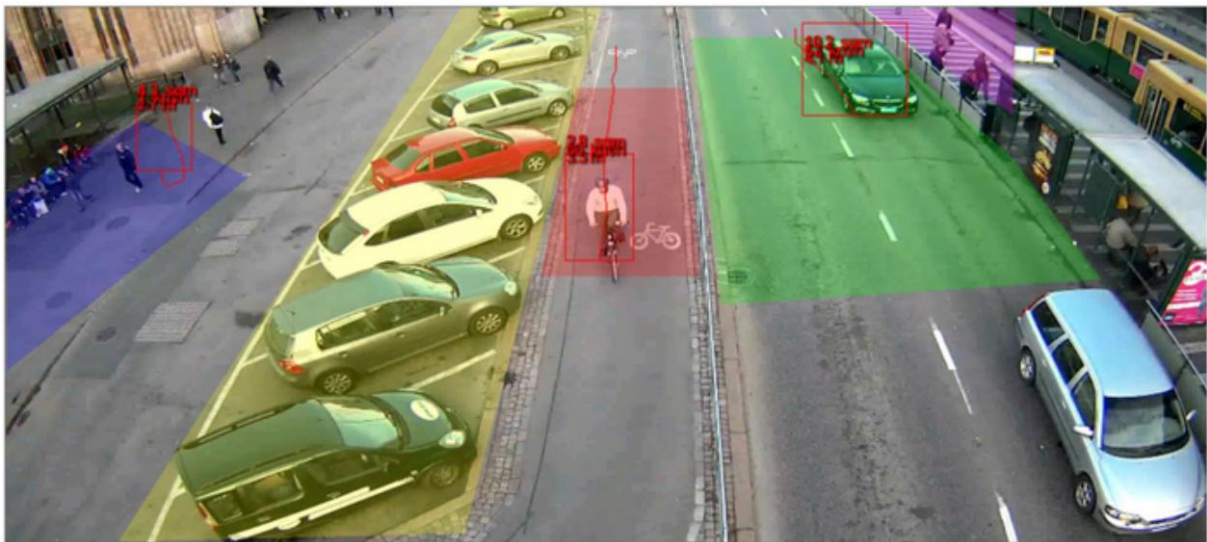




## Helsingin liikenteen reaaliaikainen tilannekuva – osa-alue B loppuraportti 21.12.2016



## Sisällysluettelo

1	Projektin lähtötilanne .....	5
1.1	Kaupunkiliikenteen analysoinnin lähtötilanne .....	5
1.2	Toteutetun järjestelmän yleiskuvaus.....	5
1.2.1	Analysoitavan informaation tuottaminen.....	5
2	Toteutus .....	7
2.1	Esivalmistelu .....	7
2.1.1	Luvat ja dokumentaatio.....	7
2.2	Kohdepisteiden valinta.....	10
2.2.1	Rautatieaseman edusta .....	11
2.2.2	Ruoholahdenkatu .....	12
2.3	Liikenteen poikkeusjärjestelyt.....	13
2.3.1	Rautatieaseman edustan poikkeusjärjestelyt .....	13
2.3.2	Ruoholahdenkatu .....	13
2.4	Järjestelmän asentaminen.....	14
3.1	Järjestelmän periaatekaavio.....	16
3.2	Laitteistot.....	16
3.2.1	Kamerat .....	16
3.2.2	Analysointilaitteisto .....	17
3.3	Laitteiston säädöt ja sijoittelu .....	18
3.3.1	Analysointikamera.....	18
3.3.2	Rekisteritunnistuskamera .....	18
4	Projektin aikana saavutetut mittaustulokset.....	20
4.1	Videoanalyysimenetelmät .....	20
4.1.1	Analysointilaitteiden säädöt .....	21
4.1.2	Lukumääriin perustuvat mittaukset .....	24
4.1.3	Läpikulkuanalyysiin perustuvat mittaukset (menetelmä 3).....	32
4.1.4	Toistuva liikenne (menetelmä 3).....	35
4.1.5	Menetelmä 2: Mittaustulosten erittely .....	35
4.1.6	Hetkelliset nopeudet.....	37
4.2	Poikkeamat mittaustuloksissa.....	37
4.2.1	Sähkönsyöttökatkokset.....	38
4.2.2	Ruuhkatilanteet.....	38
4.2.3	Valaistuksen vaikutus .....	38
4.2.4	Sään vaikutus.....	38
5	Järjestelmän jatkokehittäminen.....	41

5.1	Pidemmälle viety järjestelmä .....	41
5.2	Tunnistuspisteiden sijoittelu, case Helsinki .....	42
5.3	Optimaalisen ympäristön suunnittelu .....	42
5.3.1	Sähkönsyötön järjestäminen.....	42
5.3.2	Kameroiden sijoittelu.....	44
5.3.3	Anturitiedon hyödyntäminen.....	45
5.4	Analysointitiedon esittäminen käyttöliittymässä.....	46
5.5	Ulkoisten järjestelmien käyttäminen informaatiolähteenä.....	47
5.6	Analysointitiedon siirtäminen ulkoisiin järjestelmiin.....	47
6	Yhteenveto.....	48

## Kuvaluettelo

<i>Kuva 1</i>	<i>Analysointilaitteistojen sijainnit .....</i>	<i>11</i>
<i>Kuva 2</i>	<i>Analysointilaitteiston sijainti Kaivokadulla .....</i>	<i>11</i>
<i>Kuva 3</i>	<i>Analysointilaitteiston sijoittelu Ruoholahdenkadulla .....</i>	<i>12</i>
<i>Kuva 4</i>	<i>Liikenteen erikoisjärjestelyt Kaivokadulla .....</i>	<i>13</i>
<i>Kuva 5</i>	<i>Liikenteen poikkeusjärjestelyt Ruoholahdenkadulla.....</i>	<i>13</i>
<i>Kuva 6</i>	<i>Asennustyöt Kaivokadulla .....</i>	<i>14</i>
<i>Kuva 7</i>	<i>Asennustyöt Ruoholahdenkadulla.....</i>	<i>14</i>
<i>Kuva 8</i>	<i>Kaivokadun järjestelmä asennettuna .....</i>	<i>15</i>
<i>Kuva 9</i>	<i>kokonaisjärjestelmän yksinkertaistetun periaatekaavion.....</i>	<i>16</i>
<i>Kuva 10</i>	<i>Analysointiyksikön komponentit .....</i>	<i>17</i>
<i>Kuva 11</i>	<i>Videoanalysoinnissa käytetty kamera .....</i>	<i>18</i>
<i>Kuva 12</i>	<i>Rekisterinumerontunnistuksessa käytetty kamera.....</i>	<i>18</i>
<i>Kuva 13</i>	<i>Rekisteritunnistuskameran sijoittelu .....</i>	<i>19</i>
<i>Kuva 14</i>	<i>Videoanalyysin tunnistusalueet.....</i>	<i>22</i>
<i>Kuva 15</i>	<i>Esimerkkikuva videoanalyysikameralta .....</i>	<i>23</i>
<i>Kuva 16</i>	<i>Esimerkki rekisteritunnistuskameran kuvasta .....</i>	<i>24</i>
<i>Kuva 17</i>	<i>Esimerkki rekisteritunnistuskameran kuvasta .....</i>	<i>24</i>
<i>Kuva 18</i>	<i>Esimerkki menetelmän 2 päivällä ottamasta kuvasta .....</i>	<i>36</i>
<i>Kuva 19</i>	<i>Esimerkki menetelmän 2 yöllä ottamasta kuvasta .....</i>	<i>36</i>
<i>Kuva 20</i>	<i>Esimerkki kamerapohjaisesta nopeusanalyysistä .....</i>	<i>37</i>
<i>Kuva 21</i>	<i>Esimerkki haasteellisista sääolosuhteista .....</i>	<i>39</i>
<i>Kuva 22</i>	<i>Esimerkki haasteellisesta auringonpaisteesta ja varjoista .....</i>	<i>40</i>
<i>Kuva 23</i>	<i>Kehittynyt keskitetty analysointijärjestelmä .....</i>	<i>41</i>
<i>Kuva 24</i>	<i>Esimerkki tunnistuspisteiden sijoittelusta Helsingin kantakaupungin alueelle.....</i>	<i>42</i>
<i>Kuva 25</i>	<i>Esimerkki keskitetyn järjestelmän laitteistokomponenteista .....</i>	<i>43</i>
<i>Kuva 26</i>	<i>Useita optiikoita sisältävän kameran sijoitteluesimerkki.....</i>	<i>44</i>
<i>Kuva 27</i>	<i>Rekisterikameroiden optimaalinen sijoitteluesimerkki .....</i>	<i>45</i>
<i>Kuva 28</i>	<i>Esimerkki karttapohjaisesta tilannekuvajärjestelmästä, perustuen Vidamin PlatformX - käyttöliittymään .....</i>	<i>46</i>

## Taulukkoluetelo

Taulukko 1 Kuva-analyysien perusoperaatiot .....	5
Taulukko 2 Tyypillisiä kaupunkiliikenteen analyysejä .....	6
Taulukko 3 Poikkeustilanteiden vaikutus analysointituloksiin .....	37
Taulukko 4 Ruuhkatilanteiden vaikutus analysointituloksiin .....	38
Taulukko 5 Säätilan vaikutus analysoinnin tuloksiin .....	39
Taulukko 6 Projektin johtopäätökset .....	49
Taulukko 7 Menetelmien edut ja haasteet .....	49

## Kaavioluettelo

Kaavio 1 Ajoneuvojen määrät Kaivokadulla per viikko yhteensä (menetelmä 1, tunneittain laskettuna) .....	25
Kaavio 2 Ajoneuvojen kokonaishavainnot (menetelmä 1) .....	26
Kaavio 3 Ajoneuvot viikonpäivittäin (menetelmä 1, tunneittain laskettuna) .....	26
Kaavio 4 Ajoneuvot per viikonpäivä yhteensä (menetelmä 1) .....	27
Kaavio 5 Kaivokadun liikennelaskentojen ajoneuvoliikenne länteen (kaupungin laskennat) .....	27
Kaavio 6 Kaupungin suorittamien laskentojen vertailu menetelmän 3 laskentatuloksiin .....	28
Kaavio 7 Ajoneuvot per vuorokauden tunti (menetelmä 1) .....	28
Kaavio 8 Ajoneuvot kaistoittain vuorokauden tunti yhteensä (menetelmä 1) .....	29
Kaavio 9 Pyöräilijöiden laskennat (menetelmä 1, tarkastelujakson laskennat viikonpäivittäin yhteensä) .....	30
Kaavio 10 Pyöräilijöiden laskennat (kaupungin laskennat 2016) .....	30
Kaavio 11 Pyöräilijöiden laskennat tunneittain (menetelmä 1, I=itä, =länsi) .....	31
Kaavio 12 Kävelijöiden laskennan tulokset (menetelmä 1, yhden vuorokauden laskenta) .....	32
Kaavio 13 Läpikulku lukumäärät viikonpäivittäin per tunti (menetelmä 3) .....	33
Kaavio 14 Läpikulkumäärä yhteensä viikonpäivittäin .....	33
Kaavio 15 Läpikulun kesto viikonpäivittäin (menetelmä 3) .....	34
Kaavio 16 Läpikulku keskinopeus viikonpäivittäin (menetelmä 3) .....	34
Kaavio 17 Ajoneuvomäärien jakaantuminen ulkolämpötilan mukaisesti .....	40

# 1 Projektin lähtötilanne

Projektin tavoitteiksi on määritelty Helsingin kaupungin toimesta halu edistää reaaliaikaisen tilannekuvan kehitystä. Tilannekuvaan perustuvalla tilannetiedolla on keskeinen tehtävä arjen matkojen ja kuljetusten sujuvuuden ja ennustettavuuden sekä liikenteen turvallisuuden edistämisessä. Liikenteen tilannekuva vaatii taustatiedoksi runsaasti reaaliaikaista, luotettavaa tietoa liikenteestä. Yksi tietolähdekanava on liikennettä kuvaavien videokameroiden tuottaman kuvan analysointi liikennettä kuvaavaksi metadataksi. Helsingin kaupunki haluaa pilottihankkeiden avulla hankkia tietoa erilaisiin videokuvaan perustuvien analysointimenetelmien toimivuudesta Helsingin olosuhteissa.

## 1.1 Kaupunkiliikenteen analysoinnin lähtötilanne

Moderni kaupunkiliikenne koostuu useista erilaisista liikennemuodoista, joiden analysointitietoa voidaan hyödyntää kaupunkiympäristön liikennesuunnittelussa. Liikenteen analysoinnin nykytilanne pohjautuu joko käsin tapahtuvaan laskentaan, tai analysointimenetelmiin, jotka tuottavat hyvin yksinkertaista tapahtumatietoa. Tyypilliset laskentatulokset eivät mahdollista esimerkiksi objektien tunnistamista niin, että niiden osalta voitaisiin havaita objektin suunta tai kulkeminen kahdessa peräkkäisessä pisteessä.

## 1.2 Toteutetun järjestelmän yleiskuvaus

Projektissa toteutettiin moderni, reaaliaikainen kaupunkiliikenteen analysointijärjestelmä. Järjestelmän tavoitteena oli tuottaa informaatiota tyypillisistä kaupunkiliikenteen tyypeistä, kuten ajoneuvoliikenteestä, raitiovaunuliikenteestä, kävelijöistä sekä pyöräilijöistä. Järjestelmä koostui projektissa valittuihin pisteisiin sijoitetuista verkkopohjaisista videoanalyysikameroista ja videoanalyysiohjelmistosta. Järjestelmä analysoi kameroiden tuottamaa videokuvaa itsenäisesti, riippumatta muusta video/valvontakamera-infrastruktuurista.

Projektissa osoitettiin, että kaupunkiliikenteestä toteutetun videoanalyysin tuottama informaatio auttaa reaaliaikaisen tilannekuvatiedon keräämisessä. Kerättyä informaatiota voidaan jatkojalostaa monipuolisesti eri käyttäjäryhmien käyttöön niin reaaliaikaisen tilanneseurannan, kuin jälkikäteen tapahtuvan liikennesuunnittelun tarpeisiin.

### 1.2.1 Analysoitavan informaation tuottaminen

Projektissa käytettävien laitteiden tuottama analysointitieto sisältää esimerkiksi seuraavia tietoja (analyysitason määritelmä):

*Taulukko 1 Kuva-analyysien perusoperaatiot*

Aihe	Menetelmä	Tavoite
objektin tyyppin tunnistaminen	objektin luokittelu koon mukaan	henkilöauto, rekka, kävelijä, pyöräilijä, raitiovaunu
objektin liikkeen tunnistaminen	alueella olevien objektien havaitseminen	objektien määrä, objektin tyyppi, objektin puuttuminen, objekti leikkaa tietyn rajan, objekti pysähtyy alueelle,

		objekti liikkuu tiettyyn suuntaan
kehittyneet kuva-analyysit	nopeuteen, alueeseen lisäanalyysit	suuntaan, perustuvat objektin nopeus, suuntaan perustuvat analyysit ajoreiteistä, konfliktitilanteet, kuten punaisia päin ajaminen tai käveleminen
rekisterinumerotunnistus	identifiointiin lisäanalyysit	perustuvat läpimienomäärät, läpimenoajat, läpimenojakaumat eri reitillä

Analysoitavien parametrien avulla voidaan suorittaa tarkempia kaupunkiliikenteeseen liittyviä analyysejä, tyypillisiä analyysejä on esitetty taulukossa 2.

*Taulukko 2 Tyypillisiä kaupunkiliikenteen analyysejä*

Tavoite	Parametrit
luokitella ja laskea tarkkailtavalla alueella liikkuvia objekteja	millaista liikennettä, miten paljon liikettä alueella, mihin suuntaan liikenne kulkee, kellonaika- / viikonpäiväjakauma
luokitella ruuhkatilanteita alueella olevien objektien perusteella	paljonko objekteja tarkkailtavalla alueella, kauanko objektit pysyvät paikallaan
laskea tiettyyn suuntaan kulkevaa liikennettä	yksittäisten pisteiden liikennemäärät ja usean pisteen läpimenoanalyysit
havaita poikkeustilanteita	objekti kulkee väärään suuntaan, objekti menee tarkkailtavalle alueelle väärään aikaan, esimerkiksi punaiset valot risteysalueella
mitata tarkempia parametreja	ajoneuvomäärät, viipymät, tilannenopeudet ja keskinopeudet eri pisteiden välillä

## 2 Toteutus

### 2.1 Esivalmistelu

#### 2.1.1 Luvat ja dokumentaatio

Ennen järjestelmän asennusta ja käyttöönottoa huolehdittiin tarvittavien lupien hakemisesta sekä taustadokumentaation tekemisestä. Nämä esivalmistelutyöt jakautuivat kolmeen eri kategoriaan:

Lupatyyppe	Lupalähde
asennustekniset luvat	Asennusluvut: Rakennusvirasto, Liikennevalo-ohjaukset: Liikenteenhallintakeskus, Sähkötekniikka: Kaupunginsuunnitteluvirasto, Muita: ajoneuvojen siirtoluvat ja pidempään paikallaan olevan asennuslaitteiston katuvuokra. Viranomaisilmoitukset asennuksen osalta: Poliisin ja Pelastuslaitoksen tilannekeskukset
lakisääteiset luvat	Harkinnanvaraisia: huomioitava lakisäädökset, suunnitelmallisuus sekä dokumentaatiovelvollisuus
esivalmistelun dokumentaatio	lakisääteisiin ja asennusteknisiin lupiin liittyen käyttötarkoitus, järjestelmän kuvaus ja rekisteriseloste

Näistä kolmesta aihealueesta huolehtiminen oli tärkeää projektille, koska

- Järjestelmä asennettiin julkiselle paikalle
- Järjestelmä käytti videokameroita analysointiin
- Asentamiseen tarvittiin liikenteen poikkeusjärjestelyjä.

#### 2.1.1.1 Asennustekniset luvat

Asennustekniset luvat jakautuvat seuraaviin osa-alueisiin:

- Asennusluvut
  - Helsingin Kaupungin Rakennusvirasto
- Liikennevalo-ohjauksiin liittyvät luvat
  - Pääkaupunkiseudun liikenteenhallintakeskus
- Sähkötekniset kytkennät
  - Kaupunkisuunnitteluvirasto

## Asennusluvut

Asennuslupien osalta projektin laitteistojen asennusta ja purkua varten tehtiin omat lupahakemuksensa. Lupien yhteyteen laadittiin asennus- ja purkusuunnitelmat, joissa oli kuvattuna liikenteen poikkeusjärjestelyt.

Asennuslupien osalta HKR halusi muuttaa asennusajankohdan tapahtuvaksi kello 18 jälkeen (hiljentynyt liikenne), ja Kaivokadun pisteessä suositeltiin nostotyön tekemistä kevyen liikenteen väylän ylitse.

