

Antti Leinonen

**KAMERAVALVONTA TIELIIKENTEESSÄ JA VALAISTUKSEN
VAIKUTUKSET VALVONTAAN**

KAMERAVALVONTA TIELIIKENTEESSÄ JA VALAISTUKSEN VAIKUTUKSET VALVONTAAN

Antti Leinonen
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, sähkötekniikka

Tekijä: Antti Leinonen

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Kameravalvonta tieliikenteessä ja valaistuksen vaikutukset valvontaan

Työn ohjaajat: Markku Väisänen, Ismo Pitkänen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2019

Sivumäärä: 41

Tutkimuksessa käsitellään kameravalvonnassa käytetyn laitteiston toimintaperiaatetta sekä paneudutaan valaistuksen vaikutukseen kameravalvonnassa. Opinnäytetyön tarkoituksena on määrittää optimaalinen paikka valaisimelle kameravalvonnan kannalta sekä perehtyä kameravalvonnan toimintaperiaatteeseen.

Tutkimusta lähdettiin toteuttamaan ottamalla selvää kameravalvonnan toimintaperiaatteesta. Työhön kerättiin tietoa useista eri lähteistä, joista ST-kortistosta saatu tieto oli merkittävä osa toimintaperiaatteen selvitystä. Toimintaperiaatteesta siirryttiin tutkimusosaan, jossa tehtiin valaistusvoimakkuuden kenttämittauksia ja samat katuosuudet mallinnettiin valaistuslaskentaohjelmalla. Tuloksia vertailemalla oli mahdollista määrittää valaisimen optimaalinen sijainti kameravalvonnan kannalta. Mittaukset ja mallinnukset suoritettiin Rambollin suunnittelemissa tieosuuksilla.

Työn tuloksista saatiin määritettyä tieosuuksilla käytetyille valaisimille optimaalinen sijainti. Jokaisella valaisintyyppillä on kuitenkin oma valonjakokäyrä, eikä tulos tämän vuoksi sovellu jokaiselle valaisimelle.

Asiasanat: kameravalvonta, valaistus, valaistuksenlaskentaohjelma

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Electrical and Automation Engineering, Option of Electrical Engineering

Author(s): Antti Leinonen

Title of thesis: Automatic Traffic Control and Effects of Lightning in Traffic Surveillance Cameras

Supervisor: Markku Väisänen, Ismo Pitkänen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2019

Pages: 41

The study deals with the operating principle of the equipment used in camera surveillance and examines the practical effects of lighting on the camera. The purpose of the thesis is to determine the optimal place for the luminaire for camera surveillance, and to get you familiar with the principle of camera surveillance.

The research started by clarifying the principle of camera surveillance. Information was collected from various sources; the ST being the main source. After this field measurements of illumination intensity were made, and the same street sections were modeled with lighting design application. By comparing the results, it was possible to determine the optimal position of the luminaire for camera surveillance. Measurements and modeling were performed on road sections designed by Ramboll.

From the results of the work, the optimal location of the luminaires used for road sections could be determined. However, it must be noted that each type of luminaire has its own light distribution curve and therefore the result is not suitable for every luminaire.

Keywords: camera surveillance, lighting, lighting design application

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	1
ABSTRACT	2
SISÄLLYS	3
SANASTO	5
1 JOHDANTO	6
2 LAINSÄÄDÄNTÖ	7
3 LIIKENNEVALVONNASSA KÄYTETTÄVÄ TEKNIikka	8
3.1 Valvontakamera	10
3.1.1 Valvontakameran toiminta	10
3.1.2 Kameran valinta	12
3.2 Induktiosilmukka	14
3.3 Tievalaistus	16
3.4 Nopeusilmaisimet	19
3.4.1 Induktiosilmukka nopeusilmaisimena	19
3.4.2 Doppler-tutka	20
4 TUTKIMUSMENETELMÄT	22
5 TULOKSET	23
5.1 Oritkarinkujan tulokset	24
5.1.1 Oritkarinkujan kenttämittaukset	24
5.1.2 Oritkarinkujan mallinnus	26
5.1.3 Yhteenveto Oritkarinkujalta	28
5.2 Merilinjan tulokset	29
5.2.1 Merilinjan kenttämittauksen tulokset	29
5.2.2 Merilinjan mallinnus	30
5.2.3 Yhteenveto Merilinjalta	32
5.3 Jahtivoudintien tulokset	33
5.3.1 Jahtivoudintien kenttämittaukset	33
5.3.2 Jahtivoudintien mallinnus	34
5.3.3 Yhteenveto Jahtivoudintieltä	35
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	37

7 POHDINTA	38
LÄHTEET	39

SANASTO

IP-kamera	verkkokamera, tietoverkkoa kuvansiirrossa käyttävä kamera
Luksi/Lux (Lx)	SI-järjestelmän mukainen yksikkö valaistusvoimakkuudelle (2).
TCP/IP	Usean Internet-liikennöinnissä käytettävän tietoliikenneprotokollan yhdistelmä (1).

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Ramboll Finland Oy:lle ja tavoitteena oli perehtyä tieliikennekäytössä olevaan kameravalvontaan ja selvittää valaistuksen vaikutus kuvattavan kohteen laatuun. Työssä valaistuksesta tehdään kentällä mittauksia Rambollin suunnittelemissa kohteissa sekä mallinnetaan samat kohteet valaistuksenlaskentaohjelmalla.

Opinnäytetyössä perehdytään automaattisen liikennevalvonnan toimintaan. Työssä esitellään kameravalvonnassa käytetyt laitteet sekä niiden toiminta. Työ keskittyy ainoastaan kameravalvontaan ja siihen vaikuttaviin tekijöihin. Työn alussa käydään läpi kameravalvontaan liittyvää lainsäädäntöä ja standardeja sekä yleisiä suunnitteluohjeita, minkä jälkeen perehdytään valvonnassa käytettyyn tekniikkaan.

Työssä selvitetään, millä tavoin kameravalvonnasta saataisiin mahdollisimman tehokasta ja hyvin toimivaa. Työn tavoite oli määrittää valaisimille optimaalinen sijainti kameravalvonnan kannalta. Valmiista työstä voisi olla apua viranomaisille sekä valvontaa tarvitseville yrityksille tulevaisuudessa suunniteltaviin kohteisiin.

2 LAINSÄÄDÄNTÖ

Kameravalvontajärjestelmän käyttöä vaativia viranomais määräyksiä ei ole, mutta järjestelmää laadittaessa tulee ottaa huomioon seuraavat lait: henkilötietolaki, laki yhteistoinnista yrityksissä, laki yksityisyyden suojasta työelämässä, poliisilaki, rikoslain luku 24, tekijänoikeuslaki, työturvallisuuslaki ja valtioneuvoston asetus yksityisistä turvallisuuspalveluista (3, s. 2). Maanteillä tapahtuvassa liikennekameravalvonnassa tulkitaan poliisilakia.

Liikenneturvallisuustyötä tehdään yhteistyössä viranomaisten ja järjestöjen kanssa. Tie liikennelain (3.4.1981/267, 7 luku) mukaan poliisilla on päävastuu liikennevalvonnasta, ja se toteuttaa työtä valtioneuvoston asettamien tavoitteiden mukaisesti. Liikennevalvonnan tavoite on parantaa liikenneturvallisuutta esimerkiksi vähentämällä ylinopeuksia ja päih-teiden käyttöä sekä edistämällä turvalaitteiden käyttöä. (4, s 55.)

Teknisellä valvonnalla tarkoitetaan jatkuvaa tai toistuvaa ajoneuvoihin, ajoneuvojen kuljettajiin, jalankulkijoihin tai yleisöön kohdistuvaa teknisellä laitteella tapahtuvaa katselua tai kuuntelua sekä äänen tai kuvan automaattista tallentamista. Poliisi saa siitä ennalta ilmoitettuaan suorittaa yleisellä paikalla tai yleisellä tiellä teknistä valvontaa yleisen jär-jestyksen ja turvallisuuden ylläpitämiseksi, rikosten ennalta estämiseksi, rikoksesta epäil-lyn tunnistamiseksi sekä erityisten valvontakohteiden vartioimiseksi. (5, 4:1 §.)

Automaattista liikennevalvontaa suoritetaan kiinteisiin valvontapisteisiin sijoitetuilla ka-meroilla. Tietyssä pisteessä jatkuvasti tai toistuvasti suoritettavaan valvontaan sovelle-taan poliisilain (872/2011) teknistä valvontaa koskevia säännöksiä. (6.)

Poliisilain 4 luvun 1 §:n 1 momentin mukaan teknisellä valvonnalla tarkoitetaan mm. ajo-neuvojen kuljettajiin kohdistuvaa, teknisellä laitteella (valvontakamera) tapahtuvaa katse-lua sekä kuvan automaattista talteenottoa LVS-järjestelmään. LVS eli liikennevalvonta-sovellus on järjestelmä, jossa käsitellään automaattisen liikennevalvonnan tuottama ku-vamateriaali. Kuvien käsittelyssä on otettava huomioon tietosuojavaltuutetun linjaukset, mm. muiden kuin kuljettajan kuvat on peitettävä. (6.)

3 LIIKENNEVALVONNASSA KÄYTETTÄVÄ TEKNIikka

Nykyiset kameravalvonnan valvontapisteet ovat täysin toimivia, mutta aina on kehitettävää. Kameravalvontalaitteiden ja tekniikan kehittyessä sekä valaistuksen muuttuessa suurelta osin led- valaistuksella toteutetuksi, nykyisiä kameravalvontakohteita voidaan parantaa uusia teknikoita ja suunnitteluohjelmia paremmin hyödyntäen. Lisäksi sääolosuhteiden vaikutus asettaa omat haasteensa suunnittelulle sekä huollolle ja kunnossapidolle. Kuvassa 1 on Suomessa yleisesti käytössä oleva liikennevalvontakamera.



KUVA 1. Suomessa poliisin käytössä oleva liikennevalvontakamera (7)

Vilkaasti liikennöidyillä teillä poliisi valvoo ajonopeuksia normaalin valvonnan lisäksi automaattisilla liikennevalvontakameroilla. Automaattisia valvontakameroita käytetään myös risteys- ja liikennevalvonnassa sellaisilla ajoväylillä, joissa perinteistä liikennevalvontaa on vaikea suorittaa. Kiinteillä valvontapisteillä suoritetusta valvonnasta ilmoitetaan tienvarsikyltein. (8.)

Ylinopeustilanteessa laitteisto antaa kuvakäskyn, jolloin valvontakamera ottaa kuvan. Kuvat ovat digitaalisia ja ne siirretään langattomasti kiinteästä valvontapisteestä Poliisin liikenneturvallisuuskeskukseen. Laitteiston ottamassa valokuvassa näkyy ajoneuvo, kuljettaja, rekisteritunnus ja kuvan tunnistetiedot. (8.)

Nykyisten valvontakameroiden lisäksi Suomeen on tulossa uudenlaisia kuvassa 2 esiintyviä kameroita, jotka käyttävät nykyistä kehittyneempää tekniikkaa. Ne huomaavat auton ylinopeuden jopa 150 metrin etäisyydeltä. Uudet automaattivalvontalaitteistot mittaavat

ajoneuvojen nopeutta kehittyneellä tracking radar -tekniikalla. Tutka seuraa kohteen nopeutta, aikaa, etäisyyttä, suuntaa ja ajokaistaa koko sen ajan, kun kohde on tutkan kentässä. Tämä tarkoittaa, että pelkällä äkkijarrutuksella ennen valvontakameraa ei vältty kameran välähdykseltä. (9.) Nykyisin käytössä olevat automaattivalvontalaitteet toimivat uusien rinnalla elinkaarensa loppuun asti.



KUVA 2. Uusi liikennevalvontakamera (10)

Liikennevalvonnassa käytetty laitteisto sisältää kamerapylvään, kamerasuojakotelo, erillisen salaman ja älyn, joka antaa käskyn kuvalle ylinopeustilanteessa. Uuden ja vanhan kamerasuojakotelon kuvat eroavat siten, että vanhoissa kameroissa kuva on mustavalkoinen, kun taas uudet kamerat tuottavat värillisiä kuvia.

Kolmasosa liikennevalvontakameran ottamista kuvista päättyy roskeeseen. Syitä hylkäämisille ovat muun muassa huono kuvan laatu tai sääolosuhteet, esimerkiksi sanka lumisade tai sumu, jolloin rekisterikilpi ei ole luettavissa. (11.)

3.1 Valvontakamera

3.1.1 Valvontakameran toiminta

Liikennevalvonnassa kameravalvonta suoritetaan lähes aina kiinteisiin asennustelineisiin sijoitetulla kameralla. Kiinteät valvontakamerat kootaan erillisestä kamerasta, asennustelineestä ja muista varusteista (esimerkiksi suojakotelo). Objektiiviliitäntä on yleisimmin vakiintunut CS-liitäntä, jollaista käytetään yleisesti esimerkiksi pöytätietokoneiden virtajohtona. Saatavilla on myös kameramalleja, joissa runko, objektiivi ja jalusta ovat samaa kokonaisuutta. Tällöin objektiivi ei ole vaihdettavissa. (3, s.8.)

