

**VARAUSASTEEN HYÖDYNTÄMINEN LIIKENTEEEN
REAALIAIKAISESSA SEURANNASSA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Riihimäen kampus, liikenneala

Kevätlukukausi, 2019

Elmeri Kari

Liikenneala
Riihimäki

Tekijä	Elmeri Kari	Vuosi 2018
Työn nimi	Varausasteen hyödyntäminen liikenteen reaaliaikaisessa seurannassa	
Työn ohjaaja/t	Rami Tervo, Janne Rautio	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön aiheena on maantiellä olevista induktiosilmukoista saadun varausasteiden standardisointi. Periaatteena haluttiin yhden luvun kertovan liikenteen ruuhakutumisesta eri automatisoiduilla liikenteen mittausasemilla reaaliajassa.

Lopputuloksena odotettiin kaaviota tai kaavaa, jota muokkaamalla saataisiin kaikki tieverkolla löytyvät liikenteen mittauspisteet kalibroituja, ilman maastokäynnin tarvetta.

Projektin alussa saatiin pääsy yhteen Helsingissä sijaitsevaan mittausasemaan, joka antoi ulos pisteen ylittäneiden autojen määrän sekä varausasteen, viiden minuutin välein aikaleimojen kanssa. Kuvausta suoritettiin yhden aamun huipputunnin verran ja sitä verrattiin järjestelmästä saatuun dataan samalta ajalta. Tällä tavalla löydettiin monia ongelmia projektin päämäärän ja järjestelmän keräämän datan välillä.

Järjestelmän todetaan keräävän liian vähän dataa liian harvoin. Tarvittaisiin toinen induktiosilmukka samaan määrittämään ajoneuvojen nopeus sekä pituus yksitellen.

Tuloksena todettiin että kyseistä järjestelmää ei ole tarkoitettu haluttuun käyttötarkoitukseen ja suositellaan muiden liikenteen seurantaan hyödynnettävien järjestelmien harkitsemista.

Työn tilaajana toimi espoolainen Trafix OY, (nykyään osa WSP:tä)

Avainsanat Liikenne, maantieliikenne, sujuvuus, varausaste

Sivut 22 sivua

Traffic and transport management
Riihimäki

Author	Elmeri Kari	Year 2018
Subject	Use of reservation rates in traffic monitoring.	
Supervisors	Rami Tervo, Janne Rautio	

ABSTRACT

This work was commissioned by Trafix OY (Now part of WSP)

The aim of this project was to standardize the “reservation rates” of induction sensors found on highways for traffic counting and to indicate congestion, basically have one figure tell in real time how the traffic is flowing at a specific point on the road, with an easily comprehensible rating in real time.

The desired outcome of this project was a chart or a formula that could easily be modified to give accurate congestion rates at each monitoring station, without a need for an onsite visit.

At the start of the project access was granted to a monitoring station in Helsinki that displayed the date and time, number of vehicles that had passed each induction sensor and the reservation rate percentage on each lane separately. The research site was filmed one morning for three hours and these videos were cross referenced with the data from the monitoring station for the same period. As a result, multiple problems were discovered regarding the objective of this project and the lack of information the system was gathering.

It was concluded that the data the system gathers was not enough, and it came in too rarely for it to be used in a real time traffic surveillance

As a result, we can only note that this system was not intended for the use the objective of this project was aiming for, and as such the author recommends looking into other alternative methods of monitoring traffic with congestion in mind, such as GPS based mobile applications.

Keywords Traffic, congestion, induction, sensor, monitoring.

Pages 22 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	ILMAISIMET.....	2
2.1	Induktiosilmukat.....	2
2.2	Varausaste.....	5
2.3	Esimerkkejä induktiosilmukan käytöstä.....	6
2.3.1	LAM pisteet.....	6
2.3.2	Parkkihallien ovet.....	8
2.3.3	Liikennevalot.....	8
2.3.4	Nopeusvalvontakamera.....	8
2.4	Muita ilmaisimia.....	9
2.4.1	painonappi.....	10
2.4.2	Tutka.....	10
2.4.3	kuvantulkintalaitteisto.....	10
3	DATAN KERÄYS.....	11
3.1	Videokuvaus.....	12
3.2	Kuvauksen tulokset.....	13
3.3	Ongelmia ja virhearviointi.....	14
4	TIEDON KÄSITTELY JA HYÖDYNTÄMINEN.....	15
4.1	Järjestelmästä saatu data.....	15
4.2	Varausasteen muuttujat ja ongelmat.....	16
4.3	Järjestelmän rajoitteet.....	17
5	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	17
5.1	Varausasteen käyttö liikenteen tulkitsemisessa.....	17
5.2	Loppupäätelmät sekä kehittämissuhteet.....	20
	LÄHTEET.....	22

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tutkia olemassa olevien käyttöastetta ilmaisevien varausasteiden verrannaisuutta maastossa kulkevan liikenteen ruuhkautuvuuteen ja luoda liukuva liikenteen ruuhkautuneisuutta kuvaava asteikko, jota voidaan soveltaa mahdollisimman moneen liikenneympäristöön. Tämänhetkisenä haasteena oli tarve kalibroida mittauspisteet yksitellen silmämääräisesti maastokäynnillä, jota tällä opinnäytetyöllä pyrittiin välttämään.

Liikenteen suurimpia haasteita tällä hetkellä on digitaalisuuden hyödyntäminen ja järjestelmien yhteen sovittaminen. Suurin osa järjestelmistä kerää tietoa omaa tarkoitustaan varten eikä jaa sitä muiden tahojen kanssa. Datan kerääminen ei ole siis enää ongelma, mutta datan liikkuminen ja monitahoinen jalostaminen ovat päivän haasteet.

