiertoajasta. Vaihesiirto suunnitellaan vierekkäisten liittymien yhteenkytkettyjen ajosuuntien välille. Vaihesiirroilla tarkoitetaan usein aikaa, joka ajoneuvolta kestää ajaa liittymien välillä.

Kuva 1 havainnollistaa edellisistä termeistä vaiheen, vaiheen keston sekä kiertoajan. Kuvassa esiintyy 4 numeroitua vaihetta. Vaiheiden kestot poikkeavat toisistaan. Vaiheiden kestoja suunniteltaessa otetaan huomioon kyseiseen vaiheeseen kuuluvien ajosuuntien liikennemäärät. Vaiheen kestoan kuuluu vaiheen opastinryhmien aika vihreänä, keltaisena sekä aika, jolloin kaikki opastinryhmät ovat punaisena. Vaiheet 1, 2, 3 ja 4 muodostavat valokierron. Yhteen valonkiertoon kulunutta aikaa kutsutaan kiertoajaksi.



Kuva 1. Vaihe, vaiheen kesto sekä kiertoaika havainnollistettuna.



Kuva 2. Vaihesiirtojen suunnittelu. (Sane 2014)

Kuvassa 2 havainnollistetaan vaihesiirtojen suunnittelu kahden valo-ohjatun liittymän välillä. Kyseisessä kuvassa esitetään vihreä aalto kahden liikennevalo-ohjatun liittymän välillä. Mikäli molemmissa liittymissä pääsuuntien punainen ajoitettaisiin siten, että ne esiintyvät molemmissa liittymissä samanaikaisesti, ei liittymien läpi olisi mahdollista ajaa pysähtymättä. Kuvassa oikeinpuoleisen liittymän pääsuunnan punainen vaihe esiintyy hieman aikaisemmin kuin vasemmanpuoleisen liittymän pääsuunnan punainen vaihe. Tämä mahdollistaa vasemmanpuolisesti liittymästä vihreään palaessa lähtevän ajoneuvon kulun molempien liittymien läpi pysähtymättä.

Kiertoaika (Cycle Length), Vaiheen kesto (Split) ja Vaihesiirto (Offset) ovat kolme keskeistä muuttujaa liikennevalosuunnittelussa (FHWA 1996). Asettamalla liikennevaloille sopivat kiertoajat, vaiheiden kestot sekä liikennevaloliittymien väliset vaihesiirrot, on mahdollista toteuttaa toimiva liikennevalo-ohjaus. Perinteisiä aikaohjattuja ja liikennetieto-ohjattuja liikennevaloja suunniteltaessa liikennevalosuunnittelusta vastaava henkilö optimoi juuri kyseisiä muuttujia. Kyseiset muuttujat toimivat kulmakivinä myös nykyaikaisissa adaptiivisissa valo-ohjausjärjestelmissä.

2.1 Liikennevalojen ohjaustavat

Yksittäisillä liikennevaloilla on kolme erilaista ohjaustapaa. Nämä ohjaustavat ovat käsiohjaus, aikaohjaus ja liikennetieto-ohjaus. Ohjaustavalla tarkoitetaan menetelmää, jolla liikennevalojen opastinryhmien vihreiden aikaa säädellään. Käsiohjauksessa liikennevalokojeen käyttäjä säätää opastinryhmien vihreää käsin. Aikaohjauksessa jokai-

sen opastinryhmän vihreä aika on ennalta määritelty. Liikennetieto-ohjauksessa vihreiden aika vaihtelee ilmaisimilta saatujen liikennetietojen perusteella. (Tiehallinto 2005)

Ensimmäiset liikennevalot olivat käsiohjattavia. Tekniikan kehittyessä ja tietokoneiden tullessa käyttöön, aikaohjatut liikennevalot syrjäyttivät käsin ohjattavat liikennevalot. Aikaohjatuissa liikennevaloissa käytetään erilaisia kiinteitä valo-ohjelmia. Valo-ohjelmat suunnitellaan ”offline” – tilassa hyödyntämällä olemassa olevia liikennemäärätietoja. Esimerkiksi aamuruuhkan aikana pääsuunnalle, jolla on paljon liikennettä, annetaan enemmän vihreää aikaa kuin sivusuunnille. Keskipäivällä suuntien liikennemäärät voivat olla tasaisempia, tällöin vihreää aikaa jaetaan tasaisemmin opastinryhmien kesken. Valo-ohjelmia voi olla lukuisia ja ne vaihtuvat ennalta laadittujen aikataulujen mukaisesti.

Aikaohjatut liikennevalot ovat joustamattomia, koska liikennemäärien hetkittäisiä vaihteluita ei voida ottaa huomioon. Riippumatta vallitsevista liikennemääristä, aikaohjattu valoliittymä toimii jokaisella valokierrolla samalla tavalla kunnes valo-ohjelmaa vaihdetaan. Mikäli suunnitellut valo-ohjelmat eivät vastaa liikenteen kysyntää, voi aika-ohjattu risteys ruuhkautua pahasti. Myös tiheä valo-ohjelmien vaihtelevuus kuormittaa risteystä. (Luttinen & Ojala 2006)

Koska aikaohjatuissa valoissa opastinryhmien vihreiden pituudet toistuvat samoina valokierrosta toiseen, tulee kiertoajan, opastinryhmien vihreän ajan, sekä vaihesiirtojen kaikkien olla ennalta määriteltyjä. (FHWA 2006) Aikaohjatut liikennevalot vaativat säännöllistä päivittämistä uusien liikennemäärätietojen perusteella. Aikaohjattuja liikennevaloja on korvattu liikennetieto-ohjatuilla liikennevaloilla. Työmaiden liikennevaloja ohjataan mahdollisesti käsi- tai aikaohjauksella, muuten aikaohjausta ei enää hyödynnetä. Tampereella ei nykyisin ohjata yhtään liikennevaloliittymää aikaohjauksella. (Tuupanen 2015)

Liikennetieto-ohjauksessa liikennevalojen toimintaa säädetään jatkuvasti liittymään saapumassa olevan liikenteen mukaan. Toisin kuin aika-ohjatussa liikennevaloliittymässä, jossa eri suuntien vihreiden kestot on määritelty ennalta, liikennetieto-ohjatussa liikennevaloliittymässä eri suuntien vihreiden kestot vaihtelevat ilmaisimilta saatujen liikennetietojen perusteella. Liikennetieto-ohjatussa liikennevaloliittymässä liikennettä havaitaan kulku- ja läsnäoloilmaisimilla, sekä painonapeilla. Liikennetieto-ohjaus sujuvoittaa liittymän toimintaa, koska liikenteessä tapahtuviin muutoksiin pystytään reagoimaan. (Tampereen kaupunki 2011)

Liikennetieto-ohjattu liittymä voi olla osittain aikaohjatun liittymän kaltainen tai täysin adaptiivinen. Aikaohjatun liittymän kaltainen liikennetieto-ohjattu liittymä vaatii kiinteän kiertoajan, jota järjestelmä noudattaa. Tällöin ilmaisimilta saatavat liikennetiedot vaikuttavat pääasiassa vihreiden pituuksiin. Kiertoajan lisäksi tarvitaan kunkin opastinryhmän vihreiden minimi- ja maksimiarvot. (Stevanovic 2006) Perinteisissä kiinteää

kiertoaikaa noudattavissa liikennetieto-ohjatuissa valoissa vihreiden pituuksiin voidaan vaikuttaa hyvin rajallisesti, koska valo-ohjelmat on usein suunniteltu siten, että vierekäiset liittymät toimivat hyvin suhteessa toisiinsa.

Adaptiivinen valo-ohjaus vastaa perinteistä valo-ohjausta tehokkaammin liikenteen muutoksiin vaihtelemalla vaiheiden kestoja, kiertoaikoja, vaihesiirtoja ja vaiheiden järjestyksiä (Nichols 2012). Kehittyneet adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät voivat ohjata liittymien toimintaa hyödyntämättä lainkaan valmiiksi suunniteltuja valo-ohjelmia. Vastaavanlaiset järjestelmät hyödyntävät liikenneilmaisimia tuottamaan dataa, jonka perusteella jokaisen opastinryhmän optimaaliset ajoitukset lasketaan reaaliajassa (Gardner et al 2009).

Aikaohjattujen liittymien lisäksi, myös liikennetieto-ohjatut liittymät, jotka perustuvat kiinteään kiertoaikaan ja vihreiden pituuksien muunteluun, vaativat aika ajoin päivittämistä vastaamaan nykyisiä liikennemääriä. Aikaohjatut ja kiinteään kiertoaikaan perustuvat liikennetieto-ohjatut liikennevalot ovat perinteisiä ratkaisuja, joita löytyy lähes kaikkialta maailmasta. Adaptiiviset ohjausjärjestelmät ovat huomattavasti monimutkaisempia ja vaativat toimiakseen erillisen järjestelmän. Adaptiiviset ohjausjärjestelmät kustomoidaan aluekohtaisesti niille asetettujen prioriteettien mukaisesti, näitä voivat olla muun muassa joukkoliikenteen suosiminen ja pysähdysten ja viivytysten minimointi. (Stevanovic 2006) Liikennetieto-ohjattujen liikennevalojen parempi toiminta verrattuna aikaohjattuihin liikennevaloihin ovat johtaneet monien adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien kehittämiseen. Huolimatta siitä, että täysin adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät tuottavat hyviä tuloksia, ei niitä hyödynnetä laajassa mittakaavassa. Syynä tähän ovat järjestelmien kalliit asennus- ja ylläpitokustannukset (Gardner et al 2009).

2.2 Liikennevalojen ohjausperiaatteet

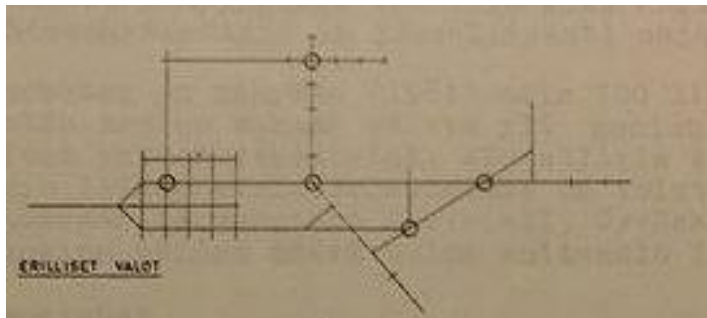
Edellä tarkasteltiin yksittäisten liikennevalojen ohjaustapoja. Nämä ohjaustavat eivät kerro liikennevalojen toiminnasta toistensa suhteen. Liikennevalojen toiminnallista suhdetta ympäristön muihin liikennevaloihin kuvaavia käsitteitä ovat erillisohjaus, linkitys, yhteenkytkentä ja alueellinen ohjaus. (Sane 1986)

Liikennetieto-ohjatuissa valoissa vallitsevana periaatteena on toiminut ohjaussuunta-kohtainen ohjaus jo vuosikymmenten ajan. Ohjaussuunta-kohtaista ohjausta hyödynnetään niin erillisohjauksessa kuin tahdistetuissa yhteenkytkennöissä. Ennen ohjaussuunta-kohtaista ohjausta käytettiin erillisohjatuissa ja tahdistetuissa liikennevaloissa vaiheohjausta. Vaiheohjauksessa samaan vaiheeseen kuuluvien ohjaussuuntien vihreät käynnistettiin ja lopetettiin keskenään samanaikaisesti. Nykyinen ohjaussuunta-kohtainen ohjaus mahdollistaa samaan vaiheeseen kuuluvien ohjaussuuntien vihreiden käynnistämisen ja lopettamisen eriaikaisesti. Ohjaussuunta-kohtainen ohjaus on huomattavasti joustavampaa kuin vaiheohjaus. (Salonen 2010)

Erillisohjattujen, linkitettyjen ja yhteenkytkettyjen liikennevalojen toiminta perustuu valo-ohjelmiin. Valo-ohjelmat määrittelevät, missä vaiheessa liikennevalojen vaiheet toteutuvat ja miten kauan opastinryhmät ovat vihreällä. Erillisohjattujen liikennevaloliittymien valo-ohjelmat ovat hyvin yksinkertaisia. Valo-ohjelmissa määritellään muun muassa eri opastinryhmien vihreiden maksimipituudet, vihreiden pyyntötavat ja mihin vaiheisiin opastinryhmät kuuluvat. Yhteenkytkettyjen liittymien valo-ohjelmissa ajoitetaan myös opastinryhmien vihreät kiertoaikaan sidottuna.

2.2.1 Erillisohjaus

Ensimmäisiä liikennevaloja rakennettiin pääasiassa vain liikenteellisiin pullonkauloihin. Liikennevalot toimivat täysin itsenäisesti välittämättä muiden liikennevalojen toiminnasta. Tällaisella ohjausperiaatteella toimivat liikennevalot ovat erillisohjattuja. (Sane 1981) Kuvassa 3 havainnollistetaan mahdollisia sijainteja erillisohjatuille liikennevaloille.



Kuva 3. Esimerkki erillisohjauksella ohjattavista liikennevaloista. (Sane 1981)

Erillisohjauksessa opastinryhmien vihreät vaiheet toteutuvat ennalta määrätyn vaihejärjestyksen mukaisesti. Erillisohjatut liikennevalot eivät kuitenkaan noudata tiettyä ennalta määrättyä kiertoaikaa, vaan opastinryhmien pituudet määräytyvät yksinomaan ilmaisimilta saatujen pidennysten ja opastinryhmille määrättyjen toimintojen mukaisesti. (Sane 1986)

Erillisohjauksen ohjaussuuntakohtainen ohjaus perustuen vaiherinkiin toimii seuraavalla tavalla. Opastinryhmät on jaettu ennalta määrättyihin vaiheisiin pääsääntöisesti siten, että samassa vaiheessa ei ole toistensa kanssa risteäviä suuntia. Vaihetta, johon viimeisin vihreäksi tullut ohjaussuunta kuuluu, kutsutaan käynnissä olevaksi vaiheeksi. Vaiheringissä käynnissä olevan vaiheen jälkeen seuraava vaihe, jossa jollakin ohjaussuunnalla on vihreän pyyntö, toimii aloituslupavaiheena. Käynnissä oleva vaihe toimii myös aloituslupavaiheena, mikäli kyseisessä vaiheessa on vielä ainakin yksi punaisena oleva ohjaussuunta, jolla on vihreän pyyntö. (Salonen 2010)

Ohjauksessa voidaan hypätä vaiheiden yli, mikäli millään vaiheen ohjaussuunnalla ei ole vihreän pyyntöä. Kuvitellaan valo-ohjelma, joka sisältää kolme vaihetta. Ensimmäisen vaiheen ollessa käynnissä oleva vaihe, tilanteessa, jossa toisen tai kolmannen vai-

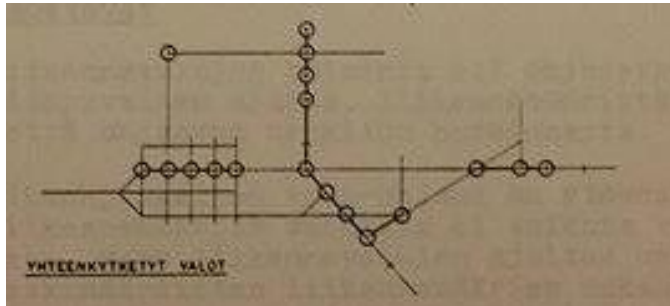
heen millään suunnalla ei ole vihreän pyyntöä, pysyvät ensimmäisen vaiheen ohjaussuunnat vihreänä. Tilanteessa, jossa kolmannen vaiheen jokin ohjaussuunta saa vihreän pyynnön, tulee kolmannelta vaiheesta aloituslupavaihe. Mikäli toisen vaiheen jokin ohjaussuunta olisi saanut vihreän pyynnön ennen kolmannen vaiheen käynnistymistä, olisi vaiheesta kaksi tullut aloituslupavaihe ja kolmannen vaiheen aloitusluvut olisi poistettu. Mikäli kolmannen vaiheen vihreän pyynnön saanut ohjaussuunta olisi päässyt vihreäksi, olisi kyseisestä vaiheesta tullut käynnissä oleva vaihe. Tässä tilanteessa toisen vaiheen ohjaussuunnat eivät enää pääse käynnistymään kyseisessä valokierrossa. Ohjauksessa aloituslupavaihe voi palata vaiheringissä taaksepäin, mutta käynnissä oleva vaihe kulkee vaiheringissä ainoastaan eteenpäin. (Salonen 2010)

Erillisohjattujen valojen kiinteään kiertoaikaan sitomattoman vaiheringin etuna voidaan pitää toiminnan joustavuutta. Erillisohjauksessa opastinryhmän vihreä lopetetaan yleensä heti, kun vihreän pidennystarve loppuu ja risteävällä suunnalla on vihreän pyyntö. Näin pysähtymään joutuneet saavat vihreää heti, kun muiden tulosuuntien liikenne sen sallii. Sujuvan ja toimivan erillisohjauksen edellytyksenä ovat riittävät, oikein sijoitetut ja ohjelmoidut liikenneilmaisimet. Pahimmassa tapauksessa puutteelliset ilmaisinjärjestelyt voivat johtaa valo-ohjaukseen, jossa liittymässä pysähtymään joutuneen liikenteen osuus on lähes 100 %. (Sane 1986) Jotta erillisohjatut valot toimivat kiitettävästi, tulee seuraavat asiat ottaa erillisohjauksen suunnittelussa huomioon: 1. Opastinryhmän ollessa punaisena, tulee saapuvan ajoneuvon joka tilanteessa aikaansaada vihreän pyyntöilmaisu. 2. Liittymän lepotilan ollessa punaisena, tulee liittymään saapuvan ajoneuvon saada opastimet vaihtumaan vihreiksi joutumatta pysähtymään. (Tiehallinto 2005) Tampereella liikennevalojen lepotilana toimii pääsuunnan vihreä, ei kokopunainen (Tuupanen 2015).

Erillisohjaus sopii ohjaustavaksi helposti ruuhkautuvien liittymien ruuhka-aikojen valo-ohjelmaksi. Yhteenkytkennässä liittymän ruuhkautuminen saattaa hidastaa ajoneuvojen ajonopeutta sen verran, että vihreässä aallossa pysyminen ei ole mahdollista. Tällöin yhteenkytkennällä saavutetut hyödyt menetetään. Tässä tapauksessa erillisohjaus sopii hyvin ruuhka-ajan ohjelmaksi sen joustavuuden vuoksi. Ruuhkahuipun aikana liittymän kierto-aikaa saadaan joustavasti kasvatettua liikennemäärän mukaisesti. (Sane 1986) Liittymän suurempi kiertoaika vähentää suoja-aikojen osuutta valokierrosta, mikä parantaa liittymän käyttösuhdetta. Ruuhkautumisalttiiden liittymien lisäksi erillisohjaus soveltuu hyvin keskustan pääväylille, joilla muun muassa pysäköinti, valo-ohjaamattomat suojatiet tai tonttiliittymät aiheuttavat häiriöitä liikennevirtaan (Tiehallinto 2005). Edellä mainittujen tapausten lisäksi erillisohjausta käytetään ohjaustapana, kun vierekkäisten liittymien välimatkat ovat pitkiä. Pitkien liittymäväliden aikana ajoneuvojono venyy pitkäksi johtuen ajoneuvojen nopeuseroista. Tässä tapauksessa yhteenkytkennästä ei saada haluttavaa hyötyä, koska vain osa ajoneuvoista kulkee vihreässä aallossa. (Luttinen & Ojala 2006)

2.2.2 Yhteenkytkentä

Valo-ohjattujen liittymien lukumäärän kasvaessa, pyrittiin liikennevalolaitteita kehittämään siten, että lähekkäiset liikennevalot olisi mahdollista kytkeä yhteen. (Sane 1981) Kuvassa 4 havainnollistetaan mahdollisten yhteenkytkettyjen valojen sijainnit liikenneverkolla.



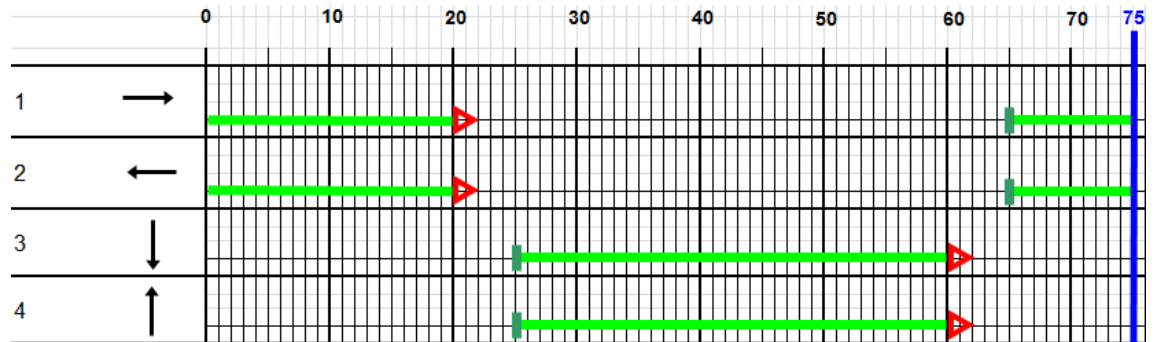
Kuva 4. Esimerkki yhteenkytketyistä liikennevaloista. (Sane 1981)

Yhteenkytkennällä tarkoitetaan toimintoa, jolla kaksi tai useampia liikennevalo-ohjattua liittymää ajoitetaan toiminaan yhteen niin, että muodostuu niin sanottu vihreä aalto. Yhteenkytketyt liikennevalot noudattavat kiinteää kiertoaikaa. Yhteenkytkettyä ohjausta voidaan kutsua myös tahdistetuksi ohjaukseksi (Salonen 2010). Kaikki liikennevalot, jotka noudattavat kiinteää kiertoaikaa ovat yhteenkytkettyjä. Toisin kuin erillisohjauksessa, perinteisissä yhteenkytketyissä liikennevaloissa opastinryhmien vihreiden aloituslupien anto ja poisto tapahtuu kiertoaikaan sidottuna sekunnilleen määriteltynä. Aloituslupien annon ja poiston välinen aika määrää aikavälin, jolloin opastinryhmällä tulee olla vihreän pyyntö, jotta suunta pääsisi kyseisen valokierron aikana vihreäksi. Mikäli opastinryhmällä ei ole vihreän pyyntöä vihreän aloitusluvan poistoon mennessä, ei suunta pääse vihreäksi enää kyseisen kierron aikana. Aloituslupien sitominen kiertoaikaan mahdollistaa yhteenkytkennälle ominaisen vihreän aallon. Pääsuunnilla, joilla vihreä aalto toteutuu, on yleisesti vihreän kiinteä pyyntö. Myös erillisohjatuissa liikennevaloissa pääsuunnan opastinryhmillä on kiinteä pyyntö (Tuupanen 2015). Opastinryhmät, joilla on kiinteä pyyntö, tulevat vihreäksi jokaisella valokierrolla riippumatta siitä, onko suunnalla liikennettä. Ilman kiinteää pyyntöä edellisestä liittymästä tuleva ajoneuvo ei välttämättä pääsisi kulkemaan liittymän läpi pysähtymättä.

Vihreällä aallolla tarkoitetaan yhteenkytkettyjen liikennevalojen ajoitusta, joka mahdollistaa tietyn kulkusuunnan liikenteen kulkemisen mitoitusnopeudella perättäisten liikennevalojen läpi pysähtymättä (Tiehallinto 2005). Vihreässä aallossa vierekkäisten liikennevalojen yhteenkytkettyjen ajosuuntien vaihesiirto (Offset) asetetaan siten, että ajoneuvon lähtiessä edellisestä liittymästä vihreän valon syttyessä, saavuttaa se mitoitusnopeudella ajaessaan seuraavan liittymän liikennevalojen ollessa vihreällä. Tällöin liittymien läpi voidaan ajaa pysähtymättä. Usein vihreässä aallossa on hieman joustoa siten, että pääsuunnan vihreä vaihtuu vähän ennen, kuin edellisestä liittymästä saapuva ajoneuvojono saavuttaa kyseisen liittymän. Näin sen vuoksi, että liikennevalojen ollessa

punaisena risteäviltä ajosuunnilta saapuneet ja jonon muodostaneet ajoneuvot ehtisivät lähteä liikkeelle ennen kuin pääsuunnan ajoneuvojono saavuttaa kyseisen liittymän. Jos näin ei olisi, liittymään saapuvat ajoneuvot joutuisivat pysähtymään olemassa olevan jonon perään.

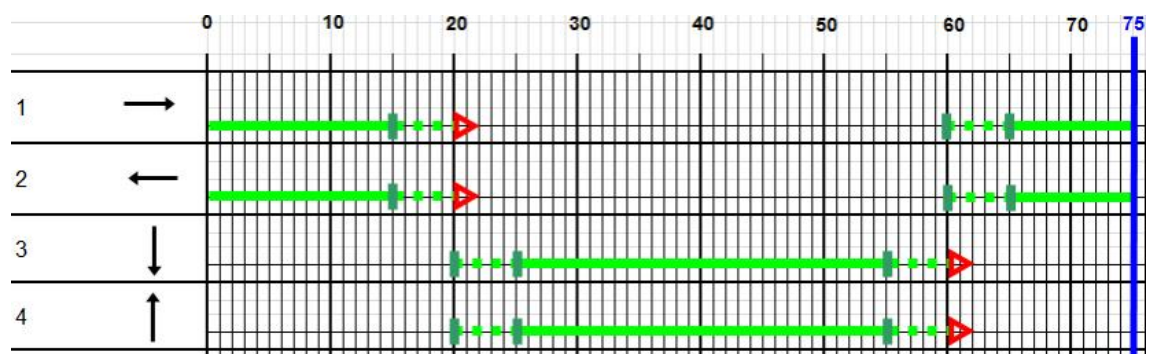
Yhteenkytkentä voidaan toteuttaa sekä aikaohjatusti, että liikennetieto-ohjatusti. Aikaohjatussa yhteenkytkennässä yhteenkytkentään kuuluvien liittymien jokaisen opastinryhmän alku- ja loppuhetket alkavat ja päättyvät täsmälleen tietyillä ajanhetkillä. Tämä havainnollistetaan kuvassa 5.



Kuva 5. Aikaohjaus.

Kuvassa 5 on kuvitteellinen kaksivaiheinen liikennevaloliittymä 75 sekunnin kiertoaajalla. Opastinryhmät 1 ja 2 muodostavat ensimmäisen vaiheen ja opastinryhmät 3 ja 4 muodostavat toisen vaiheen. Aikaohjauksessa opastinryhmät 1 ja 2 päättyvät hetkellä 20 s, tällöin opastinryhmät 3 ja 4 pääsevät käynnistymään suoja-ajan kuluttua, tässä tapauksessa 5 s, hetkellä 25 s. opastinryhmät 3 ja 4 päättyvät aikaohjatusti hetkellä 60 s, jonka jälkeen opastinryhmät 1 ja 2 pääsevät käynnistymään uudelleen suoja-ajan kuluttua, tässä tapauksessa 5 s, hetkellä 65 s.

Liikennetieto-ohjattu yhteenkytkentä mahdollistaa niin sanotut sauma-alueet, joiden välillä vihreä alkaa ja päättyy. Tämä havainnollistetaan kuvassa 6.



Kuva 6. Liikennetieto-ohjaus.

Kuva 6 esittää samaa kaksivaiheista liikennevaloliittymää 75 sekunnin kiertoaajalla. Liikennetieto-ohjaus tuo yhteenkytkentään joustavuutta sauma-alueiden avulla. Kuvassa opastinryhmät 1 ja 2 päättyvät hetkellä 15 s, mikäli niillä ei ole vihreän pidennystarvetta. Mikäli opastinryhmillä olisi vihreän pidennystarvetta, päättyisivät ne viimeistään

hetkellä 20 s. Riippuen opastinryhmien 1 ja 2 vihreän tarpeesta, pääsevät opastinryhmät 3 ja 4 alkamaan suoja-ajan kuluttua, aikaisintaan hetkellä 20 s, tai viimeistään hetkellä 25 s. Päättävien ja alkavien opastinryhmien päättymis- ja aloitushetket ovat riippuvaisia ainoastaan päättävien opastinryhmien vihreiden pidennystarpeista (Sane 1986). Alkavien opastinryhmien vihreiden tarpeet eivät siis voi vaikuttaa päättävien opastinryhmien päättymishetkeen.

Parhaiten yhteenkytkentä soveltuu tieosuudella, jolla pääsuunnan liikenteen osuus liittymien kokonaisliikennemäärästä on suuri ja yhteenkytkettävien liittymien välimatkat ovat tasamittaisia. Yhteenkytkennän hyödyt pienenevät oleellisesti liittymien välimatkojen kasvaessa suuriksi. Pitkien liittymäväliden aikana ajoneuvojono kasvaa pitkäksi ja vain osa ajoneuvoista kulkee vihreässä aallossa. Yhteenkytkettävien liittymien kuormitusasteet tulisi olla keskenään samanlaisia, koska muussa tapauksessa yhteenkytkentäjaksolle valitut kiertoajat käyvät vähäliikenteisten liittymien kannalta turhan pitkiksi. (Tiehallinto 2005) Yhteenkytkentä soveltuukin hyvin kaupunkien läpi kulkevien pääväylien sekä sisääntuloväylien liikennevalojen kytkentätavaksi pääsuuntien liikennemäärien osuuden ollessa suurina.

Vihreän aallon toteuttaminen molempiin suuntiin samanaikaisesti ei ole aina liikenteellisesti mahdollista. Jotta vihreä aalto saadaan toimimaan molempiin suuntiin samanaikaisesti, tulee liittymien välimatkojen, kiertoaikojen sekä liikenteen ajonopeuden olla juuri sopivia. Yksisuuntaisilla teillä vihreän aallon luominen onnistuu aina. Kuva 7 esittää, mitkä liikennevaloliittymien välimatkojen tulisi olla tietyillä kiertoajoilla, sekä liikenteen ajonopeudella, jotta vihreä aalto saadaan muodostettua molempiin suuntiin samanaikaisesti. (Sane 2014)

Liikennevaloristeysten välimatkat, joilla vihreä aalto on mahdollinen samanaikaisesti molempiin ajosuuntiin				
Valojen kiertoaika	Liikenteen ajonopeus			
	40 km/h	50 km/h	60 km/h	70 km/h
40 s	220 m	280 m	330 m	390 m
50 s	280 m	350 m	420 m	490 m
60 s	330 m	420 m	500 m	580 m
70 s	390 m	480 m	580 m	680 m
80 s	440 m	560 m	670 m	780 m
90 s	500 m	630 m	750 m	880 m

Taulukon lukuarvot perustuvat kaavaan $L = \frac{1}{2} C \cdot S$, jossa L = välimatka, C = kiertoaika ja S = vihreän aallon nopeus. Vielä $\pm 20\%$ poikkeamat taulukon lukuarvoista eivät käytännössä olennaisesti vaikeuta vihreän aallon toteutusta kunhan risteysten keskimääräinen välimatka on taulukon mukainen. Huomaa, että kiertoajat 40 ja 50 sekuntia ovat käytännössä mahdollisia vain harvoissa erikoistapauksissa.

Kuva 7. Ehdot samanaikaiselle vihreälle aallolle molempiin ajoajosuuntiin. (Sane 2014)

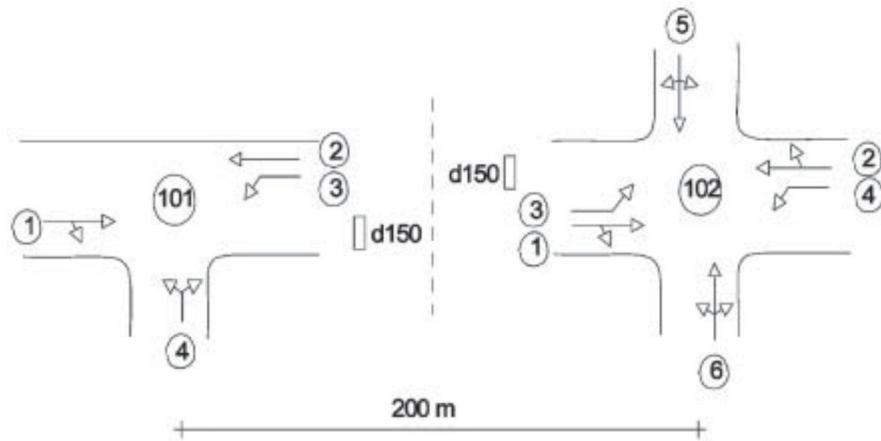
Kuvasta 7 ilmenee, että ajonopeuden ollessa 50 km/h ja kiertoajan ollessa 70 s, tulisi liittymien välimatkojen olla 480 m, jotta vihreä aalto olisi mahdollinen molempiin suuntiin samanaikaisesti. Kuvan lukuarvoista voidaan todeta, että sujuvan vihreän aallon luominen molempiin ajosuuntiin samanaikaisesti on hyvin haastavaa valoliittymien sijaitessa lähellä toisiaan. Kaupunkien keskustoissa liittymien välimatkat ovat lähes poikkeuksetta taulukon lukuarvoja lyhyempiä. Tämän vuoksi hyvin toimiva vihreä aalto pyritään muodostamaan vain toiseen ajosuuntaan tapauskohtaisesti, kuitenkin pyrkien estämään tilannetta, jossa vastaantuleva ajosuunta joutuisi pysähtymään jokaisessa liikennevaloliittymässä.

Yhteenkytketyissä liikennevaloissa on usein muutamia eri valo-ohjelmia liikenteen eri tarpeisiin. Ohjelmia voi olla esimerkiksi aamuruuhkaa varten 90 sekunnin kierrolla, iltaruuhkaa varten 100 sekunnin kierrolla, ruuhka-aikojen ulkopuolisena aikana 75 sekunnin kierrolla sekä myöhäisillan ohjelma 60 sekunnin kierrolla. Yhteenkytketyt liikennevalot voivat myös toimia erillisohjattuina öisin, jolloin liikennettä on vähän. Tämän lisäksi liittymät voivat toimia erillisohjauksella tiettyinä aikoina keskellä päivää, muun muassa kauppojen aukioloaikojen mukaan.

Yhteenkytkentöjen suunnittelu on kompromissien tekemistä. Suunnittelua hankaloittaa entisestään, mikäli yhteenkytkennät risteävät keskenään toistensa kanssa. Tällöin liittymät, joissa vihreät aallot risteävät keskenään toimivat pullonkaulaliittyminä, joissa vihreät aallot joudutaan usein katkaisemaan, varsinkin jos liittymän valo-ohjauksessa on useampia vaiheita. Kaupunkien keskustoissa esiintyy usein monia keskenään risteäviä yhteenkytkentöjä. Tämä johtaa usein siihen, että muunneltaessa tietyn tieosuuden liikennevalojen ajoituksia, heijastuvat vaikutukset mahdollisesti toisella puolella kaupungin keskustaa olevan tieosuuden ajoituksiin.

2.2.3 Linkitys

Linkitys on erillisohjauksen ja yhteenkytkennän yhdistelmä, jossa liittymän valo-ohjaukseen vaikuttaa liittymän oman liikenteen lisäksi myös läheisen liittymän ohjaustapahtumat (Tiehallinto 2005). Linkityksessä liittymien kiertoaika on muuttuva ja toimii kuten erillisohjauksessa. Tiehallinnon (2005) mukaan linkitys voi olla perusteltua silloin, kun liittymiä on enintään kolme, niiden etäisyydet ovat alle 200 metriä ja niiden kuormitusasteet ovat pieniä. Liittymien valo-ohjauksen tulisi olla kaksi- tai enintään kolmevaiheinen.



Kuva 8. Esimerkki peräkkäisten liittymien linkityksestä. (Tiehallinto 2005)

Kuva 8 havainnollistaa esimerkin kahden peräkkäin, lähellä toisiin olevan liittymän linkityksestä. Liittymissä voidaan minimoida pysähdyksiä muun muassa siten, että liittymän 101 opastinryhmän 1 käynnistyessä, annetaan liittymän 102 opastinryhmälle 1 vihreän pidennys, jonka aikana auto ehtii liittymän 102 ensimmäiselle ilmaisimelle d150. (Tiehallinto 2005)

2.2.4 SYVARI

Vuoden 2009 syksyllä liikenne- ja viestintäministeriö julkisti ehdotuksen älyliikenteen kansalliseksi strategiaksi. JENKA – hanke, eli *Joukkoliikenteen liikennevaloetuedet jokaiseen kaupunkiin*, liittyy suoraan älyliikenteen strategian ensimmäiseen kärkihankkeeseen joukkoliikenteen palvelujen parantamisesta. Kyseiseen kärkihankkeeseen liittyy joukkoliikenteen liikennevaloetuedet suurilla kaupunkiseuduilla. JENKA – hankkeeseen kuuluu SYVARI – ohjaustavan kehittäminen, sekä sen käyttöönottoon liittyvän suunnitteluohjeen laatiminen. (Salonen 2010)

Suomessa on toteutettu joukkoliikenteen liikennevaloetuuksia jo yli 30 vuotta. Etuisuusohjelmointien luominen ohjauskojeisiin on ollut vaativaa ja aikaa vievää. Tästä syystä etuisuuksien yleistymisen osaksi normaalia liikennevalosuunnittelua ei ollut edennyt toivotulla tavalla. Suomessa liikennevalosuunnittelu on muuten ollut hyvin yhdenmukaista kaupunkien kesken, mutta yhteistä periaatetta ei joukkoliikenteen etuisuksissa ollut löytynyt. (Salonen 2010)

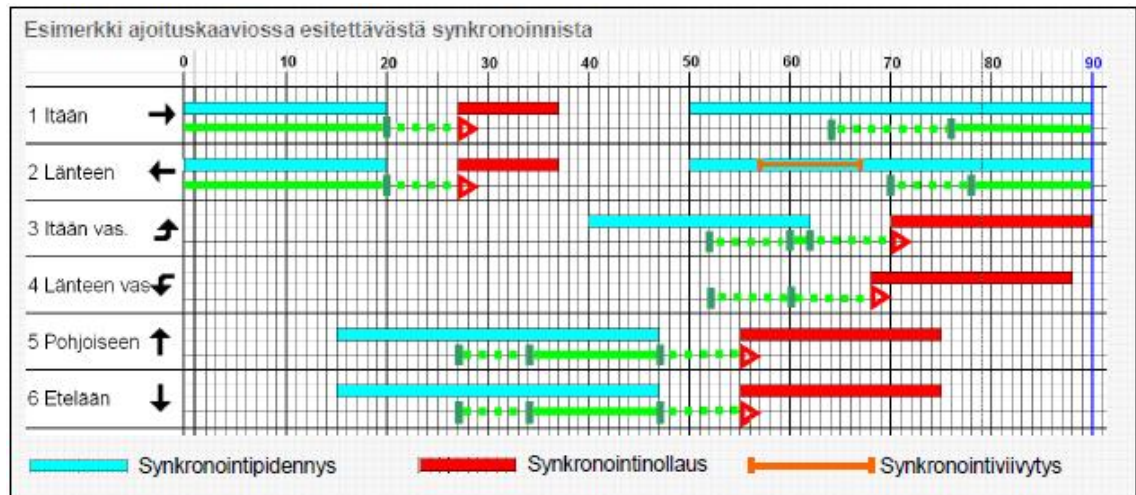
SYVARI – ohjaus on ensimmäinen vakioitu tapa suunnitella ja ohjelmoida joukkoliikenteen liikennevaloetuuksia. SYVARI – ohjaus on vakioitu liikennevalojen ohjauskojeisiin Suomessa toimivien liikennevalovalmistajien puolesta. SYVARIN kehittäminen aloitettiin Turussa vuonna 2006. Tavoitteena oli löytää ratkaisu, jossa joukkoliikenneetuksien ohjelmointi olisi helposti ymmärrettävissä ja ohjelmoitavissa. Tilanne, jossa joukkoliikenne-etuksien hallinta ja ohjelmointi olisi vain tiettyjen ulkopuolisten asiantuntijoiden hallussa, haluttiin välttää. (Salonen 2010)

SYVARI, eli synkronoitu vaiherinki, on uudenlainen tapa toteuttaa yhteenkytkettyä eli tahdistettua liikennevalo-ohjausta. SYVARI yhdistää elementtejä perinteisestä erillisohjauksesta ja yhteenkytkennästä. SYVARI yhdistää erillisohjaukselle tyypillisen vaiheringin synkronoimalla sen yhteenkytkennälle tyypilliseen kiertoaikaan. Mikäli liittymässä ei ole joukkoliikenne-etuisuustoimintoja käynnissä, toimii SYVARI hyvin samankaltaisesti kuin perinteinen yhteenkytkentä. (Salonen 2010)

SYVARIN vaiheringissä mikä tahansa vaihe voidaan ohittaa, mikäli vihreän pyyntöjä ei ole. Vaiherinki myös takaa sen, että vaikka ohjaus olisi myöhässä aikataulustaan johtuen toteutuneista etuisuustoiminnoista, jokainen ohjaussuunta, jolla on vihreän pyyntö, saa vihreän jokaisessa ohjauksierrossa. SYVARISSA liittymää lähestyvä bussi irrottaa vaiheringin synkronoinnista ja liittymä toimii joustavasti erillisohjauksen mukaisesti. Bussin ohitettua liittymän, synkronointitoiminnot palauttavat liittymän toiminnan noudattamaan kiertoaikaan sidottua vaiherinkiä. SYVARIN vaiheringin ominaisuudet mahdollistavat erittäin joustavat ja tehokkaat mahdollisuudet joukkoliikenne-etuuskien toteuttamiselle. (Salonen 2010)

SYVARI mahdollistaa joukkoliikenne-etuudet hyödyntäen joko vihreiden pidennyksiä, kierron nopeutusta lyhentämällä muiden vihreiden kestoja, ylimääräisiä vihreiden vaiheita, tai vihreiden rotaatiota. Ylimääräinen vaihe tarkoittaa sitä, että vaiheringissä on joukkoliikenne-etuutta varten etuussuunnalle varattu ylimääräinen vaihe, joka toteutuu vain etuisuustoiminnoissa. Rotaatiossa joukkoliikenne-etuus muuttaa alkuperäisen vaiheringin vaiheiden paikkaa mahdollistaen bussin tarvitseman vaiheen aikaisemman toteutumisen. (Salonen 2010)

SYVARIN synkronointitoiminnot, joilla vaiherinki saadaan noudattamaan ajoituskaavion mukaista ohjaustaan, ovat synkronointinollaukset, synkronointipidennykset ja synkronointiviivytykset. Synkronointinollaukset ohjelmoidaan jokaiselle ajosuunnalle, synkronointipidennykset lähes kaikille ajosuunnille ja synkronointiviivytykset vai joillekin ajosuunnille. SYVARISSA vain ajosuuntia synkronoidaan, suojatiet synkronoituvat samanaikaisesti käynnissä olevien ajosuuntien mukana. Synkronointitoiminnoista tärkeimmät ovat synkronointinollaus ja synkronointipidennys ja näiden ajoituksista synkronointipidennysten lopetushetki ja synkronointinollausten aloitushetki. (Salonen 2010) Synkronointitoimintoja havainnollistetaan alla olevassa kuvassa.



Kuva 9. Ajoituskaavion synkronointitoiminnot. (Salonen 2010)

Kuvassa 9 havainnollistetaan valoliittymän ajoituskaavio. Kaaviossa esiintyviä vihreiden aloitus- ja lopetussaumoja (katkoviivat) ja perusvihreitä (yhtenäiset viivat) ei itsessään ohjelmoida liikennevalokojeesiin, vaan niitä käytetään ainoastaan havainnollistamaan liittymän toimintaa ja toimimaan apuna synkronointitoimintojen ajoituksille. Yllä olevasta kuvasta liikennevalokojeesiin ajoitetaan synkronointitoimintojen aloitus- ja lopetushetket.

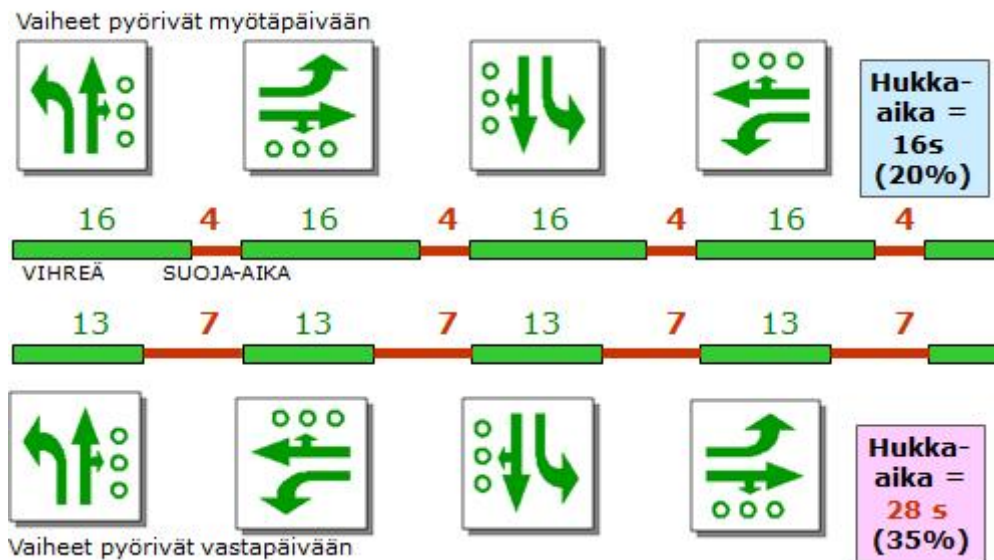
Synkronointipidennyksen aloitus asetetaan hetkeen, jolloin ohjaussuunnan vihreän lopettaminen ei ole enää tarkoituksenmukaista, mikäli ajosuunta on vihreänä ennen normaalia esiintymisaikaansa. Synkronointipidennys tulee aloittaa viimeistään ajoituskaaviossa esiintyvän vihreän aikaisimpana aloitushetkenä. Synkronointipidennyksen aloitus asetetaan pääsuunnilla yleensä alkamaan selvästi aikaisemmin kuin sivusuunnilla. Synkronointipidennys lopetetaan vihreän aikaisimpana mahdollisena lopetushetkenä. (Salonen 2010) Ajosuunnilla, joilla esiintyy hyvin vähän liikennettä, synkronointipidennyksiä ei välttämättä aseteta lainkaan.

Synkronointinollaus aloitetaan hetkellä, jolla ohjaussuunnan vihreä viimeistään päättyy. Synkronointinollauksen lopetushetki asetetaan hetkelle, johon saakka kiertoajassa on tarkoituksenmukaista pyrkiä lopettamaan ohjaussuunnan vihreä mahdollisimman pian, mikäli se on toteutuneiden etuustoimintojen vuoksi vihreällä normaalia ajoitustaan myöhemmin. Yleisesti sivusuunnilla synkronointinollausjaksot ovat pääsuuntien vastaavia selkeästi pidemmät. (Salonen 2010)

Synkronointiviivytystä ei käytetä yhtä laajassa mittakaavassa, kuin synkronointinollauksia ja – pidennyksiä. Synkronointiviivytyksellä rajataan ajanjakso, jolloin vihreän aloitusta viivytetään, jotta vihreän syttyessä ajoneuvot pääsevät ajamaan vihreässä aallossa seuraavaan risteykseen. (Salonen 2010)

SYVARISSA, kuten liikennevaloissa yleensä, vaihejärjestys on hyvin suuressa roolissa liikennevalojen optimaalisen toiminnan kannalta. Vääränlaisella vaihejärjestyksellä,

jossa vaiheiden välillä on pitkät suoja-ajat, voidaan helposti ruuhkauttaa risteuksen toiminta. Tästä esitetään esimerkki kuvassa 10. Liittymän vaihejärjestys on tärkeässä roolissa myös yhteenkytkentöjä suunniteltaessa. Yhdellä vaihejärjestyksellä vihreän aallon ajoitus voidaan saada toimimaan optimaalisesti molempiin ajosuuntiin, kun taas toisella vaihejärjestyksellä vihreä aalto voi katketa kummassakin ajosuunnassa.



Kuva 10. Vaihejärjestyksen vaikutus hukka-aikoihin. (Sane 2014)

”Vaihejakoa voidaan pitää liikennevalosuunnittelun luovana vaiheena” (Sane 2014). Seuraava esimerkki havainnollistaa Kari Sanen yllä olevaa lainausta. Valoliittymässä, jossa on kolme vaihetta: pääsuunnan vasemmalle kääntyvät suunnat, pääsuunnan suoraan menevät suunnat ja sivusuunnan vaihe, on pääsuunnan vasemmalle kääntyvät suunnat hyvä sijoittaa vaihejärjestyksessä ennen pääsuunnan suoraan menevien vaihetta. Mikäli vasemmalle kääntyvistä suunnista toinen on vähäliikenteisempi, pääsee sen kanssa risteävä suunta käynnistymään aikaisemmin. Kyseinen vaihejärjestys mahdollistaa pääsuunnan suunnille ylimääräisen vaiheen pääsuunnan vasemmalle kääntyvien suuntien aikaisemman lopetuksen vuoksi.

2.2.5 Alueellinen valo-ohjaus

Yhteenkytkentöjen suunnittelu on ollut perinteinen tapa ohjata liikennevirtoja tehokkaasti muodostamalla vihreitä aaltoja perättäisten liikennevaloliittymien välille. Yhteenkytkentöjen joustavuutta on pyritty parantamaan liikennetieto-ohjauksella, mutta nykyisin liikennemäärät muuttuvat niin paljon eri päivien välillä ja ajan mittaan, että kiinteät valo-ohjelmat eivät ole tarpeeksi tehokkaita. (Slager & Milano 2010)

Alueellisella valo-ohjauksella tarkoitetaan ohjaustapaa, jossa usean liikennevaloliittymän muodostamaa aluetta ohjataan yhtenä kokonaisuutena. Näin yksittäisen liittymän toimintaan vaikuttaa lähialueiden liikennevaloliittymien toiminta. Alueellisella ohjauksella voidaan pyrkiä esimerkiksi pysähdysten ja odotusaikojen

minimointiin ohjattavalla alueella. Ohjauksella voidaan seurata esimerkiksi bussien aikataulussa pysymistä ja suosia aikataulustaan myöhässä olevia busseja. Verrattuna perinteisiin yhteenkytkentöihin, alueellinen valo-ohjaus osaa mukautua liikennemäärien muutoksiin muuntelemalla liikennevalojen ajoituksia. Tästä johtuen alueellisen valo-ohjauksen alueilla ei esiinny vastaavanlaisia säännönmukaisuuksia, joita kiinteällä kiertoajalla toimivissa yhteenkytkentäjaksoissa voidaan havaita. (Tampereen kaupunki 2011)

Ensimmäiset alueelliset liikennevalo-ohjausjärjestelmät tulivat käyttöön 1960 – luvun puolivälissä. Siitä lähtien niiden suosio on kasvanut nopeasti. Yhdysvalloissa ja Kanadassa oli vuonna 1987 käytössä tai rakentamisen alla yli 300 alueellisesti ohjattavaa liikennevaloliittymien kokonaisuutta, jotka kattoivat yhteensä yli 20 000 valoliittymää. Alueellisten valo-ohjausjärjestelmien suosion kasvu perustuu niiden hyvään menestykseen kaupunkien liikennevirtojen optimoinnissa. Tulokset paljastavat, että riippuen muun muassa aikaisemmin käytetyn valo-ohjauksen laadusta sekä liikennevirroista, voi alueellinen valo-ohjaus vähentää pysähdyksiä ja viivytyksiä jopa 40 %. (Robertson & Bretherton 1991)

Alueellisia liikennevalojärjestelmiä on monia erilaisia. Järjestelmiä ovat muun muassa englantilainen SCOOT, australialainen SCATS, italialainen UTOPIA ja sen Ruotsissa kehitetty laajennus SPOT, saksalainen MOTION ja ranskalainen PROLYN. Nämä alueelliset liikennevalo-ohjausjärjestelmät eroavat toiminnallaan toisistaan huomattavasti, mutta yleisesti niillä on joitakin seuraavia ominaisuuksia: järjestelmissä katuverkon liikenne kuvataan yleensä liikennemallilla, joka päivittyy ajantasaisesti ilmaisimilta saaduilla liikennemäärä- ja nopeustiedoilla. Liikennemalli pyrkii ennustamaan liikenteen kehittymisen muutama minuutti eteenpäin ja samalla malli laskee ajoneuvojen viiveet, pysähdykset ja muun muassa polttoaineen kulutuksen. Järjestelmä säätää laskemiensa tunnuslukujen perusteella liikennevalojen toimintaa siten, että liikenteen sujuvuus koko ohjattavalla alueella olisi mahdollisimman hyvä. (Sane 2014)

Alueellisten valo-ohjausjärjestelmien historia

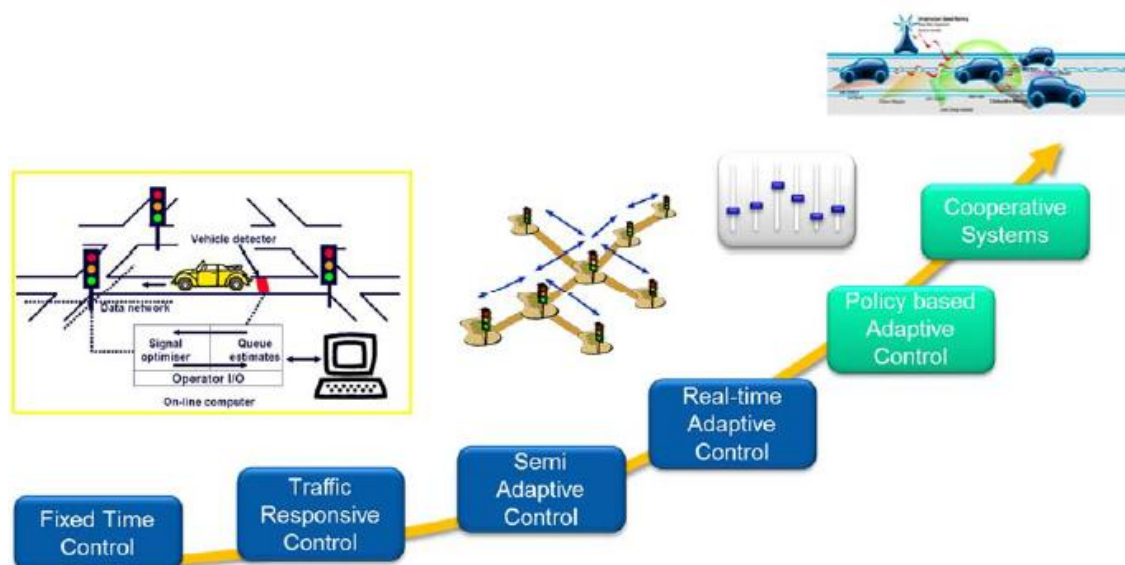
Alueellisia valo-ohjausjärjestelmiä on siis monia erilaisia ja toiminta järjestelmien välillä voi erota toistaan huomattavasti. Kaikki alueelliset ohjausjärjestelmät voidaan kuitenkin jakaa kahteen luokkaan toimintansa perusteella. Järjestelmät noudattavat joko kiinteitä valo-ohjelmia, tai reagoivat liikenteeseen eri tavoin. (KonSULT 2001)

Alueellisten valo-ohjausjärjestelmien kehitys jakautuu kolmeen sukupolveen. Ensimmäisen sukupolven valo-ohjausjärjestelmien toiminta perustui lukuisiin kiinteisiin valo-ohjelmiin, jotka oli suunniteltu historiatietojen perusteella. Valo-ohjelmat vaihtuivat aikaohjatusti tiettyinä kellonaikoina. Ensimmäisen sukupolven järjestelmät eivät kyenneet reagoimaan liikennemäärien muutoksiin. (KonSULT 2001)

Ensimmäisen ja toisen sukupolven välissä esiintyy eräänlainen hybridi 1,5 – sukupolvi. Kyseinen sukupolvi hyödyntää valmiiksi suunniteltuja valo-ohjelmia ensimmäisen sukupolven järjestelmien tavoin, mutta järjestelmällä on kyky vaihtaa valo-ohjelmia automaattisesti liikenneilmaisimilta saatujen tietojen perusteella. Järjestelmä osaa automaattisesti valita valmiista valo-ohjelmista parhaiten liikennetilanteeseen sopivan ohjelman. Tätä kutsutaan liikenneohjatuksi ohjelmanvalinnaksi eli SAPS – ohjaukseksi (System Activated Plan Selection) Tämä mahdollistaa järjestelmän tietynlaisen reagoitakyvyn liikenteen muutoksiin. (KonSULT 2001) Kyseisissä järjestelmissä saattoi olla jopa 40 valmiiksi suunniteltua valo-ohjelmaa (Kim et al 1993). Järjestelmän kykyä reagoida liikenteen muutoksiin kutsuttiin liikennereagoivaksi ohjaukseksi eli TRC (Traffic Responsive Control). Perustuen olemassa olevaan liikennetilanteeseen, valo-ohjelmien vaihto tapahtui noin kerran 15 minuutissa. (Van Vliet & Turksma 2013) Ylimääräiset viiveet, jotka aiheutuvat järjestelmän mahdollisesti vahingossa valitessa liikennetilanteeseen sopimattoman valo-ohjelman, mitätöivät automaattisen ohjelmanvaihdon tuottamat hyödyt. Tästä johtuen kyseisen sukupolven järjestelmillä on lähes samat hyödyt ja haitat, kuin ensimmäisen sukupolven järjestelmillä. (KonSULT 2001)

Toisen sukupolven ohjausjärjestelmät eivät hyödynnä valmiiksi suunniteltuja valo-ohjelmia. Järjestelmät hyödyntävät liikenneilmaisimilta reaaliajassa kerättyjä liikennetietoja valo-ohjelmien luomiseen. Valo-ohjelmien luomisessa toisen sukupolven valo-ohjausjärjestelmät hyödyntävät liikenteen historiatietoja ennustaessaan liikennevirtojen kehittymistä. Optimointiprosessi on mahdollista toteuttaa viiden minuutin välein. Valo-ohjelman vaihto on kuitenkin rajoitettu kerran kymmeneen minuuttiin, jotta suurilta valo-ohjelmien vaihdon aiheuttamilta häiriöiltä liikennevirtoihin vältytään. (Rahmat 2015) Toisen sukupolven järjestelmiä, jotka tuottavat automaattisesti uusia valo-ohjelmia ilman ihmisen työpanosta voidaan toimintansa perusteella kutsua osittain adaptiivisiksi valo-ohjausjärjestelmiksi.

Alueellisten valo-ohjausjärjestelmien kolmas sukupolvi toteuttaa täysin reaaliajassa tapahtuvaa liikennereagoivaa valo-ohjausta. Kyseistä ohjausta kutsutaan täysin adaptiiviseksi valo-ohjaukseksi. Valo-ohjausjärjestelmät muuntelevat liikennevalojen ajoituksia jatkuvasti optimoidessaan valojen toimintaa vallitsevan liikennetilanteen mukaiseksi hyödyntämällä liikenneilmaisimien keräämää liikennetietoa. (KonSULT 2001) Vaikka toisen sukupolven järjestelmät osaavat mukautua tietyllä tapaa liikenteen vähittäisiin muutoksiin, eivät ne kykene vastaamaan äkillisiin liikenteen muutoksiin. (Van Vliet & Turksma 2013) Toisen sukupolven järjestelmien valo-ohjelmien vaihto kerran kymmenessä minuutissa aiheuttaa hetkellisiä häiriöitä liikenteessä (Rahmat 2015). Johtuen siitä, että kolmannen sukupolven valo-ohjausjärjestelmät eivät ole sitoutuneita noudattamaan kiinteitä valo-ohjelmia, voidaan liikennevalojen ajoituksia muokata pienin askelin vastaamaan liikennevirtoja. Tästä johtuen kolmannen sukupolven valo-ohjausjärjestelmät eivät aiheuta liikenteelle lainkaan häiriöitä liikennevalojen ajoitusten muuttuessa. (Van Vliet & Turksma 2013)

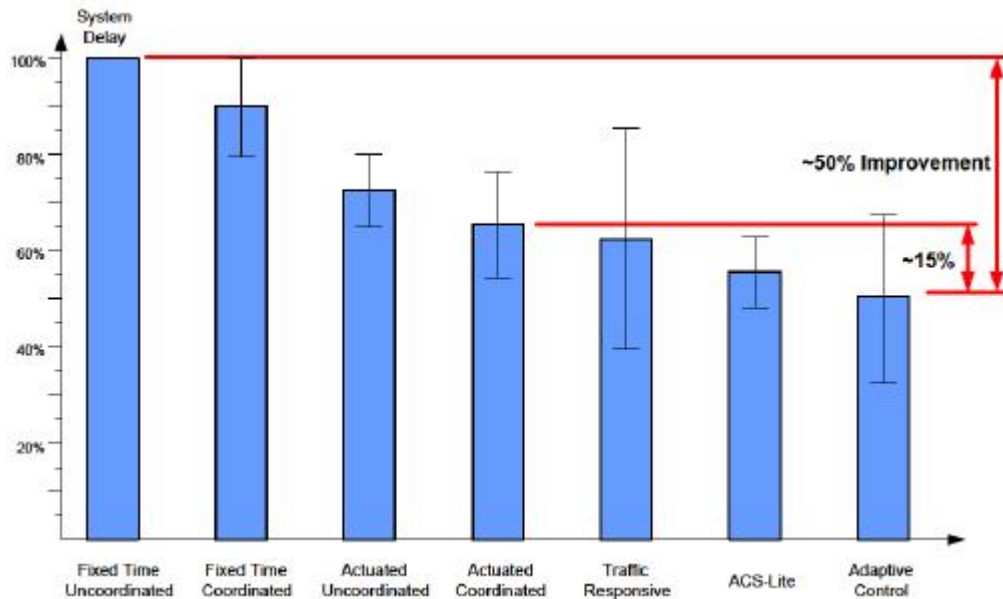


Kuva 11. Alueellisten valo-ohjausjärjestelmien kehityskulku. (Van Vliet & Turksma 2013)

Kuvassa 11 esitetään alueellisten valo-ohjausjärjestelmien kehityskulku. Kuvan vasemmassa reunassa näkyvä Fixed Time Control vastaa alueellisten valo-ohjausjärjestelmien ensimmäistä sukupolvea, jossa ohjaus perustui kiinteisiin valo-ohjelmiin kiinteillä ohjelmavaihdoilla. 1.5 – sukupolven järjestelmät hyödynsivät liikennereagoivaa ohjausta automaattisilla ohjelmavaihdoilla. Semi Adaptive Control ja Real-time Adaptive Control vastaavat toisen ja kolmannen sukupolven alueellisia valo-ohjausjärjestelmiä. Policy based Adaptive Control edustaa nykyisen kolmannen sukupolven kehittyneintä muotoa. Esimerkkinä järjestelmästä, joka edustaa kehittyneintä kolmatta sukupolvea on ImFlow. Cooperative Systems, eli yhteistoiminnalliset järjestelmät etenevät kolmannen sukupolven järjestelmistä askeleen pidemmälle mahdollistaen ajoneuvojen välisen ja ajoneuvojen ja infrastruktuurin välisen kommunikoinnin. ImFlow – järjestelmällä on jo edellä mainitut toimintamahdollisuudet. Valo-ohjausjärjestelmien kyky kommunikoida yksittäisten ajoneuvojen kanssa mahdollistaen paremman ja tarkemman kuvan ajoneuvojen etenemisestä liikenneverkolla ja sitä kautta mahdollistaen entistä tehokkaamman valo-ohjauksen, pidetään olennaisena kykynä tulevaisuuden neljännen sukupolven alueellisilta valo-ohjausjärjestelmiltä. (Van Vliet & Turksma 2013)

Uusimmissa alueellisissa valo-ohjausjärjestelmissä ei enää hyödynnetä valmiiksi suunniteltuja valo-ohjelmia (Rahmat 2015). Kuten edellä mainittiin, adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät voivat parantaa huomattavasti ohjattavan alueen liikenteen sujuvuutta vähentämällä muun muassa pysähdyksiä ja viiveitä. Järjestelmän tuottamien hyötyjen suuruusluokka riippuu oleellisesti aikaisemman valo-ohjauksen tasosta. Luonnollisesti myös adaptiivisen valo-ohjauksen taso vaikuttaa järjestelmän tuottamiin hyötyihin. Mikäli olemassa oleva valo-ohjaus on hyvin optimoitu ja valo-ohjelmat pystyvät joustavasti reagoimaan liikenteen muutoksiin, on adaptiivisen valo-ohjausjärjestelmän asentamisella haastavaa saada suuria prosentuaalisia parannuksia valo-ohjauksen toimintaan.

(Slavin & Figliozzi 2015) Kuva 12 havainnollistaa adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien tuottamien hyötyjen suuruutta verrattuna muihin valo-ohjausmenetelmiin.



Kuva 12. Adaptiivisella valo-ohjauksella mahdollisesti saavutettavat hyödyt suhteessa muihin valo-ohjausmenetelmiin tarkasteltaessa viivytyksiä. (Slavin & Figliozzi 2015)

Koska alueellisten adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien toiminta perustuu liikenneilmaisimilta saatavaan ajantasaiseen liikennetietoon, vaativat järjestelmät toimiakseen laadukkaat ilmaisinjärjestelyt. Ilmaisinjärjestelyjä on useita erilaisia. Liikenneilmaisimien optimaalinen sijainti vaihtelee eri järjestelmien välillä. Osa järjestelmistä vaatii ilmaisimet jokaisen tulosuunnan pysäytysviivan kohdalle, kun taas osa vaatii, että ilmaisinten tulee sijaita kauempana risteyksestä. Esimerkiksi englantilainen SCOOT – järjestelmä suosii ilmaisinten sijoittamista edellisen liittymän välittömään läheisyyteen, kun taas australialainen SCATS – järjestelmä suosii ilmaisinten sijoittamista pysäytysviivoille (Gradinescu et al. 2007).

Alueellisten valo-ohjausjärjestelmien arkkitehtuurit

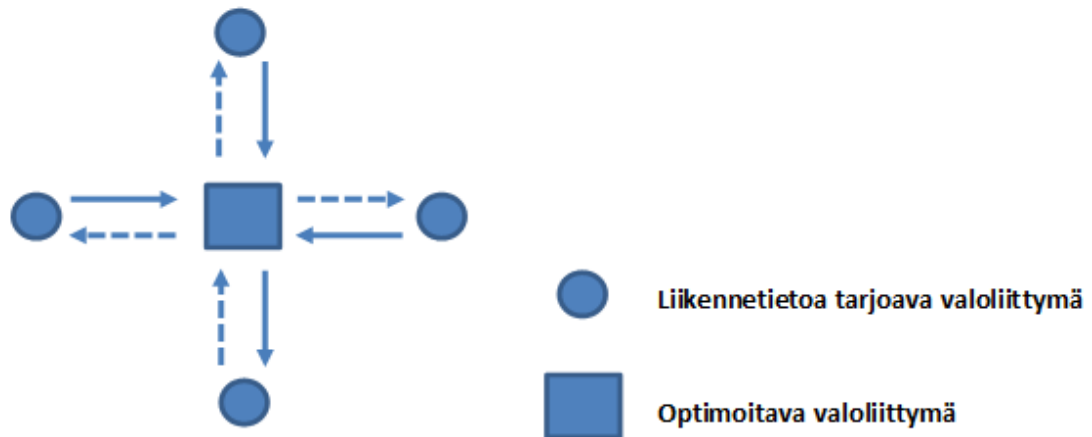
Slager ja Milano (2010) mainitsevat julkaisussaan, että alueelliset valo-ohjausjärjestelmät voidaan suunnitella ja toteuttaa eri periaatteilla. Valo-ohjausjärjestelmät voidaan jakaa laitteistoarkkitehtuuriensa perusteella karkeasti kolmeen eri kategoriaan: keskitettyihin ohjausjärjestelmiin, osittain hajautettuihin ohjausjärjestelmiin sekä hajautettuihin ohjausjärjestelmiin.

Keskitetyissä järjestelmissä keskustietokone kerää liikennetietoa kaikilta alueen liikenneilmaisimilta saadakseen kokonaiskuvan alueen liikennetilasta. Keskustietokone ohjaa jokaista alueen liikennevalokojetta erikseen liikenneilmaisimilta saatujen ilmaisintietojen perusteella pyrkien optimoimaan alueen liikenteen järjestelmälle annettujen prioriteettien mukaisesti. Englantilainen SCOOT on esimerkki keskitettyyn ohjaukseen perus-

tuvasta alueellisesta valo-ohjausjärjestelmästä. (Slager & Milano 2010) Keskitetyssä ohjauksessa periaatteena on, että älykäs keskus ohjaa ja valvoo yksinkertaisia ohjauskojeita. Keskitetty ohjaus on yleensä jaettu kolmeen hierarkkiseen tasoon. Tasot ovat alue-tason ohjaus, osa-alue-tason ohjaus ja liittymätason ohjaus. (Luttinen & Ojala 2006).

Luttinen ja Ojala (2006) mainitsevat, että osittain hajautettu järjestelmä poikkeaa keski-tetystä järjestelmästä siten, että keskitetty ohjaus vaikuttaa liittymissä tapahtuvaan oh-jaukseen vain osittain. Osittain hajautetussa ohjauksessa ohjaukseen vaikuttavia ohjel-mointeja on keskustietokoneen lisäksi myös liittymäkojeissa. Osittain hajautetussa jär-jestelmässä ohjattava alue on jaettu erikseen ohjattaviin osa-alueisiin. (Luttinen & Ojala 2006) Australialainen SCATS on esimerkki osittain hajautetusta alueellisesta valo-ohjausjärjestelmästä. (Slager & Milano 2010)

Hajautetussa järjestelmässä ei ole lainkaan keskitettyä ohjauskeskusta, joka koordinoi liittymien toimintaa tai muodostaa valo-ohjelmia. Jokainen liikennevaloliittymä toimii itsenäisesti omien liikenneilmaisimien perusteella kommunikoiden viereisten liittymien kanssa. (Slager & Milano 2010) Tällä hetkellä hajautettuja ohjausjärjestelmiä ovat aina-kin UTOPIA/SPOT ja ImFlow (Wahlstedt 2013). Useimmat nykyisin käytössä olevat alueelliset adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät ovat keskitettyjä tai osittain hajautettuja järjestelmiä (Rahmat 2015). Toisin kuin keskitetyissä ja osittain hajautetuissa järjestel-missä, hajautetuissa järjestelmissä liikennevaloliittymät eivät vaadi keskenään samaa kiertoaikaa. Hajautetut järjestelmät muodostavat vihreitä aaltoja vierekkäisten liittymien keskustellessa keskenään. (Wahlstedt 2013) Hajautetuissa järjestelmissä vierekkäisten liittymien välinen koordinointi on mahdollista, koska jokainen liittymä tarjoaa viereisil-le liittymille tietoa ajoituksistaan ja siitä, milloin ne uskovat ajoneuvojen poistuvan liit-tymästä. Hajautetut järjestelmät ovat kykeneviä vastaamaan välittömästi liikenteen yl-lättäviin vaihteluihin, koska kaikki ajoitukset ja koordinointi tapahtuu liittymätasolla. (Rahmat 2015)



Kuva 13. Hajautetun alueellisen valo-ohjausjärjestelmän toimintaperiaate.

Kuva 13 havainnollistaa hajautetun järjestelmän toimintaperiaatetta. Kuvassa keskimäinen liittymä havainnollistaa optimoitavaa valoliittymää. Kyseinen liittymä saa liikennetietoa sen viereisiltä liittymiltä ja samalla jakaa omien ilmaisimiensa tuottamaa liikennetietoa viereisiin liittymiinsä. Hajautetulla järjestelmällä ohjelmoitavan alueen jokainen liittymä toimii kuten kuvassa 13.

Keskitetyt järjestelmät ovat tehokkaita ja saavat aikaan hyviä tuloksia, mutta vaativat suuria laiteinvestointeja. Keskustietokone on kallis ja vaatii osaavan henkilökunnan koneen ylläpitämiseen. Jokaisen liikenneilmaisimen jokaisesta liittymästä tulee olla yhteydessä keskustietokoneeseen. Kontrolloituessa laajoja alueita, keskitetyt järjestelmät eivät skaalaudu hyvin ja vaativat entistä enemmän laitteistoinvestointeja. Laajojen alueiden ohjaamisessa osittain hajautetut järjestelmät ovat tehokkaampia, koska keskitetty laskenta- ja tiedonsiirtotarve on pienempää kuin keskitetyissä järjestelmissä. (Slager & Milano 2010) Hajautetut adaptiiviset ohjausjärjestelmät ovat erittäin tehokkaita ohjattaessa laajoja alueita. Syynä tähän on se, että tiedonsiirto on hyvin minimaalista verrattuna keskitettyihin ja osittain hajautettuihin järjestelmiin.

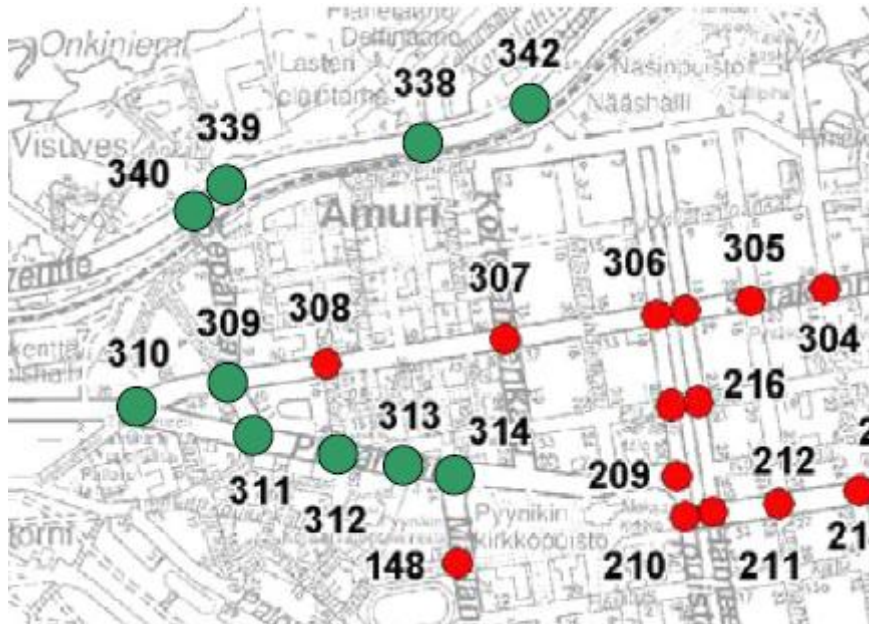
3. MAAILMALLA KÄYTETTYJÄ ADAPTIIVISIA VALO-OHJAUSJÄRJESTELMIÄ

Tampereella käyttöön otettava ImFlow – valo-ohjausjärjestelmä on Suomen ainoa tällä hetkellä käytössä oleva adaptiivinen valo-ohjausjärjestelmä. Lainaten Helsingin kaupungin entistä liikennevalotoimiston toimistopäällikköä Kari Sanea, termillä adaptiivinen (mukautuvainen) valo-ohjaus voidaan tarkoittaa valo-ohjausta, jolla on paljon ominaisuuksia, jotka ottavat huomioon liikenneolosuhteissa ja liikenteessä tapahtuvia toimintoja. Näiden määritelmien perusteella suomalaista valo-ohjausta, joka säättää vihreiden aikojen pituuksia ja sisältää joukkoliikenteen etuudet, voidaan pitää adaptiivisena. Suomalainen valo-ohjaus eroaa maailmalla käytetyistä adaptiivisista alueellisista ohjausjärjestelmistä siten, että ohjauksella ei pystytä alueelliseen liikenteen optimointiin. Myöskään ruuhkautumisen estäminen ja ruuhkien purkaminen ei onnistu samoin, kuin seuraavaksi tarkasteltavilla järjestelmillä. (Sane 2015) Tässä työssä termillä adaptiivinen tarkoitetaan valo-ohjausjärjestelmien mahdollisuutta optimoida alueiden liikennettä joko vaihtelemalla liikennevalojen ajoituksia reaaliajassa ilman erillisiä valo-ohjelmia tai luomalla automaattisesti uusia valo-ohjelmia vastaamaan vallitsevaa liikennetilannetta ilman ihmisen työpanosta.