Poliisilla on Suomessa tällä hetkellä noin tuhat liikennevalvontakameratolppaa, joista vain noin kymmenesosa on käytössä. Valvontapisteiden määrittelyn yhteydessä käytetään hyväksi muun muassa liikenneonnettomuustilastoja.

Tieliikennekameroina käytetyt vanhat kamerat ovat mustavalkokameroita, joilla saadaan korkealaatuisia kuvia vuorokaudesta ja vuodenajasta riippumatta. Jos kohteen valaistusolosuhteet ovat huonot, kuten esimerkiksi hämärillä ulkoalueilla, on silloin parempi käyttää mustavalkokameroita, joiden valontarve on pienempi ja erottelutarkkuus parempi kuin värikameroilla (3, s. 7). Uudenaikaiset Sensys Gatso Group AB:n toimittamat valvontakamerat ovat kuitenkin tekniikaltaan huomattavasti kehittyneempiä ja tuottavat tarkkoja värikkäitä kuvia läpi vuoden (10).

”Mustavalkokameroiden minimivalaistustaso on 0,1–1 luksia, värikameroiden 1,5–5 luksia. Luksimäärä on kamerasuurelementtiin kohteesta heijastuva, vaadittava valaistustaso.” (3, s. 8.) Valvonnassa käytetään kuitenkin salamaa, joka lisää valaistustasoa, sillä sen pääasiallinen tarkoitus on estää tuulilasin aiheuttama heijastus ja näin ollen tehdä kuljettajan tunnistaminen mahdolliseksi.

Kameravalvontajärjestelmän tekniikka on perustunut perinteisesti analogisen kuvan siirtoon yleisimmin koaksiaalikaapelin välityksellä tai pitempien siirtomatkojen yhteydessä parikaapelin tai valokuitukaapelin välityksellä. Kaikki edellä mainituista kaapeleista on suunniteltu tiedonsiirtoon. Viime vuosien aikana on siirrytty lähes kokonaan analogisesta kuvansiirrosta digitaaliseen kuvansiirtotekniikkaan. Siinä pakattu kuva siirtyy suoraan di-

gitaalisessa muodossa käyttäjän tietoverkon (LAN, VLAN, WLAN) tai internetin välityksellä standardoitua TCP/IP-protokollaa hyödyntäen. TCP/IP-protokollaa käytettäessä jokaisella verkon päätelaitteella (kamerat, kytkimet, tallentimet jne.) on kiinteä IP-osoite. IP-osoitteiden avulla verkossa kulkeva tieto ohjautuu oikeisiin laitteisiin. (3, s. 2.)

IP-kamera ei kuitenkaan voi korvata jokaista analogista kameraa, sillä jossain kohteissa sellaisen käyttö on välttämätöntä. Analogisella kameralla kuva voidaan tallentaa muistikortille tai siirtää suoraan koaksiaalikaapelilla tai pitempien siirtomatkojen yhteydessä parikaapelilla tai valokuitukaapelilla suoraan päätelaitteelle. Valokuidulla kuvanlaadusta saadaan mahdollisimman tarkka. Sen etuina ovat myös tietoturva, suuri siirtokapasiteetti, tunteettomuus ulkopuolelta tuleville sähkömagneettisille häiriöille ja tunteettomuus ilmastollisille häiriöille. Valokuidulla kuvan siirtäminen on kuitenkin kalliimpaa kuin muilla käytetyillä tiedonsiirtokaapeleilla lähetin-vastaanotinpareista syntyvän kustannuksen vuoksi. (3, s. 10.)

Kameroiden suojaaminen ulkoisilta vaikutuksilta toteutetaan suojakotelolla, jonka tiiviysluokka on yleensä IP54 tai IP65. IP-luokitus kertoo laitekotelon tiiviysluokan. Ulkokäyttöön asennettavien kameroiden suojakoteloissa on termostaatin ohjaamat lämmitysvastukset suojalasin huurtumista vastaan sekä kameraseläin ja muiden varusteiden toimintalämmön ylläpitämiseen. Suoran auringonpaisteen häikäisevä vaikutus estetään kotelon päälle asennettavalla aurinkolipalla. Suojakoteloita on laaja valikoima erilaisiin käyttötarkoituksiin. Kuvassa 3 on esimerkkikuva suojakotelollisesta kamerasta. (3, s. 10.)



KUVA 3. Esimerkki ulkokäyttöön tarkoitetusta kameran suojakotelosta (12)

3.1.2 Kameran valinta

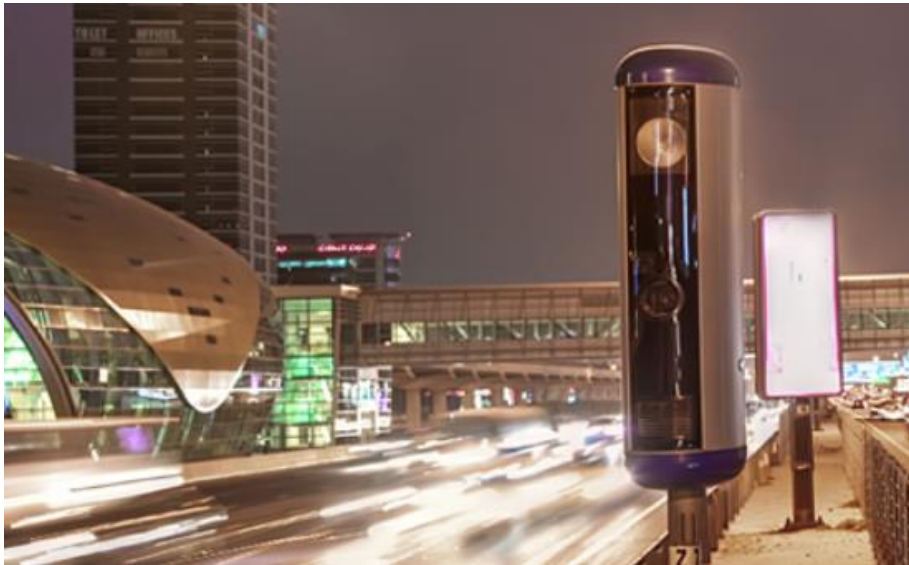
Tilanteeseen ja paikkaan sopiva kamera on nykyisin helppo löytää. Eri valmistajia on kymmeniä ja saatavilla on kameroita niin maanteille, moottoriteille kuin liikennevaloihinkin. Nykyiset liikennevalvontakamerat voivat mitata vauhtia joko tutkaamalla tai induktiosilmukkaa hyödyntäen. Jälkimmäisen vaihtoehdon käyttö tulee tulevaisuudessa vähenty-mään. Nykyisellä tekniikalla voidaan esimerkiksi laskea auton vauhti kamerapylväiden välillä, joiden etäisyys toisistaan voi olla kymmeniä kilometrejä.

Kameravalinnassa eri kriteerit määrittelevät kameratyyppin, esimerkiksi tähän asti poliisin käyttämät mustavalkokamerat ovat hyvä vaihtoehto Suomen pimeille maanteille vähäisen valontarpeensa vuoksi. Kameroissa käytetty tekniikka on kuitenkin jo vanhentunutta ja sen vuoksi on otettu käyttöön uuden tyyppisiä kameroita, joiden määrä lisääntyy Suomen maanteilla. Tällaisia uusia valvontakameroita käytetään jo esimerkiksi Ruotsissa.

Valittaessa kameraa tilanteeseen sopivaksi täytyy ottaa huomioon useat kameran eri ominaisuudet. Kun tarkoituksena on saada tarkka kuva myös yöaikaan ainoastaan katuvalaistusta ja mahdollista salamaa hyödyntäen, tulee kameran ominaisuuksien soveltua myös hämärällä kuvaamiseen. Se tarvitsee myös suojausta ulkoisilta haitoilta, kuten sääolosuhteiden vaihtelulta ja ilkeivallalta. Suomen sääolosuhteet eroavat muista Euroopan maista lukuun ottamatta Skandinaviaa. Lämpötilavaihtelu Suomessa on suurta, jopa yli 60 asteen ero kesän ja talven välillä on mahdollinen. Tämä asettaa omat haasteensa oikean kameratyyppin valitsemiseen.

Liikennevalvonnassa käytetyt kamerat eivät ole niin sanottuja normaaleja kameroita vaan juuri nopeasti liikkuvan objektin taltioimiseen tarkoitettuja laitteita. Tällaisten kameroiden toimittajia on useita ja niistä täytyy löytää sopivin Suomessa vallitseviin sääolosuhteisiin. Liikennevalvontakameratoimittajat myyvät lähtökohtaisesti pakettia, joka sisältää jaluksan, kotelon, kameran ja kaikki kotelossa tarvittavat laitteet kuten lämmityksen. Halutessa liikennevalvontakamera voidaan koota erillisistä yhteensopivista osista. Kokonaisuutena myytävät paketit eivät välttämättä sisällä ainoastaan yhden valmistajan komponentteja, vaan valmistajia on useampia.

Uutena tulokkaana Suomen maanteille otetaan käyttöön uusi Sensys Gatso Groupin liikennevalvontakamera, joka on jo käytössä esimerkiksi Ruotsissa. Kuvasta neljä nähdään millaista kameraa Suomen automaattisessa liikennevalvonnassa tullaan tulevaisuudessa käyttämään. Liikennevalvontakameraan voidaan valita tarvittavat lisäosat, jotta se soveltuu haluttuun tehtävään. Kamera asennetaan vanhan kameramallin tapaan tien reunaan sille tarkoitettuun pylvääseen, johon se tarvitsee ainoastaan virransyötön. (11.)



KUVA 4. Uusi Sensys Gatso Groupin liikennevalvontakamera (11)

Laite ei tarvitse vanhan kameran tapaan induktiosilmukkaa, vaan se käyttää vauhdin mittaamiseen tutkapohjaista 4D-tekniikkaa. Sensys Gatso Groupin laitteella vauhdin mittaus ei rajoitu ainoastaan yhteen kaistaan, vaan se voi mitata samanaikaisesti useammalta kaistalta. Nopeutta voidaan mitata jo 150 metrin etäisyydeltä, mutta kuvan ottamishetki määräytyy tapauskohtaisesti siten. (11.)

Uuden kameran etuna verrattuna vanhaan on se, että tienpintaan ei tarvitse tehdä muutoksia sekä helppo ja nopea asennus. Kameralle voidaan myös määrätä pitkille autoille omat nopeusrajoitukset, esimerkiksi kuorma-autoille ja ajoneuvoyhdistelmille on määrätty ajoneuvokohtaiseksi nopeusrajoitukseksi 80 km/h. Tällöin kameralla voidaan ottaa myös kuva tällaisesta ajoneuvosta silloinkin, kun tien sallima nopeusrajoitus ylittäisi ajoneuvokohtaisen rajoituksen. Kaikkiaan kamera on joka suhteessa kehittyneempi kuin edeltäjänsä. (11.)

Toisena hyvänä vaihtoehtona Suomessa voitaisiin käyttää esimerkiksi kuvan 5 Truvelon D-Camia. Tuote sopii monipuoliseen käyttöön, eikä se tarvitse juurikaan luonnonvaloa kuvan ottamiseen, koska siinä voidaan käyttää infrapunasäteilyä valaistukseen. Kameraan voidaan asentaa joko kameran oma IR-valaisin tai käyttää erillistä. (13.)



KUVA 5. Truvelo D-Cam (13)

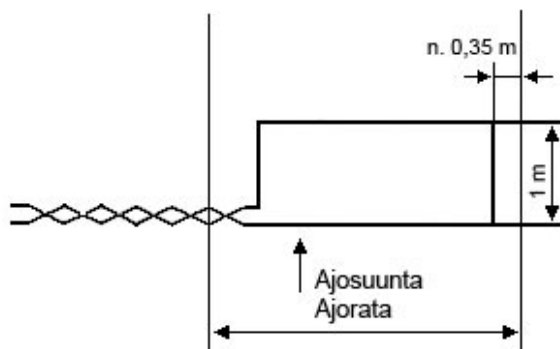
Kameralla voidaan valvoa erilaisia kohteita, kuten liikennevalorikkomuksia ja ylinopeustilanteita. Laitetoimittaja lupaa kameran kuvalle kattavat tiedot, jotka riittävät esimerkiksi viranomaisille perusteeksi rangaistukseen. Kuva sisältää rikkeen tiedot kuten ylinopeuden suuruuden, tapahtumapaikan, käyttäjän tiedot, käytetyn kaistan sekä ajoneuvon tiedot. Vauhdin mittaamiseen kamera voi käyttää joko piezo -sensoreita, lasertutkaa tai virtuaalista silmukkaa. (13.)

Kukin vaihtoehto toimii samalla periaatteella, eli aikaa laskemalla. Piezo-sensorit sekä virtuaalisilmukka toimivat induktiosilmukan tavoin laskien vauhdin, joka kuluu tunnistimen ohittamiseen. Lasertutka taas mittaa lähestyvän ajoneuvon nopeuden käyttäen hyväksien laseria. Lasertunnistin laskee nopeuden mittaamalla ajan, joka kuluu heijastuneen pulssin palaamiseen. (13.)