Työtä lähdettiin tekemään tarkastelemalla yhteistyökumppanilta saatua järjestelmää, videokuvaamalla maastokäynnillä automatisoitua liikenteen laskentapistettä ja silmämääräisesti vertailemalla dataa saatuun videokuvaan. Lisäksi pohdittiin mitkä muuttujat ovat yhteydessä järjestelmän keräämään dataan. Tuloksena odotettiin saavan aikaiseksi kaava tai taulukko, jota voitaisiin soveltaa reaaliajassa toimivaan liikenteenvalvonta järjestelmään kertomaan liikenteen sujuvuudesta eri mittauspisteillä ilman maastokäynnillä kalibroimisen tarvetta, vaihtamalla järjestelmään muuttujat vastaamaan jokaista sijaintia.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi espoolainen Trafix Oy, joka yhdistyi WSP Finland OY:hyn vuonna 2018, ja yhteistyössä toimi Nodeon joka antoi pääsyn yhteen automatisoituun liikenteenlaskenta pisteen järjestelmään. Opinnäytetyön ohjaajina toimivat Janne Rautio sekä Rami Tervo.

2 ILMAISIMET

Ilmaisinjärjestelmä koostuu tietokoneesta, yhdyskaapelista ja ilmaisun antavasta anturista (ilmaisim). Anturina toimii esimerkiksi induktiosilmukka, painonappi, infrapuna-, mikroaaltotutka tai kuvantulkintalaitteistoon liitetty liikennekamera. Tässä työssä keskitytään induktiosilmukoihin.

2.1 Induktiosilmukat

Induktiosilmukka on ilmaisim, jossa anturina toimii asfalttiin upotettu sähköä johtava kaapeli, joka luo induktiolla magneettikentän itsensä ympärille. Auton ylittäessä induktiosilmukan, metallikori luo resistanssia magneettikenttään häiriten sähkön kulkua. Järjestelmä tulkitsee muutoksen sähkövirrassa ja merkitsee sen järjestelmään ylittäneenä ajoneuvona.

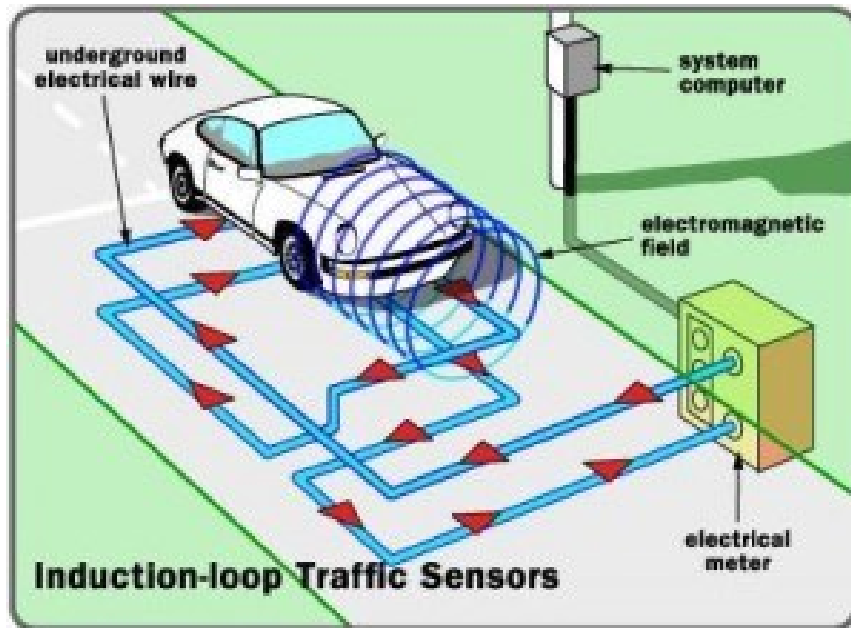
Silmukkailmaisimen edellytetään toimivan silmukan ollessa 10cm päällysteen peitossa. Asennussyvyys määritetään järjestelmää suunniteltaessa. Silmukkailmaisimen herkkyyttä täytyy pystyä säätämään ohjauskojeella, jotta ilmaisimella voidaan havaita kaikki suunnitelmassa vaaditut ajoneuvot. (Liikennevirasto, 2004)

Induktiosilmukoita asennetaan tarpeen mukaan yksi tai kaksi per kaista. Yksi ilmaisim riittää kertomaan yli kulkevien ajoneuvojen lukumäärän. Kahdella kulkuilmaisimella saadaan myös ajoneuvojen nopeus sekä pituus.

Liikennevaloissa on yleisesti kulku- sekä läsnäoloilmaisimet. Kulkuilmaisim ilmaisee, kun ajoneuvo lähestyy liikennevaloja ja voidaan mahdollisuuksien mukaan vaihtaa valon vihreäksi niin että ajoneuvon ei tarvitse pysähtyä. Läsnäoloilmaisim kertoo liikennevaloja odottavasta pysähtyneestä ajoneuvosta.

Kahdella induktiosilmukalla saadaan suoraan ajoneuvon nopeus kahden induktiosilmukan aktivoitumisen välisestä ajasta, tiedettäessä induktiosilmukoiden välinen matka. Ajoneuvon pituus saadaan induktiosilmukan välisestä aktivoitumisajasta, aktiivisuuden kestoajasta

sekä deaktivoitumisen välisestä ajasta. Kuvassa 1 nähdään miten induktiosilmukan ilmaisin toimii.



Kuva 1. Induktiosilmukan toimintaperiaate (iWatch systems, 2010).

Induktiosilmukat asennetaan tiehen eri kuvioina riippuen niiden tarkoituksesta. Paikallaolo ilmaisimet tyypillisesti asennetaan risti asetelmassa, kuten kuvassa 2.



Kuva 2. Induktiosilmukan ristiasetelma.

Ohikulku ilmaisimet asennetaan yleisesti 45 asteen kulmaan liikenteen suuntaan. Tästä esimerkki kuvassa 3.