Lisäksi luvan saamisen edellytyksenä olivat seuraavat huomioitavat asiat:

- Asennuksen aikana piti paikalla olla ainakin yksi Pääkaupunkiseudun katutyöt – tutkinnon suorittanut henkilö koko asennuksen ajan
- Poliisille ja Pelastuslaitokselle tuli ilmoittaa asennuksen mahdollisista poikkeamista liikenteeseen

## Liikennevalo-ohjauksiin liittyvät luvat

Projektin suunnitteluvaiheessa toivottiin mahdollisuutta liikennevalojen ja ajoneuvoantureiden tilatiedon analysointijärjestelmän käyttöön. Näitä tietoja olisi voitu käyttää ns. konfliktianalyseissä, ajoneuvolaskennan lukumäärätietojen vahvistamisessa sekä ajoneuvojen rekisterinumeron tunnistuksen herätteenä. Aiheesta käytiin keskustelua Kaupunkisuunnitteluviraston kanssa ja keskusteluissa selvisi, ettei projektin tiukalla aikataululla olisi mahdollonta tehdä tarvittavia muutoksia ja kytkentöjä olemassa oleviin järjestelmiin niin, että tarvittava tilatieto olisi projektin käytettävissä.

## Sähkötekniset kytkennät ja niihin liittyvät luvat

Helsingin Kaupunkisuunnitteluvirasto auttoi projektissa sähkötekniisten kytkentöjen suunnittelussa, toteuttamisessa sekä niihin liittyvien lupien varmistamisessa. Sähkönsyötön suunnittelu oli erittäin tärkeää, sillä kameroiden sijoittelulla on merkitystä analyysin onnistumisessa. Järjestelmää suunniteltaessa oli otettava huomioon, että kaikissa pylväissä ei ole jatkuvaa sähköä. Esimerkiksi valaisinpylväissä sähkö on päällä vain pimeään aikaan. Vastaavasti monissa tien ylitse menevissä portaaleissa ei ole sähkönsyöttöä, jolloin niiden hyödyntäminen analysointikameroiden sijoittamisessa on haastavaa ilman erillisen sähkönsyötön toteuttamista portaaliin.

### **2.1.1.2 Kameroiden käyttöä koskeva lainsäädäntö**

Projektin suunnittelussa pyrittiin huomioimaan kaikki tiedossa olevat lainsäädännölliset asiat, jotka liittyvät kamerapohjaisen järjestelmän asentamiseen julkiselle paikalle. Vaikka projektissa ei käytetty kameroita valvontatarkoitukseen, huomioitiin lupien osalta kuitenkin myös kameravalvontaan liittyvä lainsäädäntö.

Kamerapohjaisten järjestelmien lakisäännöksistä on tietosuojaviranomaisilta saatavissa seuraava yleisohje.

*Tallennettu kuva ja ääni ovat henkilötietoja, jos yksityishenkilö on niistä tunnistettavissa. Jos kameravalvontajärjestelmä tallentaa tunnistettavaa kuvaa tai ääntä, kyse on henkilötietojen automaattisesta käsittelystä, johon sovelletaan lähtökohtaisesti henkilötietolakia (523/1999)*



yleislakina. Tallentavan kameravalvonnan harjoittaja (esim. yritys tai viranomainen) käsittelee henkilötietoja kamerajärjestelmän avulla ja on henkilötietolain tarkoittama rekisterinpitäjä.

Tallenteiden säilytysajalla ei ole vaikutusta henkilötietolain soveltamiseen. Kameravalvonnan harjoittaja on henkilötietolaissa tarkoitettu rekisterinpitäjä, vaikka tallenteet säilytettäisiin esimerkiksi vain tunnin ajan.

Jos kameravalvontajärjestelmä ei lainkaan tallenna kuvaa tai ääntä, eikä henkilötietoja muutenkaan kerätä järjestelmän avulla, henkilötietolakia ei sovelleta asiaan. Lain soveltamisen edellytyksenä nimittäin on, että henkilötiedot tallennetaan jollekin alustalle.

Lisäksi samasta lähteestä löytyy seuraavat kommentit kameroiden sijoitteluun liittyvistä lakisäätteisistä asioista:

*Henkilötietolaki (523/1999) koskee pääsääntöisesti kaikkea tallentavaa kameravalvontaa. Laki säättää kameravalvonnan harjoittajalle erilaisia velvoitteita, mutta se ei kuitenkaan ota kantaa siihen, missä tiloissa, paikoissa tai tilanteissa kameravalvontaa saa tai ei saa harjoittaa.*

*Valvontakameroiden sallittuihin sijoituspaikkoihin tai kameravalvonnan oikeutukseen ylipäänsä ei voi antaa yleispätevää ohjetta. Jokainen tapaus on arvioitava erikseen. L. aillisuuden kannalta olennaista on, mitä käyttötarkoituksia varten ja millä tavalla valvontaa toteutettaisiin, kerrottaisiinko siitä valvonnan kohteille ja miten kuvatallenteita (henkilötietoja) käsiteltäisiin.*

*Kameravalvontaa ei saa harjoittaa ilman, että siihen on olemassa asiallinen syy ja tarve. Turvallisuuden ja omaisuuden suojaaminen, rikosten ennalta ehkäiseminen sekä tapahtuneiden rikosten selvittäminen voivat olla perusteita kameravalvonnalle. Kameravalvontaa voi olla mahdollista suorittaa näitä tarkoituksia varten mm. julkisissa tiloissa ja yleisillä paikoilla. Samoista syistä kameravalvontaa voi olla mahdollista myös esim. kerrostalon porraskäytävässä.*

Kameravalvonnan harjoittajan eli rekisterinpitäjän tulee toteuttaa valvonta kaikilta osin henkilötietolain mukaisesti. Tämä tarkoittaa mm. seuraavaa:

- *Kameravalvontaan tulee olla selkeä toimintasuunnitelma.*
- *Kameravalvonnasta on tiedotettava näkyvästi.*
- *Tallenteita ei saa käyttää muissa kuin niissä tarkoituksissa, mitä varten kameravalvontaa on alettu suorittaa.*
- *Kameravalvonnan kautta saatua tietoa ei saa luovuttaa käyttötarkoituksen vastaisesti ulkopuolisille.*
- *Kuvatallenteet eivät saa olla ulkopuolisten nähtävissä esim. valvontamonitoreista.*
- *Tallenteet tulee hävittää heti, kun ne ovat käyneet tarpeettomiksi.*

Projektissa toteutetun analysointijärjestelmän kuvista ei ole tunnistettavissa yksittäisen ihmisen henkilöllisyyttä, eikä järjestelmä edesauta/mahdollista tunnistuksen suorittamista. Analysointikamerat oli suunnattu niin, että videokuvasta ei ole tunnistettavissa analysoitavana olevien kävelijöiden, pyöräilijöiden tai ajoneuvon kuljettajien henkilöllisyyttä. Tämä varmistettiin käyttämällä kameroissa sellaisia objektiivieja ja resoluutioita, jotka eivät mahdollista tunnistuksen suorittamista muuta kuin projektille tarpeellisella tasolla.

Lisäksi projektin suunnitteluvaiheessa päätettiin, että videokuvaa ei tallenneta järjestelmään lukuun ottamatta tarkistuslaskentoihin käytettäviä 5 min pätkiä. Järjestelmän tuottaman

informaation osalta päätettiin, että yksittäisiä tunnistus- tai analysointituloksia ei tuoda järjestelmästä ulos ilman niiden anonymisointia. Kävelijöiden ja pyöräilijöiden osalta järjestelmästä tuotiin ulos määrä- ja suuntatietoa, tasolla "500 jalankulkijaa tunnin aikana suuntaan X".

Ajoneuvojen osalta järjestelmästä tuotiin ulos määrätietoa yksittäisistä pisteistä, tietoa uudelleenkäyntien määristä, kahden peräkkäisen pisteen välisiä keskimääräisiä ajoaikatietoja sekä lukumäärätietoa. Rekisterinumero-tunnistuksen osalta ajoneuvojen tunnistetietoja ei projektissa käytetty ajoneuvon omistajan henkilöllisyyden tunnistamiseen millään tasolla.

Lakisääteiset luvat jakautuivat seuraaviin osa-alueisiin:

- Helsingin Kaupungin lupapolitiikka
- viranomaisluvut
- dokumentaatio

Helsingin kaupungin osalta lupa-asioiden hallinta jakautuu Rakennusviraston, Kaupunkisuunnitteluviraston ja Liikenteenhallintakeskuksen välille. Luvat liittyivät ensisijaisesti kameroiden sijoitteluun kaupungin omistamien rakennusten seiniin tai valaisinpylväisiin. Kysyttäessä varsinaista lupaa kamerapohjaisen analysointilaitteiston käytölle kysyjä ohjattiin viranomaisten puoleen.

Viranomaisten osalta saatiin kyselyihin vastaavasti vastaus, että lupa-asioita hoitaa Helsingin kaupunki. Viranomaisia kiinnosti etupäässä asennusten aiheuttamat poikkeukset liikenteessä. Näistä asioista tiedotettiin sekä Poliisin että Pelastuslaitoksen hälytyskeskuksia.

Myöskään tietosuojavalvutettu ei suostunut antamaan ennakkolausuntoa, vaan järjestelmän lainvoimaisuus käsitellään tapauskohtaisesti.

Yhteydenottokierroksen jälkeen vaikuttikin siltä, että jokainen kamerajärjestelmän omistaja vastaa itse toimintansa laillisuudesta. Varsinaista etukäteen toimitettavaa päätöstä järjestelmän laillisuudesta ei ole saatavissa viranomaisilta tai kaupungin tahoilta. Tähän liittyvät oleellisesti edellä kuvatut tarkat suunnitelmat siitä, miten kamerapohjaista järjestelmää käytetään. Jos kamera-analyysin tuloksena muodostuu jonkinlainen henkilörekisteri, niin järjestelmän käytöstä on tehtävä rekisteriseloste, joka on toimitettava kenelle tahansa sen haluavalle. Lisäksi jos kameran kuvasta voidaan tunnistaa henkilöitä, pitää siitä olla alueella selkeästi näkyvät ilmoitukset.

## 2.2 Kohdepisteiden valinta

Projektissa valittiin kaksi kohdepistettä (projektin tilaajan suosituksesta), jotka hyödyttävät eniten analysointitarpeita liittyen ajoneuvo- ja muiden liikennevirtojen analysointiin. Analysointipisteiden sijainnit on merkitty alla olevaan karttakuvaan ympyröillä.

Kohteiden valintaan vaikuttivat mm. seuraavat seikat:

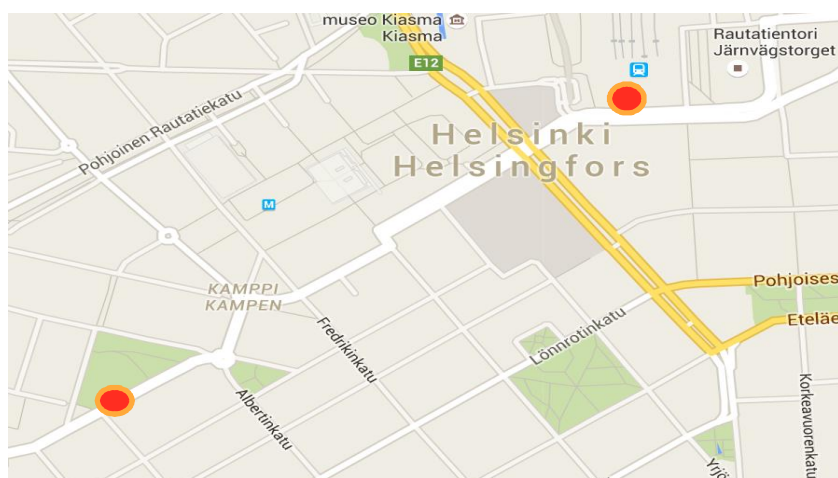
- keskeinen sijainti
- merkittävät liikennemäärät
- monipuolinen liikennemuotojen kattavuus

- pisteet mahdollistavat keskustan läpimenoliikenteen analysoinnin

Ensimmäinen piste sijaitsi Helsingin rautatieaseman edessä Kaivokadulla. Toinen piste sijaitsi Ruoholahdenkadun ja Hietaniemenkadun risteyksessä, keskustasta poispäin suuntautuvaa liikennettä huomioiden.

### 2.2.1 Rautatieaseman edusta

Analysointilaitteisto kiinnitettiin valaisinpylvääseen riittävälle korkeudelle, jotta kameroilla olisi paras mahdollinen näkyvyys alueella. Laitteisto koostui asennuskotelosta, josta lähti videoanalyysikameralle ja rekisterinumerontunnistuskameralle omat tietoliikennekaapelit. Kaapeleissa kulki sekä tietoliikenne että kameroiden käyttövirransyöttö (PoE, PowerOverEthernet). Kaapeliveto asennuskotelosta kameralle suoritettiin putkessa, joka oli kiinnitetty valaisinpylvääseen.



Kuva 1 Analysointilaitteistojen sijainnit



Kuva 2 Analysointilaitteiston sijainti Kaivokadulla

## 2.2.2 Ruoholahdenkatu

Kuva 3 esittää järjestelmän sijoittelua Ruoholahdenkadulla alueella olevaan yhteiskäyttöpylväaseen. Vastaavasti tässä kohteessa pylväaseen kiinnitetään asennuskotelo ja siitä lähtevillä kaapeleilla toteutetaan kameroiden tietoliikenne ja virransyöttö.



*Kuva 3 Analysointilaitteiston sijoittelu Ruoholahdenkadulla*

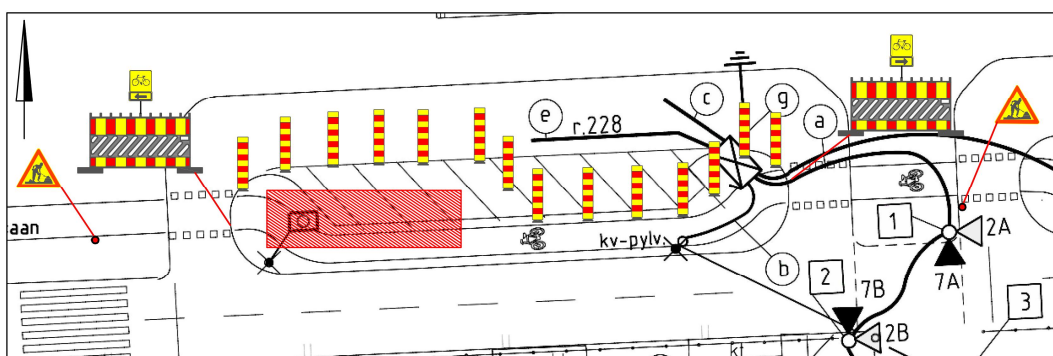
## 2.3 Liikenteen poikkeusjärjestelyt

Laitteiston asennus vaati asennusalueella nostokoneiston käyttöä. Nostokaluston suuren koon vuoksi asennuspaikat ja -ajankohta suunniteltiin tarkasti niin, että siitä aiheutuisi minimaalinen haitta liikenteelle. Laadittu suunnitelma toimitettiin Helsingin Kaupungin Rakennusvirastolle lupien saamiseksi. Asennukselle varattiin 4-6 tuntia per piste. Asennukset suoritettiin ruuhka-aikojen ulkopuolella (klo 18-06 välillä).

### 2.3.1 Rautatieaseman edustan poikkeusjärjestelyt

Kaivokadulla rautatieaseman edustalla asennus suunniteltiin aluksi niin, että polkupyöräväylä katkaistaisiin. Kaupungin lupahenkilöstö kuitenkin ilmoitti, että nostokoneiston paras paikka on polkupyöräväylän vieressä vinopysäköinnin alueella. Nostot suositeltiin tehtäväksi polkupyöräväylän ylitse. Kuvassa 4 asennuskohta on merkitty punaisella ympyrällä.

Kuva 4 esittää tilapäisen liikennejärjestelyjen ratkaisun. Punaisella merkitty alue varattiin nosturille. Käytännössä nosturi saatiin pysymään pysäköintipaikkojen alueella, jolloin nostaminen voitiin suorittaa kevyenliikenteen väylän ylitse. Pysäköintiruutuja rajattiin asennuksen ajaksi 3-4 kappaletta.



Kuva 4 Liikenteen erikoisjärjestelyt Kaivokadulla

### 2.3.2 Ruoholahdenkatu

Ruoholahdenkadulla jouduttiin kameran asennuksen ajaksi sulkemaan yksi kaupungista pois päin kulkeva ajoväylä. Nostokoneisto vaatii noin 10 metriä tilaa. Asennustyön ajaksi kaista suljettiin opastein ja sulkumerkein.



Kuva 5 Liikenteen poikkeusjärjestelyt Ruoholahdenkadulla

## 2.4 Järjestelmän asentaminen

Kamerat kiinnitetään tyypillisesti alueella valmiina oleviin valaisin- tai portaalipylväisiin. Jos valitut pylväät ovat riittävän lähellä ajoväylää voidaan kamerat kiinnittää niihin suoraan, koska kameroiden asennuskulma on sopiva ajoneuvojen tunnistukselle, sekä haluttaessa kevyenliikenteen analyyseihin. Jos kamera ei ole optimaalisessa paikassa, voidaan käyttää jatkovartta, jonka avulla kameran kuvakulma säädetään tarkoitukseen paremmin sopivaksi. Jatkovartta käytettäessä tulee huolehtia, ettei kamera ulotu turvakorkeuden alapuolelle.



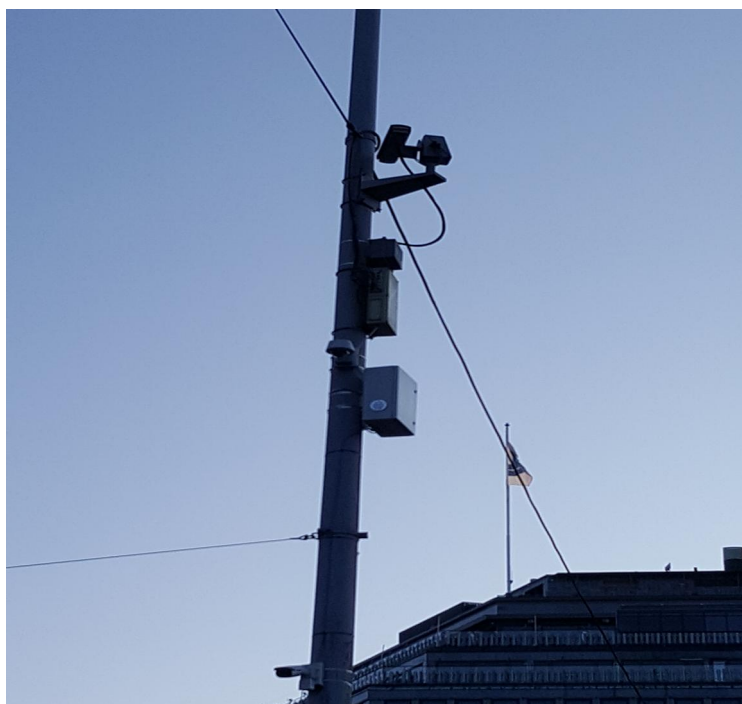
*Kuva 6 Asennustyöt Kaivokadulla*



*Kuva 7 Asennustyöt Ruoholahdenkadulla*

Analysointijärjestelmään liittyvät laitteistot sijoitettiin erilliseen, pylvääseen kiinnitettävään laitekaappiin. Siellä sijaitsivat keskusyksikkö järjestelmän älykkyyttä varten ja kameroiden keräämän informaation välitallennusta varten, tietoliikenneyhteydet (ja virransyötön) kameroille, sekä 3G/4G yhteydet etähallintaa varten. Analysointilaitteisto tarvitsee pääsääntöisesti 230V AC sähköpisteen (katkeamaton).