3.2 Induktiosilmukka

Induktiosilmukka on maahan upotettu kela, jossa on useampia kierroksia. Tähän liitetty silmukkarele kykenee tunnistamaan metalliset esineet, kuten autot. Yleisin silmukka-

muoto on suorakaide, joka näkyy kuvassa 6. Se sopii henkilö- ja kuorma-autojen tunnistukseen. Silmukka asennetaan joko tien pintaan tai sen alle. Induktiosilmukan kierrosten lukumäärä on riippuvainen silmukan suuruudesta eli piirin pituudesta. Mitä pienempi piiri on, sitä useampi kierros tarvitaan. Asennus tapahtuu asfalttiin sahattuun 5–10 mm leveään ja 30–40 mm syvään uraan mahdollisimman tiukasti ja tiiviisti samalle syvyydelle. Ennen uran peittämistä käämin päälle asennetaan tiukkaan esim. nailonnaru, minkä jälkeen ura voidaan peittää bitumilla tai hartsilla. Uraa peittäessä tulee varmistaa, että kuuma bitumi tai hartsi ei vahingoita kaapelia. (14.)



KUVA 6. Induktiosilmukan yleisin muoto (14)

Induktiosilmukka tunnistaa ajoneuvot, jotka ajavat silmukan ylitse, esimerkiksi liikennevaloja lähestyttäessä. Ajoneuvojen tunnistaminen perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Asfalttiin upotetaan eristetty, sähköä johtava johdinsilmukka, johon johdetaan virtaa. Virran syöttämä taajuus vaihtelee 10 kHz:n ja 200 kHz:n välillä. Silmukalla voidaan havaita ainoastaan ferromagneettisia aineita eli metalleja. Silmukan johtimet kytketään ilmaisimeen, joka yleensä sijoitetaan tien reunaan silmukan kohdalle. Työssä on kuitenkin kyse liikennekameroista, joissa silmukka on noin 10 metrin päässä kamerapylvästä. Ajoneuvon ajaessa silmukan yli aiheutuu silmukoihin pyörrevirtoja. Nämä pyörrevirrat pienentävän silmukan induktanssia, minkä ilmaisimien havaitsee ja ilmoittaa järjestelmään. (15, s. 4.)

Yksittäisellä silmukalla ei voida havaita kuin yli kulkevien autojen määrä sekä silmukan kohdalle pysähtyvät ajoneuvot. Kun silmukoita kuitenkin on kaksi peräkkäin, voidaan niiden tuottamasta datasta laskea ja määrittää ajoneuvon nopeus, pituus sekä kulkusuunta. Useamman silmukan järjestelmien hyvänä puolena on se, että ne eivät ole alttiita sääolosuhteille. Huonoja puolia ovat järjestelmän vaikea muunneltavuus ja asennettavuus, tarve uusille silmukoille, työläs huoltaminen ja se, ettei se havaitse pieniä ajoneuvoja. Silmukka voidaan kuitenkin säätää siten, että se tunnistaa myös pienet ajoneuvot kuten moottoripyörät. Induktiosilmukalla ei myöskään voida vahtia kuin yhtä kaistaa. (15, s. 5.)

3.3 Tievalaistus

Kotimaisten ja kansainvälisten tutkimuksien mukaan tievalaistus vähentää maanteillä pimeän ajan onnettomuuksia tieluokasta riippuen 20–30%. Poliisin mukaan 32% kaikista onnettomuuksista tapahtuu aikana, jonka poliisi on luokitellut pimeäksi. Useissa selvityksissä pimeillä valaisemattomilla osuuksilla on 1,5-kertainen onnettomuusriski päiväsaikaan verrattuna. (16, s. 10.) Kameravalvonnassa valaistuksen avulla saadaan kuvasta riittävän selkeä.

Tie- ja katuvalaistuksen liikenneturvallisuutta ja ympäristöä parantavat vaikutukset saadaan aikaan sopivan valaistusluokan avulla. Valaistus pysyy luokassaan, kun valaistustekniset ominaisuudet täyttävät näkemisen ja havaitsemisen edellyttämät vaatimukset ja ovat keskenään oikeassa suhteessa. Valaistuksen tulee täyttää standardin SFS-EN 13201-3 valotekniset vaatimukset. Standardi sisältää valaistuksen mitoittamiseen tarvittavat tiedot. Taajamien maanteistä suurin osa valaistaan perustyyllillä ja vakiokalusteilla. (16, s. 63, 24.) Vaatimukset esitetään taulukossa 1.

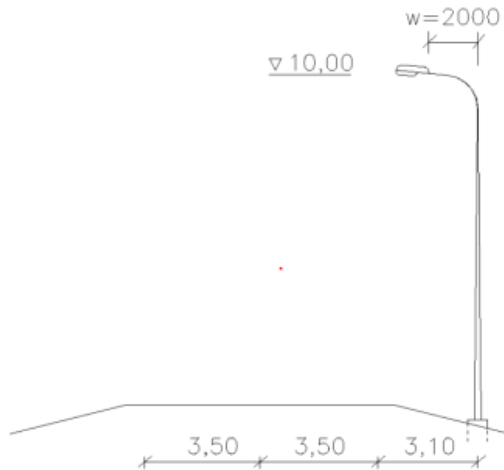
Valaistuksen suunnittelun lähtökohtana on valaistustekniset vaatimukset täyttävä valaistus. Valaistustavat, valaistustyytit, valaistuslaitteet ja valaistuksen ohjausjärjestelmä valitaan siten, että valaistuksen rakennus- ja hoitokustannusten 30 vuoden nykyarvon summa tulee mahdollisimman pieneksi ja että kohteeseen valitun valaistusluokan vaatimukset ja muut toimivuuteen, turvallisuuteen ja kestävyyyteen liittyvät vaatimukset täyttyvät. (16, s. 141.)

M-luokat on tarkoitettu kuivalla ja märällä päällysteellä moottoriajoneuvon kuljettajille teillä ja kaduilla. Maanteillä käytetään taulukon 1 mukaisia, luminanssiin perustuvia, M-luokkia. Luminanssi on fotometrian suure, joka kuvaa pinnalta lähtevää valon voimakkuutta. Luminanssista käytetään lyhennettä $[L] = 1 \text{ cd/m}^2$. (16, s. 24.)

TAULUKKO 1. Valaistuksen vaatimukset erilaisilla tieosuuksilla (16, s. 25)

Valaistusluokka	Kuivan ja märän ajoradan luminanssi				Estohäikäisy	Vierialueen valaistus
	Kuiva		Märkä	Kuiva		
	$L_m \text{ cd/m}^2$ min	U_o min	U_t min	U_{ow} min	f_{π} %, max	R_{EI} min
M1 (AL1)	2,00	0,40	0,60	0,15	10	0,40
M2 (AL2)	1,50	0,40	0,60	0,15	10	0,40
M3a (AL3)	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,40
M3b (AL4a)	1,00	0,40	0,40	0,15	15	0,40
M4 (AL4b)	0,75	0,40	0,40	0,15	15	0,40
M5 (AL5)	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,40
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	15	0,40

Valaisinsijoittelussa maanteillä käytetään lähinnä yksirivistä reunasijoitusta. Muita vaihtoehtoja ovat vuorottainen reunasijoitus ja vastakkainen reunasijoitus (17, s. 81). Tien ulkoreunalla pylvään keskikohdan etäisyys pientareen reunasta on yleensä 1,6 m. Tällöin jyrkkäluiskaisella kaiteellisella penkereellä voidaan käyttää samaa pylväspituutta kuin loivaluiskaisella osuudella. Sivuojan pohja on siirrettävä mahdollisuuksien mukaan vähintään 0,5 m päähän pylvästä. (17, s. 87.) Kuvassa 7 on esitetty normaalin yksiajoratainen tie.



KUVA 7. Yksiajoratainen tie (16, s 41)

Maanteillä käytettävien tievalaisimien tulee olla Liikenneviraston tyyppihyväksymiä (18, s. 1). Valaisimen tulee täyttää Liikenneviraston ohjeen tien laatuvaatimukset. Hyväksytyt valaisimet esitetään taulukossa 2. Tyyppitarkastus pitää sisällään valaisimien valaistusteknillisten ominaisuuksien ja rakenteen tarkastuksen. Lista hyväksytyistä valaisimista löytyy Liikenneviraston sivuilta. (18, s. 4.)

TAULUKKO 2. 2018 tyyppihyväksytyt tievalaisimet (18)

Valaisimvalmistaja / valaisintyyppi	Valonlähde	Moottoritie H _a = 18 m M2	Moottoritie H _a = 15 m M3a	Valta- ja kantatie H _a = 12 m M3b	Valta- ja kantatie H _a = 10 m M3b	Seututie H _a = 10 m M4	Yhdistie H _a = 8 m M5	Jalankulku- ja pyörätie H _a = 6 m P4
AEC								
A2	ST					X	X	
Italo	LED		X	X	X	X	X	X
I-TRON	LED			X	X	X	X	X
Kaos	ST	X	X	X	X	X		
Easy LED								
PRO Flow	LED		X	X	X	X	X	X
PRO Wave	LED				X	X	X	X
Fagerhult								
Evolume	LED				X	X	X	X
GE Lighting / Tungsram								
Odyssey	ST					X		
Greenled								
Sirius	LED			X	X	X	X	X
iGuzzini								
Archilede HP	LED				X	X	X	X
Argo	LED						X	X
Delphi	LED						X	X
Wow	LED				X	X	X	X
Lumous Lighting								
Ilma	LED				X	X	X	X
Osram								
DL 50	LED				X	X	X	
Streetlight 10	LED				X	X	X	X
Streetlight 20	LED		X	X	X	X	X	X
Theos								
Theos	LED						X	X
Schreder								
Ambar	ST						X	X
Ampera	LED			X	X		X	X
Axia							X	X
Signify								
DigiStreet	LED			X	X	X	X	X
Iridium	ST	X	X	X	X	X	X	X
Iridium I LED	LED						X	X
Iridium gen3	LED						X	X
Luma	LED	X	X	X	X	X	X	X
LumiStreet	LED						X	X
Selenium	ST	X	X	X	X	X	X	X
Selenium LED	LED						X	X
SpeedStar	LED				X	X	X	X
Strihl								
Mistral Flex	ST			X			X	X
Thorn								
CwITEQ	LED			X	X	X	X	X
Dyana LED	LED						X	X
R2L2	LED						X	X
Vizulo								
Mini Martin	LED						X	X
Stork	LED						X	X
Stork Little Brother	LED						X	X

3.4 Nopeusilmaisimet

Kameravalvonnassa käytetään useita erilaisia tekniikoita vauhdin mittaamiseen. Suomessa yleisimmin käytetään induktiosilmukkaa, mutta myös tutkapohjaiset ratkaisut ovat yleistymässä. Esimerkiksi uudet liikennevalvontakamerat käyttävät muun muassa tutkapohjaista ratkaisua vauhdin mittaamiseen. Työssä käydään läpi ainoastaan Suomessa käytetyt toimintatavat.

3.4.1 Induktiosilmukka nopeusilmaisimena

Induktiosilmukka ei itsessään voi toimia nopeusilmaisimena, mutta kahden silmukan induktiokenttien muutoksen avulla silmukalta saadun datan avulla voidaan laskea ajoneuvon nopeus ja tyyppi. Kuvan 8 mukaisella laitteella vauhti voidaan luotettavasti mitata induktiosilmukoista saatua dataa käyttäen.



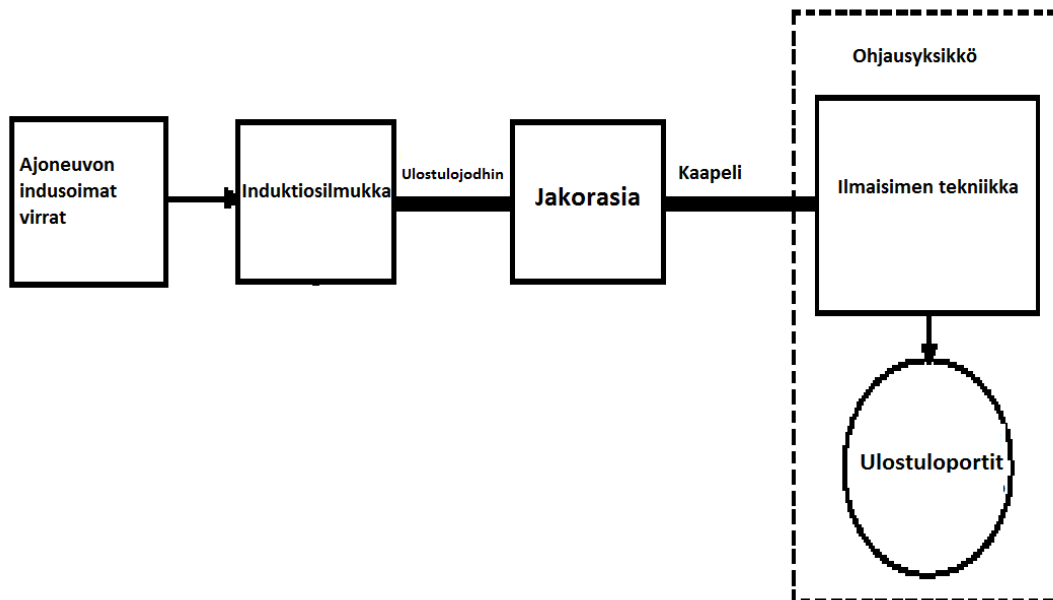
KUVA 8. MC2224 nopeusilmaisimien (19)

MC2224 on suunniteltu ajoneuvon havaitsemiseen ja sillä voidaan luokitella ajoneuvotyyppi, mitata sen nopeus ja kulkusuunta. Laite on suunniteltu käyttämään kahta induktiosilmukkaa, jotta se saa tuotettua datasta tarvittavat tiedot. Yhdellä silmukalla voidaan

määrittää ainoastaan ajoneuvon tyyppi ja saada tietoa liikenteestä, mutta kameravalvonnan kannalta tieto on täysin irrelevanttia. (19.)