Kuva 3. Induktiosilmukan 45 asteen asetus.

Ilmaisimia on ollut olemassa jo 1900 luvun puolivälistä asti, mutta niiden käyttö yleistyi vasta myöhemmin. Alun perin induktiosilmukat tulivat osaksi liikennevalojen automaattista mutta hyvin analogista ohjausjärjestelmää ja peruseriaate järjestelmän takana on edelleen sama.

Hyviä puolia järjestelmässä on sen skaalautuvuus, yksinkertaisuus sekä käytön helppous. Induktiosilmukoita voidaan vetää maahan kattamaan joko puolenmetrin matka tai yhtä helposti kahdenkymmenen metrin matka, esimerkiksi varastoalueen portilla, jossa rekoille on varattu tavallista leveämpi sisäänkulku, kuten kuvassa 4. Tämän johdosta induktiosilmukat asennetaan jokaiseen kohteeseen vastaamaan kyseisen kohteen parametreja. Yhtä tiettyä standardia ei ole induktiosilmukoiden

asentamiseen.



Kuva 4. Induktiosilmukka asennettu varastorakennuksen portille.

Järjestelmä on hyvin yksinkertainen, eikä siinä ole liikkuvia osia laisinkaan. Kaapelit on upotettu suojaan tiehen, eivätkä ne ole suoranaudessa kontaktissa yli ajavien ajoneuvojen kanssa, ja ne toimivat myös talvella jää- sekä lumipeitteen alla. Asennuksen jälkeen aktiivisen huollon ja ylläpidon tarve on matala.

Ilmaisimena induktiosilmukka on helppo autoilijalle, sillä sitä ei useimmiten edes huomaa saavuttaessa liikennevalo-ohjattuun risteykseen tai maantiellä laisinkaan. Induktiosilmukat eivät myöskään hidasta ajoneuvon kulkua.

Mainittavia haittapuolia induktiosilmukoissa on niiden herkkyys pienten kulkuneuvojen, kuten mopojen kohdalla. Mikäli herkkyyttä ei ole asetettu oikein, järjestelmä ei havaitse pieniä kulkuneuvoja oikein tai laisinkaan, joka voi osoittautua ongelmaksi ja jättää esimerkiksi skootterin tai mopon liikennevaloihin tai parkkihallin automaattiselle ovelle huomaamatta sitä.

2.2 Varausaste

Varausaste ilmaisee prosentteina, kuinka kauan tiehen upotettu induktiosilmukka on aktiivisena minuutista, eli kuinka kauan minuutista induktiosilmukan päällä on ilmaisimen huomaama ajoneuvo. Induktiosilmukoita löytyy monista liikennevalo-ohjatuista risteyksistä sekä yleisellä liikenneverkolla sijaitsevilta LAM pisteiltä, silmukkailmaisimen

muoto sekä mitat riippuvat asennuskohteesta ja ilmaisimen käyttötarkoituksesta.

Tienkäyttöön vaikuttavat yleisesti vuodenaika, nopeusrajoitukset, tien geometriset ominaisuudet, tien sijainti ja käyttötarkoitus, viikonpäivät, ruuhkauttavat juhlapyhät ja lomat sekä sää. Tekniseltä kannalta vaikuttavia tekijöitä ovat induktiosilmukan mitat, ajoneuvojen mitat, ajoneuvojen nopeudet sekä ajoneuvojen määrä.

Tämänhetkisenä haasteena on, että kaikki mittauspisteet joudutaan yksitellen kalibroimaan silmämääräisesti maastokäynnillä, katsomalla varausastetta eri ajanjaksoina ja nimeämällä ne silmämääräisesti eri kategorioihin, kuten 0-7% sujuvaa, 7-12% ruuhkautuvaa ja 12% tai enemmän on jumissa. Yhtä yhtenäistä kaavaa tai taulukkoa ei ole olemassa.

Varausasteet merkitsevät samoilla arvoilla erilaista tilannetta erilaisilla tienosuuksilla, esimerkkinä tästä 40 km/h ajavalla autolla saadaan arvo X, mutta 120 kilometrin tuntinopeudella samassa tilanteessa tarvittaisiin kolme autoa samaan varausasteeseen.

Aina ilmaisinsilmukoiden käytössä ei ole tarkoitus tutkia varausaikaa. Esimerkiksi liikennevaloissa tilanne on vielä edellistä esimerkkiä omalaatuisempi, sillä autojen tulee pysähtyä liikennevaloissa induktiosilmukoiden päälle, ja tämä ajaa varausastelukemia ylösentisestäään, eikä heijasta liikenteen sujuvuutta juuri laisinkaan.

2.3 Esimerkkejä induktiosilmukan käytöstä

Tässä luvussa käydään läpi yleisimpiä käytännön esimerkkejä, jossa induktiosilmukoita hyödynnetään.

2.3.1 LAM pisteet

Liikenteen automaattinen mittausasema, eli lyhyesti LAM on yleensä tien varrella asema jota ei päälle päin näy. Ne voivat sijaita tiesääsemien kanssa rinnakkain, kuten kuvassa 5. LAM piste laskee kyseiseltä tienosuudelta läpikulkeneet ajoneuvot, sekä keskinopeuden. Tällä saadaan

tieverkostolla kulkevista ajoneuvomääristä sekä keskinopeuksista kattava kuva eri tieosuuksilla.



Kuva 5. Tiesääsema.

LAM-pisteet rekisteröivät ohittavat ajoneuvot. Tyypillisiltä LAM pisteiltä saadaan ohituksen kellonaika, ajosuunta, ajokaista, ajonopeus, ajoneuvon pituus, peräkkäisten ajoneuvojen aikaero ja ajoneuvoluokka. Käytössä olevalta mittauspisteeltä saadaan kaistoittain viiden minuutin jaksoissa aikaleima, liikenteen määrä sekä varausaste.