Syitä, minkä vuoksi Suomessa ei ole hyödynnetty maailmalla paljon suosiota saaneita alueellisia valo-ohjausjärjestelmiä, on muutamia. Mikäli ilmaisinjärjestelyt ovat kunnossa, on suomalainen valo-ohjaus varsin joustavaa. Tämä vaatii luonnollisesti ajantaisat valo-ohjelmat ja valo-ohjelmien oikeanaikaiset vaihdot. Suomalaisessa SYVARI – ohjauksessa on mahdollista toteuttaa tehokkaita joukkoliikenne-etuuksia. Tehokkaiden ja joustavien joukkoliikenne-etuuksien toteuttaminen aikaisemmissa alueellisissa valo-ohjausjärjestelmissä ei ollut mahdollista. Varsinkin Helsingissä on pidetty erittäin tärkeänä mahdollisuutta ohjelmoida tehokkaita ja toimivia joukkoliikenne-etuuksia. (Sane 2015)

Helsingissä pohdittiin vuosituhannen alussa mahdollisuutta siirtyä italialais – ruotsalaiseen SPOT – ohjaukseen syystä, että järjestelmä oli tuolloin ainoa alueellinen valo-ohjausjärjestelmä, joka mahdollisti joukkoliikenne-etuuksien käytön. SPOT – valo-ohjausjärjestelmää ei kuitenkaan koskaan hankittu Helsinkiin. Syynä tähän olivat ristiriitaiset kokemukset Tampereen ja Tukholman SPOT – kokeiluista. (Sane 2014)

Tampereella SPOT – ohjausta testattiin Paasikiventiellä ja Pirkankadulla useampaan otteeseen vuosituhannen alussa (Tuupanen 2015). Tampereen SPOT – tutkimusten tarkastelualue esitetään kuvassa 14.



Kuva 14. Tampereen SPOT – tutkimusten tarkastelualue. (Kalenoja 2006)

Kuvassa 14 SPOT – valo-ohjattujen liittymien sijainti tarkastelualueella esitetään vihreällä. Tarkastelualueen muut liikennevaloliittymät esitetään punaisena.

Vuoden 2000 kesällä ja syksyllä tutkimusalueella suoritettiin ennen-jälkeen-tutkimukset, joissa verrattiin adaptiivisen SPOT – ohjauksen toimivuutta olemassa oleviin yhteenkytkentöihin. Tutkimuksessa suoritettiin haastattelututkimus linja-autoissa. Lisäksi tarkastelualueella suoritettiin matka-aikatutkimus kelluvan auton menetelmällä. Kesällä ennen-jälkeen-tutkimus oli 3+3 – päiväinen ja syksyllä 2+2 – päiväinen. (Sihvola 2001)

Kesällä suoritettujen tutkimusten perusteella SPOT – ohjaus toimi aamuruuhkan aikaan erittäin hyvin. Päiväliikenteen aikana yhteenkytkentäohjaus toimi niin paljon SPOT – ohjausta paremmin, että koko mittausajanjakson tasolla SPOT – ohjaus tuotti heikompia tuloksia. Syksyn tutkimuksessa SPOT – ohjaus toimi ohjelmapäivitysten jälkeen paremmin kuin kesällä. SPOT – ohjaus toimi jälleen erinomaisesti aamuruuhkan aikana, mutta päiväliikenteen ja iltaruuhkan aikaan yhteenkytkentäohjaus toimi edelleen SPOT – ohjausta paremmin. Yhteenvetona vuoden 2000 SPOT – tutkimuksesta voidaan todeta, että perinteiset yhteenkytkennät toimivat adaptiivista SPOT – ohjausta paremmin. (Sihvola 2001) Tulokset syksyn SPOT – tutkimuksesta esitetään kuvassa 15.

KELLUVAN AUTON TULOKSIEN MUUTOKSET:	KOKO MITTAUSAIKA			AAMU			PÄIVÄ			ILTAPÄIVÄ		
	MATKA- AIKA	PYSÄH- DYKSIÄ	PYSÄH- DYSAIKA	MATKA- AIKA	PYSÄH- DYKSIÄ	PYSÄH- DYSAIKA	MATKA- AIKA	PYSÄH- DYKSIÄ	PYSÄH- DYSAIKA	MATKA- AIKA	PYSÄH- DYKSIÄ	PYSÄH- DYSAIKA
PIRKANKATU SYKSYYLLÄ	-1.7%	4.8%	-9.9%	-15.9%	-15.2%	-38.4%	9.6%	12.0%	39.9%	7.2%	39.3%	1.7%
PAASIKIVENTIE SYKSYYLLÄ	2.9%	2.2%	23.1%	-7.2%	-15.2%	-7.5%	-0.5%	6.3%	9.2%	20.5%	27.5%	84.6%

Kuva 15. Kelluvan auton tuloksien muutokset kierto-aikaohjauksesta SPOT – ohjaukseen Pirkankadun ja Paasikiventien syksymittauksissa. (Sihvola 2001)

Keväällä 2005 suoritettiin Tampereen viimeinen SPOT – tutkimus. Tutkimusalue pysyi samana kuin vuoden 2000 tutkimuksessa. Tutkimus suoritettiin ennen-jälkeen-tutkimuksena. SPOT – ohjattujen liittymien toimintaa tarkasteltiin kelluvan auton menetelmällä neljältä eri reitiltä. Tavoitteena oli mitata matka-aikoja sekä pysähtymismääriä ja pysähtymisaikoja SPOT – ohjattujen valoliittymien kohdalla. Tutkimukset suoritettiin huhtikuussa ja toukokuussa. (Kalenoja 2006)

Kevään 2005 tutkimuksen tulokset paljastavat, että SPOT – ohjaus tuotti parempia tuloksia kuin yhteenkytkentäohjelmat liittymissä 340, 338 ja 310. Muissa liittymissä yhteenkytkentäohjelmat tuottivat lyhyemmät matka-ajat. Tutkimuksessa aikakustannussäästöjä oli laskettu soveltamalla Tiehallinnon ohjearvoja. Aikakustannukset laajennettiin koskemaan koko vuotta laajennuskertoimella, joka tuotettiin Tampereen seudun LAM – pisteiden tuottamista päiväkohtaisista liikennelaskentatiedoista vuodelta 2004. Tutkimuksessa yhteenkytkentäohjelmien tuottamat koko talvivuorokauden matka-aikasäästöt olivat noin 112 tuntia verrattuna SPOT – ohjaukseen. Laajennettuna tulos koko vuoden ajalle ero kasvaa 38 200 tuntiin. Aikakustannuksina tulos vastaa noin 0,6 miljoonaa euroa. (Kalenoja 2006)

Tampereen SPOT – tutkimuksissa yhteenkytkentäohjelmat todettiin SPOT – ohjausta tehokkaammaksi tarkasteltavalla alueella. Vuoden 2005 tutkimus jäi Tampereen viimeiseksi SPOT – tutkimukseksi. Tämän jälkeen SPOT – ohjausta ei ole hyödynnetty Tampereella. Tuloksista voidaan päätellä, että vuosituhannen alussa adaptiivinen SPOT – ohjaus ei luultavasti ollut yhtä kehittynyt kuin nykyisin. Mikäli tutkimus suoritettaisiin uudelleen hyödyntämällä tämän päivän SPOT – järjestelmää, olisivat tulokset mahdollisesti positiivisia SPOT – ohjauksen kannalta. On myös mahdollista, että aiemmissa SPOT – tutkimuksissa ilmaisinjärjestelyt eivät olleet adaptiivisen SPOT – ohjauksen kannalta optimaalisia. Perinteisillä yhteenkytkennöillä on mahdollista luoda tehokkaat vihreät aallot yhteenkytketyille ajosuunnille. Adaptiivinen valo-ohjaus ei välttämättä kykene luomaan yhtä tehokkaita vihreitä aaltoja, sillä järjestelmä pyrkii alueellisen tason optimointiin. Näin järjestelmä optimoi myös sivusuuntia. SPOT – järjestelmän kustannusfunktioita olisi mahdollisesti voitu painottaa siten, että se olisi suosinut enemmän pääsuuntien liikennettä. Näin tulokset olisivat mahdollisesti olleet adaptiivisen ohjauksen kannalta hieman saavutettuja tuloksia paremmat.

3.1 SCOOT

3.1.1 Yleistä

SCOOT (Split Cycle Offset Optimisation Technique) on TRL Ltd:n (Transport Research Laboratory) kehittämä englantilainen adaptiivinen alueellinen liikennevalo-ohjausjärjestelmä. SCOOT ei tarvitse toimintaansa valmiiksi suunniteltuja valo-ohjelmia, joiden ylläpitäminen on kallista ja aikaa vievää. Järjestelmä on käytössä yli

250 kaupungissa ympäri maailmaa. SCOOT – järjestelmän omistavat yhdessä Imtech, Siemens Traffic Controls Ltd ja TRL Ltd. Näiden kolmen omistajan lisäksi TfL (Transport for London) on mukana SCOOTin ohjausryhmässä, tarjoten tietoa järjestelmän kehittämiseen. (TRL Software 2014)

SCOOT on alun perin suunniteltu tiheitä liikenneverkkoja varten. Esimerkkinä tästä muun muassa Lontoo ja vastaavat suurkaupungit. Järjestelmä soveltuu kuitenkin hyvin myös pienille liikenneverkoille. SCOOT toimii erittäin tehokkaasti silloin kun liikennevirrat ovat hyvin epäsäännöllisiä. SCOOT on suunniteltu sopeutumaan liikennevirtojen muutoksiin automaattisesti, eikä järjestelmä vaadi jatkuvaa valvontaa. (TRL Software 2014)

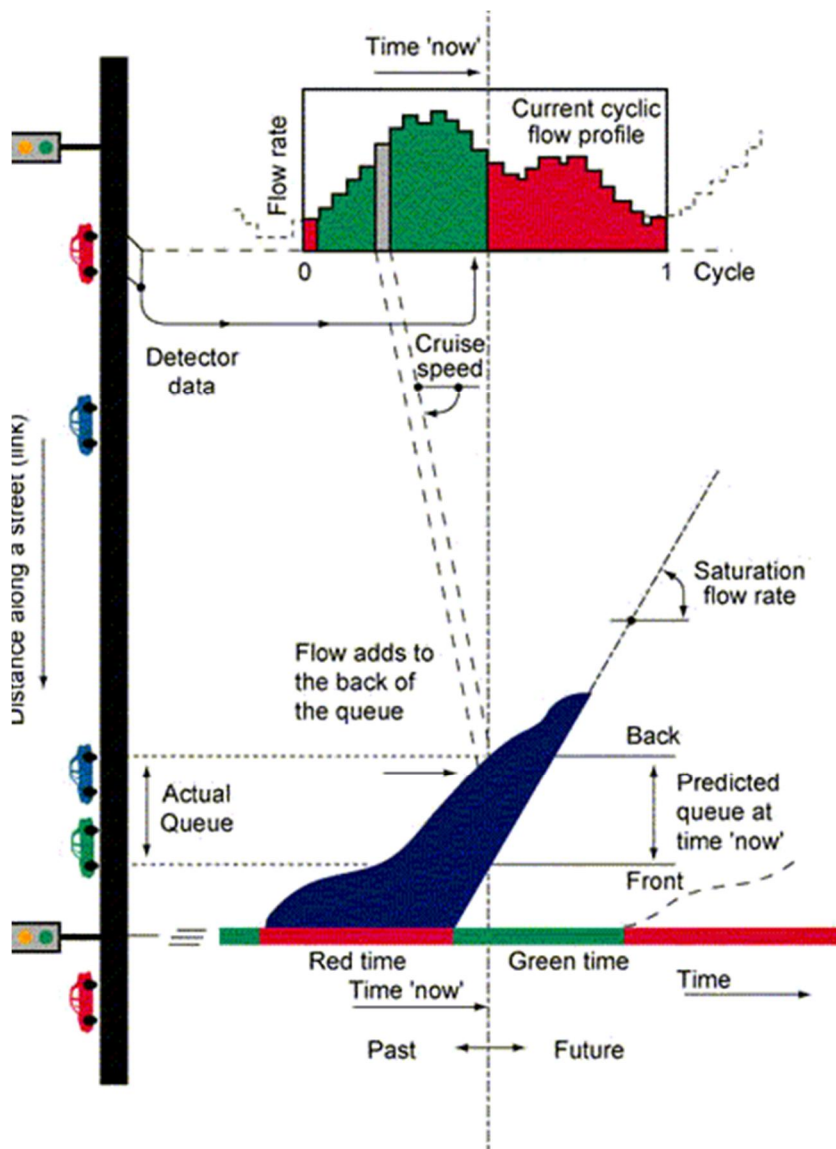
3.1.2 Järjestelmän toiminta

SCOOT – järjestelmän toiminta perustuu Dennis I. Robertsonin vuonna 1967 kehittämään TRANSYT (TRAffic Network StudY Tool) – ohjelmaan. Robertson kehitti TRANSYT – ohjelman perustuen RRL:n (Road Research Laboratory) Peter Whitingin vuonna 1966 kehittämään ”Combination Method”:iin. Kyseisellä metodilla voidaan koordinoita liikennevalosignaalien toimintaa alueellisella tasolla. Kyseinen menetelmä mahdollisti ensimmäistä kertaa liikennemallin, joka arvioi keskimääräisiä jonoja kaikilla tarkasteltavan alueen pysäytysviivoilla. Metodilla jonojen summat minimoitiin kekseliällä, mutta rajallisella optimointimenetelmällä. (Robertson 1986)

TRANSYT – ohjelmalla liikennevalojen valo-ohjelmat pyritään saamaan toimimaan mahdollisimman optimaalisesti. SCOOT:in ja TRANSYT:in toiminta perustuu niin kutsuttuihin liikenteen virtausprofiileihin (Cyclic Flow Profile). CFP mittaa keskimääräistä yhdensuuntaista liikennevirtaa tien minkä tahansa valitun pisteen kohdalla jokaisella edellisen liittymän liikennevalojen valokierron aikana. CFP voidaan mitata miltä tahansa ajanjaksolta, TRANSYT:issa yleensä tunnin ajalta ja SCOOT:issa jatkuvana. TRANSYT:issa CFP:n muodostaminen ei ole hankalaa, mutta erittäin työlästä. Vuonna 1986, jolloin kyseinen artikkeli on julkaistu, yhden liittymän datan kerääminen ja tämän perusteella optimaalisen valo-ohjelman luominen saattoi kestää jopa kaksi henkilötyöviikkoa. Kuten muilla kiinteillä valo-ohjelmilla, TRANSYT:illa suunniteltujen valo-ohjelmien ongelmana on se, että ne vanhenevat ajan kuluessa. SCOOT – järjestelmää alettiin kehittää muutama vuosi TRANSYT:in jälkeen. Tavoitteena oli saada jatkuvaa CFP – dataa. Tällöin valo-ohjelmat saataisiin pidettyä automaattisesti ajantasaisina. (Robertson 1986)

Kuten kaikkien adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien, myös SCOOT – järjestelmän toiminta perustuu hyvään ilmaisintoimintaan liikenteen nykytilan havainnollistamiseksi. Ilmaisimina käytetään useimmiten induktiosilmukoita, mutta myös muut menetelmät ovat mahdollisia. Ilmaisimilta saadut liikennetiedot syötetään SCOOT – järjestelmän liikennemalliin, joka mallintaa ajoneuvojen saapumisen liittymään. SCOOT – järjestel-

mässä induktiosilmukat pyritään sijoittamaan edellisen risteuksen välittömään läheisyyteen, jossa ne toimivat edellisen liittymän poistumissilmukoina ja liittymävälän sisään-tulo-na. Vastaavanlaisella ilmaisinsijoittelulla saadaan hyvissä ajoin laadukasta informaatiota ajoneuvojen saapumisesta seuraavan liittymän pysäytysviivalle. SCOOT – järjestelmän optimaalisella ilmaisinsijoittelulla järjestelmä pystyy havaitsemaan ajoneuvoja, jotka ovat vaarana tukkia liittymävälit ja aiheuttaa ruuhkautumisen etenemisen laajemmalle alueelle liikenneverkolla. Järjestelmä pystyy vastaavanlaisissa tilanteissa priorisoimaan, missä ruuhkat tulisi minimoida ja tämän perusteella järjestelmä automaattisesti säätää liikennevalojen ajoituksia selviytymään ruuhkautumistilanteesta. SCOOT – järjestelmän toimintaa kuvataan kuvassa 16. (SCOOT-UTC 2014)



Kuva 16. SCOOT – järjestelmän toiminta. (SCOOT-UTC 2014)

Ajoneuvojen ohittaessa ilmaisinsilmukat, järjestelmä saa tiedon ajoneuvojen saapumisesta. Tämän tiedon perusteella järjestelmä mallintaa ajoneuvon etenemisen ilmaisimelta aina seuraavan liittymän pysäytysviivalle asti ottaen huomioon reaaliajassa olemassa olevat jonot ja liikennevalojen olemassa olevan vaiheen. Mallinnuksessa järjestelmä

muodostaa ilmaisimilta saatujen tietojen perusteella jaksottaisia liikenteen virtausprofii-leja jokaiselle risteysvälille. Kuvassa 16 virtausprofiilin väri on joko vihreällä tai punai-sella, kuvaten liikennevalojen vaihetta sillä hetkellä, kun ajoneuvojen tulisi saapua py-säytysviivalle normaalilla ajonopeudella. Ajoneuvot mallinnetaan kulkemaan risteysvä-liä normaalilla ajonopeudella ja liittymään mahdollisen jonon perään, mikäli jonoa esiintyy. (SCOOT-UTC 2014)

Kyseisen mallinnuksen perusteella hyödyntäen liikenteen virtausprofii-leita, SCOOT – järjestelmä optimoi kolmea parametria optimoidessaan alueen liikennevirtoja. Paramet-rit ovat vaiheiden kestot (Split), vierekkäisten liittymien välinen vaihesiirto (Offset) ja liikennevalojen kiertoajat (Cycle time) (SCOOT-UTC 2014). Näitä kolmea parametria optimoimalla voidaan saavuttaa tarvittava reaktiokyky vastata liikenteen vaihteluihin ja samalla säilyttää vakaus ilman, että järjestelmä reagoisi liian herkästi pieniin liikenteen muutoksiin. SCOOT – järjestelmässä ohjaussuuntien vihreiden kestoja säädellään valo-kierron jokaisessa vaiheessa. Juuri ennen kuin ollaan siirtymässä vaiheesta toiseen, jär-jestelmä laskee olisiko vaihe syytä lopettaa enintään 4 sekuntia etuajassa, 4 sekuntia myöhemmin vai ajallaan. Vaihesiirtojen optimointi puolestaan tapahtuu liittymäkohtai-sesti kerran jokaisessa valokierrossa. Järjestelmä optimoi vaihesiirtoja laskien, voidaan-ko liittymäväliden liikenteen sujuvuutta parantaa muuttamalla viereisten liittymien välistä vaihesiirtoa maksimissaan 4 sekunnilla suuntaan tai toiseen. Mikäli toimivat vai-hesiirrot ja muutokset vaiheiden kestoihin löytyvät, tapahtuvat muutokset välittömästi. Samalla periaatteella järjestelmä optimoi liittymien kiertoaikoja. Kiertoaikoja voidaan muuttaa muuttamalla sekunnilla kerran muutamassa minuutissa. (Robertson 1986)

SCOOT – järjestelmässä liikennevaloliittymät on jaettu eri alueisiin, joiden sisällä jo-kaisella liikennevaloliittymällä on keskenään sama kiertoaika. Liittymien kohdalla, jois-sa jalankulkijat ylittävät tien tai joissa liittymän kuormitusaste muuten on pieni, voidaan käyttää puolikasta kiertoaikaa muihin alueen liittymiin verrattuna. Alueiden rajat, joissa kiertoajat poikkeavat toisistaan, sijaitsevat usein osuuksilla, joissa liittymien välimatkat ovat suuret. (SCOOT-UTC 2014) Järjestelmä laskee jokaisen alueen jokaisen liittymän kuormitusasteen. Liittymä, jonka kuormitusaste on suurin, toimii alueen kriittisenä liit-tymänä. Kiertoaika, jota alueen liittymät noudattavat, määritellään alueen kriittisen liit-tymän toiminnan perusteella. Kiertoajan optimoinnissa kriittisen liittymän kuormitusas-te pyritään pitämään 90 %:a tilanteesta, jossa liittymä on täysin kuormittunut. (Martin 2001)

Perinteisissä kiinteää valo-ohjelmaa noudattavissa liittymissä, liikenteelle aiheutuu huomattavia häiriöitä silloin, kun valo-ohjelmaa vaihdetaan toiseen. Ohjelmanvaihto-kohta on monesti epäjatkuvuuskohta. Syynä tähän on se, että pääsääntöisesti valo-ohjelmia vaihdetaan, kun liikenne muuttuu huomattavasti. Tällöin myös valo-ohjelmat poikkeavat toisistaan huomattavasti esimerkiksi kiertoajan suhteen. Vaihdettaessa aa-muruuhkaan ohjelmasta päiväliikenteen ohjelmaan myös ohjaussuuntien väliset vihrei-

den suhteet muuttuvat. Valo-ohjelman vaihtuessa liikenne menee hetkellisesti sekaisin liikenteen pyrkiessä sopeutumaan uuteen valo-ohjaukseen.

SCOOT – järjestelmän optimoinnit tapahtuvat pienin askelin liikennevirran muuttuessa. Järjestelmä vastaa sekä hetkellisiin ruuhkahuippuihin että pitkäaikaisiin liikenteen muutoksiin muunnellen jatkuvasti valo-ohjausta. Koska valo-ohjauksen optimointi tapahtuu pienin askelin, lähes huomaamattomasti, ei liikennevirralle aiheudu siitä lainkaan häiriöitä. (SCOOT-UTC 2014)

3.1.3 Saavutetut tulokset

SCOOT – järjestelmän tuottamista hyödyistä on tarjolla monia julkaisuja. Järjestelmän tuottamiin hyötyihin vaikuttavat oleellisesti aiemmin käytetyt valo-ohjausmenetelmät sekä näiden valo-ohjelmien ajantasaisuus.

Peking, Kiina

SCOOT – järjestelmä on tehokas vastaamaan suuriin hetkittäisiin liikennemäärien muutoksiin ja suuriin liikennemäärien vuosittaisiin kasvuihin vaatimatta liikenneinsinööreiltä ylimääräisiä toimenpiteitä. Näin ollen SCOOT – järjestelmä vaikuttaisi ideaalilta ohjausmenetelmältä maissa, joissa liikennemäärien vuosittainen kasvu on suurta ja ammattitaitoisista insinööreistä on pulaa. (Peck et al. 1990)

Pekingissä otettiin 1980-luvulla käyttöön adaptiivinen SCOOT – valo-ohjausjärjestelmä. Kyseessä oli ensimmäinen kerta, kun Kiinassa hyödynnettiin keskittettyä liikennetieto-ohjattua valo-ohjausta perinteisen liikennetieto-ohjaamattoman koordinoimattoman valo-ohjauksen sijasta. Lähes kaksivuotinen projekti tehtiin yhteistyössä BRITE:n (Beijing Research Institute for Traffic Engineering) ja britannialaisten SCOOT – palveluntarjoajien kanssa. Projektissa ilmaisinsilmukat ja SCOOT – järjestelmä asennettiin toimimaan 40 liittymään. Tämän lisäksi paikalliset insinöörit koulutettiin käyttämään järjestelmää. (Peck et al. 1990)

Projektissa erityishuomiota jouduttiin kiinnittämään polkupyöräliikenteen mallintamiseen. Britanniassa polkupyöräliikenne on niin pientä, että se voidaan periaatteessa jättää huomioimatta. Ajoneuvoliikenteen vaatima vihreän tarve on usein enemmän kuin riittävä polkupyöräliikenteelle. Pekingissä tietyissä liittymissä oli valokiertoja, jolloin liittymään ei saapunut lainkaan moottoriajoneuvoja ja samalla polkupyöräliikenne vaati enemmän vihreää aikaa, kuin pelkät ajoneuvoliikenteen vaatimat minimivihreät. Projektissa myös polkupyöräliikenteelle rakennettiin omat ilmaisinsilmukat ja polkupyöräliikenne päädyttiin mallintamaan samoin kuin ajoneuvoliikenne. (Peck et al. 1990)

SCOOT – järjestelmän tehokkuutta selvitettiin tekemällä tutkimus kahtena peräkkäisenä viikkona heinäkuussa 1989. Koska Pekingin liikennemäärien kasvu oli ollut huomattavaa, ei aikaisemmin kerättyjä tuloksia voitu pitää vertailukelpoisina. Ensimmäisellä

tutkimusviikolla SCOOT – järjestelmää pidettiin toiminnassa. Toisella tarkasteluviikolla SCOOT – ohjaus kytkettiin pois päältä ja palattiin aikaisempaan valo-ohjaukseen. Näin saatiin vertailtua SCOOT – järjestelmän tehokkuutta suhteessa aikaisempaan valo-ohjaukseen. Tutkimus suoritettiin kelluvan auton menetelmällä sekä ulkopuolisella tarkkailulla. Tutkimus ajoitettiin neljälle tunnin mittaiselle ajanjaksolle, joista kolmeen sisältyi merkittävät polkupyörä- tai ajoneuvoliikenteen huipputunnit. (Peck et al. 1990)

Tutkimus suoritettiin kahdella eri reitillä, jotka kuljettiin molempiin suuntiin. Reittien tulokset on laskettu yhteen taulukossa 1. Taulukko esittää SCOOT – järjestelmän prosentuaaliset vaikutukset pysähtymismääriin, pysähtymisaikoihin ja matka-aikoihin verrattuna aikaisemmin käytettyyn valo-ohjaukseen.

Taulukko 1. SCOOT – järjestelmän vaikutus pysähdysmääriin, pysähtymisaikoihin ja matka-aikoihin. Perustuu lähteeseen (Peck et al. 1990)

Kellonaika	Pysähdykset	Pysähtymisaika	Matka-aika
07:00 - 08:00 polkupyöräilijöiden huipputunti	- 25,65 %	- 41,05 %	- 7,06 %
08:30 - 09:30 ajoneuvoliikenteen huipputunti	- 32,66 %	- 32,30 %	- 15,85 %
12:30 - 13:30 huipputuntien ulkopuolinen aika	- 13,69 %	- 15,15 %	- 4,35 %
17:00 - 18:00 polkupyörä- ja ajoneuvoliikenteen huipputunti	- 28,97 %	- 18,96 %	- 1,78 %

Taulukosta ilmenee, että SCOOT – järjestelmällä on merkittävä positiivinen vaikutus liikenteen sujuvuuteen. Julkaisussa mainitaan, että järjestelmällä oli myös varsin positiivinen vaikutus liikenneturvallisuuteen. Vuonna 1986 tarkastelualueella oli 18 kuolemaan johtanutta onnettomuutta. Vuonna 1988, kun järjestelmä oli ollut käytössä ensimmäisen kokonaisen vuoden ja liikennemäärät olivat kasvaneet huomattavasti, vastaava luku oli 10. (Peck et al. 1990)

Pekingissä liittymien kiertoajat olivat jopa noin 5 minuutin pituisia ennen SCOOT – valo-ohjauksen asentamista. Aiemmin jokaisen liittymän vihreiden aikojen pituuksia pystyttiin kontrolloimaan käsin valo-ohjauksesta vastaavan poliisin toimesta. Mikäli tietyllä tieosuudella esiintyi ruuhkautumista, poliisi, joka vastasi liikennevaloista, pystyi lisäämään vihreää aikaa kyseisellä ajosuunnalla. Usein ruuhkan purkaantumisen jälkeen liikennevalojen ajoituksia ei palautettu normaaleiksi vaan asetukset jätettiin voimaan. (Peck et al. 1990)

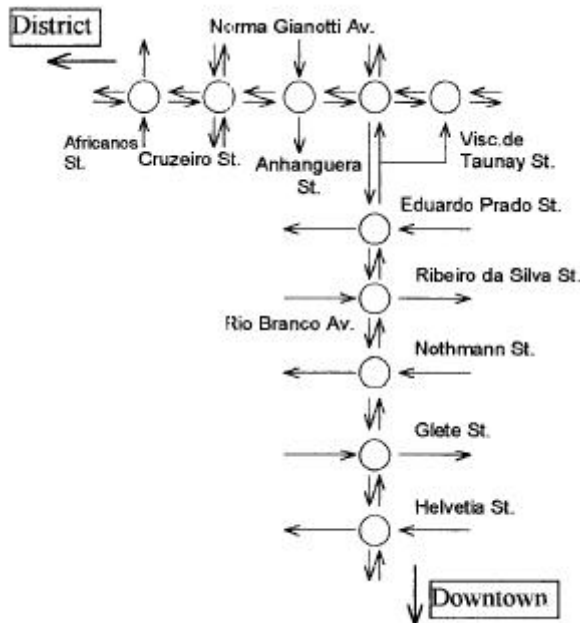
Julkaisussa ei analysoida erikseen sitä, kuinka suuri vaikutus pelkästään liikenneilmaisinten asentamisella on liittymien valo-ohjauksen sujuvuuteen. Liikenneilmaisimet mahdollistavat liittymien paikallisten vihreiden pidennykset, mikä osaltaan voi parantaa huomattavasti liittymien sujuvuutta. SCOOT – järjestelmän tuottamat edut ovat kuitenkin olettavasti huomattavasti suuremmat johtuen siitä, että projektin aikana moottoriajoneuvojen ja polkupyörien lukumäärän vuosittainen kasvu Pekingissä oli moottoriajoneuvojen osalta 16 % ja polkupyörien osalta 10 %. Tällainen liikennemäärien vuosittai-

nen kasvu aiheuttaisi liikenneinsinööreille jatkuvaa työtä valo-ohjelmien päivittämisessä, jotta ne vastaisivat olemassa olevia liikennemääriä. Tästä johtuen SCOOT – järjestelmä, joka pystyy vastaamaan liikennemäärien kasvuun ilman toimenpiteitä liikenneinsinööreiltä, vaikuttaa erittäin hyvältä ja toimivalta ratkaisulta Pekingin valo-ohjausjärjestelmäksi.

São Paulo, Brasilia

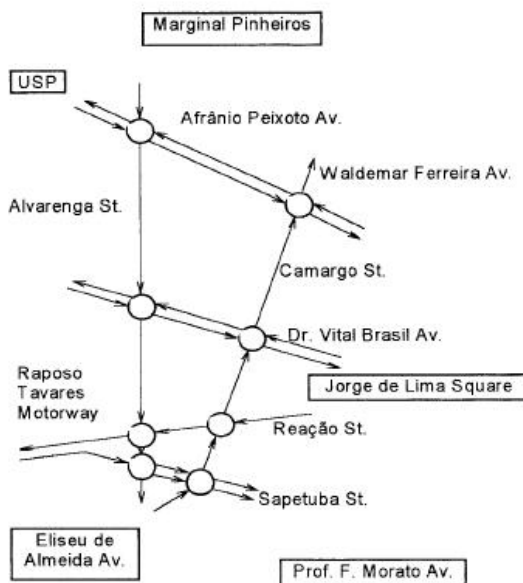
Mazzamattin ja muiden (1998) julkaisussa tarkastellaan São Paulossa SCOOT – järjestelmän versioiden 2.4 ja 3.1 tehokkuutta verrattuna aikaisempaan keskitettyyn aikaohjattuun valo-ohjaukseen. Tutkimuksen suoritti paikallinen liikenneinsinööritoimisto Companhia de Engenharia de Tráfeco (CET), joka vastaa kaupungin liikenteestä. Aiemmat valo-ohjausjärjestelmät noudattivat kiinteitä TRANSYT – optimoituja valo-ohjelmia.

SCOOT 2.4 – versio oli käytössä São Paulon keskustassa kattaen 667 liittymää. Kyseiseltä SCOOT 2.4 – version alueelta tutkimuksen tarkastelualueeksi valittiin 2690 metriä pitkä ja 10 valo-ohjattua liittymää kattava alue. Tarkastelualueen Rio Branco ja Norma Gianotti tiet muodostavat kaksisuuntaisen valtatie, jolla molempiin suuntiin kulkee kolme kaistaa. Ajosuunnat erottavan keskisaarekkeen viereiset kaistat on pyhitetty ainoastaan bussiliikenteelle. Tiet yhdistävät keskustan ja kaupungin pohjoisosan. Normaalin päivänä ajoneuvoliikennettä on noin 31 000 ajoneuvon verran käsittäen molemman-suuntaisen liikenteen. Aamuruuhka esiintyy 06:00 – 09:00 välisenä aikana ja iltaruuhka 15:00 – 20:00 välillä. (Mazzamatti et al. 1998) Tarkastelualue esitetään kuvassa 17.



Kuva 17. SCOOT 2.4 – version tarkastelualue (Mazzamatti et al. 1998)

SCOOT 3.1 – versio oli käytössä São Paulon eteläosassa kattaen 180 valoliittymää. Kyseiseltä SCOOT 3.1 – version alueelta tutkimuksen tarkastelualueeksi valittiin yhteensä 1810 metriä pitkä ja 8 valo-ohjattua liittymää kattava alue. Tarkastelualue muodostuu Alvarenga ja Camargo teistä, jotka ovat molemmat yksisuuntaisia ja yhdistävät kaksi moottoritietä kaupungin ohikulkutien kanssa. Molemmilla teillä on neljä ajokaistaa ja päivittäinen liikennemäärä molemmilla teillä yhteensä on noin 68 000 ajoneuvoa. Suuri osa liikenteestä on rekkaliikennettä. Bussiliikenne ei ole olennaista, sillä tutkimusalueella ei ole bussipysäkkejä. Aamuruuhka esiintyy Alvarenga tien suuntaisesti ja iltaruuhka puolestaan Camargo tien suuntaisesti. (Mazzamatti et al. 1998) Tarkastelualue esitetään kuvassa 18.



Kuva 18. SCOOT 3.1 – version tarkastelualue (Mazzamatti et al. 1998)

Ennen – jälkeen – tutkimukset suoritettiin kelluvan auton menetelmällä. Mittaukset suoritettiin kahtena arkipäivänä ennen uusien valo-ohjausjärjestelmien asentamista, sekä kahtena päivänä uusien valo-ohjausjärjestelmien asentamisen jälkeen. Tulokset esitetään alla olevissa taulukoissa 2 ja 3. (Mazzamatti et al. 1998)

Taulukko 2. SCOOT 2.4 – version saavuttamat tulokset. Perustuu lähteeseen (Mazzamatti et al. 1998)

RIO BRANCO Av. / NORMA GIANOTTA Av. SCOOT 2.4			
Tarkasteluhetki	Liikennevaloista johtuvat ajoneuvokohtaiset viiveet		
	Ennen (s)	Jälkeen (s)	Muutos (%)
06:00 - 09:00	265	160	- 40
17:00 - 20:00	256	259	0
Ruuhka-aikojen keskiarvo	261	209	- 20

Taulukosta 2 havaitaan, että SCOOT 2.4 – version saavuttamat tulokset tarkastelualueella vähensivät liikennevaloissa kulutettua aikaa aamuruuhkan aikana 40 %. Iltaruuhkan aikana ei eroa suhteessa aikaisempaan valo-ohjaukseen ollut. Julkaisussa mainitaan, että SCOOT – järjestelmän tuottamat hyödyt ovat varsin merkittäviä, otettaessa huomioon se, että aiempi valo-ohjausjärjestelmä oli varsin kehittynyt. Aiempi valo-ohjausjärjestelmä nimeltään SEMCO, oli keskitetty järjestelmä, joka sisälsi lukuisia eri valo-ohjelmia ja muita kehittyneitä toimintoja. SCOOT 3.1 – järjestelmän tarkastelualueella aiempi valo-ohjausjärjestelmä ei ollut yhtä kehittynyt. (Mazzamatti et al. 1998)

Taulukko 3. SCOOT 3.1 – version saavuttamat tulokset. Perustuu lähteeseen (Mazzamatti et al. 1998)

ALVARENGA St. / CAMARGO St. SCOOT 3.1			
Tarkasteluhetki	Liikennevaloista johtuvat ajoneuvokohtaiset viiveet		
	Ennen (s)	Jälkeen (s)	Muutos (%)
06:00 - 10:00	181	106	- 41
10:00 - 16:00	102	48	- 53
16:00 - 20:00	79	79	0
20:00 - 23:00	82	47	- 43
Ruuhka-aikojen keskiarvo	114	71	- 38

Taulukosta 3 havaitaan, että SCOOT 3.1 – järjestelmän saavuttamat tulokset tarkastelualueella ovat varsin merkittävät. Kello 10:00 ja 16:00 välillä liikennevaloissa kulutettu aika on jopa 53 % vähemmän, kuin aikaisemman valo-ohjauksen tapauksessa. Keskiarvona SCOOT 3.1 – järjestelmä vähensi liikennevaloissa menetettyä aikaa 38 % verrattuna aikaisempaan valo-ohjaukseen. Syynä näin hyviin tuloksiin pidetään sitä, että tarkasteltavalla alueella liikenne on hyvin vilkasta, joten pienetkin onnettomuudet aiheuttavat helposti ruuhkautumista. SCOOT – ohjaus pystyy mukautumaan kyseisiin tilanteisiin ja toimii tästä syystä huomattavasti tehokkaammin kuin aiemmat kiinteät valo-ohjelmat. (Mazzamatti et al. 1998)

Järjestelmillä saavutetut tulokset ylittivät projektin alkuperäiset odotukset noin 15 %:lla. Julkaisussa ei erikseen mainita, minkälaisia muutoksia ilmaisinjärjestelyihin tehtiin ennen ja jälkeen – tilanteiden välillä. Tutkimuksessa kuitenkin mainittiin, että aiemmat

valo-ohjausjärjestelmät noudattivat aikaohjattuja TRANSYT – optimoituja valo-ohjelmia. Pelkkien liikenneilmaisinten asentaminen, jotka vaadittiin SCOOT – järjestelmän toiminnan kannalta, olisi luultavasti parantanut valo-ohjauksen toimivuutta huomattavasti verrattuna aiempaan tilanteeseen. Liikenneilmaisimet mahdollistaisivat yhteenkytketyissä liikennevaloissa pienet paikalliset vihreiden pidennykset ja valokierro-ron nopeuttamisen. Tämä mahdollistaisi liikennevalojen pienehkön reagointikyvyn ruuhkatilanteissa, joita varsinkin Alvarenga ja Camargo teiden alueella mainittiin esiintyvän. Luonnollisesti adaptiivinen SCOOT – valo-ohjausjärjestelmä tarjoaa kuitenkin paremman reagointikyvyn vastaavissa ruuhkatilanteissa.

Anaheim, Yhdysvallat

Yhdysvalloissa, Anaheimissa tutkittiin, miten SCOOT – järjestelmä toimii, mikäli liikenneilmaisimet eivät sijaitse järjestelmälle optimaalisissa sijainneissa. Yhdysvalloissa liikennetieto-ohjatuissa liikennevaloissa ilmaisinsilmukat on usein sijoitettu pysäytysviivoille. Kuten edellä mainittiin, SCOOT – järjestelmässä ilmaisimet pyritään sijoittamaan edellisen risteuksen välittömään läheisyyteen, jossa ne toimivat edellisen liittymän poistumissilmukoina ja liittymävälän sisään tulona. Juuri ilmaisimien sijaintia pidetään suurimpana syynä siihen, että SCOOT – järjestelmää ei ole otettu käyttöön Yhdysvalloissa laajassa mittakaavassa. Joissakin tapauksissa, käytettäessä UTCS (Urban Traffic Control System) järjestelmää, ilmaisimet on sijoitettu kauemmas pysäytysviivoista. Anaheimissa tutkittiin, voisiko SCOOT 3.1 – järjestelmä toimia tehokkaasti käytettäessä ilmaisimia, jotka on suunniteltu UTCS – järjestelmälle. Tutkimuksessa haluttiin selvittää voisiko tällainen järjestely toimia SCOOT – järjestelmän käyttöönotossa Yhdysvalloissa, ilman että joudutaan tekemään suuria investointeja asentaessa uusia ilmaisimia. (Jayakrishnan et al. 2001)

Tutkimuksessa verrattiin SCOOT – järjestelmän toimintaa käytössä olevaan UTCS – järjestelmään. Järjestelmä hyödynsi kiinteitä valo-ohjelmia, jotka on ajoitettu siten, että vierekkäiset liittymät toimivat yhteenkytkettyinä. Tutkimuksessa keskityttiin liittymäkohtaisiin viiveisiin, sekä matka-aikoihin koko tarkastelualueella. Liittymäkohtaisia viiveitä laskettiin eri liittymissä paikanpäällä laskien ajoneuvojen liittymissä käyttämä aika. Matka-aikatutkimukset suoritettiin kymmenessä päivässä kelluvan auton menetelmällä, käyttäen puolet ajasta tarkastellen ennen – tilannetta ja puolet jälkeen – tilannetta. Tutkimukset ajoitettiin siten, että tarkastelujakson aikana oli sekä normaalia liikennettä, että erikoistapahtumia, kuten NHL – pelejä. (Jayakrishnan et al. 2001)

Tutkimustulokset ovat varsin laajoja ja koska tulokset vaihtelevat paikoittain, oli suora- viivaista tulosta hankala muodostaa. Tuloksista ilmeni, että paikoittain SCOOT – järjestelmä paransi liikenteen sujuvuutta, kun taas paikoittain vanha järjestelmä toimi SCOOT – ohjausta tehokkaammin. Tapauksissa, joissa vanha järjestelmä toimi paremmin, SCOOT:in negatiivinen vaikutus liittymäviiveisiin oli harvoin yli 10 %. Niissä tapauksissa puolestaan, joissa SCOOT toimi paremmin, saavutetut hyödyt olivat nor-

maalisti alle 5 %. Matka-aikatutkimuksissa SCOOT vähensi matka-aikoja paikoittain 10 % ja paikoittain kasvatti matka-aikoja 15 %. Merkittävää on kuitenkin se, että erikoistapahtumien aikana muutamassa liittymässä SCOOT vähensi viivytyksiä jopa 30 % aikaisempaan valo-ohjaukseen verrattuna. Tämä korostaa sitä, että SCOOT pystyy reagoimaan nopeisiin liikennemäärien muutoksiin ja ruuhkahuippuihin. Vaikka SCOOT – järjestelmän tulokset vaihtelevat kohteittain, on positiivista huomata, että SCOOT toimii kohtalaisen hyvin, vaikka ilmaisinten sijainnit poikkeavat optimaalisista ratkaisuista. Alkuperäistä valo-ohjausjärjestelmää pidettiin Yhdysvalloissa viimeisintä tekniikkaa edustavana. (Jayakrishnan et al. 2001)

3.2 SCATS

3.2.1 Yleistä

SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) on 1970-luvulla Australiassa kehitetty adaptiivinen alueellinen valo-ohjausjärjestelmä. Australialainen Department of Main Roads (DMR) kehitti järjestelmän tarjoamaan kehittynyttä adaptiivista valo-ohjausta Sydneyn pääteille. (SCATS 2014)

SCATS on kasvanut ja kehittynyt entisestään omistajaorganisaatioiden muutosten vuoksi. Nykyisin järjestelmän omistajaorganisaationa toimii Australian osavaltion, Uuden Etelä-Walesin, Roads & Maritime Services – virasto (RMS). RMS:n tekemä SCATS:in kehitystyö on ensisijaisesti suunnattu tarjoamaan maailman parasta palvelua Uuden Etelä-Walesin asukkaille. SCATS on kuitenkin levinnyt ympäri maailmaa ja onkin englantilaisen SCOOT:in ohella maailman eniten käytettyjä adaptiivisia alueellisia valo-ohjausjärjestelmiä. Tällä hetkellä SCATS on toiminnassa 27 eri maassa. (SCATS 2014)

3.2.2 Järjestelmän toiminta

SCATS toimii osittain samalla periaatteella, kuin englantilainen SCOOT. SCATS – järjestelmän toiminta perustuu kiertoajan (Cycle time), vaiheiden kestojen (Split) ja vaihesiirtojen (Offset) optimointiin reaaliajassa. Optimoimalla kyseisiä keskeisiä parametreja järjestelmä koordinoi ohjattavan alueen liikennevalojen toimintaa. (SCATS 2014)

Edellä tarkasteltiin osittain hajautettuja alueellisia valo-ohjausjärjestelmiä ja tällöin mainittiin, että australialainen SCATS on esimerkki vastaavanlaisesta järjestelmästä. SCATS – järjestelmässä liikennevalojen toimintaa säädellään pysäytysviivoilla sijaitsevien liikenneilmaisinten keräämien liikennetietojen perusteella. Pysäytysviivoilla sijaitsevat liikenneilmaisimet ovat järjestelmälle optimaaliset, sillä ne tarjoavat järjestelmälle parhaan kuvan liittymien toiminnasta. Järjestelmän toimintaa voidaan entisestään parantaa ilmaisimilla, jotka sijaitsevat liittymäväliden puolivälissä. Vastaavat ilmaisimet mah-

dollistavat tehokkaan jonojen muodostumisen mallintamisen. Induktiosilmukat ovat eniten käytetty ilmaisinmuoto, mutta myös video- ja tutkailmaisimet ovat mahdollisia. SCATS on hierarkkinen järjestelmä, tarkoittaen sitä, että sen päätöstenkeko tapahtuu kahdessa eri tasossa. Adaptiivisen valo-ohjauksen tasoja ovat strateginen taso ja taktinen taso. (SCATS 2014)

Strategisella tasolla SCATS tasapainottaa dynaamisesti ohjattavan alueen liikenteellisiä tarpeita. Tämä tapahtuu muun muassa muodostamalla liittymien välille vihreitä aaltoja. Strategisen tason ohjausta toteutetaan alueellisilla tietokoneilla. Yksinkertaisimmassa muodossaan yksi alueellinen tietokone voi ohjata jopa 250 valoliittymää. Järjestelmää voidaan laajentaa lisäämällä alueellisten tietokoneiden lukumäärää. Ilmaisimilta saatujen tietojen perusteella alueelliset tietokoneet säättävät ohjattavien alueidensa liittymien kiertoaikoja, vaihesiirtoja ja vaiheiden kestoja vastaamaan vallitsevia liikenneolosuhteita. Strategisen tason ohjaus perustuu niin sanottuun liikenteen kyllästysasteeseen (Degree of Saturation, DS). Kyllästysasteella kuvataan, kuinka tehokkaasti teitä käytetään. Suuret kyllästysasteet esiintyvät ruuhkautuneilla alueilla. (SCATS 2014)

Strategisella tasolla liikenteen kyllästysasteen lisäksi järjestelmän toimintaan vaikuttaa ajoneuvojen virtaus (Car Equivalent Flow, VK). Järjestelmä käyttää liikenteen kyllästysastetta kiertoaikojen ja vaiheiden kestojen säätelyyn. Ajoneuvojen virtausta puolestaan käytetään vaihesiirtojen optimointiin liittymien välillä. Kyllästysaste ja ajoneuvojen virtaus esitetään kaavoissa (1) ja (2). (TransCore 1998)

$$DS = \frac{\text{vihreä aika} - (\text{käyttämätön vihreä aika})}{\text{käytettävissä oleva vihreä aika}} \quad (1)$$

Kyllästysaste kuvaa kuinka tehokkaasti vaiheiden vihreä aika on käytetty suhteessa vihreän maksimimäärään. Ylikuormitustilanteissa kyllästysasteen arvo voi olla yli 1. Käyttämätön vihreä aika kuvaa hyötysuhdetta. Tilanteessa, jossa liikenne on kyllästynyt, käyttämätön vihreä aika on 0 sekuntia. Alikuormitustilanteessa käyttämättömän vihreän aika on positiivinen ja puolestaan ylikuormitustilanteessa vastaava arvo on negatiivinen. (TransCore 1998)

$$VK = DS \cdot \text{vihreä aika} \cdot \text{ajoneuvoa sekunnissa maksimi virtauksessa} \quad (2)$$

Kaava (2) kuvaa ajoneuvojen virtauksen kaavaa. Kaava on johdettu kyllästysasteesta ja kaistakohtaisesta liikenteen kyllästystilanteen virtausmäärästä. Ajoneuvoluokkia ei erotella toisistaan. Kaava mahdollistaa keskenään risteävien ajosuuntien ajoneuvovirtojen vertailun liittymien välisten vaihesiirtojen määrittelyä varten. (TransCore 1998)

Alueelliset tietokoneet laskevat liikenneilmaisimilta saatujen liikennetietojen perusteella kyllästysasteet ja mikäli tieosuuksien kyllästysaste ilmenee liian suurena, pyrkii järjestelmä nopeasti reagoimaan tilanteeseen säätämällä alueiden liikennevalojen toimintaa. Strategisella tasolla SCATS – järjestelmä ei optimoi yksittäisten liikennevalojen toiminta-

taa vaan järjestelmä hallinnoi liikennevalojen ryhmiä. Kyseisiä ryhmiä kutsutaan osajärjestelmiksi. Osajärjestelmät koostuvat usein yhdestä kymmeneen liikennevaloliittymää. Jokaisella saman osajärjestelmän liikennevaloliittymällä tulee olla keskenään sama kiertoaika. Mikäli halutaan koordinoida laajempaa aluetta, voidaan osajärjestelmiä liittää yhteen joko pysyvästi tai adaptiivisesti liikennetilanteiden vaihdellessa. (SCATS 2014) Osajärjestelmissä kiertoaikojen optimointi perustuu siihen, että alueelliset tietokoneet keräävät kaikkien osajärjestelmän liittymien kyllästysastetiedot. Kiertoaika määritellään suurimman kyllästysasteen mukaan. Usein kiertoaajan määrittämiseen vaikuttavat ainoastaan liittymien pääsuuntien kyllästysasteet. Monesti tilanteissa, joissa jonkin liittymän kohdalla tietyllä sivusuunnalla kyllästysaste esiintyisi huomattavasti suurempana kuin osajärjestelmän liittymien pääsuuntien kyllästysasteet, ei sivusuunnan kyllästysastetta huomioida kiertoaajan optimoinnissa. Osajärjestelmissä vaiheiden kestoja optimoidaan jokaisen valokierron aikana. Järjestelmä päättää vaiheiden kestot sillä periaatteella, että kyllästysasteiden maksimiarvot saadaan minimoitua. (McCann 2014)

Taktisella tasolla SCATS optimoi yksittäisten liikennevalojen toimintaa. Taktisella tasolla ohjaus sallii pääasiassa vain vihreiden aikaisemmat lopetukset, mikäli liikenne on vähäistä. Taktinen ohjaus sallii myös vaiheiden toteuttamatta jättämisen, mikäli kyseisille vaiheille ei ole pakottavaa tarvetta toteutua. Koska osajärjestelmien kaikki liittymät noudattavat samaa kiertoaikaa, ei kaikkien vaiheiden vihreitä voida jättää väliin taktisen tason ohjauksessa. Usein liittymän pääsuunnan vaihe toteutetaan jokaisella valokierrolla huolimatta suunnalla kulkevasta liikenteestä. Kaikkien vaiheiden vihreä aika, joka säästettiin vaiheiden aikaisemman lopettamisen tai väliin jättämisen vuoksi, lisätään muihin vaiheisiin tai pääsuunnan vaiheeseen. Näin ennalta määrätty kiertoaika saadaan ylläpidettyä. Taktinen ohjaus perustuu liittymien omien ilmaisimien lähettämään tietoon. Taktinen ohjaus tapahtuu aina alueellisten tietokoneiden valvonnan alla. Taktisen ja strategisen tason ohjaus toimii läheisessä yhteistyössä, mahdollistaen järjestelmän tehokkaan ja luotettavan toiminnan. (SCATS 2014)

3.2.3 Saavutetut tulokset

Sydney, Australia

Australiassa tehdyn tutkimuksen ”SCATS and the Environment” tavoitteena oli selvittää minkälaisia liikenteellisiä, ympäristöllisiä ja ekonomisia vaikutuksia SCATS tuottaa eri sidosryhmille. Tutkimuksessa simuloitiin 21 SCATS – ohjatun liittymän toimintaa eräällä Sydneyn strategisella tieosuudella. (ITS International 2013)

Tutkimuksessa käytettiin SCATSIM simulointimallia simuloimaan aitoa liikennettä. Tutkimuksessa mallinnettu tieosuus oli 6.5 km pitkä. Tieosuudella kulkee työpäivän aikana noin 80 000 ajoneuvoa kattaen linja-autot kuljettaen noin 60 000 työmatkustajaa. 24 tunnin mittainen mallinnus käsitti yli 169 000 henkilöajoneuvomatkaa, 1000 joukko-

liikenneajoneuvon matkaa ja yli 43 000 jalankulkumatkaa käsittäen linja-autoihin nousut ja poistumiset. (ITS International 2013)

Mallinnuksessa kaksi identtistä ajoneuvon kuljettajaa mallinnettiin ajamaan tarkasteltavalla tieosuudella samanaikaisesti. Toisen kuljettajan tieosuudella liikennevalo ohjasi SCATS – järjestelmä, kun taas toisessa tapauksessa liikennevalot noudattivat perinteistä liikennetieto-ohjattua kiinteää valo-ohjelmaa. (SCATS RMS 2013)

Yksittäisen matkan simuloinnin tapauksessa SCATS – ohjauksella säästettiin matkajassa 9 minuuttia 8 sekuntia. Pysähdyksiä oli 17 kappaletta vähemmän, CO₂ – päästöt olivat 4,23 kg pienemmät, NO_x – päästöt olivat 14,16 g pienemmät ja pienhiukkaspäästöt olivat 0,17 g pienemmät verrattuna perinteiseen valo-ohjaukseen.

Otettaessa huomioon kaikki ajoneuvot 24 tunnin mallinnuksen aikana, SCATS – järjestelmällä päästiin seuraaviin säästöihin: matka-aikasäästöt 5266 tuntia (28 %), pysähdyksiä oli 157581 kappaletta (25 %) vähemmän, CO₂ – päästöt olivat 34 240 kg (15 %) pienemmät, NO_x – päästöt olivat 109 034 g (13 %) pienemmät ja pienhiukkaspäästöt olivat 2418 g (15 %) pienemmät perinteiseen valo-ohjaukseen verrattuna. Rahallisena arvona SCATS – järjestelmän tuottamat edut olivat 142 051 Australian dollaria 24 tuntia kohden. (SCATS RMS 2013) Tutkimuksen tuloksia ekstrapoloitaessa kattamaan 2814 liittymää Sydneyn metropolialueella, olisi järjestelmän tuottamat päivittäiset säästöt noin 16 miljoonaa Australian dollaria (ITS International 2013).

Sydneyn tutkimuksessa SCATS – ohjauksella saavutettavat hyödyt mallinnetulla tieosuudella ovat poikkeuksellisen suuria. 28 %:n matka-aikasäästöt ja 15 %:n CO₂ - päästövähennykset puhuvat sen puolesta, että liikenne on ollut erittäin ruuhkaista ja perinteisen valo-ohjauksen valo-ohjelmat kaipaisivat mahdollisesti päivittämistä vastaamaan olemassa olevia liikennemääriä nykyistä paremmin. Kiinteitä kiertoaikoja noudattavat perinteiset valo-ohjelmat eivät kykene havaitsemaan liikenneverkon ruuhkautumista. Valo-ohjelmien kyky reagoida liikennemäärien muutoksiin on hyvin rajallinen. Adaptiivinen SCATS – valo-ohjaus kykenee optimoimaan tarkastelualueen liikennevirtoja yhtenä kokonaisuutena. Täten järjestelmä kykenee havaitsemaan liikenneruuhkien muodostumisen ja minimoimaan ruuhkien vaikutuksia säätämällä liikennevalojen ajoituksia reaaliajassa. Tämä selittää SCATS – järjestelmän tuottamien hyötyjen suuruudet.

Mashad, Iran

Mashadissa, Iranin toiseksi suurimmassa kaupungissa päätettiin hyödyntää adaptiivista valo-ohjausta parantamaan olemassa olevan liikenneverkon kapasiteettia. Käytettäväksi järjestelmäksi valittiin SCATS. Ensimmäinen SCATS – ohjauksella varustettu liittymä oli toiminnassa vuonna 2005. Järjestelmän toimintaa tutkittiin kolmella eri alueella, kukin alue käsitti kaksi SCATS – ohjattua valoliittymää. Tarkasteltavat alueet olivat Jomhoori bulevardi, Ferdowsi bulevardi sekä Sajjad bulevardi. Tarkasteltavat alueet sijaitsivat eripuolella kaupunkia. (Samadi et al 2012)

SCATS – järjestelmää sekä olemassa olevaa perinteistä liikennetieto-ohjattua, kiinteitä valo-ohjelmia noudattavaa valo-ohjausta, vertailtiin keskenään ennen – jälkeen – tutkimuksilla. Ennen – jälkeen – tutkimuksilla pyrittiin selvittämään tarkasteltavien alueiden liikennevirtojen sujuvuutta valvomalla matka-aikoja ja odotusaikoja, sekä määrittämällä suurimmat viiveiden tyypit. Tutkimukset suoritettiin aamuruuhkan, iltaruuhkan ja päiväliikenteen aikana. Näinä aikoina tiedetään alueilla olevan suurimmat liikennevirrat. Matka-aikoja tutkittiin kelluvan auton menetelmällä. Ajoneuvossa kaksi henkilöä mittasi reittien kulkemiseen kuluvan matka-ajan sekä reitillä tapahtuneet viivytykset. Liittymäkohtaiset viivytykset laskettiin paikanpäällä liittymissä. (Samadi et al 2012)

Alueella suoritettujen tutkimusten perusteella SCATS – järjestelmä vaikutti toimivan huomattavasti paremmin kuin aikaisempi valo-ohjaus. Taulukoissa 4 ja 5 esitetään SCATS – järjestelmän vaikutukset viiveisiin sekä matka-aikoihin aamu- ja iltaruuhkan sekä päiväliikenteen aikana. Taulukot esittävät keskimääräiset tulokset kaikilta kolmelta tarkastelualueelta.

Taulukko 4. SCATS – järjestelmän vaikutus ajoneuvojen keskimääräisiin viiveisiin ja matka-aikoihin aamu- ja iltahuipputunnin aikana. Perustuu lähteeseen (Samadi et al 2012)

Tarkasteltava suure (s)	Aamuruuhka			Iltaruuhka		
	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Pysähtyneen ajoneuvon viiveet	33,5	31,2	- 7,0	33,8	31,1	- 7,9
Saapuvan ajoneuvon viiveet	24,4	21,1	- 10,0	23,6	20,3	- 14,2
Matka-aika idästä länteen	169,8	154,5	- 9,0	216,3	199,5	- 7,8
Matka-aika lännestä itään	163,1	141,2	- 13,4	175,4	153,2	- 12,7

SCATS – valo-ohjauksen vaikutukset aamu- ja iltaruuhkien tapauksissa ajoneuvojen viiveisiin ja matka-aikoihin olivat keskenään suhteellisen samankaltaiset. Aamuruuhkan aikana pysähtyneiden ajoneuvojen viiveet vähenivät 7,0 % ja iltaruuhkan aikana 7,9 %. Saapuvien ajoneuvojen viiveet vähenivät aamuruuhkan aikana 10,0 % ja iltaruuhkan aikana 14,2 %. Matka-ajat idästä länteen vähenivät 9,0 % aamuruuhkan aikana ja 7,8 % iltaruuhkan aikana. Matka-ajat lännestä itään vähenivät 13,4 % aamuruuhkan aikana ja 12,7 % iltaruuhkan aikana.

Taulukko 5. SCATS – järjestelmän vaikutus ajoneuvojen keskimääräisiin viiveisiin ja matka-aikoihin päiväliikenteen aikana. Perustuu lähteeseen (Samadi et al 2012)

Tarkasteltava suure (s)	Päiväliikenne		
	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Pysähtyneen ajoneuvon viiveet	30,2	27,9	- 7,6
Saapuvan ajoneuvon viiveet	19,3	16,5	- 14,5
Matka-aika idästä länteen	122,5	118,3	- 3,4
Matka-aika lännestä itään	120,9	108,0	- 10,7

Päiväliikenteen tarkastelutilanteessa SCATS – ohjaus vähensi pysähtyneiden ajoneuvojen viiveitä keskimäärin 7,6 % ja saapuvien ajoneuvojen viiveitä 14,5 %. Matka-ajat

idästä länteen ja lännestä itään vähenivät 3,4 % ja 10,7 % edellä mainitussa järjestyksessä.

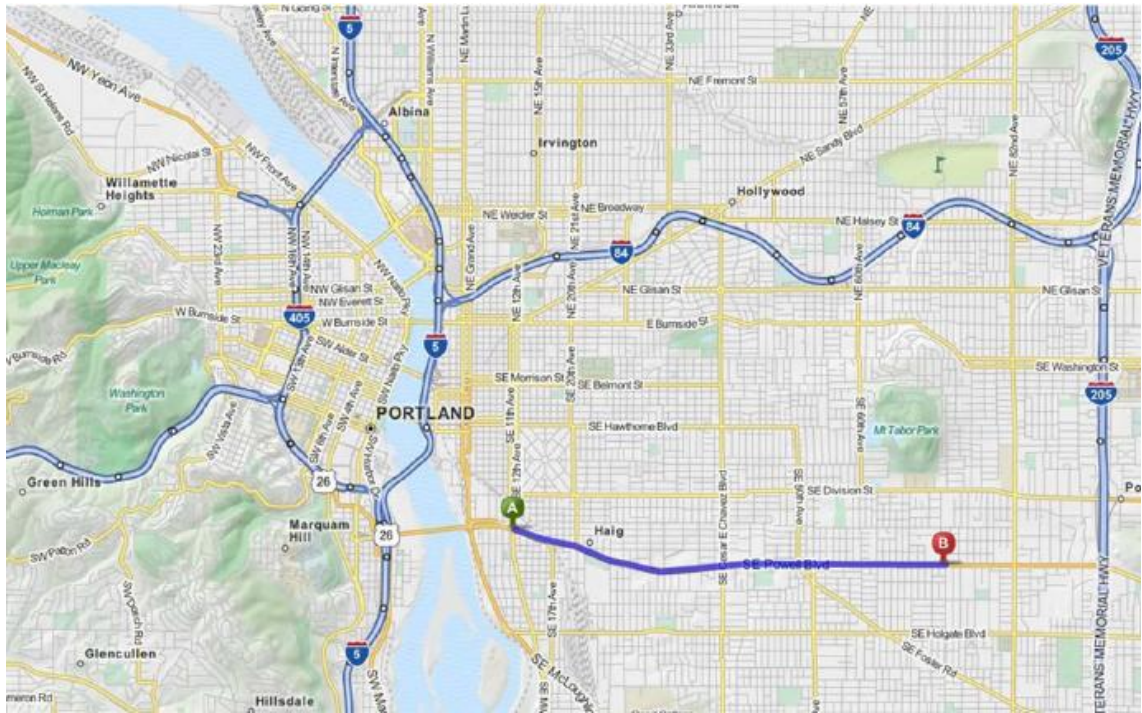
Matka-aikojen ja viiveiden lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin SCATS – järjestelmän suoria vaikutuksia polttoaineenkulutukseen ja ilmastopäästöihin. Tutkimuksessa ilmeni, että sekä polttoaineenkulutus että ilmastopäästöt putosivat huomattavasti. Polttoaineenkulutus ja ilmastopäästöt vähenivät SCATS – ohjauksella jokaisella tarkastelualueella jokaisella tarkasteluajankohdalla. Eniten polttoaineenkulutus väheni Sajjad bulevardilla iltaruuhkan aikaan. Tällöin polttoaineenkulutus väheni 15,9 % SCATS – ohjauksella. (Samadi et al 2012) Tutkimuksessa kaikkien tarkasteltavien ilmastopäästöjen paitsi typen oksidipäästöt vähenivät SCATS – ohjauksella. Typin oksidipäästöille olennaista on se, että ne kasvavat ajoneuvojen nopeuden kasvaessa.

Oregon, Yhdysvallat

Oregonissa, Yhdysvalloissa tutkittiin SCATS – järjestelmän vaikutusta joukkoliikenteen sujuvuuteen. Järjestelmän toimintaa testattiin Powell Bulevardilla, joka yhdistää US-26 valtatie Portlandin kaupungin keskustaan Oregonissa. Powell Bulevardi on hyvä esimerkki ruuhkautuneesta valtatiestä, tieosuus on yksi ruuhkautuneimmista valtateistä Portlandin metropolialueella. Portlandin kaupunki otti SCATS – järjestelmän käyttöön syyskuussa 2011 parantaakseen Powell Bulevardin liikenteen sujuvuutta. (Slavin et al 2012). Powell Bulevardin aikaisempi valo-ohjaus perustui kiinteisiin valo-ohjelmiin, jotka on suunniteltu siten, että viereiset liittymät toimivat keskenään yhteenkytkettyinä. (Slavin & Figliozzi 2015). Tutkimuksen laatijat uskoivat, että aikaisemmissa tutkimuksissa ei ole tarkasteltu samanaikaisesti SCATS – järjestelmän sekä joukkoliikenne-etuuksien vaikutusta joukkoliikenteen sujuvuuteen. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten joukkoliikenne-etuudet ja adaptiivinen valo-ohjaus vaikuttavat joukkoliikenteen sujuvuuteen. Kyseessä oli ensimmäinen SCATS – järjestelmän käyttöönotto Yhdysvalloissa ja mahdollisesti koko maailmassa, joka sisällytti joukkoliikenne-etuusjärjestelyt. (Slavin et al 2012)

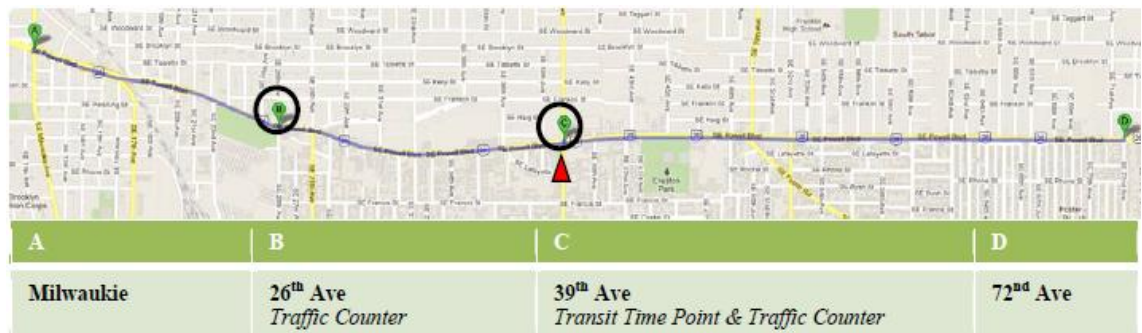
Powell Bulevardi, joka on osa valtatiestä US-26, kulkee itä-länsi-suunnassa. Valtatiellä on kaksi ajokaistaa kumpaankin suuntaan. Tieosuudella sijaitsee Ross Island silta, joka ylittää Willamette joen. Powell Bulevardilla ruuhkautumista esiintyy länteen päin kulkevalla ajosuunnalla aamuruuhkan aikana. Iltapäiväruuhkan aikana puolestaan itään päin kulkeva ajosuunta ruuhkautuu. Vuonna 2009 Ross Island sillalla vuosittainen keskimääräinen vuorokausiliikenne oli 56 500 ajoneuvoa. Vuorokausiliikenne Powell Bulevardin ja Milwaukien liittymässä oli 41 000 ajoneuvoa ja Powell Bulevardin ja 39th tien liittymässä 34 100 ajoneuvoa. Runsaan ajoneuvoliikenteen lisäksi Powell Bulevardilla liikennöi vilkas bussilinja numero 9. Vuonna 2011 linja kuljetti noin 40 matkustajaa ajoneuvotuntia kohden. Bussilinjan huipputunnit ilmenevät länteen päin kulkevalla ajosuunnalla aamuisin ja itään päin kulkevalla suunnalla iltapäivisin. Ruuhka-aikoina linjan vuoroväli on noin 15 minuuttia. (Slavin et al 2012)

Kuvassa 19 esitetään tutkimuksen tarkastelualue. Portlandin keskusta on tarkastelualueen länsipuolella. Kartassa pisteet A ja B esittävät tarkastelualueen alku- ja loppupisteitä.



Kuva 19. Powell Bulevardi, tutkimuksen tarkastelualue. (Slavin et al 2012)

Kuvassa 20 esitetään tarkastelualueen kannalta merkittävät liittymät. Liittymät A ja D ovat tarkastelualueen alku- ja loppupisteet. Liittymät B ja C, jotka on ympyröity, ovat liittymiä, joissa laskettiin liikennemäärät ja ajoneuvojen nopeudet. Liittymässä C, joka on merkitty punaisella kolmiolla, on joukkoliikenteen aikapiste, pysäkki jossa bussi odottaa, mikäli se kulkee aikatauluun etuajassa. (Slavin et al 2012)



Kuva 20. Tarkastelualueen kannalta merkittävät liittymät. (Slavin et al 2012)

SCATS – järjestelmän toimintaa verrattiin aikaisempaan valo-ohjaukseen vertailemalla liikennemääriä ja ajoneuvojen keskinopeuksia ennen – jälkeen – tutkimuksella. Liikennemäärät ja ajoneuvojen nopeudet laskettiin kuvan 20 liittymissä B ja C hyödyntämällä automaattisia liikennelaskureita. Valo-ohjauksen vaikutusta joukkoliikenteen sujuvuuteen tutkittiin tarkkailemalla linjan numero 9 bussien matka-aikoja, hukka-aikoja, vuoroväliviiveitä ja aikatauluviiiveitä. Aikatauluviiiveillä tarkoitetaan todellisen pysäkiltä lähtöajan ja aikataulutetun pysäkiltä lähtöajan erotusta. Vuoroväliviiveillä puolestaan

tarkoitetaan todellisen vuorovälin ja aikataulutetun vuorovälin erotusta. Aikatauluviiveitä hyödynnettiin tarkasteltaessa joukkoliikenteen ajantasaisuutta ruuhka-aikojen ulkopuolella ja vuoroväli viiveitä puolestaan ruuhka-aikoina. Hukka-ajoilla tarkoitetaan ylimääräistä aikaa, minkä bussi kuluttaa pysäkillä palveltuaan matkustajia. Hukka-ajat laskettiin jokaiselta pysäkillä tarkastelualueella. Kerätessä dataa liikennemääristä, ajoneuvojen nopeuksista ja joukkoliikenteen tunnusluvuista, analysoinnit suoritettiin vain sen suuntaiselta liikenteeltä, jolla joukkoliikenteen huiput esiintyvät. Tämä tarkoittaa sitä, että analysointi tehtiin aamulla länteen päin kulkevalta ajosuunnalta ja iltapäivällä itään päin kulkevalta ajosuunnalta. (Slavin et al 2012)

Joukkoliikenteen tunnuslukuja kerättiin saman kuukauden aikana, kahtena eri vuotena, jotta kausivaihtelut saataisiin karsittua tuloksista. Joukkoliikenteen dataa oli kerätty jatkuvasti ympäri vuoden, joten mitään rajoituksia datan saamiseksi ei ollut. Ennen ja jälkeen tilanteen tarkasteluajanjaksoiksi valittiin kahden peräkkäisen vuoden marraskuut. (Slavin et al 2012)

Liikennetietoja edelliseltä vuodelta ennen SCATS – järjestelmän käyttöönottoa ei ollut saatavilla. Data kerättiin viikkoa ennen SCATS – järjestelmän käyttöön ottoa. Tämä data sisälsi ennen – tilanteen ajoneuvojen liikennemäärä- ja nopeustiedot. Jälkeen – tilanteen data kerättiin kaksi kuukautta myöhemmin, jolloin SCATS – järjestelmä oli toiminnassa. SCATS – järjestelmän asentamisen jälkeen suoritettiin järjestelmän kalibrointi aikajakso. Tästä johtuen dataa ei kerätty aikaisemmin. (Slavin et al 2012)

SCATS – järjestelmän aiheuttamat muutokset keskinopeuksiin ja liikennemääriin esiintyvät taulukossa 6. Taulukon tuloksissa on keskiarvot maanantain, tiistain, keskiviikon, torstain ja perjantain tuloksista. Keskinopeuden muutos esiintyy muodossa, mailia tunnissa ja liikennemäärän muutokset muodossa, ajoneuvoa viittä minuuttia kohden.

Taulukko 6. SCATS – järjestelmän vaikutus keskinopeuksiin ja liikennemääriin. Perustuu lähteeseen (Slavin et al 2012)

Mittauspaikka ja ajankohta	Mph	Keskinopeus	Liikennemäärä	
		Muutos (%)	Ajoneuvot	Muutos (%)
26 th / Powell 07:00 - 09:00 idästä länteen	+4	+21	+7	+7
26 th / Powell 16:00 - 18:00 lännestä itään	+2	+7	+7	+5
39 th / Powell 07:00 - 09:00 idästä länteen	+2	+7	+4	+3
39 th / Powell 16:00 - 18:00 lännestä itään	-6	-22	-1	0

Taulukon 6 tulosten perusteella SCATS – järjestelmä paransi ajoneuvojen keskinopeuksia Powellin ja 26th tien liittymässä niin aamulla kuin iltapäivälläkin. Myös liikennemäärät kasvoivat SCATS – ohjauksen alaisuudessa. Powellin ja 39th tien liittymässä keskinopeudet ja liikennemäärät kasvoivat aamulla SCATS – ohjauksen alaisuudessa. Iltapäivällä SCATS – ohjaus puolestaan laski ajoneuvojen keskinopeuksia huomattavasti liikennemäärien pysyessä lähes samoina.

Taulukoissa 7, 8 ja 9 esiintyvät SCATS – järjestelmän vaikutukset bussien aikatauluviiveisiin, vuoroväliiviiveisiin, hukka-aikaan ja matka-aikoihin.

Taulukko 7. SCATS – järjestelmän vaikutus linjan 9 bussien aikatauluviiveisiin ja vuoroväliiviiveisiin. Perustuu lähteeseen (Slavin et al 2012)

Powell & 39 th	Aikatauluviive				Vuoroväliiive			
	lännestä itään		idästä länteen		lännestä itään		idästä länteen	
	off peak		offpeak		16:00 – 18:00		07:00 – 08:00	
	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen
keskiarvo (s)	168	172	138	109	0	-10	7	2

Taulukon 7 tuloksien perusteella voidaan todeta, että SCATS – järjestelmä ei juuri vaikuttanut linjan 9 bussien aikatauluviiveisiin ajosuunnalla lännestä itään. Ajosuunnalla idästä länteen aikatauluviiveet kuitenkin vähenivät huomattavasti verrattuna aikaisempaan valo-ohjaukseen. Vuoroväliiviiveisiin SCATS – järjestelmällä ei ollut juuri vaikutusta. Tulosten perusteella voidaan todeta, että SCATS – järjestelmä ei juuri vaikuttanut linjan 9 bussien ajantasaisuuteen, poikkeuksena ruuhka-ajan ulkopuoliset aikatauluviiveet ajosuunnalla idästä länteen.

