



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

LIKENNEMERKKIEN AUTO- MAATTINEN INVENTOINTI

TEKIJÄ: Tero Räsänen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Tero Räsänen			
Työn nimi Liikennemerkkien automaattinen inventointi			
Päiväys	2.6.2020	Sivumäärä/Liitteet	38/1
Ohjaajat tuntiopettaja Juha Pakarinen ja lehtori Kai Auvinen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Savonia-ammattikorkeakoulu			
Tiivistelmä Opinnäytetyössä selvitettiin konenäön mahdollisuuksia liikennemerkkien inventoinnissa. Työssä tutkittiin Vaisala Oy:n RoadAI-tilannekuvapalvelun tunnistus- ja paikannustarkkuutta liikennemerkkien inventoinnissa. Opinnäytetyössä tutkittiin lisäksi, pystytäänkö konenäöllä arvioimaan liikennemerkkien kuntoa. RoadAI-tilannekuvapalvelun ohella tutkittiin myös muita konenäkömenetelmiä. Tavoitteena oli saada luotettavaa tietoa konenäköjärjestelmien tarkkuudesta tunnistaa ja paikantaa liikennemerkit. Opinnäytetyössä perehdyttiin 1.6.2020 voimaan astuvan tieliikennelain laki- ja liikennemerkkimuutoksiin. Työssä tarkasteltiin myös kuntien veloitetta toimittaa liikenteenohjauslaitteiden tiedot Digiroadiin. Opinnäytetyössä perehdyttiin liikennemerkkien inventointi menetelmiin. Työssä esitellään lisäksi liikennemerkkien kuntoluokitusta ja liikennemerkkirekisteriä ja perehdytään konenäköön, sen osiin ja käyttökohteisiin. Aineisto kerättiin sähköpostikyselyillä ja puhelinhaastattelulla kaupungeille, jotka ovat käyttäneet tai testanneet konenäkömenetelmiä liikennemerkkien inventointiin. RoadAI-tilannekuvapalvelua koskeva sähköpostikysely lähetettiin myös Vaisala-yhtiölle. Opinnäytetyön perusteella Blom Kartta Blomstreet-palvelu tunnistaa ja paikantaa luotettavasti liikennemerkit. Normiopasteen-kuvauspalvelusta ja Vaisalan RoadAI-tilannekuvapalvelusta saadun tiedon perusteella konenäköjärjestelmien tarkkuudesta tunnistaa ja paikantaa liikennemerkkejä ei voida tehdä kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä, koska käytettävissä ollut aineisto oli suppea ja ei-numeerista. Opinnäytetyön perusteella Vaisalan RoadAI-tilannekuvapalvelu ei tunnista ja paikanna liikennemerkkejä vielä niin tarkasti, että sitä voitaisiin käyttää luotettavasti liikennemerkkien inventointiin. RoadAI-tilannekuvapalvelua käytetään kuitenkin tällä hetkellä teiden kuntokartoitukseen osassa kyselyyn osallistuneista kaupungeista.			
Avainsanat Liikennemerkki, konenäkö, inventointi, paikkatieto, tietokanta			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Engineering			
Author Tero Räsänen			
Title of Thesis Automatic Inventory of Traffic Signs			
Date	2 June 2020	Pages/Appendices	38/1
Supervisors Mr Juha Pakarinen, Lecturer and Mr Kai Auvinen, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences			
Abstract The aim of this final project was to study the possibilities of machine vision in inventing traffic signs. The detection and positioning accuracy of <i>Vaisala Oy RoadAI</i> (artificial intelligence assisted road infrastructure management) in the inventing of traffic signs was studied. It was also studied whether it is possible to assess the condition of traffic signs using machine vision. In addition to <i>RoadAI</i>, other machine vision methods were studied as well. The aim was to obtain reliable information on the accuracy of machine vision systems in detecting and positioning traffic signs. The thesis focuses on, the changes in the law and traffic signs of Road Traffic Act, which will come into force on 1 June 2020. The obligation of municipalities to deliver data on traffic control devices to <i>Digiroad</i> and the methods of inventing traffic signs were studied as well. The thesis also introduces the condition categories of traffic signs and the traffic sign register as well as machine vision, its parts and applications. The material was collected by using email forms and telephone interviews for city authorities that have used or tested machine vision methods to invent traffic signs. An email form from the <i>RoadAI</i> was also sent to <i>Vaisala</i>. This thesis proved that the <i>Blom Kartta Blomstreet service</i> reliably detect and position traffic signs. Data from Normiopaste service and <i>Vaisala RoadAI</i> do not allow very far reaching conclusions about the accuracy of machine vision systems in detecting and positioning traffic signs, as the available data were limited and non numerical. Based on the thesis <i>Vaisala RoadAI</i> does not yet detect and positioning traffic signs with sufficient accuracy to be used reliably to invent traffic signs. However, the <i>RoadAI</i> (artificial intelligence assisted road infrastructure management) is currently used for road condition analysis in some of the cities surveyed.			
Keywords traffic sign, machine vision, inventory, geographic information, database			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	TIELIIKENNELAKI	7
2.1	Uusi tieliikennelaki	7
2.2	Digiroad	8
3	LIIKENNEMERKIT	9
3.1	Liikennemerkkien tehtävät	9
3.2	Liikennemerkkiuudistukset	9
4	LIIKENNEMERKKIEN INVENTOINTI	10
4.1	Liikennemerkkien inventointi manuaalisesti	10
4.2	Liikennemerkkien kuntoluokitus	11
4.3	Liikennemerkkien mobiilikartoitus	13
4.4	Blom Kartta Oy	14
4.5	Normi-konserni	14
4.6	Liikennemerkkien inventoinnin hyödyt	15
5	LIIKENNEMERKKIREKISTERI	16
5.1	Kaupunkien liikennemerkkirekisterit	16
5.2	Liikennemerkkirekisteri ohjelmistot	16
6	KONENÄKÖ	17
6.1	Konenäköjärjestelmän osat	18
6.2	Konenäön hyödyt	19
7	VAISALA OY	20
7.1	Yleisesti yrityksestä	20
7.2	RoadAI-tilannekuvapalvelu	20
7.3	Vaisala RoadAI-tilannekuvapalvelun vaiheet	21
7.4	Aikaisemmat tutkimukset Vaisala RoadAI	25
8	TUTKIMUS	26
8.1	Tutkimuksen tarkoitus	26
8.2	Tutkimusmenetelmä	26
8.3	Tutkimuksen toteutus	26
9	TUTKIMUKSEN TULOKSET	27