LAM-pisteiden toiminta perustuu päällysteen sisälle upotettujen silmukoiden sähkömagneettiseen induktioon. LAM-piste koostuu kullakin kaistalla olevasta kahdesta induktiosilmukasta ja tiedonkeruuyksiköstä, joilla ajoneuvokohtaiset tiedot siirtyvät automaattisesti 5-10 minuutin välein LAM-järjestelmään liittyviin tietokantoihin. Liikennevirasto jakaa

ajantasaista tietoa eteenpäin mm. Digitrafficin kautta. (Liikennevirasto, 2014)

2.3.2 Parkkihallien ovet

Useimmissa parkkihalleissa ovien avaus tapahtuu induktiosilmukoiden avulla. Tämän ei vaadi kuskilta erillisiä toimenpiteitä ovien avaamiseen ja on todettu toimivan jokaisen auton kohdalla jopa talvisin, ilmaisimen ollessa lumen ja jääkerroksen peitossa. Muita hyviä puolia ovat pienet ylläpito ja huoltokustannukset järjestelmän mekaanisen yksinkertaisuuden johdosta. Esimerkki kuvassa 6.



Kuva 6. Parkkihallin induktiosilmukoilla toimivat ovet

2.3.3 Liikennevalot

Liikennevalot toimivat pääosin induktiosilmukoilla, jotka ilmaisevat risteykseen saapuvat autot kaistoittain ohikulkuilmaisimilla, sekä liikennevaloissa odottavia autoja paikallaoloilmaisimilla. Näistä kertyy laaja-alainen kuva risteyksen ohjauksen tarpeesta. Jokaiselta kaistalla on omat kääntymissuuntansa ja jokaiselta kaistalta löytyy omat induktiosilmukkansa, joista nähdään kuljettajan haluama suunta.

2.3.4 Nopeusvalvontakamera

Nopeusvalvontakamerat, yleisesti tunnettu nimeltä peltipoliisit, toimivat kahden induktiosilmukan avulla, esimerkki kuvassa 7. Kahdella

induktiosilmukalla saadaan suoraan laskettua nopeusvalvontakameran ohi kulkevan ajoneuvon nopeus sekä pituus.



Kuva 7. Nopeusvalvontakamera

2.4 Muita ilmaisimia

Tässä luvussa luetellaan muita ilmaisimia, joihin induktiosilmukan toiminto on verrattavissa, sekä kyseisten ilmaisimien toimintaperiaatteita.

2.4.1 painonappi

Ilmaisimista tyypillisin, perinteinen painonappi toimii painamalla. Painonappeja käytetään esimerkiksi jalankulkijoiden liikennevaloissa, jossa induktiosilmukat eivät toimi kehon vähäisen metallisuuden vuoksi. Painonappia on helppo käyttää, se koostuu napista sekä valosta, joka osoittaa onko nappia painettu vai ei.

2.4.2 Tutka

Tutkaus perustuu Doppler-efektiin, jossa tutka lähettää sekä vastaan ottaa mikroaaltosignaalia samanaikaisesti ja analysoi vastaanotetusta signaalin muutoksesta kohteen nopeuden. (Police Radar Information Center, 2018)

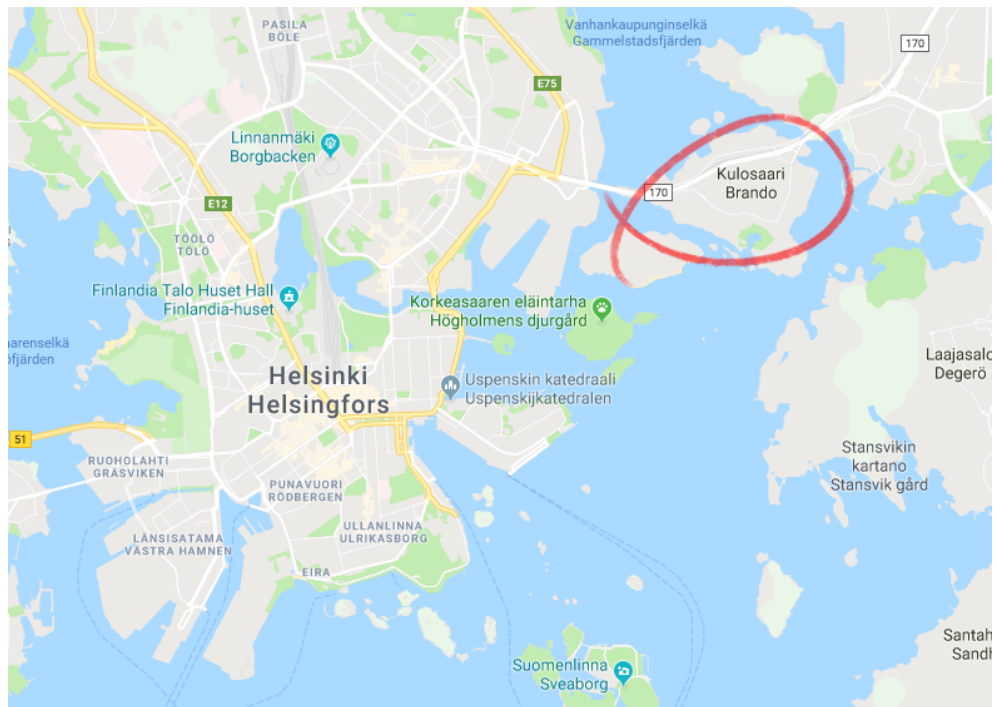
Kyseistä tekniikkaa hyödynnetään esimerkiksi Viacount nimisessä laskimessa, joka asennetaan tiensivussa olevaan pylvääseen. Laite laskee ohi kulkeneet ajoneuvot, jokaisen ajoneuvon nopeuden, sekä pituuden.