Taulukko 8. SCATS – järjestelmän vaikutus linjan 9 bussien hukka-aikoihin. Perustuu lähteeseen (Slavin et al 2012)

	Yhteenlaskettu hukka-aika (s)		Keskimääräinen hukka-aika (s)	
	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen
Lännestä itään				
16:00 - 18:00	384	388	18.3	18.5
off peak	315	320	15.0	15.3
koko päivä	328	333	15.6	15.9
Idästä länteen				
07:00 - 08:00	380	390	18.1	18.6
off peak	324	328	15.4	15.6
koko päivä	331	337	15.8	16.0

Taulukon 8 tulosten perusteella, voidaan todeta, että SCATS – järjestelmällä ei ollut juuri vaikutuksia linjan 9 bussien hukka-aikoihin. Pääsääntöisesti SCATS – valo-ohjaus kasvatti bussipysäkeillä kertyneitä hukka-aikoja suhteessa aikaisempaan valo-ohjaukseen.

Taulukko 9. SCATS – järjestelmän vaikutus linjan 9 bussien matka-aikoihin. Perustuu lähteesseen (Slavin et al 2012)

Lännessä itään	16:00 – 18:00		off peak		koko päivä	
	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen
keskiarvo (s)	897	879	755	739	782	765
otoskoko	382	376	1578	1592	1960	1968
Idästä länteen	07:00 - 08:00		off peak		koko päivä	
	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen
keskiarvo (s)	953	1070	808	801	827	839
otoskoko	256	272	1641	1677	1897	1949

Taulukko 9 esittää linjan 9 bussien matka-ajat koko tarkastelualueen lävitse. Taulukosta ilmenee, että matka-ajat putosivat itään päin kuljettaessa SCATS – valo-ohjauksella verrattuna aikaisempaan valo-ohjaukseen niin ruuhka-aikana kuin ruuhka-aikojen ulkopuolella. Idästä länteen kuljettaessa matka-ajat puolestaan kasvoivat ruuhka-aikana, mutta laskivat muutamalla sekunnilla ruuhka-ajan ulkopuolella.

Tutkimuksen johtopäätöksessä mainitaan, että SCATS – järjestelmää ei ole suunniteltu parantamaan joukkoliikenteen suorituskykyä. Usein adaptiivisia valo-ohjausjärjestelmiä kuitenkin asennetaan ohjaamaan tärkeiden pääväylien liikennettä. Tällaiset väylät toimivat usein myös joukkoliikennelinjojen reitteinä. (Slavin et al 2012) Tulosten perusteella voidaan todeta, että SCATS – järjestelmällä ei ollut yhdenmukaisia vaikutuksia joukkoliikenteen sujuvuuteen. Yleisesti SCATS – ohjaus vähensi matka-aikoja ruuhka-aikojen ulkopuolella, joka kattaa suurimman osan päivästä. Kuitenkin ruuhka-aikoina, jolloin bussiliikenteen kysyntä on suurinta, vähensi SCATS – ohjaus matka-aikoja ainoastaan ajosuunnalla lännessä itään. Ajosuunnalla idästä länteen matka-ajat kasvoivat huomattavasti ruuhka-aikana.

3.3 ImFlow

3.3.1 Yleistä

ImFlow on Imtechin kehittämä, uusinta sukupolvea edustava adaptiivinen valo-ohjausjärjestelmä. Järjestelmä voitti vuonna 2012 Intertraffic Innovation Award – palkinnon Amsterdamissa Intertraffic messuilla. Palkinnon merkittävyyttä kuvaa se, että Intertraffic Innovation Award on liikenneteollisuuden tavoitelluin palkinto. (Imtech Traffic & Infra 2012)

ImFlow eroaa englantilaisesta SCOOT – järjestelmästä ja australialaisesta SCATS – järjestelmästä siten, että se toimii hajautetulla ohjausperiaatteella. Hajautettu ohjausperiaate mahdollistaa huomattavasti keskitettyä ja osittain hajautettua ohjausperiaatetta vähemmän tiedonsiirron määrän keskustietokoneen ja liittymäkojeiden välillä. Vähäinen tiedonsiirto keskustietokoneen ja liittymäkojeiden välillä mahdollistaa sen, että jär-

jestelmä toimii tehokkaasti ja taloudellisesti riippumatta siitä, ohjataan sillä yhtä valoliittymää vai laajaa valoliittymien verkostoa. (Imtech Traffic & Infra 2015a) Hajautettu ohjausperiaate mahdollistaa sen, että ohjattavan alueen liittymien ei tarvitse noudattaa keskenään samaa kiinteää kiertoaikaa, kuten SCOOT – ja SCATS – järjestelmissä (Wahlstedt 2013). Tämä tekee järjestelmän toiminnasta joustavampaa, koska liittymien kiertoaikoja voidaan muunnella liittymäkohtaisesti optimaalista tilannetta haettaessa. Näin ollen voidaan todeta, että SCOOT – ja SCATS – järjestelmien toiminta on hieman rajoittuneempaa kuin ImFlow – järjestelmän.

3.3.2 Järjestelmän toiminta

ImFlow – ohjaus on uudenlainen tapa hallita liikennettä ja liikennevirtoja. Jotta kaupungeista saataisiin parempia paikkoja asua ja työskennellä, on tehokas ja ympäristöystävällinen liikkuminen avainasemassa tavoitteen saavuttamisessa. Kaupungeilla on omat visionsa siitä, millaista kaupunkien liikenteen tulisi olla. Visiot ohjaavat hankkeita, joilla näihin liikenteellisiin tavoitteisiin päästäisiin. Liikennesuunnittelijat tarvitsevat työkaluja, joilla kaupunkien liikenteelliset visiot saataisiin helposti käytäntöön liikenteen ohjauksessa. Myös liikennemäärien vaihtelut tulee ottaa huomioon. ImFlow on työkalu, jolla kaupunkien liikenteelliset visiot voidaan toteuttaa liikennevalo-ohjauksella. (Imtech Traffic & Infra 2015a)

Alueelliset valo-ohjausjärjestelmät ovat ajan myötä kehittyneet kiinteitä valo-ohjelmia noudattavista järjestelmistä laitteistoarkkitehtuuriltaan keskitettyihin adaptiivisiin järjestelmiin ja näistä arkkitehtuuriltaan hajautettuihin adaptiivisiin valo-ohjausjärjestelmiin. Järjestelmien tehokkuuden kasvaessa, ei järjestelmistä itsestään tullut ainoastaan hyvin kompleksisia, vaan myös järjestelmien konfigurointi muuttui yhä haastavammaksi. Tästä johtuen ImFlow:n kehitystyössä haastavinta oli kehittää järjestelmä, joka optimoi liikennettä erittäin tehokkaasti, mutta oli samalla helppo konfiguroida käyttäjän liikenteellisten visioiden perusteella. (Van Vliet & Turksma 2013)

ImFlow – järjestelmän toiminta on tilaajan näkökulmasta hyvin yksinkertainen. Järjestelmän toiminnan perustana toimii tilaajan visio siitä, millä tavalla ohjattavan alueen liikennevirtoja tulisi hallita. Tavoitteina voivat olla esimerkiksi ajoneuvojen viiveiden ja pysähtymismäärien vähentäminen sekä jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden odotusaikojen minimointi. Myös tietyt reitit ohjattavalla alueella voivat olla liikenteellisesti toisia reittejä merkityksellisempiä. Näiden visioiden perusteella ImFlow – järjestelmälle asetetaan niin kutsutut toimintalinjaukset. Näiden tilaajan ja palveluntarjoajan yhdessä määrittelemien toimintalinjausten perusteella järjestelmä optimoi ohjattavan alueen liikennevirtoja. Kuvassa 21 havainnollistetaan esimerkkejä toimintalinjauksista, jotka voivat olla ImFlow – valo-ohjauksen perustana.



Kuva 21. ImFlow – ohjauksen toimintalinjaukset. (Imtech Traffic & Infra 2015a)

Keskenään toimintalinjaukset muodostavat eri skenaarioita. Kussakin skenaariossa kullekin toimintalinjaukselle asetetaan haluttu painoarvo. Painoarvojen avulla käyttäjä voi painottaa esimerkiksi eri reittien, etuusajoneuvojen sekä jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden liikennöinnin tärkeyttä liikenneverkolla. Kuvassa 21 käyttäjä voi muuttaa toimintalinjausten painoarvoja hyödyntämällä tablettitietokonetta. (Imtech Traffic & Infra 2015a).

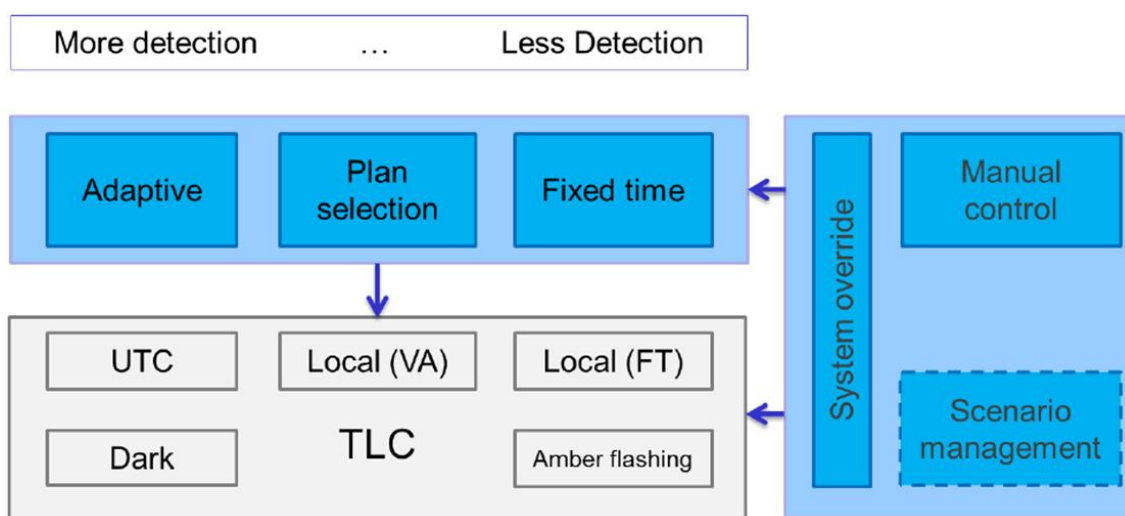
ImFlow – järjestelmän adaptiivinen algoritmi muuntaa toimintalinjausten painoarvot suoraan liikennevalojen ajoituksiksi reaaliajassa. Käyttäjän vaihtaessa toimintalinjausten painoarvoja kuvan 21 mukaisesti, astuvat muutokset voimaan välittömästi liikennevalojen ajoituksissa. Juuri ImFlow:n adaptiivinen algoritmi tekee järjestelmästä ainutlaatuisen verrattuna muihin adaptiivisiin valo-ohjauksjärjestelmiin. (Imtech Traffic & Infra 2015a)

ImFlow:n adaptiivinen algoritmi optimoi liikennevirtoja samanaikaisesti alueellisessa, reittikohtaisissa sekä liittymäkohtaisissa tasoissa. Jokaiselle tasolle on mahdollista asettaa toimintalinjauksia. Toimintalinjaukset alueellisella tasolla ovat määrääviä. Liittymäkohtaiset toimintalinjaukset lisäävät järjestelmän tehokkuutta entisestään hienosäätämällä haluttujen liittymien toimintaa. Mikäli jonkin liittymän kohdalla kulkee suuri määrä jalankulkijoita tai pyöräilijöitä tien ylitse, voidaan liittymäkohtaisilla toimintalinjauksilla rajoittaa kyseisen valoliittymän maksimikiertoaika, jolloin jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden odotusajat pienenevät. Alueellisen tason ja reittikohtaisten tasojen toimintalinjausten painoarvoja voidaan vaihdella kuvan 21 osoittamalla tavalla. Liittymäkohtaiset toimintalinjaukset on asennettu toimimaan järjestelmässä taustalle, eikä niiden muuntelu onnistu käyttäjältä vastaavalla tavalla.

ImFlow – järjestelmässä adaptiivinen algoritmi ohjaa alueen liikennevaloja perustuen kustannusfunktioihin. Järjestelmä ohjaa liikennevaloja pyrkien minimoimaan kustannusfunktioiden summia. Kustannusfunktiot kasvavat liikennevalojen ollessa punaisena ja ajoneuvojen lukumäärän kasvaessa. Edellä mainittujen toimintalinjausten painoarvot määräävät kustannusfunktioiden painoarvokertoimet. Alueellisen tason toimintalinjauk-

set muunnetaan opastinryhmien kustannusfunktioiksi (odotusaika, pysähtymismäärät, viiveet, jonon pituus) ja reittikohtaiset toimintalinjaukset reittien kustannusfunktioiksi (pysähtymismäärät, viiveet). (Van Den Bosch 2015) Tällä periaatteella järjestelmä pyrkii aina tarjoamaan vihreää kyseisille opastinryhmille, joilla kustannusfunktioiden arvo on suurin.

ImFlow on hyvin joustava ja skaalauntuva järjestelmä. Samalla järjestelmällä voidaan ohjata niin yksittäistä liittymää kuin suuren kaupungin koko liikenneverkkoa. Järjestelmä voi toimia monin eri tavoin. Järjestelmä voi toimia täysin adaptiivisesti, jolloin se säätelee liikennevalojen ajoituksia reaaliajassa liikennetietojen perusteella. Tämä on järjestelmän ensisijainen ohjaustapa. Järjestelmä voi toimia myös SAPS – menetelmällä, jolloin järjestelmä valitsee automaattisesti liikennetilanteeseen sopivimman valo-ohjelman valmiiksi laadituista valo-ohjelmista. Tämän ohella järjestelmä voi toimia hyödyntämällä valmiiksi suunniteltuja valo-ohjelmia valmiiksi suunnitelluilla ohjelmanvaihtoilla tai ohjaamalla liittymiä erillisohjatusti. ImFlow – järjestelmän toimintamuodot esitetään alla olevassa kuvassa. Kuvassa 22 valkoinen ruutu kuvaa liittymän liikennevalokojetta (TLC) ja sininen ImFlow – järjestelmän ImFlow moduulia. (Imtech Traffic & Infra 2015a)

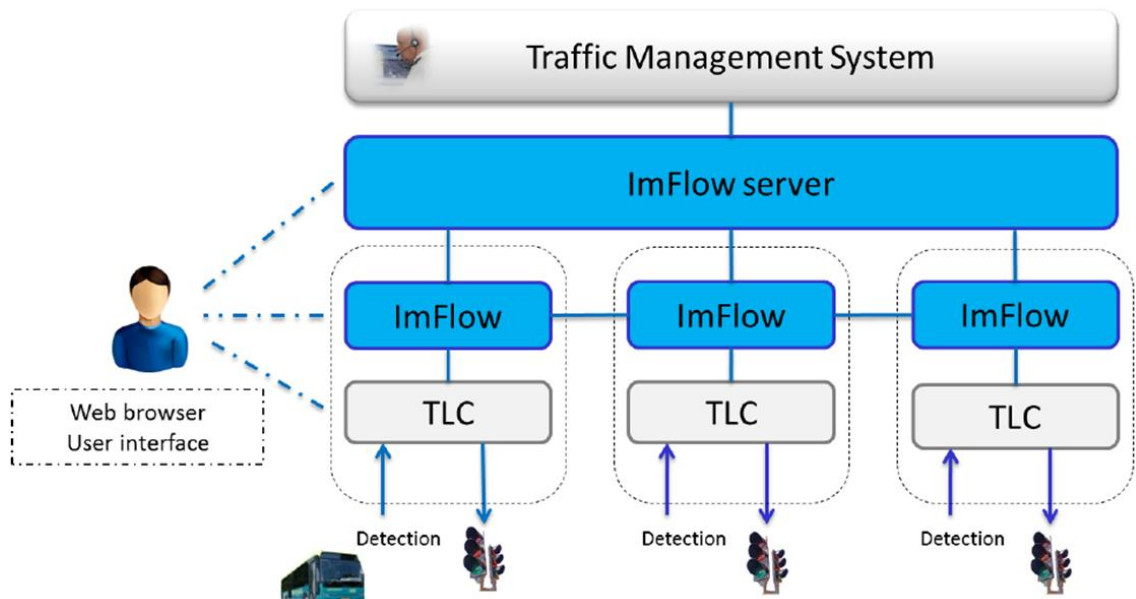


Kuva 22. ImFlow – järjestelmän toimintamuodot. (Van Den Bosch 2015)

ImFlow – järjestelmässä suurin laskentateho suoritetaan liittymäkojeilla, ei keskustietokoneella. Tämä mahdollistaa sen, että valo-ohjaus toimii, vaikka yhteys liittymäkojeen ja keskustietokoneen välillä olisi poikki. Järjestelmän adaptiivisen toiminnan kannalta kriittisintä on kahden liittymäkojeen välinen tiedonsiirto.

Kuvassa 23 havainnollistetaan kuinka ImFlow – järjestelmä toimii. Harmaat TLC (Traffic Light Controller) laatikot kuvaavat liittymien liikennevalokojeita. Liikennevalokojeisiin liittyvät siniset ImFlow laatikot kuvaavat liittymäkojeiden ImFlow moduuleita. ImFlow moduulit puolestaan ovat yhteydessä viereisten liittymien ImFlow moduuleihin sekä ImFlow serveriin. Web browser User interface on käyttäjän verkkopohjainen käyt-

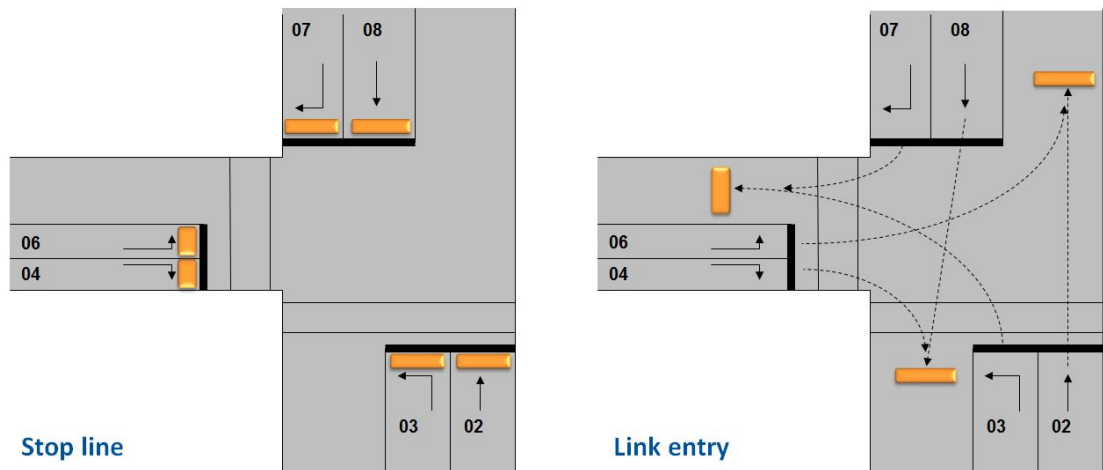
töliittymä ImFlow – ohjattavien liittymien toiminnan reaaliaikaiseen seuraamiseen. Käyttöliittymä esitellään luvussa 3.3.3.



Kuva 23. ImFlow – järjestelmän yleiskuvaus. (Van Den Bosch 2015)

Kuten edellä mainittiin, valo-ohjaus ei lakkaa toimimasta, vaikka liittymä menettäisi yhteyden ImFlow serveriin. Kyseisessä tapauksessa liittymän ImFlow moduuli lähettää edelleen reaaliaikaista liikennetietoa viereisiin liittymiin, jotka voivat edelleen toimia täysin adaptiivisesti. Liittymä, joka menettää yhteyden ImFlow serveriin päätyy noudattamaan niin kutsuttua varaohjelmaa. Varaohjelmana voi toimia esimerkiksi valmiiksi suunniteltu valo-ohjelma, tai liittymä voi siirtyä toimimaan erillisohjatusti. Myös tapauksessa, jossa liittymän adaptiivisessa ohjauksessa on havaittu ongelmia, siirtyy liittymä noudattamaan varaohjelmaa. Viereiset liittymät voivat edelleen toimia adaptiivisesti. Mikäli liittymän ImFlow moduuli menettää yhteyden liikennevalokojeseen esimerkiksi järjestelmävirian vuoksi, ei moduuli pysty olemaan yhteydessä viereisten liittymien kanssa. Tässä tapauksessa kyseinen liittymä sekä sen viereiset liittymät päätyvät noudattamaan varaohjelmaa, koska myöskään niiden ImFlow moduulit eivät vastaanota ajantasaista liikennetietoa kyseisestä liittymästä. (Van Den Bosch 2015)

ImFlow – järjestelmän optimaalisen toiminnan kannalta hyvät ilmaisinjärjestelyt ovat erittäin tärkeitä. ImFlow – järjestelmälle parhaiten soveltuvimmat ilmaisimet ovat jokaisen liittymävalin sisääntuloilmaisimet. ImFlow – järjestelmän kannalta myös pysäytysviivalle asennetut ilmaisimet soveltuvat hyvin, mikäli jokaisella kaistalla on omat ilmaisimet. Kuvassa 24 esitetään järjestelmän kannalta optimaaliset ilmaisinsijoittelut. Vasemmalla puolella kuvaa esitetään ilmaisinten sijoittelut, mikäli käytetään pysäytysviivalla olevia ilmaisimia. Oikealla puolella ovat ilmaisinsijoittelut käyttämällä liittymävalin sisääntuloilmaisimia.



Kuva 24. ImFlow – järjestelmän optimaaliset ilmaisinsijoittelut. (Van Den Bosch 2015)

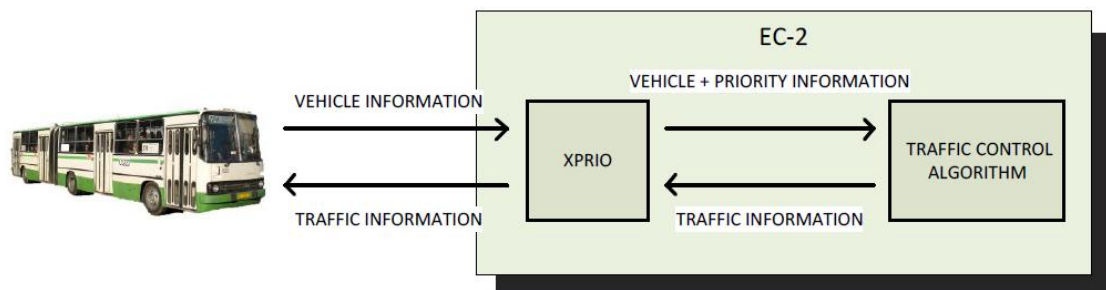
Liittymien välisten linkkien jonojen arviointi ilmaisintietojen perusteella on ImFlow – järjestelmän optimaalisen toiminnan kannalta kriittistä. Mikäli ilmaisinjärjestelyt ovat puutteellisia, tapahtuu ilmaisimilla laskuvirheitä. Aliarvioitu ajoneuvojono johtaa tarvittuja lyhempiin vihreiden pituuksiin ja puolestaan yliarvioitu ajoneuvojono tarvittuja pidempiin vihreiden pituuksiin. ImFlow – järjestelmän kannalta haitallisinta ovat aliarvioidut jonopituudet. Näitä virheitä on kaikkein hankalin havaita ja korjata. Mikäli arvioiduissa jonopituuksissa havaitaan virheitä, pyritään kyseiset virheet korjaamaan muokkaamalla jonopituuksia perustuen havaittuihin kaavoihin jonojen pituuksissa. (Van Den Bosch 2015)

Joukkoliikenne-etuudet

Nykyisin Tampereella joukkoliikenne-etuuksia toteutetaan hyödyntämällä joukkoliikenteen informaatiojärjestelmää nimeltään IJ2010. Informaatiojärjestelmän toiminta perustuu älykkääseen taustajärjestelmään, jonne bussit lähettävät paikkatietoaan sekunnin välein 3G – yhteydellä. Informaatiojärjestelmä mahdollistaa joukkoliikenne-etuustoimintojen lisäksi muun muassa bussipysäkkien digitaalinäytöt, jotka kertovat reaaliajassa bussin saapumisajankohdan. Bussien saapuessa etuuskien pyyntöasteille, taustajärjestelmä lähettää pyynnön liikennevalokojien yhteydessä oleville vastaanottimille. Vastaanottimet välittävät pyynnön liikennevalokojelle, jotka tarjoavat busseille liikennevaloetuksia, mikäli etuuskien kriteerit täyttyvät. Näitä voivat olla esimerkiksi bussin kulkeminen myöhässä aikataulustaan. Bussin kuljettua liittymän läpi ja ohitettua kuittauspisteen, joukkoliikenne-etuus katkaistaan ja valo-ohjaus palautuu normaaliksi. (Ruotsalainen 2013)

ImFlow – järjestelmä kykenee hyödyntämään joukkoliikenteen informaatiojärjestelmän tarjoamaa bussien reaaliaikaista reittitietoa entistä tehokkaammin XPRIO – osakokonaisuudella. XPRIO – osakokonaisuus tarjoaa ImFlow – järjestelmälle tiedon bussin aikataulusta ja sen reitistä, mahdollistaen etuuskien tarjoamisen koko reitillä yhden liittymän sijasta. Tämä tapahtuu siten, että bussin pyytäessä joukkoliikenne-etuutta tietyn liitty-

män kohdalla, järjestelmä välittää etuuspyynnön muihin liittyimiin reitillä, jolla bussin tiedetään kulkevan. Tämän tiedon perusteella viereiset liittymät osaavat ajoittaa joukkoliikenne-etuudet oikea-aikaisesti bussin saapuessa. Tämä vähentää bussin turhia pysähtyksiä, joita mahdollisesti tapahtuisi bussin pyytäessä etuuksia erikseen jokaisen liittymän kohdalla. ImFlow – järjestelmässä XPRIO – osakokonaisuus tukee absoluuttisia ja ehdollisia etuuksia. (Imtech Traffic & Infra 2015b) Absoluuttiset etuudet tarkoittavat sitä, että etuustoiminto tapahtuu joka kerta ajoneuvon pyytäessä etuutta. Absoluuttisia etuuksia käytetään muun muassa hälytysajoneuvojen etuuksiin. Ehdollinen etuus tarkoittaa sitä, että etuudet eivät tapahdu automaattisesti vaan perustuvat toimintalinjauksissa asetettuihin joukkoliikenteen painoarvoihin ja bussien ajantasaisuuteen. XPRIO – osakokonaisuus mahdollistaa myös bussilinjojen ja bussien erottelun toisistaan. Tämä mahdollistaa sen, että yksittäisten bussien etenemistä ja toteutuneita etuuksia voidaan tarkastella ImFlow – järjestelmän verkkopohjaisessa käyttöliittymässä. XPRIO – osakokonaisuuden toimintaa havainnollistetaan kuvassa 25.

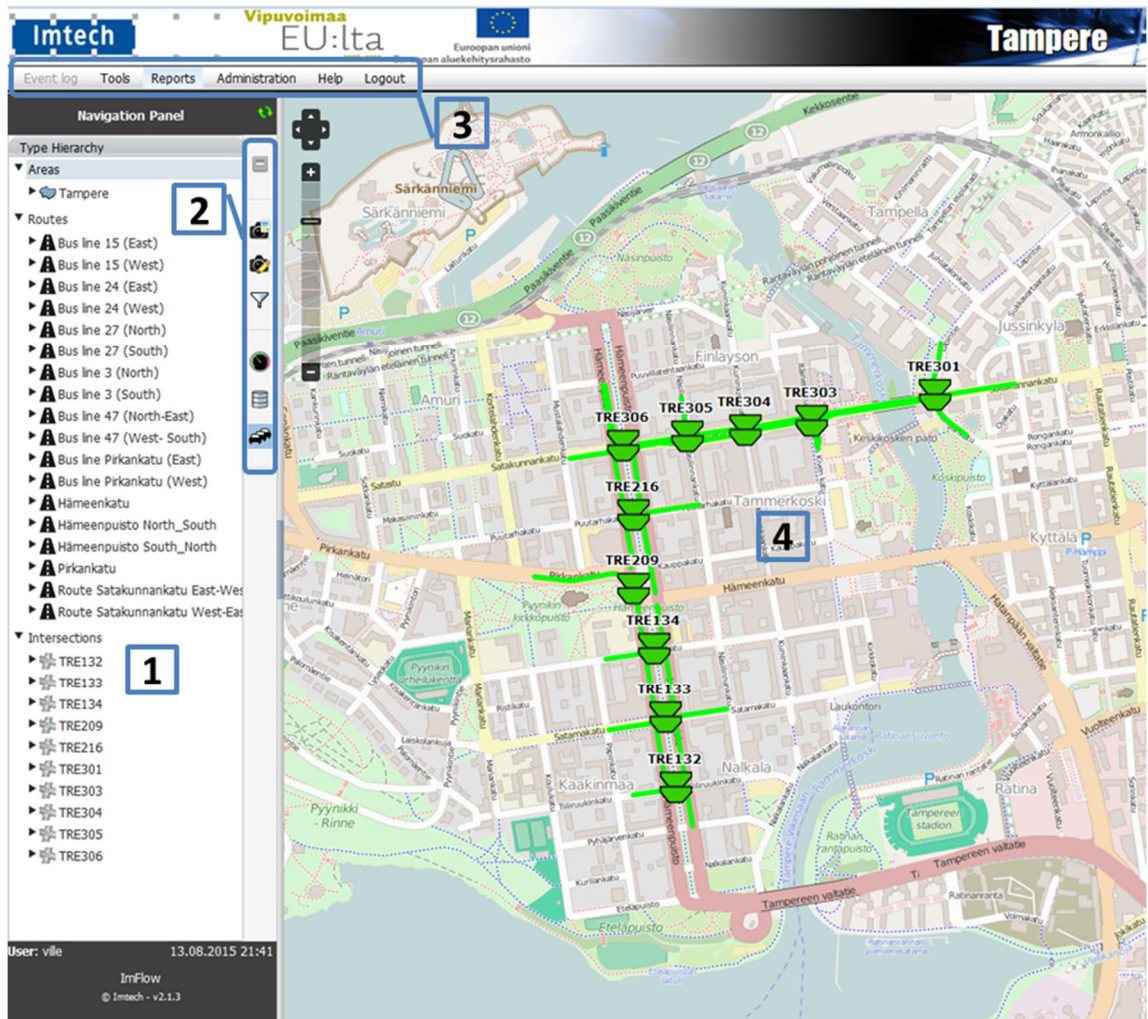


Kuva 25. Havainnollistava kuva XPRIO – järjestelmän toiminnasta. (Imtech Traffic & Infra 2015b)

3.3.3 ImFlow Central

Käyttöliittymän kuvaus

ImFlow Central on verkkopohjainen järjestelmä, joka mahdollistaa ImFlow – ohjattavien liittymien toiminnan tarkastelun ja kontrolloinnin. Järjestelmä tarjoaa mahdollisuuden nähdä nopea yleiskuva ImFlow – valo-ohjauksen toiminnasta karttapohjalla. Tämän lisäksi järjestelmä sisältää lukuisia toimintoja, joilla voidaan sekä vaikuttaa valo-ohjauksen toimintaan että tarkastella mennyttä ja reaaliaikaista dataa liittymien ja liittymäväliden toiminnasta. Käyttäjä pääsee käsiksi järjestelmään käyttäjäkohtaisella salattulla VPN – yhteydellä.






Kuva 26. ImFlow Central – järjestelmän käyttöliittymä.

Kuvassa 26 on ImFlow Central – järjestelmän selainpohjaisen käyttöliittymän aloitusikkuna. Ikkunan vasemmassa reunassa on navigointipaneeli, jonka oikeassa laidassa sijaitsee navigointipaneelin työkalupalkki. Navigointipaneelin yläpuolella sijaitsee päämenupalkki. Karttaruutu tarjoaa pintapuolisen kuvan ohjattavan alueen liittymien ja liittymävälien toiminnasta ja toimii nopeana pääsynä liittymien ja liittymävälien käyttäjäasetuksiin. Kuvassa 26 navigointipaneeli on merkitty numerolla 1, navigointipaneelin työkalupalkki numerolla 2, päämenupalkki numerolla 3 ja karttaruutu numerolla 4.

Kuvan navigointipaneelissa on esillä kaikki Tampereen ImFlow – järjestelmän elementit; alueellinen taso, ajoreitit ja liittymät. Elementtejä klikkaamalla saadaan esille valikko, joka mahdollistaa asetusten muuttamisen.

Navigointipaneelin työkalun ylin painike piilottaa kaikki paneelin elementit pääluokansa alle. Ylin kamerapainike ottaa ja tallentaa ruutukaappauksen kyseisen hetken tilanteesta karttaruudulla. Kyseinen toiminto on hyödyllinen, mikäli käyttöliittymällä on useampia käyttäjiä eri intresseillä. Alempi kamerapainike listaa kaikki käyttäjän tallentamat ruutukaappaukset. Valitsemalla tietty ruutukaappaus, saadaan näkyviin kyseisen hetken tilanne karttaruudulla.

Navigointipaneelin työkalupalkin kolmella alimmalla painikkeella voidaan valita, mitä liittymien väliset linkit kuvaavat karttapohjalla. Kolmanneksi alin painike asettaa värit kuvaamaan linkkien ajonopeuksia. Kyseinen näkymä tarjoaa informaatiota reaaliaikaisista nopeuksista ohjattavalla alueella. Keskimäinen painike asettaa linkkien värit kuvaamaan liikennemääriä. Alin painike puolestaan asettaa linkkien värit kuvaamaan jonon pituuksia liittymäväleillä. Värikoodaukset esitetään kuvassa 27.




Link status	Description	Colour
Low	Value of the selected coding is bellow low threshold	
Medium	Value of the selected coding is between low and high thresholds	
High	Value of the selected coding is above high threshold	







Kuva 27. Karttaruudun linkkien värien selitykset. (Van Den Bosch 2015)

Vihreä väri tarkoittaa sitä, että linkin arvo on hyvä – rajan paremmalla puolella. Keltainen väri tarkoittaa sitä, että linkin arvo on välillä hyvä – huono. Punainen väri puolestaan tarkoittaa sitä, että linkin arvo on huono – rajan huonommalla puolella. Raja-arvot asetetaan erikseen ajonopeuksille, liikennemäärille ja jonopituuksille. Kyseiset raja-arvot pysyvät samoina koko ohjattavalla alueella. Näin ollen tilanne, jossa tietyllä liittymävälillä tietty ajonopeus vastaisia hyvää tasoa ja jollakin toisella liittymävälillä sama ajonopeus olisi tasojen hyvä ja huono välillä, ei ole mahdollinen. Kuvassa 26 linkkien värit kuvaavat jonopituuksia ja kaikkien linkkien arvot ovat hyvä – rajan paremmalla puolella.

Karttaruudulla taustakartana toimii OpenStreetMap – karttapohja. Kartan tarkoituksena on antaa käyttäjälle nopea yleiskatsaus järjestelmän monitoroinnin alaisista elementeistä. Elementtien nykytila havainnollistetaan helposti tunnistettavilla värillisillä ikoneilla, jotka sijaitsevat omilla luonnollisilla sijainneillaan maastossa. Karttaikkunan oikealla yläreunassa on Tasot – painike, josta voidaan valita, mitä tasoja näytetään. Esimerkiksi liittymäkuvakkeet voidaan poistaa näkyvistä. Kuvassa 26 kyseinen painike rajautuu ulos kuvasta. Karttaikkunan vasemmassa yläreunassa on painike, jolla voidaan vaihtaa kartan mittakaavaa ja liikutella ikkunassa näytettävää aluetta. Klikkaamalla karttaikoneita hiiren vasemmalla painikkeella aukeaa ikkuna, joka tarjoaa lisätietoa valitusta elementistä. Linkkien kohdalla ikkuna kertoo linkin nimen ja tunnuksen lisäksi viimeisen viiden minuutin ajalta keskinopeuden, liikennemäärän, jonopituuden metreinä ja ajoneuvoina kyseiseltä linkiltä. Liittymän kohdalla ikkuna kertoo, mitä ohjelmaa valo-ohjaus noudattaa ja tämän lisäksi viimeisen viiden minuutin keskimääräiset pysähtymisajat, pysähtymismäärät ja liikennemäärän. Klikkaamalla karttaikoneita hiiren oikealla painikkeella aukeaa valikko, joka mahdollistaa asetusten muuttamisen.

Liittymäkuvakkeet koostuvat kahdesta osasta. Ylempi kuvake kuvaa liittymän ImFlow – moduulin eli DAAP:n (Distributed Adaptive Algorithm Product) tilaa ja alempi kuvake liittymäkojeen tilaa. Kuvakkeiden värien selitykset esitetään kuvassa 28.

DAAP status	Description	Colour
Traffic Adaptive	DAAP is in the adaptive mode	
Fixed Time	DAAP is running a fixed time plan	
Undefined	DAAP status is unknown	

TLC status	Description	Colour
UTC	TLC is under the UTC control	
Off	TLC is turned off	
Local	TLC is in the Local mode	
Stand By	TLC is in Stand By mode (amber flashing)	
Not connected	DAAP is not connected to TLC	
Undefined	TLC state is unknown	

Kuva 28. Karttaruudun liittämäkuvakkeiden värien selitykset. (Van Den Bosch 2015)

ImFlow – moduulin kohdalla vihreä väri tarkoittaa sitä, että ImFlow – moduuli toimii normaalisti ja on adaptiivisessa tilassa. Sininen väri tarkoittaa sitä, että moduuli ei toimi adaptiivisesti, vaan ohjaa liittymää kiinteiden valo-ohjelmien avulla. Kyseinen toiminta ei ole käytössä Tampereen järjestelmässä. Harmaa väri tarkoittaa moduulin tilan olevan tuntematon.

Liittymäkojeen kohdalla vihreä väri tarkoittaa liittymän toimivan adaptiivisesti ImFlow – ohjauksella. Musta väri tarkoittaa sitä, että liittymäkoje on sammutettu ja liittymän liikennevalot ovat pois päältä. Valkoinen väri tarkoittaa sitä, että liittymä ei noudata adaptiivista valo-ohjausta, vaan kiinteää SYVARI valo-ohjelmaa. Tässä tilanteessa ImFlow – moduuli voi edelleen olla adaptiivisessa tilassa, mutta liittymä on vaihdettu noudattamaan kiinteää valo-ohjelmaa. Kyseisenlainen tilanne voi toteutua esimerkiksi silloin kun liittymän adaptiivisessa ohjauksessa on havaittu ongelmia ja liittymän ohjaus on vaihtunut automaattisesti noudattamaan varaohjelmaa. Keltainen väri tarkoittaa sitä, että liittymäkoje on keltavilkulla. Harmaa väri puolestaan tarkoittaa sitä, että ImFlow – moduuli ei ole yhteydessä liittymäkojeeseen, tai että liittymäkojeen tila on tuntematon. Kyseiset kuvakkeet kuvaavat ImFlow – moduulin ja liittymäkojeen tilaa silloin, kun ImFlow – moduulit on kytketty ImFlow Centraliin ja ne lähettävät tietoa. Mikäli ImFlow – moduuli ei ole kytkettynä ImFlow Centraliin, liittymän kohdalla näkyy harmaa yliviivattu kahdeksankulmio, joka ilmoittaa, että liittymään ei ole yhteyttä.

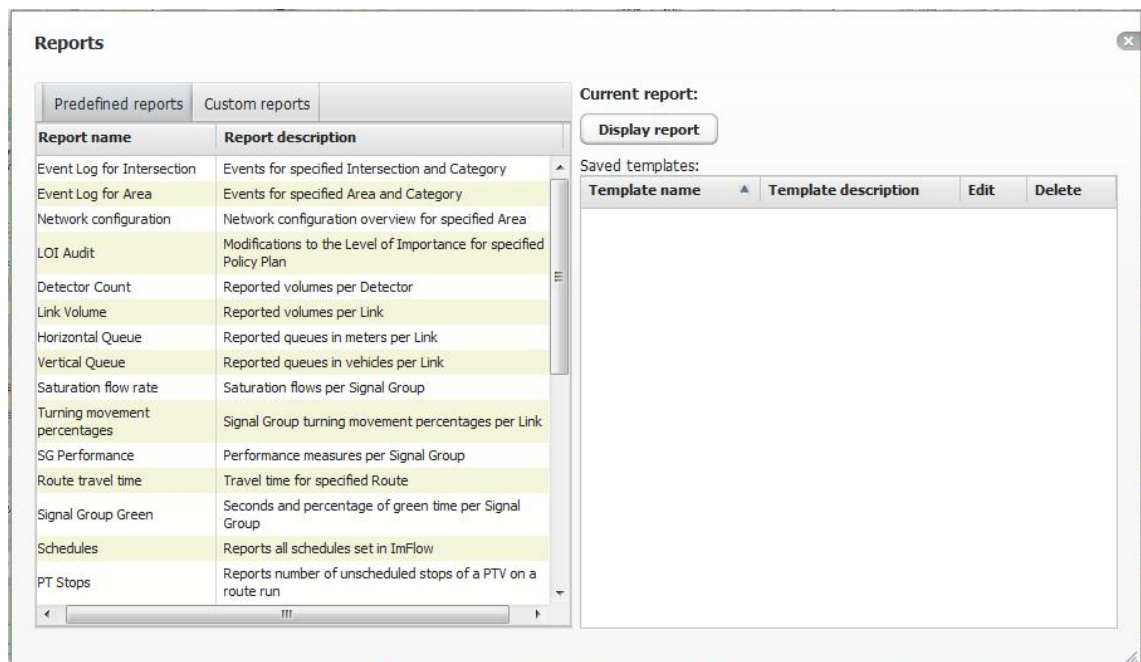
Päämenupalkissa olevat painikkeet ovat vasemmalta katsottuna:

- Tapahtumaloki (Event log) listaa kaikki alueen, reittien ja liittymien tapahtumat
- Työkalut (Tools) avaa alavalikon:
 - Jonodiagrammi (Queue diagram) esittää liittymien tulosuuntien jonopi-tuudet metreinä ja ajoneuvoina reaaliajassa.

- Aikapaikkadiagrammi (Time Space diagram), jota käytetään havainnollistamaan liittymien välisiä vihreitä aaltoja reaaliajassa esittämällä liittymien opastinryhmien tilaa samalla aikajanalla.
- Joukkoliikennetaulukko (PT Tabular) esittää liittymien joukkoliikennetapahtumat taulukkomuodossa. Kaikki tapahtumat tallentumat automaattisesti tietokantaan, joka mahdollistaa myöhemmän tarkastelun.
- Raportit (Report) mahdollistaa lukuisten havainnollistavien raporttien luomisen.
- Hallinto (Administration) mahdollistaa järjestelmä- ja käyttäjäasetusten muuttamisen.
- Apua (Help) tarjoaa käyttöjärjestelmän ohjekirjan.
- Kirjautu ulos (Logout).

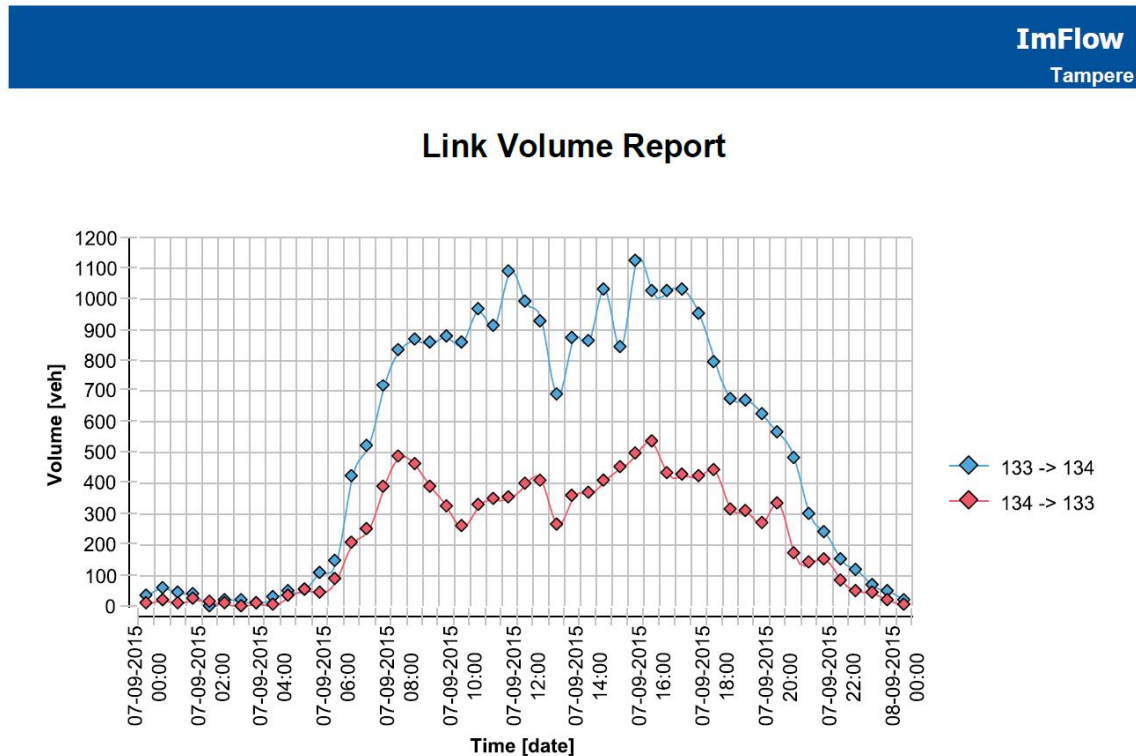
Raporttien luominen

Käyttöliittymä mahdollistaa lukuisten erilaisten raporttien luomisen. Raportit havainnollistavat hyvin ohjattavan alueen valo-ohjauksen toimintaa. Liikennesuunnittelijat voivat hyödyntää raportteja liikennesuunnittelun pohjatietoina. Seuraavat kuvat havainnollistavat, sitä millaisia raportteja valo-ohjauksen toiminnasta on mahdollista luoda. Raportti-valikko esitetään kuvassa 29



Kuva 29. Raportit – ikkunan valikko.

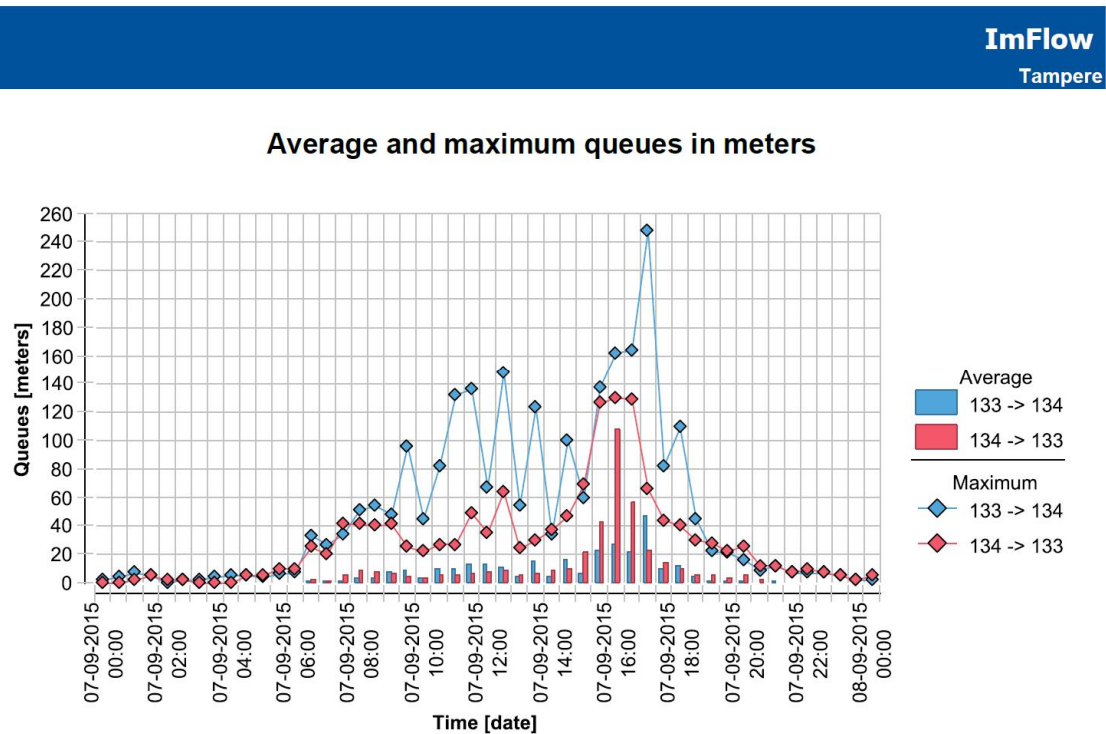
Kuvassa 30 on luotu raportti (Link Volume) liittymien 133 ja 134 välisestä ajoneuvoliikenteestä vuorokauden ajalta. Raportti havainnollistaa selkeästi, miten liikennemäärät kyseisellä liittymävälillä vaihtelevat eri vuorokauden aikoina.



Kuva 30. Liittymien 133 ja 134 väliset liikennemäärät vuorokauden ajalta.

Raportin luonnissa voidaan valita, miltä ajanjaksolta ja miten tiheällä aikavälillä tulokset esitetään. Kyseisessä kuvassa aikaväli on 30 minuuttia. Kuvassa sinisellä käyrällä esitetään liittymästä 133 à 134 pohjoiseen ja punaisella liittymästä 134 à 133 etelään kulkeva ajoneuvoliikenne. Raportti havainnollistaa, että kyseisellä liittymävälillä pohjoiseen kulkeva suunta on selkeästi enemmän liikennöity. Kyseisen kuvan lisäksi järjestelmä tuottaa taulukon, joka esittää jokaiselta, tässä tapauksessa 30 minuutin aikaväliltä, tarkat liikennemäärät kullakin ajosuunnalta kyseisen aikavälin aikana.

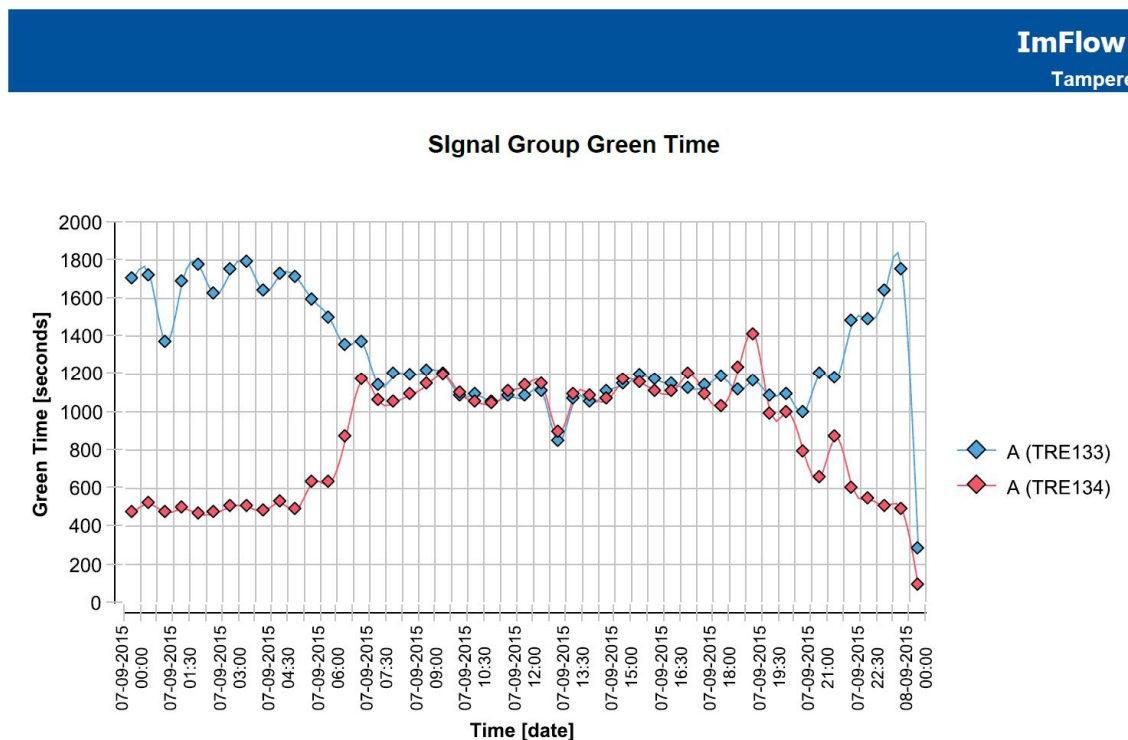
Kuvassa 31 on luotu raportti samojen liittymien keskimääräisistä ja maksimijonopituuksista (Horizontal Queue) saman ajanjakson ajalta.



Kuva 31. Liittymien 133 ja 134 väliset keskimääräiset ja maksimijonopituudet vuorokauden ajalta.

Raportti havainnollistaa selkeästi, kuinka keskimääräiset ja maksimijonopituudet kehittyvät vuorokauden aikana. Kuvassa esiintyy selvä huippu jonopituuksissa iltaruuhkan aikana. Kuten kuvan 30 liikennemääräraportissa, myös jonopituuksien raporteissa järjestelmä tuottaa kuvan lisäksi taulukon, joka esittää tarkat jonopituudet valitun aikavälin ajalta.

Kuvassa 32 on raportti liittymien 133 ja 134 opastinryhmän A vihreän ajan osuudesta. Opastinryhmä A vastaa molemmissa liittymissä etelästä pohjoiseen kulkevan ajosuunnan pallo-opastinta. Tarkasteluajankohta ja aikaväli ovat samat kuin edellä olevissa taulukoissa.



Kuva 32. Liittymien 133 ja 134 opastinryhmien A vihreänajan osuus.

Tarkastelu aikavälin ollessa 30 minuuttia, voi opastinryhmä olla vihreällä maksimissaan 1800 sekuntia. Raportista käy ilmi, että yöllä liittymän 133 opastinryhmä A on vihreällä lähes 100 % ajasta. Päivällä molempien liittymien opastinryhmä A on vihreällä keskimäärin noin 60 – 70 % ajasta. Edellä mainitun kuvan lisäksi järjestelmä tuottaa taulukon, joka esittää tarkan sekuntimäärän sekä prosenttiosuuden ajasta, jonka opastinryhmä on kyseisten aikavälien aikana vihreällä. Taulukosta käy ilmi myös se, montako ajoneuvoa on kulkenut liittymän läpi opastinryhmän vihreän aikana.

3.3.4 Saavutetut tulokset

Kööpenhamina, Tanska

ImFlow – järjestelmän toimintaa on testattu Kööpenhaminassa, Valbyssa. Tarkasteltava alue kattaa kymmenen valoliittymää, jotka on kytketty ImFlow – järjestelmään. Tarkasteltavalla alueella sijaitsee ostoskeskus, rautatieasema ja alueella kulkee joukkoliikennelinjoja. (Madsen & Van Den Bosch 2013)

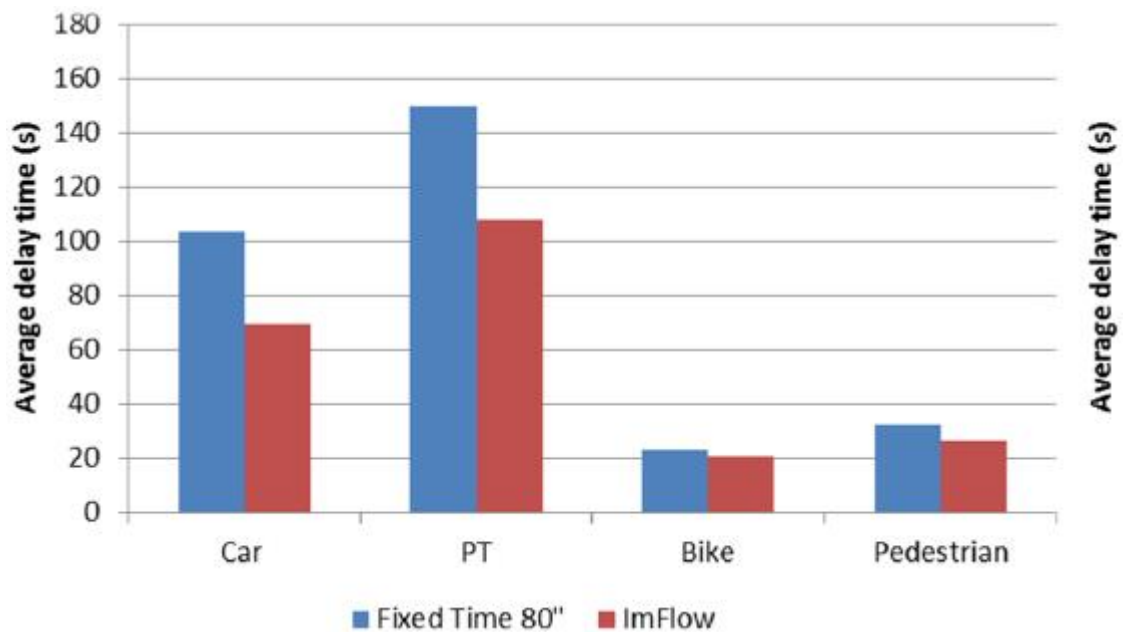
Aikaisempi valo-ohjaus perustui kiinteällä kiertoajalla toimiviin valo-ohjelmiin, jotka on ajoitettu siten, että vierekkäiset liittymät toimivat yhteenkytkettyinä muodostaen vih-

reitä aaltoja. Ruuhka-aikoina liittymät toimivat 80 sekunnin kiertoajalla. (Madsen & Van Den Bosch 2013)

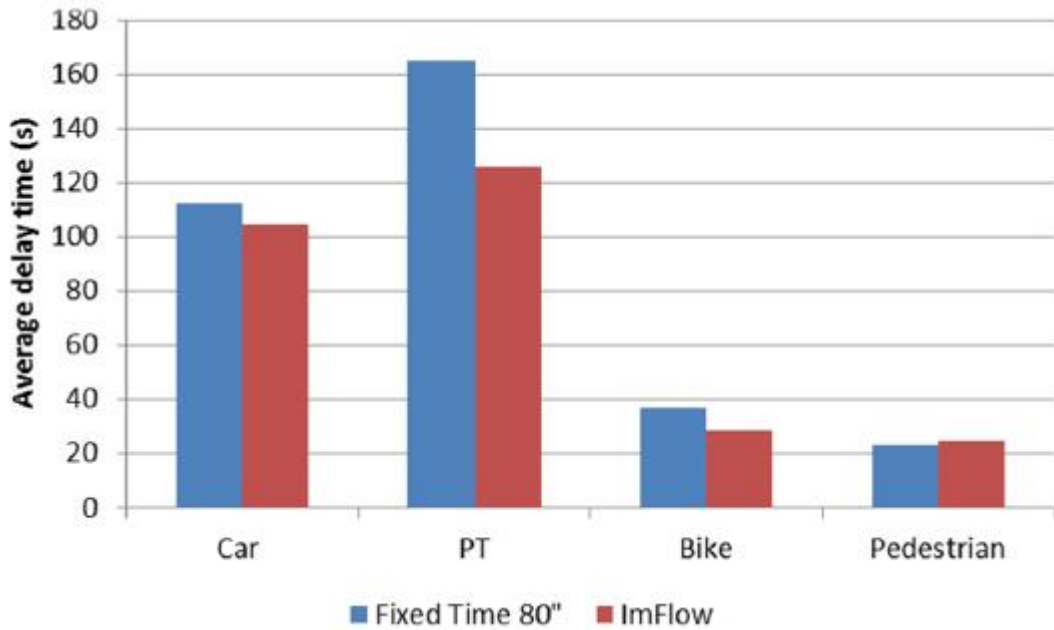
ImFlow – järjestelmä konfiguroitiin seuraavien liikenteellisten tavoitteiden perusteella: Kolmen tärkeimmän joukkoliikennelinjan keskinopeuksia pyrittiin kasvattamaan 5 %:lla. Joukkoliikennelinjojen odotusaikojen liittymissä haluttiin vähentää viidellä sekunnilla liittymäkohtaisesti. Sen ohella, että joukkoliikenteen sujuvuutta pyrittiin parantamaan, jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden keskimääräiset odotusajat eivät saaneet kasvaa alkuperäisestä. Samalla koko verkon liikenteellisen suorituskyvyn taso täytyi pysyä vähintään samana kuin aikaisemman valo-ohjauksen tilanteessa. (Madsen & Van Den Bosch 2013)

ImFlow järjestelmä konfiguroitiin asettamalla järjestelmälle seuraavat alueelliset toimintalinjaukset: yhteenkytkentä, jonojen pituudet, odotusajat ja joukkoliikenne. Toimintalinjauksia painotettiin siten, että yhteenkytkennän painoarvoksi asetettiin 5, jonojen pituuksien painoarvoksi asetettiin 5, odotusaikojen painoarvoksi asetettiin 6 ja joukkoliikenteen painoarvoksi asetettiin 7. Toimintalinjausten painoarvojen perusteella valo-ohjauksella pyrittiin siis suosimaan joukkoliikennettä ja minimoimaan odotusaikojen. (Madsen & Van Den Bosch 2013)

Valo-ohjauksen toimintaa simulointiin VISSIM – mikrosimulointimallilla ennen järjestelmän käyttöönottoa. Näin oli mahdollista saada selville, millaisia tuloksia ImFlow – valo-ohjaus tuottaa suhteessa aikaisempaan valo-ohjaukseen. Alueellisella tasolla ImFlow – järjestelmän simuloinneissa tuottamat hyödyt aamu-, sekä iltapäiväruuhkien aikana esiintyvät kuvissa 33 ja 34.



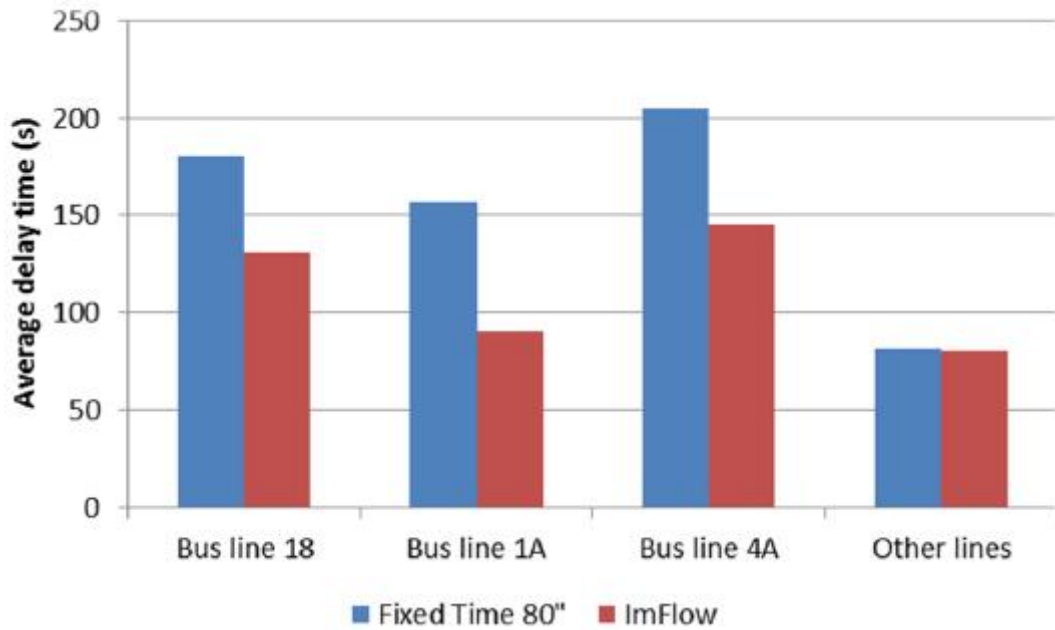
Kuva 33. ImFlow – järjestelmän vaikutukset keskimääräisiin viiveisiin aamuruuhkan aikana. (Madsen & Van Den Bosch 2013)



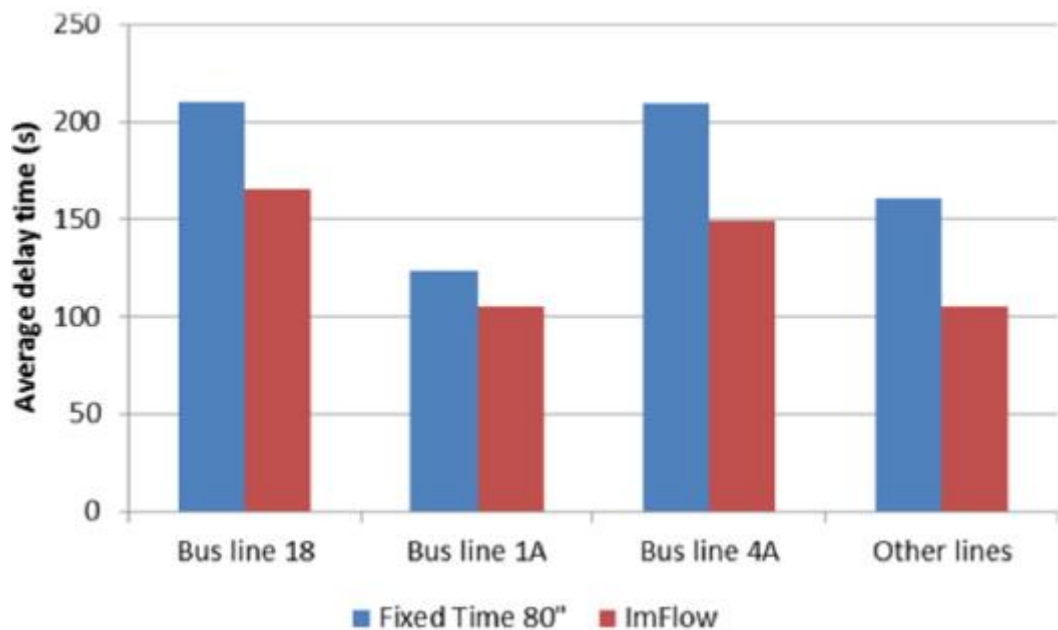
Kuva 34. *ImFlow – järjestelmän vaikutukset keskimääräisiin viiveisiin iltapäiväruuhkan aikana. (Madsen & Van Den Bosch 2013)*

Kuvista ilmenee, että niin aamu- kuin iltapäiväruuhkien aikana joukkoliikenteen (PT) keskimääräiset viiveet olivat huomattavasti pienemmät kuin aikaisemman valo-ohjauksen aikana. Aamuruuhkan aikana kaikkien kulkumuotojen keskimääräiset viiveet olivat pienempiä kuin aikaisemman valo-ohjauksen aikana. Iltapäiväruuhkan aikana jalankulkijoiden viiveet kasvoivat hieman verrattuna aikaisempaan valo-ohjaukseen. Muiden kulkumuotojen keskimääräiset viiveet kuitenkin vähenivät selvästi. Verkkotasolla viiveet vähenivät simuloinnin perusteella aamuruuhkan aikana 139 tuntia ja iltapäiväruuhkan aikana 67 tuntia (Madsen & Van Den Bosch 2013)

Järjestelmän toimintaa konfiguroitaessa suositettiin erityisesti kolmea eri joukkoliikennelinjaa. Kuvissa 35 ja 36 esiintyvät tulokset kyseisten kolmen valitun linjan, sekä muiden linjojen keskimääräisissä viiveissä.



Kuva 35. ImFlow – järjestelmän vaikutukset joukkoliikennelinjojen viiveisiin aamuruuhkan aikana. (Madsen & Van Den Bosch 2013)



Kuva 36. ImFlow – järjestelmän vaikutukset joukkoliikennelinjojen viiveisiin iltapäiväruuhkan aikana. (Madsen & Van Den Bosch 2013)

Aamuruuhkan aikana ImFlow – järjestelmä vähensi kyseisten kolmen joukkoliikennelinjan keskimääräisiä viiveitä varsin selvästi. Muiden linjojen viiveet pysyivät kutakuinkin samoissa lukemissa verrattuna aikaisempaan valo-ohjaukseen. Iltapäiväruuhkan aikana kaikkien joukkoliikennelinjojen viiveet vähenivät selvästi verrattuna aikaisempaan valo-ohjaukseen.

Simulointitulosten perusteella voidaan todeta, että kolmen painotetun joukkoliikennelinjan tapauksessa 5 %:n keskinopeuksien kasvu on saavutettavissa. Myös koko verkon liikenteen suorituskyky parani suhteessa aikaisempaan valo-ohjaukseen. Raportissa mainitaan, että aamuruuhkan aikana keskimääräiset viiveet voivat olla ImFlow – ohjauksella jopa 30 % pienemmät verrattuna aikaisempaan valo-ohjaukseen. Aamuruuhkan aikana ImFlow – ohjauksessa liittymien keskimääräinen kiertoaika väheni 80 sekunnista 58 sekuntiin ja iltapäiväruuhkan aikana 80 sekunnista 68 sekuntiin. (Madsen & Van Den Bosch 2013)

Herning, Tanska

ImFlow – järjestelmä asennettiin Herningiin, kaupunkiin, joka sijaitsee keski-Tanskassa. ImFlow – järjestelmä asennettiin viiteen valoliittymään, joita oli aiemmin pyritty kytkemään yhteen heikoin tuloksin. Tarkasteltavalla alueella sijaitsee kävelykatu, ostoskeskus sekä linja-auto- että rautatieasema. Alueella kulkee seitsemän joukkoliikennelinjaa. (Søbjerg 2014)

ImFlow – järjestelmän haluttiin suosivan pohjois-etelä – suuntaisen päätien liikennettä. Järjestelmää asennettaessa ei haluttu asettaa erityisiä etuuksia joukkoliikenteelle, kävelijöille eikä pyöräilijöille. Myöhemmin sivuteiden liikennettä päätettiin suosia hieman alkuperäistä enemmän. Syynä tähän olivat linja-autokuljettajien toiveet liikenteen paremmasta sujuvuudesta. Kyseisiä asetuksia ei kuitenkaan tuotu alkuperäiseen VISSIM – mallinnukseen liikennemäärien poiketessa alkuperäisistä. (Søbjerg 2014)

Järjestelmän vaikutuksia alueen liikenteen sujuvuuteen tarkasteltiin eri menetelmin. Ensisijaisesti valo-ohjausjärjestelmien eroja tutkittiin analysoimalla VISSIM – simulointien tuloksia sekä haastatteleamalla alueella kulkevien linja-autojen kuljettajia. Tuloksia täydennettiin matka-aikatutkimuksilla seitsemältä eri reitiltä sekä analysoimalla GPS – dataa neljältä eri linja-autolinjalta. Linjoilla oli yhteensä 12–15 lähtöä huippu-tunnin aikana. VISSIM – simuloinnit suoritettiin aamu- sekä iltapäivähuippu-tuntien aikana. Valo-ohjausjärjestelmiä vertailtiin tarkastelemalla keskimääräisiä ajoneuvokoh-taisia viiveitä, pysähtymismääriä sekä yhteenlaskettuja matka-aikoja. (Søbjerg 2014)

Taulukko 10. ImFlow – ohjauksen vaikutus keskimääräisiin viiveisiin. Perustuu lähteeseen (Søbjerg 2014)

Kulkumuoto	Aamuhuipputunti	Iltapäivähuipputunti
Henkilöautot	– 10,1 %	– 12,4 %
Rekat	– 12,6 %	– 10,1 %
Bussit	– 10,2 %	– 10,5 %
Kaikki ajoneuvot	– 10,3 %	– 12,2 %

Taulukon 10 tuloksista havaitaan, että ImFlow – järjestelmä vähensi viiveitä niin aamu- kuin iltapäivähuippu-tuntien aikana. Keskimäärin viiveet vähenivät yli 10 %:lla verrattuna aikaisempaan valo-ohjaukseen. (Søbjerg 2014)

Taulukko 11. ImFlow – ohjauksen vaikutus keskimääräisiin pysähtymismääriin. Perustuu lähteeseen (Søbjerg 2014)

Kulkumuoto	Aamuhuipputunti	Iltapäivähuipputunti
Henkilöautot	- 0,4 %	- 5,4 %
Rekat	- 4,6 %	- 0,7 %
Bussit	- 8,9 %	- 5,4 %
Kaikki ajoneuvot	- 2,2 %	- 5,2 %

Taulukko 11 havainnollistaa ImFlow – järjestelmän vaikutuksia ajoneuvojen keskimääräisiin pysähtymismääriin. Aamuhuipputunnin aikana henkilöautojen pysähtymismäärät vähenivät ainoastaan 0,4 %. Rekkosten ja linja-autojen pysähtymismäärät puolestaan vähenivät selvästi. Rekkosten pysähtymismäärät vähenivät 4,6 % ja linja-autojen 8,9 % verrattuna aikaisempaan valo-ohjaukseen. Kaikkien kulkumuotojen keskimääräiset pysähtymismäärät vähenivät ImFlow – ohjauksella 2,2 %. Iltapäivähuipputunnin aikana rekkosten pysähtymismäärät vähenivät ajoneuvoluokista vähiten, ainoastaan 0,7 % verrattuna aikaisempaan valo-ohjaukseen. Henkilöautojen sekä linja-autojen pysähtymismäärät vähenivät 5,4 %. Kaikkien kulkumuotojen keskimääräiset pysähtymismäärät vähenivät ImFlow – ohjauksella 5,2 %.

Taulukko 12. ImFlow – ohjauksen vaikutus yhteenlaskettuihin matka-aikoihin. Perustuu lähteeseen (Søbjerg 2014)

Kulkumuoto	Aamuhuipputunti	Iltapäivähuipputunti
Henkilöautot	- 5,2 %	- 6,8 %
Rekat	- 6,1 %	- 5,7 %
Bussit	- 5,0 %	- 5,4 %
Kaikki ajoneuvot	- 5,3 %	- 6,7 %

Taulukossa 12 käy ilmi ImFlow – järjestelmän vaikutukset yhteenlaskettuihin matka-aikoihin. ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien yhteenlaskettuna matka-aikoja aamuhuipputunnin aikana 5,3 %. Eniten matka-ajat vähenivät rekoilla, 6,1 %. Iltapäivähuipputunnin tapauksessa ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien yhteenlaskettuja matka-aikoja 6,7 % verrattuna aikaisempaan valo-ohjaukseen. Eniten matka-ajat vähenivät henkilöautoilla, 6,8 %.