Järjestelmän laitteistosta on hyvin huomaamaton, kun se sijoitetaan 4-6 metrin korkeuteen esimerkiksi valaisinpylvääseen.



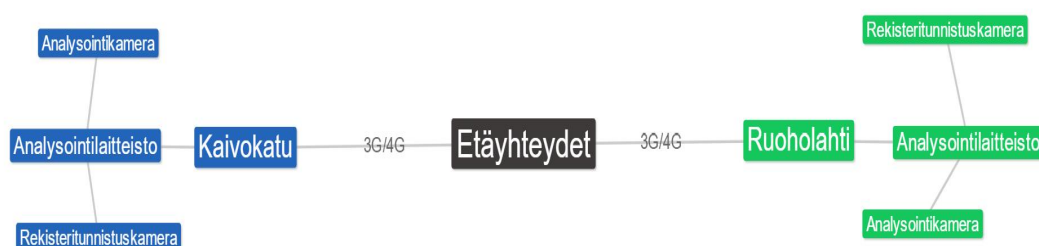
*Kuva 8 Kaivokadun järjestelmä asennettuna*

## 3 Järjestelmän laitteistojen kuvaus

### 3.1 Järjestelmän periaatekaavio

Projektissa toteutettu analysointijärjestelmä koostuu seuraavista komponenteista:

- kameralaitteistot (analysointi ja rekisterinumerontunnistus)
- analysointilaitteiston ohjauslaitteet
- kommunikaatiolaitteistot (analysointitiedon välittäminen)



Kuva 9 kokonaisjärjestelmän yksinkertaistetun periaatekaavion

Analysointikameran tehtävänä on analysoida videokuvasta sille määritellyillä alueilla tapahtuvia tapahtumia, kuten kävelijän tai pyöräilijän liikkuminen tiettyyn suuntaan. Analysointitieto tallennetaan paikalliseen analysointilaitteistoon, josta se on haettavissa myöhemmin tarkempien analysointien pohjaksi. Analysointitietoa voidaan myös siirtää reaaliajassa 3G/4G – yhteyden lävitse keskitettyyn järjestelmään.

## 3.2 Laitteistot

### 3.2.1 Kamerat

Projektissa käytetty analysointilaitteisto sisälsi kaksi IP -pohjaista analysointikameraa. Toinen kameroista sijoitettiin noin 6 m korkeuteen, ja sen tehtävä oli kuvata yleisotosta alueesta videoanalyysiä varten. Toinen kamera sijoitettiin noin 4 m korkeuteen, ja sen tehtävänä oli kuvata kahdella vierekkäisillä kaistoilla ajavien ajoneuvojen rekisterinumeroita.

Analysointikameran tärkeimmät suorituskykytiedot:

- 3,0 megapikselin tarkkuus
- Kykenee kuvaamaan pimeällä
- 3-9mm f/1.6 P-iris linssi, moottoroitu optiikka
- Integroitu IR-valo
- Itseoppiva videoanalytiikka

Rekisteritunnistuskameran tärkeimmät suorituskykytiedot:



- 2,0 megapikselin tarkkuus
- Kykenee kuvaamaan pimeällä
- 9-22mm f/1.6 P-iris linssi, moottoroitu optiikka
- Integroitu IR-valo

### 3.2.2 Analysointilaitteisto

Valaisinpylvääseen sijoitetussa laitekotelossa oli seuraavia komponentteja:

1. paikallinen älykkyys analysointitietojen tallentamiseen
2. verkkokytkin, virransyöttö kameroille (PoE)
3. 3G/4G -reititin sekä VPN -yhteyslaitteisto



*Kuva 10 Analysointiyksikön komponentit*

Analysointijärjestelmä kommunikoi ulkoisten järjestelmien kanssa IP-pohjaisen 3G/4G -verkon välityksellä. Koska järjestelmän komponenteista siirretään ulkopuolelle vain analysointi-informaatio, niin kaistavaatimukset analysointitietojen siirrolle ovat realistiset jopa 3G/4G datana toteutettavaksi.

Laitteiston kotelo on mitoiltaan 50x40x20 cm. Se on asennusteknisesti suunniteltu niin, että yksi henkilö pystyy sen asentamaan.

### 3.3 Laitteiston säädöt ja sijoittelu

#### 3.3.1 Analysointikamera

Lähtökohtaisesti projektissa pyrittiin siihen, että yhdellä kameralla kuvattaisiin mahdollisimman laajasti erilaisia liikennetyyppejä.



*Kuva 11 Videoanalysoinnissa käytetty kamera*

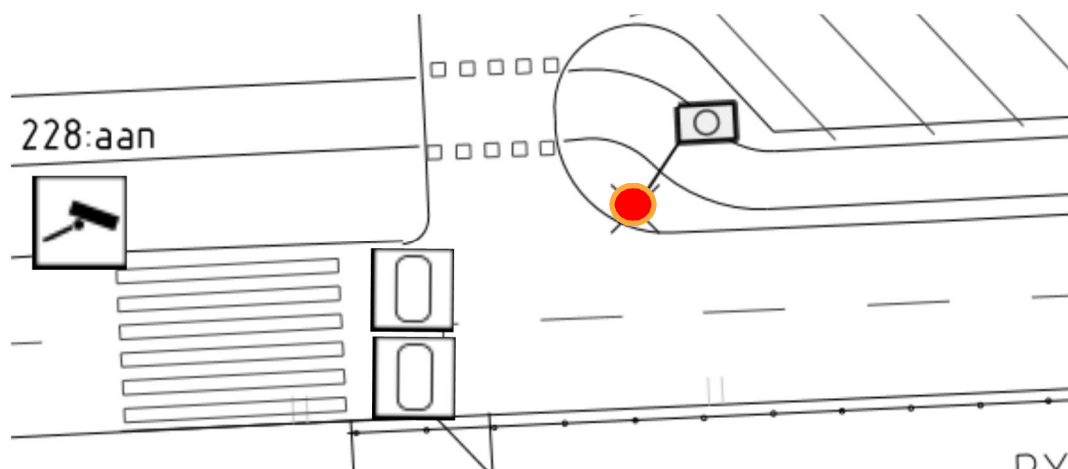
#### 3.3.2 Rekisteritunnistuskamera

Rekisteritunnistuskameralla kuvattiin kahta vierekkäistä kaistaa. Kuva-alue on jaettu kahteen osaan, jonka avulla kerrottiin tunnistukselle kaistojen sijainnit kuvassa.



*Kuva 12 Rekisterinumerontunnistuksessa käytetty kamera*

Rekisteritunnistuskamera sijoitettiin projektissa punaisella merkittyyn pylvääseen. Vaihtoehtoisena paikkana oheiseen kuvaan on merkitty suojatien jälkeen oleva valotolppa, jolloin rekisteritunnistuksen herätteenä on käytettävissä ajoneuvosilmukoita, jotka on yleensä asennettu ennen risteystä ajoväylälle.



Kuva 13 Rekisteritunnistuskameran sijoittelu

## 4 Projektin aikana saavutetut mittaustulokset

### 4.1 Videoanalyysimenetelmät

Projektissa suoritettiin reaaliaikaista mittausta (menetelmä 1), kameroiden tallenteista suoritettua mittausta (menetelmä 2) sekä ajoneuvoliikenteen rekisterinumeroiden tunnistukseen perustuvaa mittausta (menetelmä 3).

Valittujen menetelmien ja niiden avulla suoritettujen mittausten tärkeimmät erot ovat seuraavat:

- Menetelmä 1
  - projektissa kerättiin reaaliaikaista mittaustietoa
  - analysointi suoritettiin itsenäisellä kameralla
  - analysointi mahdollista suorittaa kamerassa sekä kamerasisäisessä erillisessä laitteessa (sekä analogia- että IP – videon tuki)
  - menetelmä olettaa, että kamerat ovat tietyssä kulmassa suhteutettuna analysoitaviin objekteihin (sivulta kuvaus tehokkain)
- Menetelmä 2
  - projektissa suoritettiin mittauksia kameroista kuvatuista 5 minuutin videoleikkeistä
  - analysointi suoritettiin tietokoneessa toimivassa Vidamin PlatformX - ohjelmistolla
  - analysointi mahdollista suorittaa sekä kamerasisäisessä, ulkoisessa erillisessä laitteessa, sekä tietokoneessa pyörivällä ohjelmistolla
  - mahdollistaa analysoinnin kalibroinnin mm. eksoottisten kamerasisäisten kuvakulmien suhteen
  - voidaan toteuttaa reaaliaikaisena analyysinä, mutta erillisen laitteiston puuttumisen vuoksi käytettiin projektissa menetelmän 1 verrokkina hetkettäisissä mittauksissa
- Menetelmä 3
  - projektissa suoritettiin reaaliaikaista rekisterinumeroitunnistusta analysointipisteiden ohi ajavista ajoneuvoista
  - rekisteritunnistukseen on olemassa sekä ohjelmistopohjaisia että laitteistopohjaisia ratkaisuja

Koska menetelmällä 2 analysoitiin lyhyitä videotallennuksia, voitiin siitä kerätä tarkempia esimerkkejä menetelmän hetkellisestä luotettavuudesta. Nämä mittaustulokset muodostavat rajallisemman otannan tulosten osalta. Menetelmä 2 mahdollisti erilaisten kalibrointien testaamisen (samaa aineistoa voidaan käyttää useammassa analyysissä eri parametreilla). Menetelmän 1 osalta projektissa kerättiin huomattavasti laajemmin analysointituloksia.

#### 4.1.1 Analysointilaitteiden säädöt

Projektissa testatut menetelmät vaativat kalibroinnin ja analysoinnin asetusten määrittämisen. Asetuksilla voidaan määrittää, mitä tietoa ollaan hakemassa ja mukauttaa järjestelmä kohteen erikoisvaatimukseen. Parametreja joihin menetelmissä 1 ja 2 voidaan vaikuttaa ovat mm:

##### **Menetelmä 1**

- analysoinnin kuvatahti
- analysoinnin kuvatarkkuus
- verrokkidatan opettaminen
- menetelmä ei mahdollista kuvan kalibrointia vaan vaatii tietyn kuvakulman
- menetelmä ei mahdollista objektien kokojen muokkaamista vaan ne ovat kiinteät
- menetelmä ei mahdollista nopeusmittauksia

##### **Menetelmä 2**

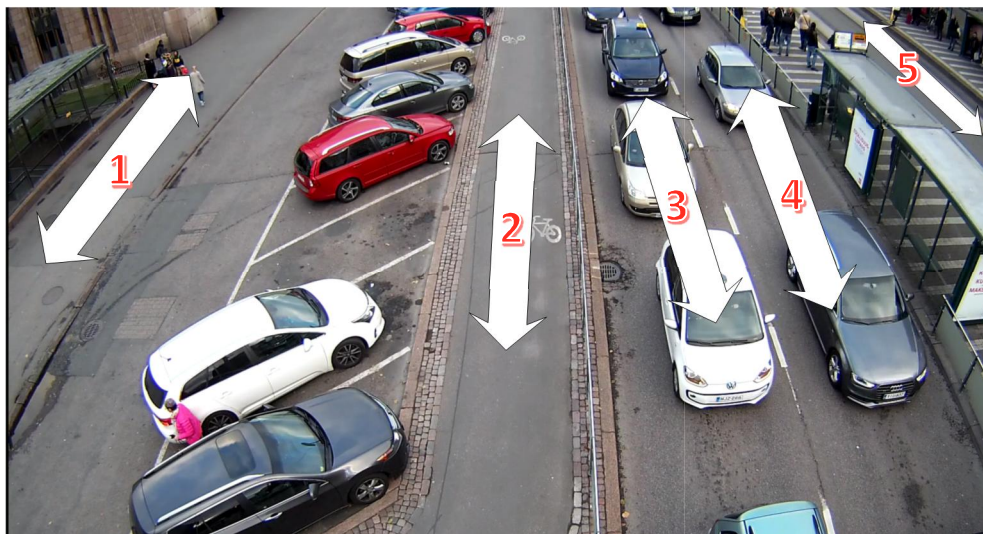
- kameran kulma suhteutettuna analysoitaviin objekteihin
- objektien luokittelussa käytetyt raja-arvot (objektien koot)
- nopeusmittauksen tarkkuuteen liittyvät mitoitus säädöt

##### **Menetelmä 3**

- kameran kulma suhteutettuna rekisterikilpiin
- rekisteritunnistuksessa käytetty kuvataajuus
- kuvamateriaalin tarkkuus

#### 4.1.1.1 Menetelmä 1

Analysointikameran kuvasta pyrittiin määrittämään alueet, joissa tapahtuvaa liikettä haluttiin analysoida. Kuva 14 esittää Kaivokadun analysointikamerasta määritellyt alueet.



Kuva 14 Videoanalyysin tunnistusalueet

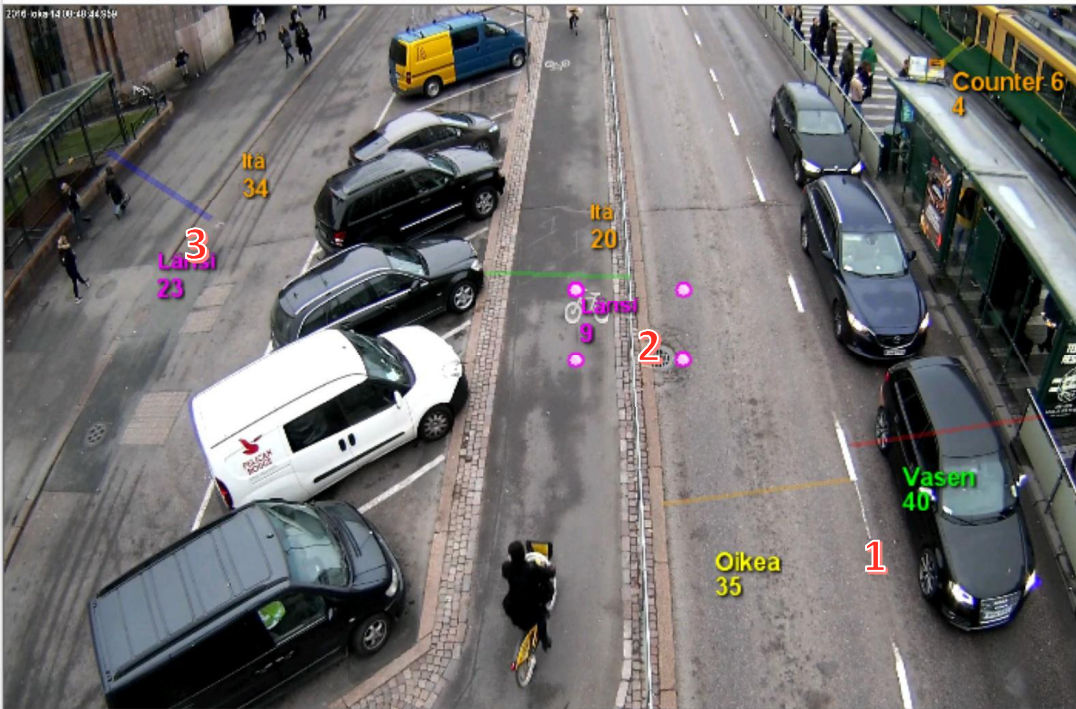
Tunnistukseen määritellyt kuva-alueet:

1. Kävelijöiden määrä sekä suunta
2. Pyöräilijöiden määrä sekä suunta
3. Ajoneuvojen lukumäärä per kaista
4. Pyöräilijöiden lukumäärä
5. Raitiovaunuliikenne

Menetelmän 1 kalibroinnissa havaittiin selkeitä puutteita sen suhteen, millaisista kuvista menetelmä kykenee tekemään analyyskejä. Menetelmä oli hyvin staattinen säädöiltään ja se pohjautui siihen, että kamerakuva saadaan aina samasta suunnasta suhteutettuna laskettaviin kohteisiin. Menetelmälle paras mahdollinen kuvaussuunta havaittiin olevan sivulta kuvaaminen. Tämä havaittiin projektissa hyvin haasteelliseksi liikennevirtojen kuvauksessa, varsinkin yhdellä kameralla toimittaessa. Kaupunkiympäristössä kameroiden kiinnitys on yleensä helpointa tien läheisyydessä oleviin pylväisiin, jolloin sivusta kuvaaminen on yleensä hankalaa. Tyypillisestä sijoituspaikasta saatavissa oleva kuva on yleensä enemmän ylhäältä viistosta.

Menetelmän 1 luotettavuuden arviointi pitkällä aikavälillä on hankalaa, koska vastaavalta ajalta ei löydy varmistettuja, aukottomia mittaustuloksia.

### 4.1.1.2 Menetelmä 2



Kuva 15 Esimerkkikuva videoanalyysikameralta

Menetelmän 2 osalta tutkittiin vastaavia parametreja kuin menetelmän 1 osalta, kuitenkin laajennettuna muutamalla erikoisparametrilla, kuten ajoneuvojen hetkellinen nopeus. Seuraavassa listassa on kuvattu tarkemmin parametrien tarkoitus:

1. Ajoneuvoliikenne
  - laskenta oikea kaista
  - laskenta vasen kaista
  - ajoneuvoliikenteen luokittelu
  - ajoneuvojen nopeuden analysointi
2. Pyöräliikenne
  - laskenta pyöräilijät itään (Kaisaniemi)
  - laskenta pyöräilijät länteen (Kamppi)
  - pyöräilijöiden nopeuden analysointi
3. Kävelyliikenne
  - laskenta kävelijät itään
  - laskenta kävelijät länteen
4. Raitiovaunuliikenne
  - laskenta

Menetelmä 2 mahdollistaa paremman luotettavuuden arvioinnin, koska analyysit suoritetaan kohteessa olevista kameroista tallennetuista 5 minuutin pituisista videonauhoituksista. Nauhoituksia suoritettiin sekä päivä- että yöaikaan. Lisäksi nauhoituksiin pyrittiin saamaan sekä rauhallista että vilkasta ajankohtaa.

Projektin loppuraportin oheismateriaalina toimitetaan videonauhoitteita, joissa on nähtävissä menetelmän 2 toimivuus liikenteenlaskennassa. Menetelmä 2 oli huomattavasti menetelmää 1 joustavampi kalibroinnin ja säätöjen suhteen.

#### 4.1.1.3 Menetelmä 3

Menetelmä 3 toteutettiin rekisterinumerontunnistuksena ja se suoritettiin yhdeltä kameralta, joka kuvasi kahta kaistaa. Kuvatahti kameralla oli 4 kuvaa sekunnissa. Tunnistuksen heräte otettiin kamerakuvassa havaitusta liikkeestä.