9.1	Vastaajien taustatiedot.....	27
9.2	Liikennemerkkien tunnistustarkkuus.	27
9.3	Liikennemerkkien paikannustarkkuus.	28
9.4	Menetelmien hyviä ja huonoja puolia.	28
9.5	Liikennemerkkien automaattinen kuntoluokitus.	29
9.6	Liikennemerkkin kuntotiedon hyödyllisyys.	29
9.7	Liikennemerkkien inventointi aiemmin.	29
9.8	Liikennemerkkirekisteri	30
9.9	Järjestelmien suurimmat hyödyt.	30
9.10	Kuinka usein liikennemerkkit inventoidaan.	30
9.11	Ajantasaisen liikennemerkkirekisterin ylläpidon hyödyt.	31
10	JOHTOPÄÄTÖKSET	32
11	POHDINTA.....	34
	LÄHTEET	35
	KUVAT.....	38
	LIITE 1. KYSELYLOMAKE.....	39

1 JOHDANTO

Idean opinnäytetyöhöni sain ollessani Kuopion Kaupungilla työharjoittelussa, jossa tehtäväni oli karttoittaa ja inventoida liikennemerkit liikennemerkkirekisteriin. Liikennemerkkien sijainti mitattiin manuaalisesti GNSS-kämmenmikrolla. Liikennemerkin tyyppi ja silmämääräisesti arvioitu kunto merkittiin GNSS-kämmenmikroon, jolta tiedot siirrettiin liikennemerkkirekisteriin. Näin toteutettuna liikennemerkkien inventointi oli työlästä ja aikaa vievää. Tällöin heräsi ajatus saman työn tekemisestä konenäöllä automaattisesti.

Opinnäytetyössä selvitetään, miten luotettavasti konenäön avulla pystytään inventoimaan liikennemerkejä ja arvioimaan niiden kuntoa. Työssä perehdytään myös 1.6.2020 voimaan astuvaan tieliikennelakiin ja sen tuomiin muutoksiin. Opinnäytetyössä tutkitaan liikennemerkkien nykyisiä inventointimenetelmiä, liikennemerkkirekisteriä ja konenäön luotettavuutta liikennemerkkien automaattisesta inventoinnista. Työssä selvitetään, mitä konenäkö on ja missä se on jo käytössä. Lisäksi esitellään markkinoilla olevat yritykset, jotka valmistavat konenäkösovelluksia liikennemerkkien inventointiin. Työssä esitellään Vaisala-yhtiön RoadAI-tilannekuvapalvelua ja siitä tehtyä aiempaa tutkimusta. Opinnäytetyön aineisto kerätään sähköpostikyselyillä ja puhelinhaastattelulla. Kyselyt ja haastattelu tehdään kaupungeille, jotka ovat käyttäneet konenäköjärjestelmiä liikennemerkkien inventointiin. Poikkeuksena Kuopio, jossa liikennemerkit inventoidaan käsin.

Opinnäytetyö tehdään Savonia-ammattikorkeakoululle.

2 TIELIIKENNELAKI

2.1 Uusi tieliikennelaki

Uusi tieliikennelaki (729/2018) astuu voimaan 1.6.2020. Uuden lain tavoitteena on lisätä liikenteen sujuvuutta ja turvallisuutta. Lailla pyritään myös luomaan edellytyksiä liikenteen digitalisoitumiselle ja turvalliselle automaatiolle. Uudella tieliikennelaille kevennetään sääntelyä ja sujuvoitetaan säännöksiä. Uuden tieliikennelain tultua voimaan useita asetuksia kumoutuu, muun muassa tieliikenneasetus ja ajoneuvojen käytöstä tiellä annettu asetus. Tämä tarkoittaa sitä, että jatkossa liikennemerkeistä, tiemerkinnoista, liikennevaloista, ajoneuvojen nopeuksista, mitoista ja massoista säädetään laissa, eikä asetuksissa. Uusi tieliikennelaki vastaa myös kansainvälisten sopimusten ja EU:n lainsäädännön asettamiin vaatimuksiin. (Traficom 2019.)

Uuteen tieliikennelakiin liittyy paljon muuttuvia säännöksiä. Seuraavat säännökset ovat keskeisimpiä opinnäytetyössäni:

Liikenteenohjauslaitteet:

Valtioneuvoston asetuksella annetaan tarpeelliset säännökset liikenteenohjauslaitteiden käytöstä. Liikenteen turvallisuusvirasto voi kokeilutarkoituksessa vahvistaa käytettäväksi tässä laissa säädetystä liikenteenohjauslaitteesta poikkeavan liikenteenohjauslaitteen, ei kuitenkaan velvoittavaa tai määräävää liikenteenohjauslaitetta. Liikenteen turvallisuusvirasto voi kokeilutarkoituksessa myöntää luvan poiketa liikenteenohjauslaitteen käyttämisestä annetuista säännöksistä. Liikenteen turvallisuusvirasto voi antaa tarkempia määräyksiä liikenteenohjauslaitteiden väleistä, rakenteesta ja mitoituksista. Liikenteen turvallisuusvirasto voi antaa määräyksiä raitiovaunuliikenteelle tarkoitetuista muista kuin tässä laissa säädetystä raitiovaunuliikenteen ohjauslaitteista. (Tieliikennelaki 729/2018 70§.)

Liikenteenohjauslaitteen asettaa:

- 1) Maantielle tienpitäjä;
- 2) Kadulle ja muulle kunnan hallinnoimalle tielle kunta;
- 3) Muulle kuin 1 ja 2 kohdassa tarkoitettulle tielle tienpitäjä saatuaan siihen kunnan suostumuksen;
- 4) Tilapäistä käyttöä varten myös poliisimies, rajavartiomies, tullimies tai pelastusviranomainen. (Tieliikennelaki 729/2018 71§.)

Edellä, kohdassa kolme tarkoitettua suostumusta ei tarvita tilapäisten liikenteenohjauslaitteiden asettamiseen, jos liikenteenohjauslaite on tarpeellinen tiellä tai sen vieressä tehtävän työn vuoksi. (Tieliikennelaki 729/2018 71§.)

Edellä listatuissa kohdissa 1 - 3 tienpitäjän ja kunnan on toimitettava tieto liikenteenohjauslaitteen asettamisesta Liikennevirastolle. Liikennevirasto voi antaa määräyksiä toimitettavan tiedon sisällöstä ja välittämistavasta. (Tieliikennelaki 729/2018 71§.)

Uuden tieliikennelain myötä kunnat velvoitetaan toimittamaan tietoja Digiroad-järjestelmään asetuksista liikenteenohjauslaitteista, joita ovat liikennemerkit, ajoratamaalaukset ja liikennevalot. Lain tavoitteena on tuottaa kattava ja ajantasainen liikenteenohjauslaitteiden aineisto, jonka avulla mah-

dollistetaan tiedolla johtaminen ja liikenteen palveluiden kehitys. (Väylä 2019.) Uudessa tieliikennelaissa on siirtymäaika, jonka aikana pitää olla liikennemerkkit ja tiemerkinnot vaihdettu uusiin. Siirtymäsäännökset kerrotaan tieliikennelain (729/2018) 195 pykälässä. (Tieliikennelaki 729/2018 195§). Taulukossa 1 näkyy siirtymäajat liikenteenohjauslaitteille, kun uusi tieliikennelaki astuu voimaan 1.6.2020.