Linja-autonkuljettajien haastatteluista kävi ilmi, että ImFlow – järjestelmä paransi pohjois-eteläsuuntaisen päätien liikenteen sujuvuutta, mutta odotusajat sivuteiltä päätielle liittyessä kasvoivat. Linja-autokuljettajat toivoivat järjestelmään joukkoliikennetuksia. Joukkoliikennetuudet vaikuttaisivat kuitenkin negatiivisesti päätien sujuvuuteen, koska linja-autoja kulkee sivuteiltä kerran kahdessa tai kolmessa valokierrossa. Pääsääntöisesti linja-autonkuljettajien palaute järjestelmästä oli kuitenkin positiivista. Kuljettajien mukaan päätien pohjoisosassa sijaitsevassa kiertoliittymässä oli havaittu ImFlow – järjestelmän asentamisen jälkeen ruuhkautumista. Syynä tähän on se, että järjestelmä mahdollistaa suuremman liikennemäärän kulkemisen päätiellä ja kiertoliittymä toimii pullonkaulana. Matka-aikatutkimukset paljastivat samoja tuloksia kuin lin-

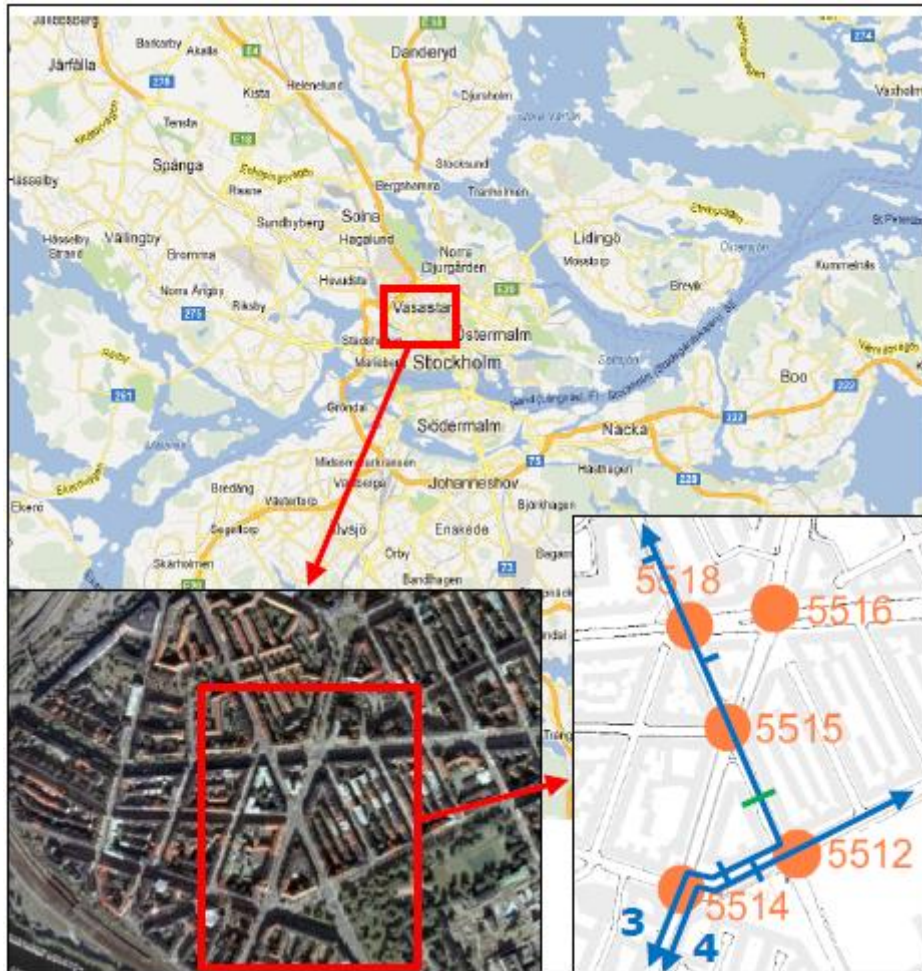
ja-autokuljettajilta saadut haastattelut. Päätiellä liikkuminen oli sujuvampaa, mutta sivuteillä liikenne oli ruuhkautunutta. Ekstrapoloituna aamu- ja iltapäivähuipputuntien aikana saavutetut hyödyt vuoden mittaiselle aikajaksolle, saadaan seuraavanlaisia tuloksia: Vuoden aikana alueella saavutetut matka-aikahyödyt ovat 4 500 tuntia, pysähdyksiä vuoden aikana on 150 000 kappaletta vähemmän ja hiilidioksidipäästöt ovat 7,5 tonnia pienemmät kuin aikaisemmalla valo-ohjauksella. (Søbjerg 2014)

Tukholma, Ruotsi

ImFlow – järjestelmän toimintaa ja vaikutuksia on tutkittu simuloinnin tasolla Tukholman keskustassa. Tukholman kaupunki käynnisti ja rahoitti projektin nimeltään ”Adapt”. Projektin pääasiallisena tavoitteena oli vähentää bussien viiveitä ilman negatiivisia vaikutuksia muille ajoneuvoluokille. Samalla haluttiin parantaa jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden esteettömyyttä. Näin saataisiin vähennettyä kaikkien kulkumuotojen yhteenlaskettuja viiveitä. Projektissa vertailtiin kahta Ruotsin markkinoilla olevaa adaptiivista valo-ohjausjärjestelmää UTOPIA/SPOT:ia ja ImFlow:ta keskenään ja suhteessa aiempaan valo-ohjausjärjestelmään. Tavoitteena oli selvittää, voitaisiinko adaptiivisella valo-ohjauksella saavuttaa edellä mainittuja tavoitteita. (Wahlstedt 2013)

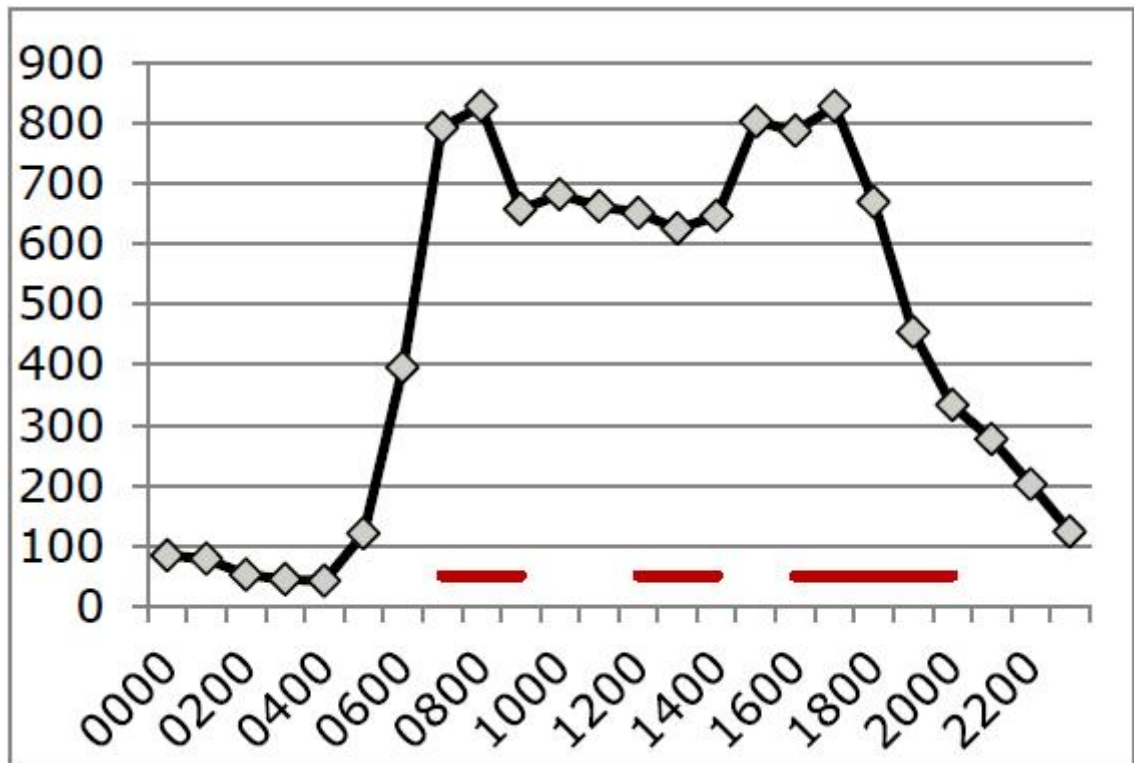
Tukholman keskustassa suurin osa valoliittymistä on varustettu liikenneilmaisimilla ja liittymät toimivat öisin erillisohjattuina. Päivisin liittymät toimivat yhteenkytkettyinä noudattaen kiinteitä valo-ohjelmia. Valo-ohjelmat mahdollistavat lyhyet ilmaisinpidenykset vastatakseen pieniin liikenteen vaihteluihin. (Wahlstedt 2013)

Projektin tarkastelualue sijaitsee Tukholman keskustassa käsittäen viisi valo-ohjattua liittymää X-muodossa. Keskimäinen liittymä tarvitsee erillisen jalankulkijavaiheen. Keskimäisessä liittymässä vasemmalle kääntymiset on kielletty, jotta liittymän kiertoaika saadaan pidettyä kohtuullisena. (Wahlstedt 2013)



Kuva 37. ImFlow – järjestelmän toiminta-alue Tukholmassa. (Wahlstedt 2013)

Kuva 37 esittää tarkasteltavan alueen ja sen käsittämät viisi valoliittymää Tukholman keskustassa. Alueella kulkee kaksi vilkasta runkolinjabussia viiden minuutin vuorovälillä, sekä kuusi paikallislinjaa operoiden noin kymmenen minuutin vuorovälillä. Ainoastaan runkolinjan busseille tarjotaan joukkoliikenne-etuudet. Yllä olevassa kuvassa runkolinjabussien reitit on havainnollistettu sinisellä värillä bussipysäkkeineen. (Wahlstedt 2013)



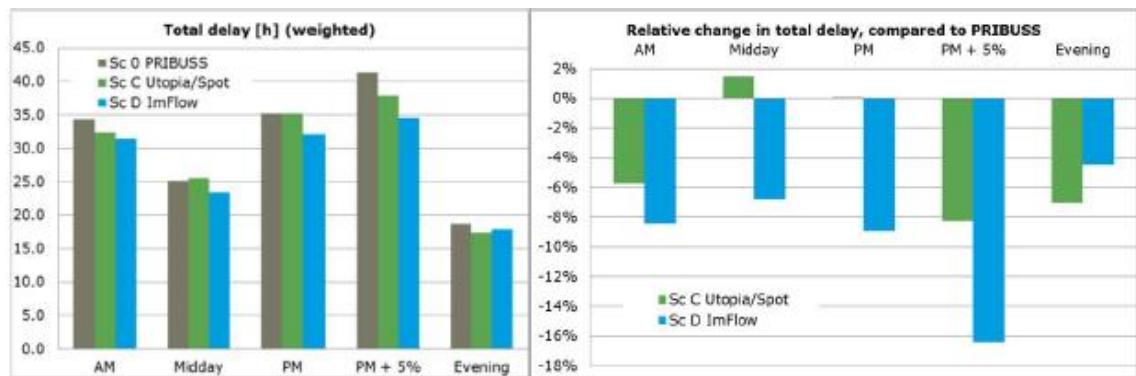
Kuva 38. Tarkastelualueen liikennemäärät. (Wahlstedt 2013)

Kuvassa 38 esitetään tarkastelualueen liikennemäärät. Tarkasteltavalla alueella liikennemäärät aamu- ja iltapäiväruuhka-ajaksi ovat suurehkoja. Keskipäivällä, ruuhka-ajaksi ulkopuolella, liikennemäärät eivät putoa dramaattisesti ruuhka-ajaksi liikennemäärästä. Illalla alueen liikennemäärät putoavat selkeästi, kuten Tukholman keskustan pääteillä on tapana. (Wahlstedt 2013)

Olemassa olevan valo-ohjauksen, UTOPIA/SPOT-, sekä ImFlow – järjestelmän toimivuutta simuloitiin hyödyntämällä VISSIM – simulointimallia. Olemassa olevassa valo-ohjauksessa kaikki liittymät toimivat 100 sekunnin kiertoajalla kello 06:30 – 20:00 välillä. Liikennevalokojeeisiin oli ohjelmoitu PRIBUSS – joukkoliikenne-etuus – järjestelmä. Järjestelmä toimii liittymäkohtaisesti ja mahdollistaa linja-autojen saapuessa liittymään vihreiden pidennykset, valokierron nopeutuksen sekä ylimääräiset vaiheet. Keskimmaisessa liittymässä PRIBUSS – järjestelmä ei ole käytössä, johtuen järjestelmän negatiivisesta vaikutuksesta alueen vihreisiin aaltoihiin. (Wahlstedt 2013)

Simuloinnit suoritettiin viitenä eri ajankohtana. Ajankohdat olivat aamuruuhka (07:00 – 09:00), päiväruuhka (12:00 – 14:00), iltapäiväruuhka (16:00 – 18:00), iltapäiväruuhka 5 %:n liikennemäärien kasvulla sekä iltaliikenne (18:00 – 20:00). Kyseiset ajankohdat on merkitty punaisella kuvassa 39. (Wahlstedt 2013)

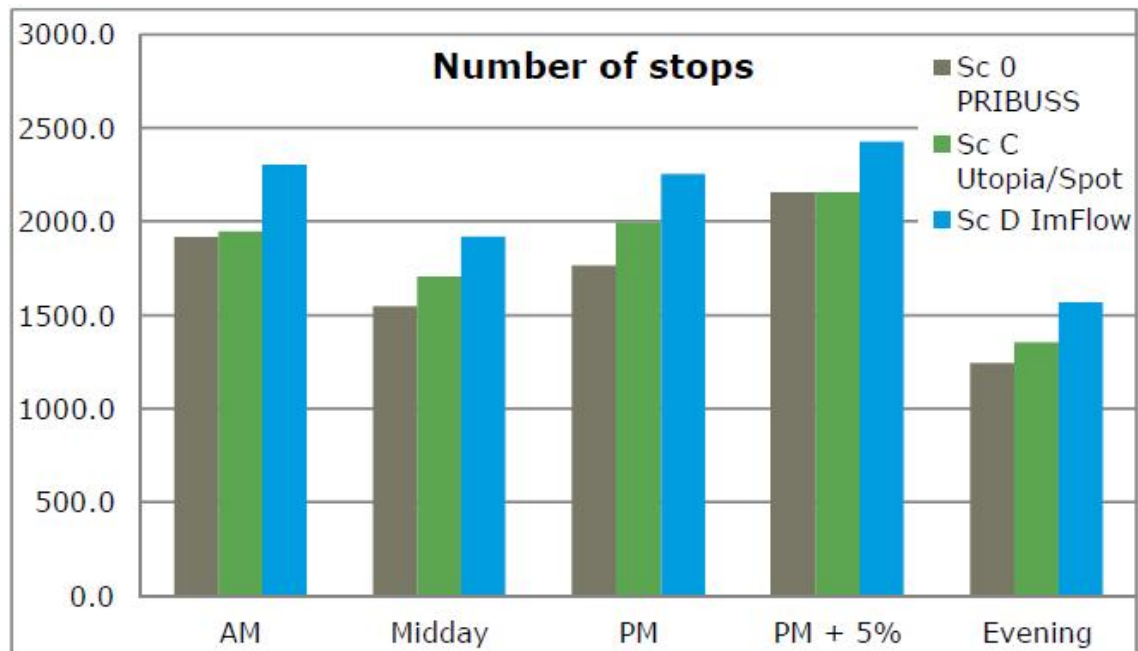
Simulointien tulokset esitetään kuvissa 39 ja 40.



Kuva 39. Kaikkien kulkumuotojen yhteenlasketut viiveet tarkastelualueella, sekä suhteellinen muutos verrattuna olemassa olevaan valo-ohjaukseen. (Wahlstedt 2014)

Kuvassa 39 esitetään ImFlow – ja UTOPIA/SPOT – järjestelmien vaikutukset alueen yhteenlaskettuihin viiveisiin. Kuvassa oikealla vertailukohtana nollassa ovat olemassa olevan valo-ohjauksen tulokset. Kuvan perusteella voidaan todeta, että adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät vähensivät viiveitä huomattavasti suhteessa olemassa olevaan valo-ohjaukseen. ImFlow – ohjaus toimi UTOPIA/SPOT – ohjausta paremmin kaikissa tarkastelutilanteissa, paitsi iltaliikenteessä. Viiveet ovat matkustajakohtaisia ja ne on painotettu siten, että henkilöautossa keskimääräinen matkustajamäärä on 1,2. Linja-autoissa keskimääräinen matkustajamäärä puolestaan vaihtelee kellonajoittain. Runkolinjabusseille keskimääräiseksi matkustajamääräksi simuloinnissa määriteltiin aamuruuhkassa 40, keskipäivällä 30, iltapäiväruuhkassa 40, iltapäiväruuhkassa 5 %:n liikennemäärien kasvulla 40 ja illalla 20. Paikallisbusseille matkustajamääräksi määriteltiin samassa järjestyksessä 20, 15, 20, 20 ja 10. (Wahlstedt 2013)

Adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien vaikutus eri kulkumuotojen keskimääräisiin viiveisiin vaihteli huomattavasti. Pääasiassa adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät vähensivät bussien ja jalankulkijoiden keskimääräisiä viiveitä suhteessa olemassa olevaan valo-ohjaukseen. Henkilöautojen keskimääräiset viiveet puolestaan kasvoivat. Joukkoliikenne-etuuden saavien runkolinjabussien keskimääräiset viiveet vähenivät huomattavasti suhteessa aikaisempaan valo-ohjaukseen. Myös muiden bussien keskimääräiset viiveet vähenivät, mutta eivät yhtä suuressa mittakaavassa. Adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien positiivinen vaikutus jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden keskimääräisiin viiveisiin oli odotettavissa, koska järjestelmät lyhensivät liittymien kiertoaikoja alkuperäisestä 100 sekunnista. Kuten yhteenlasketuissa viiveissä, myös eri kulkumuotojen keskimääräisten viiveiden tapauksessa ImFlow – ohjaus tuotti UTOPIA/SPOT – ohjausta parempia tuloksia. Suurimmat eroavaisuudet adaptiivisten ohjausjärjestelmien välillä ovat jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden tapauksessa, jossa ImFlow – ohjaus tuotti UTOPIA/SPOT – ohjausta huomattavasti parempia tuloksia.



Kuva 40. Yhteenlasketut pysähtymismäärät verrattuna olemassa olevaan valo-ohjaukseen. (Wahlstedt 2014)

Kuvasta 40 käy ilmi, että kumpikin adaptiivinen valo-ohjausjärjestelmä lisäsi pysähtymismääriä tarkasteltavalla alueella. On otettava huomioon, että projektissa päätarkoituksena oli vähentää viiveitä, pysähtymismääriä ei pyritty vähentämään. Mikäli projektissa olisi keskitytty sekä pysähdysten että viiveiden vähentämiseen, olisivat adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät luultavasti tuottaneet parempia tuloksia myös pysähtymismäärien kannalta. (Wahlstedt 2013)

Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että nykyiset valo-ohjelmat oli suunniteltu vuonna 2006 Matsis – projektin yhteydessä. Valo-ohjelmat on tehty käsin ja viimeistelty hyödyntämällä VISSIM – simulointeja. PRIBUSS – järjestelmä asennettiin kyseisiin neljään liittymään jo vuonna 1999, mutta asetuksia ei ole päivitetty uusien valo-ohjelmien mukaisiksi vuonna 2006. Tästä johtuen PRIBUSS asetukset eivät ole optimaalisia uusien ajoitusten kanssa. Nykyistä valo-ohjausta ei ole optimoitu samoin periaattein kuin Adapt – projektissa, jossa tarkoituksena oli vähentää viiveitä. Vuonna 2006 Matsis – projektissa oli tarkoituksena vähentää ilmastopäästöjä vähentämällä pysähtymismääriä. Bussien, jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden viiveitä ei Matsis – projektissa otettu huomioon. Tämä selittää myös sen, miksi adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät vähensivät pääasiassa keskimääräisiä viiveitä, mutta kasvattivat pysähtymismääriä. Nykyiset valo-ohjelmat eivät myöskään täysin vastanneet alkuperäisiä liikennemääriä, joiden perusteella ne oli ajoitettu. Tukholman keskustan liikennemäärät ovat vähentyneet noin 10 % johtuen ruuhkamaksujen käyttöönotosta. (Wahlstedt 2014)

3.4 Eroavaisuudet perinteisen ja adaptiivisen valo-ohjauksen välillä

Tässä alaluvussa kerrotaan lyhyesti niistä eroista, joita on perinteisen valo-ohjauksen ja adaptiivisen valo-ohjauksen välillä koskien liikennevalosuunnittelua, ylläpitoa ja käyttöönottoa.

Aiemmissa luvuissa esiteltiin eri valo-ohjaustavat ja –periaatteet, sekä muutaman kehittyneen adaptiivisen valo-ohjausjärjestelmän toiminta. Tämän alaluvun tarkoituksena on esittää selkeä ja suoraviivainen tiivistelmä perinteisen ja adaptiivisen valo-ohjauksen eroavaisuuksista ennen kuin siirrytään tarkastelemaan Tampereen adaptiivisen valo-ohjauksen projektia.

Liikennevalosuunnittelu

Perinteisen valo-ohjauksen suunnittelu on hyvin erilaista verrattuna adaptiivisen valo-ohjauksen suunnitteluun. Suunniteltaessa perinteisiä yhteenkytkentöjä liikennesuunnittelija hyödyntää olemassa olevia liikennemäärätietoja luodessaan kiinteäkiertoaikaisia valo-ohjelmia. Varsinkin kaupunkien keskustoissa, joissa esiintyy keskenään risteäviä yhteenkytkentöjä, on perinteisten kiinteää kiertoaikaa noudattavien valo-ohjelmien luominen haastavaa. Usein jokaisen liittymän kohdalla valo-ohjelmia joudutaan suunnittelemaan neljästä viiteen kappaletta eri vuorokauden ajoille. Tästä johtuen haastavien yhteenkytkentäjaksojen suunnittelu voi helposti viedä useita kuukausia aikaa. Niissä tapauksissa, joissa liittymät sijaitsevat kauempana toisistaan, on perinteisen erillisohjauksen suunnittelu kuitenkin melko yksinkertaista. (Kulmala 2015)

Adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät ovat perinteistä valo-ohjausta huomattavasti monimutkaisempia. Kuten aiemmin mainittiin, adaptiivisissa alueellisissa valo-ohjausjärjestelmissä katuverkon liikenne kuvataan yleisesti liikennemallilla, joka päivitetty liikenneilmaisimien keräämän liikennetiedon perusteella (Sane 2014). Adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien vaatiessa toimiakseen erillisen järjestelmän, osallistuu valo-ohjauksen suunnitteluun useampia sidosryhmiä kuin perinteisessä valo-ohjauksessa. Kaupungin koosta riippuen, perinteisestä valo-ohjauksesta voi vastata esimerkiksi vain yksi kaupungin liikennesuunnittelija. Adaptiivista valo-ohjausta suunniteltaessa kaupungin edustaja yhdessä laitetoimittajan kanssa päättää järjestelmän toiminnan kannalta olennaiset asetukset. Näiden asetusten perusteella laitetoimittaja konfiguroi valo-ohjausjärjestelmän toiminnan. Tämän lisäksi projektissa voi olla mukana ulkopuolinen konsultti, joka tuottaa valo-ohjauksen toiminnan analysointiin tarvittavan simulointimallin. (Imtech Traffic & Infra 2014) Simulointimallin ja valo-ohjausjärjestelmän konfigurointiin kuluu huomattava määrä aikaa. Eri sidosryhmien työskennellessä ensimmäistä kertaa yhdessä ja toimintatapojen ollessa kaikille uusina, kuluu suunnittelussa luonnollisesti ylimääräistä aikaa osapuolten väliseen kommunikointiin. Kun adaptiivinen valo-ohjausjärjestelmä on otettu käyttöön, on sen laajentaminen huomattavasti yk-

sinkertaisempaa ja nopeampaa kuin kokonaan uuden järjestelmän pystyttäminen. Esimerkiksi ImFlow – järjestelmän tapauksessa, järjestelmän alkuperäinen konfigurointi vie kuukausia, mutta ImFlow serverin ollessa toiminnassa, järjestelmän laajentaminen kattamaan uusia valoliittymiä vie ainoastaan muutamia viikkoja (Alanissi 2015). Kaupungin omistaessa adaptiivisen valo-ohjausjärjestelmän, järjestelmän laajentaminen kattamaan uusia liittymiä on huomattavasti nopeampi ja tehokkaampi ratkaisu kuin suunnitella kyseisiin liittymiin uudet valo-ohjelmat ja yhteenkytkennät.

Käyttöönotto

Perinteisen valo-ohjauksen käyttöönottoa voidaan pitää yksinkertaisempana kuin adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien käyttöönottoa. Tämä johtuu siitä, että perinteisessä valo-ohjauksessa valo-ohjelmat suunnitellaan valmiiksi, jonka jälkeen ne ajetaan liittymäkojeisiin. Valo-ohjauksen toiminta tunnetaan entuudestaan, koska liittymäkojeet noudattavat valo-ohjelmia siten, kuin ne on suunniteltu toimimaan. Usein kuitenkin valmiiksi suunniteltuja valo-ohjelmia joudutaan muokkaamaan eri syistä. Valo-ohjelman toiminnasta voidaan esimerkiksi havaita, että tietyille ajosuunnille suunniteltu vihreä aika ei ole riittävä, tai yhteenkytkentäjaksen vihreä aalto ei toimi suunnitellusti. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että suunnittelun pohjana käytetyt liikennemäärät ja liikennemäärien jakautuminen ajosuuntien välillä eivät vastaa todellisuutta. Valo-ohjelmaan on saattanut jäädä myös muita epäkohtia, jotka havaitaan vasta ohjelman käyttöönotossa. (Kulmala 2015)

Adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien käyttöönoton hankaluus on siinä, että järjestelmät eivät noudata valmiiksi suunniteltuja valo-ohjelmia. Tämän johdosta valo-ohjauksen toimintaa ei tunneta täysin ennen järjestelmän käyttöönottoa. Valo-ohjauksen toimintaa on toki simuloitu suunnittelun edetessä, mutta simulointi ei koskaan täysin vastaa kentällä olevaa tilannetta. Ennen järjestelmän käyttöönottoa valo-ohjauksen toimintaa on simuloitu runsaasti ja järjestelmälle on suoritettu erilaisia teknisiä testejä, jotta varmistetaan siitä, että järjestelmä toimii teknisesti oikein. Järjestelmän käyttöönoton yhteydessä valo-ohjauksen toimintaa seurataan paikanpäällä. Samalla järjestelmän toimintaa optimoidaan toimimaan todellisten liikenneolosuhteiden mukaisesti. Käyttöönoton aikaista työmäärää vähentää käytetyn simulointimallin tarkkuus. Mitä lähempänä todellista tilannetta simulointimalli on, sitä vähemmän ylimääräistä työtä järjestelmän toiminnan optimointiin kuluu. (Imtech Traffic & Infra 2014)

Ylläpito

Suurimmat eroavaisuudet perinteisen valo-ohjauksen ja adaptiivisen valo-ohjauksen välillä ovat valo-ohjauksen ylläpidossa. Perinteisessä valo-ohjauksessa kiinteitä valo-ohjelmia joudutaan ajoittain päivittämään, jotta ne vastaisivat olemassa olevia liikennemääriä ja liikenteen suuntautumista. Kyseinen toimenpide teettää paljon työtä, sillä liikennemäärien muutokset pitää ensin selvittää ja tämän jälkeen jokainen valo-ohjelma

tulee ajoittaa uudelleen kyseisten liikennemäärien perusteella. Esimerkiksi Tampereella valo-ohjelmia päivitetään, mikäli valojen toiminnassa on havaittu parannettavaa. Valoja saatetaan päivittää myös kaupunkilaisilta saatujen palautteiden perusteella. Ajoittain kaikki valo-ohjelmat käydään joka tapauksessa läpi ja tarkastetaan, että ne vastaavat olemassa olevia liikennemääriä. (Kulmala 2015)

Adaptiivisissa järjestelmissä, kuten ImFlow:ssa ei hyödynnetä lainkaan kiinteäkiertoisia valo-ohjelmia, joten vastaavalta toimenpiteeltä vältytään. Adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien osatessa automaattisesti mukautua liikennemäärien muutoksiin, vähentävät järjestelmät huomattavasti liikennesuunnittelijoiden työtä. (Stevanovic 2006) Vaikka adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät osaavat mukautua liikennemäärien muutoksiin, on liikennemäärien huomattavat muutokset hyvä ottaa huomioon järjestelmän toiminnassa. Esimerkkinä tästä on tapaus, jossa liikennemäärien jakautuminen eri ajosuuntien välillä vaihtuu huomattavasti verrattuna tilanteeseen, jolloin järjestelmän asetukset on määritelty. Tällöin asetuksia on syytä tarkastella ja mahdollisesti muunnella eri ajosuunnille määriteltyjä painoarvoja. Vastaavanlaisessa tapauksessa ImFlow:n toimintalinjausten painoarvojen säätäminen käy liikennesuunnittelijalta muutamassa minuutissa. Esimerkiksi ImFlow:n tapauksessa, mikäli valo-ohjauksen toimintaa halutaan säätää yksityiskohtaisesti, esimerkiksi vaihdettaessa opastinryhmien vihreiden pyyntötapoja, tulee tällöin olla yhteydessä laitetoimittajaan, joka muuttaa järjestelmän asetuksia. Tilaa ei itse kykene muuntamaan vastaavanlaisia yksityiskohtaisia asetuksia muuntelemalla toimintalinjausten painoarvoja johtuen siitä, että järjestelmän käyttäminen pyritään pitämään tilaajan kannalta mahdollisimman yksinkertaisena. Sama periaate pätee tosin myös perinteisiä valo-ohjelmia noudattavassa valo-ohjauksessa. Kaupungin liikennesuunnittelija kykenee muuttamaan valo-ohjelmaa ilman ulkopuolista apua, mutta valo-ohjelman ajaminen liittymäkojeeseen vaatii kuitenkin ulkopuolista työpanosta.

Yhteenveto

Adaptiivisen valo-ohjausjärjestelmän hankkiminen edellyttää sitoutumista yhteen laitteistokonseptiin. (Sane 2014) Järjestelmien hankintakustannukset ovat korkeat (Gardner et al 2009), mutta aiemmissa luvuissa esitetyt tulokset puhuvat järjestelmien toiminnan puolesta. Järjestelmät vähentävät liikennesuunnittelijoiden työtä ja parantavat ohjattavan alueen liikenteen sujuvuutta. Sujuvuuden parantuminen on kuitenkin riippuvainen aikaisemman valo-ohjauksen tasosta. Ajan kuluessa adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien tuottamat liikenteelliset hyödyt maksavat itsensä takaisin ja tekevät hankinnasta kannattavaa.

4. CASE TAMPERE

4.1 Alueen kuvaus ja nykytila

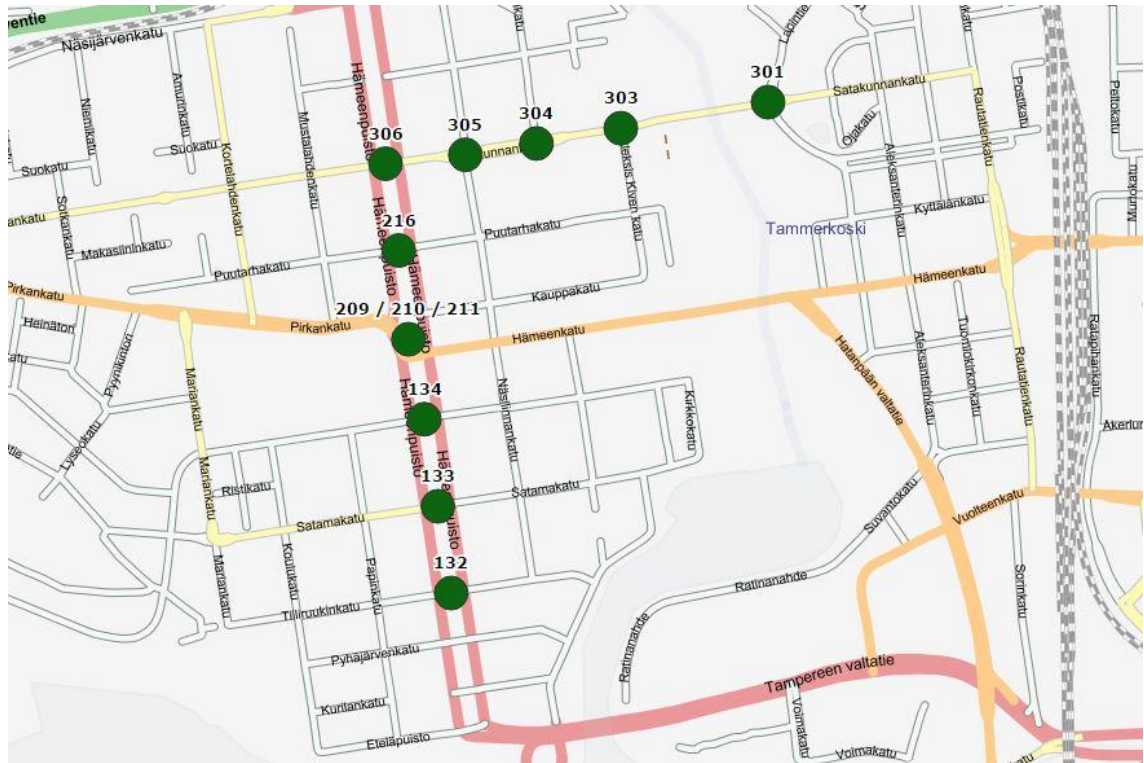
Diplomityön tärkeimpänä tarkoituksena on analysoida ImFlow – järjestelmän toimintaa Tampereella. Kyseessä on ensimmäinen kerta, kun ImFlow – järjestelmä otetaan käyttöön Suomessa. Tämä tarkoittaa sitä, että järjestelmän toimintaa ei ole aiemmin päästy vertailemaan Suomessa hyödynnettävään SYVARI – ohjaukseen, joka on todettu varsin tehokkaaksi valo-ohjausmenetelmäksi.

ImFlow – järjestelmä edustaa adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien uusinta sukupolvea ja on tuottanut hyviä tuloksia muualla maailmassa. ImFlow – järjestelmän Suomen pilotihanketta varten valittu tarkastelualue sijaitsee Tampereen keskustassa kattaen yhteensä kymmenen liikennevaloliittymää Satakunnankadulla sekä Hämeenpuistossa. Satakunnankatu ja Hämeenpuisto ovat molemmat alueellisia pääväyliä.

Taulukossa 13 esitetään ImFlow – järjestelmän tarkastelualueella olevien kymmenen liikennevaloliittymän liittymänumerot ja liittymien nimet.

Taulukko 13. *ImFlow – järjestelmän tarkastelualueen valoliittymät, liittymänumerot ja nimet.*

Liittymänumero	Liittymän nimi
301	Satakunnankatu – Lapintie / Rongankatu
303	Satakunnankatu – Aleksis Kiven Katu
304	Satakunnankatu – Kuninkaankatu
305	Satakunnankatu – Näsilinnankatu
306	Satakunnankatu – Hämeenpuisto
216	Hämeenpuisto – Puutarhakatu
209 - 211	Hämeenpuisto – Pirkankatu / Hämeenkatu
134	Hämeenpuisto – Hallituskatu
133	Hämeenpuisto – Satamakatu
132	Hämeenpuisto – Tiiliruukinkatu



Kuva 41. Tampereen ImFlow – järjestelmän tarkastelualue

Kuvassa 41 esitetään liittymien sijainnit maastossa. Hämeenpuisto on reilun kilometrin mittainen, pohjois-eteläsuuntainen väylä Tampereen keskustan länsipuolella. Hämeenpuiston moottoriliikenteen erisuuntaiset ajokaistat erottaa toisistaan jalankululle ja pyöräilylle varattu puistoväylä. Hämeenpuiston ympäristössä sijaitsevat muun muassa Tampereen pääkirjasto Metso, Aleksanterin kirkko, Aleksanterin koulu sekä Tampereen työvänteatteri. Liittymästä 133 etelään Hämeenpuisto on 2 – kaistainen. Liittymästä pohjoiseen kuljettaessa tienvarsipysäköinti vie tilaa ajoradoilta, tehden Hämeenpuiston enemmän tai vähemmän ”1,5 – kaistaiseksi”. Hämeenpuiston liittymien erityispiirteinä on se, että moottoriliikenteen ajokaistat toisistaan erottava puistoväylä tekee liittymistä tuplaliittymiä. Tämä on valo-ohjauksen kannalta erittäin haastavaa. Hämeenpuiston eteläosa on liikenteellisesti kuormittuneempaa kuin pohjoisosa. Hämeenpuiston ja Satamakadun liittymä on todella merkittävä liikenteellinen solmukohta (Tuupanen 2015).

Satakunnankatu kulkee itä-länsisuunnassa ja risteää liittymässä 306 Hämeenpuiston kanssa. Satakunnankadulla on niin asuinrakennuksia kuin erilaisia kauppjakin. Liittymän 304 kohdalla sijaitsee liikekeskus, jossa on useita eri kauppjoja. Liittymän 303 välittömässä läheisyydessä sijaitsevat muun muassa Finlaysonin entinen tehdasalue, liikekeskus Siperia sekä teatteri Frenckell. Tammerkosken itäpuolella, liittymän 301 välittömässä läheisyydessä sijaitsee Sokos Hotel Tammer ja Tampereen keskuspaloasema. Satakunnankatu toimii hälytysajoneuvojen pääreitteinä. Liittymästä 306 liittymään 303 saakka Satakunnankatu on 2 – kaistainen, liittymän 303 jälkeen itään kuljettaessa Satakunnankatu muuttuu 1 – kaistaiseksi.

Ennen ImFlow – järjestelmän käyttöönottoa alueen liikennevalot, kuten muutkin Tampereen liikennevalot, toimivat SYVARI – ohjauksella. Päivisin sekä Satakunnankadun että Hämeenpuiston liittymät toimivat yhteenkytkettyinä. Öisin liittymät toimivat erillisohjattuina. Liittymien kiertoaika vaihteli yhteenkytkennässä 60 – 90 sekunnin välillä. 60 sekunnin kiertoaikaa käytettiin hiljaisen liikenteen aikana, 80 sekunnin kiertoaikaa käytettiin päiväliikenteen aikana ja 90 sekunnin kiertoaikaa aamu- ja iltaruuhkien aikana. Satakunnankadun ja Hämeenpuiston vihreät aallot risteävät liittymässä 306. Liittymän 306 liikennevalojen ajoitukset ja vaihejärjestykset oli suunniteltu siten, että sekä Hämeenpuiston suunnalle että Satakunnankadun suunnalle saataisiin mahdollisimman hyvä vihreä aalto.

Tarkasteltavalla alueella kulkee lukuisia bussilinjoja. Suurin osa alueen bussilinjoista ylittää Hämeenpuiston kulkien Hämeenkadun ja Pirkankadun kautta. Nämä linjat ovat 2, 8, 11, 13, 15, 17, 20, 21, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 35, 36, 54, 70, 72, 74, 79, 80, 85 ja 90. Linjat 3, 15, 24, 27, 28 ja 47 kulkevat alueen lävitse eri reittejä kuin edellä mainitut linjat. (Tampereen joukkoliikenne 2015) Linjojen reitit sekä niiden pysäkit tarkastelualueella, esitetään kartalla myöhemmässä vaiheessa määriteltäessä joukkoliikenteen mallinnusta VISSIM – malliin.

4.2 ImFlow – järjestelmälle asetettavat toimintalinjaukset

ImFlow – järjestelmän halutaan parantavan liikennevalojen opastinryhmien vihreiden kestojen jakautumista, jotta alueen liikenteellistä kapasiteettia saadaan parannettua. Liittymät noudattavat dynaamisia kiertoaikoja, jotta turhia viivytyksiä saadaan minimoitua ruuhka- ja viivytysten ulkopuolella. Järjestelmän halutaan priorisoivan liikennevirtoja selkein perustein. Jotta järjestelmä toimisi halutulla tavalla, tulee järjestelmälle asettaa oikeanlaiset toimintalinjaukset. Vantaalla 23. huhtikuuta 2015 järjestetyssä palaverissa yhdessä Tampereen kaupungin liikenneinsinöörin Mika Kulmalan ja Imtechin edustajien kanssa järjestelmälle sovittiin toimintalinjaukset.

Alueelliset toimintalinjaukset

Alueellisella tasolla pääkatujen, Satakunnankatu – Hämeenpuisto – Tampereen valtatie, kannalta on oleellista, että ajoneuvoliikenne olisi mahdollisimman sujuvaa. Tampereen kaupungille on erittäin tärkeää, että alueella liikennöivät bussit saavat tehokkaat ja toimivat joukkoliikenne-etuudet. Myös Rantaväylän tunnelin valmistuttua, tilanteissa joissa ohjattava alue on täysin ruuhkautunut, ei bussien joukkoliikenne-etuuksia karsita. Kyseinen tilanne voi aktualisoitua silloin, kun tunneli on jostain syystä suljettuna ja läpikulkuliikenne ohjataan osittain keskustan kautta. Kyseinen tilanne suosii adaptiivista ImFlow – ohjausta. Tilanteen aiheuttamiin huomattaviin liikennemäärien kasvuihin on perinteisellä valo-ohjauksella hankala vastata ilman erikoisohjelmia. Rantaväylän tunnelin läpikulkuliikenteen ohjaaminen osittain tarkasteltavan alueen kautta tunnelin ollessa

suljettuna oli yksi syy, minkä vuoksi juuri kyseinen alue valittiin ImFlow – järjestelmän pilottihankkeen kohteeksi.

Liittymän 306 kohdalla, jossa Hämeenpuisto ja Satakunnankatu risteävät, pyritään priorisoimaan Hämeenpuiston suuntaista liikennettä. Alueelliset toimintalinjaukset ovat seuraavat:

- Koordinaatio
- Jonot
- Odotusajat

Alueellisten toimintalinjausten toistensa väliset suhteet määrittävät periaatteen, millä ohjattavan alueen liikennettä ohjataan. Nykyisissä asetuksissa koordinaation painoarvo on 5, jonojen painoarvo 5 ja odotusaikojen painoarvo on 4. Painoarvot ovat keskenään lähes samat. Alueen liikennevirtoja halutaan ohjata siten, että pysähtymismäärien ja jonojen minimointi on hieman tärkeämmässä roolissa kuin odotusajat.

Reittikohtaiset toimintalinjaukset

Reittikohtaiset toimintalinjaukset ovat seuraavat:

- Hämeenpuisto etelästä pohjoiseen (liittymävälit 132 à 306)
tavoite: viiveiden ja pysähtymismäärien minimointi
- Hämeenpuisto pohjoisesta etelään (liittymävälit 306 à 132)
tavoite: viiveiden ja pysähtymismäärien minimointi
- Satakunnankatu lännestä itään (liittymävälit 301 à 305)
tavoite: viiveiden ja pysähtymismäärien minimointi
- Satakunnankatu idästä länteen (liittymävälit 305 à 301)
tavoite: viiveiden ja pysähtymismäärien minimointi

Alueellisten toimintalinjausten määrittäessä ohjattavan alueen liikennevirtojen ohjaussuunnitelman ison kuvan, reittikohtaiset toimintalinjaukset painottavat eri reittien liikennevirtoja toistensa suhteen. Nykyisissä asetuksissa reitin Hämeenpuisto etelästä pohjoiseen painoarvo on 3, Hämeenpuisto pohjoisesta etelään painoarvo on 7, Satakunnankatu lännestä itään painoarvo on 8 ja Satakunnankatu idästä länteen painoarvo on 2. Näin Satakunnankadulla pyritään suosimaan itään päin kulkevaa liikennettä ja Hämeenpuistossa etelään päin kulkevaa liikennettä.

Liittymäkohtaiset toimintalinjaukset

Alueellisten ja reittikohtaisten toimintalinjausten lisäksi liittymille 209, 216 ja 134 asetetaan omia ylimääräisiä toimintalinjauksia. Liittymässä 209, jonka läpi kulkee huomattava määrä joukkoliikennettä Hämeenkadun ja Pirkankadun kautta Hämeenpuiston yli,

asetetaan joukkoliikenteen etuuksille suuremmat painoarvot, kuin reiteille Hämeenpuisto pohjoiseen ja Hämeenpuisto etelään.

Liittymissä 216 ja 134 jalankulkijoilla ja pyöräilijöillä on suurempi painoarvo kuin normaalisti. Jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden suosiminen kyseisissä liittymissä perustuu siihen, että liittymä 216 sijaitsee merkittävällä pyöräilyreitillä ja liittymän 134 läheisyydessä sijaitsee Aleksanterin koulu. Liittymäkohtaisilla toimintalinjauksilla pyritään rajoittamaan liittymien kiertoaikoja, jotta jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden odotusajat olisivat mahdollisimman lyhyet.

4.3 Ilmaisinjärjestelyt

ImFlow, kuten myös muut adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät, vaatii laadukkaat ilmaisinjärjestelyt, jotta järjestelmä toimisi optimaalisesti. ImFlow – järjestelmälle parhaiten soveltuvat ilmaisimet ovat liittymien poistumissilmukat, jotka toimivat liittymäväliden sisääntuloina.

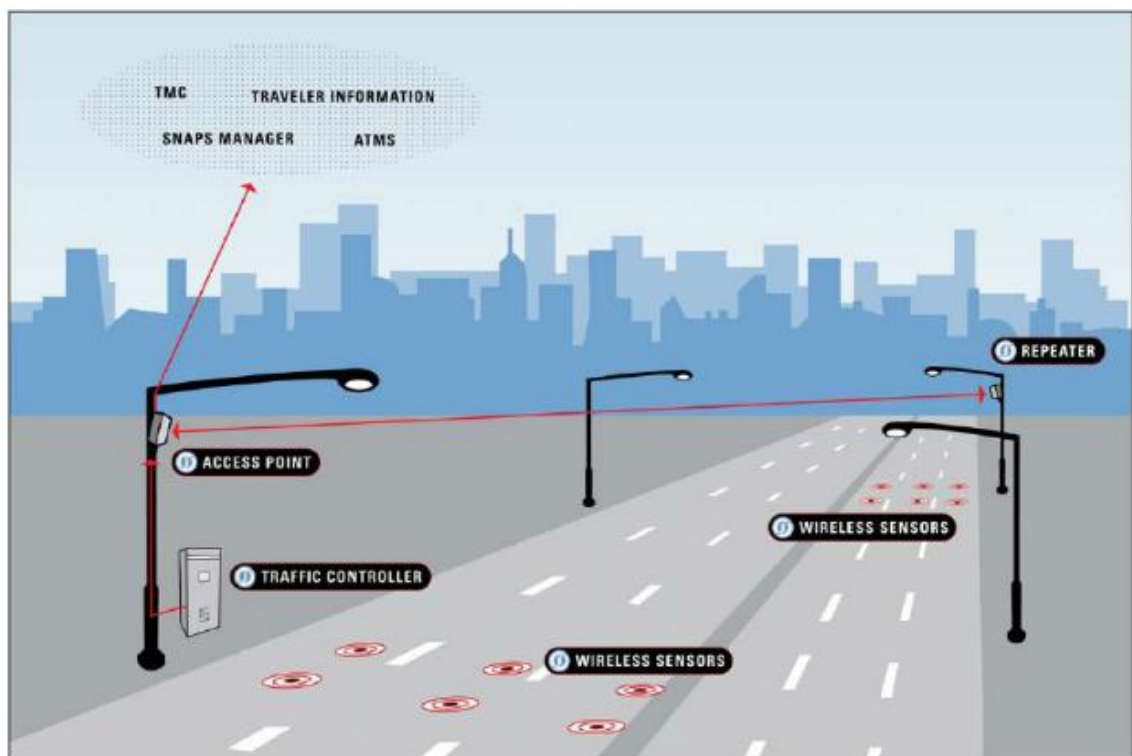
Liikennevaloliittymissä käytetään erilaisia ilmaisimia tunnistamaan teillä liikkuvat ajoneuvot sekä suojatietä ylittävät pyöräilijät ja jalankulkijat. Ilmaisimet pyytävät opastinryhmien vihreitä ja hoitavat samalla vihreiden pidennykset. Yleisimpiä ilmaisintyyppejä ovat silmukkailmaisimet, infrapunailmaisimet, tutkailmaisimet, sekä painonapit. Läsäoloilmaisimien tehtävä on aikaansaada vihreän pyyntö ajoneuvon ollessa pysähtyneenä pysäytysviivan eteen, sekä aikaansaada vihreän pidennys ajoneuvon ylittäessä ilmaisimen. Läsäoloilmaisimien on välttämätön niillä tulosuunnilla, joilla ei ole kiinteää pyyntöä. Kulkuilmaisimien tehtävänä on aikaansaada vihreän pyyntö ja vihreän pidennys ajoneuvon ylittäessä ilmaisimen. Kauimmaisen kulkuilmaisimen etäisyys pysäytysviivasta asetetaan sellaiseksi, että lepotilassa olevaan liittymään saapuva ajoneuvo saa vihreän ennen saapumistaan pysäytysviivalle. Ilmaisinsilmukoita hyödynnetään myös liikenne-laskentoihin.

Tampereen tarkastelualueella useaan liittymään joudutaan asentamaan uusia liikenneilmaisimia. Tämä johtuu siitä, että harvassa liittymässä on ilmaisimia, jotka voisivat toimia liittymäväliden sisääntuloilmaisimina. Useassa liittymässä ilmaisinsilmukat ovat läsäoloilmaisimia, jotka sijaitsevat pysäytysviivoilla. Tämän lisäksi liittymissä on kulkuilmaisimia, jotka sijaitsevat kauempana liittymistä. Liittymiin asennetaan uusia ilmaisimia toimimaan liittymäväliden sisääntuloilmaisimina. Ilmaisimina käytetään perinteisten induktiosilmukoiden sijasta langattomia SENSYS – ilmaisimia.

SENSYS – ilmaisimet voivat toimia läsäoloilmaisimina sekä kulkuilmaisimina aivan kuten perinteiset induktiosilmukat. SENSYS – ilmaisinten etuina verrattuna induktiosilmukoihin ovat vähäisempi asfalttipinnan sahaamisen tarve sekä langattomuus. Varsinkin keskusta-alueilla ilmaisinsilmukoiden sahaamisen on varsin kallista. Jokainen induktiosilmukka tulee kaapeloida liittymän liikennevalokojeeseen, ja tämä tekee induk-

tiosilmukoiden käytöstä suhteellisen kallista. Tämän vuoksi Tampereen ImFlow – projektissa uusiksi ilmaisimiksi valittiin SENSYS – ilmaisimet. SENSYS – ilmaisimet lähettää dataa radiotaajuudella suoraan liikennevalokojeseen kytkettyyn vastaanottimeen. Kauempana liikennevalokojesta sijaitsevat ilmaisimet lähettävät dataa toistolähtimen kautta liikennevalokojeseen kytkettyyn vastaanottimeen. Liikennevalokojeseen kytketty vastaanotin pystyy vastaanottamaan dataa ilmaisimilta, jotka sijaitsevat noin 46 metrin etäisyydellä vastaanottimesta. Vastaanottoetäisyys riippuu vastaanottimen asennuskorkeudesta. Mikäli etäisyys on tätä pidempi, käytetään toistolähtimiä. Toistolähtimen voi lähettää dataa noin 300 metrin etäisyydelle ja tulevaisuudessa, tekniikan kehittyessä jopa pidemmälle. (SENSYS Networks 2015)

SENSYS – ilmaisinten asennus vaatii noin 10 cm leveän ja noin 5,7 cm syvän reiän poraamisen asfalttiin. Ilmaisimet asennetaan usein keskelle ajokaistoja, jolloin ne havaitsevat päälle pysähtyneet ja ylikulkevat ajoneuvot. Ilmaisinten asennusten jälkeen poratut reiät täytetään nopeasti kuivuvalla epoksilla. (SENSYS Networks 2015) SENSYS – ilmaisinten toimintaa havainnollistetaan kuvassa 42.



Kuva 42 Langattoman SENSYS – ilmaisimen toiminta. (SENSYS Networks 2015)

4.4 Simulointimalli

Yleistä

Ennen ImFlow – järjestelmän käyttöönottamista Tampereella, tuli järjestelmän toimintaa ja sen tuottamia tuloksia testata ja verrata alueen aikaisempaan valo-ohjaukseen. Simulointi mahdollistaa järjestelmän toimivuuden analysoimisen jo ennen kuin järjes-

telmä on fyysisesti toiminnassa. Analysoimalla järjestelmän toimintaa saadaan selville, miten järjestelmä toimisi luonnossa. Mikäli simuloinnin tulokset paljastavat heikkouksia järjestelmän toiminnassa, voidaan järjestelmän asetuksia muokata paremman toimivuuden takaamiseksi.

Analyttisillä menetelmillä voidaan tarkastella perinteisten aikaohjattujen, kiinteällä kiertoajalla toimivien liikennevalojen vaikutuksia liikenteen sujuvuuteen. Myös joidenkin yksinkertaisten liikennetieto-ohjattujen liikennevalojen vaikutuksia on mahdollista analysoida analyttisin menetelmin. Usein analyttiset menetelmät eivät kuitenkaan sovellu monimutkaisimpien järjestelmien, kuten joukkoliikenne-etuusjärjestelmien ja adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien toimivuuden analysointiin. Vastaavien valo-ohjausjärjestelmien vaikutusten analysointi onnistuu kuitenkin mikrosimulointimallilla. (Wahlstedt 2013)

Aikaohjattujen liikennevalojen ja niiden ohjaaman liikenteen vuorovaikutus on yksisuuntaista. Ainoastaan liikenne reagoi liikennevalojen toimintaan ja liikennevalot toimivat aina samalla tavalla liikenteestä huolimatta. Liikennetieto-ohjatuissa liikennevaloissa vastaava vuorovaikutus liikenteen ja liikennevalojen välillä on kaksisuuntaista. Nykyaikaisten liikennetieto-ohjattujen liikennevalojen ja liikenteen kaksisuuntainen vuorovaikutus tekee mallinnuksesta makrotasolla hyvin vaikeaa. Makrotasolla liikennevirtoja mallinnetaan kokonaisuuksina. Mikrosimuloinnissa liikennettä puolestaan mallinnetaan yksittäisten ajoneuvojen ja jalankulkijoiden tasolla. Tästä johtuen mikrosimulointi soveltuu erinomaisesti erilaisten valo-ohjausmenetelmien vaikutusten arviointimenetelmäksi. (Tiehallinto 2003)

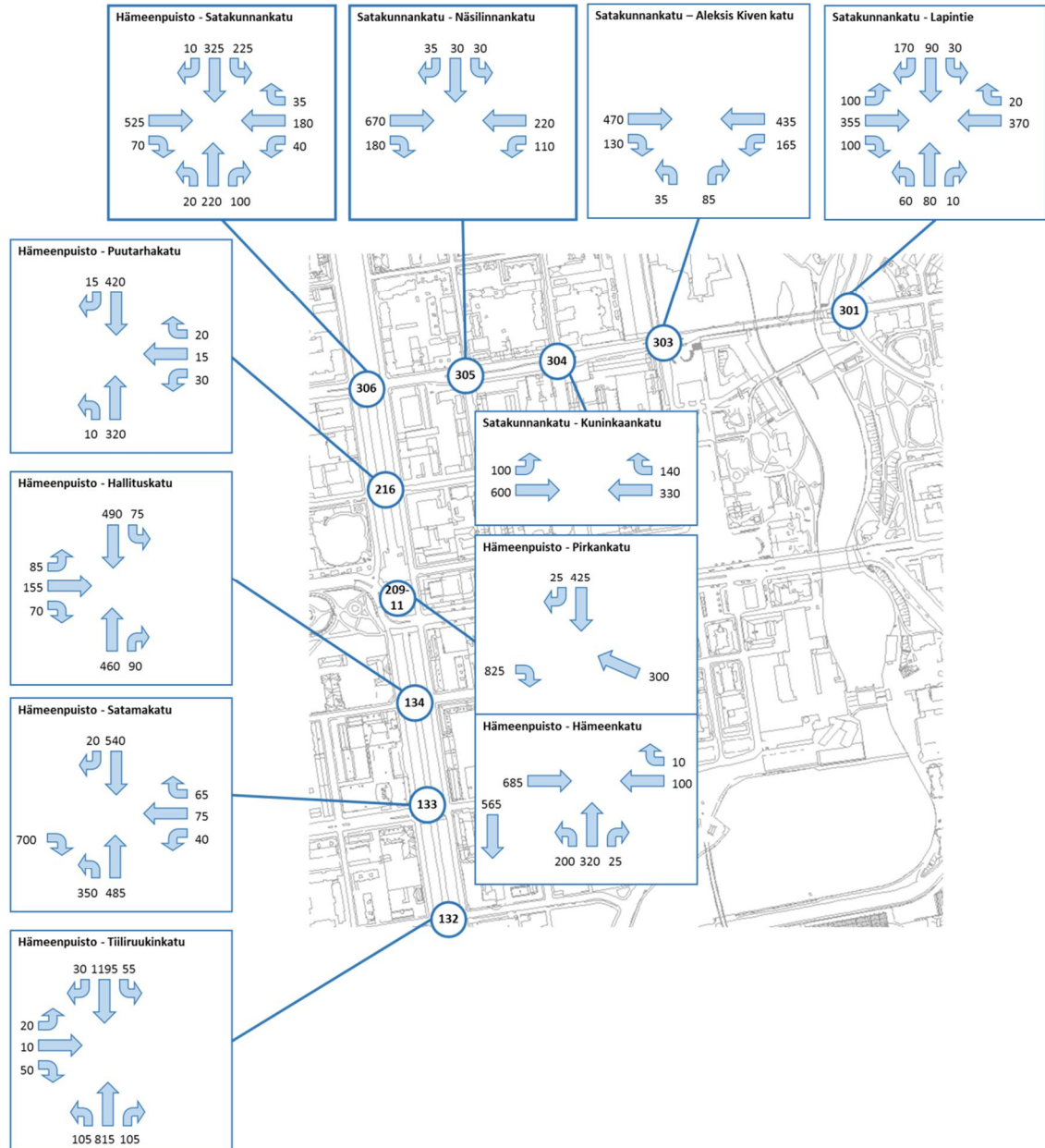
VISSIM – malli

Tampereen ImFlow – pilottihankkeessa nykyisen SYVARI – valo-ohjauksen sekä ImFlow – järjestelmän toimivuutta simuloidaan hyödyntämällä VISSIM – simulointimallia. VISSIM on saksalaisen PTV AG:n kehittämä mikrosimulointimalli. Alun perin VISSIM:in kehitys painottui kaupunkiliikenteen simulointiin, mutta nykyisin ohjelmistoon on kehitetty moottoriteiden ajoneuvon seurantamalli. (Tiehallinto 2003) Sana VISSIM on kirjainlyhenne sanoista ”Verkehr In Städten – SIMulationsmodell” tarkoittaen ”liikenne kaupungeissa – simulaatio” (Gupta et al 2014). Nykyisin VISSIM on maailmanlaajuisesti johtava mikrosimulointiohjelma kattaen kaikki tie- ja rautatieliikenteen muodot. VISSIM on suunniteltu siten, että sillä voidaan simuloida kaikenkokoiset liikenneverkot niin yksittäisistä liittymistä aina laajoihin megalopoleihin. (Siemens 2015)

4.4.1 Liikennemäärät

VISSIM – mallilla suoritettavat toimivuustarkastelut Satakunnankadun ja Hämeenpuiston liittymissä suoritetaan hyödyntämällä liikennelaskennoista saatuja liikennemääriä. Tarkasteluajankohdiksi valittiin aamuruuhka, iltaruuhka ja päiväliikenne. Kuvissa 43,

44, 45 ja 46 esitetään alueen liittymien aamuhuipputunnin, iltahuipputunnin ja päivällikenteen tarkastelutilanteiden liikennemäärät. Joukkoliikenteen mallintamiseen liittyvä tieto perustuu Riku Nevalalta (Trafix) saatuun materiaaliin. Liikennemäärät ovat peräisin Tampereen kaupungilta.



Kuva 43. Aamuhuipputunnin tarkastelutilanteiden liikennemäärät, ajon/h. (Nevala 2015)



Kuva 44. Päiväliikenteen tarkastelutilanteen liikennemäärät, ajon/h. (Nevala 2015)



Kuva 45. Iltahuipputunnin tarkastelutilanteen liikennemäärät, ajon/h. (Nevala 2015)



Kuva 46. Kaikkien tarkastelutilanteiden jalankulku- ja pyöräliikenteen liikennemäärät, jk/h. Perustuu lähteeseen (Nevala 2015)

Yllä olevien kuvien liikennemäärien muodostamisperusteet käydään läpi seuraavissa alaluissa. Hämeenpuiston ja Pirkankadun liittymässä ajosuunta, joka vaikuttaisi saapuvan kaakosta, ei ole varsinainen ajosuunta. Kyseinen nuoli havainnollistaa ajoneuvo liikenteen määriä, jotka saapuvat Hämeenpuiston ja Hämeenkadun liittymästä ajosuunnilta idästä länteen ja etelästä länteen. Kuvat 43, 44 ja 45 ovat Riku Nevalan muodostamia. Kuva 46 on muodostettu Riku Nevalan materiaalien pohjalta.

4.4.1.1 Satakunnankadun liikennemäärät

Ajoneuvoliikenne

Satakunnankadun liittymien tarkastelutilanteiden liikennemäärät on muodostettu liikennevalojen ilmaisineläskentojen perusteella muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Laskenta-ajankohdaksi on valittu lokakuun viimeinen viikko 2014. Liikennemäärät ovat tiistain, keskiviikon ja torstain keskiarvoja.

Satakunnankadun liittymien ilmaisineläskenoissa aamuhuipputunti osuu välille 7:45 – 8:45 ja iltahuipputunti 15:45 – 16:45 välille. Päiväliikenteen tarkastelutunniksi on valittu 12:00 – 13:00.

Kadunvarsipysäköinnin, liittymien sekakaistojen ja ilmaisinten yksittäisten tarkkuuserojen ja virrehavaintojen vuoksi liikenneläskenoissa peräkkäisten liittymien liikennemäärät eivät täysin täsmää toisiinsa samoista laskenta-ajankohdista huolimatta. Laskentaeroja on tasattu muokkaamalla tarkastelutilanteiden liikennemääriä. Laskentaeroja on tasattu siten, että pääsuunnan liittymään saapuva liikennemäärä vastaa saapuvan suunnan ilmaisinhavaintoja. Edeltävästä liittymästä poistuva liikennemäärä on sovitettu tähän määrään muokkaamalla liikennemääriä siten, että ensisijaisesti muokattiin edeltävän liittymän sekakaistan oikealle kääntyvää liikennemäärää ja toissijaisesti sivusuunnan kääntymisjakautamaa huolimatta sivusuunnan mahdollisesta kaistakohtaisesti laskentatuloksesta. Erityisesti on jouduttu muokkaamaan Kuninkaankadun (304) ja Aleksis Kiven kadun (303) kääntyviä liikennemääriä.

Iltahuipputunnin osalta Satakunnankadun ja Hämeenpuiston liittymässä (306) on käytetty vuoden 2014 maastoläskentoja. Maastoläskennän tuloksia on kasvatettu Satakunnankadun suoraan menevien virtojen osalta, jotta Satakunnankadulle itään menevä ja saapuva liikenne vastaa ilmaisineläskentojen tuloksia. Myös Satakunnankadun ja Lapintien (301) liittymän iltahuipputuntiliikenne perustuu maastoläskennän tuloksiin. Muissa tarkastelutilanteissa liikennemäärät perustuvat vuoden 2007 maastoläskentaan ja 2014 ilmaisineläskentoihin. Myös aamu- ja päiväliikenteessä on jouduttu kasvattamaan suoraan meneviä suuntia suhteessa ilmaisineläskentoihin, jotta liikennemäärät täsmäivät seuraaviin liittymiin.

Jalankulku- ja pyöräliikenne

Satakunnankadun jalankulkijamäärät perustuvat Tampereen kaupungin jalankulkuläskentoihin. Läskentatulokset ovat vuosien 2012 – 2014 iltaruuhkan aikana läskettuä liikennemääriä. VISSIM – mallissa kaikissa tarkastelutilanteissa on käytetty samoja arvoja.

Satakunnankadulla Tammerkosken ylittävällä sillalla jalankulku- ja pyöräliikenteen liikennemääriksi liikenneläskenoissa on läskettu ajoradan pohjoispuolen suojatiellä 130 jk/h länteen ja 70 jk/h itään. Ajoradan eteläpuolella läsketut arvot ovat 20–30 jk/h

kumpaankin suuntaan. VISSIM – mallissa jalankulkuliikenteen määränä on ajoradan pohjoispuolella käytetty arvoa 100 jk/h molempiin suuntiin. Ajoradan eteläpuolella puolestaan on käytetty arvoa 25 jk/h molempiin suuntiin. Kyseisiä arvoja on sovellettu Lapintien liittymän kohdalla.

Kuninkaankadun liittymässä jalankulku- ja pyöräliikenteen liikennemääräksi Satakunnankadun pohjoispuolella on laskettu 100 jk/h molempiin suuntiin, eteläpuolella jalankulku- ja pyöräliikenteen määräksi on laskettu 70–100 jk/h molempiin suuntiin. VISSIM – mallissa ajoradan pohjoispuolen jalankulku- ja pyöräliikenteen määränä on käytetty arvoa 100 jk/h molempiin suuntiin ja eteläpuolisen liikenteen määränä on käytetty arvoa 90 jk/h molempaan suuntaan. Kyseisiä arvoja on sovellettu välillä Hämeenpuiston liittymä – Aleksis Kiven katu.

Lapintien liittymässä Satakunnankadun ylittävällä suojatiellä jalankulku- ja pyöräliikenteen määräksi on laskettu pohjoiseen päin 70 jk/h ja etelään 110 jk/h. VISSIM – mallissa molempien suuntien liikennemäärinä on käytetty 90 jk/h. Samaa Satakunnankadun ylittävää jk-määrää on käytetty kaikissa Satakunnankadun liittymissä.

Jalankulkuliikenteen liikennemäärät ovat lähinnä suuntaa-antavia. Jalankulkuliikenteen liikennemäärät eri liittymien kohdalla ovat todennäköisesti suuremmat kuin luonnossa. Tämä johtuu siitä, että Kuninkaankadun liittymän Satakunnankadun suuntaisen jalankulkuliikenteen liikennemäärää on sovellettu Aleksis Kiven ja Hämeenpuiston välisissä liittymissä. Samasta syystä Satakunnankadun ylittävien suojateiden jalankulkijaliikennemäärät ovat vain suuntaa-antavia, sillä Lapintien liittymän lukuarvoja sovelletaan kaikissa Satakunnankadun liittymissä.

4.4.1.2 Hämeenpuiston liikennemäärät

Ajoneuvoliikenne

Hämeenpuiston liittymien tarkastelutilanteiden liikennemäärät perustuvat Hämeenpuiston maastolaskentoihin vuodelta 2007. Maastolaskentojen lisäksi on käytetty iltaruuhkan laskentoja vuodelta 2014.

Hämeenpuiston liittymien maastolaskennoissa aamuhuipputunti osuu välille 7:30 – 8:30 ja iltahuipputunti välille 15:30 – 16:30. Päiväliikenteen tarkastelutunniksi on valittu 12:00 – 13:00.

Kuten Satakunnankadun liittymissä, myös Hämeenpuiston peräkkäisissä liittymissä liikennemääriä on jouduttu tasoittamaan. Edeltävästä liittymästä poistuvat liikennemäärät ja seuraavaan liittymään saapuvat liikennemäärät on tasattu siten, että ensisijaisesti vanhempaa laskentatietoa on muokattu sopimaan tuoreempaan laskentatietoon.

Hämeenkadun eteläpuolelta maastolaskentoja on vain vuodelta 2007. Liikennemääriä on korjattu Hämeenpuiston pääsuunnassa lähemmäs vuoden 2014 lokakuun Satamaka-

dun liittymän (133) liikennevalojen ilmaisinelaskennan tulosta. Liikennemäärät vuoden 2014 ilmaisinelaskennoissa olivat selvästi alempia kuin vuonna 2007, erityisesti aamuhuipputunnin kohdalla.

Hämeenkadun ja Pirkankadun liittymässä ei ole tarkempia laskentatietoja aamuhuipputunnin ja päiväliikenteen osalta. Hämeenkadun liittymään saapuvat liikennevirrat on sovitettu aamu- ja päiväliikenteen osalta ilmaisinelaskentojen poikkileikkaustuloksiin. Kääntymisjakaumat on sovitettu siten, että poistuvat virrat vastaavat edeltäviin ja seuraaviin liittymiin saapuvaa liikennettä.

Jalankulku- ja pyöräliikenne

Kuten Satakunnankadulla, myös Hämeenpuiston jalankulkijamäärät perustuvat Tampereen kaupungilta saatuihin vuoden 2012 – 2014 jalankulkulaskentoihin. VISSIM – mallissa kaikissa tarkastelutilanteissa käytetään samoja arvoja.

Puutarhakadun liittymän kohdalla jalankulku- ja pyöräliikenteen liikennemäärät liikennelaskennoissa ajoradan itäpuolella oli 45–65 jk/h molempiin suuntiin ja länsipuolella 40–50 jk/h molempiin suuntiin. Ajoratojen välissä olevalla väylällä jalankulku- ja pyöräliikenteen määräksi laskettiin 120–160 jk/h molempiin suuntiin. VISSIM – mallissa käytetyt arvot ovat 50 jk/h molempiin suuntiin ajoradan itäpuolella, 50 jk/h länsipuolella ja 140 jk/h ajoratojen välissä. Kyseisiä arvoja on sovellettu välillä Satakunnankadun liittymä – Hämeenkadun liittymä.

Satamakadun liittymän kohdalla liikennelaskentojen mukaan jalankulku- ja pyöräliikenteen liikennemäärät ajoradan itäpuolella olivat 80 jk/h molempiin suuntiin ja länsipuolella 20–30 jk/h molempiin suuntiin. Ajoratojen välissä olevalla väylällä liikennemäärät olivat 80–100 jk/h. VISSIM – mallissa käytetyt arvot edellä mainitussa järjestyksessä ovat 80, 30 ja 90 jk/h. Kyseisiä arvoja on sovellettu välillä Hallituskadun liittymä - Tiiliruukinkadun liittymä.

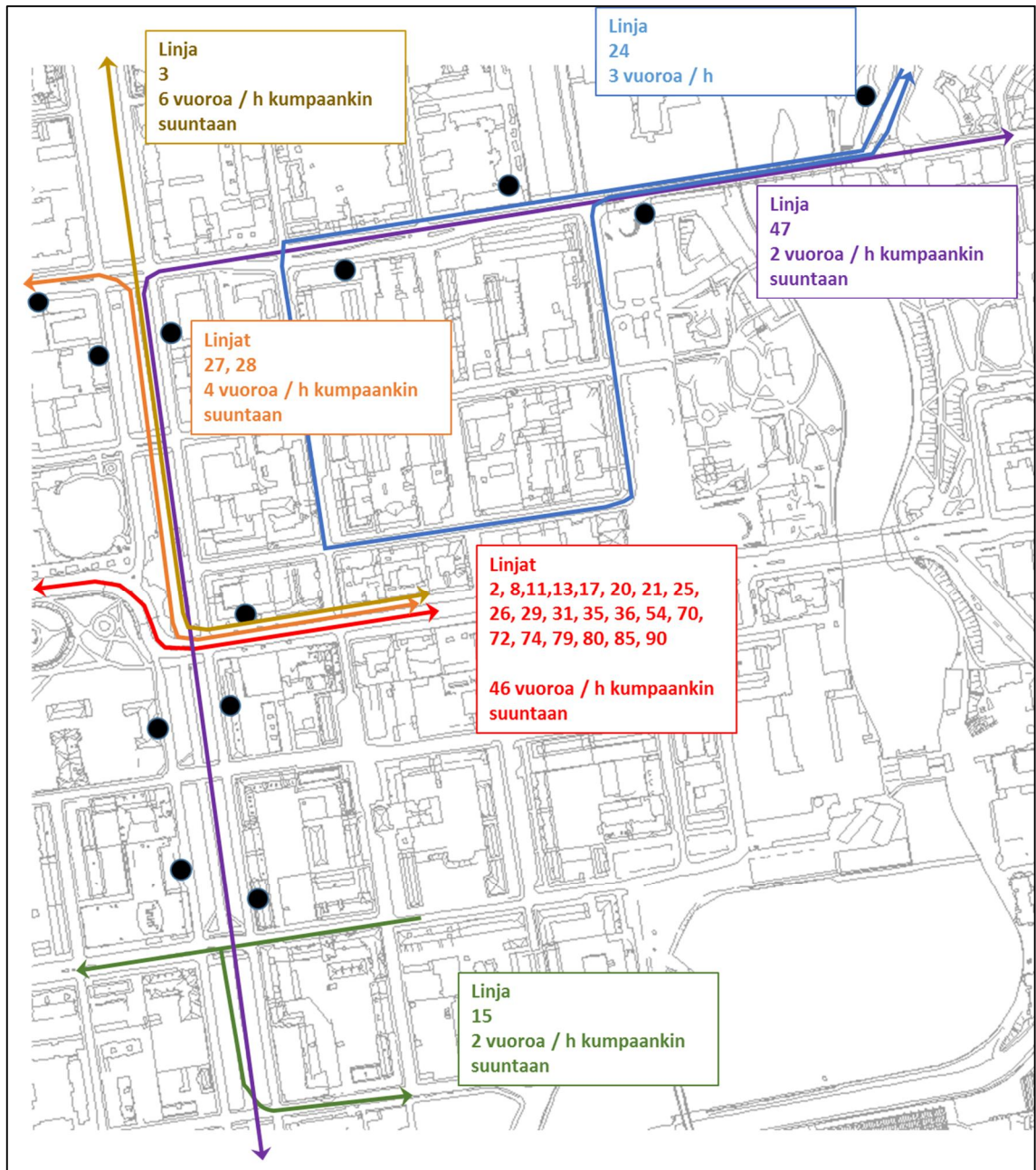
Hämeenkadun kohdalla Hämeenpuiston ylittävän suojatien lasketut jalankulku- ja pyöräliikenteen liikennemäärät ovat 140 jk/h molempiin suuntiin. Kyseistä arvoa käytetään VISSIM – mallissa Hämeenkadun liittymässä. Muissa Hämeenpuiston ylittävien suojatien kohdalla käytetään tästä puolikasta arvoa, 70 jk/h molempiin suuntiin.

4.4.2 Joukkoliikenteen mallinnus

Tarkasteltavan alueen bussiliikenne ja pysäkit mallinnettiin siten, että bussilinjat perustuvat olemassa olevaan linjastoon. Kuten edellä mainittiin, suurin osa alueen bussilinjoista kulkee Hämeenpuiston yli Hämeenkadun ja Pirkankadun kautta. Samaa reittiä kulkevat linjat on mallinnettu yhtenä linjana.

Bussilinjojen minuuttipohjaisia aikatauluja ei ole mallinnettu, vaan kullakin tarkastelualueen reitillä kulkee kyseessä olevan reitin yhteenlaskettu vuoromäärä tasaisella vuorovälillä. Vuoromääränä on käytetty aamuruuhkan aikana olevaa vuoromäärää tuntia kohden.

Bussiliikenne on sama kaikissa tarkastelutilanteissa. Jokaisella linjalla keskimääräiseksi pysäkkipysähdysten kestoksi on arvioitu 5 – 15 sekuntia tasajakaumalla. Bussipysäkeistä on mallinnettu kaikki tarkastelualueella sijaitsevat pysäkit ja lähimmät saapuvien suuntien pysäkit. Pysäkit sekä alueella kulkevat linjat esitetään kuvassa 47.



Kuva 47. Tarkastelualueen bussilinjat, vuoromäärät ja mallinnettavat pysäkit. (Nevala 2015)

4.4.3 Mallin ominaisuudet

Tampereen ImFlow – järjestelmän ja olemassa olevan SYVARI – valo-ohjauksen analysointia varten VISSIM – mallissa mallinnetaan ajoneuvoliikenne sekä jalankulkuliikenne. Liikenneviraston (2013) julkaisun mukaan VISSIM – simuloinneissa välityskyky esiintyy yleisesti hieman suurempana kuin Suomessa on todettu välityskyvyn olevan vastaavanlaisissa käytännön tilanteissa. VISSIM:in kaksi ajoneuvoseurantamallia ovat Wiedemann 99, joka soveltuu moottoriteille ja Wiedemann 74, joka soveltuu kaupunkiolosuhteisiin (Liikennevirasto 2013). Simuloinnissa käytetään VISSIM – mallin oletusasetuksia seuraavia poikkeuksia lukuun ottamatta.