*Kuva 16 Esimerkki rekisteritunnistuskameran kuvasta*



*Kuva 17 Esimerkki rekisteritunnistuskameran kuvasta*

#### 4.1.2 Lukumääriin perustuvat mittaukset

Lukumääriin perustuvissa mittauksissa jokaisesta analysointi- ja tunnistustapahtumasta tallennetaan tietokantaan seuraavat tiedot:

- sijainti
- kellonaika
- tunnistuksen syy
- identifikaatio jos saatavilla (rekisteritunnus)
- kaista
- suunta jos saatavilla
- muut analysointitiedot (nopeus, koko, jne)



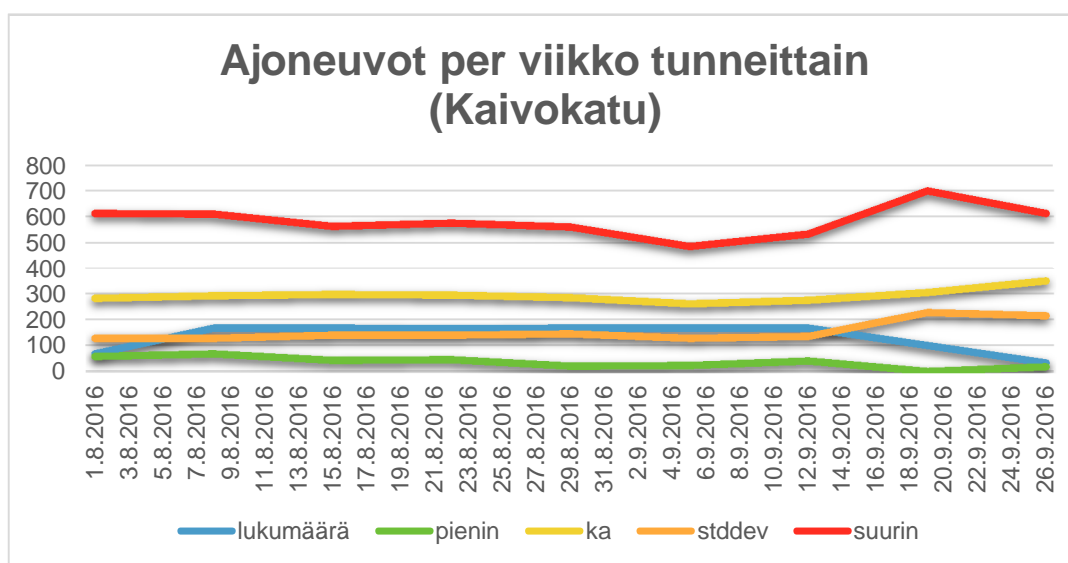
Näiden tietojen pohjalta voidaan laskea erilaisia tilastollisia parametreja eri liikennemuotojen informaatiosta. Projektissa laskettiin tapahtumamäärille minimi ja maksimi arvot sekä keskimääräinen- ja perusjakauma. Näytteenottotaajuutena mittauksissa käytettiin yleisesti yhtä tuntia. Mitattuja arvoja voidaan tarpeen mukaan tarkastella halutussa ajanjaksossa, kuten tunti, vuorokausi, viikonpäivä, viikonloppu, arki tai pyhäpäivä, jolloin saadaan tietoa liikenteen muutoksista eri ajanjaksoina.

#### 4.1.2.1 Ajoneuvoliikenteen mittaukset

Lukumääräpohjaisessa mittauksessa käytettiin pääsääntöisesti menetelmän 1 tuottamaa dataa. Läpimenoanalyseissä käytettiin menetelmän 3 tuottamaa tietoa. Menetelmän 2 tuloksia voidaan tarkastella loppuraportin yhteydessä toimitetusta videomateriaalista.

Kaikista liikennetyypeistä on saatavilla lukumääräpohjaista mittaustietoa. Tässä osiossa tarkastellaan lukumäärätietoa ajoneuvoliikenteen osalta.

Seuraavat kaaviot esittävät esimerkkejä analysointituloksista luoduista, lukumääriin perustuvista mittaustuloksista. Analysoinnit on suoritettu pääsääntöisesti 1.8.2016 – 26.9.2016 välisellä ajanjaksolla, lukuun ottamatta sähkökatkoksia ja järjestelmän kalibroinnista aiheutuneita katkoksia, joiden vaikutuksia ei ole huomioitu laskelmissa.



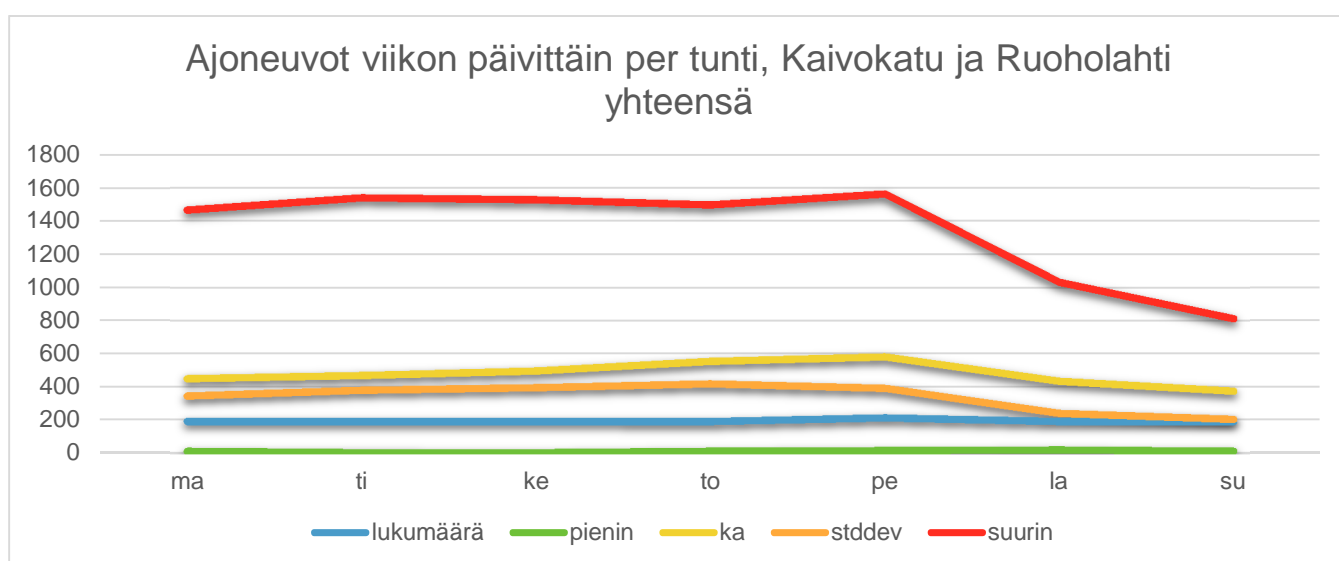
*Kaavio 1 Ajoneuvojen määrät Kaivokadulla per viikko yhteensä (menetelmä 1, tunneittain laskettuna)*

Kaaviosta 1 on nähtävissä kunkin viikon viikkaimman tunnin arvot sekä kunkin viikon keskiarvot, keskimääräiset jakaumat sekä minimi ajoneuvomäärät tunneittain laskettuna (aikaväliltä 1.8.2016 – 26.9.2016). Suurin kuvaa vilkkainta tuntia ja pienin hiljaisimman tunnin liikennettä.



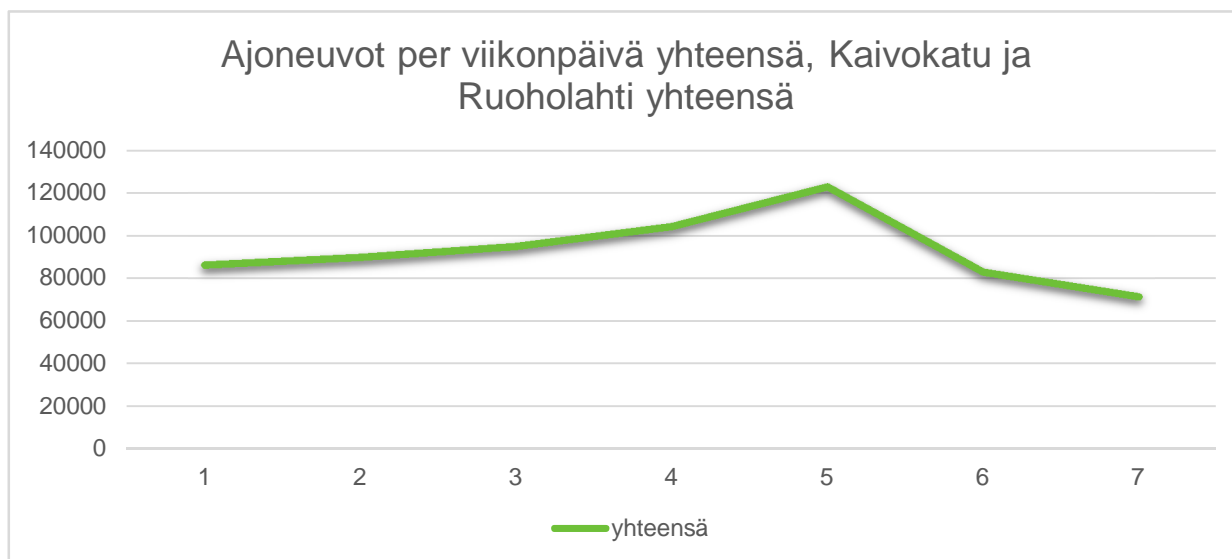
Kaavio 2 Ajoneuvojen kokonaishavainnot (menetelmä 1)

Kaaviosta 2 on nähtävissä kunkin viikon yhteenlasketut ajoneuvomäärät (aikaväli 1.8.2016–26.9.2016). Kaavion suuret heitot viikkojen välillä johtuvat laitteistolle tehdyistä kalibrointien muutoksista sekä sähkökatkoista johtuneista järjestelmän alasajoista.



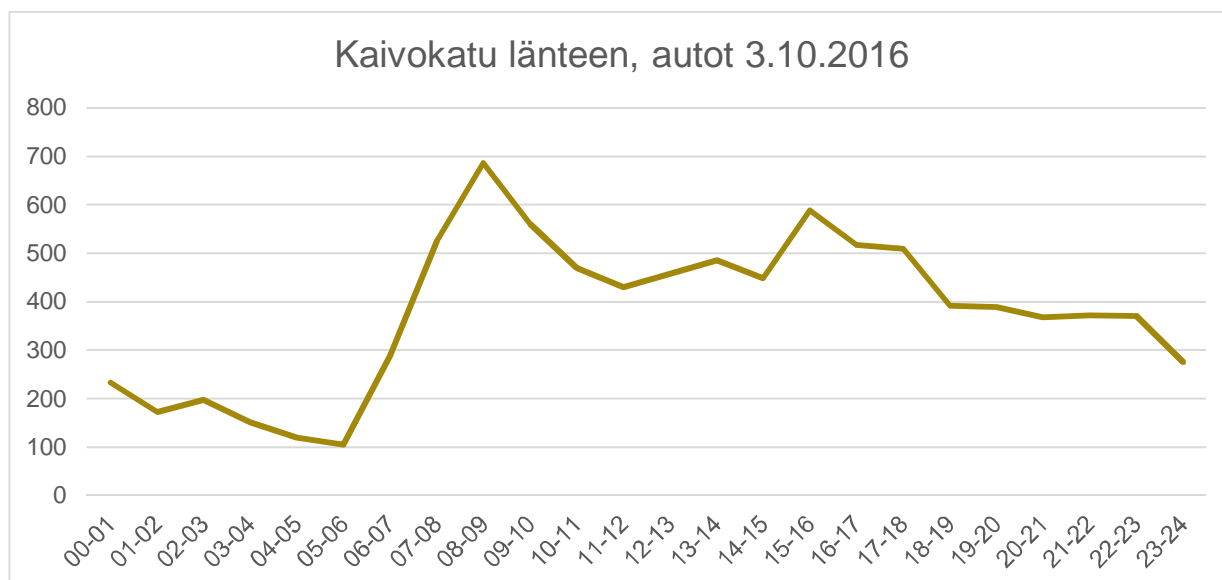
Kaavio 3 Ajoneuvot viikonpäivittäin (menetelmä 1, tunneittain laskettuna)

Kaavion 3 analyysistä on nähtävissä kunkin viikonpäivän vilkkaimman tunnin arvot sekä kaikkien tuntien keskiarvot, keskimääräiset jakaumat sekä minimi ajoneuvomäärät. Analyysin perusteella liikennemäärät laskevat merkittävästi viikonloppuna. Analyysi on suoritettu aikaväliltä 1.8.2016 – 26.9.2016. Suurin kuvaa vilkkainta ja pienin hiljaisinta tuntia.



Kaavio 4 Ajoneuvot per viikonpäivä yhteensä (menetelmä 1)

Kaaviosta 4 on nähtävissä kunkin viikonpäivän ajoneuvomäärät yhteenlaskettuna. Analyysin perusteella perjantai on vilkkaitten liikennöity päivä viikossa. analyysin laskennat suoritettiin aikavälillä 1.8.2016 – 26.9.2016.

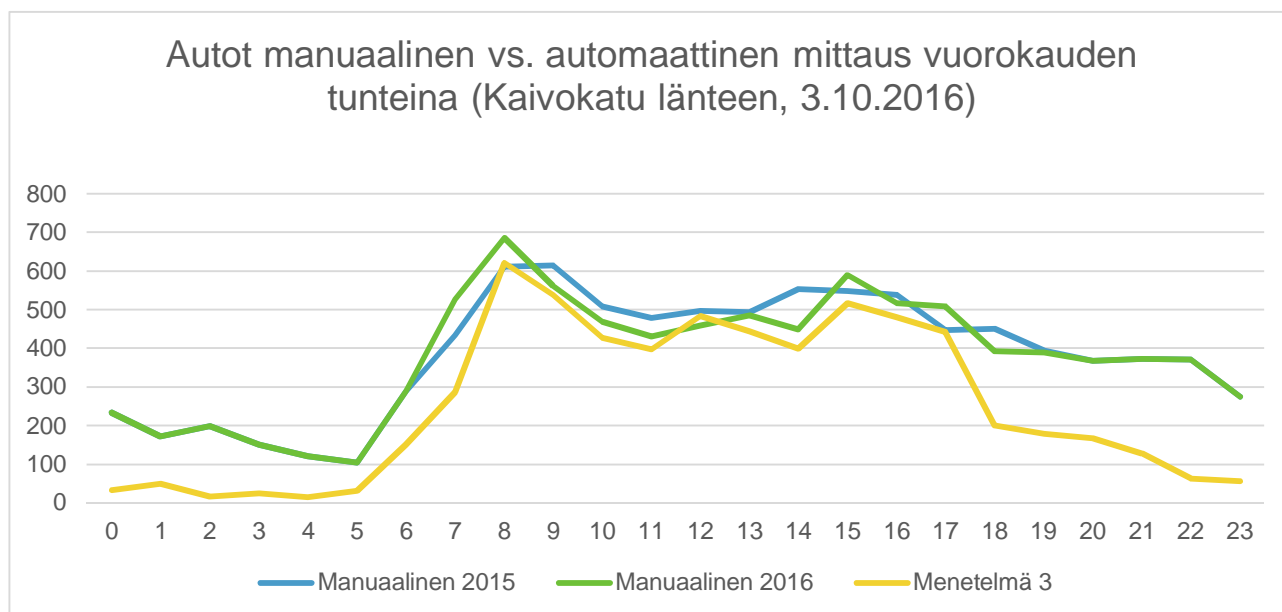


Kaavio 5 Kaivokadun liikennelaskentojen ajoneuvoliikenne länteen (kaupungin laskennat)

Kaaviossa 5 on esitetty kaupungin suorittamien Kaivokadulla liikennelaskentojen (3.10.2016) tulokset. Kaaviosta on havaittavissa liikennoruuhkien aiheuttamat laskentapiikit kello 08-10 kello 15-17 välillä.

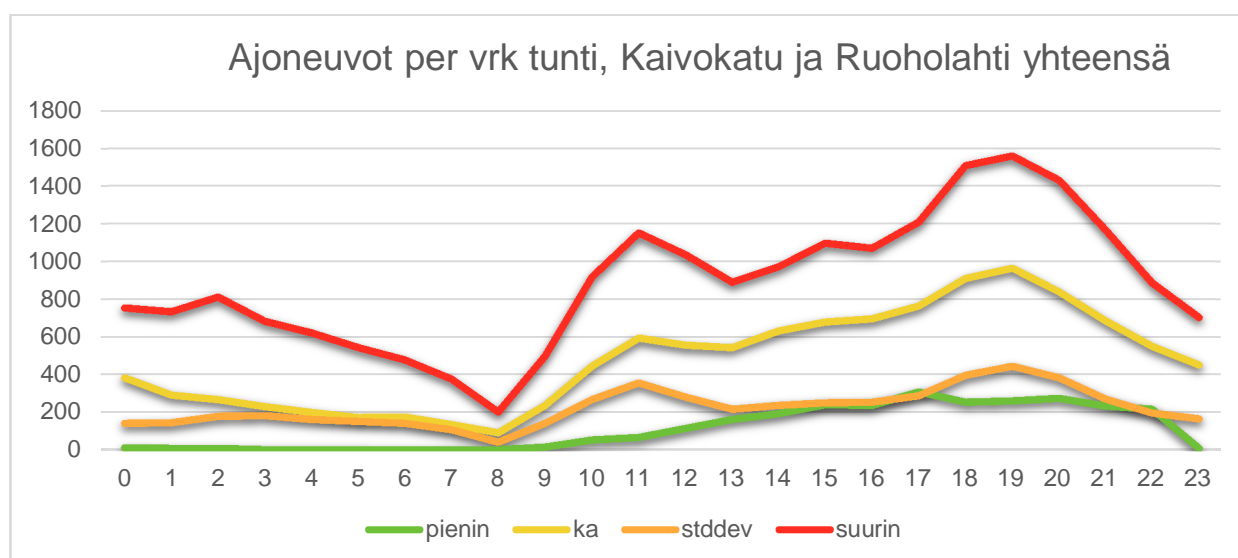
Menetelmän 3 laskennoista voitiin vertailla kaupungin laskennoissa saamia tuloksia samalta päivältä (kaavio 6). Laskennan otanta on päiväaikaan yli 90 % ajoneuvoista (rekisterikilpi saatiin luettua). Yö/ilta aikaan laskennan tulokset heikkenevät selvästi, tähän vaikuttavia seikkoja ovat todennäköisesti:

- Heikentynyt valaistus
- Yksi kamera kuvaa kahta kaistaa, kuvakulma yöllä huono IR valon osalta
- Nopeuksien kohoaminen yöaikaan.