Taulukko 1. Uuden tieliikennelain siirtymäajat

Muutos	Siirtymäaika lain voimaan tulosta
Sulkuviiva	3 Vuotta
Pyörätien jatkeen tiemerkintä	2 Vuotta
Muut tiemerkinnot	7 Vuotta
Muut liikennemerkkit	10 Vuotta
Liikennemerkki C12	0 Vuotta
Liikennemerkki C15	0 Vuotta

2.2

Digiroad

Digiroad on kansallinen tie- ja katuverkon tietojärjestelmä. Digiroadiin on koottu Suomen tie- ja katuverkon keskilinjageometria ja tärkeimmät ominaisuustiedot. Digiroad tarjoaa laajan digitaalisessa muodossa olevan liikenneverkon kuvauksen. Digiroad-tietopalvelusta vastaava virasto on Väylävirasto. Tietojen ylläpitämisestä yhteistyössä Väyläviraston kanssa vastaavat tahot ovat kunnat, yksityistiekunnat ja ELY-keskukset. Vastuiden jakautuminen listataan alla. (Väylä 2020.)

- Maanmittauslaitos hoitaa teiden, katujen ja yksityisteiden keskilinjan geometrian.
- Väylävirasto hoitaa maanteiden ja hallinnoimiensa kevyen liikenteen väylien ominaisuustiedot.
- Kunnat hoitavat katujen, omistamiensa kevyen liikenteen väylien ja kuntien hoitamien yksityisteiden ominaisuustiedot.
- Yksityistiekunnat ovat ilmoitusvelvollisia yksityisteihin liittyvistä rajoituksista.
- TVV hoitaa hallinnoimansa joukkoliikennealueet.

Kun kunta ylläpitää Digiroad-aineistoa, mahdollistaa se reititystä käyttäville palveluille paremman toimivuuden kunnan alueella. Digiroad-aineistosta hyötyvät monet tahot esimerkiksi hätäkeskuslaitos ja kotihoidon optimoinnin palvelut. Myös navigaattorivalmistajat, reitityspalveluita tuottavat yritykset ja metsäyhtiöt käyttävät Digiroadia reitityksessä. (Väylä 2020.)

3 LIIKENNEMERKIT

3.1 Liikennemerkkien tehtävät

Liikennemerkkien tehtävänä on varoittaa, ohjata, opastaa ja välittää informaatiota liikenteelle ja tienkäyttäjille. (Tiehallinto 2009.) Liikennemerkit jaotellaan tieliikennelain mukaan seuraavasti:

- varoitusmerkit
- etuajo-oikeus- ja väistämismmerkit
- kielto- ja rajoitusmerkit
- määräysmerkit
- sääntömerkit
- opastusmerkit
- lisäkilvet, sekä muut liikenteenohjaukseen tarkoitetut liikennemerkit

Tarvittaessa liikenteen ohjauksessa voidaan käyttää suorakaiteen muotoista tekstillistä liikennemerkkiä. (Tieliikennelaki 729/2018 75§.)

3.2 Liikennemerkkiuudistukset

Uuden tieliikennelain mukana 1.6.2020 tulee uusia liikennemerkkejä ja muutoksia nykyisiin liikennemerkkeihin. Uusia liikennemerkkejä tulee noin 50 kappaletta. Uusia liikennemerkkejä ovat, muun muassa kauriseläinvaroitus, pyöräkaista, nastarenkailla ajo kielletty, keskusta, ajokaistojen yhdistyminen ja vähimmäisnopeusrajoitus. Uusien liikennemerkkien lisäksi vanhojen liikennemerkkien ulkonäköä muutetaan. Muutoksia on esimerkiksi nuolien kärjissä, symboleissa ja reunanauhoissa. Muutoksia tehdään, jotta liikennemerkeistä saataisiin nykyistä luotettavampia. Vanhoista liikennemerkeistä katoaa yksi merkki, joka on tukkitien lisäkilpi. (Väylä 2020.) Kuvassa 1 näkyy uudistuneet ja muuttuneet liikennemerkit.



Kuva 1. Uudistuneet ja muuttuneet liikennemerkit (Traficom 2020)

4 LIIKENNEMERKKIEN INVENTOINTI

4.1 Liikennemerkkien inventointi manuaalisesti

Liikennemerkkien inventointi tehdään joko manuaalisesti tai käyttäen mobiilikartoitusta ja kokenäköä. Manuaalinen inventointi tapahtuu joko käsin taulukkoon merkitsemällä liikennemerkin tiedot tai liikennemerkkien tietojen ottaminen liikenteenohjaussuunnitelmista. Liikennemerkit voidaan inventoida myös GNSS-kämmenmikrolla.

GNSS-kämmenmikrot ovat paikkatietojen keruuseen suunniteltuja laitteita. Erilaisia GNSS-kämmenmikroja on olemassa usealla eri valmistajalla, mutta tässä opinnäytetyössä mainitaan vain Trimblen valmistama GNSS-kämmenmikro. Esimerkkikuva GNSS-kämmenmikrosta kuva 2. Kuvan laitteelle luvataan reaaliaikaisesti ja jälkilaskettuna paikannustarkkuudeksi noin 10 cm tasossa ja korkeudessa. Lisääntennilla päästään 1 cm tarkkuuteen tasossa ja 1,5 cm tarkkuuteen korkeudessa. Laitteen tuetut satelliittijärjestelmät ovat GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou ja QZSS. Laitteen käyttöjärjestelmä on Windows Mobile ja laitteen mittausohjelmisto on TerraSync. (Geotrim.)



kuva 2. Trimble® GeoExplorer Geo7 (Geotrim)

GNSS-kämmenmikrolla liikennemerkkien inventointi tehdään kartoittamalla jokainen liikennemerkki yksitellen. Yksittäisen liikennemerkin inventointivaiheet Trimblen GNSS-kämmenmikrolla ovat seuraavat. Trimble GeoExplorer käyttää TerraSync-sovellusta, jossa on liikennemerkkien mittaukseen oma ohjelmansa. Ensimmäisessä vaiheessa liikennemerkestä tallennetaan liikennemerkin ominaisuuksiedot: tyyppi, nimi, materiaali, kiinnitys ja kuntoluokka. Kuntoluokitus tehdään silmämääräisesti

tiehallinnon kuntoluokituksen mukaan. Kuntoluokitus näkyy kohdassa 4.2. Viimeisessä vaiheessa liikennemerkin sijainti tallennetaan mahdollisimman läheltä liikennemerkin pylvästä tai muuta runkoa, johon liikennemerkki on kiinnitetty. Näiden vaiheiden jälkeen tieto voidaan viedä liikennemerkkirekisteriin eri sovelluksien avulla riippuen laitteen valmistajasta.