Nopeusilmaisimien on huoltovapaa ja se antaa luotettavaa tietoa säästä ja muista haittatekijöistä huolimatta. Laitteen toimintalämpötila on $-25 - +80$ astetta ja se pitää asentaa lämmitettyyn suojakoteloon, jonka IP-luokitus on vähintään 54, toimintavarmuuden takaamiseksi Suomen olosuhteissa ympäri vuoden. (19.)

Induktiosilmukka yhdessä ilmaisimen kanssa on toimintavarma ratkaisu, jonka miinuspuolena voi mainita ainoastaan sen työläs ja suhteellisen kallis asennus ja rajoittunut mitta-alue. Erilaisia ilmaisimia on kymmenittäin MC2224 on vain malliesimerkki. Kuvasta 9 nähdään induktiosilmukan toimintaperiaate.

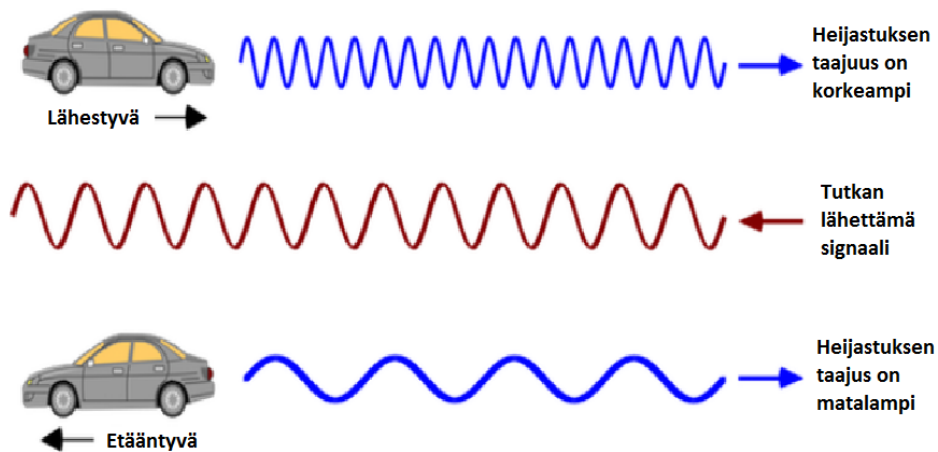


KUVA 9. Periaatekuva induktiosilmukan toimintatavasta

3.4.2 Doppler-tutka

Nykyisissä kameroissa käytetään Doppler-tutkaa, jonka toiminta perustuu Dopplerin ilmiöön. Dopplerin ilmiö on aaltoliikkeen taajuudessa tai aaltopituudessa tapahtuva muutos, joka johtuu aaltojen lähteen ja havaittajan liikkeestä toisiinsa nähden. Tutkalla voidaan

mitata nopeutta ainoastaan kohti tai poispäin liikkuvista kohteista. Kuva 10 havainnollistaa tutkan toimintaperiaatteen. Tutkien toiminta ei rajoitu ainoastaan vauhdin mittaamiseen. Käyttökohteita tutkalle on kymmenittäin. Yleisimmät sovellukset ovat säätutkat ja liikennevalvontatutkat. (20.)



KUVA 10. Doppler-tutkan toimintaperiaate

Uudet Suomessa käyttöön otetut kamerat käyttävät vauhdin mittaukseen edistyksellistä 4D-teknologiaa, jonka avulla voidaan mitata vauhtia samanaikaisesti yli 200:lta autolta ja kahdeksalta kaistalta. Mittaustuloksen varmistamiseksi vauhti mitataan kahdella toisistaan riippumattomilla Doppler-ilmiöön pohjautuvalla tavalla. (21.)

4 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimusmenetelmä on soveltava tutkimus, mikä tarkoittaa toimintaa uuden tiedon saavuttamiseksi tähdäten tiettyyn sovellukseen. Pääpaino tutkimuksessa on ratkaisujen löytäminen ongelmiin yhdistämällä tutkimuksella saatu tieto ja kehittämistoiminta. Soveltava tutkimus tähtää käytännön sovellukseen, joka voi liittyä esimerkiksi tekniseen tieteeseen. Työn prosessin tarkoituksena oli toiminnan tehostaminen ja laadun kehittäminen. Tutkittava tieto liittyi valaistuksen vaikutukseen liikennekameravalvonnassa. (22.)

Tutkimuksessa perehdyttiin valaistuksen vaikutukseen kameravalvonnassa. Valaistuksen vaikutuksesta kameravalvontaan löytyi niukasti tietoa, joten asiaa lähestyttiin käytännön mittausten kautta. Mittaukset suoritettiin Oulussa Ritaharjun Jahtivoudintieellä ja Äimäraution Merilinjalla sekä Oritkarinkujalla.

Valaistussuunnittelussa käytetään yleisesti vuonna 2005 lanseerattua DIALux-ohjelmaa, millä voidaan suunnitella, laskea ja visualisoida erilaiset valaistustilanteet etukäteen. Ohjelmasta löytyy kaksi versiota: DIALux evo 8.1 sekä DIALux 4. Työssä käytettiin ainoastaan DIALux 4:sta. Ohjelma käyttää valaisinvalmistajien luomia IES-tiedostoja, jotka sisältävät tuotteen kaikki tarvittavat tiedot kuten valaistustehon ja valaisimessa käytetyn valonjakokäyrän. Työssä ohjelman avulla mallinnettiin käytännön mittauksissa mitatut kohteet, jotta tuloksia voidaan vertailla keskenään. (23.)

Tutkimuksen aineistona toimi kentällä suoritettujen mittausten tulokset sekä valaistuslaskentaohjelman mallinnukset. Näiden pohjalta laadittiin Excel-taulukot. Mittaustuloksien ja valaistuslaskentaohjelman mallinnoiksi avulla optimaalinen sijainti pystyttiin määrittämään. Mittauksia ja mallinnoita tehtäessä lähtökohtana oli saada riittävän tarkat tulokset, jotta valaisimen optimaalinen sijainti pystyttiin määrittämään.

5 TULOKSET

Tämä luku sisältää kenttämittausten ja valaistuslaskentaohjelman mallinnusten perusteella luodut taulukot. Kentällä tehdyt mittaukset sijoituivat kolmelle eri tieosuudelle, jotka olivat Jahtivoudintie, Merilinja ja Oritkarinkuja. Mittausten lisäksi samoista tieosuuksista luotiin mallinnukset. Tieosuudet ovat Ramboll Finland Oy:n suunnittelema, joten osuuk-silla käytetyt valaisinmallit olivat tiedossa.

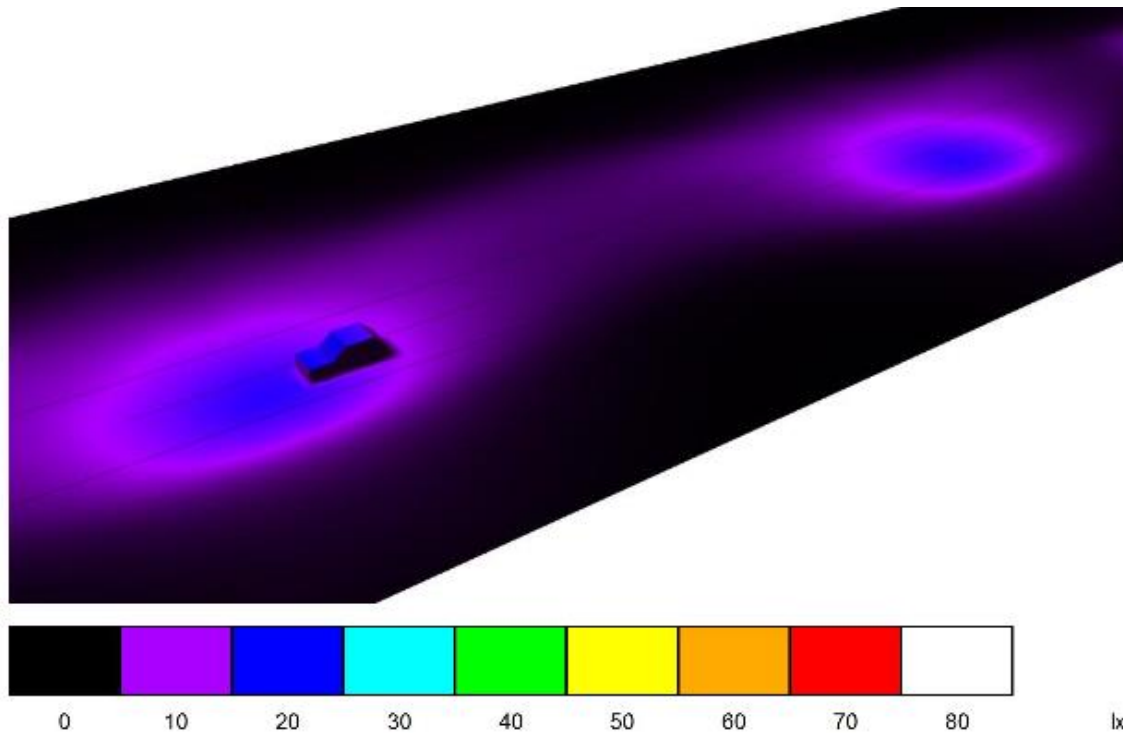
Kenttämittaukset suoritettiin pimeällä käyttäen kahta erilaista valaistusvoimakkuusmitta-ria, jotka näkyvät kuvassa 11. Oritkarinkujan ja Merilinjän mittaukset suoritettiin polven korkeudelta mitaten lukseja vaakatasossa, jotta nähtäisiin, kuinka suuri valaistusvoimakkuus osuu ajoneuvon rekisterikilvälle. Näissä mittauksissa valaistusvoimakkuus mitattiin 11 eri pisteestä metrin välein lähtien kymmenen metrin etäisyydeltä valaisimesta. Jahti-voudintiellä mitattiin koko valaisinpylväiden väli, 42 metriä.



KUVA 11. Oikealla Onnline, vasemmalla Konica Minolta (24) (25)

Työssä tehdyt mallinnukset jäljittelevät mahdollisimman tarkasti kenttämittauksen tieosuutta ja ainoastaan valon heijastus- sekä huoltokertoimissa on mahdollisesti eroavaisuuksia. Mallinnuksessa otettiin huomioon tieosuuksilla käytetyt asennuskulmat, valopisteen korkeudet, valaisimet, mittauskorkeus sekä pylväsväli. Valaistuslaskentaohjelman

tuloksista luotiin Excel-taulukot, jotta tuloksia on helpompi vertailla. Kuvasta 12 näkee kuinka valoteho jakautuu valaisinpylväiden välillä.