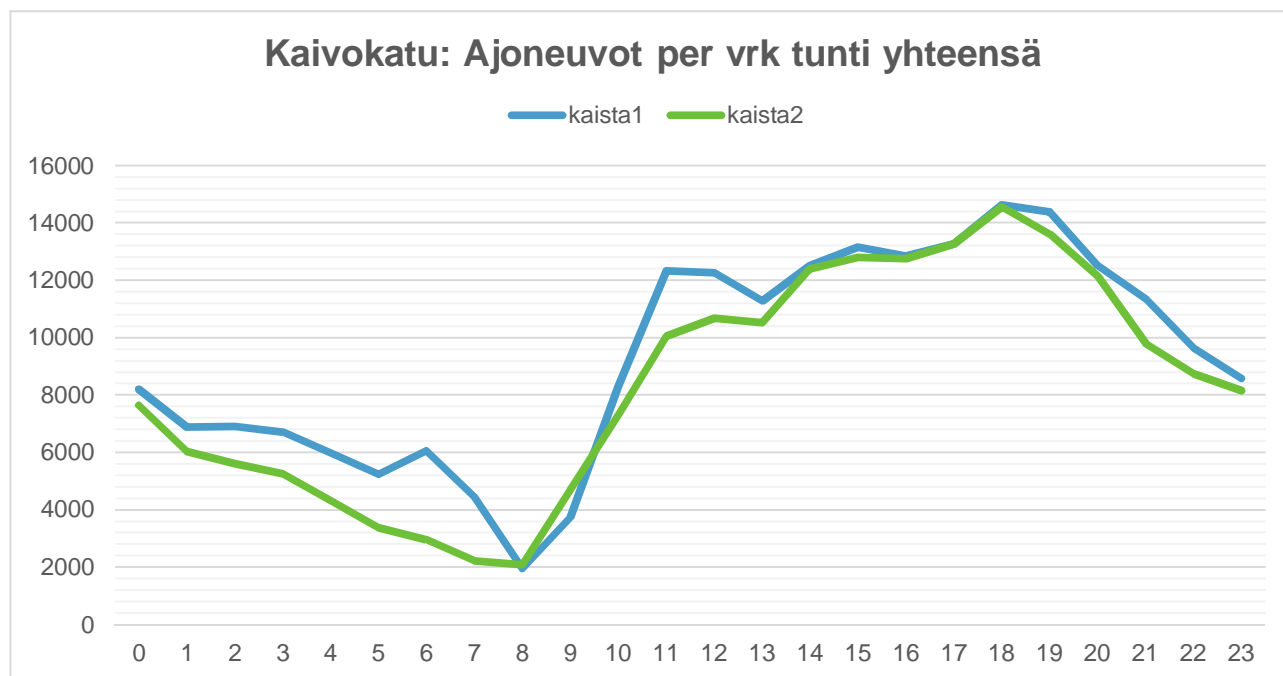
#### Kaavio 6 Kaupungin suorittamien laskentojen vertailu menetelmän 3 laskentatuloksiin

Menetelmällä 1 käytettävissä ei ollut mittaustuloksia täsmälleen samalta päivämäärältä, joten menetelmän validointiin valittiin satunnainen päivä mittaustuloksista. Tuloksista on huomattavissa, että menetelmä 1 ei anna ruuhka-aikana todellista kuvaa liikenteestä. Tähän vaikuttavat oleellisesti analysointimenetelmän valinta (menetelmällä 1 oli vaikeuksia näissä tilanteissa), kameroiden sijaintipaikan valinta. Mittauksissa osoittautui, että kahden liikennevalon välissä olevat alueet (kuten Kaivokadun mittauspiste) ovat haastavia, koska liikennevalojen vaihtuessa ajoneuvot pyrkivät pakkautumaan pieneen tilaan ja ajavat toistensa lähituntumassa.



#### Kaavio 7 Ajoneuvot per vuorokauden tunti (menetelmä 1)

Kaavion 7 analyysistä on nähtävissä kunkin viikonpäivän vilkkaimman tunnin arvot sekä kaikkien tuntien keskiarvot, keskimääräiset jakaumat sekä minimi ajoneuvomäärät. Analyysin perusteella voidaan todeta, että analyysin tarkkuus on menetetty varsinkin aamuruuhkassa (klo 7-10) peräkkäin ajavien ajoneuvojen vuoksi (menetelmä 1 ja osittain menetelmä 3). Analyysi on suoritettu aikaväliltä 1.8.2016 – 26.9.2016.

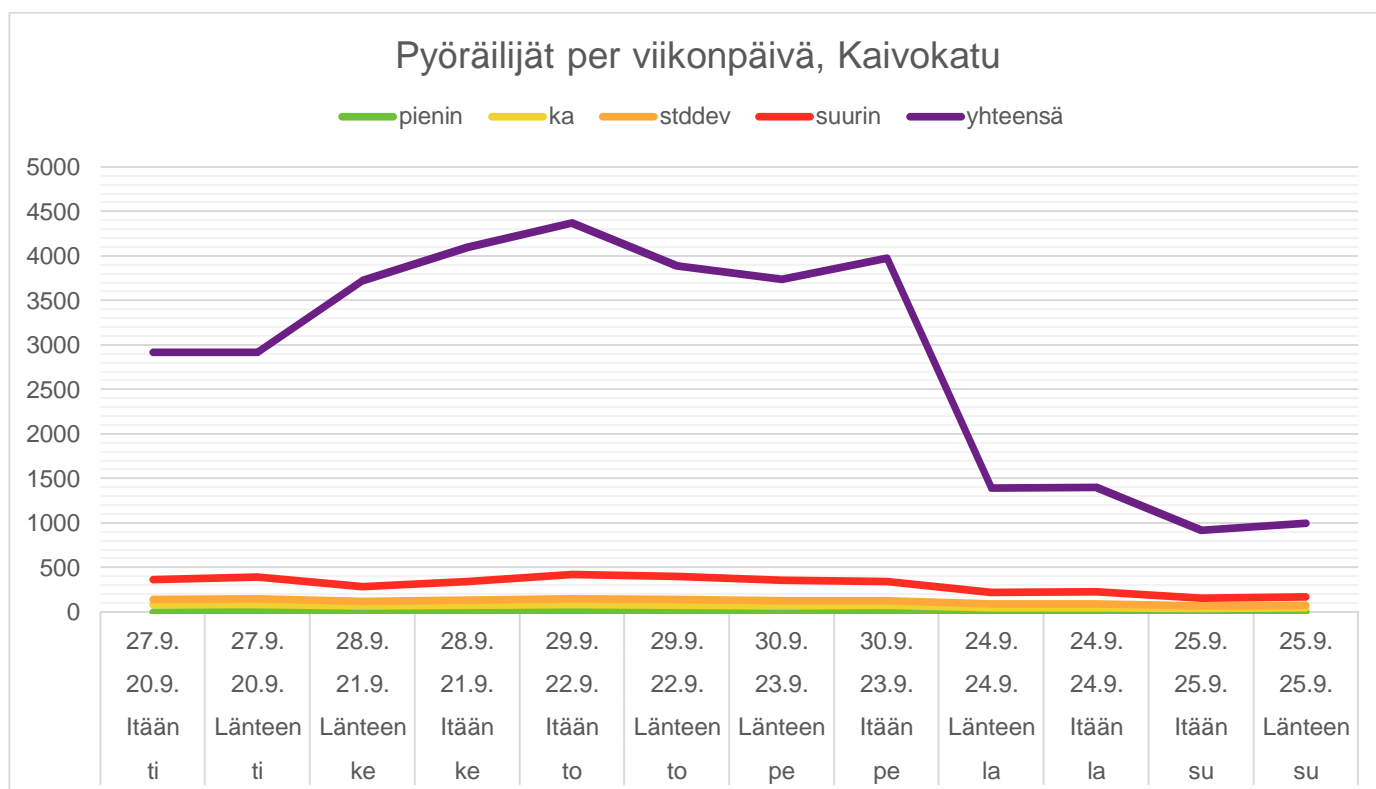


*Kaavio 8 Ajoneuvot kaistoittain vuorokauden tunti yhteensä (menetelmä 1)*

Kaavion 8 analyysi kuvaa koko tarkastelujakson aikana laskettuja ajoneuvoja Kaivokadulla, eriteltyä kaistakohtaisesti. Tarkastelujakso 1.8.2016 – 26.9.2016 ja otanta kattaa noin 50 näytettä (tuntia) Kaaviosta on nähtävissä peräkkäin ajavista ajoneuvoista johtuva heitto aamun huipputuntiliikenteissä, laskentatulokset ovat merkittävästi todellista alhaisemmat, erityisesti välillä 7-10.

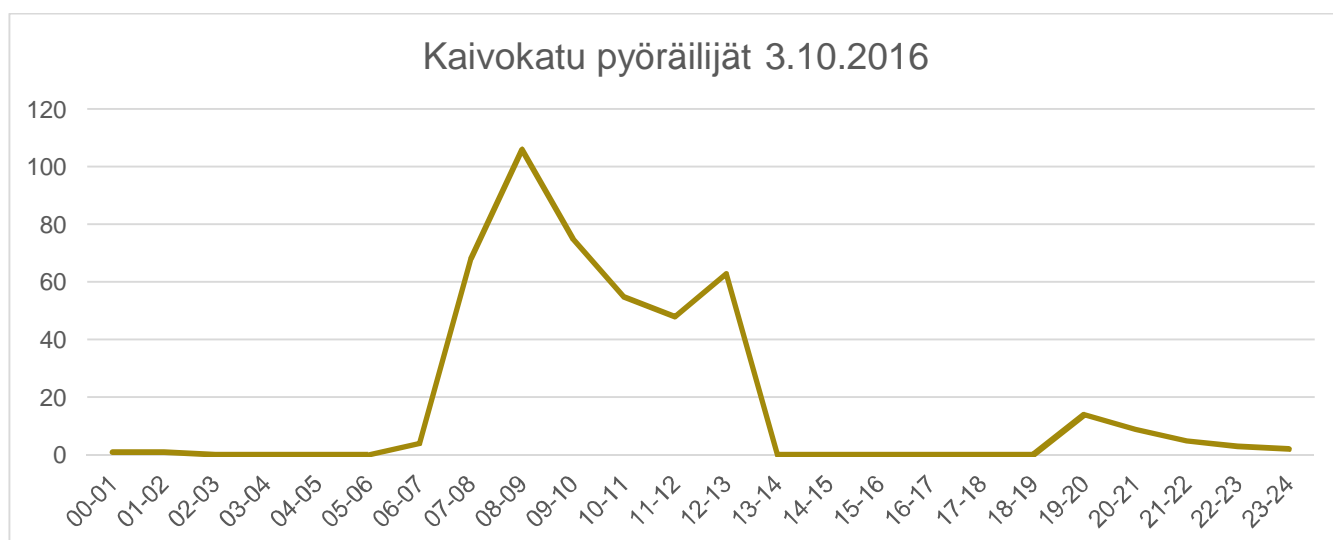
Raportin liitteenä toimitetussa taulukossa on tarkemmat lukumääriin perustuvat laskelmat.

#### 4.1.2.2 Pyöräiliikenteen mittaukset (menetelmä 1)

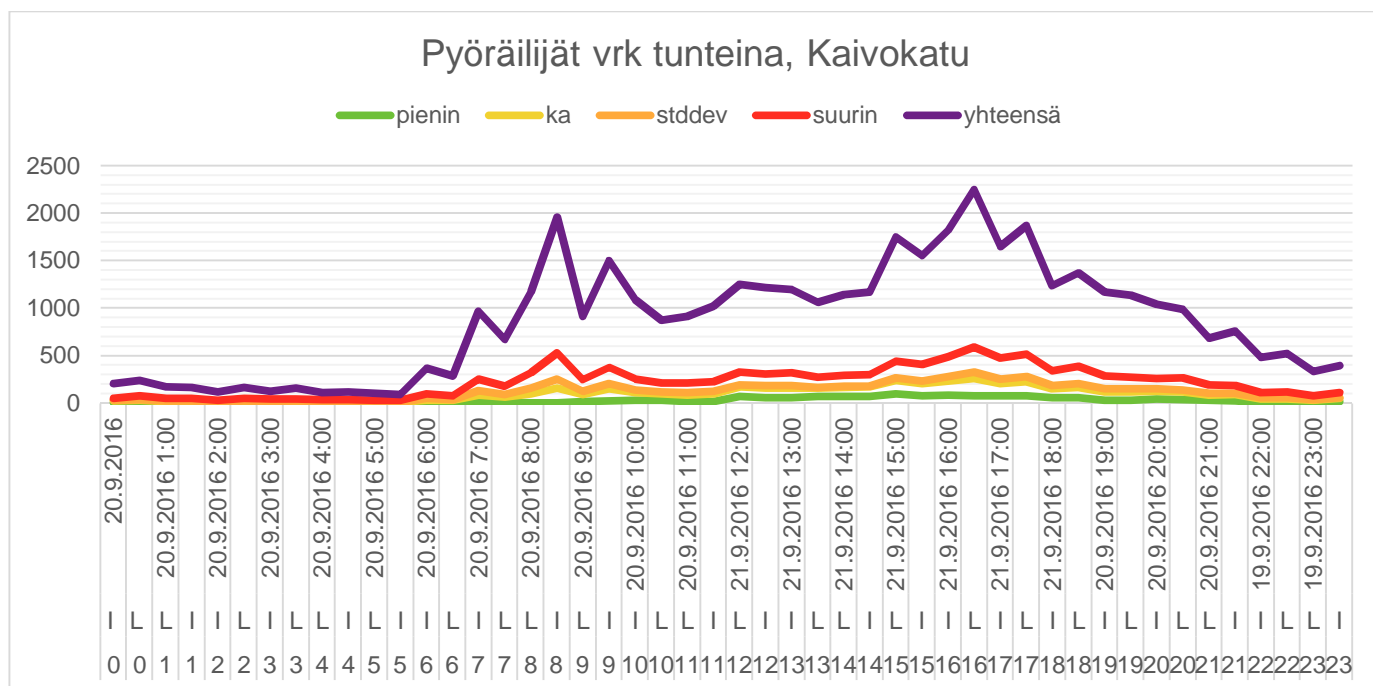


*Kaavio 9 Pyöräilijöiden laskennat (menetelmä 1, tarkastelujakson laskennat viikonpäivittäin yhteensä)*

Pyöräilyliikenteen mittaukset suoritettiin 20.9.2016 – 25.9.2016 välisenä aikana. Mittausteknisten säätöjen vuoksi tuloksia saatiin hieman eri ajanjaksoilta eri päville. Oheisessa kaaviossa on kuvattu mittausten tuloksia. Huomioitavaa pyöräiliikenteen mittauksissa on se, että vaikka hetkellisissä mittauksissa mittausten luotettavuus oli hyvinkin korkea (90–95%) eroavat pyöräilijöiden määrät oleellisesti manuaalisen mittauksen kokonaismäärästä, varsinkin iltapäivämittausten osalta.



*Kaavio 10 Pyöräilijöiden laskennat (kaupungin laskennat 2016)*

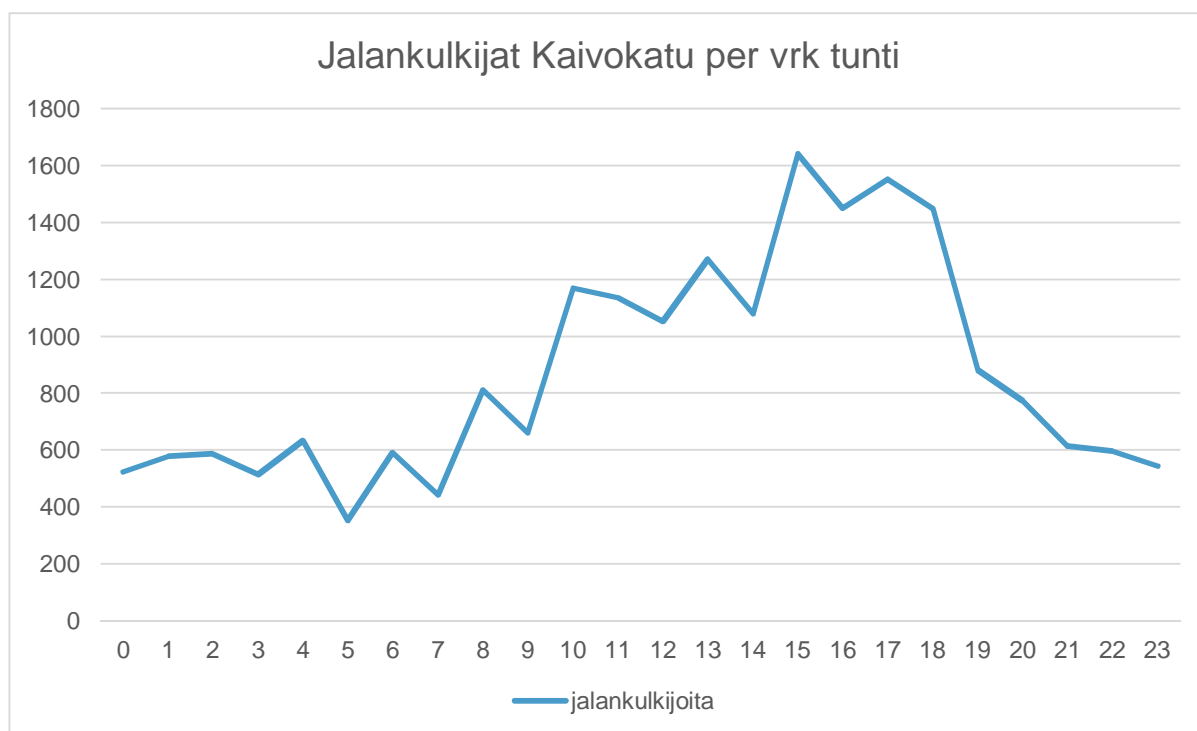


*Kaavio 11 Pyöräilijöiden laskennat tunneittain (menetelmä 1, I=itä, =länsi)*

Pyöräilijöiden määrämittauksia käytettiin mittaustuloksia aikaväliltä 20.9.2016 – 25.9.2016. Manuaalisista mittauksista poiketen menetelmällä yksi mitatuissa tuloksissa oli havaittavissa kaksi piikkiä, toinen aamuaikaan ja toinen iltapäivällä. Näiden piikkien oletetaan liittyvän työmatkapyöräilyyn. Projektin aikana ei pystytty varmentamaan mistä erot manuaalisen ja automaattisen laskennan (menetelmä 1) välillä johtuivat. Lyhyillä tarkistuksilla vaikutti kuitenkin siltä, että menetelmien 1 ja 2 mittaustulokset pyörien osalta olivat erittäin lupaavia.

#### **4.1.2.3 Kävelyliikenteen mittaukset (menetelmä 1)**

Kävelyliikenteen osalta mittaustulokset jäivät puutteellisiksi menetelmän 1 osalta (pitkän aikavälin mittaukset), johtuen kamerakuvan rajallisuudesta sekä aseman edustan suuresta kävelijämäärästä. Menetelmän 2 osalta on projektin osana toimitetuissa videomateriaalissa nähtävissä menetelmän toimivuus kävelyliikenteen laskennassa. Haasteena tässä havaittiin olevan sopivan kuvakulman saaminen (olisi vaatinut erillisen kameras) sekä aseman edustan suuri kävelijämäärä (paljon vierekkäisiä objekteja, joiden erottelu vaatii tarkempaa kuvaa alueelta).