- Simulointi: päivitystaajuus 10 kertaa sekunnissa
- Käyttäytymismallit (Urban, Wiedemann 74)
 - Average standstill distance 1,9 m
 - Additive part of safety distance 2,25
 - Multiplic. part of safety 3,23

Wiedemann 74 – mallin parametrin Average standstill distance tarkoittaa pysähtyneiden ajoneuvojen välistä keskimääräistä etäisyyttä, Additive part of safety distance tarkoittaa tavoitteellisen turvavälin lisäosuutta ja Multiplic. part of safety tarkoittaa tavoitteellisen turvavälin kerroinosuutta. Nämä tekijät huomioidaan kaavassa, jolla lasketaan ajoneuvojen välinen etäisyys ajoneuvoseurannassa. Average standstill distance – parametri kertoo, kuinka pitkän turvavälin pysähtyvä ajoneuvo jättää edessä olevaan ajoneuvoon. Parametrit Additive part of safety distance ja Multiplic. part of safety vaikuttavat siihen, kuinka ajoneuvot säätelevät turvaväliä suhteessa toisiinsa liikkeellä ollessaan. Parametrien arvojen suuruus vaikuttaa suoraan välityskykyyn. Mitä pienemmät parametrit ovat, sitä suurempi on välityskyky. (Liikennevirasto 2013)

Simuloitaessa tarkasteltavan alueen ajoneuvoliikennettä sekä kevyttä liikennettä, ovat liikenteen jakaumat seuraavia: Ajoneuvoliikenteessä raskaanliikenteen osuudeksi oletetaan 2 %, bussit simuloidaan erikseen periaatteella, joka käytiin läpi aikaisemmin luvussa 4.4.2. Aikaisemmin läpikäydyistä Satakunnankadun ja Hämeenpuiston kevyen liikenteen liikennemääristä 85 % oletetaan jalankulkijoiksi ja 15 % pyöräilijöiksi. Ajoneuvotyyppinä käytetään VISSIM:in oletusajoneuvotyyppijä. Simuloinnin kesto on 5 min + 1 h (3900 s). Ensimmäisen viiden minuutin aikana malli täytetään liikenteellä, jonka jälkeen seuraa tunti varsinaista simulointia. Tunnin simuloinnista kerätään liikenteelliset tunnusluvut.

Liikennevalo-ohjauksen mallinnus

VISSIM – mallissa nykyinen SYVARI – ohjaus on pyritty mallintamaan mahdollisimman tarkasti. SYVARI – toiminnoista on mallinnettu bussiliikenteen etuusmenetelmistä

vihreiden pidennykset ja valokierron nopeutus. Lisäksi on mallinnettu synkronointipidennykset, synkronointinollaukset sekä normaalit vihreiden pidennykset.

Mallinnetun valo-ohjauksen toimivuutta suhteessa todelliseen valo-ohjauksen toimintaan heikentää se, että VISSIM:issä valo-ohjaus perustuu vaiheohjaukseen. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikkia päävaiheiden välisiä opastinryhmäyhdistelmiä ei ole mallinnettu. Esimerkiksi kaikkia suojateiden suojatieryhmiä ennenaikaisia päättämisiä ei ole mallinnettu. Tämä vaatisi aina yhden ylimääräisen lisävaiheen malliin. Tärkeimmät ja merkittävimmät välivaiheet on kuitenkin mallinnettu. Mikäli kaikki välivaiheet mallinnettisiin VISSIM – mallissa, vaatisi mallintaminen suhteettoman määrän työtä.

VISSIM – malliin on mallinnettu kaikki liittymien suunnitelmissa olevat liikenneilmaisimet. Näiden lisäksi malliin on lisätty ImFlow – järjestelmän vaatimat poistuvan suunnan ilmaisimet. Suojateiden painonapit on mallinnettu ainoastaan, mikäli tarkasteltavissa tapauksissa (aamuhuipputunti, päiväliikenne ja iltahuipputunti) suojateiden vihreiden pyynnöt tapahtuvat omilla pyynnöillä. Mikäli suojateiden vihreän pyyntö tapahtuu näissä tapauksissa kiinteällä pyynnöllä, ei painonappeja mallinnetta. Bussipyynnöt ja kuitaukset on mallinnettu ilmaisimilla. Pysäkillä tai pysäkkiä ennen olevat pyyntöpisteet on kuitenkin siirretty pysäkin jälkeen.

Ohjausryhmät on nimetty suunnitelmien mukaan seuraavalla periaatteella: A=1, B=2, C=3 ja niin edelleen. Ilmaisinten nimeäminen tapahtuu seuraavalla periaatteella: A85 = 185, B50 = 250, D1 = 401 ja niin edelleen. Poistuvan suunnan ilmaisimet on nimetty seuraavasti: 999 merkitsee poistuvaa ilmaisinta, poistuva haara tulosuunnan mukaisesti, kaistanumero. Esimerkkinä tulosuunnan A poistuva ilmaisin kaistalla 2 merkitään seuraavasti: 99912.

Hämeenpuiston kadunvarsipysäköinti

Hämeenpuiston kadunvarsipysäköinti on mallinnettu karkealla tasolla. Mallinnuksessa on hyödynnetty VISSIM:in ominaisuutta, joka sallii samalla kaistalla olevan ajoneuvon ohittamisen tilan riittäessä.

Tienvarsipysäköintipaikat täyttyvät ensimmäisen viiden minuutin aikana, jolloin malliin syötetään ylimääräistä pysäköintiliikennettä. Kyseessä on mallin täyttöliikennettä, josta ei lasketa tunnuslukuja. Tienvarsipysäköinti kestää keskimäärin noin tunnin, eli osa pysäköidyistä ajoneuvoista lähtee paikaltaan simuloinnin aikana.

Oikeanpuoleisen pysäköintikaistan leveydeksi on asetettu 4,75 m. Samalla kaistalla olevien ajoneuvojen, eli pysäköityneitä autoja ohittavien ajoneuvojen nopeus vaihtelee keskimäärin siten, että 10 cm sivuetaisyydellä autot pysähtyvät ja 1,5 m etäisyydellä autot ajavat nopeusrajoituksen mukaan.

Mallissa tämä johtaa keskimäärin siihen, että oikealla kaistalla pysäköitynyttä ajoneuvoa ohittamaan lähtevän ajoneuvon nopeus laskee selvästi. Päästyään pysäköityjen autojen rinnalle nopeus nousee. Kuljettajakohtaisesta vaihtelusta johtuen yksittäisistä ajoneuvoista osa pysähtyy kokonaan, mutta osa ajaa edelleen lähes tavoitenopeutta.

Mallinnuksessa ei ole voitu käyttää tarkempaa mahdollisuutta, jossa autot huomioivat myös vasemmalla kaistalla olevien autojen sijainnin. Tämä osamalli johti mallin huomattavaan epävarmuuteen: lähes joka toisessa simuloinnissa syntyi tilanne, jossa kaistaa vaihtavat ja pysäköiviä autoja ohittavat aiheuttivat molempien autojen täydellisen pysähtymisen ja jäämisen lopullisesti jumiin.

4.4.4 Liikenteen tunnuslukujen kerääminen

Kuten edellä mainittiin, tarkastelualueen liikenteen tunnuslukuja kerätään tunnin (3600 s) ajalta. Ennen tunnuslukujen laskentaa, malli täytetään viiden minuutin (300 s) ajan täytöliikenteellä. VISSIM – simuloinnissa kerätään runsaasti erilaisia tunnuslukuja, joiden avulla saadaan selkeä kuva tarkastelualueen liikenteen sujuvuudesta. Tunnuslukujen kerääminen on jaettu kolmeen eri tasoon. Näitä tasoja ovat verkollinen taso, reittikohtainen taso ja liittymäkohtainen taso.

Simuloitaessa tarkasteltavan alueen liikennettä, tulee varmistua siitä, että tulokset ovat luotettavia. Liikenneviraston (2013) julkaisun mukaan luotettavien tulosten takaamiseksi simulointiajot tulee suorittaa useamman kerran eri siemenluvuilla. Siemenluku vaikuttaa siihen, missä syklissä simulointiohjelma syöttää ajoneuvoja tarkasteltavalle verkolle. Mikäli useammat simulointiajot suoritettaisiin samoilla siemenluvuilla, tuottaisivat simulointiajot joka kerta täsmälleen samat tulokset. Julkaisussa mainitaan, että kuormittuneissa kohteissa simulointiajot tulee suorittaa vähintään kolmella eri siemenluvulla. (Liikennevirasto 2013) Tässä projektissa simulointiajot suoritettiin seitsemällä eri siemenluvulla, jotta saadaan täysi varmuus tulosten luotettavuudesta. Simulointiajosten tuloksista muodostetaan keskiarvot, joiden avulla valo-ohjausjärjestelmiä vertaillaan keskenään. Simulointiajoissa käytetyt siemenluvut ovat 42, 47, 52, 57, 62, 67 ja 72.

Koko verkon keskimääräiset tunnusluvut

Alueellisella tasolla koko verkolta kerätään seuraavat tunnusluvut.

- Keskimääräiset viiveet (s/ajon) ajoneuvoluokittain
- Keskimääräiset pysähtymismäärät ajoneuvoluokittain
- Keskimääräinen nopeus ajoneuvoluokittain
- Yhteenlasketut viiveet ajoneuvoluokittain
- Yhteenlasketut matka-ajat ajoneuvoluokittain

Ajoneuvoluokkien keskimääräiset viiveet lasketaan jakamalla yhteenlasketut viiveet aktiivisten ja saapuneiden ajoneuvojen lukumäärällä. Aktiivisilla ajoneuvoilla tarkoitetaan ajoneuvoja, jotka ovat simuloinnin loppuessa simuloitavalla verkolla. Saapuneilla ajoneuvoilla tarkoitetaan ajoneuvoja, jotka ovat saavuttaneet määränpänsä ja poistuneet simuloitavalta verkolta simuloinnin ollessa käynnissä. Pysäköityjä ajoneuvoja ja ajoneuvoja, jotka eivät mahtuneet simuloinnin aikana verkolle, ei sisällytetä tuloksiin. Keskimääräiset pysähtymismäärät ja nopeudet lasketaan samalla periaatteella.

Yhteenlasketut viiveet sisältävät kaikkien aktiivisten ja saapuneiden ajoneuvojen viiveet. Viiveet koostuvat viiveistä, jotka syntyvät kun ajoneuvot kulkevat hitaammin kuin haluttua nopeutta, sekä viiveistä, jotka syntyvät, kun ajoneuvot ovat pysähdyksissä. Viiveisiin ei kuulu bussien pysähdykset pysäkeillä eikä ajoneuvojen pysähtymiset pysäköintipaikoille.

Matka-ajat

Reittikohtaisella tasolla kuudelta eri reitiltä kerätään keskimääräiset matka-ajat ajoneuvoluokittain. Valitut reitit ovat seuraavat:

- Satakunnankatu itään (Mustalahdenkatu à Pellavatehtaankatu)
- Satakunnankatu länteen (Pellavatehtaankatu à Mustalahdenkatu)
- Hämeenpuisto etelään (Puuvillatehtaankatu à Pyhäjärvenkatu)
- Hämeenpuisto pohjoiseen (Pyhäjärvenkatu à Puuvillatehtaankatu)
- Hämeenpuisto etelä – Satakunnankatu itä (Pyhäjärvenkatu à Pellavatehtaankatu, alueen läpi ajava bussi linja 47)
- Satakunnankatu itä – Hämeenpuisto etelä (Pellavatehtaankatu à Pyhäjärvenkatu, alueen läpi ajava bussi linja 47)

Jokainen reitti koostuu VISSIM:issä määritetyistä lähtö- ja määränpää poikkileikkauksista. Keskimääräinen matka-aika, mukaan luettuna ajoneuvojen odotus- pysähtymisajat, määritetään aikana, mikä ajoneuvolta kuluu kulkea lähtö- ja määränpää poikkileikkauksien välillä.

Liittymäkohtaiset tunnusluvut

Solmukohtien arviointi (Node Evaluation) on menetelmä kerätä dataa käyttäjän määrämältä alueelta VISSIM – verkolla. Tulokset kerätään automaattisesti hyödyntämällä solmukohtien omia rajoja. Menetelmä on suunniteltu erityisesti liittymäkohtaisen datan keräämiseen.

Liittymäkohtaisella tasolla jokaiselta tarkastelualueen liittymältä kerätään liittymäkohtaiset tunnusluvut. Jokainen tunnusluku kerätään tulosuunnittain. Tulosuunnat on nimetty ilmansuunnittain saapumis- ja poistumislinkin mukaan. VISSIM – verkossa pohjoissuunta osoittaa ylöspäin. Esimerkkinä ”NE-S” on ajosuunta ajoneuvon saapuessa koilli-

sesta ja kulkien liittymästä etelään. Tunnusluvuista kaikki paitsi jonon pituus, polttoaineenkulutus ja ympäristöpäästöt kerätään ajoneuvoluokittain. Mittausjaksot alkavat noin 100 m päästä liittymästä. Tämän alueen ulkopuolelle yltävät jonot / viiveet eivät esiinny tuloksissa. Kerättävät liittymäkohtaiset tunnusluvut ovat seuraavat:

- Ajoneuvojen lukumäärä (ajon/h)
- Keskimääräiset viiveet (s/ajon)
- Keskimääräinen jonopituus (m)
- Maksimijonopituus (m)
- Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)
- Keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)
- Polttoaineenkulutus (gallonaa)
- CO – päästöt (g)
- NO_x – päästöt (g)
- VOC – päästöt (g)

Bussien pysähtymistä bussipysäkeillä tai ajoneuvojen pysäköintiä pysäköintipaikoilla ei lasketa pysähdysmäärissä. Bussien hidastamisen ja kiihdyttämisen vuoksi kertyvät viiveet ennen ja jälkeen bussipysäkkien kuitenkin lasketaan kuuluvaksi viiveisiin.

5. SIMULOINNIN TULOKSET

Ensimmäiset simulointiajot SYVARI – ohjauksen ja ImFlow – ohjauksen välillä suoritettiin kesäkuun alussa 2015. Kyseisissä simulointiajoissa SYVARI – ohjaus on mallinnettu olemassa olevan valo-ohjauksen mukaisesti, kun taas ImFlow – ohjauksen mallinnus perustui järjestelmälle asetettuihin alkuperäisiin asetuksiin. Ensimmäiset simulointiajot suoritettiin ennen järjestelmän käyttöönottoa Tampereella. Tästä johtuen ImFlow – ohjauksen toiminta ei ollut ensimmäisissä simuloinneissa täysin optimaalista.

ImFlow – ohjaus otettiin käyttöön Tampereella torstaina 25.6.2015 kello 9:30 alkaen. Liittymät kytkettiin ImFlow – ohjaukseen liittymä kerrallaan. Liittymien kytkennän yhteydessä liittymien toimintaa seurattiin paikanpäältä, jotta mahdolliset epäkohdat valo-ohjauksen toiminnassa havaittaisiin. Havaitut epäkohdat kirjattiin ylös, jonka jälkeen ohjauksen toimintaa säädettiin kyseisten havaintojen perusteella. Kyseiset korjaukset ajettiin myöhemmin ImFlow – ohjauksen VISSIM – mallinnukseen. Luvussa esitettävät simulointitulokset vastaavat täysin kentällä olevan valo-ohjauksen tilannetta.

Tässä luvussa, sekä liitteissä esitettävät taulukot on muodostettu Riku Nevalalta (Trafix) saatujen SYVARI – simulointien ja Niels Van Den Boschin (Imtech) ImFlow – simulointien raakadatan perusteella. Data on tiivistetty mahdollisimman yksinkertaisten ja selkeiden taulukoiden muotoon.

5.1 Koko verkon keskimääräiset tunnusluvut

Alueellisella tasolla tarkasteltiin eri ajoneuvoluokkien keskimääräisiä viiveitä, pysähtymismääriä, nopeuksia sekä yhteenlaskettuja viiveitä ja matka-aikoja. Simulointien tulokset esitetään alalukujen taulukoissa. Tulosten lukuarvot sekä prosentuaaliset muutokset esitetään kahden desimaalin tarkkuudella. Tämä aiheuttaa sen, että keskimääräisissä pysähtymismäärissä, joissa lukuarvot ovat pieniä, tulosten esittäminen kahden desimaalin tarkkuudella voi aiheuttaa lukuarvojen esiintymisen samoina. Prosentuaaliset muutokset on laskettu pyöristämättömistä arvoista, joten lukuarvojen välillä voi esiintyä eroja, vaikka tulokset kahden desimaalin tarkkuudella olisivat keskenään samoja.

5.1.1 Aamuhuipputunti

Taulukossa 14 esitetään aamuhuipputunnin tarkastelutilanteen verkon keskimääräiset tunnusluvut. Taulukossa ennen – tilanne vastaa SYVARI – ohjausta ja jälkeen – tilanne ImFlow – ohjausta.

Taulukko 14. Verkon keskimääräiset tunnusluvut, aamuhuipputunti.

Keskimääräiset viiveet (s)	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Henkilöautot	50.82	48.71	-4.15
Rekat	51.23	50.87	-0.72
Bussit	41.75	41.74	-0.01
Jalankulkijat	42.22	42.23	0.02
Kaikki kulkumuodot	46.95	45.52	-3.05
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl)	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Henkilöautot	1.61	1.61	0.40
Rekat	1.46	1.55	5.80
Bussit	0.89	0.89	0.65
Jalankulkijat	1.39	1.41	1.28
Kaikki kulkumuodot	1.50	1.50	0.47
Keskimääräinen nopeus (km/h)	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Henkilöautot	24.22	24.67	1.83
Rekat	24.05	24.19	0.60
Bussit	21.91	21.90	-0.05
Kaikki kulkumuodot	11.47	11.57	0.82
Yhteenlasketut viiveet (h)	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Henkilöautot	77.72	74.41	-4.26
Rekat	1.58	1.56	-1.31
Bussit	1.52	1.53	0.51
Jalankulkijat	41.73	41.78	0.14
Kaikki kulkumuodot	129.80	125.82	-3.07
Yhteenlasketut matka-ajat (h)	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Henkilöautot	182.82	179.52	-1.81
Rekat	3.70	3.69	-0.17
Bussit	4.16	4.17	0.29
Jalankulkijat	242.23	242.43	0.08
Kaikki kulkumuodot	502.52	498.66	-0.77

Tarkasteltaessa aamuhuipputunnin aikaisia keskimääräisiä viiveitä, havaitaan, että ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien muiden kulkumuotojen viiveitä paitsi jalankulkijoiden. Eniten ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen viiveitä, jotka vähenivät 4,15 %. Muiden kulkumuotojen osalta viiveet järjestelmien välillä olivat suhteellisen lähellä toisiaan. Kaikkien kulkumuotojen keskimääräiset viiveet vähenivät 3,05 %.

Aamuhuipputunnin aikana ImFlow – ohjaus kasvatti kaikkien kulkumuotojen keskimääräisiä pysähtymismääriä. Eniten pysähtymismäärät kasvoivat rekoilla, joiden pysähty-

mismäärät kasvoivat 5,80 %. Henkilöautojen ja bussien keskimääräiset pysähtymismäärät kasvoivat 0,40 % ja 0,65 %. Jalankulkijoiden pysähtymismäärät kasvoivat 1,28 %. Vaikka ImFlow – ohjaus kasvatti kaikkien kulkumuotojen keskimääräisiä pysähtymismääriä, ovat erot järjestelmien välillä suhteellisen pieniä rekkojen keskimääräisiä pysähtymismääriä lukuun ottamatta. Vaikka rekkojen pysähtymismäärät kasvoivat vajaat 6 %, on otettava huomioon, että rekkoja kulkee verkolla kuitenkin suhteellisen pieni määrä verrattuna muihin kulkumuotoihin. Kaikkien kulkumuotojen keskimääräiset pysähtymismäärät kasvoivat 0,47 %.

Tarkasteltaessa keskimääräisiä ajonopeuksia, havaitaan, että aamuhuipputunnin aikana ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen ajonopeuksia 1,83 % ja rekkojen 0,60 %. Bussien keskimääräiset ajonopeudet vähenivät 0,05 %. Kaikkien kulkumuotojen keskimääräiset ajonopeudet kasvoivat 0,82 %. On huomattava, että kaikkien kulkumuotojen ajonopeuksien keskiarvoissa on simuloinneissa otettu huomioon myös jalankulkijoiden ajonopeudet. Jalankulkijoiden nopeudet eivät ole liikenteellisinä tunnuslukuina oleellisia. Tästä johtuen kaikkien kulkumuotojen ajonopeuksien keskiarvojen eroista järjestelmien välillä ei voi vetää tarkkoja johtopäätöksiä.

Tarkasteltaessa yhteenlaskettuja viiveitä, havaitaan, että aamuhuipputunnin aikana ImFlow – ohjaus kasvatti bussien viiveitä 0,51 % ja jalankulkijoiden 0,14 %. Henkilöautojen ja rekkojen viiveet puolestaan vähenivät 4,26 % ja 1,31 %. Kaikkien kulkumuotojen yhteenlasketut viiveet vähenivät 3,07 %.

Yhteenlaskettujen matka-aikojen kohdalla ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen matka-aikoja 1,81 % ja rekkojen 0,17 %. Bussien ja jalankulkijoiden matka-ajat puolestaan kasvoivat ImFlow – ohjauksessa 0,29 % ja 0,08 %. Kaikkien kulkumuotojen yhteenlasketut matka-ajat vähenivät 0,77 % verrattuna SYVARI – ohjaukseen.

Aamuhuipputunnin tarkastelutilanteessa erot valo-ohjausjärjestelmien välillä eivät ole kovin suuria. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta, että pääsääntöisesti ImFlow – ohjaus tuottaa parempia tuloksia kuin aiempi SYVARI – ohjaus. ImFlow – ohjaus parantaa pääasiassa henkilöautojen liikenteellisiä tunnuslukuja. Tämä on merkittävä seikka, sillä henkilöautot muodostavat suuren osan kokonaisliikennemäärästä. ImFlow – ohjauksella on pieni negatiivinen vaikutus jalankulkijoiden ja bussien liikenteellisiin tunnuslukuihin. ImFlow – ohjauksen tuottamat negatiiviset vaikutukset ovat kuitenkin suhteellisen pieniä, kun huomioidaan positiiviset vaikutukset henkilöautojen tunnuslukuihin.

Vaikka ImFlow – ohjaus pääasiassa vähensi kulkumuotojen keskimääräisiä viiveitä ja paransi keskimääräisiä ajonopeuksia, kasvatti ohjaus kuitenkin kaikkien kulkumuotojen keskimääräisiä pysähtymismääriä. Tästä voidaan päätellä, että aiempi SYVARI – ohjaus loi tehokkaat vihreät aallot Satakunnankadun ja Hämeenpuiston suuntaisille ajosuunnille. Tähän ImFlow – ohjaus ei täysin kyennyt vastaamaan. Oletettavasti ImFlow – ohjaus

puolestaan paransi huomattavasti sivusuuntien sujuvuutta suhteessa SYVARI – ohjaukseen. Tämä selittäisi sen, miksi ImFlow – ohjaus kasvatti kulkumuotojen pysähtymismääriä samalla kuitenkin parantaen ajonopeuksia ja vähentäen viiveitä.

5.1.2 Päiväliikenne

Taulukossa 15 esitetään päiväliikenteen tarkastelutilanteen verkon keskimääräiset tunnusluvut. Taulukossa ennen – tilanne vastaa SYVARI – ohjausta ja jälkeen – tilanne ImFlow – ohjausta.

Taulukko 15. Verkon keskimääräiset tunnusluvut, päiväliikenne.

Keskimääräiset viiveet (s)	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Henkilöautot	45.64	46.62	2.14
Rekat	44.72	49.49	10.66
Bussit	39.14	42.34	8.19
Jalankulkijat	37.35	38.82	3.94
Kaikki kulkumuodot	41.66	42.61	2.27
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl)	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Henkilöautot	1.58	1.66	5.39
Rekat	1.44	1.65	14.78
Bussit	0.80	0.90	11.99
Jalankulkijat	1.40	1.44	2.84
Kaikki kulkumuodot	1.47	1.53	4.16
Keskimääräinen nopeus (km/h)	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Henkilöautot	25.45	25.23	-0.87
Rekat	25.54	24.62	-3.60
Bussit	22.47	21.80	-2.99
Kaikki kulkumuodot	11.02	10.95	-0.60
Yhteenlasketut viiveet	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Henkilöautot	58.41	59.62	2.07
Rekat	1.15	1.27	10.09
Bussit	1.42	1.54	8.18
Jalankulkijat	36.84	38.40	4.24
Kaikki kulkumuodot	104.49	106.94	2.34
Yhteenlasketut matka-ajat (h)	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Henkilöautot	147.57	148.63	0.71
Rekat	2.93	3.07	4.74
Bussit	4.07	4.17	2.54
Jalankulkijat	237.41	239.03	0.68
Kaikki kulkumuodot	460.98	463.31	0.51

Tarkasteltaessa päiväliikenteen aikaisia keskimääräisiä viiveitä, havaitaan, että ImFlow – ohjaus kasvattaa viiveitä jokaisen kulkumuodon kohdalla. Henkilöautojen viiveet kas-

voivat 2,14 %, rekkojen 10,66 %, bussien 8,19 % ja jalankulkijoiden 3,94 %. Kaikkien kulkumuotojen keskimääräiset viiveet kasvoivat 2,27 %.

ImFlow – ohjaus kasvatti kaikkien kulkumuotojen keskimääräisiä pysähtymismääriä päiväliikenteen aikana. Henkilöautojen pysähtymismäärät kasvoivat 5,39 %, rekkojen 14,78 %, bussien 11,99 % ja jalankulkijoiden 2,84 %. Kaikkien kulkumuotojen keskimääräiset pysähtymismäärät kasvoivat 4,16 %.

ImFlow – ohjauksen kasvattaessa kaikkien kulkumuotojen keskimääräisiä viiveitä ja pysähtymismääriä, vähensi ImFlow – ohjaus luonnollisesti myös kaikkien kulkumuotojen keskimääräisiä ajonopeuksia. ImFlow – ohjauksen negatiivinen vaikutus keskinopeuksiin ei ollut kuitenkaan yhtä radikaali kuin viiveiden ja pysähtymismäärien tapauksissa. Henkilöautojen nopeudet laskivat 0,87 %, rekkojen 3,60 % ja bussien 2,99 %.

Yhteenlaskettujen viiveiden tulokset vastaavat keskimääräisten viiveiden tuloksia. ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen yhteenlaskettuja viiveitä 2,07 %, rekkojen 10,09 %, bussien 8,18 % ja jalankulkijoiden 4,24 %. Kaikkien kulkumuotojen yhteenlasketut viiveet kasvoivat 2,34 %.

Yhteenlaskettujen matka-aikojen kohdalla ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen matka-aikojen 0,71 %, rekkojen 4,74 %, bussien 2,54 % ja jalankulkijoiden 0,68 %. Kaikkien kulkumuotojen yhteenlasketut matka-ajat kasvoivat ImFlow – ohjauksessa 0,51 %.

Päiväliikenteen tuloksien perusteella voidaan helposti todeta, että SYVARI – ohjaus tuottaa ImFlow – ohjaukseen parempia tuloksia. Varsinkin rekkojen ja bussien tapauksissa ImFlow – ohjaus heikensi liikenteellisiä tunnuslukuja merkittävästi. Vertailtaessa päiväliikenteen tuloksia aamuhuipputunnin tuloksiin, havaitaan, että päiväliikenteen aikana liikennemäärät ovat olleet pienempiä ja liikenne ei ole ollut yhtä ruuhkautunutta. Tämä ilmenee muun muassa keskimääräisistä ja yhteenlasketuista viiveistä. Kiinteillä valo-ohjelmilla luodut vihreät aallot toimivat tehokkaasti päiväliikenteen aikana, jolloin liikennemäärät ovat suhteellisen rauhallisia. Adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien vahvuus perustuukin juuri epäsäännöllisten ja ruuhkautuneiden liikennevirtojen optimointiin. Päiväliikenteen tilanteessa ImFlow – ohjaus ei pystynyt luomaan yhtä tehokkaita vihreitä aaltoja kuin SYVARI – ohjaus. Huomioitavaa on se, että SYVARI - ohjauksessa keskimääräiset pysähtymismäärät ovat aamuhuipputunnin tapauksessa pienemmät kuin päiväliikenteen tapauksessa. ImFlow – ohjauksessa pysähtymismäärät ovat puolestaan päiväliikenteen tapauksessa suuremmat kuin aamuhuipputunnin tapauksessa. Tämä viittaa siihen, että päiväliikenteen aikana, jolloin liikennemäärät ovat pienempiä, ImFlow – ohjaus pyrkii optimoimaan vihreän jakoa pääsuunnan ja sivusuuntien välillä siten, että opastinryhmien vihreiden kestot ovat lyhyempiä kuin aamuhuipputunnin tapauksessa. Tämä johtaa siihen, että suoja-aikojen suhteellinen osuus valokierrosta kasvaa aiheuttaen keskimääräisten pysähtymismäärien lukumäärän kasvun.

5.1.3 Iltahuipputunti

Taulukossa 16 esitetään iltahuipputunnin tarkastelutilanteen verkon keskimääräiset tunnusluvut. Taulukossa ennen – tilanne vastaa SYVARI – ohjausta ja jälkeen – tilanne ImFlow – ohjausta.

Taulukko 16. Verkon keskimääräiset tunnusluvut, iltahuipputunti.

Keskimääräiset viiveet (s)	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Henkilöautot	73.98	61.89	-16.34
Rekat	77.00	65.88	-14.44
Bussit	44.07	46.19	4.83
Jalankulkijat	42.00	43.97	4.68
Kaikki kulkumuodot	61.03	54.35	-10.95
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl)	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Henkilöautot	2.28	1.98	-13.07
Rekat	2.21	1.94	-12.29
Bussit	0.95	1.01	6.18
Jalankulkijat	1.40	1.45	3.36
Kaikki kulkumuodot	1.91	1.75	-8.47
Keskimääräinen nopeus (km/h)	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Henkilöautot	20.60	22.48	9.09
Rekat	20.13	21.70	7.81
Bussit	21.44	21.05	-1.81
Kaikki kulkumuodot	11.42	11.88	4.01
Yhteenlasketut viiveet (h)	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Henkilöautot	129.24	108.40	-16.12
Rekat	2.70	2.32	-14.18
Bussit	1.60	1.69	5.43
Jalankulkijat	41.50	43.48	4.78
Kaikki kulkumuodot	182.24	162.61	-10.77
Yhteenlasketut matka-ajat (h)	Ennen	Jälkeen	Muutos (%)
Henkilöautot	252.75	233.27	-7.71
Rekat	5.17	4.81	-6.93
Bussit	4.22	4.33	2.69
Jalankulkijat	241.91	244.05	0.89
Kaikki kulkumuodot	572.73	555.33	-3.04

Tarkasteltaessa iltahuipputunnin aikaisia keskimääräisiä viiveitä, havaitaan että ImFlow – ohjaus vähentää henkilöautojen ja rekkujen viiveitä huomattavasti. Henkilöautojen viiveet vähenivät jopa 16,34 % ja rekkujen 14,44 %. Bussien ja jalankulkijoiden viiveet puolestaan kasvoivat 4,83 % ja 4,68 %. Kaikkien kulkumuotojen keskimääräiset viiveet vähenivät 10,95 %.

Iltahuipputunnin aikana ImFlow – ohjaus vähensi myös henkilöautojen ja bussien keskimääräisiä pysähtymismääriä. Henkilöautojen pysähtymismäärät vähenivät 13,07 % ja

rekkojen 12,29 %. Bussien keskimääräiset pysähtymismäärät kasvoivat 6,18 % ja jalankulkijoiden 3,36 %. Kaikkien kulkumuotojen keskimääräiset pysähtymismäärät vähenivät 8,47 %.

ImFlow – ohjauksen vähentäessä henkilöautojen ja rekkojen keskimääräisiä viiveitä ja pysähtymismääriä, kasvatti ImFlow – ohjaus luonnollisesti myös ajonopeuksia. Henkilöautojen keskimääräiset ajonopeudet kasvoivat 9,09 % ja rekkojen 7,81 %. Bussien ajonopeudet vähenivät 1,81 %.

Yhteenlaskettujen viiveiden tulokset vastaavat keskimääräisten viiveiden tuloksia. ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen ja rekkojen keskimääräisiä viiveitä suhteellisen reilusti. Henkilöautojen viiveet vähenivät 16,12 % ja rekkojen 14,18 %. Bussien yhteenlasketut viiveet kasvoivat 5,43 % ja jalankulkijoiden 4,78 %. Kaikkien kulkumuotojen yhteenlasketut viiveet vähenivät ImFlow – ohjauksessa 10,77 %.

Yhteenlaskettujen matka-aikojen kohdalla ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen matka-aikojä 7,71 % ja rekkojen 6,93 %. Bussien matka-ajat kasvoivat 2,69 % ja jalankulkijoiden 0,89 %.

Tarkasteltaessa iltahuipputunnin tuloksia ja vertailtaessa niitä aamuhuipputunnin ja päiväliikenteen vastaaviin tuloksiin, voidaan todeta, että iltahuipputunnin aikana liikenne on ollut huomattavasti ruuhkaisempaa. Tämä käy ilmi muun muassa kulkumuotojen keskimääräisistä viiveistä ja pysähtymismäärästä. SYVARI – ohjauksessa henkilöautojen keskimääräiset pysähtymismäärät olivat jopa yli 2,0 kappaletta, mikä on varsin huomattava määrä.

Iltahuipputunnin tuloksia tarkasteltaessa voidaan todeta, että mitä ruuhkaisempaa liikenne on, sitä tehokkaammin ImFlow – ohjaus toimii suhteessa SYVARI – ohjaukseen. Kiinteillä valo-ohjelmilla muodostetut vihreät aallot menettävät tehoaan liikenteen ruuhkautuessa, koska vain osa ajoneuvoista kulkee vihreässä aallossa.

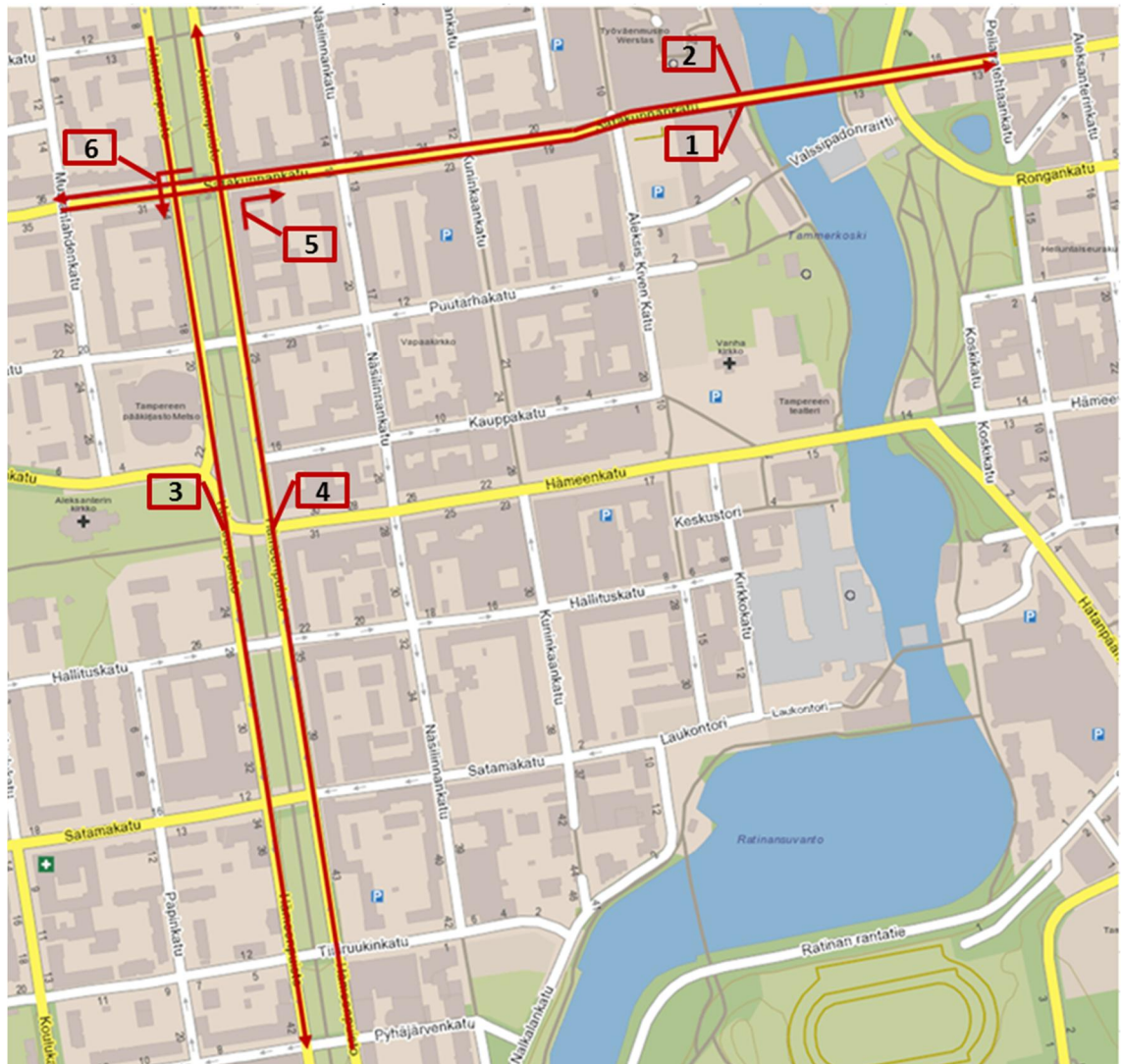
ImFlow – ohjaus paransi huomattavasti henkilöautojen ja rekkojen liikenteellisiä tunnuslukuja iltahuipputunnin aikana. Samalla se kuitenkin hieman heikensi bussien ja jalankulkijoiden vastaavia arvoja. On kuitenkin huomattava, että esimerkiksi bussien keskimääräiset viiveet ja pysähtymismäärät ovat jo valmiiksi selkeästi henkilöautojen ja rekkojen viiveitä pienempiä. Näin ollen prosentuaalinen muutos viiveissä ei ole sekunneissa yhtä merkittävää, kuin henkilöautoilla ja rekoilla. Tuloksien perusteella voidaan todeta, että iltahuipputunnin aikana ImFlow – ohjaus toimi huomattavasti tehokkaammin kuin aiempi SYVARI – ohjaus.

5.2 Matka-ajat

Matka-ajat kerättiin kuudelta aiemmin mainitulta reitiltä. Ajoneuvoluokille henkilöautot, rekat ja bussit on kullekin mitattu omat matka-aikansa, mikäli kyseisiä ajoneuvoluokkia kulki reiteillä simulointien aikana. Tuloksissa esitetään myös kaikkien ajoneuvoluokkien yhteinen keskimääräinen matka-aika reittiä kohden. Taulukon tiedot on koottu keskiarvoina kaikkien seitsemän simulointiajon tuloksista. Pyöristämisestä johtuen kaikkien ajoneuvojen lukumäärät eivät välttämättä täsmää yhteenlaskettujen lukumäärien kanssa. Tuloksista on poistettu kadunvarsipysäköinnin ajoneuvot. Reittien yksityiskohtaiset tiedot esitetään alla:

- No. 1 Satakunnankatu itään (Mustalahdenkatu à Pellavatehtaankatu): kokonaispituus 937.7 m
- No. 2 Satakunnankatu länteen (Pellavatehtaankatu à Mustalahdenkatu): kokonaispituus 936.2 m
- No. 3 Hameenpuisto etelään (Puuvillatehtaankatu à Pyhäjärvenkatu): kokonaispituus 1008.5 m
- No. 4 Hameenpuisto pohjoiseen (Pyhäjärvenkatu à Puuvillatehtaankatu): kokonaispituus 1009.1 m
- No. 5 Hameenpuisto etelästä – Satakunnankatu itään (Pyhäjärvenkatu à Pellavatehtaankatu, alueen läpi ajava bussi linja 47): kokonaispituus 1625.3 m
- No. 6 Satakunnankatu idästä – Hameenpuisto etelään (Pellavatehtaankatu à Pyhäjärvenkatu, alueen läpi ajava bussi linja 47): kokonaispituus 1684.3 m

Matka-aikojen mittausjaksot esitetään kuvassa 48.



Kuva 48. Matka-aikojen mittaajaksot. Perustuu lähteeseen (Fonecta.fi 2015)

Tuloksia analysoidaan pääasiassa vertailemalla kaikkien ajoneuvoluokkien keskimääräisiä matka-aikoja järjestelmien välillä eri reiteillä. Bussien ja rekkojen osuus kaikista ajoneuvoista on niin pieni, että yhdenkin rekan tai bussin syystä tai toisesta suhteettoman pitkä matka-aika vaikuttaa radikaalisti kyseisen ajoneuvoluokan tuloksiin. Henkilöautojen keskimääräiset matka-ajat vastaavat lähes kaikkien ajoneuvoluokkien keskimääräisiä matka-aikoja. Matka-aikojen lukuarvot sekä lukuarvojen prosentuaaliset muutokset esitetään kahden desimaalin tarkkuudella.

5.2.1 Aamuhuipputunti

Taulukossa 17 esitetään aamuhuipputunnin tarkastelutilanteen matka-ajat reiteiltä 1 – 6. Taulukossa ennen – tilanne vastaa SYVARI – ohjausta ja jälkeen – tilanne ImFlow – ohjausta.

Taulukko 17. Reittikohtaiset tunnusluvut, aamuhuipputunti.

Reitti	Ajoneuvoluokka	Lukumäärä		Matka-aika		Muutos (%)
		Ennen	Jälkeen	Ennen (s)	Jälkeen (s)	
no. 1	Yhteensä	181	183	126.77	137.46	8.44
no. 1	Henkilöautot	177	180	126.71	137.57	8.57
no. 1	Rekat	3	4	125.60	126.26	0.53
no. 1	Bussit	0	0	-	-	-
no. 2	Yhteensä	91	92	133.03	131.87	-0.87
no. 2	Henkilöautot	90	89	132.89	131.55	-1.01
no. 2	Rekat	1	2	125.07	144.25	15.33
no. 2	Bussit	0	0	-	-	-
no. 3	Yhteensä	168	166	190.85	193.35	1.31
no. 3	Henkilöautot	164	164	190.93	192.97	1.07
no. 3	Rekat	3	3	190.28	211.22	11.00
no. 3	Bussit	0	0	-	-	-
no. 4	Yhteensä	148	146	178.84	155.72	-12.93
no. 4	Henkilöautot	145	143	178.92	155.61	-13.03
no. 4	Rekat	2	2	175.42	159.60	-9.02
no. 4	Bussit	0	0	-	-	-
no. 5	Yhteensä	23	25	289.45	251.62	-13.07
no. 5	Henkilöautot	21	23	281.85	243.96	-13.44
no. 5	Rekat	0	0	-	-	-
no. 5	Bussit	2	2	358.01	336.06	-6.13
no. 6	Yhteensä	11	10	323.41	311.06	-3.82
no. 6	Henkilöautot	9	8	298.20	284.97	-4.44
no. 6	Rekat	0	0	-	-	-
no. 6	Bussit	2	2	432.53	401.43	-7.19

Tarkasteltaessa reitin 1 tuloksia, havaitaan, että ImFlow – ohjaus kasvatti kaikkien reitillä kulkevien ajoneuvojen matka-aikoja 8,44 %, joka vastaa reilua 10 sekuntia. Niin SYVARI – simuloinneissa kuin ImFlow – simuloinneissa tulokset eivät simulointiajojen välillä eronneet huomattavasti. ImFlow – simuloinneissa keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta oli noin 2,1 sekuntia ja SYVARI – simuloinneissa 1,6 sekuntia.

Reitillä 2 ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien reitillä kulkevien ajoneuvojen matka-aikoja 0,87 % verrattuna SYVARI – ohjaukseen. Ero järjestelmien välillä on lähes mitätön, sillä 0,87 % vastaa matka-aikana noin yhtä sekuntia. Simulointiajojen välillä ei ollut suuria eroavaisuuksia, jotka vaikuttaisivat keskiarvoihin. ImFlow – simuloinneissa kes-

kimääräisten matka-aikojen keskihajonta oli noin 4,4 sekuntia ja SYVARI – simuloinneissa noin 3,9 sekuntia.

Reitillä 3 keskimääräiset matka-ajat järjestelmien välillä ovat jälleen hyvin lähellä toisiinsa. ImFlow – ohjaus kasvatti kaikkien reitillä kulkevien ajoneuvojen matka-aikoja 1,31 % verrattuna SYVARI – ohjaukseen. Sekunneissa tämä vastaa reilua kahta sekuntia. ImFlow – simulointiajojen keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta oli noin 7,6 sekuntia ja SYVARI – simuloinneissa noin 5,6 sekuntia.

Reitillä 4 ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien keskimääräisiä matka-aikoja 12,93 %, joka vastaa matka-ajassa noin 23 sekuntia. ImFlow – simuloinneissa keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta oli noin 5,3 sekuntia ja SYVARI - simuloinneissa noin 10,1 sekuntia.

Reitillä 5 ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien matka-aikoja noin 13,07 %, joka vastaa matka-ajassa noin 38 sekuntia. Reitillä 5 kulkee huomattavasti vähemmän ajoneuvoja kuin reiteillä 1 – 4. ImFlow – simuloinneissa keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta simulointiajojen välillä oli noin 6,3 sekuntia ja SYVARI – simuloinneissa noin 10,2 sekuntia. Keskihajonnat ovat yllättävän pieniä otettaessa huomioon reitillä 5 kulkevien ajoneuvojen pieni lukumäärä.

Reitillä 6 ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien keskimääräisiä matka-aikoja noin 3,82 %, joka vastaa matka-aikana noin 12 sekuntia. Kuten reitin 5 kohdalla, myös reitillä 6 kulkee huomattavasti vähemmän ajoneuvoja verrattuna muihin reitteihin. ImFlow – simuloinneissa keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta simulointiajojen välillä oli noin 17,5 sekuntia ja SYVARI – simuloinneissa 14,1 sekuntia.

Aamuhuipputunnin aikana liikenteellisesti vilkkaimmat reitit olivat reitti 1; Satakunnankatu itään ja reitti 3; Hämeenpuisto etelään. Kyseisillä reiteillä ImFlow – ohjaus kasvatti kaikkien ajoneuvoluokkien matka-aikoja verrattuna SYVARI – ohjaukseen. Toiseen suuntaan kulkevilla reiteillä 2; Satakunnankatu länteen ja 4; Hämeenpuisto pohjoiseen ImFlow – ohjaus puolestaan vähensi matka-aikoja SYVARI – ohjaukseen verrattuna. Varsinkin reitillä 4 matka-ajat vähenivät suhteellisen reilusti. Tuloksista voidaan päätellä, että eniten liikennöidyillä reiteillä SYVARI – ohjauksen vihreä aalto toimii tehokkaasti ja että liikenne ei ole liian ylikuormittunutta, jotta vihreä aalto menettäisi tehoaan merkittävästi. Vähiten liikennöidyillä reiteillä 5; Hämeenpuisto → Satakunnankatu ja 6; Satakunnankatu → Hämeenpuisto ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien matka-aikoja verrattuna SYVARI – ohjaukseen.

Tarkasteltaessa Satakunnankatua kokonaisuutena, ImFlow – ohjauksen vaikutus matka-aikoihin oli negatiivinen. Otettaessa huomioon molemmat kulkusuunnat, kulkee Satakunnankadulla noin 270 ajoneuvoa ja ImFlow – ohjaus kasvatti matka-aikoja keskimäärin noin 5,3 %. Tarkasteltaessa Hämeenpuistoa kokonaisuutena, ImFlow – ohjauksen vaikutus matka-aikoihin oli positiivinen. Hämeenpuiston kohdalla molemmilla ajosuun-

nilla kulkee yhteensä noin 310 ajoneuvoa ja ImFlow – ohjaus vähensi matka-aikoja keskimäärin noin 5,3 %. Tarkasteltaessa reittejä 5 ja 6 kokonaisuutena, oli ImFlow – ohjauksen vaikutus matka-aikoihin positiivinen. Kokonaisuutena Hämeenpuisto-Satakunnankatu välillä kulki noin 35 ajoneuvoa ja keskimäärin ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien kulkumuotojen matka-aikoja noin 10,2 %.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että kokonaisuutena ImFlow – ohjauksen vaikutus matka-aikoihin reiteillä 1 – 6 aamuhuipputunnin aikana oli positiivinen. ImFlow – ohjaus kasvatti matka-aikoja kahdella vilkkaimmalla reitillä, mutta vähensi matka-aikoja kaikilla muilla reiteillä.

5.2.2 Päiväliikenne

Taulukossa 18 esitetään päiväliikenteen tarkastelutilanteen matka-ajat reiteiltä 1 – 6. Taulukossa ennen – tilanne vastaa SYVARI – ohjausta ja jälkeen – tilanne ImFlow – ohjausta.

Taulukko 18. Reittikohtaiset tunnusluvut, päiväliikenne.

Reitti	Ajoneuvoluokka	Lukumäärä		Matka-aika		Muutos (%)
		Ennen	Jälkeen	Ennen (s)	Jälkeen (s)	
no. 1	Yhteensä	123	128	122.31	132.44	8.28
no. 1	Henkilöautot	121	126	122.41	132.45	8.20
no. 1	Rekat	2	2	121.75	130.81	7.44
no. 1	Bussit	0	0	-	-	-
no. 2	Yhteensä	129	133	128.18	129.85	1.31
no. 2	Henkilöautot	126	130	127.97	129.74	1.39
no. 2	Rekat	3	2	131.83	134.25	1.84
no. 2	Bussit	0	0	-	-	-
no. 3	Yhteensä	111	110	178.45	170.78	-4.30
no. 3	Henkilöautot	109	107	178.15	170.51	-4.29
no. 3	Rekat	2	2	187.51	176.46	-5.89
no. 3	Bussit	0	0	-	-	-
no. 4	Yhteensä	147	148	161.38	146.54	-9.20
no. 4	Henkilöautot	145	144	161.47	146.34	-9.37
no. 4	Rekat	3	4	158.88	152.14	-4.24
no. 4	Bussit	0	0	-	-	-
no. 5	Yhteensä	29	31	267.18	238.22	-10.84
no. 5	Henkilöautot	26	29	259.80	232.14	-10.65
no. 5	Rekat	2	0	259.44	-	-
no. 5	Bussit	2	2	368.77	323.94	-12.16
no. 6	Yhteensä	15	16	293.17	282.39	-3.68
no. 6	Henkilöautot	13	14	281.26	266.91	-5.10
no. 6	Rekat	1	1	249.20	236.20	-5.22
no. 6	Bussit	2	2	376.42	384.01	2.02

Reitillä 1 ImFlow – ohjaus kasvatti kaikkien ajoneuvoluokkien keskimääräisiä matka-aikoja 8,28 % suhteessa SYVARI – ohjaukseen. Sekunneissa tämä vastaa noin 10 sekuntia. ImFlow – simuloinneissa keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta oli noin 4,2 sekuntia ja SYVARI – simuloinneissa noin 2,4 sekuntia.

Reitillä 2 keskimääräiset matka-ajat järjestelmien välillä ovat keskenään hyvin samankaltaiset. ImFlow – ohjaus kasvatti kaikkien ajoneuvoluokkien keskimääräisiä matka-aikoja 1,31 %, joka vastaa sekunneissa ainoastaan vajaata 2 sekuntia. ImFlow - simuloinneissa keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta oli noin 3,9 sekuntia ja SYVARI – simuloinneissa noin 1,9 sekuntia.

Reitillä 3 ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien keskimääräisiä matka-aikoja 4,30 %, joka vastaa sekunneissa noin 8 sekuntia. ImFlow – simuloinneissa keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta oli noin 8,2 sekuntia ja SYVARI - simuloinneissa noin 8 sekuntia.

Reitillä 4 ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien matka-aikoja suhteellisen reilusti. Matka-ajat vähenivät 9,20 % eli noin 15 sekuntia suhteessa SYVARI – ohjaukseen. ImFlow – simuloinneissa keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta oli noin 3,6 sekuntia ja SYVARI – simuloinneissa noin 5,4 sekuntia.

Järjestelmien välillä suurimmat eroavaisuudet matka-ajoissa ovat reitillä 5. Kyseisellä reitillä ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien matka-aikoja 10,84 %. Sekunneissa tämä vastaa noin 29 sekuntia. ImFlow – simuloinneissa keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta oli noin 4,3 sekuntia ja SYVARI – simuloinneissa noin 8,4 sekuntia.

Reitillä 6 ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien matka-aikoja 3,68 %, joka vastaa sekunneissa noin 11 sekuntia. Reitillä 6 kulkee selvästi vähiten ajoneuvoja. Tästä syystä keskimääräisten matka-aikojen keskihajonnat ovat suhteelliset suuria. ImFlow – simuloinneissa keskihajonta oli noin 9,7 sekuntia ja SYVARI – simuloinneissa noin 12,6 sekuntia.

Vertailtaessa päiväliikenteen tuloksia aamuhuipputunnin tuloksiin, havaitaan, että reiteillä 1 ja 3 esiintyy aamuhuipputunnin aikana selvästi enemmän liikennettä. Reitillä 2 puolestaan aamuhuipputunnin aikana liikennettä on 30 % vähemmän. Reiteillä 4 – 6 liikennemäärät ovat aamuhuipputunnin ja päiväliikenteen välillä suhteellisen tasoissa.

Päiväliikenteen tarkastelutilanteessa vilkkain reitti oli reitti numero 4. ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien matka-aikoja kaikilla muilla reiteillä paitsi Satakunnankadun suuntaisilla reiteillä 1 ja 2. Tuloksista voidaan päätellä, että päiväliikenteen aikana Satakunnankadun vihreä aalto toimii tehokkaasti molempiin ajosuuntiin. Kuten aamuhuipputunnin tilanteessa, myös päiväliikenteen tarkastelutilanteessa eniten ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien kulkumuotojen matka-aikoja reiteillä 4 ja 5.

Tarkasteltaessa Satakunnankatua kokonaisuutena ja otettaessa huomioon molemmat ajosuunnat, kulkee Satakunnankadulla noin 260 ajoneuvoa. Keskimäärin ImFlow – ohjaus kasvattaa matka-aikoja Satakunnankadulla noin 4,7 %. Hämeenpuiston suunnalla kulkee molemmat ajosuunnat huomioon ottaen noin 260 ajoneuvoa. Keskimäärin ImFlow – ohjaus vähensi matka-aikoja Hämeenpuistossa noin 7,1 %. Tarkasteltaessa reittejä 5 ja 6 kokonaisuutena, kulkee Satakunnankatu – Hämeenpuisto välillä noin 45 ajoneuvoa. Keskimäärin ImFlow – ohjaus vähentää tällä välillä matka-aikoja noin 8,4 %.

Reittikohtaisten tulosten perusteella voitaisiin todeta, että ImFlow – ohjaus toimii SYVARI – ohjausta tehokkaammin päiväliikenteen aikana perustuen siihen, että matkajat sekä Hämeenpuistossa että bussilinjan numero 47 reitillä lyhenivät verrattuna SYVARI – ohjaukseen. Verkolliset tunnusluvut puolestaan viittaavat siihen, että SYVARI – ohjaus toimii päiväliikenteen aikana selkeästi ImFlow – ohjausta tehokkaammin. ImFlow – ohjauksen positiivinen vaikutus matka-aikoihin Hämeenpuistossa ja bussilinjan numero 47 reitillä perustuvat siihen, että järjestelmä suosii Hämeenpuiston liittymissä huomattavasti pohjois-etelä – suuntaista liikennettä samalla heikentäen muiden ajosuuntien liikenteellisiä tunnuslukuja. Tarkemmin tämä näkyy liittymäkohtaisia tunnuslukuja tarkasteltaessa.

5.2.3 Iltahuipputunti

Taulukossa 19 esitetään iltahuipputunnin tarkastelutilanteen matka-ajat reiteiltä 1 – 6. Taulukossa ennen – tilanne vastaa SYVARI – ohjausta ja jälkeen – tilanne ImFlow – ohjausta.

Taulukko 19. Reittikohtaiset tunnusluvut, iltahuipputunti.

Reitti	Ajoneuvoluokka	Lukumäärä		Matka-aika		Muutos (%)
		Ennen	Jälkeen	Ennen (s)	Jälkeen (s)	
no. 1	Yhteensä	158	158	140.03	149.65	6.87
no. 1	Henkilöautot	155	155	140.14	149.50	6.68
no. 1	Rekat	3	3	134.52	155.13	15.32
no. 1	Bussit	0	0	-	-	-
no. 2	Yhteensä	221	214	164.19	156.26	-4.83
no. 2	Henkilöautot	217	211	164.18	156.24	-4.84
no. 2	Rekat	4	4	169.38	155.39	-8.26
no. 2	Bussit	0	0	-	-	-
no. 3	Yhteensä	93	94	189.44	201.54	6.39
no. 3	Henkilöautot	91	92	188.54	200.97	6.60
no. 3	Rekat	2	2	247.05	238.20	-3.58
no. 3	Bussit	0	0	-	-	-
no. 4	Yhteensä	228	237	264.83	172.07	-35.03
no. 4	Henkilöautot	223	232	264.72	171.91	-35.06
no. 4	Rekat	6	5	275.38	181.85	-33.97
no. 4	Bussit	0	0	-	-	-
no. 5	Yhteensä	37	39	376.38	271.39	-27.89
no. 5	Henkilöautot	34	37	373.57	268.07	-28.24
no. 5	Rekat	1	1	423.09	284.50	-32.76
no. 5	Bussit	2	2	405.25	330.91	-18.34
no. 6	Yhteensä	18	21	334.20	321.94	-3.67
no. 6	Henkilöautot	15	19	320.17	308.50	-3.65
no. 6	Rekat	1	1	347.65	308.50	-11.26
no. 6	Bussit	2	2	438.70	453.73	3.43

Reitillä 1 ImFlow – ohjaus kasvatti kaikkien ajoneuvoluokkien keskimääräisiä matka-aikoja 6,87 %. Sekunneissa tämä vastaa noin 10 sekuntia. ImFlow – simuloinneissa keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta oli noin 1,9 sekuntia ja SYVARI – simuloinneissa noin 15,2 sekuntia.

Reitillä 2 ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien keskimääräisiä matka-aikoja 4,83 %, joka vastaa noin 8 sekuntia. ImFlow – simuloinneissa keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta oli noin 3,5 sekuntia ja SYVARI – simuloinneissa noin 5,7 sekuntia.

Reitillä 3 ImFlow – ohjaus kasvatti kaikkien ajoneuvoluokkien matka-aikoja 6,39 %, joka vastaa noin 12 sekuntia. ImFlow – simuloinneissa keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta oli noin 13,1 sekuntia ja SYVARI – simuloinneissa noin 8,4 sekuntia.

Reitillä 4 ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien keskimääräisiä matka-aikoja huomattavasti verrattuna SYVARI – ohjaukseen. Matka-ajat vähenivät 35,03 %, joka vastaa noin 92 sekuntia. ImFlow – simuloinneissa keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta oli noin 5,8 sekuntia ja SYVARI – simuloinneissa jopa noin 59,6 sekuntia. SYVARI – simuloinneissa simulointiajojen välillä on erittäin suuria eroavaisuuksia keskimääräisissä matka-ajoissa. Pienin keskiarvo matka-ajoissa SYVARI – simuloinneissa on ajossa numero 4, joka on ajettu siemenluvulla 57. Kyseisessä ajossa keskiarvo on noin 200 sekuntia. Ajossa numero 6, joka on ajettu siemenluvulla 67, keskiarvo on noin 375 sekuntia.

Reitillä 5 ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien keskimääräisiä matka-aikoja huomattavasti. Matka-ajat vähenivät 27,89 %, joka vastaa noin 105 sekuntia. ImFlow – simuloinneissa keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta oli noin 11,4 sekuntia, kun taas SYVARI – simuloinneissa simulointiajojen välillä esiintyy erittäin suuria eroavaisuuksia. SYVARI – simulointiajoissa matka-aikojen keskihajonta oli noin 62,6 sekuntia. Lyhimmillään matka-aikojen keskiarvo on simulointiajossa numero 4, noin 299 sekuntia ja pisimmillään ajossa numero 6, noin 489 sekuntia.

Reitillä 6 ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien keskimääräisiä matka-aikoja 3,67 %, joka vastaa 12 sekuntia. ImFlow – simulointiajoissa keskimääräisten matka-aikojen keskihajonta oli noin 11,7 sekuntia ja SYVARI – simuloinneissa myös noin 11,7 sekuntia.

Iltahuipputunnin tarkastelutilanteessa selvästi eniten liikennöidyt reitit olivat reitit numero 2 ja 4. Vertailtaessa iltahuipputunnin tuloksia aamuhuipputunnin tuloksiin, voidaan todeta, että iltahuipputunnin aikana liikenne on ollut ruuhkaisempaa. Aamuhuipputunnin aikana Satakunnankadulla liikennettä kulki enemmän itään päin, iltahuipputunnin aikana tilanne oli päinvastainen. Aamuhuipputunnin aikana Hämeenpuistossa liikennettä kulki suhteellisen tasaisesti molempiin suuntiin, kuitenkin niin, että etelään päin kulkeva liikenne oli hieman vilkkaampaa. Iltahuipputunnin aikana liikenne pohjoiseen päin oli puolestaan huomattavasti vilkkaampaa.

ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien ajoneuvoluokkien matka-aikoja kaikilla muilla reiteillä paitsi reiteillä 1 ja 3. Näin oli myös aamuhuipputunnin tapauksessa. Toisin kuin aamuhuipputunnin aikana, kyseiset ajosuunnat Satakunnankadulla ja Hämeenpuistossa ovat iltahuipputunnin aikana vähemmän liikennöidyt ajosuunnat. Tulosten perusteella voidaan todeta, että vähemmän liikennöidyillä reiteillä 1 ja 3 SYVARI – ohjauksen vihreä aalto toimii tehokkaasti. Reittien 2 ja 4 kohdalla, joilla liikennemäärät ovat suuremmat, SYVARI – ohjauksen vihreä aalto menettää tehoaan ja ImFlow – ohjaus toimii

tehokkaammin. Tämä on nähtävissä erityisesti reitin 4 kohdalla. Kuten aamuhuipputunnin ja päiväliikenteen tapauksissa, ImFlow – ohjaus vähensi kaikkien kulkumuotojen matka-aikoja vähiten liikennöidyillä reiteillä 5 ja 6.

Tarkasteltaessa Satakunnankatua kokonaisuutena ja otettaessa huomioon molemmat ajosuunnat, kulkee Satakunnankadulla noin 375 ajoneuvoa. Painotettaessa ImFlow – ohjauksen vaikutuksia ajosuuntien liikennemäärillä, ei järjestelmien välillä ollut juuriakaan eroa matka-ajoissa. Keskimäärin ImFlow – ohjaus vähensi matka-aikoja 0,1 %. Hämeenpuiston suunnalla kulkee molemmat ajosuunnat huomioon ottaen noin 325 ajoneuvoa. Keskimäärin ImFlow – ohjaus vähensi matka-aikoja Hämeenpuistossa noin 23,2 %. Tarkasteltaessa reittejä 5 ja 6 kokonaisuutena, kulkee Satakunnankatu - Hämeenpuisto välillä noin 55 ajoneuvoa. Keskimäärin ImFlow – ohjaus vähensi matka-aikoja kyseisillä reiteillä noin 19,9 %.

Tuloksia tarkasteltaessa voidaan todeta, että parhaiten ImFlow – ohjaus toimii juuri iltahuipputunnin aikana, jolloin liikennemäärät ovat suurimmillaan. On huomattava, että osassa SYVARI – ohjauksen simulointiajoissa Hämeenpuistossa ajosuunnalla etelästä pohjoiseen esiintyy huomattavaa ruuhkautumista. Tämä ilmenee reittien 4 ja 5 kohdalla, joilla ImFlow – ohjaus vähentää matka-aikoja kaikkein selvimmin. Tämä vaikuttaa luonnollisesti negatiivisesti SYVARI – simulointien keskiarvoihin ja vääristää tuloksia. Todellisuudessa ImFlow – ohjauksen tuottamat hyödyt ovat varmasti hieman edellä mainittuja lukuarvoja pienemmät.

5.3 Liittymäkohtaiset tunnusluvut

Luvussa tarkastellaan valo-ohjausjärjestelmien välisiä eroja liittymien ajosuuntien liikenteellisissä tunnusluvuissa. Tarkastelualueella on kymmenen valoliittymää, joissa jokaisessa on 5 – 13 ajosuuntaa. Jokaisella ajosuunnalla on 21 eri liikenteellistä tunnuslukua. Johtuen tunnuslukujen suuresta lukumäärästä, esitetään vertailut järjestelmien välillä ainoastaan, mikäli tuloksissa esiintyy suuria eroavaisuuksia. Liittymien täydelliset liikenteelliset tunnusluvut esitetään työn lopussa olevissa liitteissä. Tunnusluvut esitetään henkilöautojen ja bussien näkökulmista.