KUVA 12. Väärävärakuva valaistuskalkulaattorilla mallinnetusta tiestä

5.1 Oritkarinkujan tulokset

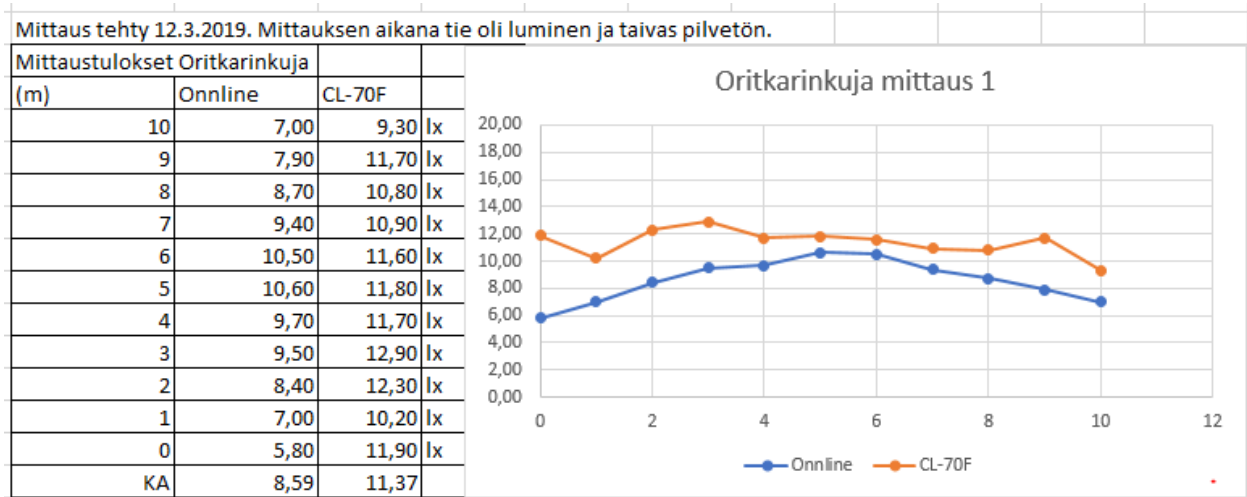
Oritkarinkujalla suoritettiin kaksi erillistä kenttämittausta sekä yksi mallinnus. Mallinnuksessa käytetään asfaltilla käytettyä 7 prosentin heijastuskerrointa. Tulokset eritellään seuraavissa alaluvuissa, minkä jälkeen niistä tehdään yhteenveto.

5.1.1 Oritkarinkujan kenttämittaukset

Oritkarinkujalla käytössä on M5-luokan tielle soveltuva Philipsin BGP382 1xGRN65/740 DM -valaisin, joka on teholtaan ainoastaan 45 W. Valaisin tuottaa 6537 luumenia, eli 145,25 lm/W.

Ensimmäinen mittaus Oritkarinkujalla suoritettiin talvisaikaan, jolloin heijastus tien pinnalta ja pientareelta oli lumen vuoksi suuri. Mittaustuloksista taulukosta 3 havaitaan kuinka valoteho jakautuu kymmenen metrin matkalla.

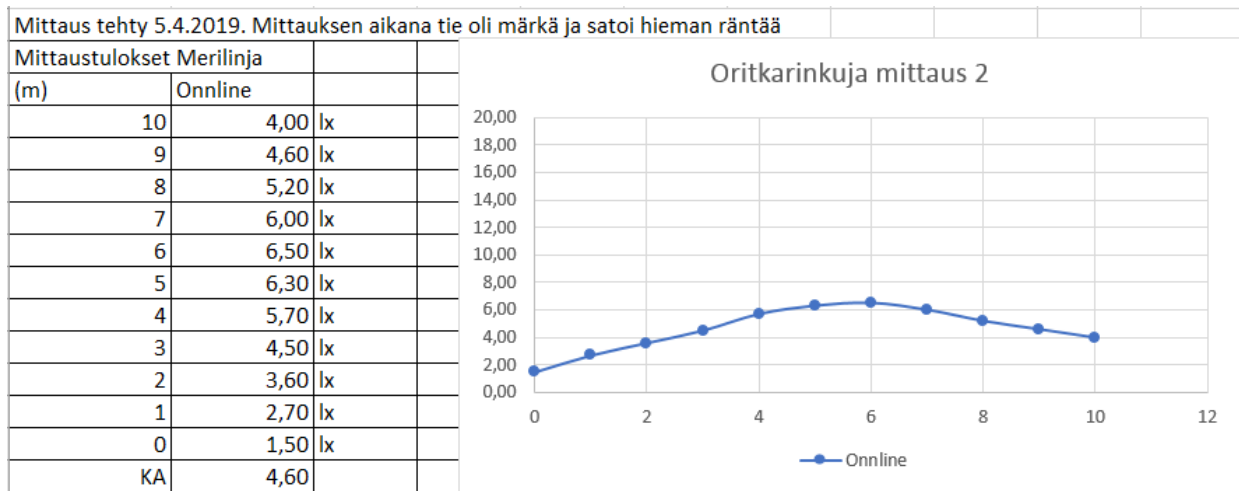
TAULUKKO 3. Oritkarinkujan ensimmäisen mittauksen tulokset



Mittaushetkellä sääolosuhteet olivat optimaaliset. Taulukon 3 perusteella valo jakautuu suhteellisen tasaisesti kymmenen metrin matkalle. Pelkkää taulukkoa tulkitsemalla optimaalinen hetki ottaa kuva olisi, kun ajoneuvo on 5–6 metrin etäisyydellä valaisinpylvästä, sillä tällöin valoteho kilvellä on suurimmillaan. Tuloksissa on kuitenkin otettava huomioon ulkopuoliset tekijät kuten vallitsevat sääolosuhteet.

Toinen mittaus Oritkarinkujalla suoritettiin huhtikuun alkupuolella, jolloin tiet olivat jo sulat ja satoi hieman räntää. Mittauksen tulokset näkyvät taulukossa 4. Taulukkoja 3 ja 4 vertailemalla havaitaan, kuinka sääolosuhteet ja heijastus vaikuttavat valaistusvoimakkuuteen. Molemmat mittaukset on suoritettu samassa kohdassa, ainoastaan ajankohta on muuttunut.

TAULUKKO 4. Oritkarinkujan toisen mittauksen tulokset



Ensimmäiseen mittaukseen verrattuna valaistusvoimakkuus on puolittunut. Verrattaessa taulukon 3 tuloksia havaitaan, kuinka valoteho ei jakaudu yhtä tasaisesti taulukossa 4, mikä voidaan selittää valkoisen lumen ja jään aiheuttamalla heijastuksella. Huhtikuussa suoritettussa mittauksessa tiet olivat jo sulat, mutta tien laidat olivat lumiset. Tie ei heijastanut enää valoa enää samalla tavalla kuin aikaisemmin. Mittauksen perusteella paras valoteho saadaan 6 metrin kohdalla. Kahden eri ajankohdan perusteella Oritkarinkujalla käytetyn valaisimen kanssa optimaalinen hetki kuvan ottamiselle on, kun ajoneuvon on 6 metrin päässä valaisimesta.

Mittausten tuloksissa virhemarginaalia kasvattaa se, että mittauksessa käytettiin apuvälineenä ainoastaan laseretäisyysmittaria tarkan etäisyyden mittaamiseen valaisimesta. Mittaukset suoritettiin polven päältä mittapään ollessa kohtisuorassa tiensuuntaisesti, mikä tuottaa hieman epätarkkuutta tuloksissa. Tulokset ovat tästä huolimatta mielestäni riittävät valaisimen optimaalisen sijainnin määrittämiseen kameravalvonnan kannalta.

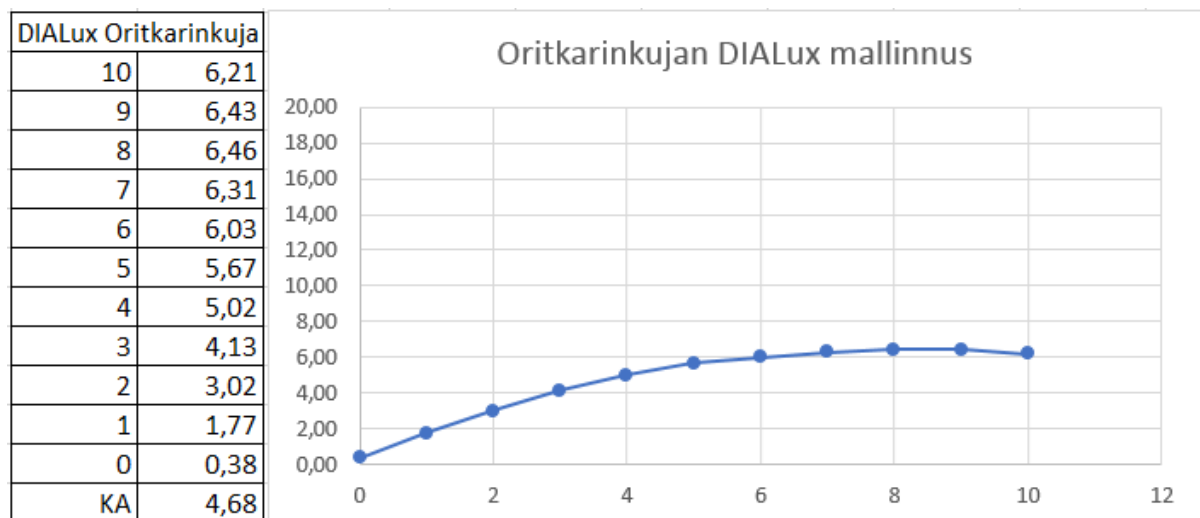
5.1.2 Oritkarinkujan mallinnus

Tilan valaistuksena mallinnuksessa käytettiin Philips BGP DM GRN/740 -valaisinta, joka on sama kuin tiellä käytetty. Valaistus mallinnettiin 100 m x 20 m tilaan, jossa seinät eivät

heijastaneet lainkaan valoa ja lattian heijastuskertoimena käytettiin tievalaistuksessa käytettyä seitsemää prosenttia. Valaisinten asennusvälinä toimi tiellä käytetty 45 metriä ja valaisimen valopisteen korkeutena 10 metriä. Mittapisteinä toimi 11 valaisimen kanssa samaan linjaan sijoitettua mittapistettä, jotka mittasivat kohtisuoraa valaistusvoimakkuutta 0,75 metrin korkeudelta. Työssä käytettiin yleisesti LED-valaistuksella käytettyä alenemakerrointa 0,75. Tilanteesta pyrittiin samaan mahdollisimman samankaltainen kuin kentällä suoritetuista mittauksista.

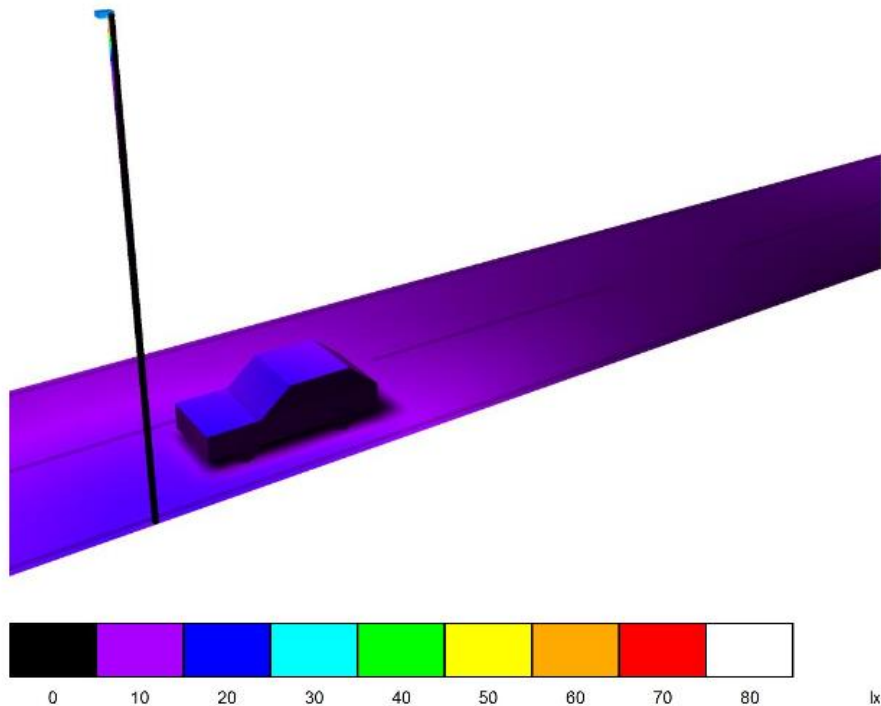
Taulukon 5 tuloksista voidaan havaita valotehon kasvavan lähes lineaarisesti aina kahdeksanteen mittapisteseen saakka, minkä jälkeen valoteho alkaa laskemaan. Mallinuksista ei käy ilmi sään vaikutukset valaistukseen. Esimerkiksi talvella valaistusvoimakkuus voi olla moninkertainen johtuen lumen aiheuttamasta heijastuksesta. Sovelluksella on mahdollista käyttää haluamaansa heijastuskertoimen luodakseen ajankohtaa ja ilmastoa vastaavan heijastuksen.

TAULUKKO 5. Oritkarinkujan valaistuskalkulaation mallinnus



Ainoastaan mallinnuksen taulukkoa tulkitsemalla voidaan päätellä, että valaisin tulisi sijoittaa 8 metrin etäisyydelle kuvanottoapaikasta, jotta rekisterikilvälle saapuva valaistusvoimakkuus olisi mahdollisimman suuri.

Kuvassa 13 on valaistuskalkulaation mallinnettu Oritkarinkuja, josta nähdään valotehon jakautuminen tieosuudella.