*Kaavio 12 Kävelijöiden laskennan tulokset (menetelmä 1, yhden vuorokauden laskenta)*

Jalankulkijalaskentojen luotettavuus oli heikko, kaaviossa 12 esitettyjä tuloksia ei voitu varmentaa sillä luotettavaa laskentaa rautatieaseman edustan jalankulkijamääristä ei ollut käytössä. Todellisuudessa kävelijöiden määrä on huomattavasti laskennoissa saatua suurempi. Kävelijöiden osalta johtopäätöksiä analyysien kehittämistä on esitetty tämän dokumentin myöhemmässä vaiheessa.

#### **4.1.2.4 Raitiovaunuliikenteen mittaukset (menetelmä 1)**

Raitiovaunuliikenteen osalta mittaustulokset jäivät myös puutteelliseksi kamerasuorituksen haasteellisuuden vuoksi. Menetelmän 2 videomateriaalissa on kuitenkin nähtävissä hetkellisiä tuloksia raitiovaunujen määrämittausten toimivuudesta.

#### **4.1.2.5 Eri liikennetyyppien erittely (menetelmä 1)**

Eri liikennetyyppien erottelussa havaittiin haasteita ruuhkaisilla katuosuuksilla, kuten Kaivokatu. Lähellä toisiaan liikkuvat objektit (henkilöt, pyörät, ajoneuvot) tulkitaan usein yhdeksi isommaksi objektiksi mikä vääristää tuloksia. Projektissa tutkittiin eri liikennetyyppien erottelua erilaisilla menetelmillä. Videoanalyysillä ajoneuvotyyppien erottelu olisi vaatinut hieman erilaisen kamerasuorituksen sekä mielellään analysointipisteen, jossa olisi ollut vähemmän peräkkäin ajaneita ajoneuvoja. Luotettavan liikennetyyppien erottelun avuksi ehdotetaan ajoneuvoliikenteen osalta esimerkiksi rekisteritunnistuksen tai lasermittauksen käyttöä, jolloin pystytään tarkemmin luokittelemaan ajoneuvoja joko niiden Trafi- tietojen tai laserantureiden suorittamien tarkempien mittausten avulla.

#### **4.1.3 Läpikulkuanalyysiin perustuvat mittaukset (menetelmä 3)**

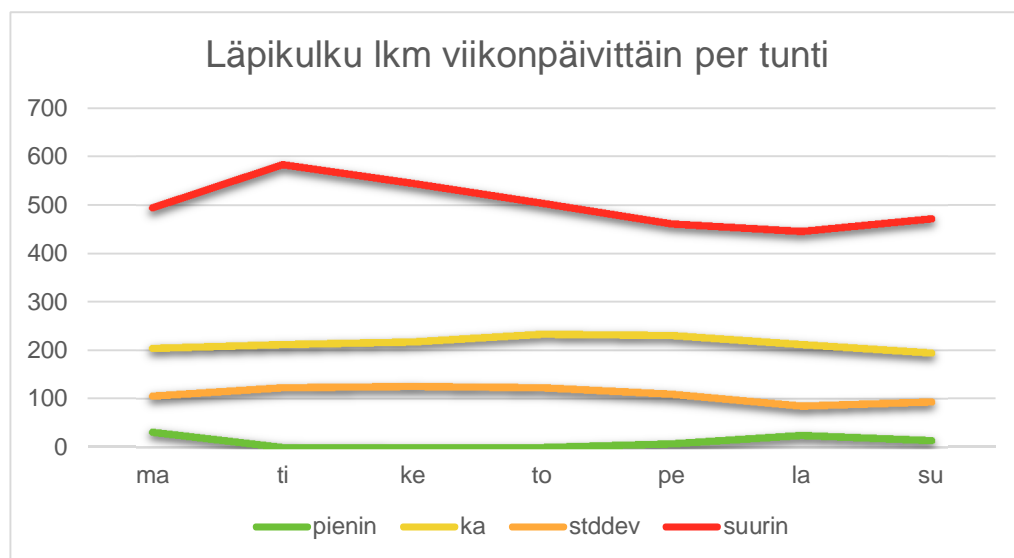
Läpikulkuanalyysiin perustuvat mittaukset tehtiin ajoneuvojen rekisterinumero-tunnistuksen perusteella, joten tässä kappaleessa esitellyt tulokset koskevat ainoastaan ajoneuvoliikennettä. Kaivokadun



suunnasta tunnistettujen ajoneuvojen läpimenomääriä ja läpimenoaikoja tarkasteltiin suorittamalla Ruoholahdenkadulla vastaava ajoneuvotunnistus.

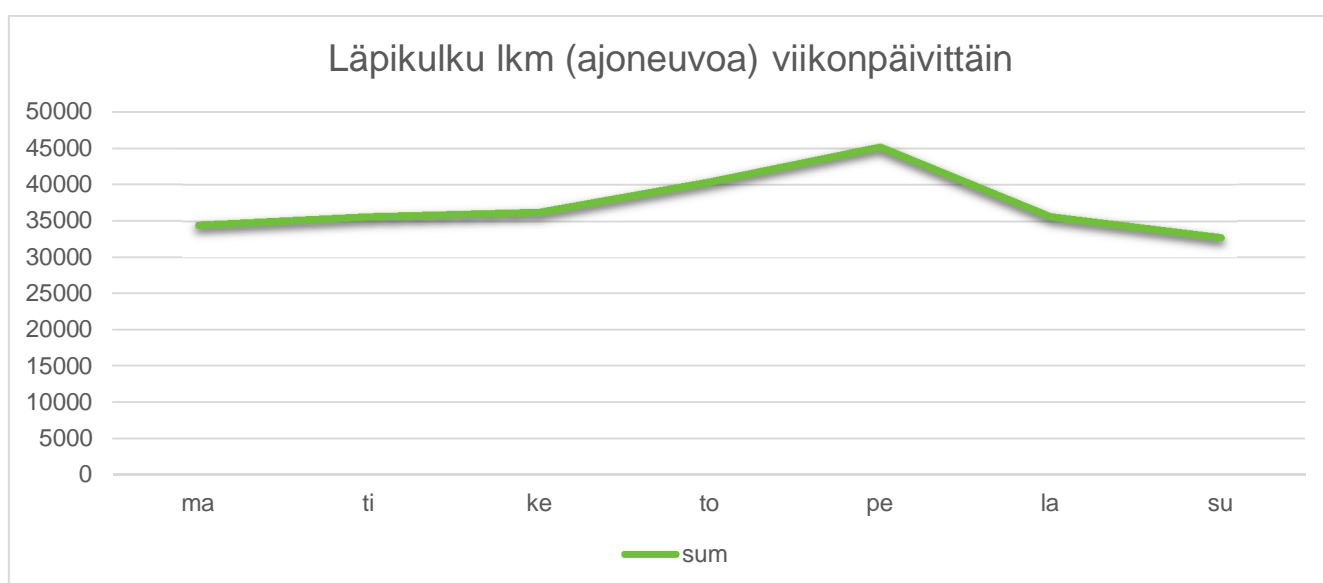
Läpimenoanalyysi tuottaa tietoa siitä, mikä osa ajoneuvoista kulkee Kaivokadulta Ruoholahdenkadulle, ja mikä osa valitsee muita vaihtoehtoisia reittejä. Saman auton esiintyessä molemmissa tunnistuspisteissä järkevän ajan sisällä (aikaleikkuri) voidaan ajoneuvolle laskea läpikulku-aika.

Kaivokadun ja Ruoholahdenkadun väliseksi etäisyydeksi mitattiin 1150 metriä, minkä perusteella läpikululle laskettiin myös nopeusarvoja.



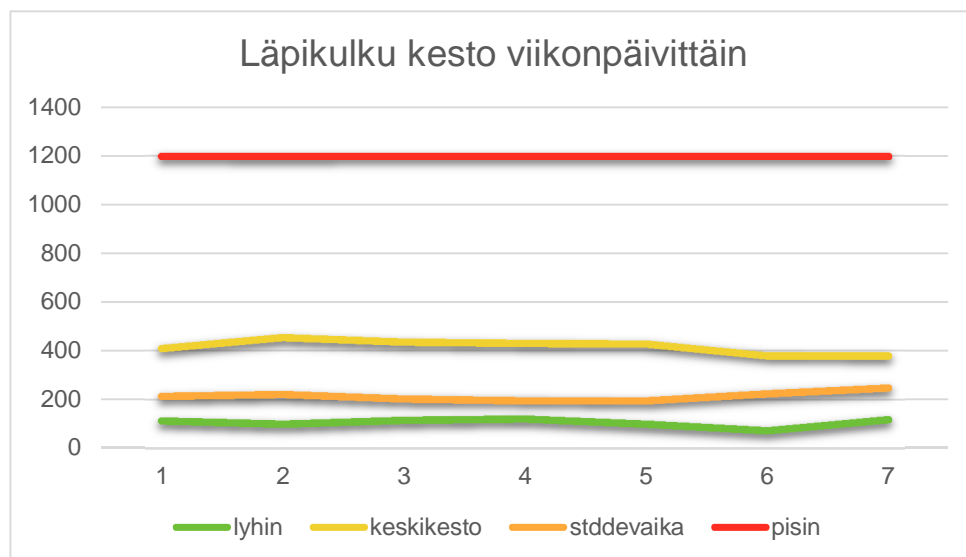
Kaavio 13 Läpikulku lukumäärät viikopäivittäin per tunti (menetelmä 3)

Kaaviosta 13 on nähtävissä kaupungin läpimeno liikenteen suuntaa-antavia ajoneuvomääriä kunkin viikopäivän vilkkaimman tunnin osalta sekä kaikkien tuntien ylitse lasketut keskiarvot, keskimääräiset jakaumat sekä minimi ajoneuvomäärät. Analyysi on suoritettu aikaväliltä 1.8.2016 – 26.9.2016.



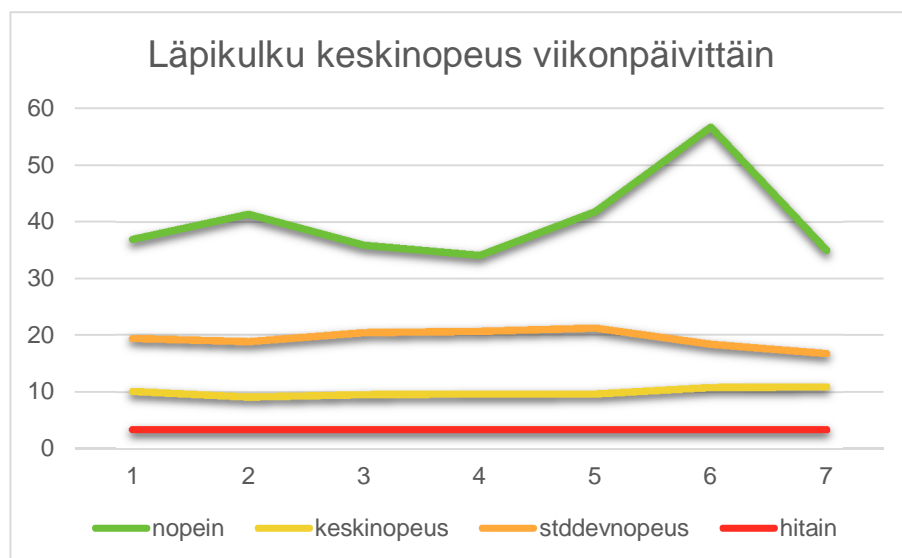
Kaavio 14 Läpikulkumäärä yhteensä viikopäivittäin

Kaavion 14 perusteella läpimenevän liikenteen voidaan todeta olevan suurimmillaan perjantaisin. Osasyynä tähän voi olla taksiliikenteen lisääntyminen viikonloppua kohti. Analyysi on suoritettu aikaväliltä 1.8.2016 – 26.9.2016.



*Kaavio 15 Läpikulun kesto viikonpäivittäin (menetelmä 3)*

Kaavion 15 analyysissä kuvataan kahden mittauspisteen välisen läpiajon kestoa sekunneissa (1.8.2016 – 26.9.2016). Maksimiarvo 1200 sekuntia johtuu laskennassa käytetystä leikkurista (oletus, että ajoneuvo on pysähtynyt matkalla). Läpikuluaikojen voidaan todeta olevan suhteellisen vakioit, eikä läpikulun kestolla ole suoraa yhteyttä viikonpäivään.



*Kaavio 16 Läpikulku keskinopeus viikonpäivittäin (menetelmä 3)*

Kaaviossa 16 on laskettu ajoneuvojen läpikulunopeuksia kahden mittauspisteen välisellä ajomatalla (1.8.2016 – 26.9.2016). Maksiminopeuksien osalta näyttää siltä, että viikonloppuisin

vähäisemmässä liikenteessä yksittäiset autot ajavat välin todella kovaa. Keskiarvoihin viikonlopulla ei ole kuitenkaan merkittävää eroa.

#### 4.1.4 Toistuva liikenne (menetelmä 3)

Toistuvan liikenteen osalta järjestelmä kykenee antamaan anonymisti tietoa esimerkiksi siitä, miten paljon on ajoneuvoja, jotka liikkuvat paljon päivittäin ja viikoittain tarkastelupisteissä. Tästä tiedosta voidaan edelleen analysoida esimerkiksi kuinka usein ajoneuvo kulkee tarkastelupisteen lävitse. Tämän pohjalta voidaan ajoneuvoliikenteelle muodostaa profiileja, kuten:

- päivittäin tunnistetut ajoneuvot
- viikoittain tunnistetut
- kuukausittain tunnistetut

Tunnistumääristä ja niiden jakaumasta sekä kellonajoista voidaan pelkän tunnistustiedon perusteella tunnistaa ajoneuvon käyttötarkoituksia:

- säännöllisesti liikennöivät (esimerkiksi linja-autot)
- tiettyihin kellonaikoihin päivittäin liikennöivät (esimerkiksi jakeluautot)
- toistuvasti, mutta epätasaisesti liikennöivät (esimerkiksi taksit)
- muu liikenne

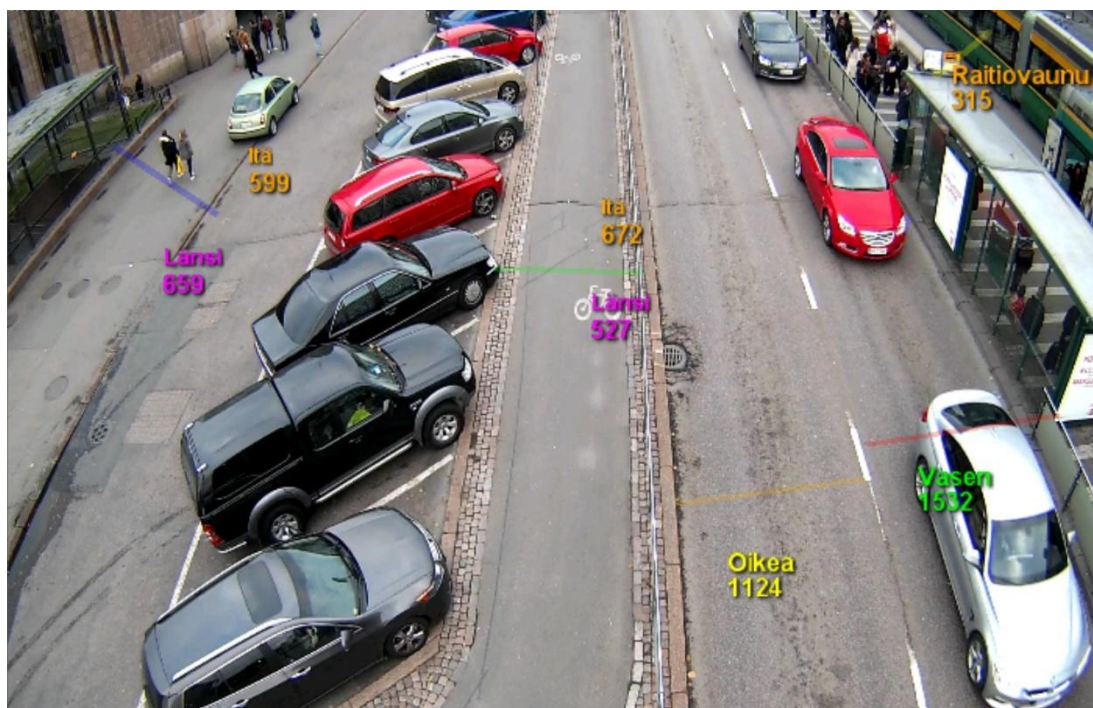
Myös muu liikenne on jaettavissa käyntimäärien, tiheyden ja viipymien perusteella erilaisiin kävijäryhmiin.

#### 4.1.5 Menetelmä 2: Mittaustulosten erittely

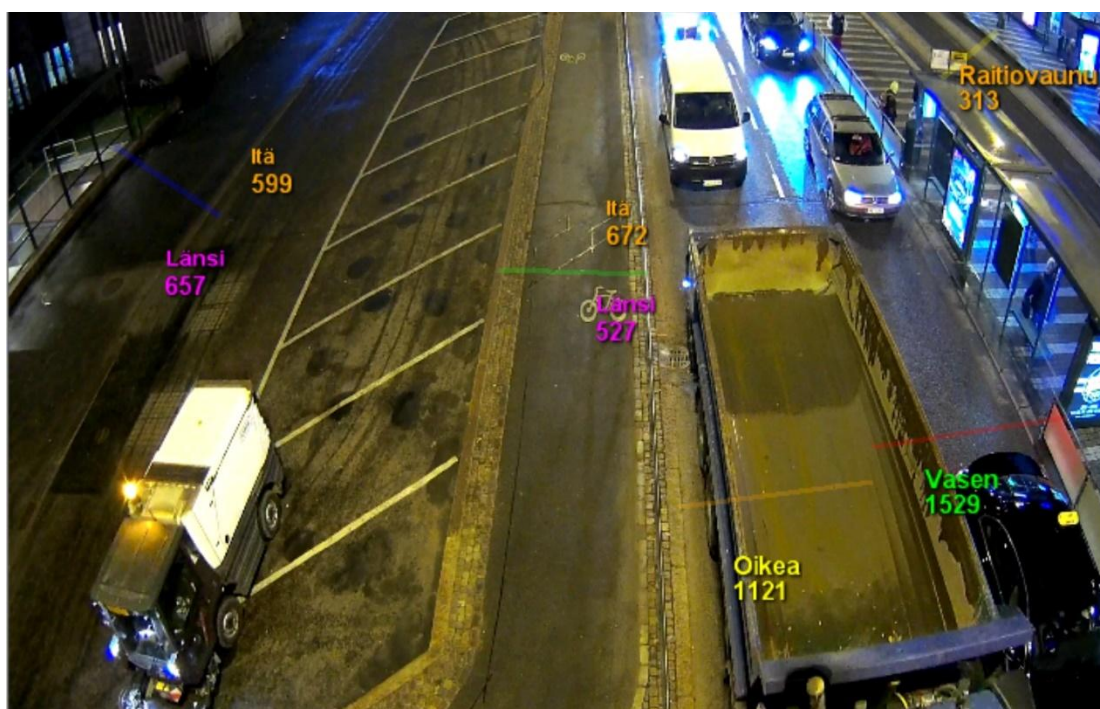
Menetelmää testattiin testiohjelmistolla ajamalla viiden minuutin videosekvenssejä sen lävitse. Ohjelmistoon oli määritelty vastaavia laskentapisteitä kuin menetelmän 1 reaaliaikaisissa analyyseissä. Testien osalta on loppuraportin yhteydessä toimitettu esimerkkejä näistä testiajoista. Niiden osalta on mahdollista käsin suorittaa tarkistuslaskentaa menetelmän 2 toimivuudesta.