Kyseisellä Trimblen laitteella tiedonsiirto tapahtuu Pathfinder Officella, joka on Trimblen kehittämä paikkatiedon käsittelyohjelmisto PC-työasemiin. Ohjelmistolla voidaan muokata kämmenmikrolla mitattuja tietoja ja muuntaa mittaustiedoston tiedostoformaattia. (Geotrim.) Sen jälkeen inventoitu liikennemerkkitieto voidaan viedä, esimerkiksi 3D-Win mittaustiedon tuottamisohjelmistoon. Tiedonsiirron vaiheet Trimblen GNSS-kämmenmikrosta. Kuva 3.



Kuva 3. Tiedonsiirron vaiheet (Suna 2015)

4.2 Liikennemerkkien kuntoluokitus

Liikennemerkkien kuntoluokituksen on laatinut tiehallinto ja se on julkaistu vuonna 2009. Kuntoluokitusta käytetään liikennemerkkien kuntoinventoinnissa. Kuntoluokitus koskee kaikkia tieliikenneasetuksen mukaisia, pysyviä liikennemerkkejä, viittoja, opastauluja ja erkanemis- ja taustamerkkejä maanteillä, sekä kevyen liikenteen väylillä. Kuntoluokitusta käytetään ainoastaan liikennemerkin tauluosan kunnon arviointiin. Kuntoluokituksessa ei oteta kantaa liikennemerkin kiinnitysalustojen kuntoon, eikä vinouteen. Kaikki, mikä on poistettavissa liikennemerkin tauluosasta normaalein hoitotoimenpitein, ei vaikuta kuntoarvioon. Liikennemerkkien kuntoarvio tehdään sanallisen kuvauksen ja valokuvaesimerkin avulla. Liikennemerkin kunto arvioidaan rakenteellisen kunnon, ulkoasun ja vaurioiden mukaan. Liikennemerkkien kuntoluokituksessa käytetään numeroasteikkoa 1 - 5. Kuntoluokat ja kuvaukset listattuna alhaalla.

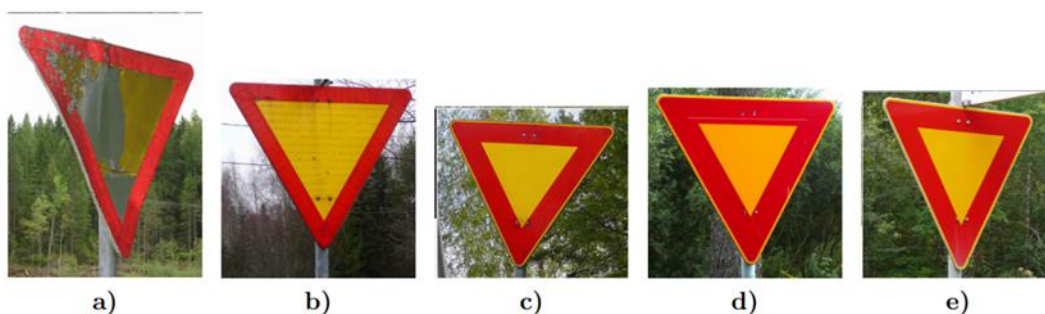
1. Huono. Kuntoluokassa liikennemerkeissä on pahoja vaurioita ja kunnossa on pahoja puutteita. Nämä puutteet näkyvät, muun muassa voimakkaana kuluneisuutena ja selvinä kalvovaurioina. Ulkoasun kohdalla näkyy, muun muassa värien pahoja haalistumia ja merkissä on voimakkaita töhryjä, jotka haittaavat merkin ymmärrettävyyttä.
2. Välttävä. Kuntoluokassa liikennemerkeissä on selviä vaurioita ja kunnossa on selviä puutteita. Nämä puutteet näkyvät, muun muassa kuluneisuutena, kalvovaurioina ja taipumisina. Merkin ulkoasussa on, muun muassa värien haalistumista ja merkki on osin pinttynneen lian peittämä.
3. Tyydyttävä. Kuntoluokassa liikennemerkin vauriot ovat läheltä havaittavia, mutta eivät haittaa merkin ymmärrettävyyttä. Rakenteellisessa kunnossa on pieniä puutteita, muun muassa lievää kuluneisuutta ja ruostejälkiä. Ulkoasultaan merkissä näkyy, muun muassa vähän pinttynyttä likaa, värien lievää haalistumista tai tummumista.
4. Hyvä. Kuntoluokassa liikennemerkeissä on erittäin vähäisiä vaurioita, joita ei juuri huomaa. Kunnossa näkyy vähäistä kuluneisuutta. Ulkoasultaan merkki on hyvä ja merkin värit eivät ole haalistuneet ja lamellit ovat samantasoisia.
5. Erittäin hyvä. Kuntoluokassa merkissä ei ole vaurioita. Kunto vastaa uudenveroista ja ulkoasultaan merkki on virheetön.

(Tiehallinto 2009.)

Kuvassa 4 on esimerkki eri kuntoluokissa olevista liikennemerkeistä.

- a) Liikennemerkin kuntoluokka on huono 1.
- b) Kuntoluokka on välttävä 2.
- c) Kuntoluokka on tyydyttävä 3.
- d) Kuntoluokka on hyvä 4.
- e) Kuntoluokka on erittäin hyvä 5.

(Hienonen 2014, 18.)



Kuva 4. Liikennemerkin kuntoluokat (Hienonen 2014)

4.3 Liikennemerkkien mobiilikartoitus

Mobiilikartoituksella tarkoitetaan liikkeessä tapahtuvaa ympäristömallinnusta. Mobiilikartoitusalus-
tana voidaan käyttää esimerkiksi autoa, junaa, venettä, lennokkia tai ihmistä. Mobiilikartoitusjärjes-
telmä tuottaa 360-asteen panoraamakuvia, joilta voidaan mitata koordinaatteja, dimensioita ja tal-
lentaa omaisuustietoa. (Geotrim.) Kuvassa 5 näkyy Trimble MX7-mobiilikartoitusjärjestelmä. Mobiili-
kartoitusjärjestelmistä käytetään englannin kielessä lyhennettä MMS eli Mobile Mapping System. Jos
mobiilikartoitusjärjestelmän pääkartoitussensorina käytetään laserkeilainta, puhutaan liikkuvasta la-
serkeilauksesta. Englannin kielessä käytetään lyhennettä MLS eli Mobile Laser Scanning. (KMTK
2017.)