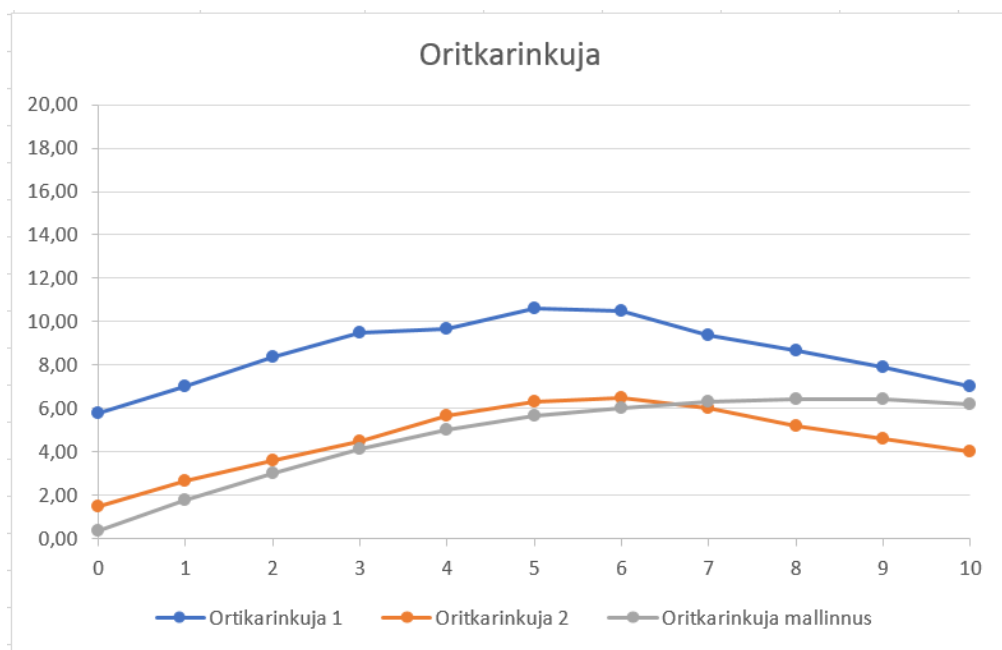


KUVA 13. Väärävärakuva Oritkarinkujalta

5.1.3 Yhteenveto Oritkarinkujalta

Vertailemalla mittauksien ja mallinnuksen tuloksia kuvasta 14 voidaan havaita, että valo ei jakaudu samalla tavalla. Mallinnuksen erona kentällä suoritettuihin mittauksiin on valon tasaisempi jakautuminen, mikä todennäköisesti johtuu tien valaisimissa tapahtuneesta valotehon heikkenemisestä.

Mittauksissa suurin tulos saatiin 5–6 metrin kohdalla. Mittauksia Oritkarinkujalla suoritettiin kaksi. Ensimmäisessä mittauksessa suurin mittaustulos saatiin 5 metrin etäisyydellä valaisimesta ja tulos oli 10,6 luksia, eikä se eronnut 6 metrin etäisyydestä kuin 0,1 luksia. Toisessa mittauksessa suurin tulos saatiin 6 metrin kohdalla valaistusvoimakkuuden ollessa 6,5 luksia. Suurin ero valaistusvoimakkuudessa tulee vuodenajasta. Ensimmäisessä mittauksessa tiet olivat vielä lumiset ja sen aiheuttama heijastuskerroin nosti tulosta. Mallinnuksella simuloidussa tilanteessa suurin valaistusvoimakkuus saatiin 8 metrin etäisyydeltä valaisimesta.



KUVA 14. Kaikki Oritkarinkujan tulokset

Koska jokaisella käyrällä suurin valoteho saatiin eri pisteessä, joudutaan optimaalinen paikka määrittämään laskennallisesti. Se tapahtuu laskemalla kolmen suurimman luksimäärän saaneen pisteen etäisyyden keskiarvo. Laskennallisesti valaisimen etäisyys ajoneuvosta kuvanottohetkellä olisi täten $5 + 6 + 8 / 3 = 6,3333 \text{ m} \approx 6,35 \text{ m}$

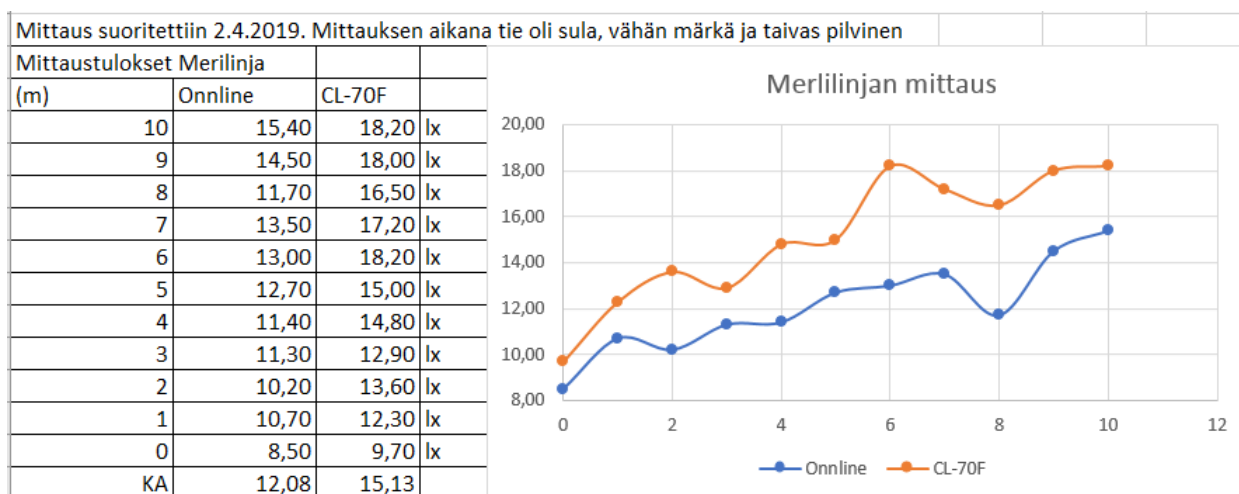
5.2 Merilinjan tulokset

Merilinjan tieosuudella suoritettiin ainoastaan yhtenä päivänä käytännön mittaus hyödyntäen molempia mittareita. Tieosuudesta luotiin mallinnus, joka jäljitteli tieosuutta, jolla mitaus suoritettiin. Kenttämittaus suoritettiin huhtikuun alkupuolella, jolloin tiet olivat sulat. Mitattaessa tie oli märkä, mikä nostaa heijastuskerrointa. Mallinuksessa käytettiin kuivalla asfaltilla käytettyä 7 prosentin heijastuskerrointa.

5.2.1 Merilinjan kenttämittauksen tulokset

Mittaus Merilinjalla suoritettiin huhtikuun alussa, jolloin tien pinta oli jo sula, mutta märkä. Tienpinnan kosteus aiheuttaa suuremman heijastuskertoimen kuin kuiva tie. Mittaustuloksista taulukossa 6 havaitaan, kuinka valoteho jakautuu kymmenen metrin matkalla.

TAULUKKO 6. Merilinjan kenttämittauksen tulokset



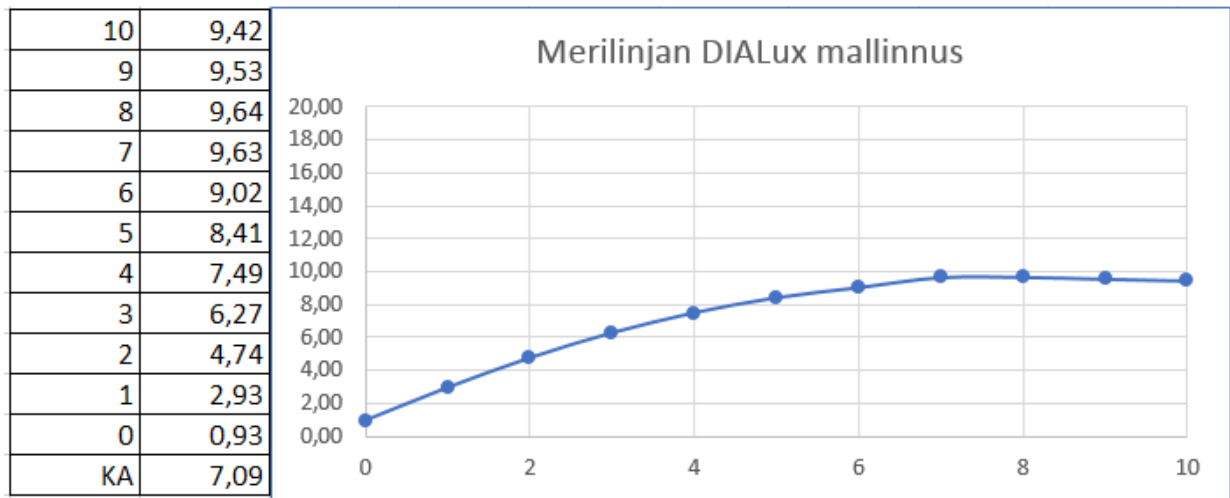
Merilinjalla käytetään Philips BGP 382 1xGRN95/740 DW -valaisinta. Valaisin on teholtaan 67 W ja tuottaa 9514 luumenia, eli 142 lm/W. Mittauksessa käytettiin kahta erilaista mittaria, jotta tuloksesta saataisiin mahdollisimman tarkka. Onnlinen mittarilla saatu tulos osoittautui hieman pienemmäksi kuin CL-70F:llä saatu, mutta molempien tulokset kasvavat samassa linjassa. Taulukkoa 6 tulkitsemalla nähdään parhaan tuloksen olevan vasta kymmenessä metrissä, joka eroaa huomattavasti Oritkarinkujalta saadusta tuloksesta.

Taulukosta voidaan havaita, että mittauksen tulokset eivät ole täysin luotettavat suuren vaihtelevuutensa vuoksi. Tulokseen vaikuttavat sääolosuhteet sekä lisävarusteiden puute.

5.2.2 Merilinjan mallinnus

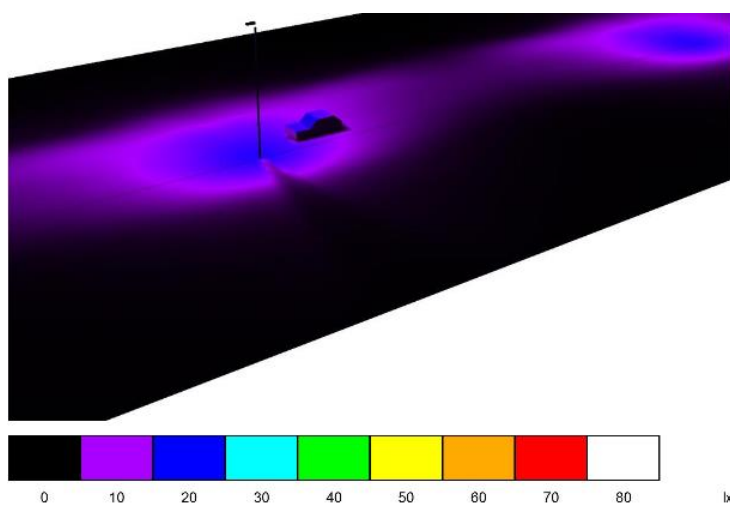
Merilinjan mallinnuksessa käytettiin tielläkin käytössä olevaa Philipsin BGP382 1xGRN95/740 DW -valaisinta. Valaisin on teholtaan 67 W ja tuottaa 9514 luumenin valovirran. Mallinnuksen tulokset nähdään taulukosta 7.

TAULUKKO 7. Merilinjan valaistuslaskentaohjelman mallinnus



Tila mallinnettiin 100 m x 20 m tilaan ja heijastuskertoimena käytettiin kuivalla asfaltoidulla tiellä käytettyä seitsemää prosenttia. Esimerkiksi märällä tieosuudella heijastuskertoimena käytetään kahtakymmentä prosenttia. Mitatussa tilassa valaisimia oli kaksi ja kummallakin oli 11 mittapistettä, joista toiset olivat valaisimen pohjoispuolella ja toiset eteläpuolella. Tällä haluttiin havainnoida, kuinka valaisimen valonjakokäyrä vaikuttaa tulokseen ja kummalta puolelta saatiin suurempi tulos. Taulukossa käytettiin suurempaa tulosta.

Samaan tapaan kuin Oritkarinkujalla tulos on lähes lineaarinen. Merilinjalla suurin tulos taas saadaan seitsemässä metrissä. Tulos eroaa suuresti käytännönmittauksesta.