5.3.1 Aamuhuipputunti

Hämeenpuisto – Satakunnankatu (306)

Vertailtaessa valo-ohjausjärjestelmien liikenteellisiä tunnuslukuja aamuhuipputunnin aikana, havaitaan, että SYVARI – ohjaus tuottaa parempia tuloksia muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta jokaisessa vertailutilanteessa. Vaikka SYVARI – ohjaus tuottaa parempia tuloksia, ei järjestelmien välillä ole poikkeuksellisen suuria eroavaisuuksia. Tuloksista voidaan nostaa esille se, että suurimmat eroavaisuudet järjestelmien välillä esiintyvät bussien ajosuuntakohtaisissa tunnusluvuissa. Henkilöautojen kohdalla eroa-

vaisuudet ovat pääsääntöisesti pienempiä johtuen henkilöautojen suuresta lukumäärästä. Bussien käyttämällä ajosuunnilla kulkee aamuhuipputunnin aikana kahdesta seitsemään bussia. Pienet liikennemäärät mahdollistavat poikkeuksellisen suuret eroavaisuudet tunnusluvuissa järjestelmien välillä. Esimerkiksi ajosuunnalla lännestä etelään bussien keskimääräiset pysähtymisajat ImFlow – ohjauksessa ovat 17,9 sekuntia, kun ne SYVARI – ohjauksessa ovat 1,7 sekuntia. (Liitteet A & B)

Satakunnankatu – Näsilinnankatu (305)

Aamuhuipputunnin aikana ImFlow – ohjaus tuottaa SYVARI – ohjausta parempia tuloksia kaikilla muilla paitsi kahdella ajosuunnalla. Kyseiset ajosuunnat ovat lännestä itään, joka on aamuhuipputunnin aikana eniten liikennöity ajosuunta, sekä ajosuunta lännestä etelään. Kyseisillä ajosuunnilla erot järjestelmien välillä ovat tosin hyvin pienet. Eniten ImFlow – ohjaus parantaa liikenteellisiä tunnuslukuja vähemmän liikennöidyillä ajosuunnilla. Ajosuunnalla idästä etelään henkilöautojen keskimääräiset viiveet vähenivät 47,4 sekunnista 34,1 sekuntiin, pysähtymismäärät 1,00 kappaleesta 0,81 kappaleeseen ja pysähtymisajat 40,7 sekunnista 28,7 sekuntiin. Muilla vähemmän liikennöidyillä ajosuunnilla tulokset paranivat ImFlow – ohjauksessa lähes samassa suhteessa. Huomattavaa on myös se, että ajosuunnalla idästä länteen, joka on liittymän toiseksi eniten liikennöity ajosuunta ja jolla liikenteelliset tunnusluvut olivat hyvin matalat jo SYVARI – ohjauksessa, ImFlow – ohjaus paransi tuloksia prosentuaalisesti hyvin huomattavasti. Henkilöautojen keskimääräiset viiveet, pysähtymismäärät ja pysähtymisajat vähenivät ImFlow – ohjauksella yli 60 % suhteessa SYVARI – ohjaukseen. Ajosuunnalla idästä etelään bussien keskimääräiset viiveet vähenivät 20,0 sekunnista 7,4 sekuntiin, pysähtymismäärät 0,72 kappaleesta 0,24 kappaleeseen ja pysähtymisajat 11,5 sekunnista 1,1 sekuntiin. (Liitteet C & D)

Satakunnankatu – Kuninkaankatu (304)

Aamuhuipputunnin tarkastelutilanteessa ImFlow – ohjaus paransi lännestä itään ja lännestä pohjoiseen kulkevien ajosuuntien liikenteellisiä tunnuslukuja samalla hieman heikentäen idästä pohjoiseen ja idästä länteen kulkevien ajosuuntien tunnuslukuja. Merkittävimmät erot järjestelmien välillä olivat eniten liikennöidyillä ajosuunnalla lännestä itään. Kyseisellä ajosuunnalla ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 9,6 sekunnista 4,4 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,43 kappaleesta 0,20 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 4,6 sekunnista 2,1 sekuntiin. (Liitteet E & F)

Satakunnankatu – Aleksis Kiven katu (303)

Aamuhuipputunnin tarkastelutilanteessa SYVARI – ohjaus tuottaa pääsääntöisesti parempia tuloksia kuin ImFlow. Liittymän toiseksi eniten liikennöity ajosuunta idästä länteen on ainoa ajosuunta, jolla ImFlow – ohjaus parantaa liikenteellisiä tunnuslukuja SYVARI – ohjaukseen verrattuna. Tässäkin tapauksessa tulokset järjestelmien välillä ovat suhteellisen lähellä toisiaan. Suurimmat erot järjestelmien välillä ovat ajosuunnalla

etelästä itään, jolla henkilöautojen keskimääräiset viiveet kasvoivat 8,5 sekunnista 19,8 sekuntiin, pysähtymismäärät 0,35 kappaleesta 0,65 kappaleeseen ja pysähtymisajat 6,2 sekunnista 15,8 sekuntiin. Kyseisellä ajosuunnalla bussien keskimääräiset viiveet kasvoivat 6,8 sekunnista 24,9 sekuntiin, pysähtymismäärät 0,28 kappaleesta 0,52 kappaleeseen ja pysähtymisajat 2,5 sekunnista 18,0 sekuntiin. ImFlow – ohjaus vähensi jalankulkijoiden keskimääräisiä viiveitä liittymässä 24,3 sekunnista 13,8 sekuntiin ja pysähtymismääriä 0,58 kappaleesta 0,46 kappaleeseen. Ajosuunnalla etelästä länteen ja lännestä etelään ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen tunnuslukuja myös suhteellisen runsaasti, ei kuitenkaan niin paljon kuin ajosuunnalla etelästä itään. (Liitteet G & H)

Satakunnankatu – Lapintie (301)

Aamuhuipputunnin tarkastelutilanteessa merkittävimmät erot järjestelmien välillä esiintyvät ajosuunnilla lännestä itään, lännestä pohjoiseen ja lännestä kaakkoon. Kyseisillä ajosuunnilla ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen liikenteellisiä tunnuslukuja lähes kaksinkertaisiksi SYVARI – ohjaukseen verrattuna. Kyseisillä ajosuunnilla henkilöautojen keskimääräiset viiveet, pysähtymismäärät ja pysähtymisajat ovat SYVARI – ohjauksessa selkeästi muiden ajosuuntien vastaavia lukuarvoja pienemmät. Kyseisillä ajosuunnilla erot järjestelmien välillä ovat suuria vain prosentuaalisesti. Esimerkiksi ajosuunnalla lännestä pohjoiseen henkilöautojen keskimääräiset viiveet kasvoivat 5,5 sekunnista 10,6 sekuntiin, pysähtymismäärät 0,27 kappaleesta 0,59 kappaleeseen ja pysähtymisajat 2,7 sekunnista 4,6 sekuntiin. Bussien osalta järjestelmien väliset tulokset erosivat eniten ajosuunnalla idästä länteen, jolla ImFlow – ohjaus vähensi keskimääräisiä viiveitä 51,1 sekunnista 32,5 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,71 kappaleesta 0,57 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 30,4 sekunnista 13,2 sekuntiin. (Liitteet I & J)

Hämeenpuisto – Puutarhakatu (216)

Kyseisessä liittymässä ImFlow – ohjauksen ja SYVARI – ohjauksen välillä on suuria eroja liittymän liikenteellisissä tunnusluvuissa aamuhuipputunnin aikana. Vilkkailta ajosuunnilla etelästä pohjoiseen ja pohjoisesta etelään ImFlow – ohjaus paransi henkilöautojen liikenteellisiä tunnuslukuja entisestään jo valmiiksi varsin hyvistä arvoista. Huomattavasti vähemmän liikennöidyillä ajosuunnilla idästä pohjoiseen, idästä etelään ja idästä länteen ImFlow – ohjaus puolestaan kasvatti liikenteellisiä tunnuslukuja huomattavasti. Ajosuunnilla etelästä pohjoiseen ja pohjoisesta etelään henkilöautojen keskimääräiset viiveet vähenivät 9,3 ja 7,1 sekunnista 2,7 ja 3,5 sekuntiin, pysähtymismäärät 0,53 ja 0,32 kappaleesta 0,11 ja 0,18 kappaleeseen ja pysähtymisajat 3,5 ja 2,5 sekunnista 0,6 ja 1,1 sekuntiin. Ajosuunnilla idästä pohjoiseen, idästä etelään ja idästä länteen henkilöautojen keskimääräiset viiveet kasvoivat 14,4, 13,4 ja 9,9 sekunnista 28,3, 33,3 ja 29,2 sekuntiin, pysähtymismäärät 1,07, 0,63 ja 0,53 kappaleesta 1,62, 1,06 ja 0,96 kappaleeseen ja pysähtymisajat 8,6, 7,2 ja 5,3 sekunnista 19,8, 24,4 ja 22,0 sekuntiin edellä mainitussa järjestyksessä. ImFlow – ohjaus toimi kyseisessä liittymässä huomattavasti SYVARI – ohjausta paremmin. Vähäliikenteisten ajosuuntien tunnuslu-

kujen huomattavas kasvu selittyy vähäisen ajoneuvoliikenteen perusteella. Bussien ja jalankulkijoiden tuloksissa ei järjestelmien välillä esiintynyt suuria eroja. (Liitteet K & L)

Hämeenpuisto – Pirkankatu (209–211)

Merkittävimmät erot valo-ohjausjärjestelmien välillä kyseisessä liittymässä aamuhuippu-putunnin aikana ovat ajosuunnilla etelästä pohjoiseen, etelästä länteen sekä lännestä etelään. Ajosuunnilla etelästä pohjoiseen ja etelästä länteen ImFlow – ohjaus tuotti parempia tuloksia. Kyseisillä ajosuunnilla henkilöautojen keskimääräiset viiveet vähenivät 47,7 ja 78,1 sekunnista 35,0 ja 57,7 sekuntiin ja pysähtymisajat 39,5 ja 58,5 sekunnista 27,2 ja 39,8 sekuntiin. Ajosuunnalla lännestä etelään henkilöautojen keskimääräiset viiveet kasvoivat 23,2 sekunnista 31,7 sekuntiin, pysähtymismäärät 0,83 kappaleesta 1,35 kappaleeseen ja pysähtymisajat kasvoivat 15,5 sekunnista 19,5 sekuntiin. Liittymän eniten liikennöidyllä ajosuunnalla lännestä itään ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen liikenteellisiä tunnuslukuja verrattuna SYVARI – ohjaukseen, mutta erot järjestelmien välillä ovat suhteellisen pieniä. Ajosuunnilla pohjoisesta itään ja pohjoisesta etelään bussien keskimääräiset viiveet kasvoivat ImFlow – ohjauksella 38,1 ja 22,0 sekunnista 53,4 ja 42,3 sekuntiin, pysähtymismäärät 1,27 ja 0,64 kappaleesta 1,52 ja 1,14 kappaleeseen ja pysähtymisajat 15,8 ja 8,8 sekunnista 29,4 ja 24,4 sekuntiin. Ajosuunnalla etelästä pohjoiseen bussien keskimääräiset viiveet vähenivät 41,1 sekunnista 21,7 sekuntiin, pysähtymismäärät 0,79 kappaleesta 0,50 kappaleeseen ja pysähtymisajat 19,3 sekunnista 2,5 sekuntiin. ImFlow – ohjaus vähensi jalankulkijoiden keskimääräisiä viiveitä liittymässä 34,7 sekunnista 27,1 sekuntiin. (Liitteet M & N)

Hämeenpuisto – Hallituskatu (134)

Huomioitaessa liikennemäärät, merkittävimmät erot valo-ohjausjärjestelmien välillä kyseisessä liittymässä aamuhuippu-putunnin aikana ovat ajosuunnalla etelästä pohjoiseen, jolla ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 14,3 sekunnista 8,0 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,74 kappaleesta 0,37 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 7,4 sekunnista 4,5 sekuntiin. Vähemmän liikennöidyistä ajosuunnista tulokset järjestelmien välillä erosivat eniten ajosuunnalla pohjoisesta itään, jolla ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 23,8 sekunnista 40,3 sekuntiin, pysähtymismääriä 1,28 kappaleesta 1,47 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 14,6 sekunnista 30,1 sekuntiin. Ajosuunnilla lännestä itään ja lännestä etelään ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 53,0 ja 52,9 sekunnista 39,4 ja 41,1 sekuntiin, pysähtymismääriä 1,70 ja 2,03 kappaleesta 1,03 ja 1,35 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 38,4 ja 38,5 sekunnista 30,1 ja 31,0 sekuntiin. Kyseisessä liittymässä ImFlow – ohjauksessa jalankulkijoiden keskimääräiset viiveet kasvoivat 15,9 sekunnista 31,9 sekuntiin. (Liitteet O & P)

Hämeenpuisto – Satamakatu (133)

Aamuhuipputunnin aikana kyseisessä liittymässä ei valo-ohjausjärjestelmien välillä ollut suuria eroja. Suurimmat erot esiintyivät ajosuunnalla etelästä länteen, jolla ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 12,4 sekunnista 18,4 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,34 kappaleesta 0,59 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 8,7 sekunnista 12,4 sekuntiin. Pääsääntöisesti ImFlow – ohjaus paransi bussien liikenteellisiä tunnuslukuja kyseisessä liittymässä. Jalankulkijoiden keskimääräiset viiveet kasvoivat ImFlow – ohjauksessa 26,8 sekunnista 38,9 sekuntiin ja pysähtymismäärät 0,76 kappaleesta 1,08 kappaleeseen. (Liitteet Q & R)

Hämeenpuisto – Tiiliruukinkatu (132)

Aamuhuipputunnin aikana ImFlow – ohjaus toimi kyseisessä liittymässä SYVARI – ohjausta tehokkaammin. Ylivoimaisesti vilkkaimmat ajosuunnat kyseisessä liittymässä ovat pohjoisesta etelään ja etelästä pohjoiseen. Kyseisillä ajosuunnilla liikenne oli varsin sujuvaa tunnuslukujen perusteella jo SYVARI – ohjauksessa. ImFlow – ohjaus parantaa kyseisten ajosuuntien liikenteellisiä tunnuslukuja entisestään. Lukumäärällisesti erot järjestelmien välillä ovat pieniä, mutta prosentuaalisesti suuria. Ajosuunnilla pohjoisesta etelään ja etelästä pohjoiseen ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 7,9 ja 7,1 sekunnista 4,8 ja 6,2 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,38 ja 0,30 kappaleesta 0,22 ja 0,29 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 3,0 ja 3,3 sekunnista 1,7 ja 2,5 edellä mainitussa järjestyksessä. Jätettäessä vähiten liikennöidyt ajosuunnat huomioimatta, suurimmat erot järjestelmien välillä ovat ajosuunnalla etelästä länteen, jolla ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 51,9 sekunnista 38,9 sekuntiin, pysähtymismääriä 1,51 kappaleesta 1,37 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 42,0 sekunnista 29,1 sekuntiin. Ajosuunnalla pohjoisesta itään bussien keskimääräiset viiveet kasvoivat ImFlow – ohjauksessa 42,5 sekunnista 66,2 sekuntiin, pysähtymismäärät 1,14 kappaleesta 1,55 kappaleeseen ja pysähtymisajat 19,6 sekunnista 36,4 sekuntiin. Ajosuunnalla etelästä pohjoiseen, jolla ImFlow – ohjaus paransi henkilöautojen liikennöitävyyttä entisestään, vähenivät bussien keskimääräiset viiveet 20,9 sekunnista 10,8 sekuntiin, pysähtymismäärät 1,00 kappaleesta 0,43 kappaleeseen ja pysähtymisajat 6,8 sekunnista 2,9 sekuntiin. Kyseisessä liittymässä jalankulkijoiden keskimääräiset viiveet vähenivät 40,4 sekunnista 27,7 sekuntiin. (Liitteet S & T)

5.3.2 Päiväliikenne

Hämeenpuisto – Satakunnankatu (306)

Päiväliikenteen tarkastelutilanteessa SYVARI – ohjaus tuottaa pääsääntöisesti ImFlow – ohjausta parempia tuloksia kyseisessä liittymässä. Erot järjestelmien välillä eivät kuitenkaan ole valtavan suuria. Merkittävimmät erot järjestelmien välillä esiintyvät ajosuunnalla idästä länteen, joka on ajosuuntien pohjoisesta etelään, etelästä pohjoiseen ja

länneestä itään ohella yksi liittymän eniten liikennöidyistä ajosuunnista. Kyseisellä ajosuunnalla ImFlow – ohjaus kasvattaa henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 6,4 sekunnista 11,5 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,22 kappaleesta 0,40 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 4,0 sekunnista 7,9 sekuntiin. Vilkkaista ajosuunnista ajosuunta pohjoisesta etelään on ainoa ajosuunta, jolla ImFlow – ohjaus tuottaa SYVARI – ohjausta parempia tuloksia. Kyseisellä ajosuunnalla henkilöautojen keskimääräiset viiveet vähenivät 24,4 sekunnista 21,3 sekuntiin ja pysähtymisajat 18,4 sekunnista 14,9 sekuntiin. Pysähtymismäärät pysyivät lähes samoina. Ajosuunnilla idästä pohjoiseen, idästä etelään ja länneestä etelään ImFlow – ohjaus heikentää liikenteellisiä tunnuslukuja suhteellisen paljon. Kyseisillä ajosuunnilla liikennemäärät ovat kuitenkin hyvin pieniä. Bussien osalta merkittävimmät eroavaisuudet järjestelmien välillä olivat ajosuunnilla idästä etelään ja länneestä etelään. Kyseisillä ajosuunnilla ImFlow – ohjaus kasvatti bussien keskimääräisiä viiveitä 11,6 ja 19,0 sekunnista 21,8 ja 38,5 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,29 ja 0,39 kappaleesta 0,93 ja 0,75 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 2,3 ja 2,8 sekunnista 8,7 ja 18,2 sekuntiin. (Liitteet U & V)

Satakunnankatu – Näsilinnankatu (305)

Päiväliikenteen tarkastelutilanteessa liikenteelliset tunnusluvut kyseisessä liittymässä ovat järjestelmien välillä hyvin lähellä toisiaan. Suurimmat erot järjestelmien välillä esiintyvät ajosuunnilla idästä pohjoiseen ja idästä länteen. Kyseisillä ajosuunnilla ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 46,9 ja 3,7 sekunnista 40,6 sekuntiin ja 2,2 sekuntiin ja pysähtymisaikoja 40,6 ja 1,3 sekunnista 34,4 ja 1,0 sekuntiin. Ajosuunnalla idästä etelään henkilöautojen pysähtymismäärät pysyivät samoina, kun taas ajosuunnalla idästä länteen pysähtymismäärät vähenivät ImFlow – ohjauksessa 0,23 kappaleesta 0,12 kappaleeseen. Myös bussien osalta suurimmat erot esiintyivät ajosuunnilla idästä pohjoiseen ja idästä länteen. Bussien keskimääräiset viiveet vähenivät 22,4 ja 9,6 sekunnista 7,9 ja 0,7 sekuntiin, pysähtymismäärät 0,72 ja 0,38 kappaleesta 0,24 ja 0,0 kappaleeseen ja pysähtymisajat 13,7 ja 2,0 sekunnista 1,2 ja 0,0 sekuntiin edellä mainitussa järjestyksessä. (Liitteet W & X)

Satakunnankatu – Kuninkaankatu (304)

Päiväliikenteen tarkastelutilanteessa vilkkaimmilla ajosuunnilla idästä länteen ja länneestä itään järjestelmien välillä on melko suuria eroja liikenteellisissä tunnusluvuissa, etenkin ajosuunnalla länneestä itään. Ajosuunnalla idästä länteen ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 5,1 sekunnista 8,7 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,17 kappaleesta 0,33 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 3,0 sekunnista 4,7 sekuntiin. Ajosuunnalla länneestä itään ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 12,2 sekunnista 3,8 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,60 kappaleesta 0,19 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 6,6 sekunnista 1,9 sekuntiin. Ajosuunnalla länneestä pohjoiseen liikenteelliset tunnusluvut olivat järjestelmien välillä lähes identtisiä. Ajosuunnalla idästä pohjoiseen ImFlow – ohjaus puolestaan hieman kasvatti liikenteellisiä tunnuslu-

kuja. Vaikka ImFlow – ohjaus paransi henkilöautojen liikenteellisiä tunnuslukuja ajosuunnalla lännestä itään, kasvoivat bussien tunnusluvut kyseisellä ajosuunnalla merkittävästi. Keskimääräiset viiveet kasvoivat 13,2 sekunnista 21,6 sekuntiin, pysähtymismäärät 0,12 kappaleesta 0,43 kappaleeseen ja pysähtymisajat 0,8 sekunnista 5,0 sekuntiin. (Liitteet Y & Z)

Satakunnankatu – Aleksis Kiven katu (303)

Päiväliikenteen tarkastelutilanteessa SYVARI – ohjaus tuottaa kyseisessä liittymässä ImFlow – ohjausta parempia tuloksia henkilöautojen osalta kaikilla muilla ajosuunnilla paitsi ajosuunnalla idästä länteen. Kyseinen ajosuunta on päiväliikenteen tarkastelutilanteessa eniten liikennöity ajosuunta. Erot liikenteellisissä tunnusluvuissa järjestelmien välillä ovat suhteellisen suuria kaikilla ajosuunnilla. Ajosuunnalla idästä länteen henkilöautojen keskimääräiset viiveet vähenivät 10,2 sekunnista 7,4 sekuntiin ja pysähtymisajat 7,0 sekunnista 3,4 sekuntiin. Ajosuunnalla idästä etelään, etelästä itään, etelästä länteen, lännestä itään ja lännestä etelään ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 20,6, 16,6, 28,9, 3,1 ja 2,0 sekunnista 28,7, 21,9, 40,8, 9,7 ja 11,8 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,83, 0,58, 0,75, 0,12, 0,12 kappaleesta 0,89, 0,67, 1,43, 0,39 ja 0,72 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 14,5, 12,5, 24,2, 1,9 ja 0,5 sekunnista 21,9, 17,3, 31,8, 5,7 ja 7,6 sekuntiin edellä mainitussa järjestyksessä. Bussien osalta suurimmat eroavaisuudet järjestelmien välillä esiintyivät ajosuunnilla idästä länteen ja lännestä itään, joilla ImFlow – ohjaus vähensi bussien keskimääräisiä viiveitä 18,4 ja 17,5 sekunnista 8,5 ja 9,5 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,63 ja 0,57 kappaleesta 0,31 ja 0,29 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 9,4 ja 8,2 sekunnista 2,9 ja 3,0 sekuntiin. Kyseisessä liittymässä jalankulkijoiden keskimääräiset viiveet vähenivät 20,7 sekunnista 13,7 sekuntiin ja pysähtymismäärät 0,57 kappaleesta 0,46 kappaleeseen. (Liitteet AA & AB)

Satakunnankatu – Lapintie (301)

Päiväliikenteen tarkastelutilanteessa kyseisessä liittymässä merkittävimmät erot liikenteellisissä tunnusluvuissa järjestelmien välillä esiintyvät ajosuunnalla idästä länteen. Kyseinen ajosuunta on liittymän eniten liikennöity ajosuunta päiväliikenteen aikana. Kyseisellä ajosuunnalla ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 25,2 sekunnista 18,8 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,75 kappaleesta 0,63 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 18,9 sekunnista 13,3 sekuntiin. Liittymän toiseksi eniten liikennöidyllä ajosuunnalla idästä länteen ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 5,5 sekunnista 7,1 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,26 kappaleesta 0,30 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 2,4 sekunnista 3,0 sekuntiin. Muiden ajosuuntien kohdalla erot järjestelmien välillä eivät olleet yhtä merkittäviä otettaessa huomioon ajosuuntien liikennemäärät. Bussien osalta järjestelmien väliset tulokset erosivat toisistaan eniten ajosuunnalla lännestä itään, lännestä pohjoiseen ja koillisesta länteen. Ajosuunnalla lännestä itään ja lännestä pohjoiseen ImFlow – ohjaus kasvatti bussien keskimääräisiä viiveitä 7,6 ja 8,7 sekunnista 12,7 ja 17,7 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,21 ja

0,43 kappaleesta 0,43 ja 0,90 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 3,2 ja 1,8 sekunnista 4,9 ja 6,5 sekuntiin. Ajosuunnalla koillisesta länteen ImFlow – ohjaus puolestaan vähensi bussien keskimääräisiä viiveitä 66,8 sekunnista 41,7 sekuntiin, pysähtymismääriä 1,09 kappaleesta 0,90 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 46,6 sekunnista 23,0 sekuntiin. (Liitteet AC & AD)

Hämeenpuisto – Puutarhakatu (216)

Kuten aamuhuipputunnin tapauksessa, myös päiväliikenteen tarkastelutilanteessa kyseisessä liittymässä on huomattavia eroja liikenteellisissä tunnusluvuissa järjestelmien välillä. Ajosuunnilla idästä pohjoiseen, idästä etelään ja idästä länteen ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 14,2, 15,0 ja 11,7 sekunnista 26,0, 37,2 ja 36,2 sekuntiin, pysähtymismääriä 1,09, 0,72 ja 0,54 kappaleesta 1,48, 1,38 ja 1,27 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 7,7, 8,0, 6,4 sekunnista 17,1, 26,5 ja 26,1 sekuntiin. Eniten liikennöidyillä ajosuunnilla pohjoisesta etelään ja etelästä pohjoiseen ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 8,0 ja 7,9 sekunnista 4,8 ja 3,8 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,47 ja 0,41 kappaleesta 0,27 ja 0,16 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 2,8 ja 2,2 sekunnista 1,7 ja 0,9 sekuntiin. Bussien kohdalla järjestelmien välillä ei ollut huomattavia eroavaisuuksia liikenteellisissä tunnusluvuissa. (Liitteet AE & AF)

Hämeenpuisto – Pirkankatu (209–211)

Huomioitaessa ajosuuntien liikennemäärät, merkittävimmät erot päiväliikenteen tarkastelutilanteessa järjestelmien välisissä liikenteellisissä tunnusluvuissa ovat ajosuunnilla etelästä pohjoiseen, etelästä länteen, lännestä itään ja lännestä etelään. Ajosuunnilla etelästä pohjoiseen ja etelästä länteen ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 35,1 ja 55,4 sekunnista 24,9 ja 41,8 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,86 ja 1,96 kappaleesta 0,81 ja 1,74 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 27,7 ja 38,9 sekunnista 18,1 ja 26,9 sekuntiin. Ajosuunnilla lännestä itään ja lännestä etelään ImFlow – ohjaus puolestaan kasvatti henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 13,6 ja 18,3 sekunnista 17,3 ja 27,1 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,47 ja 0,75 kappaleesta 0,61 ja 1,28 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 8,1 ja 12,4 sekunnista 9,9 ja 17,4 sekuntiin. Ajosuunnilla pohjoisesta itään ja pohjoisesta etelään ImFlow – ohjaus kasvatti bussien keskimääräisiä viiveitä 27,9 ja 16,9 sekunnista 48,7 ja 43,3 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,91 ja 0,86 kappaleesta 1,64 ja 1,29 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 9,2 ja 3,5 sekunnista 24,3 ja 23,7 sekuntiin. Liittymässä jalankulkijoiden keskimääräiset viiveet vähenivät 31,0 sekunnista 25,7 sekuntiin. (Liitteet AG & AH)

Hämeenpuisto – Hallituskatu (134)

Huomioitaessa ajosuuntien liikennemäärät, merkittävimmät erot järjestelmien välisissä liikenteellisissä tunnusluvuissa päiväliikenteen tarkastelutilanteessa ovat eniten liikennöidyillä ajosuunnilla etelästä pohjoiseen. Kyseisellä ajosuunnalla ImFlow – ohjaus vä-

hensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 9,9 sekunnista 6,6 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,58 kappaleesta 0,33 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 4,5 sekunnista 3,4 sekuntiin. Vähemmän liikennöidyillä ajosuunnilla pohjoisesta itään, lännestä itään, lännestä pohjoiseen ja lännestä etelään ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 21,8, 22,8, 17,9 ja 23,6 sekunnista 37,3, 36,5, 26,8 ja 33,5 sekuntiin, pysähtymismääriä 1,29, 0,95, 0,75 ja 1,28 kappaleesta 1,40, 1,06, 0,83 ja 1,28 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 12,3, 15,3, 11,8 ja 16,1 sekunnista 27,8, 26,7, 20,4 ja 25,0 sekuntiin. Ajosuunnalla etelästä itään, joka on ajosuuntien etelästä pohjoiseen ja pohjoisesta etelään jälkeen kolmanneksi eniten liikennöity ajosuunta, ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 12,3 sekunnista 8,9 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,98 kappaleesta 0,66 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 5,8 sekunnista 4,4 sekuntiin. Kyseisessä liittymässä ImFlow – ohjaus kasvatti jalankulkijoiden keskimääräisiä viiveitä 12,0 sekunnista 27,6 sekuntiin. (Liitteet AI & AJ)

Hämeenpuisto – Satamakatu (133)

Toisin kuin aamuhuipputunnin tapauksessa, päiväliikenteen tarkastelutilanteessa järjestelmien välillä on merkittäviä eroja liikenteellisissä tunnusluvuissa. Merkittävimmät erot järjestelmien välillä ovat ajosuunnilla idästä pohjoiseen, etelästä pohjoiseen, etelästä länteen ja lännestä etelään. Ajosuunnalla idästä pohjoiseen ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 89,2 sekunnista 57,5 sekuntiin, pysähtymismääriä 1,99 kappaleesta 1,51 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 72,9 sekunnista 46,4 sekuntiin. Ajosuunnalla etelästä pohjoiseen, etelästä länteen ja lännestä etelään ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 0,7, 15,9 ja 11,0 sekunnista 4,7, 24,5 ja 20,4 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,03, 0,42 ja 0,47 kappaleesta 0,22, 0,77 ja 0,73 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 0,2, 11,5 ja 5,2 sekunnista 1,7, 16,4 ja 11,8 sekuntiin. Ajosuunnalla etelästä pohjoiseen ja lännestä etelään ImFlow – ohjaus kasvatti bussien keskimääräisiä viiveitä 9,5 ja 4,7 sekunnista 15,5 ja 19,3 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,00 ja 0,00 kappaleesta 0,21 ja 0,64 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 0,00 ja 0,00 sekunnista 1,8 ja 7,2 sekuntiin. Ajosuunnalla idästä länteen bussien keskimääräiset viiveet vähenivät 50,1 sekunnista 37,4 sekuntiin, pysähtymismäärät 1,00 kappaleesta 0,86 kappaleeseen ja pysähtymisaikat 37,0 sekunnista 25,2 sekuntiin. Kyseisessä liittymässä ImFlow – ohjaus kasvatti jalankulkijoiden keskimääräisiä viiveitä 23,9 sekunnista 31,9 sekuntiin ja pysähtymismääriä 0,78 kappaleesta 1,06 kappaleeseen. (Liitteet AK & AL)

Hämeenpuisto – Tiiliruukinkatu (132)

Päiväliikenteen tarkastelutilanteessa merkittävimmät erot järjestelmien välillä liikenteellisissä tunnusluvuissa ovat ajosuunnalla pohjoisesta etelään. Kyseinen ajosuunta on ajosuunnan etelästä pohjoiseen ohella liittymän ylivoimaisesti eniten liikennöity ajosuunta. Kyseisellä ajosuunnalla ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 6,6 sekunnista 4,5 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,34 kappaleesta 0,23 kappaleeseen ja

pysähtymisaikoja 3,1 sekunnista 2,0 sekuntiin. Vähemmän liikennöidyillä ajosuunnilla järjestelmien välillä on huomattavasti suurempia eroja liikenteellisissä tunnusluvuissa, kyseisillä ajosuunnilla liikennemäärät ovat kuitenkin erittäin pieniä. Kyseisillä ajosuunnilla ImFlow – ohjaus pääsääntöisesti kasvatti liikenteellisiä tunnuslukuja suhteessa SYVARI – ohjaukseen. Kyseisessä liittymässä ImFlow – ohjaus vähensi jalankulkijoiden keskimääräisiä viiveitä 34,1 sekunnista 21,9 sekuntiin ja pysähtymismääriä 0,96 kappaleesta 0,88 kappaleeseen. (Liitteet AM & AN)

5.3.3 Iltahuipputunti

Hämeenpuisto – Satakunnankatu (306)

Kuten aamuhuipputunnin tapauksessa, myös iltahuipputunnin tarkastelutilanteessa SYVARI – ohjaus tuottaa ImFlow – ohjausta parempia tuloksia kyseisessä liittymässä. SYVARI – ohjaus tuottaa parempia tuloksia likipitäen jokaisella ajosuunnalla. Merkittävimmät erot järjestelmien välillä ovat ajosuunnilla idästä pohjoiseen ja idästä länteen, joilla ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 12,7 ja 10,5 sekunnista 19,7 ja 17,9 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,54 ja 0,35 kappaleesta 0,67 ja 0,53 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 5,4 ja 4,4 sekunnista 12,6 ja 11,8 sekuntiin. Bussien osalta merkittävimmät erot ovat ajosuunnilla idästä etelään ja lännestä etelään, joilla bussien keskimääräiset viiveet kasvoivat 17,1 ja 22,2 sekunnista 30,0 ja 33,4 sekuntiin ja pysähtymisajat 5,7 ja 1,2 sekunnista 15,6 ja 14,3 sekuntiin. (Liitteet AO & AP)

Satakunnankatu – Näsilinnankatu (305)

Kuten aamuhuipputunnin tapauksessa, myös iltahuipputunnin tarkastelutilanteessa ImFlow – ohjaus tuottaa SYVARI – ohjausta parempia tuloksia kyseisessä liittymässä. Iltahuipputunnin aikana ImFlow – ohjaus parantaa liikenteellisiä tunnuslukuja kaikilla ajosuunnilla paitsi ajosuunnalla lännestä etelään, joka on selvästi vähiten liikennöity ajosuunta. Merkittävimmät erot järjestelmien välillä esiintyvät eniten liikennöidyillä ajosuunnilla idästä länteen ja lännestä itään, joilla ImFlow – ohjaus vähentää henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 8,6 ja 11,9 sekunnista 3,3 ja 6,7 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,43 ja 0,39 kappaleesta 0,14 ja 0,27 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 2,8 ja 7,3 sekunnista 1,2 ja 3,5 sekuntiin. Bussien osalta merkittävimmät erot ovat ajosuunnilla idästä pohjoiseen ja idästä länteen, joilla bussien keskimääräiset viiveet vähenivät 22,6 ja 14,3 sekunnista 9,3 ja 4,4 sekuntiin, pysähtymismäärät 0,91 ja 0,76 kappaleesta 0,29 ja 0,0 kappaleeseen ja pysähtymisajat 12,7 ja 3,3 sekunnista 2,0 ja 0,0 sekuntiin. (Liitteet AQ & AR)

Satakunnankatu – Kuninkaankatu (304)

Iltahuipputunnin tulokset vastaavat aamuhuipputunnin tuloksia. ImFlow – ohjaus paransi lännestä itään ja lännestä pohjoiseen kulkevien ajosuuntien liikenteellisiä tunnusluku-

ja heikentäen idästä pohjoiseen ja idästä länteen kulkevien ajosuuntien tunnuslukuja. Merkittävimmät erot järjestelmien välillä olivat ajosuunnilla lännestä itään ja lännestä pohjoiseen, joilla henkilöautojen keskimääräiset viiveet vähenivät 12,1 ja 74,7 sekunnista 4,7 ja 39,4 sekuntiin, pysähtymismäärät 0,52 ja 1,47 kappaleesta 0,19 ja 0,99 kappaleeseen ja pysähtymisaajat 6,1 ja 63,1 sekunnista 2,0 ja 31,9 sekuntiin. Ajosuunnilla, joilla ImFlow – ohjaus heikensi tunnuslukuja, olivat erot selvästi pienempiä. Bussien osalta merkittävimmät erot olivat ajosuunnalla lännestä itään, joilla keskimääräiset viiveet vähenivät 21,3 sekunnista 14,8 sekuntiin, pysähtymismäärät 0,43 kappaleesta 0,07 kappaleeseen ja pysähtymisaajat 3,6 sekunnista 1,0 sekuntiin. (Liitteet AS & AT)

Satakunnankatu – Aleksis Kiven katu (303)

Kuten aamuhuipputunnin tapauksessa, myös iltahuipputunnin tarkastelutilanteessa SYVARI – ohjaus tuottaa ImFlow – ohjausta parempia tuloksia kyseisessä liittymässä. SYVARI – ohjaus tuottaa parempia liikenteellisiä tunnuslukuja kaikilla muilla ajosuunnilla, paitsi eniten liikennöidyillä ajosuunnilla idästä länteen. Kyseisellä ajosuunnalla erot järjestelmien välillä ovat hyvin pieniä. Suurimmat erot järjestelmien välillä ovat ajosuunnilla etelästä itään ja lännestä etelään, joilla ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 9,7 ja 10,9 sekunnista 16,5 ja 17,0 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,38 ja 0,48 kappaleesta 0,58 ja 0,94 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 6,4 ja 7,0 sekunnista 11,9 ja 11,0 sekuntiin. Bussien osalta suurimmat erot ovat ajosuunnilla idästä länteen ja etelästä itään. Ajosuunnalla idästä länteen bussien keskimääräiset viiveet vähenivät ImFlow – ohjauksessa 18,5 sekunnista 11,4 sekuntiin, pysähtymismäärät 0,69 kappaleesta 0,34 kappaleeseen ja pysähtymisaajat 7,6 sekunnista 3,4 sekuntiin. Ajosuunnalla etelästä itään ImFlow – ohjaus vuorostaan kasvatti keskimääräisiä viiveitä 6,6 sekunnista 16,9 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,24 kappaleesta 0,62 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 2,3 sekunnista 9,1 sekuntiin. Liittymässä jalankulkijoiden keskimääräiset viiveet vähenivät 24,2 sekunnista 14,5 sekuntiin. (Liitteet AU & AV)

Satakunnankatu – Lapintie (301)

Iltahuipputunnin tarkastelutilanteessa merkittävimmät erot järjestelmien välillä esiintyivät eniten liikennöidyillä ajosuunnilla idästä länteen ja lännestä itään. Ajosuunnalla idästä länteen ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 34,1 sekunnista 22,9 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,87 kappaleesta 0,67 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 25,5 sekunnista 16,6 sekuntiin. Ajosuunnalla lännestä itään ImFlow – ohjaus puolestaan kasvatti henkilöautojen viiveitä 17,9 sekunnista 24,7 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,24 kappaleesta 0,41 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 4,1 sekunnista 5,8 sekuntiin. ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen tunnuslukuja myös ajosuunnilla etelästä länteen, lännestä pohjoiseen ja lännestä kaakkoon merkittävästi. Bussien osalta merkittävimmät erot olivat ajosuunnilla idästä länteen ja koillisesta länteen. Ajosuunnalla idästä länteen ImFlow – ohjaus vähensi keskimääräisiä viiveitä 56,0 sekunnista 47,1 sekuntiin, pysähtymismääriä 1,29 kappaleesta 0,93 kappaleeseen ja pysähtymisai-

koja 29,5 sekunnista 24,5 sekuntiin. Ajosuunnalla koillisesta länteen keskimääräiset viiveet puolestaan kasvoivat 49,0 sekunnista 58,0 sekuntiin ja pysähtymisajat 29,9 sekunnista 38,4 sekuntiin. (Liitteet AW & AX)

Hämeenpuisto – Puutarhakatu (216)

Kuten aamuhuipputunnin tapauksessa, myös iltahuipputunnin tarkastelutilanteessa ImFlow – ohjaus parantaa eniten liikennöityjen ajosuuntien eli pohjoisesta etelään ja etelästä pohjoiseen liikenteellisiä tunnuslukuja. Vähemmän liikennöidyillä ajosuunnilla idästä pohjoiseen, idästä etelään ja idästä länteen ImFlow – ohjaus heikentää tunnuslukuja merkittävästi. Ajosuunnilla pohjoisesta etelään ja etelästä pohjoiseen henkilöautojen keskimääräiset viiveet vähenivät 8,0 ja 11,0 sekunnista 5,8 ja 4,5 sekuntiin, pysähtymismäärät 0,44 ja 0,60 kappaleesta 0,32 ja 0,20 kappaleeseen ja pysähtymisajat 3,0 ja 4,3 sekunnista 2,2 ja 1,2 sekuntiin. Ajosuunnilla idästä pohjoiseen, idästä etelään ja idästä länteen henkilöautojen keskimääräiset viiveet kasvoivat 16,5, 14,6 ja 13,2 sekunnista 30,3, 47,0 ja 42,1 sekuntiin, pysähtymismäärät 1,11, 0,60 ja 0,59 kappaleesta 1,49, 1,55 ja 1,38 kappaleeseen ja pysähtymisajat 9,5, 8,0 ja 7,7 sekunnista 20,7, 34,3 ja 31,0 sekuntiin. (Liitteet AY & AZ)

Hämeenpuisto – Pirkankatu (209–211)

Kuten aamuhuipputunnin tapauksessa, myös iltahuipputunnin tarkastelutilanteessa merkittävimmät erot järjestelmien välillä esiintyvät ajosuunnilla etelästä pohjoiseen, etelästä länteen ja lännestä etelään. Varsinkin ajosuunnan etelästä pohjoiseen erot järjestelmien välillä ovat merkittävät, koska kyseinen ajosuunta on selvästi eniten liikennöity iltahuipputunnin aikana. Ajosuunnilla etelästä pohjoiseen ja etelästä länteen ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 57,6 ja 82,9 sekunnista 36,5 ja 58,0 sekuntiin ja pysähtymisaikoja 48,6 ja 64,1 sekunnista 27,7 ja 40,1 sekuntiin. Ajosuunnalla lännestä etelään ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 22,9 sekunnista 33,0 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,84 kappaleesta 1,45 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 15,5 sekunnista 20,1 sekuntiin. Bussien osalta suurimmat erot olivat ajosuunnilla pohjoisesta itään, pohjoisesta etelään ja etelästä pohjoiseen. Ajosuunnilla pohjoisesta itään ja pohjoisesta etelään keskimääräiset viiveet kasvoivat 34,4 ja 16,6 sekunnista 49,5 ja 52,9 sekuntiin, pysähtymismäärät 1,27 ja 0,50 kappaleesta 1,54 ja 1,57 kappaleeseen ja pysähtymisajat 13,0 ja 4,8 sekunnista 25,8 ja 29,2 sekuntiin. Ajosuunnalla etelästä pohjoiseen keskimääräiset viiveet vähenivät 48,4 sekunnista 24,8 sekuntiin, pysähtymismäärät 0,86 kappaleesta 0,21 kappaleeseen ja pysähtymisajat 25,4 sekunnista 6,5 sekuntiin. Liittymässä jalankulkijoiden keskimääräiset viiveet vähenivät 34,4 sekunnista 26,4 sekuntiin. (Liitteet BA & BB)

Hämeenpuisto – Hallituskatu (134)

Kyseisessä liittymässä järjestelmien välillä on suuria eroja eri ajosuuntien liikenteellisissä tunnusluvuissa. Kuten aamuhuipputunnin tapauksessa, myös iltahuipputunnin tar-

kastelutilanteessa merkittävimmät erot valo-ohjausjärjestelmien välillä ovat eniten liikennöidyillä ajosuunnalla etelästä pohjoiseen. Kyseisellä ajosuunnalla ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 48,0 sekunnista 14,1 sekuntiin, pysähtymismääriä 2,00 kappaleesta 0,65 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 30,8 sekunnista 7,9 sekuntiin. Vähemmän liikennöidyillä ajosuunnilla etelästä itään, lännestä pohjoiseen ja lännestä etelään ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 35,8, 46,4 ja 51,7 sekunnista 12,2, 35,0 ja 42,7 sekuntiin, pysähtymismääriä 1,87, 1,87 ja 2,05 kappaleesta 0,77, 1,08 ja 1,34 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 21,9, 33,7 ja 37,6 sekunnista 6,6, 26,4 ja 32,7 sekuntiin. Ajosuunnalla pohjoisesta itään henkilöautojen keskimääräiset viiveet kasvoivat 24,6 sekunnista 41,5 sekuntiin, pysähtymismäärät 1,30 kappaleesta 1,43 kappaleeseen ja pysähtymisaikat 15,4 sekunnista 31,7 sekuntiin. Ajosuunnalla etelästä pohjoiseen bussien keskimääräiset viiveet vähenivät 47,2 sekunnista 10,4 sekuntiin, pysähtymismäärät 2,00 kappaleesta 0,29 kappaleeseen ja pysähtymisaikat 23,4 sekunnista 3,4 sekuntiin. Liittymässä jalankulkijoiden keskimääräiset viiveet kasvoivat 15,9 sekunnista 34,2 sekuntiin. (Liitteet BC & BD)

Hämeenpuisto – Satamakatu (133)

Toisin kuin aamuhuipputunnin aikana, jolloin valo-ohjausjärjestelmien välillä ei ollut suuria eroja ajosuuntien liikenteellisissä tunnusluvuissa, iltahuipputunnin tarkastelutilanteessa eroja oli monella ajosuunnalla. Merkittävimmät erot ovat ajosuunnalla etelästä pohjoiseen, joka on ajosuunnan pohjoisesta etelään ohella liittymän eniten liikennöity ajosuunta iltahuipputunnin aikana. Kyseisellä ajosuunnalla ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 31,3 sekunnista 6,5 sekuntiin, pysähtymismääriä 1,06 kappaleesta 0,29 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 14,2 sekunnista 2,3 sekuntiin. Vaikka ImFlow – ohjaus paransi selvästi kyseisen ajosuunnan sujuvuutta, oli tämä ainoa ajosuunta, jolla ImFlow – ohjaus tuotti SYVARI – ohjausta parempia tuloksia. Muun muassa ajosuunnilla pohjoisesta etelään, pohjoisesta länteen, etelästä länteen ja lännestä etelään ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 24,9, 28,0, 18,5 ja 11,7 sekunnista 34,9, 39,7, 25,8 ja 16,6 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,74, 1,01, 0,47 ja 0,45 kappaleesta 0,89, 1,16, 0,79 ja 0,57 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 18,4, 20,4, 12,0 ja 4,6 sekunnista 27,8, 31,4, 16,0 ja 8,4 sekuntiin. Bussien osalta merkittävimmät erot järjestelmien välillä olivat ajosuunnilla idästä länteen ja etelästä pohjoiseen. Ajosuunnalla idästä länteen ImFlow – ohjaus kasvatti keskimääräisiä viiveitä 45,5 sekunnista 64,4 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,57 kappaleesta 1,21 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 37,8 sekunnista 49,3 sekuntiin. Ajosuunnalla etelästä pohjoiseen ImFlow – ohjaus puolestaan vähensi keskimääräisiä viiveitä 43,2 sekunnista 15,7 sekuntiin, pysähtymismääriä 1,14 kappaleesta 0,29 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 18,0 sekunnista 2,5 sekuntiin. Liittymässä jalankulkijoiden keskimääräiset viiveet kasvoivat ImFlow – ohjauksessa 26,6 sekunnista 39,7 sekuntiin. (Liitteet BE & BF)

Hämeenpuisto – Tiiliruukinkatu (132)

Kuten aamuhuipputunnin tapauksessa, myös iltahuipputunnin tarkastelutilanteessa ImFlow – ohjaus tuotti selvästi SYVARI – ohjausta parempia tuloksia. ImFlow – ohjaus paransi henkilöautojen liikenteellisiä tunnuslukuja kaikilla muilla ajosuunnilla, paitsi vähän liikennöidyillä ajosuunnilla lännestä itään, lännestä pohjoiseen ja lännestä etelään. Kyseisillä ajosuunnilla ImFlow – ohjaus kasvatti henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 41,9, 39,7 ja 39,4 sekunnista 95,3, 69,9 ja 65,2 sekuntiin, keskimääräisiä pysähtymismääriä 0,92, 1,09 ja 1,12 kappaleesta 2,00, 1,55 ja 1,72 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 33,4, 29,1 ja 30,8 sekuntiin. Selvästi eniten liikennöidyillä ajosuunnilla pohjoisesta etelään ja etelästä pohjoiseen ImFlow – ohjaus vähensi henkilöautojen keskimääräisiä viiveitä 7,5 ja 16,6 sekunnista 4,5 ja 7,7 sekuntiin, pysähtymismääriä 0,36 ja 0,64 kappaleesta 0,20 ja 0,33 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 3,2 ja 7,7 sekunnista 1,9 ja 2,8 sekuntiin. Bussien osalta merkittävimmät erot järjestelmien välillä ovat ajosuunnalla etelästä pohjoiseen, jolla ImFlow – ohjaus vähensi keskimääräisiä viiveitä 40,2 sekunnista 6,2 sekuntiin, pysähtymismääriä 1,43 kappaleesta 0,14 kappaleeseen ja pysähtymisaikoja 18,0 sekunnista 0,6 sekuntiin. Liittymässä jalankulkijoiden keskimääräiset viiveet vähenivät ImFlow – ohjauksessa 39,8 sekunnista 28,4 sekuntiin. (Liitteet BG & BH)

5.4 Tulosten yhteenveto

Edellä esitettyjen simulointitulosten perusteella voidaan todeta, että ImFlow – ohjauksen tuottamat hyödyt ovat sitä suurempia, mitä suurempia liikennemäärät ovat ja mitä ruuhkaantuneempaa liikenne on. Liikenteen kyseiset ominaisuudet toteutuivat parhaiten iltahuipputunnin tarkastelutilanteessa, jolloin ImFlow – ohjaus myös tuotti parhaimpia tuloksia suhteessa SYVARI – ohjaukseen. Myös aamuhuipputunnin tarkastelutilanteessa, jolloin liikennemäärät olivat hieman iltahuipputunnin tilannetta pienempiä, tuotti ImFlow – ohjaus SYVARI – ohjausta parempia tuloksia. Päiväliikenteen tarkastelutilanteessa SYVARI – ohjaus tuotti ImFlow – ohjausta parempia tuloksia koko verkon keskimääräisissä tunnusluvuissa. Kyseisessä tarkastelutilanteessa liikennemäärät olivat pienimpiä.

Aamu- ja iltahuipputuntien tarkastelutilanteissa, joissa ImFlow – ohjaus tuotti SYVARI – ohjausta parempia tuloksia, paransi ImFlow – ohjaus pääasiassa henkilöautojen ja rekkojen liikenteellisiä tunnuslukuja. Bussien ja jalankulkijoiden liikenteelliset tunnusluvut hieman heikkenivät verrattuna SYVARI – ohjaukseen. Koska henkilöautojen osuus kokonaisliikennemäärästä on suuri, ovat tulokset varsin positiivisia. Vaikka bussien liikenteelliset tunnusluvut kasvoivat, olivat tunnusluvut valmiiksi huomattavasti henkilöautojen vastaavia lukuaroja pienemmät. Näin ollen kasvu tunnusluvuissa on hyväksyttävää. Bussien liikenteellisiä tunnuslukuja tarkasteltaessa on muistettava, että tällä hetkellä ImFlow – järjestelmässä ei ole vielä käytössä XPRIO – osakokonaisuutta. XPRIO – osakokonaisuus parantaa joukkoliikenne-etuuksien toimivuutta entisestään.

Aamu- ja iltahuipputuntien tarkastelutilanteissa ImFlow – ohjauksen vaikutus matka-aikoihin oli seuraava: Hämeenpuistossa matka-ajat vähenivät ajosuunnalla etelästä pohjoiseen ja Satakunnankadulla ajosuunnalla idästä länteen. Päiväliikenteen tarkastelutilanteissa ImFlow – ohjaus suosi huomattavasti Hämeenpuiston suuntaista liikennettä. Tästä johtuen matka-ajat Hämeenpuistossa vähenivät, vaikka samalla koko verkon mittakaavassa liikenteelliset tunnusluvut heikkenivät suhteessa SYVARI – ohjaukseen. ImFlow – ohjauksen tuottamat matka-aikavähennykset aamu- ja iltahuipputuntien tarkastelutilanteissa Satakunnankadulla ja Hämeenpuistossa ovat hyvin mielenkiintoisia kun otetaan huomioon ImFlow – järjestelmälle asetetut painoarvot reittikohtaisissa toimintalinjauksissa. Toimintalinjauksissa painotettiin Satakunnankadulla lännestä itään kulkevaa ajosuuntaa ja Hämeenpuistossa pohjoisesta etelään kulkevaa ajosuuntaa. ImFlow – ohjaus kuitenkin vähentää matka-aikoja vähemmän painotetuilla ajosuunnilla. Tuloksia selittää mahdollisesti se, että kyseisillä ajosuunnilla SYVARI – ohjauksessa esiintyy ruuhkautumista, joka haittaa yhteenkytkennän toimivuutta. ImFlow – ohjaus pyrkii automaattisesti ehkäisemään ruuhkautumista, vaikka jotain muita ajosuuntia suosittaisiin ruuhkautuvia ajosuuntia enemmän.

Liittymäkohtaisissa tunnusluvuissa ei esiinny erityisiä johdonmukaisuuksia. Osassa liittymistä ImFlow – ohjaus tuottaa parempia tuloksia kuin SYVARI – ohjaus, osassa liittymissä tulokset ovat puolestaan päinvastaisia.

Satakunnankadun ja Hämeenpuiston muodostamalla alueella liikennemäärät vaihtelevat selvästi liikenteellisten huipputuntien ja muiden kellonaikojen välillä. Huipputuntien aikana liikenne on osittain ruuhkautunutta. Liittymät ovat suhteellisen lähellä toisiaan ja jalankulkijoita on melko paljon. Kyseisellä alueella ImFlow – ohjauksen tuottamat hyödyt ovat merkittäviä etenkin kun huomioidaan se, että suomalainen SYVARI – valo-ohjaus on jo valmiiksi varsin kehittyntä. Sen lisäksi, että adaptiivinen ImFlow – valo-ohjaus parantaa valo-ohjauksen toimivuutta, tarjoaa ImFlow – järjestelmä liikennesuunnittelijoille hyödyllisen työkalun ImFlow Centralin verkkopohjaisen käyttöliittymän muodossa. Käyttöliittymä mahdollistaa reaaliaikaisen valo-ohjauksen toiminnan tarkastelun ja erilaisten raporttien luomisen. Raportteja voidaan hyödyntää liikennesuunnittelun pohjana. Myös historiatietojen tarkastelu ImFlow – järjestelmällä on mahdollista.

ImFlow – ohjauksen tuottamien positiivisten tulosten, sekä järjestelmän yleisen hyödyllisyyden perusteella ImFlow – ohjauksen hyödyntäminen Tampereella laajemmassa mittakaavassa on varsin mahdollista. Tampereen Infran vanhempi erikoissuunnittelija Pia Tuupanen omaa tuntemuksen Tampereen alueen liikennevirroista ja niiden jakautumisesta alueittain. Tuupasta on konsultoitu pohdittaessa mahdollisia muita ImFlow:n sovelluskohteita Tampereella.

Pohdittaessa uusia alueita, joissa ImFlow – ohjaus soveltuisi hyvin alueen liikennevalojen ohjaukseen, yksinkertaisin ratkaisu olisi laajentaa olemassa olevaa aluetta Tampereen keskustassa. ImFlow – ohjausta voitaisiin esimerkiksi laajentaa kattamaan liittymiä

Hämeenkadulla ja Pirkankadulla. Kyseiset kadut yhtyvät Hämeenpuistoon liittymässä 209 – 211. Hämeenkadun ja Pirkankadun muodostamaa reittiä kulkee huomattava määrä bussilinjoja. ImFlow – ohjauksen laajentaminen kattamaan liittymiä kyseisiltä kaduilta parantaisi muun muassa joukkoliikenteen sujuvuutta entisestään. Koska kyseiset kadut liittyvät suoraan nykyiseen ImFlow – ohjauksella ohjattavaan alueeseen, olisi ImFlow – ohjauksen laajentaminen suhteellisen yksinkertaista.

Toinen mahdollinen alue ImFlow – valo-ohjaukselle olisi Hakametsän alue. Alueella sijaitsee runsaasti kaupan palveluja sekä Tampereen jäähalli. Palveluiden vuoksi alueen liikennemäärät vaihtelevat huomattavasti eri kellonaikojen välillä. Varsinkin jääkiekkopelien aikana liikennemäärissä esiintyy huomattavia piikkejä. Tästä johtuen alueen liikennevalojen ohjaaminen kiinteillä valo-ohjelmilla on haastavaa. ImFlow:n adaptiivinen valo-ohjaus soveltuisi kyseisen alueen liikennevalojen ohjaukseen erittäin hyvin.

Liikennemäärien perusteella ImFlow – ohjausta voitaisiin hyödyntää mahdollisesti myös Lahdenperänselän ja Hatanpään valtatiealueella sekä Itsenäisyydenkadulla. Sovelluskohteita voisi olla myös Hervannan valtavyylällä Hervannan keskustan alueella.

Tampereen ImFlow – järjestelmän laajentaminen kattamaan muita alueita on hyvin yksinkertaista ImFlow – serverin ollessa jo toiminnassa. Järjestelmän laajentaminen kattamaan muita alueita vaatii olemassa olevat liikennemäärätiedot ohjattavalta alueelta, sekä uusien toimintalinjausten asettamisen valo-ohjauksen toiminnan perustaksi. Järjestelmän laajentaminen kattamaan uusia alueita veisi ainoastaan muutamia viikkoja.

Mikäli Tampereella päädytään tulevaisuudessa hyödyntämään ImFlow – ohjausta muiden alueiden liikennevalojen ohjaamiseen, tulisi ImFlow – järjestelmän toimintaan varsinkin päiväliikenteen aikana kiinnittää huomiota. Satakunnankadulla ja Hämeenpuistossa päiväliikenteen aikana liikenne on suhteellisen rauhallista ja SYVARI – ohjaus tuotti ImFlow – ohjausta parempia tuloksia. Tämä johtuu siitä, että SYVARI – ohjauksessa yhteenkytkennät toimivat tehokkaasti ja adaptiivisen valo-ohjauksen vahvuudet eivät päässeet esille. Liikenteen ollessa rauhallista adaptiivinen valo-ohjaus pyrkii tarjoamaan ajosuunnille suhteellisen lyhyitä vihreän jaksoja liikennemäärien perusteella. Tämä aiheuttaa sen, että suoja-aikojen suhteellinen osuus valokierrosta kasvaa. Tulevaisuudessa voidaan pohtia, tulisiko päiväliikenteen aikana liikennettä ohjata kiinteillä valo-ohjelmilla vai tulisiko ImFlow – järjestelmän herkkyyttä rajoittaa, jotta suoja-aikojen suhteellista osuutta valokierrosta saataisiin minimoitua.

6. YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Diplomityön tarkoituksena oli tutkia, miten nykyaikaiset adaptiiviset liikennevalo-ohjausjärjestelmät toimivat, miten järjestelmät eroavat toisistaan ja minkälaisia tuloksia adaptiivisilla valo-ohjausjärjestelmillä on saavutettu eripuolilla maailmaa suhteessa perinteiseen valo-ohjaukseen. Työtä alustettiin tarkastelemalla liikennevalojen ohjaustapoja ja –periaatteita. Näin saatiin kuva siitä, miten adaptiivinen valo-ohjaus eroaa perinteisestä valo-ohjauksesta. Työn kannalta tärkein osuus oli Tampereen ImFlow – projekti, jossa adaptiivinen liikennevalo-ohjausjärjestelmä ImFlow asennettiin toimimaan kymmenessä liittymässä Tampereen keskustassa, Hämeenpuistossa ja Satakunnankadulla. Projektin merkittävyyttä korosti se, että kyseessä oli ensimmäinen ImFlow – järjestelmän käyttöönotto Suomessa. Adaptiivisista valo-ohjausjärjestelmistä tarkasteluun valittiin SCOOT, SCATS ja ImFlow. Materiaali adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien toiminnan kuvaamiseen ja järjestelmillä saavutetuista tuloksista hankittiin pääasiassa kirjallisuustutkimuksella. Tampereen ImFlow – projektissa valtaosa materiaalista saatiin Tampereen kaupungilta, Trafix Oy:lta ja Imtech Traffic & Infra Oy:ltä. Materiaalien perusteella konfiguroitiin ImFlow – valo-ohjauksen toiminta sekä VISSIM – mikrosimulointimalli, joka mahdollisti olemassa olevan SYVARI – valo-ohjauksen ja ImFlow – valo-ohjauksen toiminnan keskinäisen vertailun. ImFlow – valo-ohjausta ja SYVARI – valo-ohjausta vertailtiin keskenään analysoimalla simulointien tuloksia.

Ensimmäisiä liikennevaloja asennettiin pääasiassa liikenteellisiin solmukohtiin tavoitteena estää liikenneonnettomuuksia. Liikennerruuhkiin ja polttoaineenkulutukseen ei kiinnitetty huomiota. Liikennemäärien kasvaessa kaupunkien liikennerruuhkat ovat yleistyneet ja tästä johtuen liikennevalojen toiminnassa on kiinnitetty huomiota liikennevalojen ajoitusten optimointiin liikennevirtojen perusteella. Perinteisessä valo-ohjauksessa liikennerruuhkia on pyritty minimoimaan suunnitteleamalla vilkasliikenteisille pääväylille yhteenkytkentöjä. Yhteenkytkennöissä peräkkäisten liikennevalojen toiminta suunnitellaan siten, että liikennevalojen ajoitukset mahdollistavat liittymien läpi ajamisen pysähtymättä. Tätä kutsutaan vihreäksi aalloksi. Vihreä aalto suunnitellaan pääväylän suuntaiselle liikenteelle tapauskohtaisesti joko toiseen ajosuuntaan, tai molempiin ajosuuntiin samanaikaisesti. Yhteenkytkennöissä liikennevalot noudattavat valmiiksi suunniteltuja valo-ohjelmia, jotka noudattavat kiinteää kiertoaikaa. Valo-ohjelmat suunnitellaan eri vuorokauden ajoille ja liikennetilanteille hyödyntämällä olemassa olevia liikennemäärätietoja. Yhteenkytkentöjen toimintaa hankaloittaa se, että kiinteät valo-ohjelmat toimivat hyvin samankaltaisesti valokierrosta toiseen ja pystyvät täten reagoimaan liikennemäärien vain hyvin marginaalisesti. Liikennemäärien vaihdellessa yhteenkytkennät menettävät tehoaan. Kiinteät valo-ohjelmat vaativat ajoittaista

päivittämistä, jotta ne vastaavat olemassa olevia liikennemääriä. Päivittäminen teettää huomattavan määrän työtä liikennesuunnittelijoille.

Nykyaikaiset adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät eivät hyödynnä valmiiksi suunniteltuja ja ajoitettuja valo-ohjelmia. Järjestelmät optimoivat liikennevalojen ajoituksia automaattisesti reaaliajassa liikenneilmaisimilta saatujen liikennetietojen perusteella. Tästä johtuen adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät kykenevät mukautumaan automaattisesti liikennemäärien hetkellisiin ja pitkäaikaisiin muutoksiin ilman liikennesuunnittelijan työpanosta. Perinteisellä valo-ohjauksella ei pystytä alueellisen liikenteen optimointiin. Adaptiivinen valo-ohjaus kykenee ohjaamaan ohjattavan alueen liikennevaloja alueellisesti siten, että jokaisen liittymän liikennevalojen toimintaan vaikuttaa lähialueen liikennevaloliittymien toiminta. Adaptiivisella valo-ohjauksella voidaan pyrkiä esimerkiksi pysähdysten ja odotusaikojen minimointiin ohjattavalla alueella. Adaptiivisia valo-ohjausjärjestelmiä on useita erilaisia, ja ne eroavat toiminnaltaan toisistaan. Yleisesti kyseisissä järjestelmissä katuverkon liikenne kuvataan liikennemallilla, joka päivittyy liikenneilmaisimilta saaduilla liikennetiedoilla. Maailmalla eniten käytettyjä adaptiivisia valo-ohjausjärjestelmiä ovat englantilainen SCOOT ja australialainen SCATS.

Adaptiivisella valo-ohjauksella saavutettujen hyötyjen suuruusluokkaan vaikuttaa oleellisesti aikaisemmin käytetyn valo-ohjauksen taso. Esimerkiksi Suomessa käytettävä SYVARI – valo-ohjaus on hyvin joustavaa ja mahdollistaa tehokkaiden joukkoliikennetuoksien ohjelmoinnin. Lukuisat tutkimukset puhuvat adaptiivisen valo-ohjauksen puolesta. Maailmalla perinteisiä yhteenkytkentöjä on jossain määrin korvattu adaptiivisilla alueellisilla valo-ohjausjärjestelmillä niiden tuottamien hyvien tulosten vuoksi. Vaikka adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät tuottavat hyviä tuloksia, ei niitä hyödynnetä laajassa mittakaavassa. Yhtenä syynä tähän on järjestelmien kalliit käyttöönottokustannukset.

Tampereella käyttöön otettu ImFlow – valo-ohjausjärjestelmä edustaa adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien uusinta sukupolvea. Adaptiivisten valo-ohjausjärjestelmien kehittyessä on järjestelmistä tullut hyvin kompleksisia. Myös järjestelmien konfiguroinnista on tullut entistä haastavampaa. ImFlow poikkeaa muista kehittyneistä adaptiivisista valo-ohjausjärjestelmistä siten, että sen toiminta on hyvin yksinkertaista. Järjestelmän toiminnan perustana toimii tilaajan visio siitä, miten ohjattavan alueen liikennettä tulisi hallita. Tilaajan vision perusteella ImFlow – järjestelmälle asetetaan toimintalinjaukset, jotka järjestelmän adaptiivinen algoritmi muuntaa suoraan liikennevalojen optimaaliseksi ajoituksiksi. Toimintalinjauksia voidaan asettaa samanaikaisesti alueelliselle, reitti-kohtaiselle ja liittymäkohtaiselle tasolle. Alueellisella tasolla toimintalinjauksina voivat olla esimerkiksi ajoneuvojen odotusajat, alueella esiintyvät jonot ja alueen koordinaatio. Tilaaja pystyy säätämään valo-ohjauksen toimintaa asettamalla toimintalinjauksille eri painoarvoja.

Tampereen ImFlow – projekti käynnistettiin valitsemalla adaptiivisella valo-ohjauksella ohjattava alue. Valittu alue käsitti yhteensä 10 liikennevaloliittymää Satakunnankadulla ja Hämeenpuistossa. Ohjattavan alueen valinta perustui siihen, että kyseiset kadut ovat alueen pääväyliä, joilla kulkee huomattava määrä liikennettä erityisesti ruuhkahuippujen aikana. Varsinkin Hämeenpuisto on liikennevalo-ohjauksen kannalta hyvin haastava, sillä ajokaistat toisistaan erottava puistoväylä tekee liittymistä niin sanottuja tuplaliittymiä. Alueen valintaan vaikutti merkittävästi myös Tampereen Rantaväylän tunnelin valmistuminen. Tunnelin valmistuttua, tilanteissa joissa tunneli on suljettuna, ohjataan tunnelin läpikulkuliikenne osittain tarkasteltavan alueen kautta. Tällöin liikennemäärät alueella kasvavat huomattavasti. Vastaavanlaisen tilanteen ohjaaminen kiinteillä valo-ohjelmilla on haastavaa. ImFlow – ohjauksen toiminta suunniteltiin Tampereen kaupungin liikenteellisten visioiden perusteella. Liikennevalojen opastinryhmien vihreiden kestojen jakautumista oli tärkeää parantaa, jotta alueen liikenteellistä kapasiteettia saatiin parannettua. Kaupungille oli tärkeää, että alueellisten pääkatujen, Satakunnankadun ja Hämeenpuiston, liikenne olisi mahdollisimman sujuvaa ja että alueella kulkevat bussit saisivat tehokkaat joukkoliikenne-etuudet. ImFlow – ohjauksen toimivuutta simuloitiin hyödyntämällä VISSIM – mikrosimulointimallia, joka kuvasi ohjattavan alueen liikennettä mahdollisimman realistisesti. Aikaisemman SYVARI – valo-ohjauksen ja ImFlow – valo-ohjauksen toimintaa vertailtiin analysoimalla VISSIM – simulointiajojen tuloksia aamuhuipputunnin, päiväliikenteen ja iltahuipputunnin tarkastelutilanteista. ImFlow – valo-ohjaus otettiin käyttöön Tampereella 25.6.2015 kello 9:30 alkaen liittymä kerrallaan.

Simulointiajojen tulosten perusteella ImFlow – ohjaus toimi parhaiten iltahuipputunnin tarkastelutilanteessa, jolloin liikennemäärät olivat suurimpia ja liikenne oli ruuhkatuoneinta. Myös aamuhuipputunnin tarkastelutilanteissa ImFlow – ohjauksen tulokset olivat positiivisia verrattuna SYVARI – valo-ohjaukseen. Päiväliikenteen tapauksessa, jolloin liikennemäärät olivat pienimpiä, SYVARI – valo-ohjaus tuotti ImFlow – ohjausta parempia tuloksia tarkasteltaessa verkollisen tason liikenteellisiä tunnuslukuja. ImFlow – ohjaus kuitenkin vähensi ajoneuvojen matka-aikoja Satakunnankadulla myös päiväliikenteen aikana. Adaptiivisen ImFlow – ohjauksen tuottamat positiiviset tulokset Tampereen projektissa ovat varsin lupaavia pohdittaessa mahdollisia muita sovelluskohteita Tampereella. ImFlow – järjestelmän hyödyt eivät rajoitu ainoastaan siihen, että järjestelmä parantaa ohjattavan alueen liikennevalojen toimintaa. Järjestelmä tarjoaa lisäksi liikennesuunnittelijoille tehokkaan työkalun liikennesuunnittelua varten. Järjestelmällä on mahdollista seurata ohjattavan alueen liikennevalojen toimintaa ja liikennevirtojen etenemistä reaaliajassa. ImFlow – järjestelmällä voidaan myös luoda erilaisia havainnollistavia raportteja. Perinteisellä valo-ohjauksella vastaava toiminta ei olisi mahdollista. Tulevaisuudessa ImFlow – valo-ohjauksella ohjattavaa aluetta Tampereen keskustassa voitaisiin mahdollisesti laajentaa kattamaan liittymiä muun muassa Pirkankadulta ja Hämeenkadulta. Myös Hakametsän alue, jolla sijaitsee paljon kauppoja ja Tampereen jäähalli, olisi ImFlow – valo-ohjaukselle optimaalinen sovelluskohde vilk-

kaiden ja vaihtelevien liikennevirtojen vuoksi. Mikäli Tampereella päätetään tulevaisuudessa laajentaa ImFlow – ohjauksella ohjattavaa aluetta, tulisi ImFlow – järjestelmän toimintaan päiväliikenteen aikana kiinnittää huomiota. Satakunnankadun ja Hämeenpuiston alueella SYVARI – ohjaus tuotti ImFlow – ohjausta parempia tuloksia päiväliikenteen aikana, koska liikenne oli suhteellisen rauhallista. Tällöin adaptiivisen valo-ohjauksen vahvuudet eivät päässeet esille. Tulevaisuudessa voidaan pohtia, mikäli päiväliikennettä ohjattaisiin kiinteillä SYVARI – ohjelmilla, tai ImFlow – ohjauksen toiminnan herkkyyttä rajoitettaisiin, jotta suoja-aikojen suhteellinen osuus valokierrosta saataisiin pidettyä pienempänä.

Diplomityön edetessä vahvistui ajatus siitä, että perinteinen valo-ohjaus, joka pohjautuu valmiiksi suunniteltuihin kiinteää kiertoaikaa noudattaviin valo-ohjelmiin alkaa olla auttamatta vanhanaikainen tapa ohjata liikennettä kaupunkien keskustoissa. Vaikka adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät vaativat sitoutumista yhteen laitteistokonseptiin ja järjestelmän käyttöönottokustannukset voivat olla korkeat, maksavat järjestelmät itsensä takaisin hyvän hyöty-kustannussuhteen vuoksi. Adaptiiviset valo-ohjausjärjestelmät vähentävät liikennesuunnittelijoiden työmääriä, jotka kuluisivat valo-ohjelmien päivittämiseen. Tämän lisäksi esimerkiksi ImFlow – järjestelmä tarjoaa liikennesuunnittelijoille hyödyllisen työkalun suunnittelua varten, koska ohjattavan alueen liikennettä ja valojen toimintaa voidaan seurata reaaliajassa. Myös historiatietojen tarkkailu on mahdollista. Uskon, että Tampereen ImFlow – projektin tuloksia seurataan Suomen muissa suurissa kaupungeissa. Todennäköisesti adaptiivista valo-ohjausta tullaan lähitulevaisuudessa hyödyntämään Suomen suurimmissa kaupungeissa laajemmassakin mittakaavassa.

LÄHTEET

Alanissi, J-P. (2015). Operations Director. Imtech Traffic & Infra. Haastattelu 8.10.2015

Federal Highway Administration (FHWA). (1995). Improving Traffic Signal Operations – A Primer. US Department of Transportation. [WWW]. Saatavissa: http://www.trafficwareuniversity.com/sites/default/files/13466_0.pdf

Federal Highway Administration (FHWA). (1996). Traffic Control System Handbook. US Department of Transportation. [WWW]. [Viitattu 25.12.2014]. Saatavissa: <http://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop06006/>

Fonecta.fi. (2015). Kartat ja reitit. [WWW]. [Viitattu 28.10.2015] Saatavissa: <https://www.fonecta.fi/kartat>

Gardner, K., D’Souza, C., Hounsell, N., Shrestha, B., Bretherton, D. (2009). Interaction of buses and signals at road crossings. Deliverable 1. Review on Bus Priority at Traffic Signals around the World. [WWW]. Saatavissa: <https://www.tfl.gov.uk/cdn/static/cms/documents/interaction-of-buses-and-signals-at-road-crossings.pdf>

Gupta, N., Singh, S., Gupta, M. V. (2014). Microscopic traffic simulation using VANETs traffic simulator VISSIM. International Journal of Research in Engineering and Technology. Vol.3. Special Issue 14. Nov. 2014. pp 56–58.

Imtech Traffic & Infra. (2012). Imtech wins Intertraffic Innovation Award. [WWW]. [Viitattu 4.2.2015] Saatavissa: <http://imtech.com/EN/traffic-infra/Traffic-Infra-Newsroom/traffic-infra-Press-Releases/Imtech-wins-Intertraffic-Innovation-Award.html>

Imtech Traffic & Infra. (2014). Project Plan Tampere. ImFlow Implementation. Julkaisematon lähde.

Imtech Traffic & Infra. (2015a). ImFlow: POLICY BASED TRAFFIC MANAGEMENT. [WWW]. Saatavissa: http://imtech.com/Content/ImtechTrafficInfra/Brochures/Brochure_ImFlow_UK_IA_web.pdf

Imtech Traffic & Infra. (2015b). Traffic Priority Systems. XPRIO. Julkaisematon lähde.

ITS International. (2013). SCATS study shows significant savings. [WWW]. [Viitattu 5.12.2014] Saatavissa: <http://www.itsinternational.com/sections/cost-benefit-analysis/features/scats-study-shows-significant-savings/>

- Jayakrishnan, R., Mattingly, S. P., McNally, M. G. (2001). Performance study of SCOOT traffic control system with non-ideal detectorization: field operational test in the city of Anaheim. In *80th Annual Meeting of the Transportation Research Board*. [WWW]. Saatavissa: <http://www.its.uci.edu/its/publications/papers/CTSS/UCI-ITS-TS-WP-00-13.pdf>
- Kalenoja, H. (2006). SPOT – valo-ohjauksen toimivuustarkastelu Paasikiventiellä ja Pirkankadulla. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenne- ja kuljetustekniikan laitos. Työraportti 8.
- KonSULT. (2001). Policy Guidebook. Management & service. Urban Traffic Control. [WWW]. [Viitattu 2.6.2015] Saatavissa: <http://www.konsult.leeds.ac.uk/pg/14/>
- Kulmala, M. (2015). Liikenneinsinööri. Tampereen kaupunki. Haastattelu 2.10.2015
- Kim, J.L., Liu, J-C.S., Swarnam, P.I., Urbanik, T. (1993). The Areawide Real-Time Traffic Control (ARTC) System: A New Traffic Control Concept. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, May 1993, Vol.42(2). pp 212–223
- Liikennevirasto. (2013). Tieliikenteen toimivuuden arviointi. Liikenneviraston ohjeita 36/2013. [WWW]. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-36_tieliikenteen_toimivuuden_web.pdf
- VTT. (2015). LIPASTO. Tieliikenteen pakokaasupäästöt. Typen oksidit (NO_x). [WWW]. [Viitattu 15.5.2015] Saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/liisa/noxs.htm>
- Luttinen, R.T., Ojala, J. (2006). Liikenteen ohjaus. Liikennetekniikan seminaari 2004-2005. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Julkaisu 108. 214s.
- Madsen, A.B.T., Van Den Bosch, N. (2013). Green and sustainable urban traffic management Copenhagen. 9th ITS European Congress. Dublin. Ireland. 4–7 June 2013.
- Martin, P.T. (2001). SCOOT, an overview. University of Utah Traffic Laboratory. [WWW]. Saatavissa: www.signalsystems.org.vt.edu/documents/Jan2001AnnualMeeting/SCOOT_TRB2001_PeterMartin.pdf
- Mazzamatti, M., Netto, D.V.V.F., Vilanoma, L., Ming, S.H. (1998). Benefits gained by responsive and traffic adaptive systems in São Paulo. 9th International Conference on Road Transport Information and Control. IET. 21-23 April 1998. pp 114–118
- McCann, B. (2014). A Review of SCATS Operation and Deployment in Dublin. [WWW]. Saatavissa: www.jctconsultancy.co.uk/Symposium/Symposium2014/PapersForDownload/A_Review_of_SCATS_Operation_and_Deployment_in_Dublin.pdf

Nevala, R. (2015). Trafix. ImFlow tutkimus. VISSIM muistio. Julkaisematon lähde.

Nichols, A.P. (2012). Adaptive Traffic Signal Control. Rahall Transportation Institute. WVDOS/MPO/FHWA Planning Conference. 10.3.2012. [WWW]. Saatavissa: [www.transportation.wv.gov/highways/programplanning/plan_conf/Documents/2012PC/Adaptive Signal Control.pdf](http://www.transportation.wv.gov/highways/programplanning/plan_conf/Documents/2012PC/Adaptive%20Signal%20Control.pdf)

Peck, C., Gorton, P.T.W., Liren, D. (1990). The application of SCOOT in developing countries. Third International Conference on Road Traffic Control. IET. London. 1–3 May 1990. pp 104–109.

Rahmat, R.A., Jumari, K., Hassan, A., Basri, H. (2015). Architecture for a third generation urban traffic control. Universiti Kebangsaan Malaysia. [WWW]. Saatavissa: [www.ukm.my/riza/UTMS/A051ARCHITECTURE FOR A THIRD GENERATIONv6.pdf](http://www.ukm.my/riza/UTMS/A051ARCHITECTURE%20FOR%20A%20THIRD%20GENERATIONv6.pdf)

Robertson, D.I. (1986). Research on the TRANSYT and SCOOT Methods of Signal Coordination. [WWW]. Saatavissa: citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.417.7154&rep=rep1&type=pdf

Robertson, D.I., Bretherton, R.D., (1991). Optimizing Networks of Traffic Signals in Real Time – The SCOOT Method. IEEE Transactions on Vehicular Technology vol. 40, no. 1 (Feb. 1991). pp 11–15

Ruotsalainen, S. (2013). Tampereen joukkoliikenteen ICT-palvelujen kehittäminen. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. 67 s. [WWW]. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/21928/ruotsalainen.pdf?sequence=1>

Salonen, M. (2010). Joukkoliikenteen valo-ohjauksien toteuttaminen SYVARI-ohjauksella. [WWW]. [Viitattu 19.2.2015] Saatavissa: <http://salonen.info/syvari/>

Samadi, S., Rad, A.P., Kazemi, F.M., Jafarian, H. (2012). Performance Evaluation of Intelligent Adaptive Traffic Control Systems: A Case Study. Journal of Transportation Technologies. Vol.2. No.3. 2012. pp. 248–259

Sane, K. (1981). Liikenteen valo-ohjauksen kehityssuuntia ja ohjausfilosofiaa. Teknillinen korkeakoulu. Tiedote nro 11. Liikennelaboratorio, Otaniemi. 11s.

Sane, K. (1986). Liikennevalot ja valo-ohjaus. Insinööritieto. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus. Julkaisu 2-86. 131s.

Sane, K. (2014). Liikennevalot.info. Tietoa liikennevaloista, niiden suunnittelusta ja Helsingin liikennevalojen historiasta. [WWW]. [Viitattu 12.11.2014] Saatavissa: <http://www.liikennevalot.info/index.shtml>

Sane, K. (2015). Liikennevalot.info WWW – sivuston ylläpitäjä. Sähköpostiviesti 24.2.2015.

SCATS. (2014). SCATS The benchmark in urban traffic control. [WWW]. [Viitattu 2.12.2014] Saatavissa: <http://www.scats.com.au/>

SCATS RMS. (2013). SCATS and the Enviroment Study (SatE) Visualisation (no sound). YouTube. [WWW]. [Viitattu 14.12.2014] Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=RSjmG0CdHNo>

SCOOT-UTC. (2014). SCOOT – The world’s leading adaptive traffic control system. [WWW]. [Viitattu 1.12.2014] Saatavissa: <http://www.scoot-utc.com/>

SENSYS Networks. (2015). Advantages of the SensysTM Wireless Vehicle Detection System. [WWW]. [Viitattu 30.6.2015]. Saatavissa: <http://www.sensysnetworks.com/technology>

Siemens. (2015). Microscopic traffic simulation with VISSIM. [WWW]. Saatavissa: <http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/SiteCollectionDocuments/en/road-solutions/urban/traffic-control-center/traffic-simulation-en.pdf>

Sihvola, T. (2001). Tampereen SPOT-toimivuustutkimus. TKK, Liikennelaboratorio. [WWW]. Saatavissa: http://www.transportal.fi/Hankkeet/tetra/TETRA/H3/t3_18.pdf

Slager, G., Milano, M. (2010) Urban Traffic Control System using Self-organization. 13th International IEEE Conference on Intelligent Transport Systems (ITSC), 19–22 Sept. 2010. pp 255–260

Slavin, C., Feng, W., Figliozzi, M. (2012) An Evaluation of the Impacts of an Adaptive Coordinated Traffic Signal System on Transit Performance: a case study on Powell Boulevard (Portland, Oregon). Proceedings of the Conference on Advanced Systems for Public Transport (CASPT). June 2012. Santiago. Chile. [WWW]. Saatavissa: pdxscholar.library.pdx.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1055&context=cengin_fac

Slavin, .C., Figliozzi, M. (2015). A Multimodal Evaluation of Corridor Traffic Signal Performance: a case study on Powell Boulevard (Portaland, Oregon). [WWW]. Saatavissa: www.westernite.org/annualmeetings/alaska11/Compendium/Moderated_Session_Papers/6C-Courtney_Slavin.pdf

Stevanovic, A. (2006). ASSESSING DETERIORATION OF PRETIMED, ACTUATED-COORDINATED, AND SCOOT CONTROL REGIMES IN SIMULATION ENVIRONMENT. Department of Civil and Environmental Engineering. The University of Utah. [WWW]. Saatavissa: www.researchgate.net/profile/Aleksandar_Stevanovic/publication/34232853_Assessing_deterioration_of_pretimed_actuated-

*coordi-
na-*

ted_and_SCOOT_control_regimes_in_simulation_environment_/links/549ed3ea0cf267bdb8fdb727.pdf

Søbjerg, S.G. (2014). Implementation of ImFlow in Herning, Denmark. Evaluation results. Ramboll. [WWW]. Saatavissa: www.movea.se/media/5-4-Stig-Grønning-Søbjerg.pdf

Tampereen joukkoliikenne. (2015). Aikataulut. [WWW]. [Viitattu 10.2.2015]. Saatavissa: <http://aikataulut.tampere.fi/>

Tampereen kaupunki. (2011). Valo-ohjauksen periaatteita. [WWW]. [Viitattu 9.11.2014] Saatavissa: <http://www.tampere.fi/liikennejakadut/liikenteenohjaus/liikennevalot/valoohjauksenperiaatteita.html>

Tiehallinto. (2003). Liikennetekninen mallintaminen – nykytila, kehityssuunnat ja mahdollisuudet. Tiehallinnon selvityksiä 28/2003. [WWW]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200816liikennetknmallintam.pdf>

Tiehallinto. (2005). Liikennevalojen suunnittelu, LIVASU. [WWW]. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100040-v-05liik_valoj_suunn_liva.pdf

TransCore. (1998). SCATS Adaptive Traffic System. TRB Committee A3A18. Adaptive Traffic Control Workshop. July 1998. [WWW]. Saatavissa: www.signalsystems.org.vt.edu/documents/July1998AnnualMeeting/scats.pdf

TRL Software. (2014). SCOOT Split Cycle and Offset Optimisation Technique. World famous adaptive urban traffic research signal control system. [WWW]. [Viitattu 1.12.2014] Saatavissa: https://www.trlsoftware.co.uk/products/traffic_control/scoot

Tuupanen, P. (2015). Vanhempi erikoissuunnittelija. Tampereen Infra. Haastattelu 28.10.2015

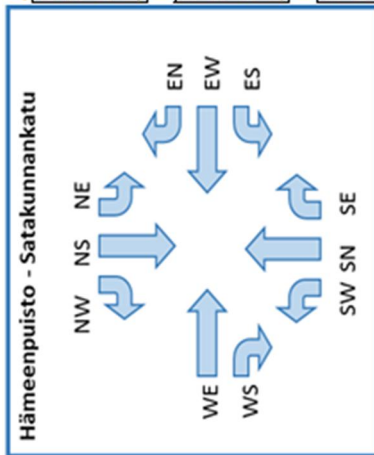
Van Den Bosch, N. (2015). Presentation ImFlow Tampere. Julkaisematon lähde.

Van Vliet, K., Turksma, S. (2013). ImFlow: Policy-based adaptive urban traffic control. First field experience. 9th ITS European Congress. Dublin. Ireland. 4–7 June 2013.