Kuva 5. Trimble MX7 (Trimble)

Mobiilikartoitusjärjestelmän rakenne koostuu yhteisestä alustasta, johon erilaiset sensorit asenne-
taan. Järjestelmä koostuu paikannusyksikköistä, yhdestä tai useammasta mittaussensorista ja tallen-
nus- ja ohjausjärjestelmästä. Paikannus koostuu satelliittipaikannusjärjestelmästä, jonka lyhenne
englannin kielessä on GNSS eli Global Navigation Satellite System. Paikannus koostuu myös Inertial
Measurement Unit-järjestelmästä, jonka lyhenne on IMU. Paikannusyksikkö mittaa mobiilikartoitus-
järjestelmän asentoa ja sijaintia. Mobiilikartoitusjärjestelmän mittaus- ja kartoitussensoreita ovat
laserkeilaimet ja kamerat. Yhdellä tai useammalla kameralla otettuja kuvia voidaan käyttää mitattu-
jen laserpisteiden värittämiseen, sekä kartoitusmittaukseen. Tallennus- ja ohjausjärjestelmänä käy-
tetään tietokonetta, joka tallentaa mittauksen tiedot. (KMTK 2017.)

Mobiilikartoituslaitteita valmistavat useat yhtiöt, kuten Geotrim, RIEGL ja iNovitas AG. Liikennemerkkien mobiilikartoituspalveluita tuottavat yritykset, kuten Blom Kartta Oy, Nordic Geo Center Oy, Nor-
miopaste Oy, Suomen Kuntotekniikka Oy, Autori Oy ja Vaisala Oy.

Mobiilikartoitusta käytetään moniin eri sovelluksiin, esimerkiksi päällystemittauksiin, koneohjausmaaleihin, laaduntarkkailu- ja kartoitusmittauksiin, sekä omaisuuden hallinnan mittauksiin. (Geotrim.)

4.4 Blom Kartta Oy

Blom Kartta Oy on paikkatiedon kerääjä, käsittelijä ja mallintaja. Blom Kartta kerää paikkatietoa usealla eri tavalla, kuten laserkeilaamalla, kuvaamalla ja maastomittauksilla. Blom Kartta käyttää tiedonkeruussa monenlaisia kulkuneuvoja, kuten autoja, veneitä, lentokoneita, helikoptereita, sekä miehittämättömiä lentolaitteita. Blom Kartan historia alkoi vuonna 1951 Suomessa. Norjalainen paikkatietoalan konserni TerraTec AS osti Blom kartta Oy:n vuonna 2016. (Blom Kartta.)

Blom Kartta Oy tarjoaa liikennemerkkien inventointipalvelua, joka kuuluu Blomstreet-katunäkymäkuva lisäpalveluihin. Blomstreet-palvelun panoraamakuvausteknologia ja siihen liittyvä käyttöympäristö on patentoitu järjestelmä. (Savolainen 2020, 34.) Liikennemerkkien inventointi suoritetaan Blomstreet 360-asteen panoraamakuva-aineiston pohjalta. Panoraamakuvat otetaan nopeudesta riippumatta viiden metrin välein. Inventoitavia liikennemerkkejä ovat tieliikenneasetuksessa määritellyt liikennemerkit. Liikennemerkkien inventointi tapahtuu pääosin automaattisesti. Automaatiikka tunnistaa kuvilla näkyvissä olevat merkit. Liikennemerkin inventointi ei onnistu, jos merkki on kasvillisuuden tai muun näköesteen peittämä. Inventointi ei myöskään onnistu, jos merkki näkyy vain osittain kuvissa. Menetelmän avulla yli 90 % liikennemerkeistä saadaan inventoiduksi. Liikennemerkeistä inventoitavat ominaisuudet ovat kilven sijainti ja katselusuunta. Sijaintihavaintojen tilastollinen keskihajonta, kilven tyyppi, lisäkilven tyyppi ja teksti kilvessä, mikäli se on luettavissa. (Blom kartta 2019.)

4.5 Normi-konserni

Normi-konserniin kuuluu kolme eri toimijaa. Normiopaste Oy on liikennetuotteiden myyntiin, urakointiin ja valmistamiseen erikoistunut yritys. Normiopasteeseen kuuluu myös liikennemerkkien inventointi palvelu. Normivalaistus Oy keskittyy tie- ja katuvalaistuksien rakentamiseen ja kunnossapidämiseen. Normivalaistus Oy:n kuuluu myös infrahankkeiden pääurakoitsijana toimiminen. Normilouhinta Oy tekee kallioporaus- ja räjäytystöitä. (Normi.)

Normiopaste käyttää mobiilikartoitus laitteena Trimble MX7 fotogrammetrista järjestelmää. Järjestelmän paikannustarkkuus on 10 cm. Järjestelmä tuottaa 360-asteen panoraamakuvia halutulla kuvausvälillä. (Väylä.)

4.6 Liikennemerkkien inventoinnin hyödyt

Mikko Haavisto Vionice Oy:stä toteaa kuntatekniikka-lehden jutussa, että liikennemerkkien inventointi ja seuranta ovat hyödyksi monilla kuntatekniikan tehtäväalueilla. Hyötyä on kunnossapidon, liikennesuunnittelun, pysäköinninvalvonnan ja viestinnän tehtäväalueilla. Näillä tehtäväalueilla liikennemerkkit ja opasteet digitaalisena aineistona arvioidaan hyödylliseksi. Liikennesuunnittelussa liikennemerkkien sijaintitieto on tärkeää, että liikennemerkkien tiedetään olevan suunnitelmien mukaisilla paikoilla. Asiaa katsottaessa kunnossapidon kannalta liikennemerkkit ovat kustannuserä. Vanhentuneet ja huonokuntoiset merkit on vaihdettava uusiin. (Leivo 2015-03.) Suomessa liikennemerkkien inventointia, jossa merkin tiedot ja kunto arvioidaan, on tehty pitkään manuaalisesti ja harvakseltaan. Vuonna 2013 liikennevirasto teki laajan selvityksen siitä, onko kaupungeilla tarvittavia liikennemerkkien tietoja. Selvisi, että ainoastaan harvoilla kaupungeilla oli riittävät tiedot liikennemerkeistä. (Kuntatekniikka 2014-07.)

5 LIIKENNEMERKKIREKISTERI

Liikennemerkkien hallinta alkaa liikenteenohjaussuunnitelmasta. Se voidaan toteuttaa perinteisenä suunnitelmana, joka tallennetaan PDF-formaatissa tai se tallennetaan tietokantaan, jossa liikennemerkillä on joukko ominaisuustietoja, kuten tyyppi, materiaali, asennuspäivä, kuntoluokka ja merkin kiinnitystapa.

Liikennemerkkirekisteri tarkoittaa sitä, että liikennemerkeillä, niiden tolilla ja jalustoilla on ominaisuus- ja sijaintitietoja, jotka sijaitsevat tietokannassa. Liikennemerkkirekisteristä voidaan tehdä hakuja erilaisten ominaisuustietojen avulla. Tietokannasta voitaisiin hakea, esimerkiksi kaikki pysäköinti kielletty -liikennemerkit tai kuntotiedoiltaan huonot liikennemerkit, jolloin voidaan laskea kustannusarvio tarvittavista, uusittavista merkeistä. Nykyään liikennemerkit pystytään inventoimaan konenäön avulla, kuten monet liikennemerkkejä inventoivat yritykset jo tekevätkin. Liikennemerkkirekisteri yhdistettynä konenäköön antaa mahdollisuuden monipuoliseen omaisuuden hallintaan. Ajantasaista liikennemerkkirekisteriä pystyvät hyödyntämään, esimerkiksi liikennesuunnittelu ja kunnossapito. (Metsävuori 2015).