Testejä ajettiin seuraavan tyyppisistä videomateriaaleista:

- päivätilanne, normaali liikenne
- päivätilanne, vilkas liikenne
- yötilanne, normaali liikenne
- yötilanne, vilkas liikenne



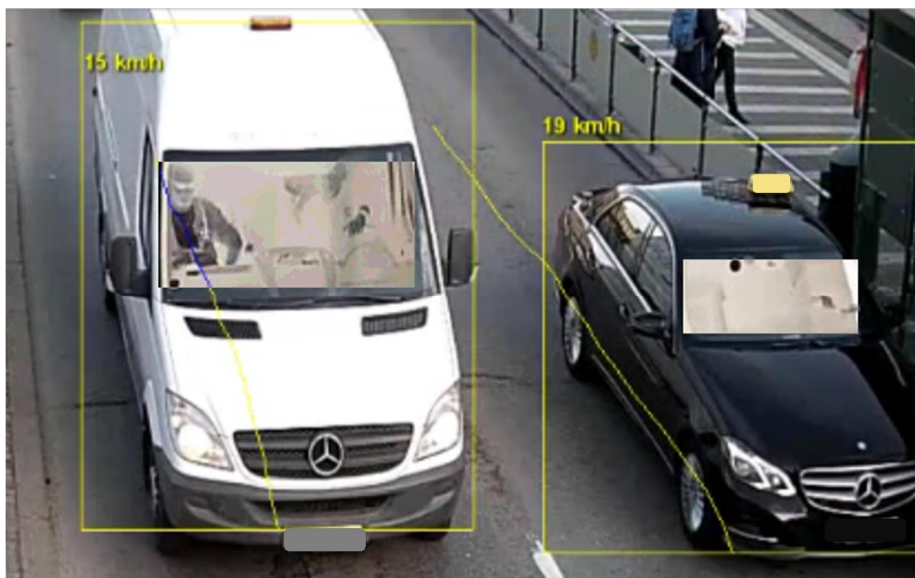
Kuva 18 Esimerkki menetelmän 2 päivällä ottamasta kuvasta Kaivokadulta



Kuva 19 Esimerkki menetelmän 2 yöllä ottamasta kuvasta Kaivokadulta

#### 4.1.6 Hetkelliset nopeudet

Menetelmän 2 avulla on saatavissa arvioita ajoneuvojen hetkellisistä nopeuksista. Videomateriaalin perusteella suoritettiin perusanalyysjä ajoneuvojen, pyörien sekä kävelijöiden hetkellisistä nopeuksista. Saaduista tuloksista kävi kuitenkin ilmi, että jälkikäteen suoritettuna nopeusanalyysit ovat hyvin suuntaa-antavia. Tarkempien analyysituloksien tuottamiseksi suositellaan analyysien toteuttamista reaaliaikaisesta videokuvasta tai jonkin ulkoisen anturin, kuten tutkan tai laser-mittalaitteen käyttämisestä nopeusmittauksiin.



Kuva 20 Esimerkki kamerapohjaisesta nopeusanalyysistä

## 4.2 Poikkeamat mittaustuloksissa

Taulukko 3 Poikkeustilanteiden vaikutus analysointituloksiin

Poikkeamatyyppi	Selite
sähkösyöttökatkokset	projektin mittauslaitteet kokivat yllättävän paljon sähkökatkoksia, jotka aiheuttivat tyhjiä ajanjaksoja mittaustuloksiin
ruuhkatilanteet	ruuhkatilanteista on haittaa kaikelle kamerapohjaiselle analysointitoiminnalle koska analysoitavassa kuvassa objektit ovat erittäin lähellä toisiaan vaikeuttaen esimerkiksi objektin koon tai rekisterinumeron tunnistamista (peräkkäin ajavat ajoneuvot).
uudellenkalibroinnit	järjestelmän parametrien osalta uudelleen säätäminen aiheuttaa katkoksia poikkeumia järjestelmän laskentatuloksissa

#### 4.2.1 Sähkönsyöttökatkokset

Varsinkin Ruoholahdenkadun mittauspisteessä havaittiin ongelmia sähkönsyötössä. Tarkastelujaksolla heinäkuun loppu – lokakuun loppu mitattiin yli 250 sähkökatkosta (keskimäärin 3 kappaletta per päivä).

#### 4.2.2 Ruuhkatilanteet

*Taulukko 4 Ruuhkatilanteiden vaikutus analysointituloksiin*

Mittaustyyppi	Selite
Rekisterinumerontunnistus	Peräkkäin ajavat ajoneuvot aiheuttavat tilanteen, jossa edeltävä ajoneuvo on kameran ja seuraavan ajoneuvon rekisterilaatan välissä eikä tunnistus onnistu.  Ilmiö esiintyy varsinkin ruuhkatilanteissa, joissa ajoneuvojen pakkautuvat lähekkäin liikennevalon ollessa punaisena. Ilmiö korostuu mitä kookkaampi etummainen ajoneuvo on.
Ajoneuvoliikenteen laskenta	Peräkkäin ajavat ajoneuvot lasketaan ruuhkatilanteissa helposti yhdeksi ajoneuvoksi, tai suureksi ajoneuvoksi.
Kävelijäliikenne	Ruuhkatilanne vaikeuttaa henkilöiden laskentaa, koska analysointilaitteistolle lähekkäin kulkevat henkilöt kirjautuvat yhtenä henkilönä.
Pyöräilyliikenne	Ruuhkatilanne vaikeuttaa pyöräilijöiden laskentaa, koska analysointilaitteistolle lähekkäin / kahteen suuntaan kulkevat pyörät saattavat helpommin kirjautua yhtenä polkupyöränä.

#### 4.2.3 Valaistuksen vaikutus

Valaistuksella on merkittävä vaikutus varsinkin videoanalyysikameran optimaaliselle toiminnalle. Kaupungin keskustan kohteissa valaistuksesta on yleensä huolehdittu riittävällä tasolla, jotta järjestelmä voi toimia 24/7. Alueelle voidaan tarvittaessa lisätä valaistusta ja olemassa olevien valojen toiminta-aikoja voidaan muuttaa.

#### 4.2.4 Sään vaikutus

Säällä on vaikutusta järjestelmän toimintaan. Jos haetaan järjestelmää, joka toimii kaikissa olosuhteissa, tulee järjestelmän komponenttien valintaan kiinnittää huomiota. Jos taas äärimmäisissä sääolosuhteiden jälkeen riittää, että järjestelmä palautuu toimivaan kuntoon tilanteen normalisoitua, voidaan järjestelmä suunnitella kustannustehokkaammaksi.

*Taulukko 5 Säätilan vaikutus analysoinnin tuloksiin*

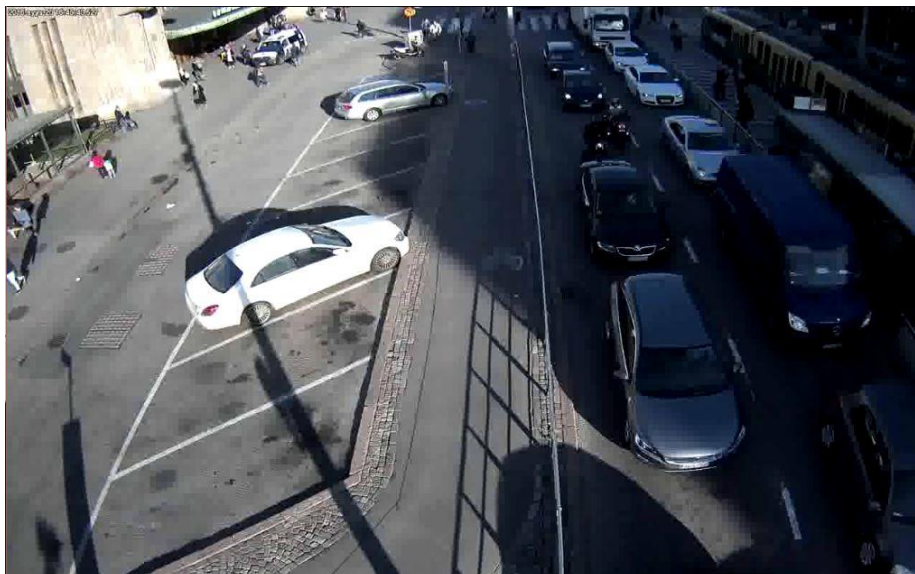
Säätila	Vaikutus	Selite
Rankka lumisade tai hyvin rankka vesisade	suuri	vaikuttaa pahimmillaan siihen, että kameran näkyvyys on täysin kadotettu
Suoraan kameraan tai rekisterikilpeen osuva auringonvalo	suuri	vaikuttaa eniten rekisterinumerontunnistukseen
märän maan aiheuttamat heijastumat	kohtalainen	vaikuttaa laskentaa ja objektien tyyppin tunnistusta
heikko lumi- tai vesisade	pieni	vesisade ei itsessään vaikuta merkittävästi järjestelmän toimintaan
aurionvalon, pilvien ja rakennusten aiheuttamat nopeat varjot ja valaistusmuutokset kuvassa	pieni	voi vaikuttaa rekisterinumerotunnistuksen ja laskennan laatuun

Kuva 21 esittää ääriesimerkkiä huonosta säästä. Siinä on rekisterikameran antama kuva pahan lumimyrskyn aikana.



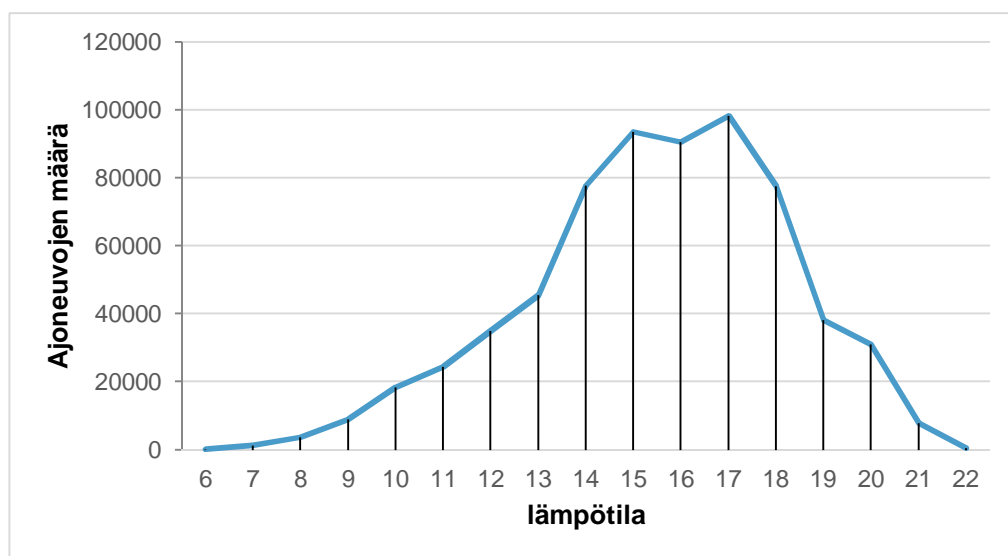
*Kuva 21 Esimerkki haasteellisista sääolosuhteista*

Myös suoraan kameraan tai rekisterikilpeen paistava aurinko sekä varjot voivat aiheuttaa haasteita mittauksien suorittamiselle.



*Kuva 22 Esimerkki haasteellisesta auringonpaisteesta ja varjoista*

Projektissa tutkittiin myös sään vaikutusta liikennemääriin. Järjestelmällä voidaan yhdistää julkisista lähteistä saatavat tiedot kuten esimerkiksi lämpötila, tuulienopeus, kosteus, näkyvyys, pilvisuus ja sade. Laskentatuloksia ja säätiloja yhdistämällä voitaisiin analysoida esimerkiksi miten huono ilma vaikuttaa kulkutavan valintaan (julkinen liikenne vs. yksityisautoilu).



*Kaavio 17 Ajoneuvomäärien jakaantuminen ulkolämpötilan mukaisesti, Kaivokatu ja Ruoholahti*

Analyysi on laskettu aikaväliltä 1.8.2016 – 26.9.2016. Analyysi on ainoastaan esimerkki sääinformaation ja kulkumäärä informaation yhdistämisestä (kaaviosta voi päätellä ainoastaan mikä oli vallitseva lämpötila mittausajankohtana). Lämpötilan vaikutus kulkumenetelmän valintaan voitaisiin analysoida esimerkiksi vertaamalla peräkkäisten päivien mitattujen säätilojen vaikutusta ajoneuvo- ja pyöräilijämääriin.



## 5 Järjestelmän jatkokehittäminen

Järjestelmää voidaan jatkokehittää sekä parantaa analysointien luotettavuutta että tarjoamaan reaaliaikaista tilannekuvatietoa eri viiteryhmille.

### 5.1 Pidemmälle viety järjestelmä

Tässä kappaleessa esitetään periaate pidemmälle viedystä analysointijärjestelmästä.



Kuva 23 Kehittynyt keskitetty analysointijärjestelmä

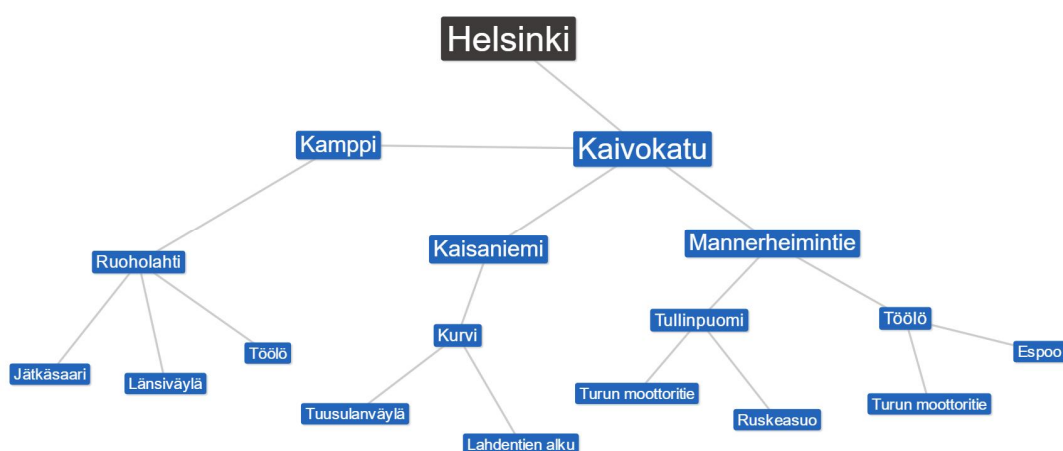
Tässä skenaariossa järjestelmään lisätään keskitetty tiedonkeruu, joka mahdollistaa analysointitietojen välittämisen kolmansille osapuolille. Lisäksi paikallisia analysointilaitteistoja voidaan sijoittaa ympäri kaupunkia tärkeisiin solmukohtiin, joista analyysitietoa halutaan kerätä. Seuraava lista kuvaa kunkin komponentin tehtävän kehittyneemmässä järjestelmässä:

Keskitetty tiedonkeruu:

- analysointitiedon kerääminen keskitetylle palvelimelle
- palvelin julkisessa internetissä tai VPN -yhteyden takana
- mahdollistaa eri käyttäjäryhmien pääsyn dataan
- mahdollistaa analyysit useiden eri mittauspisteiden välillä tai niiden suhteen (esim. läpimenoanalyysit)
- Käyttäjät
  - Reaaliaikainen tieto tilannekeskuksiin
    - Ruuhkat, ajoneuvomäärät, viipymät jne.
  - Analyysikäyttäjät
    - liikennesuunnittelijat jne.
  - Viranomaiset

- tieliikennekeskus, poliisi jne.
- Analysointipaikat
  - Analysointipisteitä haluttuihin pisteisiin ympäri kaupunkia
  - Pisteiden liikennemäärät
  - Pisteiden välisen reittien liikennemäärät
  - Viipymät pisteiden välillä

## 5.2 Tunnistuspisteiden sijoittelu, case Helsinki



Kuva 24 Esimerkki tunnistuspisteiden sijoittelusta Helsingin kantakaupungin alueelle

Kuva 24 havainnollistaa miten analysointipisteitä lisäämällä saataisiin merkittävää lisätietoa Helsingin kaupungin alueen liikennevirroista. Analysointipisteiden sijoittaminen liikenteen solmukohtiin mahdollistaisi monipuolisen analysointitapahtumien tarkemman analysoinnin ja vertailun.

## 5.3 Optimaalisen ympäristön suunnittelu

Tässä kappaleessa kuvataan asennusteknisiä asioita, joilla projektissa toteutetun järjestelmän tarkkuutta voitaisiin parantaa.

### 5.3.1 Sähkönsyötön järjestäminen

Asennusteknisesti haastavin aihe järjestelmän suunnittelussa on sähkönsyötön järjestäminen järjestelmälle. Seuraavalla listalla esitellään projektin aikana esille tulleita huomioitavia seikkoja:

Vaihtoehtoiset kameroiden kiinnityspaikat:

- Valaisinpylväät
  - Sähkönsyöttö vain pimeään aikaan
  - Vaatii minimissään akun järjestelmälle, jota ladataan virran ollessa päällä
  - Kesällä pidempiä syöttökatkoja

- Liikennevalopylväät
  - Sähkösyöttö olemassa pylväässä
  - Sähkösyötön liittäminen rinnakkaiseen järjestelmään voi olla haastavaa
- Portaalit
  - Harvoin sähkösyöttöä
  - Käytössä yleensä kiinteille liikenneopasteille
  - Sähkösyötön uudelleensuunnittelu risteysalueella
  - Saattaa pahimmillaan vaatia kaivuutöitä
- Aurinkopaneelien käyttö
  - Kevyen selvityksen perusteella aurinkopaneelien käyttö pääasiallisen jännitelähteenä on hyvin haastavaa Suomen olosuhteissa
  - Pelkän kameran ja esimerkiksi langattoman yhteyslaitteen sähkösyöttö voisi onnistua, mutta aurinkopaneelien koko ja asennuksen hankaluus voivat muodostua tässä kohtaa ongelmaksi

Alla olevassa kuvassa on kuvattu risteukseen sijoitettava analysointilaitteisto, jossa on keskitetty älykkyys risteysalueella ja kamerapisteet lähettävät analysointituloksia / videokuvaa suunnatuilla langattomilla WLAN – linkeillä analysointilaitteistolle. Analysointilaitteisto puolestaan on yhteydessä keskitettyyn järjestelmään langattoman 3G/4G – yhteyden kautta.



*Kuva 25 Esimerkki keskitetyn järjestelmän laitteistokomponenteista*

Projektissa selvitettiin myös mahdollisuutta siirtää videokuva analysoitavaksi keskitettyyn palvelimeen. Tämän osalta vaikuttaa siltä, että 3G/4G – yhteyksiä tarjoavat operaattorit eivät tarjoa kustannustehokkaaseen hintaan liittymiä, joiden kautta voi siirtää vapaasti videota keskitetylle palvelimelle. Käytännössä kaikissa markkinoilla olevissa m2m (machine to machine) – liittymissä on tiedonsiirrolle määritelty raja.