Wahlstedt, J. (2013). Evaluation of the two self-optimising traffic signal systems Utopia/Spot and ImFlow, and comparison with existing signal control in Stockholm, Sweden. 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). 6–9 Oct. 2013. pp 1541–1546.

Wahlstedt, J. (2014). Evaluation of bus priority strategies in coordinated traffic signal systems. Licentiate thesis in infrastructure. KTH Royal Institute of Technology. School of Architecture and the Built Environment. [WWW]. Saatavissa: www.diva-portal.org/smash/get/diva2:715636/FULLTEXT01.pdf

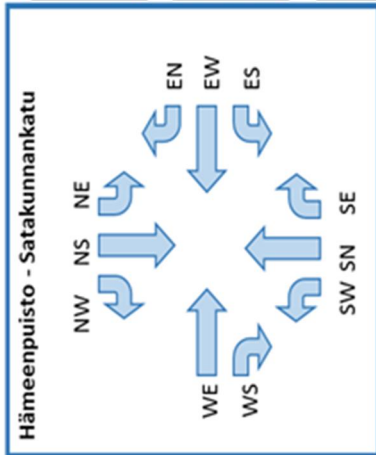
LIITE A SYVARI AHT HÄMEENPUISTO – SATAKUNNANKATU (306)



	EN	ES	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WS
Ajoneuvomäärät (kpl)											
Henkilöautot	32	39	180	215	316	11	98	220	21	525	63
Rekat	1	1	3	5	6	0	2	4	0	10	1
Bussit	0	2	0	0	6	0	2	7	4	0	4
Jalankulkijat	0	0	154	0	199	0	0	197	0	163	0
Keskimääräiset viiveet (s)											
Henkilöautot	10.5	22.9	8.7	37.4	26.2	32.9	15.3	11.1	40.9	26.2	29.2
Rekat	5.3	22.4	20.8	46.1	25.6	0.0	6.5	7.8	12.7	24.9	22.9
Bussit	0.0	27.6	0.0	0.0	21.2	0.0	32.7	27.4	42.0	0.0	24.0
Jalankulkijat	23.8										
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)											
Henkilöautot	0.46	1.29	0.40	0.86	0.71	0.94	0.59	0.34	1.58	0.74	1.07
Rekat	0.14	0.76	0.48	0.89	0.76	0.00	0.24	0.22	0.71	0.65	0.88
Bussit	0.00	1.14	0.00	0.00	0.40	0.00	0.79	0.43	1.50	0.00	0.54
Jalankulkijat	0.79										
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)											
Henkilöautot	6.2	13.3	4.9	30.0	19.8	25.7	9.7	7.6	30.5	19.9	20.4
Rekat	2.7	17.2	15.8	37.4	16.5	0.0	0.8	4.9	6.5	16.3	13.7
Bussit	0.0	15.3	0.0	0.0	2.9	0.0	10.0	7.9	11.6	0.0	1.7
Jalankulkijat	-										
Ajoaistojen jonopituudet (m)											
Keskimääräiset	2.3	2.3	2.3	21.1	21.1	21.1	4.4	4.4	4.4	13.3	13.3
Maksimi	33.5	33.5	33.5	113.4	113.4	113.4	65.1	65.1	65.1	69.7	69.7
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)											
CO	17.02	42.48	105.20	258.76	302.02	11.68	67.34	132.01	35.91	518.86	68.23
NOx	3.31	8.27	20.47	50.35	58.76	2.27	13.10	25.69	6.99	100.95	13.28
VOC	3.94	9.85	24.38	59.97	69.99	2.71	15.61	30.59	8.32	120.25	15.81
Polttoaine	0.24	0.61	1.51	3.70	4.32	0.17	0.96	1.89	0.52	7.42	0.98

SYVARI

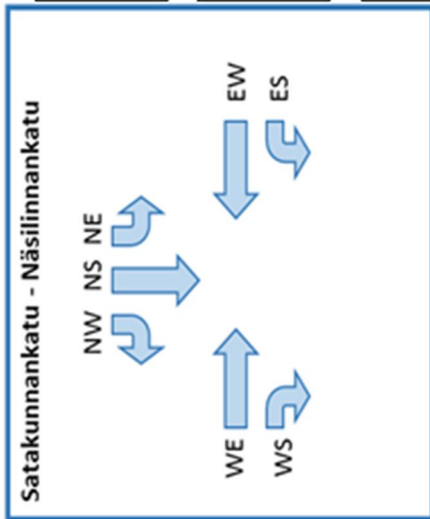
LIITE B IMFLOW AHT HÄMEENPUISTO – SATAKUNNANKATU (306)



Ajoneuvomäärät (kpl)											
	EN	ES	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	33	38	177	217	317	11	97	220	20	527	63
Rekat	1	1	4	4	6	0	2	4	0	9	2
Bussit	0	1	0	0	6	0	2	6	4	0	4
Jalankulkijat	0	0	154	0	200	0	0	198	0	165	0
Keskimääräiset viiveet (s)											
Henkilöautot	14.4	20.3	12.8	40.4	27.8	29.8	16.4	13.9	40.6	27.8	31.5
Rekat	3.1	5.5	20.2	31.9	27.2	31.1	8.9	14.4	7.7	23.5	34.2
Bussit	0.0	16.9	0.0	0.0	28.2	0.0	30.7	23.9	47.9	0.0	38.5
Jalankulkijat	27.5										
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)											
Henkilöautot	0.57	1.12	0.48	1.01	0.83	1.01	0.69	0.49	1.91	0.79	1.11
Rekat	0.14	0.24	0.57	0.80	0.75	0.71	0.29	0.38	0.57	0.71	1.26
Bussit	0.00	0.50	0.00	0.00	0.48	0.00	0.71	0.52	1.76	0.00	0.82
Jalankulkijat	1.00										
Keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)											
Henkilöautot	10.2	12.6	8.9	31.9	20.1	20.3	10.1	9.5	28.6	20.7	22.5
Rekat	1.2	1.9	13.9	22.9	18.0	24.9	4.5	9.5	3.8	15.0	22.3
Bussit	0.0	7.8	0.0	0.0	10.2	0.0	8.1	3.0	14.8	0.0	17.9
Jalankulkijat	-										
Ajoaikaisten jonopituudet (m)											
Keskimääräiset	3.4	3.4	3.4	23.5	23.5	23.5	5.0	5.0	5.0	15.3	15.3
Maksimi	33.4	33.4	33.4	124.5	124.5	124.5	56.4	56.4	56.4	92.6	92.6
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)											
CO	19.96	36.86	119.52	279.41	327.63	12.04	71.91	150.76	37.91	541.99	73.23
NOx	3.88	7.17	23.25	54.36	63.74	2.34	13.99	29.33	7.37	105.45	14.25
VOC	4.63	8.54	27.70	64.76	75.93	2.79	16.67	34.94	8.78	125.61	16.97
Polttoaine	0.29	0.53	1.71	4.00	4.69	0.17	1.03	2.16	0.54	7.75	1.05

ImFlow

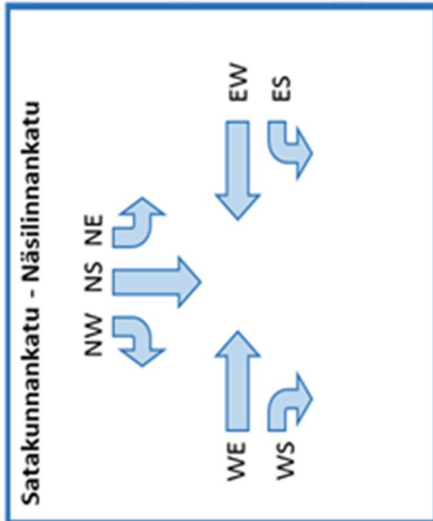
LIITE C SYVARI AHT SATAKUNNANKATU – NÄSILINNANKATU (305)



Ajoneuvomäärät (kp/l)		ES	EW	NE	NS	NW	SN	WE	WS
Henkilöautot		102	218	30	28	33	0	662	181
Rekat		2	3	1	1	1	0	14	3
Bussit		3	2	0	0	0	0	1	0
Jalankulkijat		0	161	0	74	0	77	163	0
Keskimääräiset viiveet (s)									
Henkilöautot		47.4	6.6	37.6	39.4	41.3	0.0	6.5	12.5
Rekat		42.5	4.6	28.3	11.6	32.2	0.0	4.9	10.6
Bussit		20.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0
Jalankulkijat		18.0							
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kp/ajon)									
Henkilöautot		1.00	0.40	0.83	0.86	1.33	0.00	0.22	0.66
Rekat		0.92	0.22	0.43	0.36	0.83	0.00	0.12	0.69
Bussit		0.72	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00
Jalankulkijat		0.57							
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)									
Henkilöautot		40.7	3.3	32.3	33.9	33.7	0.0	3.2	6.7
Rekat		34.5	1.2	24.8	8.3	25.2	0.0	1.7	3.0
Bussit		11.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
Jalankulkijat		-							
Ajo kaistojen jonopituudet (m)									
Keskimääräiset		8.6	8.6	4.5	4.5	4.5	-	5.2	5.2
Maksimi		47.9	47.9	28.0	28.0	28.0	-	69.3	69.3
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)									
CO		127.90	100.41	32.34	30.56	42.31	-	259.15	104.73
NOx		24.88	19.54	6.29	5.95	8.23	-	50.42	20.38
VOC		29.64	23.27	7.49	7.08	9.81	-	60.06	24.27
Polttoaine		1.83	1.44	0.46	0.44	0.61	-	3.71	1.50

SYVARI

LIITE D IMFLOW AHT SATAKUNNANKATU – NÄSILINNANKATU (305)



Ajoneuvomäärät (kp/l)		ES	EW	NE	NS	NW	SN	WE	WS
Henkilöautot		103	217	30	28	33	0	659	180
Rekat		2	5	1	1	1	0	13	2
Bussit		3	2	0	0	0	0	2	0
Jalankulkijat		0	162	0	74	0	77	164	0
Keskimääräiset viiveet (s)									
Henkilöautot		34.1	2.4	27.8	30.3	36.1	0.0	6.7	12.5
Rekat		29.3	2.3	23.5	11.1	19.9	0.0	7.1	9.3
Bussit		7.4	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0
Jalankulkijat					14.6				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kp/ajon)									
Henkilöautot		0.81	0.13	0.65	0.72	1.17	0.00	0.25	0.68
Rekat		0.60	0.08	0.57	0.43	0.69	0.00	0.21	0.68
Bussit		0.24	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00
Jalankulkijat					0.43				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)									
Henkilöautot		28.7	1.1	23.5	25.6	29.5	0.0	3.0	6.2
Rekat		23.3	0.8	18.7	7.3	14.9	0.0	3.0	4.0
Bussit		1.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0
Jalankulkijat					-				
Ajo kaistojen jonopituudet (m)									
Keskimääräiset		5.8	5.8	3.6	3.6	3.6	-	5.7	5.7
Maksimi		39.2	39.2	25.5	25.5	25.5	-	88.2	88.2
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)									
CO		101.48	69.35	26.25	26.65	37.48	-	267.19	105.03
NOx		19.74	13.49	5.11	5.19	7.29	-	51.98	20.43
VOC		23.52	16.07	6.08	6.18	8.69	-	61.92	24.34
Polttoaine		1.45	0.99	0.38	0.38	0.54	-	3.82	1.50

ImFlow

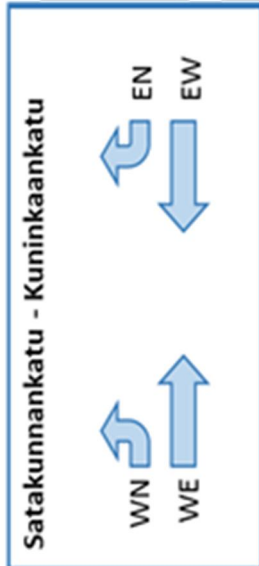
LIITE E SYVARI AHT SATAKUNNANKATU – KUNINKAANKATU
(304)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	EW	NS	SN	WE	WN
Henkilöautot	134	319	0	0	588	102
Rekat	3	6	0	0	13	1
Bussit	0	5	0	0	2	0
Jalankulkijat	0	163	157	149	160	0
Keskimääräiset viiveet (s)						
Henkilöautot	10.7	7.9	0.0	0.0	9.6	44.6
Rekat	12.1	9.8	0.0	0.0	10.8	50.2
Bussit	0.0	18.4	0.0	0.0	18.5	0.0
Jalankulkijat				19.8		
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)						
Henkilöautot	0.48	0.25	0.00	0.00	0.43	0.97
Rekat	0.65	0.32	0.00	0.00	0.45	0.93
Bussit	0.00	0.20	0.00	0.00	0.29	0.00
Jalankulkijat				0.49		
keskimääräiset pysähtymisaajat (s/ajon)						
Henkilöautot	6.1	5.0	0.0	0.0	4.6	37.7
Rekat	5.9	5.7	0.0	0.0	4.0	40.6
Bussit	0.0	3.1	0.0	0.0	3.2	0.0
Jalankulkijat				-		
Ajo kaistojen jonopituudet (m)						
Keskimääräiset	3.9	3.9	-	-	10.3	10.3
Maksimi	58.7	58.7	-	-	63.0	63.0
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)						
CO	76.75	155.63	-	-	309.16	121.13
NOx	14.94	30.28	-	-	60.15	23.57
VOC	17.79	36.07	-	-	71.65	28.07
Polttoaine	1.10	2.23	-	-	4.42	1.73

SYVARI

LIITE F IMFLOW AHT SATAKUNNANKATU – KUNINKAANKATU
(304)



Ajoneuvomäärät (kpl)						
	EN	EW	NS	SN	WE	WN
Henkilöautot	135	319	0	0	591	100
Rekat	3	7	0	0	11	2
Bussit	0	5	0	0	2	0
Jalankulkijat	0	164	157	150	160	0
Keskimääräiset viiveet (s)						
Henkilöautot	12.9	10.2	0.0	0.0	4.4	39.1
Rekat	7.8	12.1	0.0	0.0	3.7	36.0
Bussit	0.0	18.2	0.0	0.0	15.2	0.0
Jalankulkijat				18.6		
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)						
Henkilöautot	0.56	0.38	0.00	0.00	0.20	0.94
Rekat	0.27	0.42	0.00	0.00	0.15	0.81
Bussit	0.00	0.17	0.00	0.00	0.14	0.00
Jalankulkijat				0.49		
keskimääräiset pysähtymisaajat (s/ajon)						
Henkilöautot	7.1	5.9	0.0	0.0	2.1	32.7
Rekat	3.6	6.7	0.0	0.0	1.5	28.3
Bussit	0.0	1.1	0.0	0.0	0.8	0.0
Jalankulkijat				-		
Ajo kaistojen jonopituudet (m)						
Keskimääräiset	4.9	4.9	-	-	7.6	7.6
Maksimi	75.5	75.5	-	-	51.2	51.2
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)						
CO	84.90	178.68	-	-	222.92	109.75
NOx	16.52	34.76	-	-	43.37	21.35
VOC	19.67	41.41	-	-	51.66	25.44
Polttoaine	1.22	2.56	-	-	3.19	1.57

ImFlow

LIITE G SYVARI AHT SATAKUNNANKATU – ALEKSIS KIVEN KATU (303)



Ajoneuvomäärät (kp/l)	ES	EW	NS	SE	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	160	424	0	80	0	31	462	125
Rekat	3	9	0	2	0	1	9	3
Bussit	0	5	0	3	0	0	2	0
Jalankulkijat	0	166	76	0	76	0	154	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	27.7	10.2	0.0	8.5	0.0	28.8	6.4	8.3
Rekat	24.7	8.8	0.0	5.7	0.0	14.6	4.2	5.2
Bussit	0.0	18.6	0.0	6.8	0.0	0.0	19.1	0.0
Jalankulkijat				24.3				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kp/ajon)								
Henkilöautot	0.65	0.34	0.00	0.35	0.00	1.14	0.15	0.35
Rekat	0.52	0.35	0.00	0.36	0.00	0.57	0.13	0.14
Bussit	0.00	0.69	0.00	0.28	0.00	0.00	0.41	0.00
Jalankulkijat				0.58				
keskimääräiset pysähtymisaajat (s/ajon)								
Henkilöautot	22.2	6.7	0.0	6.2	0.0	21.6	4.6	4.8
Rekat	17.7	4.6	0.0	3.0	0.0	9.3	2.0	1.3
Bussit	0.0	9.2	0.0	2.5	0.0	0.0	11.5	0.0
Jalankulkijat				-				
Ajo kaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	12.5	12.5	-	2.0	-	2.0	4.8	4.8
Maksimi	98.6	98.6	-	26.1	-	26.1	51.2	51.2
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)								
CO	138.25	227.95	-	38.85	-	32.20	193.67	58.32
NOx	26.90	44.35	-	7.56	-	6.26	37.68	11.35
VOC	32.04	52.83	-	9.00	-	7.46	44.89	13.52
Polttoaine	1.98	3.26	-	0.56	-	0.46	2.77	0.83

SYVARI

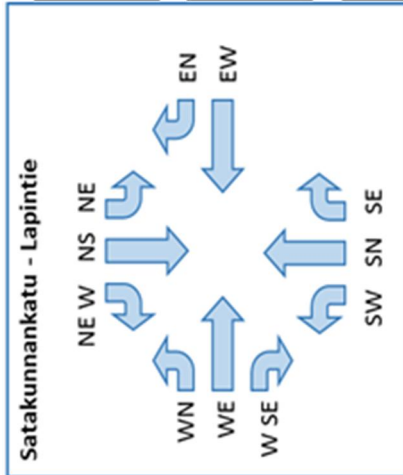
LIITE H IMFLOW AHT SATAKUNNANKATU – ALEKSIS KIVEN KATU (303)



Ajoneuvomäärät (kpl)	ES	EW	NS	SE	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	159	423	0	81	0	31	465	127
Rekat	3	9	0	2	0	1	9	3
Bussit	0	5	0	3	0	0	2	0
Jalankulkijat	0	166	76	0	76	0	155	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	28.1	7.1	0.0	19.8	0.0	34.5	9.7	12.4
Rekat	24.1	6.3	0.0	15.3	0.0	8.9	9.1	7.1
Bussit	0.0	8.8	0.0	24.9	0.0	0.0	15.0	0.0
Jalankulkijat				13.8				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)								
Henkilöautot	0.88	0.32	0.00	0.65	0.00	1.22	0.37	0.74
Rekat	0.69	0.23	0.00	0.55	0.00	0.43	0.33	0.41
Bussit	0.00	0.34	0.00	0.52	0.00	0.00	0.43	0.00
Jalankulkijat				0.46				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	21.2	3.2	0.0	15.8	0.0	27.3	5.4	7.1
Rekat	16.7	2.3	0.0	10.0	0.0	5.1	4.3	3.0
Bussit	0.0	3.0	0.0	18.0	0.0	0.0	5.3	0.0
Jalankulkijat				-				
Ajo kaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	10.9	10.9	-	3.8	-	3.8	7.6	7.6
Maksimi	115.0	115.0	-	34.5	-	34.5	105.2	105.2
Ilmastopäästöt ja polttoainekulutus (g/gal)								
CO	148.77	204.36	-	61.04	-	35.37	247.31	82.04
NOx	28.95	39.76	-	11.88	-	6.88	48.12	15.96
VOC	34.48	47.36	-	14.15	-	8.20	57.32	19.01
Polttoaine	2.13	2.92	-	0.87	-	0.51	3.54	1.17

ImFlow

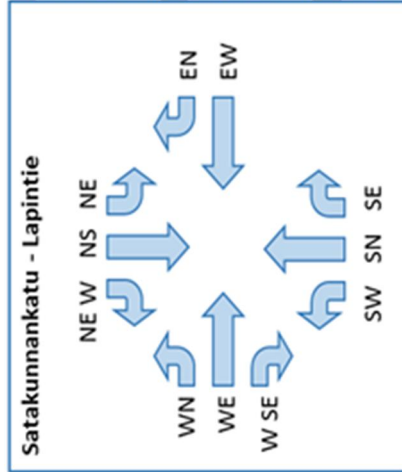
LIITE I SYVARI AHT SATAKUNNANKATU – LAPINTIE (301)



Ajoneuvomäärät (kpl)												
	EN	EW	NE	NS	SE	SN	SW	WE	WN	NEW	WSE	94
Henkilöautot	19	359	29	87	9	83	58	345	103	167	167	94
Rekat	0	7	1	2	0	1	1	8	2	4	4	2
Bussit	0	2	0	0	0	0	0	2	3	3	0	0
Jalankulkijat	0	107	0	156	0	158	0	93	0	0	0	0
Keskimääräiset viiveet (s)												
Henkilöautot	23.3	21.8	45.2	34.5	31.1	29.3	45.2	2.8	5.5	35.6	35.6	3.3
Rekat	7.2	24.6	33.4	31.1	0.0	27.0	32.4	4.4	2.4	31.0	31.0	1.9
Bussit	0.0	51.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	15.8	51.8	51.8	0.0
Jalankulkijat	29.2											
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)												
Henkilöautot	0.91	0.67	1.74	0.84	1.26	0.76	2.06	0.09	0.27	0.90	0.90	0.14
Rekat	0.14	0.73	1.29	0.79	0.00	0.79	1.21	0.13	0.08	1.01	1.01	0.11
Bussit	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.81	0.91	0.91	0.00
Jalankulkijat	0.84											
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)												
Henkilöautot	16.2	16.1	34.8	28.6	23.0	23.6	30.9	1.3	2.7	29.2	29.2	1.5
Rekat	5.3	17.4	24.6	24.0	0.0	17.9	21.7	2.4	0.4	22.1	22.1	0.6
Bussit	0.0	30.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	4.9	32.5	32.5	0.0
Jalankulkijat	-											
Ajoaistojen jonopituudet (m)												
Keskimääräiset	14.6	14.6	9.9	9.9	7.0	7.0	7.0	1.4	1.4	12.9	12.9	1.4
Maksimi	95.6	95.6	59.2	59.2	50.5	50.5	50.5	41.0	41.0	63.6	63.6	41.0
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)												
CO	16.78	309.00	21.79	44.08	9.22	75.95	92.61	139.51	51.82	182.86	182.86	35.07
NOx	3.26	60.12	4.24	8.58	1.79	14.77	18.02	27.14	10.08	35.58	35.58	6.82
VOC	3.89	71.61	5.05	10.22	2.14	17.60	21.46	32.33	12.01	42.38	42.38	8.13
Polttoaine	0.24	4.42	0.31	0.63	0.13	1.09	1.32	2.00	0.74	2.62	2.62	0.50

SYVARI

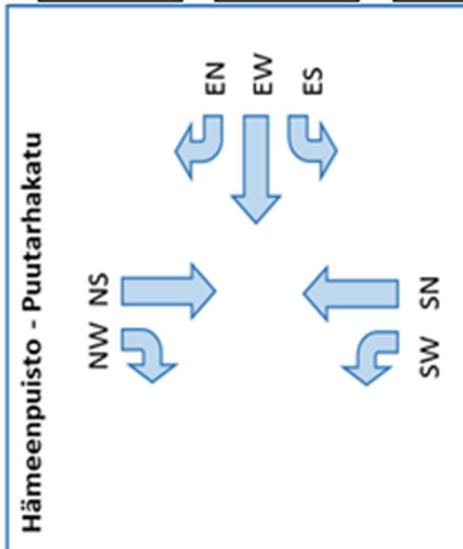
LIITE J IMFLOW AHT SATAKUNNANKATU – LAPINTIE (301)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	EW	NE	NS	SE	SN	SW	WE	WN	NEW	WSE
Henkilöautot	19	358	29	87	9	82	57	347	104	167	94
Rekat	0	7	1	2	0	1	1	7	2	4	2
Bussit	0	2	0	0	0	0	0	2	3	3	0
Jalankulkijat	0	107	0	155	0	157	0	94	0	0	0
Keskimääräiset viiveet (s)											
Henkilöautot	22.2	19.9	39.1	32.2	36.1	31.7	42.5	5.9	10.6	29.7	6.3
Rekat	8.3	23.9	17.4	32.4	0.0	24.7	15.3	5.3	10.3	38.1	2.2
Bussit	0.0	32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.3	14.9	52.4	0.0
Jalankulkijat						27.5					
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)											
Henkilöautot	1.07	0.66	1.53	0.84	1.35	0.84	1.66	0.23	0.59	0.83	0.30
Rekat	0.29	0.73	0.71	0.71	0.00	0.79	0.64	0.18	0.45	0.83	0.05
Bussit	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.67	1.00	0.00
Jalankulkijat						0.88					
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)											
Henkilöautot	14.8	14.2	29.8	26.2	27.5	25.3	29.5	2.2	4.6	23.5	2.3
Rekat	6.1	16.5	10.6	25.8	0.0	14.7	6.9	2.0	4.6	30.4	0.8
Bussit	0.0	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	5.7	32.8	0.0
Jalankulkijat						-					
Ajoaistojen jonopituudet (m)											
Keskimääräiset	13.0	13.0	9.3	9.3	7.8	7.8	7.8	4.0	4.0	11.8	4.0
Maksimi	96.7	96.7	65.9	65.9	52.0	52.0	52.0	92.2	92.2	69.2	92.2
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)											
CO	17.33	297.27	19.30	42.95	10.35	80.76	81.71	171.13	69.98	165.71	43.60
NOx	3.37	57.84	3.76	8.36	2.02	15.71	15.90	33.30	13.62	32.24	8.48
VOC	4.02	68.89	4.47	9.95	2.40	18.72	18.94	39.66	16.22	38.40	10.10
Polttoaine	0.25	4.25	0.28	0.61	0.15	1.15	1.17	2.45	1.00	2.37	0.62

ImFlow

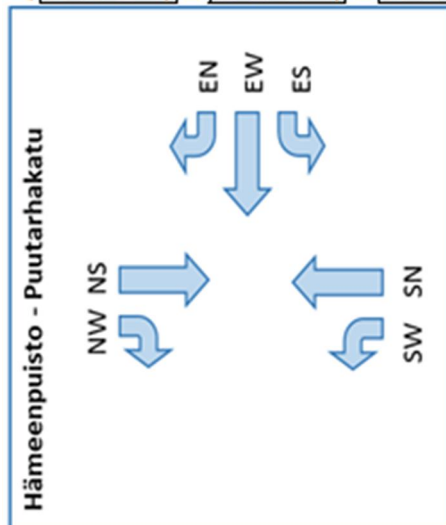
LIITE K SYVARI AHT HÄMEENPUISTO – PUUTARHAKATU (216)



Ajoneuvomäärät (kp/l)										
	EN	ES	EW	NS	NW	SN	SW	WE		
Henkilöautot	21	31	14	403	14	318	9	0		
Rekat	0	1	0	8	0	5	0	0		
Bussit	0	0	0	12	0	12	0	0		
Jalankulkijat	0	0	117	196	0	204	0	120		
Keskimääräiset viiveet (s)										
Henkilöautot	14.4	13.4	9.9	7.1	11.2	9.3	23.3	0.0		
Rekat	1.7	20.4	5.5	9.7	1.7	11.0	4.4	0.0		
Bussit	0.0	0.0	0.0	18.5	0.0	4.9	0.0	0.0		
Jalankulkijat	14.9									
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kp/ajon)										
Henkilöautot	1.07	0.63	0.53	0.32	0.69	0.53	1.71	0.00		
Rekat	0.10	0.86	0.14	0.33	0.00	0.39	0.14	0.00		
Bussit	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.00		
Jalankulkijat	0.97									
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)										
Henkilöautot	8.6	7.2	5.3	2.5	5.4	3.5	11.9	0.0		
Rekat	0.8	12.1	3.4	3.2	0.0	2.0	2.8	0.0		
Bussit	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.2	0.0	0.0		
Jalankulkijat	-									
Ajoaistojen jonopituudet (m)										
Keskimääräiset	0.8	0.8	0.8	2.7	2.7	2.4	2.4	-		
Maksimi	15.4	15.4	15.4	49.8	49.8	50.2	50.2	-		
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)										
CO	16.93	22.75	9.45	198.74	8.80	182.31	10.53	-		
NOx	3.29	4.43	1.84	38.67	1.71	35.47	2.05	-		
VOC	3.92	5.27	2.19	46.06	2.04	42.25	2.44	-		
Polttoaine	0.24	0.33	0.14	2.84	0.13	2.61	0.15	-		

SYVARI

LIITE L IMFLOW AHT HÄMEENPUISTO – PUUTARHAKATU (216)



Ajoneuvomäärät (kpl)										
	EN	ES	EW	NS	NW	SN	SW	WE		
Henkilöautot	21	31	14	404	15	317	9	0		
Rekat	0	1	0	8	0	6	0	0		
Bussit	0	0	0	12	0	12	0	0		
Jalankulkijat	0	0	117	195	0	206	0	121		
Keskimääräiset viiveet (s)										
Henkilöautot	28.3	33.3	29.2	3.5	6.0	2.7	24.2	0.0		
Rekat	6.2	20.7	2.0	4.3	1.3	5.1	5.9	0.0		
Bussit	0.0	0.0	0.0	16.6	0.0	2.3	0.0	0.0		
Jalankulkijat				19.6						
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)										
Henkilöautot	1.62	1.06	0.96	0.18	0.36	0.11	1.17	0.00		
Rekat	0.29	0.57	0.14	0.17	0.00	0.21	0.29	0.00		
Bussit	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.07	0.00	0.00		
Jalankulkijat				0.78						
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)										
Henkilöautot	19.8	24.4	22.0	1.1	2.3	0.6	17.0	0.0		
Rekat	3.1	14.2	0.3	1.1	0.0	1.9	3.4	0.0		
Bussit	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.2	0.0	0.0		
Jalankulkijat				-						
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)										
Keskimääräiset	2.0	2.0	2.0	1.2	1.2	0.5	0.5	-		
Maksimi	20.5	20.5	20.5	37.2	37.2	28.5	28.5	-		
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)										
CO	24.15	36.62	14.67	158.77	6.69	110.86	9.59	-		
NOx	4.70	7.12	2.85	30.89	1.30	21.57	1.87	-		
VOC	5.60	8.49	3.40	36.80	1.55	25.69	2.22	-		
Polttoaine	0.35	0.52	0.21	2.27	0.10	1.59	0.14	-		

ImFlow

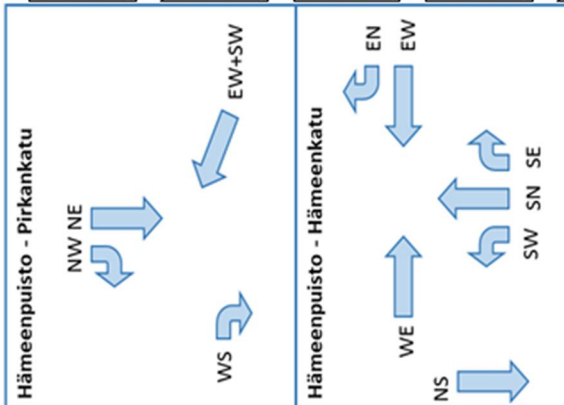
LIITE M SYVARI AHT HÄMEENPUISTO – PIRKANKATU – HÄMEENKATU (209 – 211)

Hämeenpuisto - Pirkankatu		EN	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WN	WS	NWS	SNW
Ajoneuvomäärät (kpl)		10	94	122	292	23	24	317	185	548	0	251	0	0
Henkiliöautot		0	2	2	6	0	1	6	4	11	0	6	0	0
Rekat		10	46	10	2	0	0	2	0	46	0	0	0	0
Bussit		161	122	41	0	150	0	0	0	256	43	0	25	23
Jalankulkijat														
Keskimääräiset viiveet (s)		27.8	15.9	58.8	40.4	42.3	49.5	47.7	78.1	16.9	0.0	23.2	0.0	0.0
Henkiliöautot		0.0	22.3	46.9	36.4	17.5	21.3	54.3	87.0	15.2	0.0	21.3	0.0	0.0
Rekat		29.5	29.1	38.1	22.0	0.0	0.0	41.1	0.0	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Bussit														
Jalankulkijat								34.7						
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)		1.24	0.52	1.80	0.88	1.19	1.04	0.95	2.16	0.53	0.00	0.83	0.00	0.00
Henkiliöautot		0.00	0.75	1.27	0.75	0.43	0.43	0.98	1.96	0.38	0.00	0.73	0.00	0.00
Rekat		0.67	0.65	1.27	0.64	0.00	0.00	0.79	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
Bussit														
Jalankulkijat								1.15						
keskimääräiset pysähtymisaajat (s/ajon)		17.4	11.6	42.7	30.6	32.6	41.2	39.5	58.5	9.6	0.0	15.5	0.0	0.0
Henkiliöautot		0.0	14.5	31.2	24.3	15.3	16.4	42.8	65.1	8.5	0.0	11.7	0.0	0.0
Rekat		10.4	10.2	15.8	8.8	0.0	0.0	19.3	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Bussit														
Jalankulkijat														
Ajokaistojen jonopituudet (m)		5.3	5.3	19.4	19.4	19.4	37.5	37.5	37.5	14.2	-	14.2	-	-
Keskimääräiset		55.8	55.8	105.1	105.1	105.1	132.5	132.5	132.5	115.9	-	115.9	-	-
Maksimi														
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)		20.86	131.48	240.41	181.79	29.15	30.57	412.77	410.30	519.70	-	123.65	-	-
CO		4.06	25.58	46.77	35.37	5.67	5.95	80.31	79.83	101.12	-	24.06	-	-
NOx		4.84	30.47	55.72	42.13	6.76	7.08	95.66	95.09	120.45	-	28.66	-	-
VOC		0.30	1.88	3.44	2.60	0.42	0.44	5.91	5.87	7.44	-	1.77	-	-
Polttoaine														

SYVARI

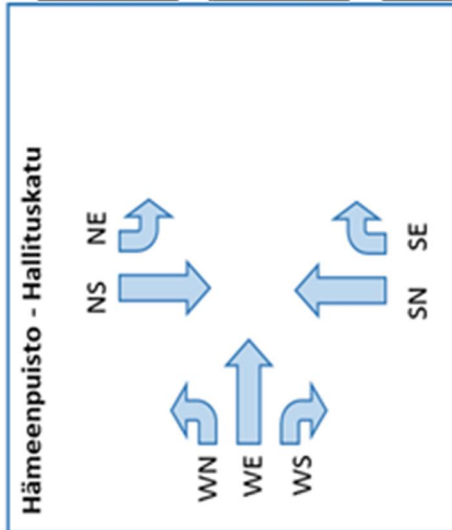
LIITE N IMFLOW AHT HÄMEENPUISTO – PIRKANKATU – HÄMEENKATU (209 – 211)

	EN	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WN	WS	NWS	SNW
Ajoneuvomäärät (kpl)													
Henkiliöautot	10	94	122	289	24	24	316	184	549	0	249	0	0
Rekat	0	2	2	6	0	1	6	4	11	0	6	0	0
Bussit	10	45	10	2	0	0	2	0	46	0	0	0	0
Jalankulkijat	160	122	40	0	151	0	0	0	255	43	0	25	23
Keskimääräiset viiveet (s)													
Henkiliöautot	20.8	18.1	52.2	37.1	40.3	36.7	35.0	57.7	19.5	0.0	31.7	0.0	0.0
Rekat	0.0	17.0	48.5	39.9	1.9	17.9	36.3	48.9	18.6	0.0	34.7	0.0	0.0
Bussit	29.1	28.7	53.4	42.3	0.0	0.0	21.7	0.0	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat							27.1						
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)													
Henkiliöautot	1.00	0.62	1.95	1.05	1.48	1.04	0.94	1.92	0.63	0.00	1.35	0.00	0.00
Rekat	0.00	0.43	1.58	1.16	0.14	0.50	1.05	1.27	0.56	0.00	1.39	0.00	0.00
Bussit	0.73	0.76	1.52	1.14	0.00	0.00	0.50	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat							1.12						
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)													
Henkiliöautot	11.9	13.3	35.6	26.6	29.3	28.6	27.2	39.8	10.8	0.0	19.5	0.0	0.0
Rekat	0.0	10.5	31.5	25.4	0.4	11.5	24.7	30.4	9.3	0.0	18.8	0.0	0.0
Bussit	9.3	8.2	29.4	24.4	0.0	0.0	2.5	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat							-						
Ajoaistojen jonopituudet (m)													
Keskimääräiset	5.9	5.9	17.2	17.2	17.2	24.7	24.7	24.7	17.0	-	17.0	-	-
Maksimi	53.0	53.0	92.8	92.8	92.8	130.7	130.7	130.7	130.1	-	130.1	-	-
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)													
CO	18.97	138.66	237.05	181.87	30.21	25.58	350.98	339.04	555.96	-	157.83	-	-
NOx	3.69	26.98	46.12	35.38	5.88	4.98	68.29	65.97	108.17	-	30.71	-	-
VOC	4.40	32.13	54.94	42.15	7.00	5.93	81.35	78.57	128.85	-	36.58	-	-
Polttoaine	0.27	1.98	3.39	2.60	0.43	0.37	5.02	4.85	7.95	-	2.26	-	-



ImFlow

LIITE O SYVARI AHT HÄMEENPUISTO – HALLITUSKATU (134)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EW	NE	NS	SE	SN	WE	WN	WS
Henkilöautot	0	72	471	88	447	148	79	69
Rekat	0	3	10	2	9	3	1	1
Bussit	0	0	2	0	2	0	0	0
Jalankulkijat	121	0	163	0	166	125	0	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	0.0	23.8	5.4	11.4	14.3	53.0	28.0	52.9
Rekat	0.0	25.5	5.5	9.0	14.4	33.9	30.2	33.7
Bussit	0.0	0.0	26.5	0.0	14.3	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat				15.9				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)								
Henkilöautot	0.00	1.28	0.31	0.90	0.74	1.70	1.15	2.03
Rekat	0.00	1.15	0.22	0.45	0.59	1.16	1.29	1.29
Bussit	0.00	0.00	0.71	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat				0.93				
keskimääräiset pysähtymisaajat (s/ajon)								
Henkilöautot	0.0	14.6	2.1	5.2	7.4	38.4	19.4	38.5
Rekat	0.0	14.9	1.3	3.3	5.4	21.8	18.1	22.7
Bussit	0.0	0.0	6.9	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat								
Ajo kaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	-	4.4	4.4	9.2	9.2	20.6	20.6	20.6
Maksimi	-	106.1	106.1	106.1	106.1	97.8	97.8	97.8
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)								
CO	-	75.67	183.72	60.15	318.37	243.74	87.72	113.14
NOx	-	14.72	35.74	11.70	61.94	47.42	17.07	22.01
VOC	-	17.54	42.58	13.94	73.79	56.49	20.33	26.22
Polttoaine	-	1.08	2.63	0.86	4.56	3.49	1.26	1.62

SYVARI

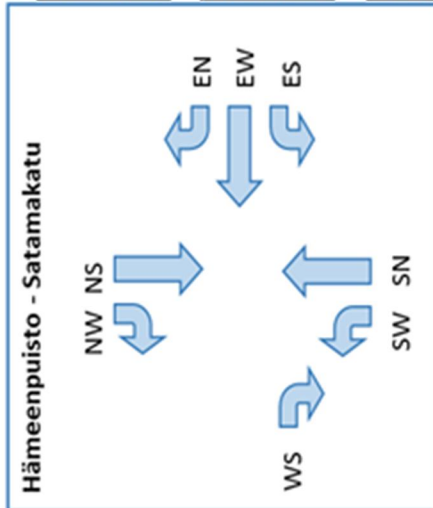
LIITE P IMFLOW AHT HÄMEENPUISTO – HALLITUSKATU (134)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EW	NE	NS	SE	SN	WE	WN	WS
Henkilöautot	0	72	468	89	446	147	80	69
Rekat	0	2	10	1	9	3	1	1
Bussit	0	0	2	0	2	0	0	0
Jalankulkijat	122	0	164	0	167	125	0	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	0.0	40.3	7.8	8.4	8.0	39.4	31.2	41.1
Rekat	0.0	28.8	8.0	4.3	7.6	39.4	31.7	33.4
Bussit	0.0	0.0	21.7	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat				31.9				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)								
Henkilöautot	0.00	1.47	0.38	0.61	0.37	1.03	0.89	1.35
Rekat	0.00	1.12	0.33	0.36	0.31	0.97	0.71	1.29
Bussit	0.00	0.00	0.29	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat				0.96				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	0.0	30.1	3.9	4.4	4.5	30.1	23.7	31.0
Rekat	0.0	19.1	3.5	0.9	3.4	27.7	21.2	23.4
Bussit	0.0	0.0	5.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat								
Ajoaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	-	7.7	7.7	5.8	5.8	15.0	15.0	15.0
Maksimi	-	118.4	118.4	99.3	99.3	75.7	75.7	75.7
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)								
CO	-	96.09	207.31	48.72	226.61	182.16	85.77	87.01
NOx	-	18.69	40.34	9.48	44.09	35.44	16.69	16.93
VOC	-	22.27	48.05	11.29	52.52	42.22	19.88	20.17
Polttoaine	-	1.37	2.97	0.70	3.24	2.61	1.23	1.24

ImFlow

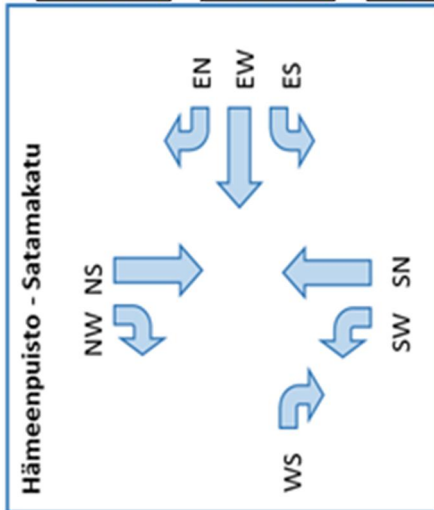
LIITE Q SYVARI AHT HÄMEENPUISTO – SATAMAKATU (133)



Ajoneuvomäärät (kpl)									
	EN	ES	EW	NS	NW	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	63	38	73	522	18	470	336	0	677
Rekat	2	1	1	11	0	9	8	0	14
Bussit	0	0	2	2	0	2	0	0	2
Jalankulkijat	0	0	120	160	0	170	0	115	0
Keskimääräiset viiveet (s)									
Henkilöautot	45.8	38.3	36.1	23.3	25.7	0.9	12.4	0.0	15.6
Rekat	28.1	36.3	14.1	23.5	2.7	1.3	13.7	0.0	15.3
Bussit	0.0	0.0	57.0	43.0	0.0	10.0	0.0	0.0	17.9
Jalankulkijat	26.8								
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)									
Henkilöautot	1.29	0.89	0.83	0.67	0.89	0.03	0.34	0.00	0.59
Rekat	0.67	1.00	0.43	0.59	0.14	0.02	0.36	0.00	0.54
Bussit	0.00	0.00	0.71	0.86	0.00	0.14	0.00	0.00	0.71
Jalankulkijat	0.76								
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)									
Henkilöautot	37.1	31.1	30.5	17.3	19.1	0.2	8.7	0.0	5.9
Rekat	20.2	27.5	9.6	16.0	1.2	0.1	9.6	0.0	5.9
Bussit	0.0	0.0	47.8	30.0	0.0	0.1	0.0	0.0	2.3
Jalankulkijat	-								
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)									
Keskimääräiset	8.3	8.3	8.3	13.3	13.3	5.4	5.4	-	14.7
Maksimi	38.3	38.3	38.3	75.4	75.4	55.9	55.9	-	146.7
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)									
CO	84.27	45.76	85.73	431.49	15.89	144.31	217.88	-	452.19
NOx	16.40	8.90	16.68	83.95	3.09	28.08	42.39	-	87.98
VOC	19.53	10.60	19.87	100.00	3.68	33.44	50.50	-	104.80
Polttoaine	1.21	0.65	1.23	6.17	0.22	2.06	3.12	-	6.47

SYVARI

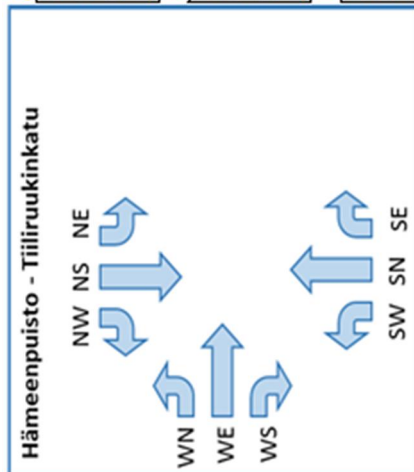
LIITE R IMFLOW AHT HÄMEENPUISTO – SATAMAKATU (133)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	ES	EW	NS	NW	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	63	38	73	515	17	472	339	0	679
Rekat	2	1	1	11	0	9	8	0	14
Bussit	0	0	2	2	0	2	0	0	2
Jalankulkijat	0	0	123	160	0	169	0	116	0
Keskimääräiset viiveet (s)									
Henkilöautot	52.4	33.3	32.7	26.1	26.9	3.7	18.4	0.0	17.9
Rekat	36.1	26.1	30.8	33.1	3.9	4.8	17.2	0.0	18.4
Bussit	0.0	0.0	39.8	32.5	0.0	13.9	0.0	0.0	12.5
Jalankulkijat					38.9				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)									
Henkilöautot	1.46	0.88	0.84	0.75	0.89	0.18	0.59	0.00	0.61
Rekat	0.76	0.64	0.64	0.82	0.14	0.19	0.56	0.00	0.59
Bussit	0.00	0.00	0.79	0.64	0.00	0.29	0.00	0.00	0.29
Jalankulkijat					1.08				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)									
Henkilöautot	43.1	26.8	26.9	20.0	20.5	1.3	12.4	0.0	8.5
Rekat	28.0	19.1	24.0	24.0	1.6	1.2	10.8	0.0	8.0
Bussit	0.0	0.0	28.3	21.2	0.0	1.2	0.0	0.0	1.8
Jalankulkijat					-				
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)									
Keskimääräiset	8.6	8.6	8.6	14.5	14.5	8.4	8.4	-	20.8
Maksimi	37.0	37.0	37.0	71.1	71.1	80.4	80.4	-	166.2
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)									
CO	92.24	42.76	82.57	462.26	16.20	186.33	274.55	-	481.08
NOx	17.95	8.32	16.07	89.94	3.15	36.25	53.42	-	93.60
VOC	21.38	9.91	19.14	107.13	3.75	43.18	63.63	-	111.49
Polttoaine	1.32	0.61	1.18	6.61	0.23	2.67	3.93	-	6.88

ImFlow

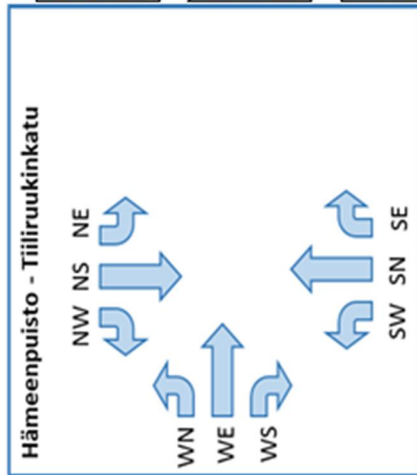
LIITE S SYVARI AHT HÄMEENPUISTO – TIILIRUUKINKATU (132)



Ajoneuvomäärät (kpl)										
	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WN	WS
Henkilöautot	0	54	1156	28	99	787	95	11	19	49
Rekat	0	2	23	0	3	17	1	0	0	1
Bussit	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0
Jalankulkijat	121	0	158	0	0	167	0	122	0	0
Keskimääräiset viiveet (s)										
Henkilöautot	0.0	53.3	7.9	9.1	8.9	7.1	51.9	38.8	36.4	37.4
Rekat	0.0	40.8	7.7	6.2	5.2	7.2	43.3	0.0	7.6	27.6
Bussit	0.0	42.5	13.7	0.0	0.0	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat						40.4				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)										
Henkilöautot	0.00	1.39	0.38	0.47	0.50	0.30	1.51	0.88	0.81	1.22
Rekat	0.00	0.93	0.31	0.29	0.18	0.31	1.29	0.00	0.21	0.79
Bussit	0.00	1.14	0.07	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat						0.97				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)										
Henkilöautot	0.0	42.0	3.0	3.5	3.9	3.3	42.0	32.0	29.0	29.4
Rekat	0.0	31.1	2.0	3.5	1.2	3.0	33.3	0.0	4.8	20.4
Bussit	0.0	19.6	0.2	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat										
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)										
Keskimääräiset	-	8.6	8.6	8.6	7.1	7.1	7.1	4.4	4.4	4.4
Maksimi	-	94.2	94.2	94.2	82.3	82.3	82.3	36.8	36.8	36.8
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)										
CO	-	87.69	574.58	14.70	52.51	363.29	147.41	12.67	21.39	57.45
NOx	-	17.06	111.79	2.86	10.22	70.68	28.68	2.47	4.16	11.18
VOC	-	20.33	133.16	3.41	12.17	84.20	34.16	2.94	4.96	13.32
Polttoaine	-	1.26	8.22	0.21	0.75	5.20	2.11	0.18	0.31	0.82

SYVARI

LIITE T IMFLOW AHT HÄMEENPUISTO – TIILIRUUKINKATU (132)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WN	WS
Henkilöautot	0	55	1155	26	100	788	94	11	18	49
Rekat	0	1	23	1	2	16	2	0	0	1
Bussit	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0
Jalankulkijat	120	0	158	0	0	168	0	121	0	0
Keskimääräiset viiveet (s)										
Henkilöautot	0.0	37.8	4.8	5.5	7.6	6.2	38.9	62.3	38.6	42.0
Rekat	0.0	44.8	5.1	4.4	11.0	5.7	27.4	0.0	20.5	36.9
Bussit	0.0	66.2	16.6	0.0	0.0	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat						27.7				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)										
Henkilöautot	0.00	1.29	0.22	0.27	0.45	0.29	1.37	1.45	1.07	1.38
Rekat	0.00	1.43	0.21	0.23	0.55	0.25	1.16	0.00	0.36	1.02
Bussit	0.00	1.55	0.21	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat						0.91				
keskimääräiset pysähtymisaajat (s/ajon)										
Henkilöautot	0.0	27.9	1.7	1.9	3.0	2.5	29.1	52.4	30.1	33.3
Rekat	0.0	31.8	1.5	2.5	5.3	2.0	17.4	0.0	16.7	27.6
Bussit	0.0	36.4	1.5	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat										
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)										
Keskimääräiset	-	4.3	4.3	4.3	5.6	5.6	5.6	5.1	5.1	5.1
Maksimi	-	70.1	70.1	70.1	77.5	77.5	77.5	37.0	37.0	37.0
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)										
CO	-	75.02	467.00	11.44	49.50	350.31	125.64	17.76	23.00	62.93
NOx	-	14.60	90.86	2.22	9.63	68.16	24.44	3.46	4.47	12.25
VOC	-	17.39	108.23	2.65	11.47	81.19	29.12	4.12	5.33	14.58
Polttoaine	-	1.07	6.68	0.16	0.71	5.01	1.80	0.25	0.33	0.90

ImFlow

LIITE U SYVARI PT HÄMEENPUISTO – SATAKUNNANKATU (306)



Ajoneuvomäärät (kp)	EN	ES	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	61	58	236	136	246	15	127	248	25	326	45
Rekat	0	1	6	3	4	0	3	4	0	6	1
Bussit	0	2	0	0	6	0	2	6	4	0	4
Jalankulkijat	0	0	154	0	199	0	0	198	0	165	0
Keskimääräiset viiveet (s)											
Henkilöautot	6.7	11.5	6.4	32.6	24.4	23.0	15.5	12.5	38.1	21.3	23.3
Rekat	0.1	4.7	6.7	29.3	36.1	0.0	15.7	6.8	14.2	19.9	25.1
Bussit	0.0	11.6	0.0	0.0	21.0	0.0	30.5	23.3	39.9	0.0	19.0
Jalankulkijat						22.6					
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kp/ajon)											
Henkilöautot	0.31	0.64	0.22	0.84	0.72	0.85	0.57	0.34	1.54	0.66	1.01
Rekat	0.00	0.31	0.22	0.74	0.86	0.00	0.61	0.14	0.57	0.62	0.71
Bussit	0.00	0.29	0.00	0.00	0.38	0.00	0.71	0.27	1.21	0.00	0.39
Jalankulkijat						0.83					
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)											
Henkilöautot	3.6	5.5	4.0	26.2	18.4	16.6	10.1	9.2	28.2	16.2	16.2
Rekat	0.0	1.2	3.4	21.9	27.1	0.0	5.9	3.9	9.5	13.3	15.6
Bussit	0.0	2.3	0.0	0.0	2.6	0.0	6.3	4.2	12.9	0.0	2.8
Jalankulkijat						-					
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)											
Keskimääräiset	2.1	2.1	2.1	14.1	14.1	14.1	5.5	5.5	5.5	6.8	6.8
Maksimi	36.3	36.3	36.3	84.3	84.3	84.3	59.7	59.7	59.7	45.0	45.0
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)											
CO	25.56	40.91	118.08	154.09	232.09	13.11	86.41	151.61	40.75	291.60	44.74
NOx	4.97	7.96	22.97	29.98	45.15	2.55	16.81	29.50	7.93	56.73	8.70
VOC	5.92	9.48	27.37	35.71	53.79	3.04	20.03	35.14	9.45	67.58	10.37
polttoaine	0.37	0.58	1.69	2.20	3.32	0.19	1.24	2.17	0.58	4.17	0.64

SYVARI

LIITE V IMFLOW PT HÄMEENPUISTO – SATAKUNNANKATU (306)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	ES	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	59	60	234	135	247	15	128	248	25	323	45
Rekat	1	1	5	3	4	0	2	5	0	6	1
Bussit	0	2	0	0	6	0	2	6	4	0	4
Jalankulkijat	0	0	154	0	199	0	0	198	0	164	0
Keskimääräiset viiveet (s)											
Henkilöautot	12.0	15.6	11.5	33.8	21.3	20.9	15.8	12.5	37.8	22.8	30.3
Rekat	12.1	12.8	18.9	26.7	26.3	0.0	9.9	14.6	7.5	23.6	28.5
Bussit	0.0	21.8	0.0	0.0	24.5	0.0	28.7	22.9	42.7	0.0	38.5
Jalankulkijat						25.5					
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)											
Henkilöautot	0.51	0.75	0.40	0.92	0.74	0.76	0.74	0.49	1.88	0.73	1.23
Rekat	0.50	0.45	0.65	0.72	0.83	0.00	0.55	0.48	0.43	0.59	1.00
Bussit	0.00	0.93	0.00	0.00	0.43	0.00	0.86	0.53	1.50	0.00	0.75
Jalankulkijat						1.03					
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)											
Henkilöautot	7.7	8.7	7.9	27.1	14.9	14.7	9.4	8.1	25.2	17.1	21.7
Rekat	7.0	7.4	12.2	17.8	16.8	0.0	3.9	8.2	2.9	15.6	20.6
Bussit	0.0	8.7	0.0	0.0	7.1	0.0	6.3	2.3	12.7	0.0	18.2
Jalankulkijat						-					
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)											
Keskimääräiset	4.3	4.3	4.3	13.3	13.3	13.3	5.6	5.6	5.6	8.6	8.6
Maksimi	42.7	42.7	42.7	97.3	97.3	97.3	50.3	50.3	50.3	50.4	50.4
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)											
CO	33.59	47.98	147.58	158.78	227.23	12.43	94.78	165.80	43.86	302.97	54.56
NOx	6.54	9.34	28.71	30.89	44.21	2.42	18.44	32.26	8.53	58.95	10.62
VOC	7.79	11.12	34.20	36.80	52.66	2.88	21.96	38.43	10.16	70.22	12.65
polttoaine	0.48	0.69	2.11	2.27	3.25	0.18	1.36	2.37	0.63	4.33	0.78

ImFlow

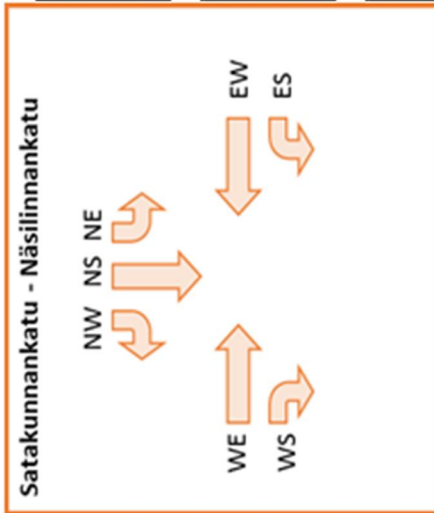
LIITE W SYVARI PT SATAKUNNANKATU – NÄSILINNANKATU (305)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	EW	NE	NS	NW	SN	WE	WS
Henkilöautot	101	332	28	46	24	0	484	105
Rekat	2	7	1	1	1	0	9	2
Bussit	3	2	0	0	0	0	2	0
Jalankulkijat	0	162	0	75	0	78	162	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	46.9	3.7	33.9	33.3	37.5	0.0	6.2	11.5
Rekat	41.8	4.5	13.0	20.2	20.4	0.0	6.3	9.5
Bussit	22.4	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0
Jalankulkijat				15.4				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)								
Henkilöautot	0.95	0.23	0.80	0.81	1.23	0.00	0.25	0.68
Rekat	0.89	0.21	0.43	0.43	0.62	0.00	0.26	0.55
Bussit	0.72	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00
Jalankulkijat				0.54				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	40.6	1.3	28.6	28.1	30.2	0.0	3.4	6.4
Rekat	33.4	1.6	9.3	16.4	14.6	0.0	2.7	4.7
Bussit	13.7	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
Jalankulkijat				-				
Ajokaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	8.3	8.3	4.5	4.5	4.5	-	3.5	3.5
Maksimi	47.4	47.4	31.2	31.2	31.2	-	36.3	36.3
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)								
CO	122.92	122.32	28.60	46.11	28.96	-	191.81	59.99
NOx	23.92	23.80	5.56	8.97	5.64	-	37.32	11.67
VOC	28.49	28.35	6.63	10.69	6.72	-	44.45	13.90
Polttoaine	1.76	1.75	0.41	0.66	0.41	-	2.75	0.86

SYVARI

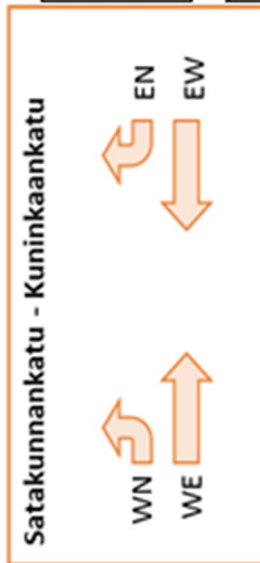
LIITE X IMFLOW PT SATAKUNNANKATU – NÄSILINNANKATU (305)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	EW	NE	NS	NW	SN	WE	WS
Henkilöautot	100	331	28	46	24	0	482	105
Rekat	2	6	1	1	1	0	9	2
Bussit	3	2	0	0	0	0	2	0
Jalankulkijat	0	161	0	73	0	77	163	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	40.6	2.2	32.1	34.5	39.4	0.0	5.9	10.6
Rekat	32.4	2.9	26.4	11.7	19.1	0.0	6.6	15.3
Bussit	7.9	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0
Jalankulkijat				16.7				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)								
Henkilöautot	0.96	0.12	0.81	0.82	1.31	0.00	0.27	0.65
Rekat	0.71	0.11	0.57	0.36	0.57	0.00	0.21	0.86
Bussit	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00
Jalankulkijat				0.52				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	34.4	1.0	26.7	29.1	32.1	0.0	3.2	5.7
Rekat	26.5	1.2	21.6	8.2	13.8	0.0	3.0	8.1
Bussit	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0
Jalankulkijat				-				
Ajoaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	6.9	6.9	4.6	4.6	4.6	-	3.3	3.3
Maksimi	43.9	43.9	29.7	29.7	29.7	-	44.0	44.0
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)								
CO	112.94	103.16	28.68	47.36	30.02	-	192.47	58.28
NOx	21.97	20.07	5.58	9.21	5.84	-	37.45	11.34
VOC	26.17	23.91	6.65	10.97	6.96	-	44.61	13.51
Polttoaine	1.61	1.48	0.41	0.68	0.43	-	2.75	0.83

ImFlow

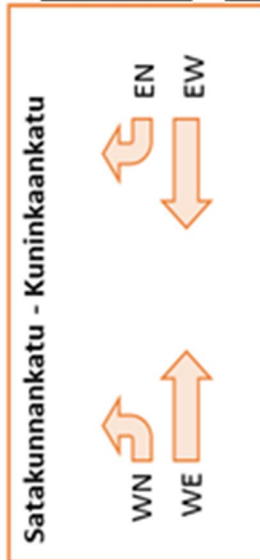
LIITE Y SYVARI PT SATAKUNNANKATU – KUNINKAANKATU (304)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	EW	NS	SN	WE	WN
Henkilöautot	86	433	0	0	430	81
Rekat	1	9	0	0	8	1
Bussit	0	5	0	0	2	0
Jalankulkijat	0	162	157	150	161	0
Keskimääräiset viiveet (s)						
Henkilöautot	7.2	5.1	0.0	0.0	12.2	38.9
Rekat	5.2	8.4	0.0	0.0	14.1	39.3
Bussit	0.0	20.7	0.0	0.0	13.2	0.0
Jalankulkijat				17.9		
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)						
Henkilöautot	0.38	0.17	0.00	0.00	0.60	0.99
Rekat	0.26	0.28	0.00	0.00	0.62	0.67
Bussit	0.00	0.31	0.00	0.00	0.12	0.00
Jalankulkijat				0.50		
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)						
Henkilöautot	3.5	3.0	0.0	0.0	6.6	32.4
Rekat	1.9	4.4	0.0	0.0	6.5	33.4
Bussit	0.0	3.6	0.0	0.0	0.8	0.0
Jalankulkijat				-		
Ajo kaistojen jonopituudet (m)						
Keskimääräiset	2.6	2.6	-	-	8.4	8.4
Maksimi	45.1	45.1	-	-	49.8	49.8
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)						
CO	41.70	182.08	-	-	264.29	89.70
NOx	8.11	35.43	-	-	51.42	17.45
VOC	9.66	42.20	-	-	61.25	20.79
Polttoaine	0.60	2.60	-	-	3.78	1.28

SYVARI

LIITE Z IMFLOW PT SATAKUNNANKATU – KUNINKAANKATU (304)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	EW	NS	SN	WE	WN
Henkilöautot	85	432	0	0	429	82
Rekat	1	8	0	0	9	1
Bussit	0	5	0	0	2	0
Jalankulkijat	0	164	157	150	160	0
Keskimääräiset viiveet (s)						
Henkilöautot	10.5	8.7	0.0	0.0	3.8	38.4
Rekat	8.0	7.3	0.0	0.0	5.4	34.2
Bussit	0.0	18.5	0.0	0.0	21.6	0.0
Jalankulkijat				18.4		
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)						
Henkilöautot	0.51	0.33	0.00	0.00	0.19	0.97
Rekat	0.33	0.21	0.00	0.00	0.18	0.86
Bussit	0.00	0.20	0.00	0.00	0.43	0.00
Jalankulkijat				0.50		
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)						
Henkilöautot	5.6	4.7	0.0	0.0	1.9	32.2
Rekat	2.5	3.1	0.0	0.0	2.4	27.4
Bussit	0.0	1.8	0.0	0.0	5.0	0.0
Jalankulkijat				-		
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)						
Keskimääräiset	4.2	4.2	-	-	6.1	6.1
Maksimi	80.0	80.0	-	-	43.6	43.6
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)						
CO	49.33	223.30	-	-	157.48	89.38
NOx	9.60	43.44	-	-	30.64	17.39
VOC	11.43	51.75	-	-	36.50	20.71
Polttoaine	0.71	3.19	-	-	2.25	1.28

ImFlow

LIITE AA SYVARI PT SATAKUNNANKATU – ALEKSIS KIVEN KATU (303)



Ajoneuvomäärät (kp)	ES	EW	NS	SE	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	131	459	0	150	0	60	355	76
Rekat	3	9	0	3	0	1	7	2
Bussit	0	5	0	3	0	0	2	0
Jalankulkijat	0	167	75	0	76	0	156	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	20.6	10.2	0.0	16.6	0.0	28.9	3.1	2.0
Rekat	24.0	10.3	0.0	26.4	0.0	6.7	3.4	3.8
Bussit	0.0	18.4	0.0	26.5	0.0	0.0	17.5	0.0
Jalankulkijat				20.7				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kp/ajon)								
Henkilöautot	0.83	0.32	0.00	0.58	0.00	0.75	0.12	0.12
Rekat	0.91	0.35	0.00	0.71	0.00	0.29	0.13	0.21
Bussit	0.00	0.63	0.00	1.00	0.00	0.00	0.57	0.00
Jalankulkijat				0.57				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	14.5	7.0	0.0	12.5	0.0	24.2	1.9	0.5
Rekat	15.7	6.3	0.0	19.9	0.0	2.3	1.6	1.7
Bussit	0.0	9.4	0.0	15.3	0.0	0.0	8.2	0.0
Jalankulkijat				-				
Ajoaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	11.3	11.3	-	5.8	-	5.8	1.6	1.6
Maksimi	73.5	73.5	-	42.7	-	42.7	37.3	37.3
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)								
CO	107.90	244.34	-	101.43	-	54.03	128.54	23.27
NOx	20.99	47.54	-	19.73	-	10.51	25.01	4.53
VOC	25.01	56.63	-	23.51	-	12.52	29.79	5.40
Polttoaine	1.54	3.49	-	1.45	-	0.77	1.84	0.33

SYVARI

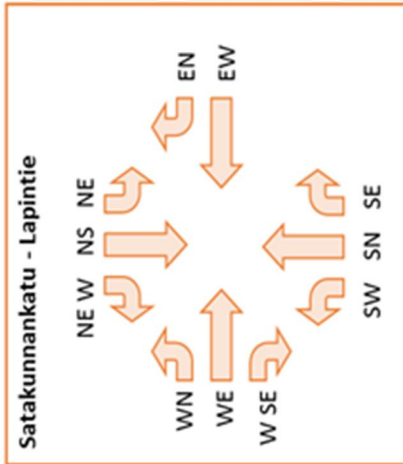
LIITE AB IMFLOW PT SATAKUNNANKATU – ALEKSIS KIVEN KATU (303)



Ajoneuvomäärät (kpl)	ES	EW	NS	SE	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	131	457	0	150	0	60	355	77
Rekat	3	8	0	3	0	1	8	1
Bussit	0	5	0	3	0	0	1	0
Jalankulkijat	0	166	76	0	76	0	155	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	28.7	7.4	0.0	21.9	0.0	40.8	9.7	11.8
Rekat	32.3	5.0	0.0	13.7	0.0	35.3	11.8	11.9
Bussit	0.0	8.5	0.0	24.2	0.0	0.0	9.5	0.0
Jalankulkijat				13.7				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)								
Henkilöautot	0.89	0.32	0.00	0.67	0.00	1.42	0.39	0.72
Rekat	0.96	0.19	0.00	0.51	0.00	1.07	0.36	0.64
Bussit	0.00	0.31	0.00	0.67	0.00	0.00	0.29	0.00
Jalankulkijat				0.46				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	21.9	3.4	0.0	17.3	0.0	31.8	5.7	7.6
Rekat	21.3	1.7	0.0	8.8	0.0	25.6	6.4	6.5
Bussit	0.0	2.9	0.0	15.7	0.0	0.0	3.0	0.0
Jalankulkijat				-				
Ajoaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	10.1	10.1	-	7.4	-	7.4	5.6	5.6
Maksimi	99.2	99.2	-	47.7	-	47.7	77.1	77.1
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)								
CO	125.46	221.44	-	115.76	-	76.95	193.49	48.46
NOx	24.41	43.08	-	22.52	-	14.97	37.65	9.43
VOC	29.08	51.32	-	26.83	-	17.83	44.84	11.23
Polttoaine	1.79	3.17	-	1.66	-	1.10	2.77	0.69

ImFlow

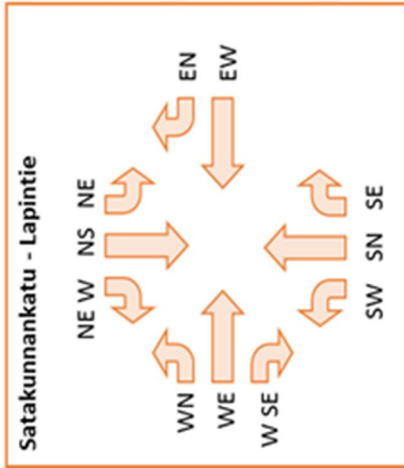
LIITE AC SYVARI PT SATAKUNNANKATU – LAPINTIE (301)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	EW	NE	NS	SE	SN	SW	WE	WN	NE W	W SE
Henkilöautot	10	388	21	79	8	67	88	331	92	115	81
Rekat	0	8	1	1	0	1	1	6	2	3	2
Bussit	0	2	0	0	0	0	0	2	3	3	0
Jalankulkijat	0	107	0	155	0	158	0	95	0	0	0
Keskimääräiset viiveet (s)											
Henkilöautot	28.5	25.2	38.1	31.7	29.6	29.3	43.0	5.5	12.1	27.1	4.7
Rekat	4.2	25.5	11.3	14.7	0.1	37.4	31.0	6.3	19.4	25.7	6.8
Bussit	0.0	32.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	8.7	66.8	0.0
Jalankulkijat											
									28.2		
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)											
Henkilöautot	1.19	0.75	1.68	0.84	1.20	0.83	1.90	0.26	0.71	0.81	0.25
Rekat	0.14	0.79	0.86	0.43	0.00	0.90	1.31	0.32	0.98	0.59	0.21
Bussit	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.43	1.09	0.00
Jalankulkijat											
									0.89		
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)											
Henkilöautot	20.3	18.9	28.5	26.0	21.4	22.5	28.4	2.4	6.7	21.6	1.8
Rekat	2.6	17.5	7.3	9.1	0.0	28.3	18.8	2.1	10.8	18.9	2.9
Bussit	0.0	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	1.8	46.6	0.0
Jalankulkijat											
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)											
Keskimääräiset	17.7	17.7	6.1	6.1	8.0	8.0	8.0	2.9	2.9	7.3	2.9
Maksimi	96.9	96.9	46.2	46.2	48.4	48.4	48.4	63.6	63.6	46.5	63.6
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)											
CO	10.22	362.41	14.01	38.34	8.42	63.55	133.99	163.91	67.62	110.44	34.72
NOx	1.99	70.51	2.73	7.46	1.64	12.37	26.07	31.89	13.16	21.49	6.76
VOC	2.37	83.99	3.25	8.89	1.95	14.73	31.05	37.99	15.67	25.59	8.05
Polttoaine	0.14	5.19	0.20	0.55	0.12	0.91	1.92	2.34	0.97	1.58	0.50

SYVARI

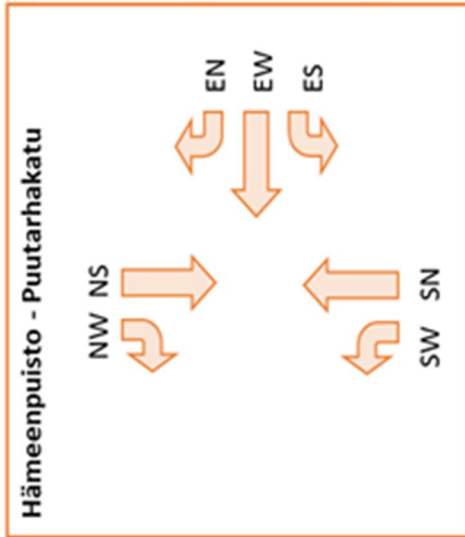
LIITE AD IMFLOW PT SATAKUNNANKATU – LAPINTIE (301)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	EW	NE	NS	SE	SN	SW	WE	WN	NEW	WSE
Henkilöautot	10	387	21	79	8	67	89	330	92	115	81
Rekat	0	7	1	1	0	1	1	8	2	3	2
Bussit	0	2	0	0	0	0	0	2	3	3	0
Jalankulkijat	0	107	0	156	0	158	0	94	0	0	0
Keskimääräiset viiveet (s)											
Henkilöautot	17.6	18.8	33.9	30.8	30.0	33.0	41.6	7.1	12.8	29.8	7.8
Rekat	1.3	14.6	33.2	28.8	6.1	32.2	25.8	7.6	3.2	31.8	4.0
Bussit	0.0	32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	17.7	41.7	0.0
Jalankulkijat						25.3					
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)											
Henkilöautot	0.87	0.63	1.44	0.83	1.15	0.88	1.64	0.30	0.75	0.83	0.38
Rekat	0.14	0.48	1.43	0.50	0.29	0.64	0.74	0.29	0.10	0.87	0.19
Bussit	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.90	0.90	0.00
Jalankulkijat						0.86					
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)											
Henkilöautot	11.2	13.3	25.0	25.2	22.0	26.0	27.8	3.0	6.1	24.0	3.3
Rekat	0.0	8.4	24.7	23.9	4.2	23.9	14.4	3.3	1.6	24.2	1.4
Bussit	0.0	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	6.5	23.0	0.0
Jalankulkijat						-					
Ajoaistojen jonopituudet (m)											
Keskimääräiset	12.6	12.6	6.0	6.0	8.5	8.5	8.5	5.1	5.1	7.8	5.1
Maksimi	83.6	83.6	44.9	44.9	57.5	57.5	57.5	98.2	98.2	47.2	98.2
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)											
CO	8.14	310.27	13.15	37.72	8.68	67.84	125.48	176.30	69.68	115.35	41.70
NOx	1.58	60.37	2.56	7.34	1.69	13.20	24.41	34.30	13.56	22.44	8.11
VOC	1.89	71.91	3.05	8.74	2.01	15.72	29.08	40.86	16.15	26.73	9.67
Polttoaine	0.11	4.44	0.19	0.54	0.12	0.97	1.80	2.52	1.00	1.65	0.60

ImFlow

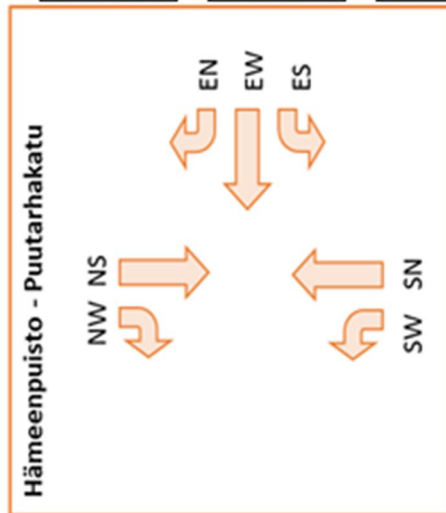
LIITE AE SYVARI PT HÄMEENPUISTO – PUUTARHAKATU (216)