2.4.3 kuvantulkintalaitteisto

Kvanttulkintalaitteistolla tarkoitetaan tietokonetta tai ohjelmistoa, joka on liitetty liikennettä kuvaavaan valvontakameraan ja tunnistaa kuvasta ohi kulkevat ajoneuvot.

3 DATAN KERÄYS

Maastokäynnin tarkoituksena oli tutustua tutkimuskohteeseen (Kuva 8) sekä kuvata esimerkkiotos varausasteesta.



Kuva 8. Tutkimuskohteen sijainti (Google, 2018).

Tutkimuksen tarkoituksena oli kehittää datan analysointia, tutkimuksessa tarvittavan tiedon kokoamisessa otettiin videokuva kohteen läheiseltä sillalta, josta näki helposti kaikki idästä länteen menevät kaistat aamuhuipputuntien aikana ja jälkeinpäin videokuva rinnastettiin järjestelmästä samalta ajalta saatuun varausasteeseen.

Saatu data tuli Nodeonin automatisoidulta mittauspisteeltä Helsingin Kulosaarissa, tarkastelussa tutkittiin idästä tulevaa liikennettä aamuhuipputunnilla.

Tutkimukset suoritettiin silmämääräisenä vertailuna mittauspisteeltä saatuun dataan videoita apuna käyttäen. Tutkimus suoritettiin videokuvalla ja silmämääräisenä tarkasteluna, sillä lopputulokseksi toivottiin helposti ymmärrettävää kaavaa tai taulukkoa, joka kertoisi

pelkällä silmäyksellä mahdollisimman paljon mittauskohteen reaaliaikaisesta sujuvuudesta.

Kyseessä oli tie 170 eli Itäväylä, kyseisellä tienosuudella oli kolme kaistaa kumpaankin suuntaan ja 70km/h nopeusrajoitus. Kaistoilla ei ollut muita rajoituksia.

Itäväylä on yksi Helsingin kantakaupungin johtavista sisääntuloteistä idästä. Tien itäpuolella ovat asuinalueet kuten Herttoniemi ja Marjaniemi, sekä Itäkeskus. Helsingin kaupunki on laajentanut vuonna 2007 Sipoon puolelle, johon kasvaa uusia asuinalueita. Osa satamatoiminnoista on siirtynyt Vuosaaren satamaan, joka on tämän mittauspaikan itäpuolella. Mittauspaikan välittömässä läheisyydessä sillan länsipuolella on Helsingin kantakaupungin suurimpia rakennusalueita, Kalasatama, jota on kehitetty viimevuosina vilkkaasti sekä asuin käyttöön että yritysten tarpeisiin.

3.1 Videokuvaus

Kuvaus kesti kolme tuntia ja ajoittui aamuun kello 6:00-9:00, 22.1.2018. Tarkoituksena oli kuvata mahdollisimman monen eri varausasteen liikennetilanne, joten maanantai aamun nouseva ruuhkahuippuunnit valikoituivat tähän. Kuvaa otettiin noin 10 minuutin välein 3 minuutin

pituisina osina. Koko aikana pisteen läpi kulki noin 9000 autoa. Esimerkki kuvankaapaukset varausasteista kuvissa 9 sekä 10.



Kuva 9. Varausaste 2,8% aamun aikaisilla tunneilla, autoja harvaseltaan.



Kuva 10. Varausaste 8,5% aamun ruuhka huippu, autot jonoutuvat.

3.2 Kuvauksen tulokset

Videoista huomattiin empiirisenä havaintona että idästä tuleva liikenne tulee kolmen minuutin sykleissä, eli joka kolmas minuutti huomattavissa oli isompi aalto autoja ja välissä pari minuuttia hiljaisempaa liikennettä

Suurin varausaste oli 8,6% kello 8:15. Ruuhka huippu tuli 8:45 jolloin autot jonoutuivat Kauppakeskus Redin tuomien liikennejärjestelyiden sekä

porrastetun nopeusrajoituksen alentamisen takia. Ilman kyseistä hidastetta liikenne toimi moitteettomasti 8,6% varausasteella 70km/h.

3.3 Ongelmia ja virhearviointi

Kuvauspaikka ei ollut täsmälleen mittauspisteen kohdalla, joten järjestelmästä saatua varausastetta ei voitu synkronoida suoraan videokuvaan, vaikka kuvauspaikan ja mittauspisteen välistä ei tielle voinut saapua eikä poistua. Tästä johtuen mittauspisteen ja kuvauspaikan liikennemäärät ovat samat.

Järjestelmä lähettää tietonsa käyttäjärajapintaan viiden minuutin välein, joka ei ollut tarpeeksi usein tilaajan toiveiden mukaiseen reaaliaikaiseen varausasteen tarkkailuun ja tulkitsemiseen, viiden minuutin aikajakso ei myöskään synkronoinut kolmen minuutin välein tulevan autoaaltojen kanssa.

Laskennassa todetun jonoutumisen syynä oli Kalasatamassa sijaitseva rakennustyömaan erikoisjärjestelyt liikenteelle porrastetulla nopeusrajoituksella, ensin 60km/h ja jälkeenpäin 40km/h.

Mittausten ajankohtana, rakenteilla olevan kauppakeskus Redin tuomat liikennejärjestelyt olivat suurin vaikuttaja liikenteen ruuhkautumisessa, eikä mittaus vastaa enää tämänhetkistä liikenteen sujuvuutta.

4 TIEDON KÄSITTELY JA HYÖDYNTÄMINEN

Varausaste muuttujat ovat yksilöllisiä jokaisen mittauspisteen kohdalla. Näistä mainittavimpia ovat sää, tien geometria, vuodenajat ja juhlapyhillä on myös osuutta asiaan. Ympäröivä infra, kuten rakennustyömaat sekä liikennejärjestelmät ja järjestelyt vaikuttavat merkittävästi liikenteen sujuvuuteen.