5.1 Kaupunkien liikennemerkkirekisterit

Opinnäytetyössä laadittiin kysely liikennemerkkirekisteristä kaupungeille. Kyselyyn vastanneet kaupungit olivat Kuopio, Espoo, Sastamala, Valkeakoski ja Helsinki (Stara). Kuopiossa liikennemerkkirekisteri ohjelmistona oli Novapoint Iris, mutta siirtyminen uuteen ohjelmistoon, Trimble Locukseen, oli menossa. (Tirkkonen 2020.) Espoossa liikennemerkkirekisteri ei ollut vielä toiminnassa. Testikäytössä oli Trimble Locuksen alla toimiva liikennemerkkirekisteri, mutta Rekisterissä ei ollut vielä materiaalia. Parhaillaan selvitettiin hinta-laatusuhteeltaan parasta vaihtoehtoa, jolta laajamittainen liikennemerkkien inventointi tilattaisiin, että saataisiin vietyä materiaali liikennemerkkirekisterin puolelle. (Savolainen 2020.) Sastamalan kaupungilla ei ollut liikennemerkkirekisteriä. (Järvensivu 2020.) Myöskään Valkeakosken kaupungilla ei ollut liikennemerkkirekisteriä. (Jokela 2020.) Helsingin kaupungilla oli parhaillaan tekeillä liikennemerkkirekisteri. Helsingin kaupungin liikennemerkkien määrää ei tiedetä, koska Helsingillä ei ole aiemmin ollut liikennemerkkirekisteriä. Arvio liikennemerkkien määristä on 70 000 - 100 000 merkkiä. Liikennemerkkien tietoja kerättiin nyt osana uuden tieliikennelain tuomaa pakkotilaa. (Ovaska 2020.)

5.2 Liikennemerkkirekisteri ohjelmistot

Ohjelmista Novapoint Iris on vanhentunut ohjelma ja Viasys VDC on lopettanut Iris- ohjelmiston kehittämisen ja ylläpidon 30.6.2019. Viasys VDC ja Trimble Solutions Oy ovat tehneet yhteistyösopimuksen korvaavan ohjelmiston tarjoamisesta perustuen Trimble Locus -järjestelmään. (Trimble 2017.) Trimble Locus on paikkatietojärjestelmä rakennetun ympäristön hallintaan. Järjestelmä on suunnattu kuntien tekniselle sektorille. (Trimble.)

6 KONENÄKÖ

Konenäkö (Machine Vision) on järjestelmä, jossa tietokonenäköä käytetään teolliseen tarkoitukseen. Konenäköä voidaan käyttää erilaisissa sovelluksissa, kun konenäkö saadaan ymmärtämään, mitä kameran tai sensorien kuvaama näkymä sisältää. Konenäkö on kuin ihmissilmä, mutta se pystyy näkemään poikkeamat luotettavammin, nopeammin ja se pystyy näkemään asioita, joita ihmissilmä ei näe. Konenäköjärjestelmä koostuu kamerasta, optiikasta, tietokoneesta ja tietokoneessa toimivasta kuvankäsittelyohjelmasta. (Mäenpää 2008, 11.)

Teollisuudessa konenäköä on hyödynnetty jo yli 30 vuotta. Viime vuosina konenäköön on panostettu paljon, esimerkiksi EU on valinnut konenäön yhdeksi tulevaisuuden kärkiteknologioista. Yhteiskunnallisissa toiminnoissa käytetään yhä enemmän automaatiota ja digitalisaatiota, mitkä ovat nostaneet konenäön tärkeäksi teknologiaksi ja kehityskohteeksi. Konenäköteknologiassa on otettu viime aikoina merkittäviä kehitysaskelia. Kehitys on luonut konenäölle uusia hyödyntämismahdollisuuksia eri aloilla. (Protacon 2019.)

Konenäköä käytetään kaikilla toimialoilla; kaikki valmistavan teollisuuden alat käyttävät konenäköä, muun muassa autojen, elintarvikkeiden ja kulutuselektroniikan valmistuksessa. Perinteisiä käyttökohteita ovat, muun muassa valmistettavien tuotteiden laaduntarkkailu ja lajittelu. Konenäköä käytetään myös maa- ja metsätalousalalla. Sillä pystytään, esimerkiksi tarkkailemaan peltojen ja metsien kasvua, sekä valvomaan tuotantoeläimiä. Logistiikassa konenäköä käytetään tunnistamaan kirjeiden osoitteita, lukemaan pakkaustekstit ja lajittelemaan paketit eri linjoille. Uusia konenäön kohteita ovat kuluttajatuotteet ja kotikäyttö. Kodin hälytysjärjestelmät, autojen ajonesto tai kodin automaattilukitus saadaan toimimaan kasvojen tunnistuksella. Konenäköä käytetään myös kännyköissä, joissa erilaiset sovellukset pystyvät analysoimaan kännykän kameran tuottamaa kuvaa. (eCraft 2018; Protacon 2019.)

Konenäkö on tullut jo autoihin ja navigaattoreihin. Autoissa käytetään nopeusrajoituksen tunnistusta. Auton tuulilasissa on kamera, joka tunnistaa tien varrella olevia nopeusrajoitusmerkkejä. Liikennemerkissä oleva nopeusrajoitus näkyy auton mittaristossa, tai se voidaan heijastaa tuulilasiin. Näin kuljettaja pysyy tietoisena tien nopeusrajoituksista. Autoissa käytetään myös nopeusvaroitinta, joka on yhdistetty nopeusrajoituksien tunnistukseen. Nopeusvaroitin varoittaa sillä hetkellä voimassa olevan nopeusrajoituksen ylityksestä. Autoissa voidaan käyttää myös mukautuvaa vakionopeuden säädintä, joka säätelee ajonopeutta nopeusrajoituksen tunnistuksen avulla. (Liikenneturva.) Samanlaista tekniikkaa käytetään myös navigaattoreissa, joissa on kamera, joka tunnistaa nopeusrajoitusmerkkejä.

Teiden kunnossapidossa ja muilla infra-aloilla konenäköä jo käytetään tai kehitetään aktiivisesti. Konenäkö on tärkeässä roolissa liikenneturvallisuutta ja autonomisia kulkuneuvoja kehitettäessä. Autonomisten kulkuneuvojen tekninen kehitys vaatii tienhoidossa konenäköjärjestelmien ja muiden digitaalisuuteen perustuvien toimintatapojen käyttöön ottamista. Konenäkö tutkimusta tehdään paljon

juuri liikennemerkkien tunnistamisessa, mitä tässä opinnäytetyössäni käsittelen. Muita konenäön sovelluskohteita ovat rekisterikilpien tunnistus, kadun päällystevaurioiden ja kulumisen mittaaminen. (Mäenpää 2008, 33 - 34).