Ajoneuvomäärät (kp/l)									
	EN	ES	EW	NS	NW	SN	SW	WE	
Henkilöautot	48	61	30	344	6	354	19	0	
Rekat	1	1	1	6	0	6	1	0	
Bussit	0	0	0	12	0	12	0	0	
Jalankulkijat	0	0	117	196	0	205	0	120	
Keskimääräiset viiveet (s)									
Henkilöautot	14.2	15.0	11.7	8.0	8.0	7.9	23.8	0.0	
Rekat	8.1	4.4	7.4	9.3	1.9	5.7	3.0	0.0	
Bussit	0.0	0.0	0.0	17.3	0.0	4.9	0.0	0.0	
Jalankulkijat	12.4								
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kp/ajon)									
Henkilöautot	1.09	0.72	0.54	0.47	0.56	0.41	1.60	0.00	
Rekat	0.64	0.14	0.24	0.38	0.14	0.17	0.18	0.00	
Bussit	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.00	
Jalankulkijat	0.94								
Keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)									
Henkilöautot	7.7	8.0	6.4	2.8	2.6	2.2	12.1	0.0	
Rekat	3.0	1.9	3.5	2.5	0.2	0.7	1.2	0.0	
Bussit	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.2	0.0	0.0	
Jalankulkijat	-								
Ajoaistojen jonopituudet (m)									
Keskimääräiset	1.7	1.7	1.7	2.7	2.7	2.1	2.1	-	
Maksimi	26.8	26.8	26.8	42.4	42.4	49.5	49.5	-	
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)									
CO	38.60	47.40	20.25	191.00	3.20	181.33	22.85	-	
NOx	7.51	9.22	3.94	37.16	0.62	35.28	4.44	-	
VOC	8.95	10.99	4.69	44.26	0.74	42.03	5.29	-	
Polttoaine	0.55	0.68	0.29	2.73	0.04	2.60	0.33	-	

SYVARI

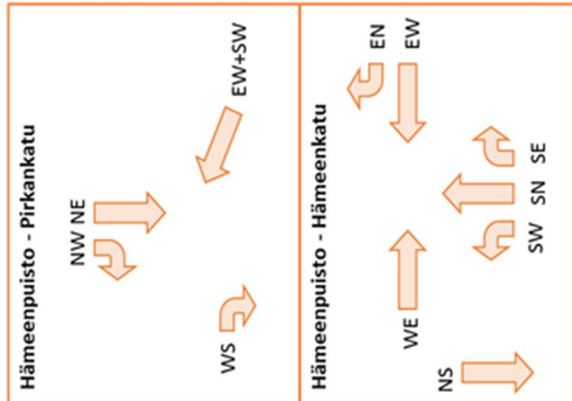
LIITE AF IMFLOW PT HÄMEENPUISTO – PUUTARHAKATU (216)



Ajoneuvomäärät (kpl)										
	EN	ES	EW	NS	NW	SN	SW	WE		
Henkilöautot	50	61	30	345	6	349	20	0		
Rekat	1	1	1	6	0	7	1	0		
Bussit	0	0	0	12	0	12	0	0		
Jalankulkijat	0	0	119	196	0	205	0	122		
Keskimääräiset viiveet (s)										
Henkilöautot	26.0	37.2	36.2	4.8	8.0	3.8	28.7	0.0		
Rekat	11.6	33.1	28.2	5.0	0.7	4.6	35.6	0.0		
Bussit	0.0	0.0	0.0	16.8	0.0	4.4	0.0	0.0		
Jalankulkijat	15.8									
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)										
Henkilöautot	1.48	1.38	1.27	0.27	0.56	0.16	1.35	0.00		
Rekat	0.64	0.93	1.00	0.17	0.00	0.11	1.43	0.00		
Bussit	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.11	0.00	0.00		
Jalankulkijat	0.85									
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)										
Henkilöautot	17.1	26.5	26.1	1.7	3.2	0.9	19.7	0.0		
Rekat	5.9	22.7	17.6	1.3	0.0	0.9	25.5	0.0		
Bussit	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.3	0.0	0.0		
Jalankulkijat	-									
Ajoaistojen jonopituudet (m)										
Keskimääräiset	3.9	3.9	3.9	1.5	1.5	0.8	0.8	-		
Maksimi	29.6	29.6	29.6	39.0	39.0	30.7	30.7	-		
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)										
CO	53.99	79.88	37.89	152.50	3.00	133.67	23.89	-		
NOx	10.50	15.54	7.37	29.67	0.59	26.01	4.65	-		
VOC	12.51	18.51	8.78	35.34	0.70	30.98	5.54	-		
Polttoaine	0.77	1.14	0.54	2.18	0.04	1.91	0.34	-		

ImFlow

LIITE AG SYVARI PT HÄMEENPUISTO – PIRKANKATU – HÄMEENKATU (209 – 211)

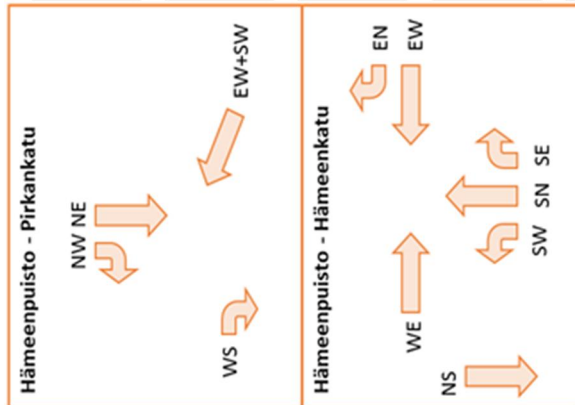


Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WN	WS	NWS	SNW
Henkilöautot	10	115	100	284	22	31	362	111	366	0	114	0	0
Rekat	0	3	1	5	0	0	6	3	8	0	3	0	0
Bussit	10	47	10	2	0	0	2	0	46	0	0	0	0
Jalankulkijat	162	122	41	0	151	0	0	0	255	43	0	25	23
Keskimääräiset viiveet (s)													
Henkilöautot	20.5	16.2	51.7	31.0	33.8	35.6	35.1	55.4	13.6	0.0	18.3	0.0	0.0
Rekat	0.0	13.3	34.3	38.0	6.5	0.0	32.5	54.8	14.8	0.0	12.3	0.0	0.0
Bussit	34.4	27.8	27.9	16.9	0.0	0.0	45.5	0.0	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat							31.0						
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)													
Henkilöautot	0.87	0.56	1.77	0.78	1.15	1.09	0.86	1.95	0.47	0.00	0.75	0.00	0.00
Rekat	0.00	0.39	1.10	0.82	0.29	0.00	0.88	1.83	0.48	0.00	0.54	0.00	0.00
Bussit	1.01	0.56	0.91	0.86	0.00	0.00	0.64	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat							1.16						
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)													
Henkilöautot	12.8	12.0	36.0	22.2	24.8	27.6	27.7	38.9	8.1	0.0	12.4	0.0	0.0
Rekat	0.0	8.2	23.3	27.2	1.2	0.0	22.1	36.7	7.9	0.0	5.6	0.0	0.0
Bussit	12.8	9.4	9.2	3.5	0.0	0.0	23.2	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat							-						
Ajoaistojen jonopituudet (m)													
Keskimääräiset	5.6	5.6	13.3	13.3	13.3	19.6	19.6	19.6	7.1	-	7.1	-	-
Maksimi	57.5	57.5	80.6	80.6	80.6	96.5	96.5	96.5	74.7	-	74.7	-	-
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)													
CO	20.45	150.46	185.39	152.33	24.98	31.58	395.28	202.33	332.91	-	50.71	-	-
NOx	3.98	29.28	36.07	29.64	4.86	6.15	76.91	39.36	64.77	-	9.87	-	-
VOC	4.74	34.87	42.96	35.30	5.79	7.32	91.61	46.89	77.15	-	11.75	-	-
Polttoaine	0.29	2.15	2.65	2.18	0.36	0.45	5.65	2.89	4.76	-	0.73	-	-

SYVARI

LIITE AH IMFLOW PT HÄMEENPUISTO – PIRKANKATU – HÄMEENKATU (209 – 211)

Ajoneuvomäärät (kp)	EN	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WN	WS	NWS	SNW
Henkilöautot	10	114	100	286	23	30	359	110	367	0	114	0	0
Rekat	0	3	2	5	0	1	7	2	8	0	3	0	0
Bussit	10	47	10	2	0	0	2	0	46	0	0	0	0
Jalankulkijat	162	122	41	0	151	0	0	0	255	44	0	25	23
Keskimääräiset viiveet (s)													
Henkilöautot	24.6	18.3	46.6	30.2	33.1	25.6	24.9	41.8	17.3	0.0	27.1	0.0	0.0
Rekat	8.6	18.7	36.2	32.9	13.9	11.2	24.2	37.0	15.0	0.0	22.6	0.0	0.0
Bussit	36.1	32.2	48.7	43.3	0.0	0.0	22.1	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat							25.7						
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kp/ajon)													
Henkilöautot	1.17	0.67	1.93	0.96	1.25	0.95	0.81	1.74	0.61	0.00	1.28	0.00	0.00
Rekat	0.36	0.71	1.38	0.95	0.29	0.43	0.80	1.27	0.54	0.00	1.12	0.00	0.00
Bussit	0.89	0.73	1.64	1.29	0.00	0.00	0.36	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat							1.15						
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)													
Henkilöautot	14.2	13.5	30.3	21.0	23.5	18.7	18.1	26.9	9.9	0.0	17.4	0.0	0.0
Rekat	3.8	11.9	17.7	19.8	9.2	7.1	15.0	19.9	7.1	0.0	11.2	0.0	0.0
Bussit	15.6	11.9	24.3	23.7	0.0	0.0	2.8	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat							-						
Ajoaistojen jonopituudet (m)													
Keskimääräiset	7.3	7.3	13.4	13.4	13.4	14.2	14.2	14.2	9.4	-	9.4	-	-
Maksimi	56.5	56.5	79.5	79.5	79.5	75.9	75.9	75.9	72.5	-	72.5	-	-
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)													
CO	21.88	162.12	188.39	160.17	24.90	26.21	330.95	171.46	368.74	-	67.01	-	-
NOx	4.26	31.54	36.66	31.16	4.84	5.10	64.39	33.36	71.74	-	13.04	-	-
VOC	5.07	37.57	43.66	37.12	5.77	6.07	76.70	39.74	85.46	-	15.53	-	-
Polttoaine	0.31	2.32	2.70	2.29	0.36	0.37	4.73	2.45	5.28	-	0.96	-	-



ImFlow

LIITE AI SYVARI PT HÄMEENPUISTO – HALLITUSKATU (134)



Ajoneuvomäärät (kp/)	EW	NE	NS	SE	SN	WE	WN	WS
Henkilöautot	0	86	313	175	445	113	56	36
Rekat	0	2	6	3	8	2	1	1
Bussit	0	0	2	0	2	0	0	0
Jalankulkijat	121	0	164	0	166	124	0	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	0.0	21.8	5.3	12.3	9.9	22.8	17.9	23.6
Rekat	0.0	27.4	7.1	5.8	11.1	23.0	17.1	15.3
Bussit	0.0	0.0	19.1	0.0	9.4	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat				12.0				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kp/ajon)								
Henkilöautot	0.00	1.29	0.29	0.98	0.58	0.95	0.75	1.28
Rekat	0.00	1.34	0.32	0.32	0.55	0.93	0.79	0.64
Bussit	0.00	0.00	0.36	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat				0.90				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	0.0	12.3	2.2	5.8	4.5	15.3	11.8	16.1
Rekat	0.0	16.2	2.3	2.1	3.5	14.0	10.4	7.8
Bussit	0.0	0.0	2.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat								
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	-	2.8	2.8	8.4	8.4	5.5	5.5	5.5
Maksimi	-	55.6	55.6	88.1	88.1	41.3	41.3	41.3
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)								
CO	-	86.72	119.48	126.30	266.04	109.74	47.43	35.70
NOx	-	16.87	23.25	24.57	51.76	21.35	9.23	6.95
VOC	-	20.10	27.69	29.27	61.66	25.43	10.99	8.28
Polttoaine	-	1.24	1.71	1.81	3.81	1.57	0.68	0.51

SYVARI

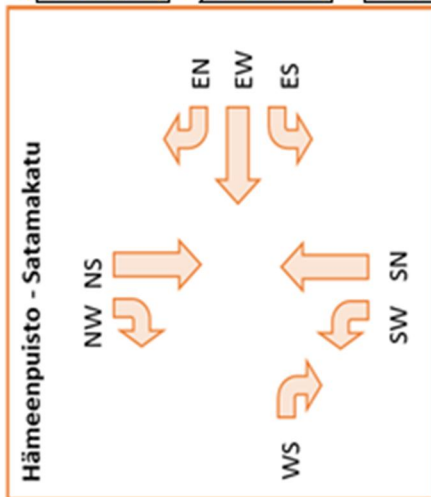
LIITE AJ IMFLOW PT HÄMEENPUISTO – HALLITUSKATU (134)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EW	NE	NS	SE	SN	WE	WN	WS
Henkilöautot	0	86	315	175	443	113	56	36
Rekat	0	2	6	2	10	2	1	1
Bussit	0	0	2	0	2	0	0	0
Jalankulkijat	120	0	163	0	166	123	0	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	0.0	37.3	5.8	8.9	6.6	36.5	26.8	33.5
Rekat	0.0	32.9	6.9	14.7	7.4	29.2	19.7	24.6
Bussit	0.0	0.0	22.4	0.0	9.7	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat					27.6			
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)								
Henkilöautot	0.00	1.40	0.28	0.66	0.33	1.06	0.83	1.28
Rekat	0.00	1.29	0.28	0.59	0.31	0.95	0.57	0.86
Bussit	0.00	0.00	0.43	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat					0.98			
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	0.0	27.8	2.9	4.4	3.4	26.7	20.4	25.0
Rekat	0.0	22.5	2.6	6.4	2.8	18.7	13.7	16.4
Bussit	0.0	0.0	5.2	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat					-			
Ajo kaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	-	3.3	3.3	5.7	5.7	8.6	8.6	8.6
Maksimi	-	72.8	72.8	89.1	89.1	52.5	52.5	52.5
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)								
CO	-	108.64	121.80	101.19	210.49	134.04	55.35	40.70
NOx	-	21.14	23.70	19.69	40.95	26.08	10.77	7.92
VOC	-	25.18	28.23	23.45	48.78	31.07	12.83	9.43
Polttoaine	-	1.55	1.74	1.45	3.01	1.92	0.79	0.58

ImFlow

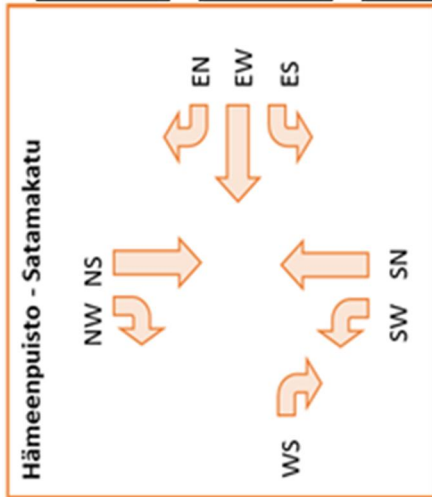
LIITE AK SYVARI PT HÄMEENPUISTO – SATAMAKATU (133)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	ES	EW	NS	NW	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	123	40	102	302	45	496	378	0	384
Rekat	2	1	2	6	1	9	9	0	7
Bussit	0	0	2	2	0	2	0	0	2
Jalankulkijat	0	0	121	160	0	170	0	115	0
Keskimääräiset viiveet (s)									
Henkilöautot	89.2	33.0	31.1	16.7	18.1	0.7	15.9	0.0	11.0
Rekat	79.2	19.4	32.2	15.3	11.9	1.2	15.1	0.0	15.6
Bussit	0.0	0.0	50.1	25.6	0.0	9.5	0.0	0.0	4.7
Jalankulkijat				23.9					
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)									
Henkilöautot	1.99	0.87	0.83	0.44	0.62	0.03	0.42	0.00	0.47
Rekat	1.74	0.57	0.69	0.42	0.43	0.04	0.42	0.00	0.65
Bussit	0.00	0.00	1.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat				0.78					
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)									
Henkilöautot	72.9	25.9	25.0	13.4	14.1	0.2	11.5	0.0	5.2
Rekat	63.0	13.9	24.6	10.8	6.5	0.3	10.2	0.0	7.2
Bussit	0.0	0.0	37.0	17.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat				-					
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)									
Keskimääräiset	21.6	21.6	21.6	6.5	6.5	7.5	7.5	-	5.3
Maksimi	75.3	75.3	75.3	36.5	36.5	64.2	64.2	-	67.9
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)									
CO	267.56	43.55	112.90	200.21	32.07	149.97	273.51	-	217.14
NOx	52.06	8.47	21.97	38.95	6.24	29.18	53.22	-	42.25
VOC	62.01	10.09	26.17	46.40	7.43	34.76	63.39	-	50.32
Polttoaine	3.83	0.62	1.62	2.86	0.46	2.14	3.91	-	3.11

SYVARI

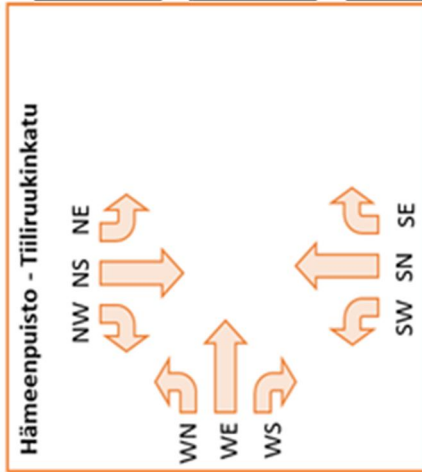
LIITE AL IMFLOW PT HÄMEENPUISTO – SATAMAKATU (133)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	ES	EW	NS	NW	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	123	40	102	304	46	493	380	0	383
Rekat	2	1	2	6	0	10	8	0	7
Bussit	0	0	2	2	0	2	0	0	2
Jalankulkijat	0	0	122	160	0	169	0	116	0
Keskimääräiset viiveet (s)									
Henkilöautot	57.5	30.4	29.0	17.3	19.1	4.7	24.5	0.0	20.4
Rekat	47.8	12.8	22.7	16.2	20.9	7.5	22.4	0.0	19.2
Bussit	0.0	0.0	37.4	23.2	0.0	15.5	0.0	0.0	19.3
Jalankulkijat					31.9				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)									
Henkilöautot	1.51	0.88	0.85	0.59	0.72	0.22	0.77	0.00	0.73
Rekat	1.26	0.43	0.61	0.49	0.43	0.41	0.73	0.00	0.61
Bussit	0.00	0.00	0.86	0.57	0.00	0.21	0.00	0.00	0.64
Jalankulkijat					1.06				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)									
Henkilöautot	46.4	23.7	22.7	12.7	14.0	1.7	16.4	0.0	11.8
Rekat	34.9	6.6	16.4	11.0	17.0	2.8	14.1	0.0	9.4
Bussit	0.0	0.0	25.2	13.6	0.0	1.8	0.0	0.0	7.2
Jalankulkijat					-				
Ajo kaistojen jonopituudet (m)									
Keskimääräiset	14.4	14.4	14.4	6.4	6.4	11.1	11.1	-	12.3
Maksimi	58.6	58.6	58.6	44.2	44.2	98.4	98.4	-	101.5
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)									
CO	192.35	42.22	109.74	218.34	34.86	209.11	361.83	-	300.29
NOx	37.42	8.21	21.35	42.48	6.78	40.69	70.40	-	58.42
VOC	44.58	9.78	25.43	50.60	8.08	48.46	83.86	-	69.59
Polttoaine	2.75	0.60	1.57	3.12	0.50	2.99	5.18	-	4.30

ImFlow

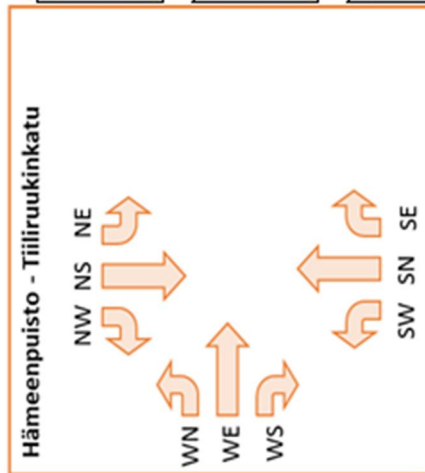
LIITE AM SYVARI PT HÄMEENPUISTO – TIILIRUUKINKATU (132)



Ajoneuvomäärät (kp/l)										
	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WN	WS
Henkilöautot	0	35	679	13	43	855	24	20	18	45
Rekat	0	0	14	0	1	18	0	0	0	1
Bussit	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0
Jalankulkijat	121	0	158	0	0	168	0	122	0	0
Keskimääräiset viiveet (s)										
Henkilöautot	0.0	46.5	6.6	7.1	9.1	6.6	44.8	30.1	26.8	33.0
Rekat	0.0	16.0	7.0	0.0	3.0	7.3	3.2	0.0	20.4	19.3
Bussit	0.0	52.1	12.8	0.0	0.0	12.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat	34.1									
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kp/ajon)										
Henkilöautot	0.00	1.36	0.34	0.40	0.58	0.30	1.41	0.86	0.77	1.17
Rekat	0.00	0.43	0.36	0.00	0.14	0.32	0.14	0.00	0.57	0.67
Bussit	0.00	1.29	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat	0.96									
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)										
Henkilöautot	0.0	36.6	3.1	3.4	4.1	3.3	35.0	23.2	20.1	25.6
Rekat	0.0	12.1	2.6	0.0	0.8	2.8	2.2	0.0	15.5	13.5
Bussit	0.0	26.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat	-									
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)										
Keskimääräiset	-	3.9	3.9	3.9	6.2	6.2	6.2	3.9	3.9	3.9
Maksimi	-	53.6	53.6	53.6	70.5	70.5	70.5	32.5	32.5	32.5
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)										
CO	-	52.33	317.83	5.87	24.24	388.79	34.17	20.80	18.57	49.27
NOx	-	10.18	61.84	1.14	4.72	75.64	6.65	4.05	3.61	9.59
VOC	-	12.13	73.66	1.36	5.62	90.11	7.92	4.82	4.30	11.42
Polttoaine	-	0.75	4.55	0.08	0.35	5.56	0.49	0.30	0.27	0.71

SYVARI

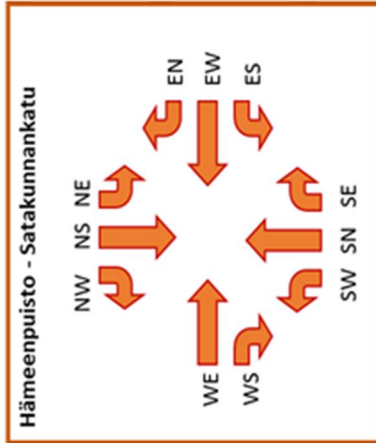
LIITE AN IMFLOW PT HÄMEENPUISTO – TIILIRUUKINKATU (132)



Ajoneuvomäärät (kp/l)												
	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WN	WS		
Henkilöautot	0	35	680	12	43	856	24	20	18	45		
Rekat	0	0	14	0	1	17	1	0	0	1		
Bussit	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0		
Jalankulkijat	121	0	158	0	0	167	0	121	0	0		
Keskimääräiset viiveet (s)												
Henkilöautot	0.0	30.7	4.5	6.3	8.3	6.9	35.5	58.5	39.2	31.9		
Rekat	0.0	5.3	5.2	3.5	1.7	8.5	17.1	11.0	16.3	20.4		
Bussit	0.0	56.7	15.0	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Jalankulkijat						21.9						
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kp/ajon)												
Henkilöautot	0.00	1.25	0.23	0.39	0.51	0.33	1.36	1.52	1.12	1.25		
Rekat	0.00	0.14	0.23	0.14	0.05	0.34	0.64	0.29	0.43	0.71		
Bussit	0.00	1.36	0.07	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00		
Jalankulkijat						0.88						
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)												
Henkilöautot	0.0	22.1	2.0	2.9	3.6	3.1	25.7	48.3	30.5	24.0		
Rekat	0.0	2.3	2.1	2.5	0.1	3.7	11.4	8.4	11.2	14.7		
Bussit	0.0	30.5	0.8	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0		
Jalankulkijat						-						
Ajo kaistojen jonopituudet (m)												
Keskimääräiset	-	2.7	2.7	2.7	6.0	6.0	6.0	4.0	4.0	4.0		
Maksimi	-	44.0	44.0	44.0	75.9	75.9	75.9	28.4	28.4	28.4		
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)												
CO	-	43.57	274.16	5.73	22.62	399.35	30.67	33.55	23.15	49.94		
NOx	-	8.48	53.34	1.12	4.40	77.70	5.97	6.53	4.50	9.72		
VOC	-	10.10	63.54	1.33	5.24	92.55	7.11	7.78	5.36	11.57		
Polttoaine	-	0.62	3.92	0.08	0.33	5.71	0.44	0.48	0.33	0.71		

ImFlow

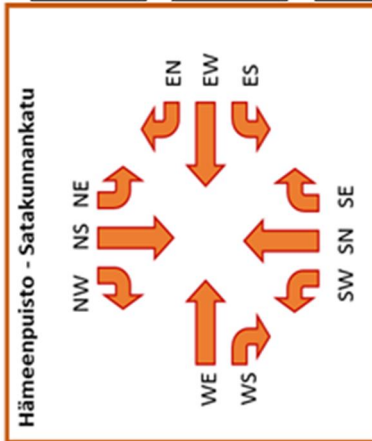
LIITE AO SYVARI IHT HÄMEENPUISTO – SATAKUNNANKATU (306)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	ES	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	165	95	428	152	242	15	169	414	53	412	53
Rekat	3	2	9	4	3	0	2	10	1	8	1
Bussit	0	2	0	0	6	0	1	7	4	0	4
Jalankulkijat	0	0	153	0	199	0	0	197	0	163	0
Keskimääräiset viiveet (s)											
Henkilöautot	12.7	18.9	10.5	37.1	25.2	27.8	20.9	16.4	43.6	23.8	25.2
Rekat	11.1	15.1	10.6	40.1	27.6	11.1	25.3	16.5	45.1	21.1	22.5
Bussit	0.0	17.1	0.0	0.0	18.3	0.0	28.6	27.6	43.1	0.0	22.2
Jalankulkijat					23.2						
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)											
Henkilöautot	0.54	1.04	0.35	0.87	0.69	0.70	0.73	0.47	1.63	0.69	0.99
Rekat	0.41	0.67	0.35	0.86	0.53	0.29	0.90	0.40	1.43	0.64	0.71
Bussit	0.00	0.74	0.00	0.00	0.36	0.00	0.57	0.53	1.60	0.00	0.55
Jalankulkijat					0.77						
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)											
Henkilöautot	5.4	7.6	4.4	30.3	19.7	21.7	13.8	11.6	32.3	18.1	17.4
Rekat	3.8	2.3	3.5	32.0	20.4	8.7	16.8	10.5	32.9	13.9	14.4
Bussit	0.0	5.7	0.0	0.0	1.8	0.0	8.4	6.6	11.3	0.0	1.2
Jalankulkijat											
Ajoaistojen jonopituudet (m)											
Keskimääräiset	6.3	6.3	6.3	16.6	16.6	16.6	11.6	11.6	11.6	9.9	9.9
Maksimi	93.0	93.0	93.0	87.3	87.3	87.3	89.6	89.6	89.6	62.1	62.1
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)											
CO	96.96	88.83	255.07	182.78	226.00	13.45	134.64	294.20	87.33	386.73	53.57
NOx	18.86	17.28	49.63	35.56	43.97	2.62	26.20	57.24	16.99	75.24	10.42
VOC	22.47	20.59	59.11	42.36	52.38	3.12	31.20	68.19	20.24	89.63	12.42
Polttoaine	1.39	1.27	3.65	2.62	3.23	0.19	1.93	4.21	1.25	5.53	0.77

SYVARI

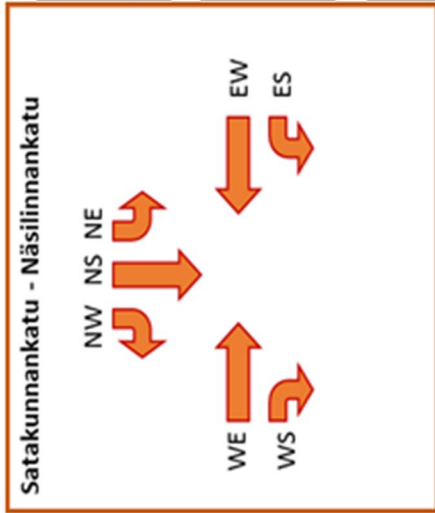
LIITE AP IMFLOW IHT HÄMEENPUISTO – SATAKUNNANKATU (306)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	ES	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	165	97	424	156	248	15	172	428	55	415	54
Rekat	3	2	8	2	5	0	2	9	2	8	1
Bussit	0	1	0	0	6	0	2	6	4	0	4
Jalankulkijat	0	0	154	0	200	0	0	198	0	164	0
Keskimääräiset viiveet (s)											
Henkilöautot	19.7	22.9	17.9	40.7	24.0	23.0	20.4	17.3	42.7	27.1	33.0
Rekat	32.4	19.0	17.0	30.0	34.8	10.6	15.4	13.1	30.1	32.2	28.9
Bussit	0.0	30.0	0.0	0.0	24.2	0.0	21.8	23.9	43.2	0.0	33.4
Jalankulkijat					28.8						
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)											
Henkilöautot	0.67	0.94	0.53	0.99	0.76	0.87	0.86	0.62	1.88	0.76	1.09
Rekat	1.18	0.55	0.49	0.92	1.00	0.43	0.72	0.42	1.29	0.81	1.07
Bussit	0.00	1.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.36	0.51	1.68	0.00	0.54
Jalankulkijat					1.00						
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)											
Henkilöautot	12.6	13.4	11.8	33.3	17.4	16.3	12.7	11.5	29.6	20.9	24.1
Rekat	21.4	9.9	10.2	21.5	23.7	7.4	7.6	7.5	18.7	23.4	18.6
Bussit	0.0	15.6	0.0	0.0	7.0	0.0	1.8	3.2	12.6	0.0	14.3
Jalankulkijat											
Ajoaistojen jonopituudet (m)											
Keskimääräiset	11.9	11.9	11.9	16.5	16.5	16.5	12.2	12.2	12.2	12.6	12.6
Maksimi	83.8	83.8	83.8	97.0	97.0	97.0	75.3	75.3	75.3	76.0	76.0
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutukset (g/gal)											
CO	121.23	91.82	320.59	199.07	242.27	13.80	142.62	325.02	93.94	420.67	62.82
NOx	23.59	17.87	62.38	38.73	47.14	2.69	27.75	63.43	18.28	81.85	12.22
VOC	28.09	21.28	74.30	46.14	56.15	3.20	33.05	75.56	21.77	97.49	14.56
Polttoaine	1.73	1.31	4.59	2.85	3.47	0.20	2.04	4.67	1.35	6.02	0.90

ImFlow

LIITE AQ SYVARI IHT SATAKUNNANKATU – NÄSILINNANKATU (305)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	EW	NE	NS	NW	SN	WE	WS
Henkilöautot	103	611	70	45	79	0	724	11
Rekat	2	12	1	1	2	0	14	0
Bussit	3	2	0	0	0	0	1	0
Jalankulkijat	0	162	0	75	0	77	162	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	49.4	8.6	34.9	35.6	48.4	0.0	11.9	8.8
Rekat	47.0	9.2	32.4	39.1	35.2	0.0	8.4	0.1
Bussit	22.6	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0
Jalankulkijat				17.7				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)								
Henkilöautot	0.97	0.43	0.86	0.84	1.49	0.00	0.39	0.53
Rekat	0.88	0.40	0.64	0.79	1.25	0.00	0.23	0.00
Bussit	0.91	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00
Jalankulkijat				0.59				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	42.7	2.8	28.3	29.9	38.5	0.0	7.3	5.1
Rekat	38.9	1.8	25.4	30.9	25.0	0.0	4.5	0.0
Bussit	12.7	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0
Jalankulkijat				-				
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	10.3	10.3	9.6	9.6	9.6	-	6.9	6.9
Maksimi	53.8	53.8	58.1	58.1	58.1	-	70.3	70.3
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)								
CO	129.99	305.14	72.54	47.81	112.96	-	373.85	5.45
NOx	25.29	59.37	14.11	9.30	21.98	-	72.74	1.06
VOC	30.13	70.72	16.81	11.08	26.18	-	86.64	1.26
Polttoaine	1.86	4.37	1.04	0.68	1.62	-	5.35	0.08

SYVARI

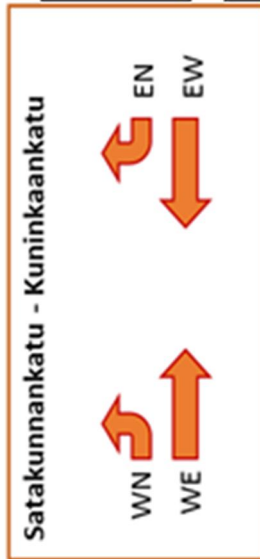
LIITE AR IMFLOW IHT SATAKUNNANKATU – NÄSILINNANKATU (305)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	EW	NE	NS	NW	SN	WE	WS
Henkilöautot	102	612	69	45	80	0	729	11
Rekat	2	11	1	1	2	0	12	0
Bussit	3	2	0	0	0	0	2	0
Jalankulkijat	0	162	0	75	0	78	163	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	41.6	3.3	32.9	30.3	43.8	0.0	6.7	10.4
Rekat	39.5	3.0	28.5	14.3	38.8	0.0	7.3	0.0
Bussit	9.3	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0
Jalankulkijat				17.5				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)								
Henkilöautot	0.95	0.14	0.82	0.77	1.42	0.00	0.27	0.71
Rekat	0.83	0.08	0.57	0.57	1.25	0.00	0.24	0.00
Bussit	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00
Jalankulkijat				0.53				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	35.4	1.2	26.9	24.7	34.4	0.0	3.5	5.6
Rekat	32.5	0.6	23.5	7.0	29.2	0.0	3.4	0.0
Bussit	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0
Jalankulkijat				-				
Ajokaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	7.5	7.5	8.8	8.8	8.8	-	4.0	4.0
Maksimi	46.4	46.4	58.8	58.8	58.8	-	53.2	53.2
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)								
CO	115.71	202.54	69.79	43.19	106.96	-	298.22	6.24
NOx	22.51	39.41	13.58	8.41	20.81	-	58.03	1.21
VOC	26.82	46.94	16.18	10.01	24.79	-	69.12	1.45
Polttoaine	1.66	2.90	1.00	0.62	1.53	-	4.27	0.09

ImFlow

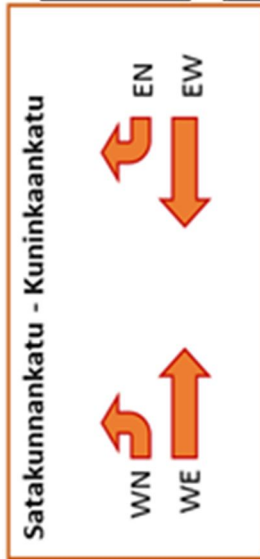
LIITE AS SYVARI IHT SATAKUNNANKATU – KUNINKAANKATU
(304)



Ajoneuvomäärät (kpl)						
	EN	EW	NS	SN	WE	WN
Henkilöautot	50	715	0	0	623	171
Rekat	1	15	0	0	11	4
Bussit	0	5	0	0	1	0
Jalankulkijat	0	163	157	150	160	0
Keskimääräiset viiveet (s)						
Henkilöautot	13.8	12.8	0.0	0.0	12.1	74.7
Rekat	7.3	14.6	0.0	0.0	13.4	86.6
Bussit	0.0	20.5	0.0	0.0	21.3	0.0
Jalankulkijat			20.0			
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)						
Henkilöautot	0.58	0.40	0.00	0.00	0.52	1.47
Rekat	0.43	0.47	0.00	0.00	0.45	1.74
Bussit	0.00	0.31	0.00	0.00	0.43	0.00
Jalankulkijat			0.50			
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)						
Henkilöautot	8.1	7.8	0.0	0.0	6.1	63.1
Rekat	1.5	7.9	0.0	0.0	5.6	70.9
Bussit	0.0	3.2	0.0	0.0	3.6	0.0
Jalankulkijat						
Ajoaistojen jonopituudet (m)						
Keskimääräiset	10.1	10.1	-	-	28.1	28.1
Maksimi	116.5	116.5	-	-	114.9	114.9
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)						
CO	32.65	427.75	-	-	363.24	305.62
NOx	6.35	83.22	-	-	70.67	59.46
VOC	7.57	99.14	-	-	84.18	70.83
Polttoaine	0.47	6.12	-	-	5.20	4.37

SYVARI

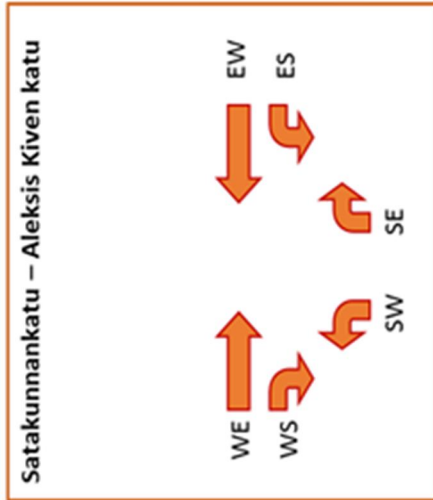
LIITE AT IMFLOW IHT SATAKUNNANKATU – KUNINKAANKATU (304)



Ajoneuvomäärät (kpl)						
	EN	EW	NS	SN	WE	WN
Henkilöautot	50	717	0	0	627	174
Rekat	1	13	0	0	9	4
Bussit	0	5	0	0	2	0
Jalankulkijat	0	164	157	151	160	0
Keskimääräiset viiveet (s)						
Henkilöautot	19.9	16.8	0.0	0.0	4.7	39.4
Rekat	19.8	22.4	0.0	0.0	6.6	36.6
Bussit	0.0	23.3	0.0	0.0	14.8	0.0
Jalankulkijat				20.6		
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)						
Henkilöautot	0.79	0.52	0.00	0.00	0.19	0.99
Rekat	1.11	0.70	0.00	0.00	0.23	0.80
Bussit	0.00	0.48	0.00	0.00	0.07	0.00
Jalankulkijat				0.53		
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)						
Henkilöautot	12.2	10.4	0.0	0.0	2.0	31.9
Rekat	10.9	13.6	0.0	0.0	2.7	28.2
Bussit	0.0	4.5	0.0	0.0	1.0	0.0
Jalankulkijat				-		
Ajoaikaisten jonopituudet (m)						
Keskimääräiset	18.0	18.0	-	-	12.4	12.4
Maksimi	156.4	156.4	-	-	76.1	76.1
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)						
CO	40.51	498.57	-	-	236.75	194.57
NOx	7.88	97.00	-	-	46.06	37.86
VOC	9.39	115.55	-	-	54.87	45.10
Polttoaine	0.58	7.13	-	-	3.39	2.78

ImFlow

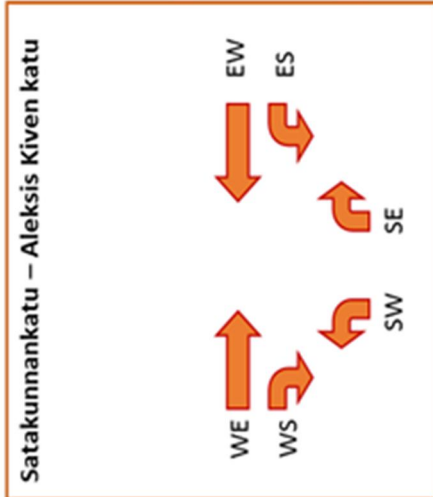
LIITE AU SYVARI IHT SATAKUNNANKATU – ALEKSIS KIVEN KATU (303)



Ajoneuvomäärät (kpl)	ES	EW	NS	SE	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	228	649	0	219	0	121	524	97
Rekat	5	12	0	4	0	3	9	1
Bussit	0	5	0	3	0	0	2	0
Jalankulkijat	0	166	76	0	76	0	155	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	28.8	13.9	0.0	9.7	0.0	31.4	12.7	10.9
Rekat	28.9	14.1	0.0	11.1	0.0	32.1	13.6	2.7
Bussit	0.0	18.5	0.0	6.6	0.0	0.0	20.2	0.0
Jalankulkijat				24.2				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)								
Henkilöautot	0.71	0.43	0.00	0.38	0.00	1.27	0.31	0.48
Rekat	0.91	0.42	0.00	0.48	0.00	1.24	0.36	0.14
Bussit	0.00	0.69	0.00	0.24	0.00	0.00	0.50	0.00
Jalankulkijat				0.57				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	21.6	8.4	0.0	6.4	0.0	22.1	9.1	7.0
Rekat	18.5	8.1	0.0	6.3	0.0	21.2	8.6	1.2
Bussit	0.0	7.6	0.0	2.3	0.0	0.0	10.8	0.0
Jalankulkijat				-				
Ajoaikaisten jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	30.7	30.7	-	6.9	-	6.9	11.4	11.4
Maksimi	260.1	260.1	-	48.2	-	48.2	131.5	131.5
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)								
CO	206.47	398.48	-	110.06	-	132.99	290.69	52.18
NOx	40.17	77.53	-	21.41	-	25.88	56.56	10.15
VOC	47.85	92.35	-	25.51	-	30.82	67.37	12.09
Polttoaine	2.95	5.70	-	1.57	-	1.90	4.16	0.75

SYVARI

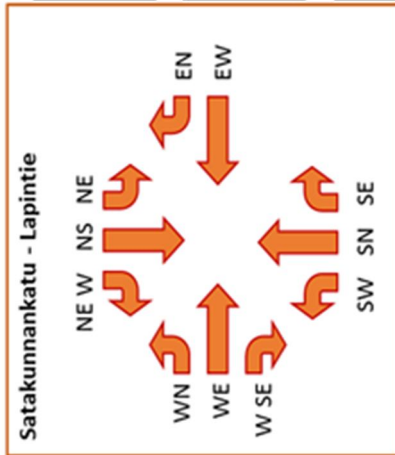
LIITE AV IMFLOW IHT SATAKUNNANKATU – ALEKSIS KIVEN KATU (303)



Ajoneuvomäärät (kpl)	ES	EW	NS	SE	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	226	647	0	218	0	120	532	97
Rekat	5	12	0	4	0	3	8	1
Bussit	0	5	0	3	0	0	1	0
Jalankulkijat	0	167	76	0	76	0	155	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	30.2	12.8	0.0	16.5	0.0	44.6	15.6	17.0
Rekat	32.8	12.3	0.0	16.7	0.0	37.1	15.7	8.4
Bussit	0.0	11.4	0.0	16.9	0.0	0.0	23.8	0.0
Jalankulkijat				14.5				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)								
Henkilöautot	0.99	0.50	0.00	0.58	0.00	1.52	0.56	0.94
Rekat	0.97	0.39	0.00	0.57	0.00	1.38	0.52	0.64
Bussit	0.00	0.34	0.00	0.62	0.00	0.00	0.57	0.00
Jalankulkijat				0.49				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	20.5	5.2	0.0	11.9	0.0	33.6	9.4	11.0
Rekat	21.7	4.8	0.0	11.1	0.0	23.7	8.4	2.6
Bussit	0.0	3.4	0.0	9.1	0.0	0.0	15.5	0.0
Jalankulkijat				-				
Ajoaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	24.4	24.4	-	11.3	-	11.3	14.7	14.7
Maksimi	189.4	189.4	-	62.2	-	62.2	126.8	126.8
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)								
CO	228.54	400.27	-	145.06	-	165.86	358.01	74.52
NOx	44.47	77.88	-	28.22	-	32.27	69.66	14.50
VOC	52.97	92.77	-	33.62	-	38.44	82.97	17.27
Polttoaine	3.27	5.73	-	2.07	-	2.37	5.12	1.07

ImFlow

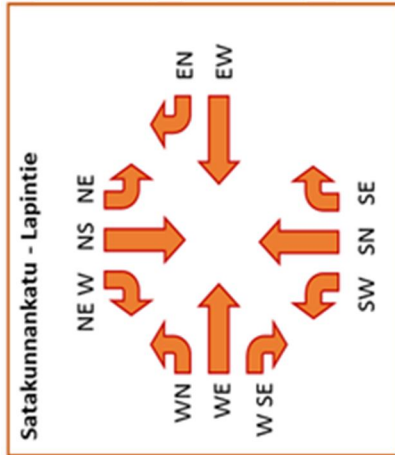
LIITE AW SYVARI IHT SATAKUNNANKATU – LAPINTIE (301)



Ajoneuvomäärät (kpl)												
	EN	EW	NE	NS	SE	SN	SW	WE	WN	NE W	W SE	
Henkilöautot	23	589	16	88	19	81	171	423	167	115	149	
Rekat	0	12	1	1	0	1	3	9	3	3	3	
Bussit	0	2	0	0	0	0	0	2	3	3	0	
Jalankulkijat	0	107	0	156	0	158	0	93	0	0	0	
Keskimääräiset viiveet (s)												
Henkilöautot	32.0	34.1	43.3	32.1	53.0	49.9	65.0	7.9	17.9	41.0	7.9	
Rekat	13.1	37.1	11.3	38.4	10.9	26.5	65.1	9.8	16.0	40.8	12.1	
Bussit	0.0	56.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	27.4	49.0	0.0	
Jalankulkijat	29.1											
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)												
Henkilöautot	0.96	0.87	1.86	0.81	1.50	1.12	2.30	0.24	0.76	1.01	0.30	
Rekat	0.29	0.89	0.43	0.71	0.29	0.57	2.11	0.33	0.73	0.96	0.42	
Bussit	0.00	1.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	1.19	0.86	0.00	
Jalankulkijat	0.83											
keskimääräiset pysähtymisaajat (s/ajon)												
Henkilöautot	22.9	25.5	33.2	26.6	39.4	37.9	44.7	4.1	10.8	33.7	3.9	
Rekat	9.1	26.9	7.6	32.0	7.0	19.4	44.8	4.3	9.1	32.1	7.0	
Bussit	0.0	29.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	12.9	29.9	0.0	
Jalankulkijat	-											
Ajoaistojen jonopituudet (m)												
Keskimääräiset	50.0	50.0	7.5	7.5	24.1	24.1	24.1	7.4	7.4	10.0	7.4	
Maksimi	211.5	211.5	51.2	51.2	99.6	99.6	99.6	100.8	100.8	55.7	100.8	
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)												
CO	22.96	648.63	11.64	42.83	28.40	107.30	337.04	222.30	138.53	140.34	72.58	
NOx	4.47	126.20	2.26	8.33	5.52	20.87	65.58	43.25	26.95	27.30	14.12	
VOC	5.32	150.33	2.70	9.93	6.58	24.87	78.11	51.52	32.11	32.52	16.82	
Polttoaine	0.33	9.28	0.17	0.61	0.41	1.54	4.82	3.18	1.98	2.01	1.04	

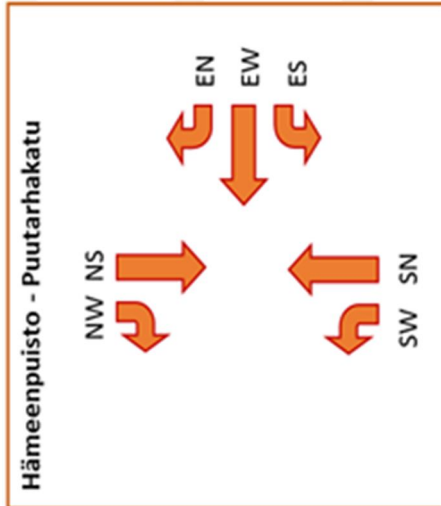
SYVARI

LIITE AX IMFLOW IHT SATAKUNNANKATU – LAPINTIE (301)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	EW	NE	NS	SE	SN	SW	WE	WN	NE	W	SE	W
Henkilöautot	23	589	16	88	19	81	172	430	169	115	149		
Rekat	0	12	1	1	0	1	3	7	2	3	3		
Bussit	0	2	0	0	0	0	0	2	3	3	0		
Jalankulkijat	0	108	0	155	0	156	0	95	0	0	0		
Keskimääräiset viiveet (s)													
Henkilöautot	25.4	22.9	41.8	34.1	50.3	48.9	57.7	11.8	24.7	41.3	12.6		
Rekat	14.5	23.7	27.6	15.6	10.3	29.7	61.4	13.2	27.3	36.9	14.3		
Bussit	0.0	47.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	28.2	58.0	0.0		
Jalankulkijat						32.0							
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)													
Henkilöautot	0.96	0.67	1.72	0.83	1.32	1.03	1.62	0.41	1.11	0.89	0.48		
Rekat	0.57	0.66	0.71	0.36	0.29	0.52	1.51	0.43	1.44	0.83	0.59		
Bussit	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	1.05	0.91	0.00		
Jalankulkijat						0.84							
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)													
Henkilöautot	17.3	16.6	32.2	28.5	38.0	37.5	40.8	5.8	14.2	34.9	6.0		
Rekat	9.6	16.4	21.5	10.7	7.4	23.3	41.8	5.5	11.0	29.0	6.0		
Bussit	0.0	24.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	15.0	38.4	0.0		
Jalankulkijat						-							
Ajoaistojen jonopituudet (m)													
Keskimääräiset	29.5	29.5	8.1	8.1	24.1	24.1	24.1	15.2	15.2	11.2	15.2		
Maksimi	182.5	182.5	51.3	51.3	90.8	90.8	90.8	175.4	175.4	55.8	175.4		
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)													
CO	20.91	514.27	11.44	44.08	26.00	102.54	284.14	272.00	174.40	137.27	91.67		
NOx	4.07	100.06	2.23	8.58	5.06	19.95	55.28	52.92	33.93	26.71	17.84		
VOC	4.85	119.19	2.65	10.21	6.02	23.77	65.85	63.04	40.42	31.81	21.25		
Polttoaine	0.30	7.36	0.16	0.63	0.37	1.47	4.07	3.89	2.49	1.96	1.31		

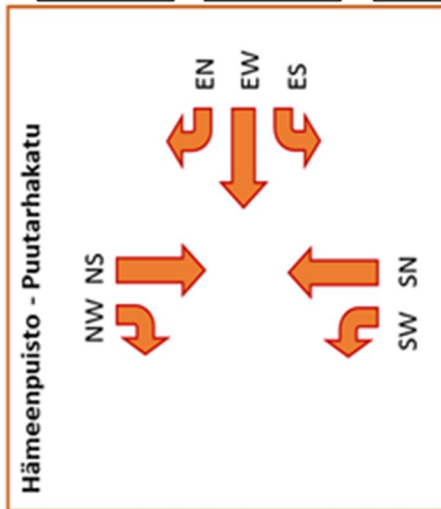
LIITE AY SYVARI IHT HÄMEENPUISTO – PUUTARHAKATU (216)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	ES	EW	NS	NW	SN	SW	WE
Henkilöautot	77	65	54	353	33	562	17	0
Rekat	1	1	2	6	0	12	0	0
Bussit	0	0	0	11	0	11	0	0
Jalankulkijat	0	0	117	195	0	205	0	120
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	16.5	14.6	13.2	8.0	11.3	11.0	27.6	0.0
Rekat	13.8	8.6	10.1	9.1	4.0	10.5	8.4	0.0
Bussit	0.0	0.0	0.0	19.0	0.0	6.1	0.0	0.0
Jalankulkijat				14.9				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)								
Henkilöautot	1.11	0.66	0.59	0.44	0.65	0.60	1.70	0.00
Rekat	0.48	0.29	0.31	0.32	0.29	0.48	0.57	0.00
Bussit	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.10	0.00	0.00
Jalankulkijat				1.00				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	9.5	8.0	7.7	3.0	5.1	4.3	15.3	0.0
Rekat	6.8	3.4	5.4	3.1	2.0	2.6	3.3	0.0
Bussit	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.1	0.0	0.0
Jalankulkijat				-				
Ajo kaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	3.4	3.4	3.4	6.4	6.4	6.4	6.4	-
Maksimi	34.0	34.0	34.0	70.1	70.1	81.4	81.4	-
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)								
CO	63.75	48.71	39.12	191.29	20.43	345.84	21.22	-
NOx	12.40	9.48	7.61	37.22	3.98	67.29	4.13	-
VOC	14.77	11.29	9.06	44.33	4.74	80.15	4.92	-
Polttoaine	0.91	0.70	0.56	2.74	0.29	4.95	0.30	-

SYVARI

LIITE AZ IMFLOW IHT HÄMEENPUISTO – PUUTARHAKATU (216)

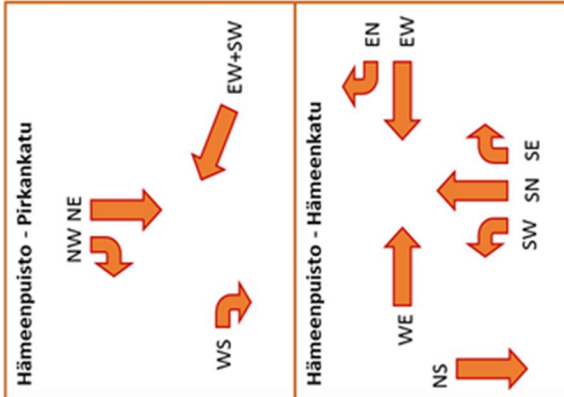


Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	ES	EW	NS	NW	SN	SW	WE
Henkilöautot	76	65	56	364	34	584	17	0
Rekat	2	1	1	8	1	12	1	0
Bussit	0	0	0	12	0	12	0	0
Jalankulkijat	0	0	117	196	0	206	0	120
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	30.3	47.0	42.1	5.8	6.5	4.5	30.9	0.0
Rekat	27.1	38.6	40.7	4.9	5.0	5.1	28.2	0.0
Bussit	0.0	0.0	0.0	17.0	0.0	5.6	0.0	0.0
Jalankulkijat				16.8				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)								
Henkilöautot	1.49	1.55	1.38	0.32	0.37	0.20	1.47	0.00
Rekat	1.29	1.25	1.21	0.19	0.29	0.14	0.79	0.00
Bussit	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.18	0.00	0.00
Jalankulkijat				0.88				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	20.7	34.3	31.0	2.2	2.4	1.2	21.7	0.0
Rekat	14.3	27.0	29.7	1.5	1.1	1.1	20.4	0.0
Bussit	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.6	0.0	0.0
Jalankulkijat				-				
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	7.2	7.2	7.2	2.1	2.1	1.9	1.9	-
Maksimi	43.4	43.4	43.4	48.2	48.2	64.8	64.8	-
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)								
CO	87.25	99.36	79.44	173.34	15.94	232.98	2.149	-
NOx	16.98	19.33	15.46	33.72	3.10	45.33	4.18	-
VOC	20.22	23.03	18.41	40.17	3.69	53.99	4.98	-
Polttoaine	1.25	1.42	1.14	2.48	0.23	3.33	0.31	-

ImFlow

LIITE BA SYVARI IHT HÄMEENPUISTO – PIRKANKATU – HÄMEENKATU (209 – 211)

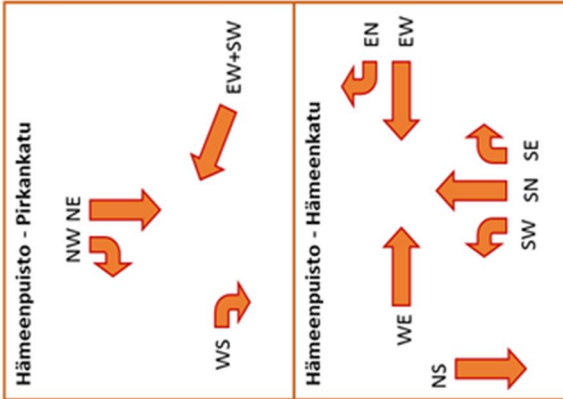
		EN	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WN	WS	NWS	SNW
Ajoneuvomäärät (kpl)														
Henkilöautot														
		94	232	126	272	21	27	486	153	103	0	275	0	0
Rekat														
		2	5	1	5	1	1	10	2	2	0	7	0	0
Bussit														
		10	46	10	2	0	0	2	0	46	0	0	0	0
Jalankulkijat														
		161	121	40	0	149	0	0	0	256	43	0	25	23
Keskimääräiset viiveet (s)														
Henkilöautot														
		24.3	16.9	58.9	38.2	37.1	58.3	57.6	82.9	13.8	0.0	22.9	0.0	0.0
Rekat														
		28.8	20.6	55.9	50.1	32.1	39.2	61.0	84.5	9.4	0.0	23.7	0.0	0.0
Bussit														
		30.3	29.0	34.4	16.6	0.0	0.0	48.4	0.0	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat														
								34.4						
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)														
Henkilöautot														
		1.04	0.55	1.84	0.89	1.12	1.20	1.03	2.16	0.52	0.00	0.84	0.00	0.00
Rekat														
		1.00	0.59	1.57	0.95	1.00	0.76	1.06	2.00	0.32	0.00	0.84	0.00	0.00
Bussit														
		0.70	0.65	1.27	0.50	0.00	0.00	0.86	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat														
								1.17						
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)														
Henkilöautot														
		14.2	12.1	43.1	28.7	27.9	48.5	48.6	64.1	8.7	0.0	15.5	0.0	0.0
Rekat														
		16.9	14.0	38.2	37.6	24.9	31.6	48.9	62.4	4.6	0.0	14.8	0.0	0.0
Bussit														
		10.0	10.1	13.0	4.8	0.0	0.0	25.4	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat														
								-						
Ajokaistojen jonopituudet (m)														
Keskimääräiset														
		11.2	11.2	22.1	22.1	22.1	66.9	66.9	66.9	6.2	-	6.2	-	-
Maksimi														
		71.3	71.3	101.7	101.7	101.7	153.8	153.8	153.8	69.8	-	69.8	-	-
Iinastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)														
CO														
		105.57	256.82	246.94	164.27	23.94	39.54	715.11	346.32	118.53	-	135.47	-	-
NOx														
		20.54	49.97	48.04	31.96	4.66	7.69	139.13	67.38	23.06	-	26.36	-	-
VOC														
		24.47	59.52	57.23	38.07	5.55	9.16	165.73	80.26	27.47	-	31.40	-	-
Polttoaine														
		1.51	3.68	3.53	2.35	0.34	0.57	10.23	4.96	1.70	-	1.94	-	-



SYVARI

LIITE BB IMFLOW IHT HÄMEENPUISTO – PIRKANKATU – HÄMEENKATU (209 – 211)

		EN	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WN	WS	NWS	SNW
Ajoneuvomäärät (kpl)														
Henkilöautot		95	233	125	282	23	30	506	158	103	0	274	0	0
Rekat		2	5	3	5	0	0	11	4	2	0	7	0	0
Bussit		10	46	10	2	0	0	2	0	46	0	0	0	0
Jalankulkijat		161	122	41	0	151	0	0	0	254	43	0	25	23
Keskimääräiset viiveet (s)														
Henkilöautot		31.9	21.4	50.8	34.6	32.6	39.0	36.5	58.0	14.7	0.0	33.0	0.0	0.0
Rekat		42.1	19.9	53.4	33.0	25.6	3.7	38.5	62.9	12.5	0.0	32.9	0.0	0.0
Bussit		35.0	32.9	49.5	52.9	0.0	0.0	24.8	0.0	15.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat		26.4												
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)														
Henkilöautot		1.34	0.73	1.96	1.00	1.26	1.17	1.02	2.01	0.56	0.00	1.45	0.00	0.00
Rekat		1.33	0.63	1.92	0.93	0.86	0.14	0.99	1.98	0.50	0.00	1.41	0.00	0.00
Bussit		0.86	0.84	1.54	1.57	0.00	0.00	0.21	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat		1.14												
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)														
Henkilöautot		19.0	15.3	34.1	24.8	23.3	29.8	27.7	40.1	9.0	0.0	20.1	0.0	0.0
Rekat		25.2	12.8	34.0	20.7	18.6	2.3	26.9	40.2	6.6	0.0	18.4	0.0	0.0
Bussit		13.5	11.7	25.8	29.2	0.0	0.0	6.5	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat		-												
Ajokaistojen jonopituudet (m)														
Keskimääräiset		15.1	15.1	16.7	16.7	16.7	39.8	39.8	39.8	8.0	-	8.0	-	-
Maksimi		73.7	73.7	100.6	100.6	100.6	150.8	150.8	150.8	70.9	-	70.9	-	-
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)														
CO		126.95	290.70	243.45	169.35	25.65	32.39	585.61	298.80	125.24	-	181.25	-	-
NOx		24.70	56.56	47.37	32.95	4.99	6.30	113.94	58.14	24.37	-	35.27	-	-
VOC		29.42	67.37	56.42	39.25	5.95	7.51	135.72	69.25	29.03	-	42.01	-	-
Polttoaine		1.81	4.16	3.48	2.42	0.37	0.46	8.38	4.28	1.79	-	2.59	-	-



ImFlow

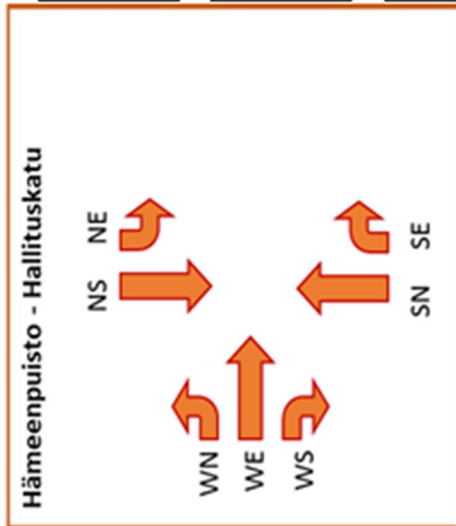
LIITE BC SYVARI IHT HÄMEENPUISTO – HALLITUSKATU (134)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EW	NE	NS	SE	SN	WE	WN	WS
Henkilöautot	0	85	461	117	600	154	69	60
Rekat	0	2	10	3	12	3	1	1
Bussit	0	0	2	0	2	0	0	0
Jalankulkijat	121	0	163	0	166	125	0	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	0.0	24.6	5.5	35.8	48.0	49.7	46.4	51.7
Rekat	0.0	26.1	4.5	68.7	51.6	39.0	19.6	38.9
Bussit	0.0	0.0	21.6	0.0	47.2	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat				15.9				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)								
Henkilöautot	0.00	1.30	0.34	1.87	2.00	1.65	1.87	2.05
Rekat	0.00	1.24	0.15	2.18	1.81	1.21	0.62	1.93
Bussit	0.00	0.00	0.43	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat				0.94				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	0.0	15.4	2.0	21.9	30.8	36.0	33.7	37.6
Rekat	0.0	12.9	0.7	48.8	30.7	27.2	12.9	24.1
Bussit	0.0	0.0	3.0	0.0	23.4	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat								
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	-	4.5	4.5	73.2	73.2	18.4	18.4	18.4
Maksimi	-	97.2	97.2	168.5	168.5	82.8	82.8	82.8
Ilmastopäästöt ja polttoaineen kulutus (g/gal)								
CO	-	90.02	183.05	158.52	956.11	240.30	109.31	98.13
NOx	-	17.51	35.61	30.84	186.02	46.76	21.27	19.09
VOC	-	20.86	42.42	36.74	221.59	55.69	25.33	22.74
Polttoaine	-	1.29	2.62	2.27	13.68	3.44	1.56	1.40

SYVARI

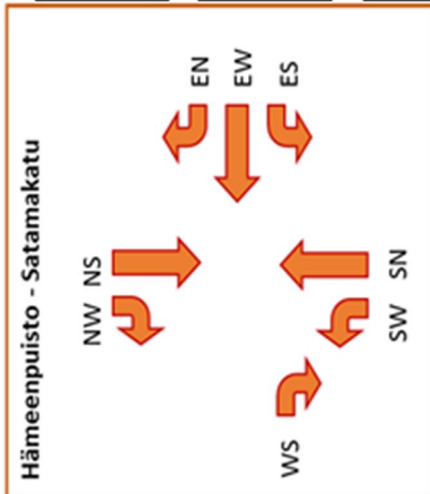
LIITE BD IMFLOW IHT HÄMEENPUISTO – HALLITUSKATU (134)



Ajoneuvomäärät (kp)	EW	NE	NS	SE	SN	WE	WN	WS
Henkilöautot	0	87	468	124	624	152	70	59
Rekat	0	2	10	2	14	3	1	1
Bussit	0	0	2	0	2	0	0	0
Jalankulkijat	123	0	163	0	166	125	0	0
Keskimääräiset viiveet (s)								
Henkilöautot	0.0	41.5	8.0	12.2	14.1	42.0	35.0	42.7
Rekat	0.0	35.9	11.0	20.7	14.3	27.1	18.4	48.2
Bussit	0.0	0.0	25.9	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat				34.2				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kp/ajon)								
Henkilöautot	0.00	1.43	0.36	0.77	0.65	1.07	1.08	1.34
Rekat	0.00	1.17	0.48	0.96	0.61	0.62	0.67	1.43
Bussit	0.00	0.00	0.57	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat				0.97				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)								
Henkilöautot	0.0	31.7	4.2	6.6	7.9	32.4	26.4	32.7
Rekat	0.0	26.6	5.3	11.6	6.4	19.7	10.6	32.5
Bussit	0.0	0.0	7.6	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat								
Ajo-kaistojen jonopituudet (m)								
Keskimääräiset	-	7.8	7.8	16.3	16.3	15.5	15.5	15.5
Maksimi	-	123.2	123.2	156.7	156.7	79.3	79.3	79.3
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)								
CO	-	116.53	207.95	81.26	427.34	194.77	82.75	76.08
NOx	-	22.67	40.46	15.81	83.15	37.90	16.10	14.80
VOC	-	27.01	48.19	18.83	99.04	45.14	19.18	17.63
Polttoaine	-	1.67	2.97	1.16	6.11	2.79	1.18	1.09

ImFlow

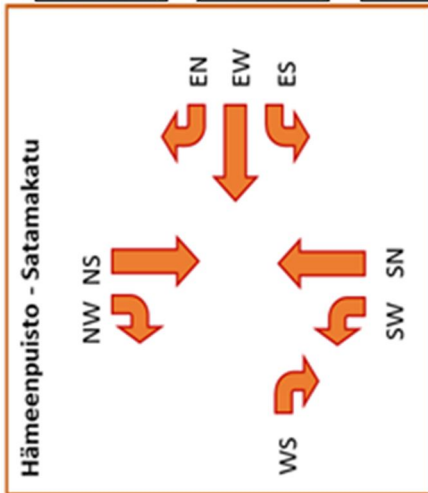
LIITE BE SYVARI IHT HÄMEENPUISTO – SATAMAKATU (133)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	ES	EW	NS	NW	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	113	65	154	420	101	608	629	0	570
Rekat	3	1	3	9	2	12	13	0	11
Bussit	0	0	2	2	0	2	0	0	2
Jalankulkijat	0	0	120	160	0	169	0	115	0
Keskimääräiset viiveet (s)									
Henkilöautot	60.4	38.2	36.1	24.9	28.0	31.3	18.5	0.0	11.7
Rekat	58.1	20.2	46.8	22.2	22.4	35.7	22.0	0.0	12.8
Bussit	0.0	0.0	45.5	39.3	0.0	43.2	0.0	0.0	18.3
Jalankulkijat				26.6					
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)									
Henkilöautot	1.40	0.89	0.86	0.74	1.01	1.06	0.47	0.00	0.45
Rekat	1.31	0.68	1.00	0.69	0.67	1.21	0.53	0.00	0.44
Bussit	0.00	0.00	0.57	0.71	0.00	1.14	0.00	0.00	1.00
Jalankulkijat				0.77					
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)									
Henkilöautot	48.7	30.7	29.6	18.4	20.4	14.2	12.0	0.0	4.6
Rekat	42.9	14.2	36.1	14.1	14.4	16.3	14.3	0.0	4.9
Bussit	0.0	0.0	37.8	26.2	0.0	18.0	0.0	0.0	2.3
Jalankulkijat				-					
Ajokaistojen jonopituudet (m)									
Keskimääräiset	17.0	17.0	17.0	13.8	13.8	49.7	49.7	-	8.1
Maksimi	60.1	60.1	60.1	81.1	81.1	181.2	181.2	-	92.0
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)									
CO	179.27	75.76	179.62	366.52	99.43	643.28	484.98	-	326.50
NOx	34.88	14.74	34.95	71.31	19.35	125.16	94.36	-	63.53
VOC	41.55	17.56	41.63	84.95	23.04	149.09	112.40	-	75.67
Polttoaine	2.56	1.09	2.57	5.25	1.42	9.20	6.94	-	4.67

SYVARI

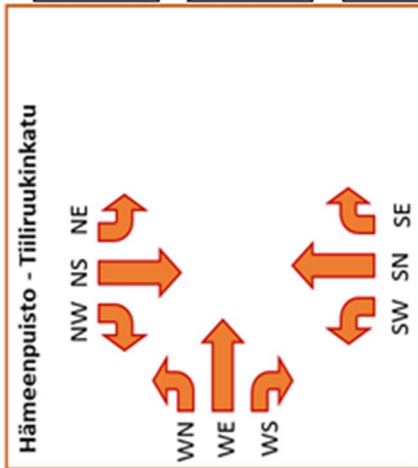
LIITE BF IMFLOW IHT HÄMEENPUISTO – SATAMAKATU (133)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EN	ES	EW	NS	NW	SN	SW	WE	WS
Henkilöautot	112	65	154	422	102	636	645	0	568
Rekat	3	1	3	10	2	13	13	0	11
Bussit	0	0	2	2	0	0	0	0	2
Jalankulkijat	0	0	122	161	0	170	0	115	0
Keskimääräiset viiveet (s)									
Henkilöautot	69.9	43.2	44.0	34.9	39.7	6.5	25.8	0.0	16.6
Rekat	63.8	20.2	62.5	36.7	39.1	7.1	24.8	0.0	15.3
Bussit	0.0	0.0	64.4	46.2	0.0	15.7	0.0	0.0	24.4
Jalankulkijat					39.7				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)									
Henkilöautot	1.55	1.01	1.01	0.89	1.16	0.29	0.79	0.00	0.57
Rekat	1.21	0.43	1.06	0.96	0.89	0.19	0.65	0.00	0.33
Bussit	0.00	0.00	1.21	1.07	0.00	0.29	0.00	0.00	0.64
Jalankulkijat					1.07				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)									
Henkilöautot	57.9	34.9	36.3	27.8	31.4	2.3	16.0	0.0	8.4
Rekat	50.5	15.3	51.2	26.9	30.1	1.6	15.3	0.0	6.7
Bussit	0.0	0.0	49.3	28.7	0.0	2.5	0.0	0.0	12.3
Jalankulkijat					-				
Ajoaistojen jonopituudet (m)									
Keskimääräiset	19.8	19.8	19.8	19.7	19.7	27.6	27.6	-	15.8
Maksimi	63.2	63.2	63.2	106.7	106.7	168.0	168.0	-	151.3
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)									
CO	196.77	82.86	206.76	451.95	122.26	296.97	629.63	-	385.33
NOx	38.28	16.12	40.23	87.93	23.79	57.78	122.50	-	74.97
VOC	45.60	19.20	47.92	104.74	28.34	68.82	145.92	-	89.30
Polttoaine	2.81	1.18	2.96	6.47	1.75	4.25	9.01	-	5.51

ImFlow

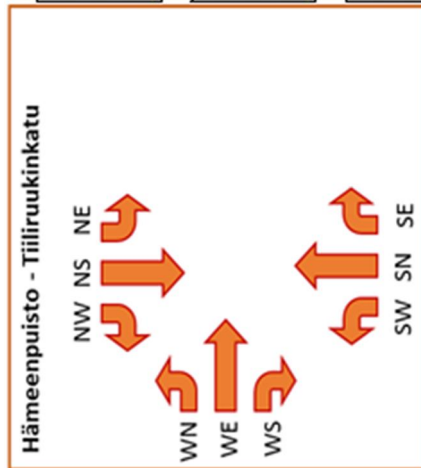
LIITE BG SYVARI IHT HÄMEENPUISTO – TIILIRUUKINKATU (132)



Ajoneuvomäärät (kpl)	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WN	WS
Henkilöautot	0	51	987	16	53	1228	40	10	22	90
Rekat	0	1	19	1	2	25	1	0	0	2
Bussit	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0
Jalankulkijat	122	0	158	0	0	167	0	122	0	0
Keskimääräiset viiveet (s)										
Henkilöautot	0.0	54.4	7.5	8.1	20.0	16.6	50.3	41.9	39.7	39.4
Rekat	0.0	31.4	8.4	6.0	19.8	16.0	51.4	4.5	6.0	35.4
Bussit	0.0	35.6	13.3	0.0	0.0	40.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat						39.8				
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kpl/ajon)										
Henkilöautot	0.00	1.46	0.36	0.52	0.83	0.64	1.51	0.92	1.09	1.12
Rekat	0.00	0.79	0.35	0.29	0.60	0.62	1.64	0.14	0.14	0.93
Bussit	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat						0.97				
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)										
Henkilöautot	0.0	42.9	3.2	3.3	9.6	7.7	39.0	33.4	29.1	30.8
Rekat	0.0	23.1	2.8	3.0	9.6	7.0	38.1	2.9	3.8	27.0
Bussit	0.0	13.3	0.0	0.0	0.0	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat						-				
Ajoaistojen jonopituudet (m)										
Keskimääräiset	-	6.8	6.8	6.8	45.3	45.3	45.3	7.5	7.5	7.5
Maksimi	-	80.5	80.5	80.5	183.7	183.7	183.7	47.3	47.3	47.3
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)										
CO	-	82.59	480.40	8.61	41.33	852.56	62.81	12.44	28.75	105.07
NOx	-	16.07	93.47	1.68	8.04	165.88	12.22	2.42	5.59	20.44
VOC	-	19.14	111.34	2.00	9.58	197.59	14.56	2.88	6.66	24.35
Polttoaine	-	1.18	6.87	0.12	0.59	12.20	0.90	0.18	0.41	1.50

SYVARI

LIITE BH IMFLOW IHT HÄMEENPUISTO – TIILIRUUKINKATU (132)



Ajoneuvomäärät (kp/l)										
	EW	NE	NS	NW	SE	SN	SW	WE	WN	WS
Henkilöautot	0	51	989	16	55	1259	42	10	22	89
Rekat	0	1	20	0	1	26	1	0	0	2
Bussit	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0
Jalankulkijat	120	0	157	0	0	168	0	123	0	0
Keskimääräiset viiveet (s)										
Henkilöautot	0.0	36.3	4.5	4.0	7.6	7.7	38.5	95.3	69.9	65.2
Rekat	0.0	19.9	4.2	0.3	4.4	8.7	45.6	3.6	11.1	59.4
Bussit	0.0	46.9	14.5	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat	28.4									
Keskimääräiset pysähtymismäärät (kp/ajon)										
Henkilöautot	0.00	1.22	0.20	0.19	0.42	0.33	1.34	2.00	1.55	1.72
Rekat	0.00	0.57	0.15	0.00	0.21	0.30	1.14	0.14	0.29	1.31
Bussit	0.00	1.36	0.14	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
Jalankulkijat	0.91									
keskimääräiset pysähtymisajat (s/ajon)										
Henkilöautot	0.0	27.4	1.9	1.5	2.8	2.8	27.9	80.1	56.5	52.8
Rekat	0.0	15.3	1.1	0.0	0.4	2.9	36.4	1.7	8.3	46.2
Bussit	0.0	20.2	0.5	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Jalankulkijat	-									
Ajoaistojen jonopituudet (m)										
Keskimääräiset	-	3.5	3.5	3.5	9.1	9.1	9.1	13.5	13.5	13.5
Maksimi	-	59.1	59.1	59.1	112.4	112.4	112.4	57.3	57.3	57.3
Ilmastopäästöt ja polttoaineenkulutus (g/gal)										
CO	-	65.70	390.59	6.15	27.00	602.43	55.61	23.12	39.35	153.46
NOx	-	12.78	75.99	1.20	5.25	117.21	10.82	4.50	7.66	29.86
VOC	-	15.23	90.52	1.43	6.26	139.62	12.89	5.36	9.12	35.56
Polttoaine	-	0.94	5.59	0.09	0.39	8.62	0.80	0.33	0.56	2.20

ImFlow