Teoriassa voidaan laskea monia asioita käyttämällä keskiarvoja autojen pituuksista sekä liikenteen nopeudesta, mutta nämä eivät vastaa tilaajan tehtävänantoa, jossa haluttiin raakadataan perustuva liikennekuva.

Varausasteen aktiiviseen aikaan vaikuttavia tekijöitä ovat auton pituus, sensorin pituus, ajoneuvon nopeus sekä ajoneuvojen määrä. Auton ja sensorin yhteenlaskettu pituus on matka, jolla sensori on aktiivinen, tämä jaetaan auton nopeudella ja saadaan varausaika, joka ilmaistaan sekunneissa.

$$t = (l_1 + l_2) / v \quad (1)$$

Kun otetaan minuutin ajalta saatu varausaika ja jaetaan se 60 sekunnilla, saamme varausasteen eli prosenttiosuuden minuutista, jolla ilmaisin on ollut aktiivisena.

$$x = t / 60 \quad (2)$$

Käytännössä näiden lausekkeiden käyttäminen soveltavasti on hankalaa, sillä ajoneuvojen pituudet ja nopeudet vaihtelevat yksilöllisesti. Ainoat tiedossa olevat arvot olisivat ilmaisimen pituus ja varausaste. Tästä voimme laskea varausajan suoraan järjestelmästä. Vielä tarvittaisiin nopeus taikka ajoneuvon pituus, jotta yhtälö saataisiin toimimaan. Ajoneuvon pituus voidaan ottaa yleisenä keskiarvona liikenteen määrästä ja yleisimmistä ajoneuvoista tienpäällä. Jaettuna keskimääräinen ajoneuvonpituus järjestelmästä saadulla ajoneuvojen määrällä saadaan keskimääräinen nopeus.

4.1 Järjestelmästä saatu data

Järjestelmä antoi ulos tiedot kuvan 11 mukaisessa muodossa, josta selvisi kellonaika, ilmaisimen yli kulkeneiden autojen lukumäärä, kaistakohtainen varausaste, kaistan numero järjestelmässä ja kaistan nimi, joka tarkensi

mikä kaista oli kyseessä. Järjestelmä kirjasi dataa viiden minuutin jaksoissa erikseen jokaiselta kaistalta, ja lähetti sen kerralla käyttöliittymään.

Muodoltaan järjestelmästä saatu data oli oikein hyvin jalostettavissa eteenpäin, mutta se on hyvin vajavaista halutun kaavan tai taulukon luomiseen.

Tutkimuksessa käytettiin aamusta kolmen tunnin ajalta kerättyä dataa, samalta ajalta kuin videokuvaus. Jokainen havaintohetki antoi jokaiselta kaistaltaan oman tiedon.

Aika	Autojen lkm.	Varausaste	Kaistanumero	Kaistan nimi				
22.1.2018 5.21.33	18	2,77	1	Oikea kaista Kalasatamaan (Länteen)				
22.1.2018 5.21.33	62	5,34	2	Keskimmäinen kaista Kalasatamaan (Länteen)				
22.1.2018 5.21.33	69	5,13	3	Vasen kaista Kalasatamaan (Länteen)				
22.1.2018 5.21.33	7	0,51	5	Vasen kaista Herttoniemeen (Itään)				
22.1.2018 5.21.33	37	3,07	6	Keskimmäinen kaista Herttoniemeen (Itään)				
22.1.2018 5.21.33	2	0,17	7	Oikea kaista Herttoniemeen (Itään)				
22.1.2018 5.26.35	31	2,22	1	Oikea kaista Kalasatamaan (Länteen)				
22.1.2018 5.26.35	51	4,46	2	Keskimmäinen kaista Kalasatamaan (Länteen)				
22.1.2018 5.26.35	70	5,5	3	Vasen kaista Kalasatamaan (Länteen)				
22.1.2018 5.26.35	8	0,62	5	Vasen kaista Herttoniemeen (Itään)				
22.1.2018 5.26.35	40	3,55	6	Keskimmäinen kaista Herttoniemeen (Itään)				
22.1.2018 5.26.35	2	0,63	7	Oikea kaista Herttoniemeen (Itään)				
22.1.2018 5.31.36	27	3,13	1	Oikea kaista Kalasatamaan (Länteen)				
22.1.2018 5.31.36	74	6,35	2	Keskimmäinen kaista Kalasatamaan (Länteen)				
22.1.2018 5.31.36	68	5,07	3	Vasen kaista Kalasatamaan (Länteen)				
22.1.2018 5.31.36	11	0,87	5	Vasen kaista Herttoniemeen (Itään)				
22.1.2018 5.31.36	46	4,45	6	Keskimmäinen kaista Herttoniemeen (Itään)				
22.1.2018 5.31.36	2	0,69	7	Oikea kaista Herttoniemeen (Itään)				

Kuva 11. Esimerkki järjestelmästä saadusta datasta.

4.2 Varausasteen muuttajat ja ongelmat

Varausasteen muuttajat olivat keskeisessä roolissa varausasteen mudostumiseen. Ongelmana oli tarvittavan tarkan tiedon saatavuus autojen pituudesta tai sen nopeudesta varausasteen sensorin kohdalla.

Autojen pituuksien vaihtelu on koko autokannan automallien vaihteluväli. Keskiarvolla pelaaminen oli huono yleistys varsinkin kun ei aina tunneta kyseisen tien normaalia autokantaa.

Autojen nopeuksien oletus oli myös huono mittari joka ei kerro todellista tilannetta. Nopeusrajoituksesta voidaan toki jotain päätellä mutta ruuhkaantuessa tämä arvo muuttuu radikaalisti. Sensorin pituus saattaisi

löytyä asennusdokumenteista, mutta koska tätä ole standardisoitu, oli myös tämä mitta oletus.

Moneella eri oletuksella ja arvioilla tehty laskentakaava oli niin suuri että lopputulosta ei voinut pitää vertailukelpoisena.