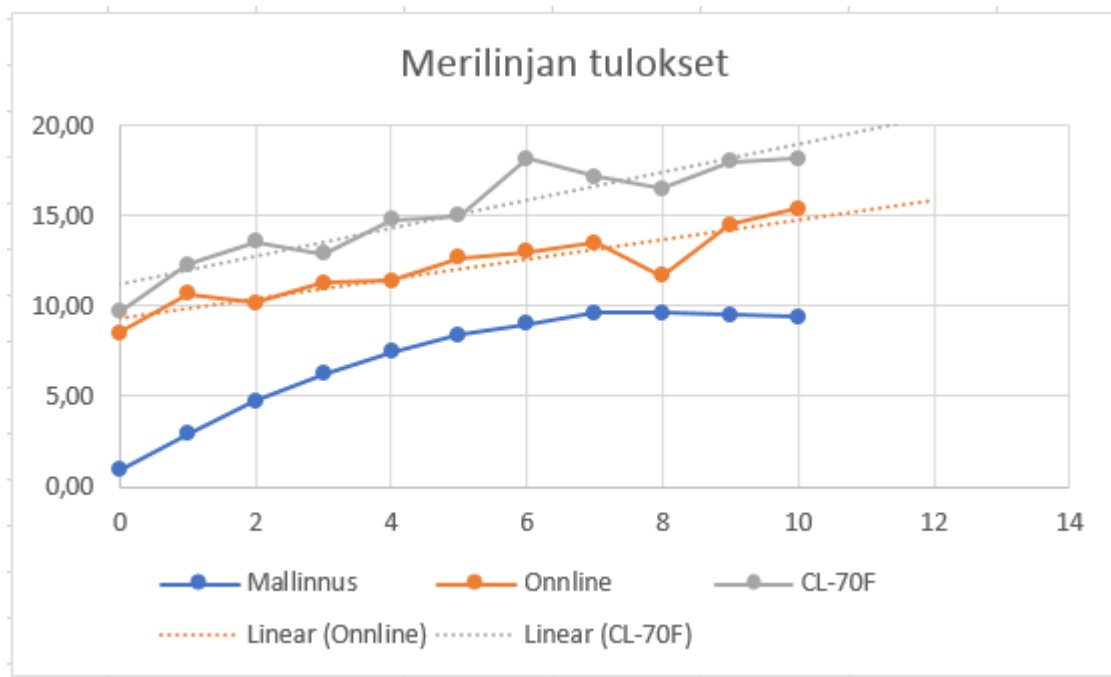


KUVA 15. Väärävärikuva Merilinjalta

5.2.3 Yhteenveto Merilinjalta

Merilinjalla suoritettiin ainoastaan yhtenä päivänä kaksi mittausta eri mittareilla. Mittauksen tulos eroaa merkittävästi simuloimalla saadusta tuloksesta, vaikka taulukossa käytetään simuloinnista suurempaa saatua tulosta. Kenttämittauksen suurta tulosta selittää märkä asfaltti. Mittauksen tuloksen pitäisi olla vain 13% suurempi kuin simuloimalla saatu tulos, koska kentällä heijastuskerroin oli noin 20 % ja simuloinnissa 7%. Heijastuskerroin perustuu valaisinlaskentaohjelman katuprojekteissa vakiona käytettyihin arvoihin.

Kuvan 16 perusteella kenttämittauksissa suurimmat tulokset saatiin 10 metrin kohdalla, Onnline mittarilla 15,4 luksia ja CL-70F:llä 18,2 luksia. Simuloimalla korkein 8,7 luksin tulos saatiin jo seitsemän metrin kohdalla. Eroavaisuus tuloksien välillä johtuu sääolosuhteesta, heijastuskertoimesta sekä korjauskertoimesta.



KUVA 16. Merilinjan tulokset

Valaisimen optimaalinen paikka määritetään samalla tavalla kuin Oritkarinkujalla, eli laskeamalla keskiarvo pisteistä, joilla saatiin korkein luksimäärä. $(10 + 10 + 8) / 3 = 8,66 \text{ m} \approx 8,7 \text{ m}$

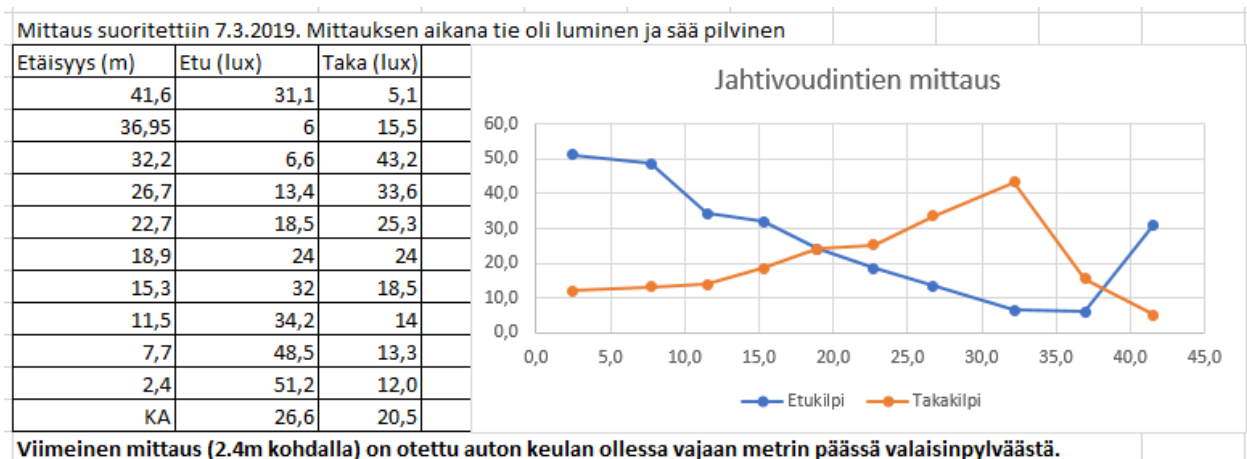
5.3 Jahtivoudintien tulokset

Jahtivoudintiellä suoritettu mittaus erosi aiemmista mittauksista niin mittaustavaltaan kuin periaatteeltaankin. Mittauksessa havainnollistettiin valon jakautumista valaisinpylväiden välillä. Kentällä suoritetuissa mittauksissa käytettiin apuna autoa, jotta voitiin mitata valaistuksen voimakkuus suoraan rekisterikilven päältä. Valaisinpylväiden asennusväli on 42 m, mitä käytettiin myös mallinnuksessa. Kentällä suoritettussa mittauksessa etäisyys seuraavaan pylvääseen mitattiin kuskinpuolen peilin päältä, joten mittapisteen etäisyys valaisinpylvästä ei ole yhtä tarkka kuin mallinnuksessa.

5.3.1 Jahtivoudintien kenttämittaukset

Jahtivoudintiellä käytetään Merilinjasta ja Oritkarinkujasta poiketen suurpainenatrium-lamppua. Tieosuudella on käytössä Siteco 5NA246E1PT0AS08 DL 500 MAXI -valaisin, joka on teholtaan 176 W. Valaisin tuottaa 17500 lm, joka on ainoastaan 99 lm/W. Mittauksissa käytetty auto on Volvo V50. Pituudeltaan auto on 4522 mm, joten etu- ja takakilven välinen matka on noin 4500 mm. Kenttämittaukset on suoritettu mittapään ollessa noin 45 asteen kulmassa kohti valaisinta. Mittauksen tulokset löytyvät taulukosta 8.

TAULUKKO 8. Jahtivoudintien mittaustulokset



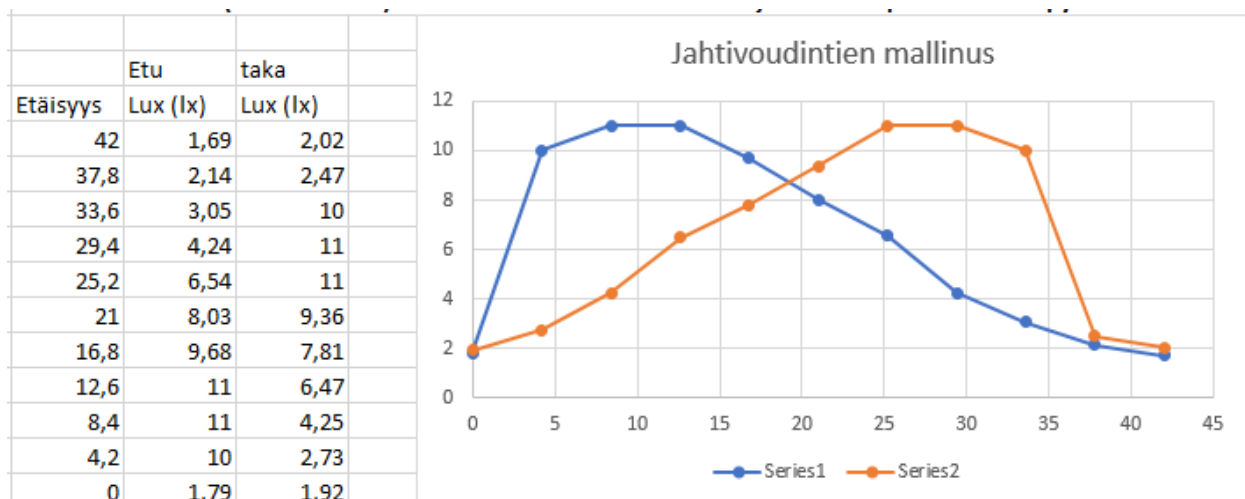
Taulukon 8 perusteella valoteho valaisinten välillä jakautuu tasaisesti, koska 18,9 metrin kohdalla sekä edestä ja takaa saadaan 24 luksia. Tällöin sekä etu- että takakilpi ovat suunnilleen samalla etäisyydellä lähimmästä valaisinpylvästä. Hieman ennen (tai jäl-

keen) valaisinpylvästä valoteho on suurimmillaan riippuen siitä mitataanko etu- vai takapäältä. Mikäli kyseessä olisi tilanne, jossa sekä etu- että takakilpi kuvataan samanaikaisesti, olisi paras mahdollinen kuvanottohetki silloin, kun ajoneuvo on valaisinpylväiden keskellä.

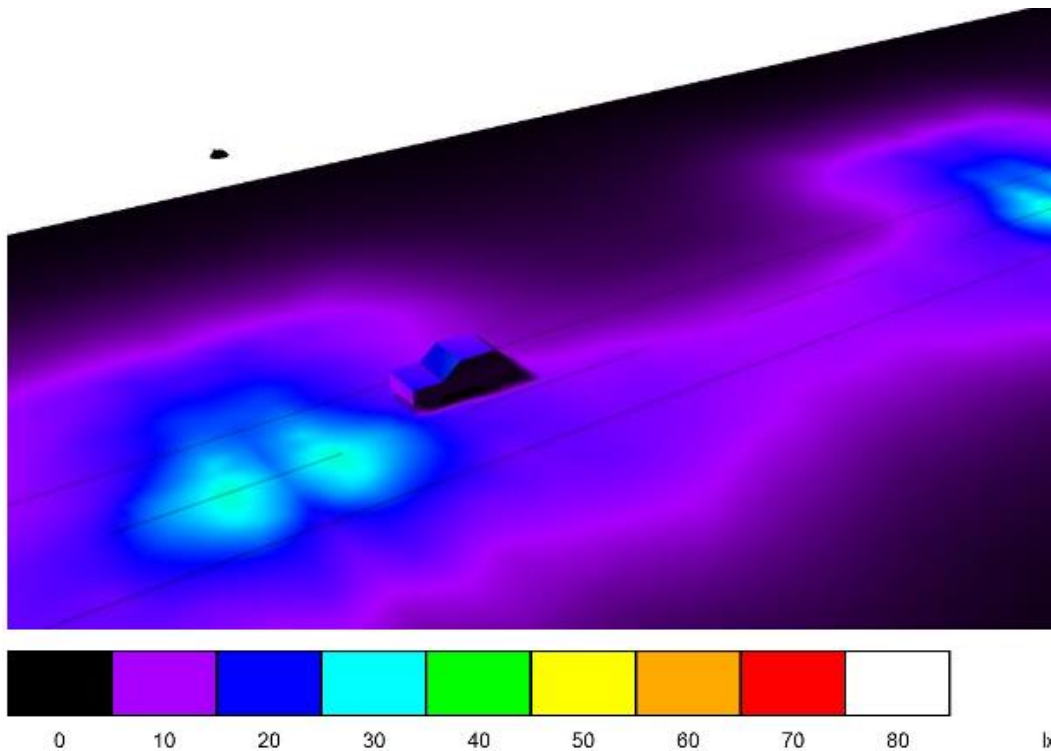
5.3.2 Jahtivoudintien mallinnus

Taulukosta 9 voidaan nähdä mallinnuksessa saatu tulos, jossa käyrä muistuttaa mitattua tulosta. Ainoastaan luksimäärä on mallinnuksessa vähäisempi. Tämän selittää mittaushetken luminen ympäristö, joka heijastaa valoa tehokkaasti sekä mallinnuksesta poikkeava mittaustapa.

TAULUKKO 9. Jahtivoudintien valaistuslaskentaohjelman laskelmat



Mallinnuksessa käytettiin apuna autoa, joka näkyy kuvassa 17. Autossa olevat mittapisteet mittaavat kohtisuoraa valaistusvoimakkuutta. Mallinnuksen tuloksista havaitaan valon jakautuvan tasaisesti valaisinpylväiden välillä. Suurin valaistusvoimakkuus saadaan noin 10 metrin etäisyydellä valaisimesta ja valaisimien keskellä valoteho on saman suuruinen etu- ja takapäässä.