6.1 Konenäköjärjestelmän osat

Tyypillinen konenäköjärjestelmä koostuu komponenteista, joita ovat:

- kamera ja optiikka
- valaistus
- tietokone
- konenäköohjelmisto
- liitännät muihin järjestelmiin

(SeAMK, 13.)

Kamera ja optiikka:

Kamera kuvaa tarkasteltavaa kohdetta. Kamerassa on optiikka, jonka avulla kohteesta heijastuva valo siirretään valoherkälle kennolle, jonne kuva kohteesta muodostuu. Samalla, kun heijastuva valo siirretään kennolle, kuva-alue skaalataan kameran kennolle sopivaksi. Valoherkän kennon yksittäiset valonilmaisimet varautuvat sähköisesti kuhunkin ilmaisimeen osuvan valon kirkkauden perusteella, jonka jälkeen sähköiset varaukset luetaan ilmaisimien kerrallaan ja tieto muunnetaan digitaaliseksi.

(SeAMK, 15, 34.)

Valaistus:

Valaistus on konenäköjärjestelmän tärkeimpiä tekijöitä. Kohteiden luotettava, tarkka kuvaaminen ja virheettömien mittaustulosten aikaansaaminen edellyttää riittävää ja tasaista valaistusta. Konenäköjärjestelmässä valaistuksen tehtävänä on tuoda kohteen piirteet selvästi näkyviin ja maksimoida kuvattavan kohteen piirteiden kontrasti, joista ollaan kiinnostuneita. (SeAMK, 40 - 41.)

Tietokone:

Konenäkösovelluksissa tietokoneen tehtävänä on toimia prosessoivan ohjelmiston suorittajana. Perinteisessä konenäköjärjestelmässä käytetään ulkoista prosessoria kuvien käsittelyyn. Ulkoisena prosessorina käytetään tavallisesti tietokoneen prosessoria. (Rostedt 2019, 12). Älykamerat eivät tarvitse ulkoista prosessoria, koska älykamera sisältää jo prosessorin, joka pystyy erottamaan kuvasta tietoa itsenäisesti. (Haapakoski 2015, 10 - 11).

Konenäköohjelmisto:

Tallennettua kuvaa muokataan kuvankäsittelyohjelmalla sellaiseen muotoon, jossa kohteen tunnistamisen kannalta on poistettu epäoleelliset tiedot. Myös kohteen piirteitä voidaan parantaa tai kohteita voidaan lisätä tunnistamisen parantamiseksi. (Pelli 2011, 26).

6.2 Konenäön hyödyt

Konenäön hyödyt ovat pääasiassa rahallisia. Hyöty voi olla mitattavissa, mutta useimmiten se on välillistä, vaikeasti mitattavaa. Mitattavina hyötyinä rahalliset säästöt ovat yleensä yrityssalaisuuksia, joita ei julkaista. Konenäkö nähdään useimmiten keinona korvata ihmisen tekemä työ automaattisesti säästäten työvoimakustannuksissa. Nämä työvoimakustannukset ovat merkittävimpana syynä konenäön käyttöön ottamiselle. Teollisuudessa konenäköä on käytetty paljon laaduntarkkailussa, koska ihmisen tekemä työ on kallista, hidasta, epäjohdonmukaista ja epätarkkaa. Konenäön käyttöä perustellaan palkkakustannuksilla, nopeudella, raaka-aineiden käyttöasteen tehostamisella ja paremmalla laadulla. (Mäenpää 2008, 30 - 32.)

Liikennemerkkien inventoinnissa konenäkö tarjoaa mahdollisuuden tuottaa ajantasaista tietoa toimintaympäristöstä ilman erillisinvestointeja. Se mahdollistaa kattavan ja systemaattisen tiedonkeruun. Konenäön avulla on mahdollista tuottaa kunnossapidon suunnitteluun tarvittavat tiedot kunnossapitoprosessien sivutuotteena. (Hienonen 2015.)

7 VAISALA OY

7.1 Yleisesti yrityksestä

Vaisala on ympäristön ja teollisuuden mittausratkaisuihin erikoistunut yritys. Vaisala Oy:llä on kaksi globaalia liiketoiminta-aluetta, jotka kehittävät, valmistavat ja markkinoivat innovatiivisia tuotteita ja palveluita ympäristön ja teollisuuden mittaamiseen. Liiketoiminta-alueet ovat sää- ja ympäristöliiketoiminta-alue, joka palvelee säätiedoista riippuvaisia kohderyhmiä, jotka tarvitsevat muun muassa tarkkoja säätietoja tehokkaan toiminnan ylläpitämiseksi. Teollisten mittausten liiketoiminta-alue palvelee teollisuusasiakkaita Life Sciencen ja sähkönsiirron markkinoilla, sekä kohdennetuissa, teollisissa sovelluksissa. Vaisala työllistää noin 1800 henkilöä ja vie 98 % tuotannostaan yli 150 maahan. (Vaisala.)

7.2 RoadAI-tilannekuvapalvelu

Opinnäytetyössä hankittiin tietoa Vaisala Oy:n RoadAI-tilannekuvapalvelusta sähköpostikyselyn avulla. Kyselyyn vastasivat Mikko Haavisto ja Markus Melander.

RoadAI-tilannekuvapalvelu (Artificial Intelligence Assisted Road Infrastructure Management). Palvelu tuottaa videokuvaa älypuhelimella, jota konenäkö analysoi. Vaisala suosittelee tällä hetkellä käytettäväksi Samsung S10 -sarjan älypuhelimia. Vaatimuksina liikennemerkkien tunnistamiseen palvelulla on GPS-sijainti ja video. Älypuhelimelle asetettuja vaatimuksia on riittävän hyvälaatuinen kamera, joka tuottaa 1080 P kuvanlaatua 15 FPS (Frames Per Seconds). Tätä videokuvanlaatua käytetään liikennemerkki-inventointiin ja päällystevauriotunnistuksiin. Pelkkään tilannekuvan luomiseen, jos mobiiliyhteydet ovat heikompia esimerkiksi Pohjois-Amerikassa. Kuvaus on mahdollista konfiguroida ottamaan yksi kuva sekunnissa tai esimerkiksi kuva kymmenen sekunnin välein. (Haavisto ja Melander 2020.)