4.3 Järjestelmän rajoitteet

Käytössämme olevassa yhden induktiosilmukan järjestelmässä nopeuden laskeminen on lähestulkoon mahdotonta jokaisen ajoneuvon kohdalla. Tämä olisi tärkeä ominaisuus reaaliaikaisen tilannekuvan antamisessa. Kyseistä järjestelmää ei ole alun perin suunniteltu reaaliaikaiseen tilanteen valvontaa, vaan ennemminkin yleiskatsaukseen liikennemääristä eri ajanjaksoina.

Kohteessa sijaitseva mittauspiste antaa dataa vain yhdeltä pisteeltä koko tiellä. Liikenteen sujuvuus tapahtuu tiejaksolla, eikä yksittäisellä pisteellä.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä luvussa käydään läpi pohdintoja ja johtopäätöksiä varausasteen käytöstä sekä kehittämisestä.

5.1 Varausasteen käyttö liikenteen tulkittamisessa

Varausaste koostuu niin monesta muuttujasta, että sitä on vaikea tulkita yksittäisenä arvona. Maastokäynnillä tehtävä rajapinnan kalibrointi näyttämään eri varausaste arvoille ”Sujuva” tai ”Ruuhkautunut” on paras mihin järjestelmä kykenee.

Varausasteesta voidaan teoriassa laskea liikennemäärän kanssa yhdellä silmukkkailmaisimella liikenteen keskinopeus, joka antaa paljon hyödyllisemmän näkökulman tiedon loppukäyttäjille. Tämä voidaan myös toteuttaa toisin päin, eli antamalla kaavaan nopeusrajoitus sekä oletettu liikennemäärä, voidaan saada varausaste eli liikenteen ruuhkautuminen.

Näiden pohjalta voidaan teoriassa laskea myös nopeuden ja varausasteen perusteella aamuhuipputuntien kesto, ajoneuvojen määrän ja ajoneuvojen läpivedon verrannaiset ajat esimerkiksi liikenteeseen vaikuttavien työmaiden kohdalla.

Käytännössä teorian hyödyntäminen on lähes mahdotonta, sillä ajoneuvon pituus sekä ajoneuvon nopeus ovat muuttuvia parametreja, joita ei voida yhdellä induktiosilmukalla havainnoida. Kaikki saadut tulokset yhdellä

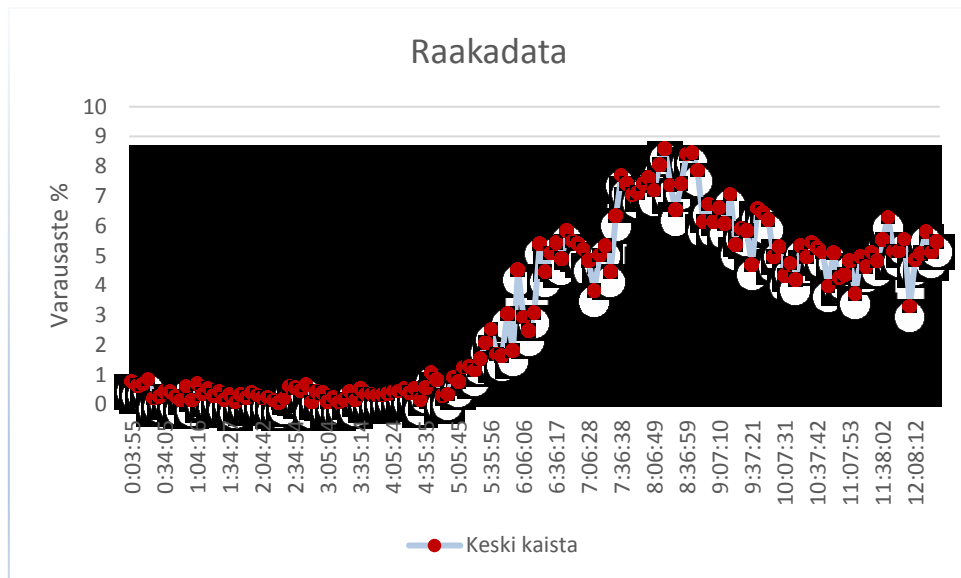
induktiosilmukalla ovat jossain määrin täysin arvattuja lukuja, joita ei sellaisenaan voida todeta päteviksi lukemiksi liikenteenvalvonnassa.

Käytännössä varausastetta on lähes mahdotonta standardisoida, implementoida ja hyödyntää. Suurimmaksi ongelmaksi syntyy liikenteen sujuvuuden tapahtuvan tietyllä välimatkalla, eikä yksittäisillä pisteillä. Yhden pisteen antama lukema antaa tiedon vain kyseiseltä pisteeltä eivätkä kerro missä kohtaa reittiä ongelma on tapahtunut ja mikä ongelmakohdan tilanne on. Viiden minuutin päivitysjaksolla ongelmat ovat voineet nousta esiin ja korjaantua pois ennen kuin tiedot päivittyvät järjestelmään. Ja koska ongelmakohdan tarkasta sijainnista ei ole tietoa, yhdestä pisteestä saatavasta numerosta ei voida tietää missä ongelma kohtaa sijaitsee ja kuinka paljon liikenne ruuhkautui ruuhkan aiheuttaneessa ongelmakohdassa.

Useampien induktiosilmukkapisteiden asentaminen tien varrelle ei ole taloudellisesti kannattava liikenteen valvonta tapa muiden järjestelmästä löytyvien hankaluuksien ja uusien puhelimiin perustuvien järjestelmien ohella, jotka mittaavat keskinopeutta havaituilla välimatkoilla kelluvan auton tekniikalla.