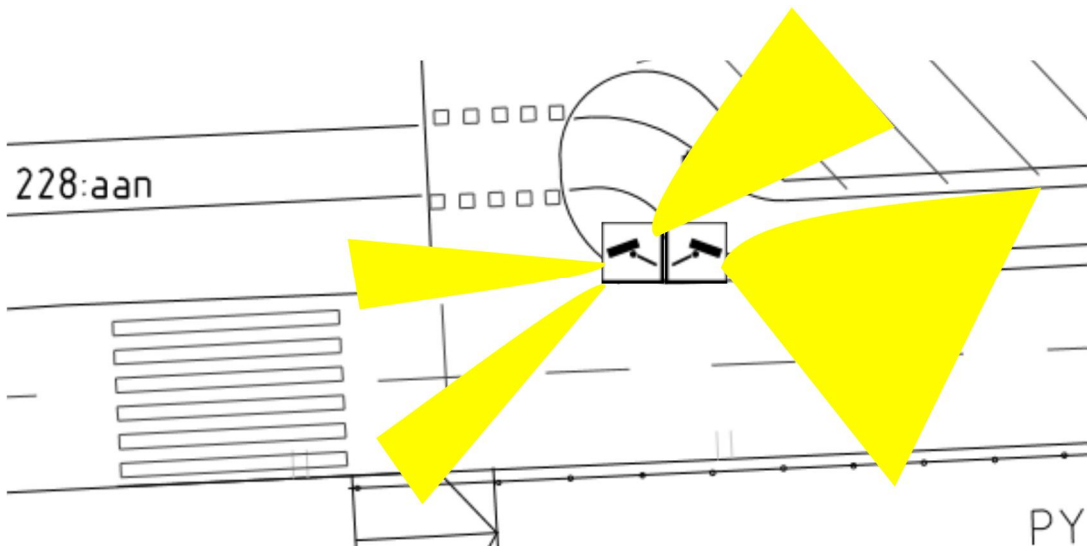
### 5.3.2 Kameroiden sijoittelu

#### Videoanalyysikamerat

Videoanalyysikameran sijoittelussa havaittiin kehittämiskohteita projektin aikana. Tärkeimpänä huomiona voidaan pitää sitä, että yksi kamera ei kykene analysoimaan usealta alueelta, varsinkaan jos kohteessa on paljon liikennettä / ruuhkaisia hetkiä. Tällöin analyysijä varten pitäisi varata useampia kameroita, esimerkiksi seuraavasti:

- yksi kamera kuvaa kävelyväylää, jossa paljon kävelijöitä
- yksi kamera kuvaa suojatien aluetta konfliktitilanteiden varalta
- yksi kamera kuvaa pyörätietä ja/tai ajoväylää jos ne ovat lähekkäin

Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että mitä enemmän kohteessa on liikennettä, sitä enemmän kameroita tarvitaan, jotta kohteesta saataisiin mahdollisimman luotettavia tuloksia. Kameroiden määrää voi optimoida käyttämällä kameramalleja, joissa on useita optiikoita (eri suuntiin käännettäviä) tai käyttämällä 360 asteen kuvauksen mahdollistavaa panoraamakameraa (huomioitava vääristymät kuvassa).



*Kuva 26 Useita optiikoita sisältävän kameran sijoitteluesimerkki*

## Rekisterinumerontunnistuskamerat

Optimaalisin paikka sijoittaa rekisteritunnistuskamerat olisi kunkin kaistan päälle portaaliin.



*Kuva 27 Rekisterikameroiden optimaalinen sijoitteluesimerkki*

Portaaliin tapahtuva sijoittelu ei ole kuitenkaan aina mahdollista merkittävien kustannusten tai sähkönsyötön hankalan järjestämisen vuoksi. Tällöin rekisterinumerotiedon tunnistamisessa (1-2 kaistaa sisältävissä pisteissä) kamerat voidaan asentaa ajoväylän välittömässä läheisyydessä olevaan pylvääseen, kuten valopylväs tai portaalipylväs (olettaen että sähköä on saatavilla). Jos ajokaistoja on enemmän, joudutaan kamerat kiinnittämään joko kahdelle puolelle ajoväylää (1-2 kaistaa per kamera), tai ajokaistat ylittävään portaaliin.

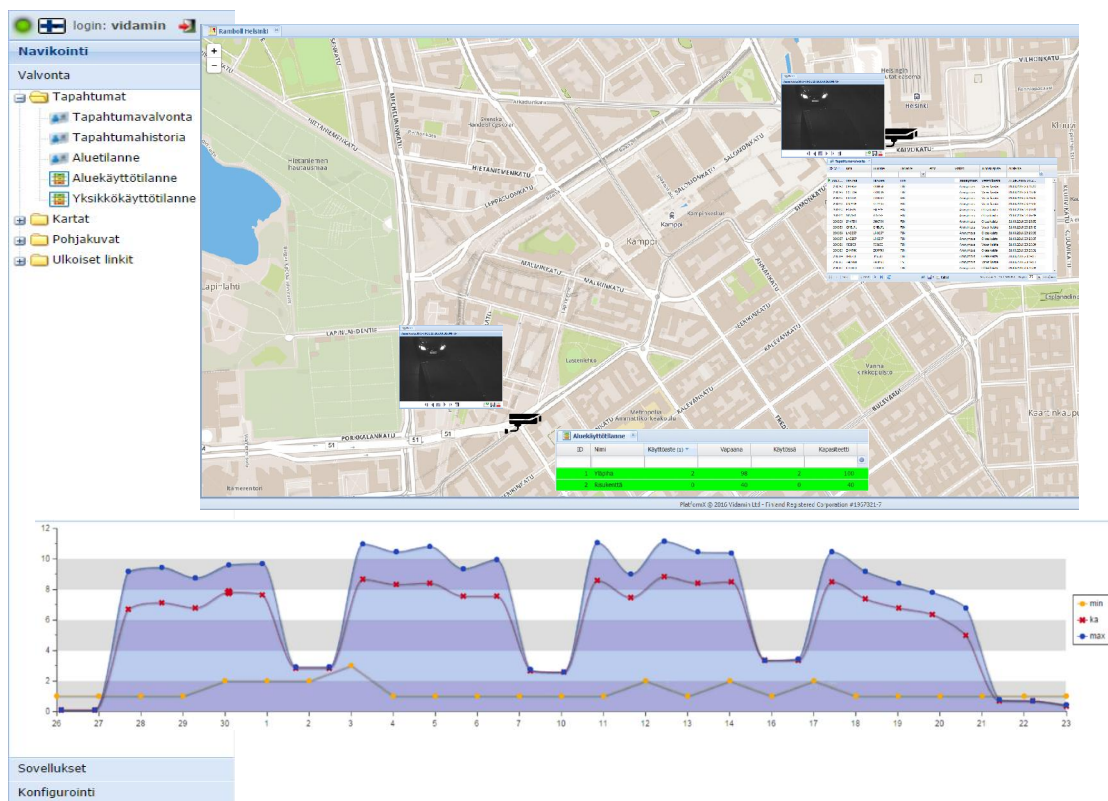
### 5.3.3 Anturitiedon hyödyntäminen

Ajoneuvoliikenteen osalta varsinkin risteysalueilla on paljon valmiita ajoneuvosilmukoita, joiden tietoa voitaisiin hyödyntää järjestelmässä laskentatiedon tarkistamisessa, sekä rekisteritunnistuskameroiden herätteenä.

Tästä vielä pidemmälle viedyssä järjestelmässä ajoneuvoliikenteen käyttäytymistä voidaan tarkemmin analysoida laserantureiden tai tutkalaitteiden avulla. Niiden avulla voidaan tunnistaa ajoneuvojen nopeuksia luotettavasti mittauspisteissä, luokitella niitä tarkemmin koon perusteella sekä tutkia ajoneuvojen välisiä turvavälejä. Laseranturit ovat yleensä pistemäisiä per kaista olevia laitteita, jolloin niitä tarvitaan tyypillisesti yksi per analysoitava kaista (riippuen analysoinnin tavoitteista). Laserin sädettä voidaan hajauttaa erillisellä linssin eteen kytkettävällä "hajauttimella".

## 5.4 Analysointitiedon esittäminen käyttöliittymässä

Ajoneuvoliikenteen analysointitietoa voidaan esittää erilaisissa käyttöliittymissä, joissa on joko analysoitavan alueen periaatekuva tai esimerkiksi karttapohjan päälle piirrettyä tilannekuvatieto analysoitavista parametreista. Seuraavassa kuvassa on havainnollistettu, miten analysointikuva voisi olla esitettyä projektin tuloksista.



Kuva 28 Esimerkki karttapohjaisesta tilannekuvajärjestelmästä, perustuen Vidamin PlatformX -käyttöliittymään

Kamerakuvakkeet vastaavat kameroiden paikkoja, ja värikoodauksilla voidaan informaatiota tarkastelevalle taholle kertoa nopeasti analysointipisteen liikennetilanne. Kuvaketta painamalla voidaan valita näkyviin esimerkiksi yleiskuva kohteesta tai kunkin pisteen kävijämäärä – tilastot.

## 5.5 Ulkoisten järjestelmien käyttäminen informaatiolähteenä

Rekisterinumerontunnistustulokset voidaan tarkistaa TRAFI:n palvelusta, jotta voidaan selvittää esimerkiksi lain sallima postinumerotason tarkistus.

Säätilan vaikutusta analysointituloksiin voidaan selvittää integroimalla esimerkiksi ilmatieteenlaitoksen järjestelmästä saatava säätieto järjestelmään.

## 5.6 Analysointitiedon siirtäminen ulkoisiin järjestelmiin

Analysointi-informaatiota voidaan siirtää ulkoisiin järjestelmiin useilla eri tavoilla ja rajapinnoilla. Manuaalisessa informaationvälityksessä voidaan järjestelmästä muodostaa Excel- tai CSV-tiedostoja. Järjestelmä voidaan integroida ulkoisiin järjestelmiin lähettämään analysointitapahtumatiedot reaaliaikaisesti tai eräajoina eri formateissa. Tietoja voidaan lähettää myös eri yhteyskäytännöillä muihin järjestelmiin. Tyypillisiä siirtorajapintoja voisivat olla erilaiset WebServices ja HTTP REST API – rajapinnat. Osa integraatioista voidaan tehdä suoraan järjestelmän asetuksia muutamalla ja osa voi vaatia lisäajurin.

## 6 Yhteenveto

Projektissa suoritettujen mittausten perusteella videokuvan automaattiseen analyysiin perustuvassa tilannekuvajärjestelmän onnistuneessa käyttöönotossa tärkeintä on etukäteissuunnittelu. Ennen järjestelmän hankintaa ja toteutusta on tarkoin mietittävä mitä tietoja järjestelmältä halutaan. Tämän pohjalta voidaan suunnitella kameroiden sijoittelu ja riittävä määrä, jotta kustakin mitattavasta osa-alueesta saadaan riittävän laadukas kuva. Kameroiden määrää lisättäessä tulee huomioida analysointijärjestelmän suorituskyvyn riittävyys.

Videokuvan analysointiin perustuvan järjestelmän suurimmat edut ovat rekisterinumeron tunnistukseen perustuva ajoneuvon identifiointi (tarkemmat analyysit) sekä videokuvan monipuolisuus erilaisen laskentatiedon keräämisessä. Rekisterinumerontunnistus mahdollistaa monipuoliset, usean mittauspisteen ylitse suoritettut analyysit esimerkiksi kaupungin halki kulkevasta ajoneuvovirrasta, ajoneuvojen viipymistä ja keskinopeuksista reitillä. Videoanalyysillä voidaan viedä perinteisten, esimerkiksi ajoneuvosilmukkaan perustuvien mittausmenetelmien toiminnallisuutta pidemmälle selvittämällä ajoneuvon liikkeitä risteysalueella mittauspisteen jälkeen (mihin ajoneuvo suuntasi risteyksestä). Videokuvaan perustuva järjestelmä on monessa tapauksessa helppo asentaa, koska se ei vaadi esimerkiksi tienpinnan rikkomista. Suurissa määrissä hankittuna videokuvaan perustuva järjestelmä on myös halvempi kuin kilpailevat menetelmät.

Asennustekniseltä kannalta on huomioitava erilaisten lupien hakeminen ja viranomaismääräysten täyttäminen. Asennukseen ja liikenteen poikkeusjärjestelyihin tarvitaan luvat, samoin olemassa olevien sähkösyöttöjen hyödyntämiseen. Riippuen analysointijärjestelmän toiminnasta sen käytöstä on hyvä tehdä rekisteriseloste ja tarpeen mukaan analysointipaikalle on hyvä kiinnittää ilmoituksia, että alueella on kamera-analysointilaitteisto. Varsinaista viranomaislupaa järjestelmälle ei tarvitse hakea, mutta tarpeen vaatiessa viranomaisille on pystyttävä toimittamaan järjestelmän kuvaus ja käyttötarveselvitys järjestelmästä. Lisäksi asennuksien aiheuttamista mahdollista poikkeamista ajoneuvoliikenteeseen tulee ilmoittaa pelastuslaitokselle ja poliisille.

Videoanalyysille isoimman haasteen aiheuttavat useat vierekkäiset objektit, joita esiintyy liikenne-ruuhkissa. Kävelijöiden ja pyöräilijöiden osalta haasteita aiheuttaa vierekkäin käveleminen/ajaminen ja kävely-/pyöräilyväylän ruuhkautuminen. Rekisterinumeron tunnistuksen osalta haasteita aiheuttaa ajoneuvojen ajaminen lähellä toisiaan. Ympäristön olosuhteita, jotka aiheuttavat haasteita järjestelmän luotettavuuteen, ovat pimeys sekä kova vesi- tai lumisade.

Projektissa vertailtiin erilaisia analysointimenetelmiä. Pääasiassa mittauksien tulokset olivat lupaavia. Luotettavuus voidaan jakaa pitkänajan mittausten luotettavuudeksi sekä lyhyenajan mittausten luotettavuudeksi. Pitkänajan mittaustulosten luotettavuutta voidaan verrata käsin suoritettuihin mittaustuloksiin. Tässä joudutaan kuitenkin käyttämään varausta, koska käsin suoritetuissa mittauksissa on myös inhimillisen erehdyksen mahdollisuus. Projektissa pitkän aikavälin luotettavuuden katsotaan olevan luokka 70–80 %. Pitkän aikavälin luotettavuuteen vaikuttavat vain yhden kameran käyttö videoanalyseissa, erilaiset sähkösyöttöön liittyvät ja muut tekniset tauot mittauksissa sekä menetelmän 1 huono soveltuvuus ylhäältä päin tapahtuvaan mittaukseen.

Lyhyen aikavälin luotettavuudessa päästiin todistetusti paljon korkeammalle. Luotettavuus liikkui tasolla 90–95%. Tästä korkeampiin luotettavuuksiin pyrittäessä tulee toimitettavista



mittaustuloksista poistaa häiriötilanteiden aiheuttamat poikkeamat (esimerkiksi sankka lumisade). Tätä varten projektissa tutkittiin myös säätilan vaikutusta analysointituloksiin sekä liikennemääriin.

*Taulukko 6 Projektin johtopäätökset*

Aihe	Johtopäätös
järjestelmän suunnittelun merkitys	korkeaan luotettavuuteen voidaan päästä suunnittelemalla järjestelmä tarkasti, erityisen tärkeitä seikkoja ovat kameroiden paikat, suunnat ja ruuhkatilanteiden huomioiminen.
lupa-asioista huolehtiminen	järjestelmää suunniteltaessa ja asentaessa on mietittävä järjestelmän tarvitsemat lupa-asiat (kpl 2.1.1).
menetelmien valinta	tässä dokumentissa kuvatut menetelmä 2 ja menetelmä 3 tuovat parhaan lopputuloksen. Molemmilla voidaan tuottaa reaaliaikaista informaatiota.
reaaliaikainen tilannekuva	reaaliaikaisen tilannekuvatiedon keskitetty kerääminen sekä reaaliaikaisen tilannekuvatiedon välittäminen mahdollistavat tarkemmat analyysit kaupunkiliikenteestä eri sidosryhmille.

Johtopäätökset videoanalyysimenetelmien toimivuudesta

Taulukko 7 sisältää eri menetelmien vertailun sen suhteen, miten hyvin niillä pystyi suorittamaan kaupunkiliikenteen analyysiä.

*Taulukko 7 Menetelmien edut ja haasteet*

Menetelmä	Huomio	Havainto
menetelmä 1	yleinen	menetelmä oli hyvin staattinen, eikä materiaalista opettamallaakaan saatu hyviä tuloksia. menetelmä toimii parhaiten, kun kuvataan objekteja sivultapäin
menetelmä 1	polkupyörät	laskenta normi: toimivuus kohtalainen laskenta ruuhka: toimivuus haastava
menetelmä 1	jalankulkijat	laskenta normi: toimivuus kohtalainen laskenta ruuhka: toimivuus huono
menetelmä 1	ajoneuvot	laskenta normi: toimivuus kohtalainen laskenta ruuhka: toimivuus haastava objektien erottelu: toiminta huono ylhäältäpäin kuvattaessa
menetelmä 2	yleinen	menetelmässä oli paljon mahdollisuuksia järjestelmän kalibrointiin ja parametrien säätämiseen
menetelmä 2	yleinen	Menetelmän hyödyntäminen on monipuolista, koska sitä voi käyttää joko kameran sisällä, erillisellä analysointilaitteistolla

		tai tietokoneen ohjelmistona
menetelmä 2	polkupyörät	laskenta normi: toimivuus hyvä laskenta ruuhka: toimivuus kohtalainen
menetelmä 2	jalankulkijat	laskenta normi: toimivuus hyvä laskenta ruuhka: toiminta kohtalainen
menetelmä 2	ajoneuvot	laskenta normi: toimivuus hyvä laskenta ruuhka: toimivuus kohtalainen objektien erottelu normi: toiminta kohtalainen objektien erottelu ruuhka: toiminta huono nopeusmittaus : toimivuus hyvä
menetelmä 3	yleinen	tarjoaa mahdollisuuksia analyyseihin, joihin muilla menetelmillä ei pystytä
menetelmä 3	rekisteri-numero	tunnistus normi: toimivuus hyvä tunnistus ruuhka: toimivuus kohtalainen

### Yleiset johtopäätökset videoanalyysimenetelmien toimivuudesta

Menetelmän 1 huono toimivuus ja toistuvat sähkökatkokset aiheuttivat laskentatiedon vääristymää pitkän aikavälin mittauksissa kello 06-10 välillä. Konkreettisimmin tämä näkyi ajoneuvomäärien huomattavana poikkeamana, varsinkin ruuhkatilanteissa. Iltaisin tilanne lähestyi normaaleja ajoneuvomääriä kohteessa. Menetelmällä 3 oli samoja haasteita ruuhkatilanteissa ajoneuvojen peesaamisesta johtuen, mutta ajoneuvoista saatiin kuitenkin hyvä otanta läpimenoliikenteen analysoimiseksi.