KUVA 17. Väärävärikuva Jahtivoudintieltä

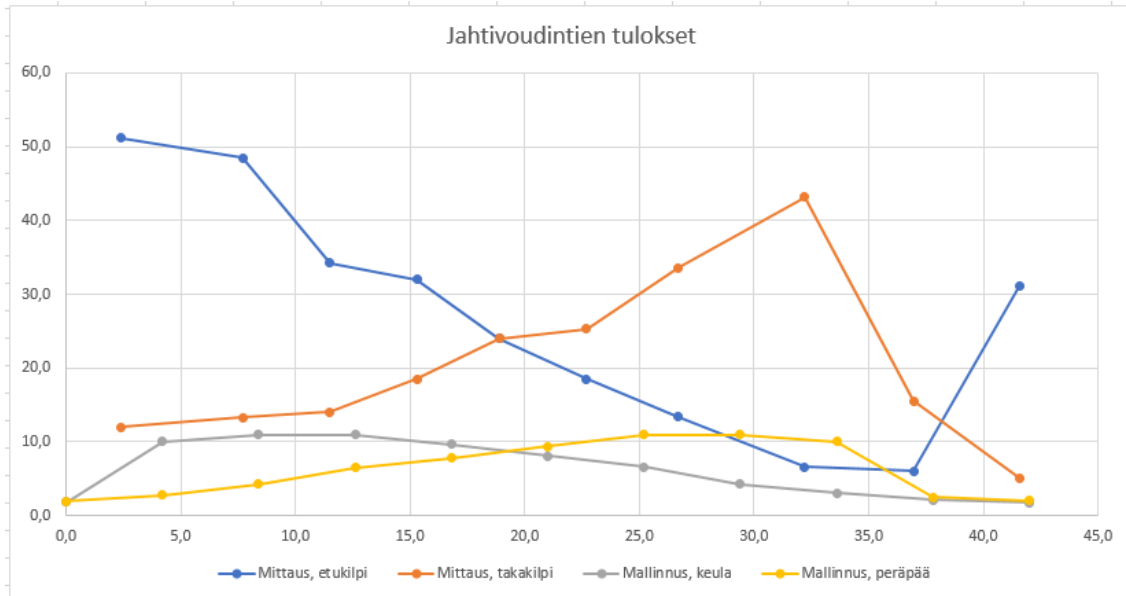
5.3.3 Yhteenveto Jahtivoudintieltä

Tiellä tehtyjen kenttämittausten ja mallinnusten tuloksien iso ero aiheutuu mittaustavasta sekä lumisesta ympäristöstä, minkä vuoksi heijastuskerroin on suuri. Kenttämittauksen luksimäärää nostaa mittapään asento, joka oli 45 asteen kulmassa kohti valaisinta. Mallinnuksessa mitattiin kohtisuoraa valaistusvoimakkuutta. Tuloksista tulee ilmi, kuinka valoteho jakautuu valaisinpylväiden välillä.

Tasainen valotehon jakautuminen osoittaa valaistussuunnittelun onnistuneen. Tuloksista ei voi kertoa tarkkaa valaisimen optimaalista sijaintia, koska mittauksen ja mallinnuksen mittapäät eivät ole samassa asennossa. Mitattu arvo mittaa horisontaalista valaistusvoimakkuutta ja simuloitu kohtisuoraa.

Kuvaa 18 tarkastelemalla voidaan olettaa parhaan valaisimen sijainnin olevan noin 10 metrin etäisyydellä kuvanottopaikasta. Kerätyn datan perusteella on mahdoton sanoa tarkkaa pistettä, ainoastaan suuntaa antava tulos on mahdollinen. Valotehon jakautumi-

sesta valaisinpylväiden välillä voidaan todeta valaisimen optimaalisella sijoituksella olevan suuri merkitys kuvan kannalta. Oikealla sijoituksella kuvasta saadaan riittävän valaistu.



KUVA 18. Jahtivoudintien tulokset

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tarkoituksena oli tutustua liikennekameravalvontaan sekä löytää sopivin sijainti valaisimelle kameravalvonnassa käytännön soveltamisen avuksi. Tutkimus oli soveltava tutkimus, eli siinä tehtiin käytännön mittauksia sekä simuloitteja valaisimen optimaalisen paikan määrittämiseksi.

Ongelmia tutkimuksessa tuotti vähäinen teoreettinen tieto liikennekameravalvonnasta ja valaistuksen vaikutuksesta valvontaan. Tiedonhakua hankaloitti poliisin salassapitovelvollisuus kameravalvonnasta (26). Tästä johtuen tutkimuksessa kerätty tieto on peräisin useista eri lähteistä.

10 metrin kenttämittauksista ja mallinnoista saaduista tuloksista saatiin johdettua optimaaliset sijainnit valaisimille Oritkarinkujalla sekä Merilinjalla. Mittauksista saadun tiedon perusteella optimaalinen sijainti valaisimelle olisi 6,3 metriä tai 8,6 metriä kuvanottopaikalta. Tulokset perustuvat tehtyihin mittauksiin ja mallinnoihin.

Saadut tulokset eivät päde kaikkien valaisimien kanssa, koska vaikuttavia tekijöitä on useita. Merkittävin tekijä valaisimen sijainnin määrittämisessä on valaisimessa käytetty valonjakokäyrä. Lähes kaikissa teillä käytetyissä valaisimissa valonjakokäyrä on tällä hetkellä samankaltainen, vaikka valaisinten välillä voi olla eroavaisuuksia.

Suppean katsauksen ja teoriaosuuden perusteella voidaan todeta, että valaispylvään ei tule sijaita yli kymmenen metrin päässä kuvanottoapaikasta, jottei autolle laskeutuva valoteho ole liian matala. Tähän tulokseen päästään tutkimusaineistosta saaduista tuloksista.

7 POHDINTA

Tutkimuksessa perehdyttiin liikennekameravalvontaan teoriassa sekä tutkittiin valaistuksen vaikutusta valvontaan. Tutkimuksessa saadun tiedon perusteella valaisimen optimaalinen sijainti kameravalvonnan kannalta pystyttiin määrittämään. Kuitenkin saatu tulos pätee varmuudella ainoastaan kyseisissä kohteissa käytettyihin valaisimiin.

Yllättävää työssä oli kuinka vähän liikennevalvonnassa käytetystä tekniikasta löytyy tietoa. Kameravalvonnassa käytettyä tekniikkaa koskevat viranomaisasiakirjat ovat salassa pidettävää tietoa. Yksittäisten tiedonlähteiden pohjalta kerätystä tiedosta saatiin muodostettua kuva kameravalvonnan toimintaperiaatteesta.

Toimintaperiaatteen selvittämisen jälkeen suoritettujen kenttämittaukset ja mallinnukset mahdollistivat valaisinpylvään optimaalisen sijainnin määrittämisen kameravalvonnan kannalta. Kentällä tehtyjä mittauksia apuna käyttäen tutkimuksen tuloksista saatiin järkevät ja työn tavoitteet toteutuivat tällä osa-alueella.

Omasta mielestäni työ oli mielenkiintoinen ja sain sen avulla tietoa, jota voin varmasti hyödyntää tulevaisuudessa. Uskon, että työstä voisi olla apua myös kameravalvontaa suunnitteleville tahoille. Työssä on koottu tietoa yhteen useista eri hajanaisista lähteistä ja työtä voi hyödyntää pohjana tiedonhauille aiheesta.

Työtäni tehdessä opin kameravalvonnan toimintaperiaatteesta sekä tieliikennevalaistuksesta ja sen vaatimuksista. Työ sähkösuunnittelijana kiinnostaa minua ja on todennäköistä, että tulevaisuudessa tulen vähintään sivuamaan tievalaistussuunnittelua, mikäli työskentelen sähkösuunnittelun parissa.

LÄHTEET

1. Tiehallinto. Tievalaistuksen suunnittelu. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2100034-v-06tievalaist_suunn.pdf. Hakupäivä 15.3.2019.
2. Wikipedia. Luksi. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Luksi>. Hakupäivä 20.3.2019
3. ST 664.10. 2017. Kameravalvontajärjestelmät. Suunnitteluohje. Sähköinfo Oy. Saatavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/item/794?search=664.10> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 12.3.2019
4. Trafi. Kiinteän automaattivalvonnan vaikutukset ja kohdentaminen. Saatavissa: https://arkisto.trafi.fi/file-bank/a/1520411503/979c0611b56808ab41895c94fb6e6c40/29697-Trafi_06_2018_Kiinteän_automattivalvonnan_vaiikutukset_ja_kohdentaminen.pdf. Hakupäivä 29.3.2019
5. Poliisilaki. 2011. 872/2011. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110872>. Hakupäivä 1.3.2019
6. Forsell, Niko 2018. Automaattinen liikennevalvonta Itä-Uudenmaan poliisilaitoksen alueella. Opinnäytetyö (AMK). Riihimäki: Hämeen ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/140844/Forsell_Niko.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hakupäivä 29.3.2019
7. Verkkouutiset. 10.4.2018. IS: Tämä on uusi peltipoliisi, jarrutus ei enää pelasta sakoilta. Saatavissa <https://www.verkkouutiset.fi/is-tama-on-uusi-peltipoliisi-jarrutus-ei-ena-pelasta-sakoilta/>. Hakupäivä 12.3.2019
8. Poliisi. Automaattinen liikennevalvonta. Saatavissa: https://www.poliisi.fi/liikenneturvallisuus/automattinen_liikennevalvonta. Hakupäivä 21.3.2019

9. Tekniikan maailma. Uudet peltipoliisit bongaavat ylinopeuden paljon nykyistä kauempaa - Ensimmäiset kamerat tulevat 4- ja 6-tielle. Saatavissa: <https://tekniikanmaailma.fi/uudet-peltipoliisit-bongaavat-ylinopeuden-paljon-nykyista-kauempaa-ensimmais-et-kamerat-tulevat-4-ja-6-tielle/>. Hakupäivä 21.3.2019
10. Sensys Gatso Group. Speed enforcement systems. Saatavissa: <https://www.sensys-gatso.com/products/fixed-speed-enforcement>. Hakupäivä 21.3.2019
11. Helsingin Sanomat. Joka kolmas peltipoliisin ottama kuva päättyy roskeen - koko maan automaattikameroiden kuvat seulotaan Malmilla. Saatavissa: <https://www.helsingin uutiset.fi/artikkeli/729939-joka-kolmas-peltipoliisin-ottama-kuva-paatyy-roskeen-koko-maan-automattikameroiden>. Hakupäivä 5.3.2019
12. Online camera shop. Saatavissa: <https://www.onlinecamerashop.nl/eng/samsung-shb-4300h2-heat-and-cold-resistant-housing-for-outdoor-box-camera.html>. Hakupäivä 12.3.2019
13. Truvelo. D-Cam. Saatavissa: <http://www.truvelo.co.za/traffic/d-cam.html>. Hakupäivä 4.4.2019
14. Barriko. Induktiosilmukan valinta ja asennus. Saatavissa: <http://www.barriko.com/silmukkaohje.pfd>. Hakupäivä 4.3.2019
15. Niinisaari, Joonas 2018. Liikenteen häiriönhavaintotutkien testaus ja käyttöönotto. Kandidaattityö. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. TkK-tutkinto-ohjelma. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/25740/Niini-saari.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Hakupäivä 11.3.2019
16. Liikennevirasto. Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2015-16_maantie_rautatiealueiden_web.pdf. Hakupäivä 5.3.2019

17. Tiehallinto. Tievalaistuksen suunnittelu. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2100034-v-06tievalaist_suunn.pdf. Hakupäivä 15.3.2019.
18. Liikennevirasto. Hyväksytyt tievalaisimet 12.7.2017. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/opas_2018_hyvaksytyt_tievalaisimet_web.pdf. Hakupäivä 6.3.2019
19. Swarco. MC 2224 DETECOR. Saatavissa: <https://www.swarco.com/products/detection-sensors/traffic-counting/mc2224-detector>. Hakupäivä 3.4.2019
20. Wikipedia. Doppler-ilmiö. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Doppler-ilmi%C3%B6>. Hakupäivä 5.4.2019
21. Smartmicro. Smartmicro Enforcement Sensors. Saatavissa: <http://www.smartmicro.de/traffic-radar/enforcement-sensors/>. Hakupäivä 9.4.2019
22. Opinnäytetyön ohjaajan käsikirja. Soluessee: Soveltavasta tutkimuksesta. Saatavissa: <https://oppimateriaalit.jamk.fi/yamk-kasikirja/soveltavat-tutkimusmenetelmat/>. Hakupäivä 11.4.2019
23. DIALux. Saatavissa: <https://www.dial.de/en/dialux/>. Hakupäivä 11.4.2019
24. Onninen onnshop. Online valaistusvoimakkuusmittari. Saatavissa: <https://onnshop.onninen.fi/online-valaistusvoimakkuusmittari-lux-mittari-400-000-lux-fc/p/ALM272>. Hakupäivä 13.3.2019
25. Konica Minolta. CRI Illumance meter CL-70F. Saatavissa: <https://www5.konica-minolta.eu/en/measuring-instruments/products/light-display-measurement/illumiance-colour-meters/cl-70f/introduction.html>. Hakupäivä 13.3.2019.
26. Laki viranomaistoiminnan julkisuudesta. Finlex. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990621#L6P24>. Hakupäivä 22.4.2019