Myös järjestelmästä saatavan päivitysjakson pituus on ongelmallinen kuten maastokäynnillä huomattiin. Järjestelmästä saatu viiden minuutin päivitysjakso ei synkronoi tutkimuskohteessa huomattun kolmen minuutin sykleissä tulleen liikenteen kanssa, jonka johdosta saadussa datassa on todella suuria hyppyjä huomattavissa, vaikka liikenne maastossa kulkisi sujuvasti. Avattuna, hyppäävät pisteet sisältävät kaksi liikenteen kolmen

minuutin välein tulevaa sykliä, ja seuraava piste putoava piste sisältää vain yhden syklin ja kuten kuvasta 12 nähdään, pisteet hyppelivät ympäriinsä.



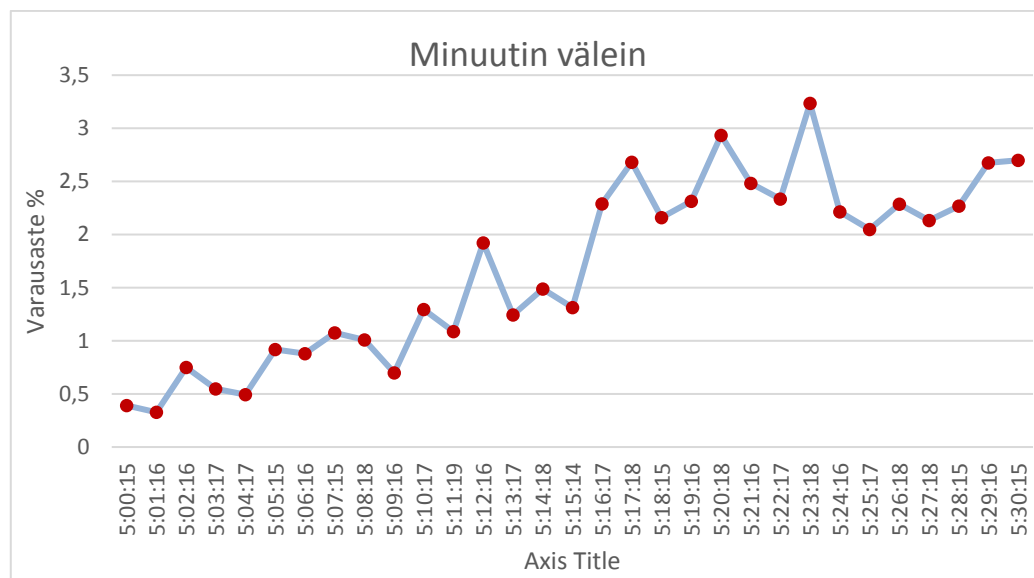
Kuva 12. Järjestelmän antama data

Dataa voidaan tasata kolmen pisteen likuvalla keskiarvolla (kuva 13). Tästä saadulla lopputuloksella on valitettavasti enemmän tekemistä trendikaavan kanssa kuin mittaustuloksella.



Kuva 13. Järjestelmästä saatu data tasattuna kolmen pisteen liukuvalla keskiarvolla

Kuvassa 14 on käsin tehty esimerkki jolta datan tulisi näyttää minuutin välein saatuna. Tilaajan pyynnöstä minuutti oli maksimi päivitysväli halutulle datalle.



Kuva 14. Esimerkki mahdollisesta minuutin välein tulevasta datasta

Silmukoiden asennustapa vaikuttaa suuresti tuloksiin, ja niiden asentamiseen on monta eri tapaa, jotka palvelevat erilaisia tarkoituksia. Asennustapoja ei ole millään tavalla standardisoitu, joten mitään oletuksia ei voida lähteä tekemään. Ilman alkuperäisiä asennussuunnitelmia on mahdotonta määrittellä mittauspisteille upotettujen silmukoiden mittoja.

5.2 Loppupäätelmät sekä kehittämisehdotukset

Dataa tulisi saada useammilta pisteiltä tien varrelta ja tiheämmällä syklillä. Pisteeltä tulisi saada dataa maksimissaan minuutin välein tai mieluummin jopa useammin.

Kyseinen järjestelmä ei sovellu reaaliaikaisen liikennekuvan antamiseen, sillä yksi mittauspiste ei anna tarpeeksi laajaa kuvaa koko tienosuudelta, eikä yhden minuutin vasteaika ole tarpeeksi tiheä tuomaan ongelmia esiin halutussa hyödynnysmuodossa. Tästä johtuen ei voida tietää missä kohtaa tiellä ongelmat syntyvät, ja ne saattavat olla korjaantuneet jo ennen kuin asiaa on edes huomattu järjestelmässä.

Mittauspisteiden asentaminen tarvittavan tiheästi tienosuudelle on tuskin kannattava ratkaisu suuremmissa mittakaavassa.

Nykyteknologian saralla tulleet GPS paikannus ohjelmistot, jotka näyttävät reaaliaikaisesti ruuhkautuneet tienosuudet helposti puhelimesta ovat

paljon käyttäjäystävällisempiä, eivätkä vaadi erityistä vaivannäköä infran rakentamisen sekä ylläpitämisen saralla.

LÄHTEET

- Google. (2018). *Google Maps*. Haettu 29.10.2018 osoitteesta <https://www.google.fi/maps/@60.1788773,24.9910105,12.75z>
- iWatch systems. (2010). *Technical*. Haettu 10.7.2018 osoitteesta <http://iwatchsystems.com/technical/2010/06/26/loop-detector/>
- Liikennevirasto. (2004). *Julkaisut*. Haettu 2.2.2018 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2200025-v-04tylt7340_liikennevalot.pdf
- Liikennevirasto. (2014). *Julkaisut*. Haettu 28.1.2018 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2014-27_liikenneviraston_liikennelaskentajarjestelma_web.pdf
- Police Radar Information Center. (2018). *Copradar: Speed radar*. Haettu 21.10.2018 osoitteesta <https://www.copradar.com/chapts/chapt1/ch1d1.html>