Vuonna 2017 norjalainen tutkimuslaitos Sintef tutki Vaisalan liikennemerkkitunnistuksen tarkkuutta nopeusmerkkien tapauksessa. Precision- ja Recall-arvot olivat molemmat 98 %. Sen jälkeen Vaisala on kehittänyt tekniikkaa merkittävästi eteenpäin. Samanlaista, laajamittaista tarkkuusvertailua ei ole tehty sen jälkeen. Sintef-tutkimuslaitoksen tutkimuksesta kerrotaan alempana lisää. RoadAI-tilannekuvapalvelun lokaali paikannusvirhe videon sisällä kuvasta 3D-pisteeksi on alle 0,5 metrin luokkaa. Tähän paikannusvirheeseen lisätään vielä GPS-virhe, joka voi vaihdella 2 - 20 metrin välillä riippuen tilanteesta. GPS-virhettä korjataan sitomalla GPS-signaali tiehen. Toistuvien liikennemerkkitunnistusten tapauksessa erillisten sijaintien keskiarvoistus tarkentaa lopullista sijaintia. (Haavisto ja Melander 2020.)

RoadAI-tilannekuvapalvelussa liikennemerkkien kuntoluokan arviointia ei tehdä täysin automaattisesti. Konenäön inventointituloksia hyödynnetään tukemaan kuntoanalyysiä. Asiakas voi tehdä kuntoarvion RoadAI map -käyttöliittymässä helposta listanäkymästä myös itse. (Haavisto ja Melander 2020.)

RoadAI-tilannekuvapalvelun hyödyt Haaviston ja Melanderin mukaan ovat:

- Konenäkö, jonka inventointi on automaattista.
- Kuvausprosessi, jossa datan keruun voi suorittaa itse tai integroida oman organisaation olemassa oleviin prosesseihin. Palvelu vaatii vain älypuhelimien ja tuulilasitelineen. Kalliita inventointiajoneuvoja ei tarvita.
- Kustannustehokkuus tarjoaa aina ajantasaisen tiedon. Automaatiikka ja joukkoistettu tiedonkeruu mahdollistavat tiheämmän tiedonkeruun. Tiheä tiedonkeruu on edellytys muutosten seurantaan, jolloin kunnossapidon puutteisiin voidaan reagoida nopeammin.
- Samasta videomateriaalista voidaan konenäöllä tuottaa tietoa liikennemerkkeistä, päällystevaurioista, kaistamerkinnoista ja olosuhdetiedoista. Konenäöllä voidaan inventoida suurin piirtein samat infrakohteet kuin ihmisen silmällä, mutta luotettavammin ja tehokkaammin.
- Konenäkö tunnistuksiin ei tarvitse luottaa sokeasti, vaan aina on tarjolla kuvamateriaali tunnistuksen varmistamiseksi.
- Heikkoutena, verrattuna mobiilikartoituslaitteisiin, on hieman heikompi paikannustarkkuus.

RoadAI-tilannekuvapalvelun liikennemerkkien tunnistus toimii normaaleilla liikennenopeuksilla. Liikennemerkkit ovat näkyviä kohteita ja tunnistuvat luotettavasti monenlaisissa eri sääolosuhteissa. Näkyvyys vaikuttaa konenäön tunnistukseen. Esimerkiksi päällystevaurioiden tunnistamisessa pimeä tai sateinen olosuhde voi merkittävästi vaikuttaa tunnistukseen. Tätä varten Vaisala käyttää tiesää-tunnistus konenäkömallia, joka automaattisesti suodattaa pois materiaalin, joka ei sovellu tunnistukseen. (Haavisto ja Melander 2020.)

RoadAI-tilannekuvapalvelulla voidaan tuottaa seuraavanlaista tietoa katuverkosta:

- Päällystevauriot, johon kuuluu yli 20 erilaista vaurioluokkaa mukaan lukien paikkaukset.
- Liikennemerkkit, johon kuuluu merkkityypin tunnistus, paikantaminen ja uuden tunnistuksen yhdistäminen tietokannassa olemassa olevaan tunnistukseen.
- Kaistamerkinnot, kuten reunaviivat, keskiviivat ja kuntoarvio.
- Erilaiset omaisuusluokat viivamaisina kohteina, kuten turvakaiteet, katuvalot, kartiot/lamellit.
- Olosuhdetiedot, kuten lumi, vesi, kuiva, leveät/kapeat ajourat ja näkyvyys.

(Haavisto ja Melander 2020.)

7.3 Vaisala RoadAI-tilannekuvapalvelun vaiheet

Vaisalan mobiilipuhelimella toteutettavassa järjestelmässä liikennemerkkien inventointi muodostuu eri vaiheista, jotka ovat

- video, ja sensoritiedon tuottaminen
- tiedonsiirto
- sensoritiedon käsittely
- liikennemerkkin havaitseminen
- merkin tyyppin luokittelu
- paikantaminen.

Vaiheiden kuvaus:

Videokuva kuvataan ajoneuvon tuulilasissa kiinni olevan älypuhelimella. Kuva 6. Älypuhelimella kuvattu video siirretään palvelimelle, jossa liikennemerkit havaitaan videomateriaalista ja konenäköä käytetään tunnistamaan liikennemerkkien tyyppi. Yksittäisten liikennemerkkien kohdalla paikannus tehdään tarkentamalla kameran satelliittipaikannusjärjestelmää eli GPS-tietoa perspektiiviprojektiolla ja georeferoinnilla. Viimeisessä vaiheessa liikennemerkkien kuntoluokka arvioidaan pinnan rosoisuuden, värisävyjen epätasaisuuden ja ulkoisten vaurioiden perusteella. (Leivo 2015.)



Kuva 6. Älypuhelimella toimiva RoadAI- tilannekuvapalvelu (Vaisala 2020)

Kuvassa 7 näkyy konenäön tunnistama nopeusrajoitusmerkki. Kuvassa 8 näkyy Vaisalan RoadAI map -käyttöliittymä. Käyttöliittymästä voi katsoa liikennemerkkien tietoja, kuten merkin tyyppin ja sijainnin, tunnistuksen ja paikannuksen luotettavuuden, merkin tunnistuksien määrän eri videoista ja ohi ajokerrat, jolloin merkkiä ei ole tunnistettu. Käyttöliittymässä voi katsoa videota, jossa liikennemerkki on tunnistettu, voi tehdä liikennemerkille kuntoarvion ja siihen pystyy ilmoittamaan tarvittavat toimenpiteet. Liikennemerkkin sijainti näkyy karttapohjalla. Käyttöliittymässä on mahdollista hakea liikennemerkkejä erillisillä suodatusasetuksilla. Käyttöliittymässä voi merkitä havaintoja kuvattuihin videoihin.

Kuvissa 9, 10, ja 11 näkyy Vaisalan RoadAI-tilannekuvapalvelun tien kuntokartoituksen analyysi käyttöliittymässä. Konenäkö tunnistaa kadussa olevat kuntovauriot, ilmoittaa päällysteen kuntoluokan ja muita vauriotietoja. Kadun päällystevaurio tiedot näkyvät prosentteina.



Kuva 7. Liikennemerkin tunnistus (Vaisala 2020)

Havaittiin 2019-04-26 09:54:37 +03:00 A year ago

Kunto

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Toimenpide

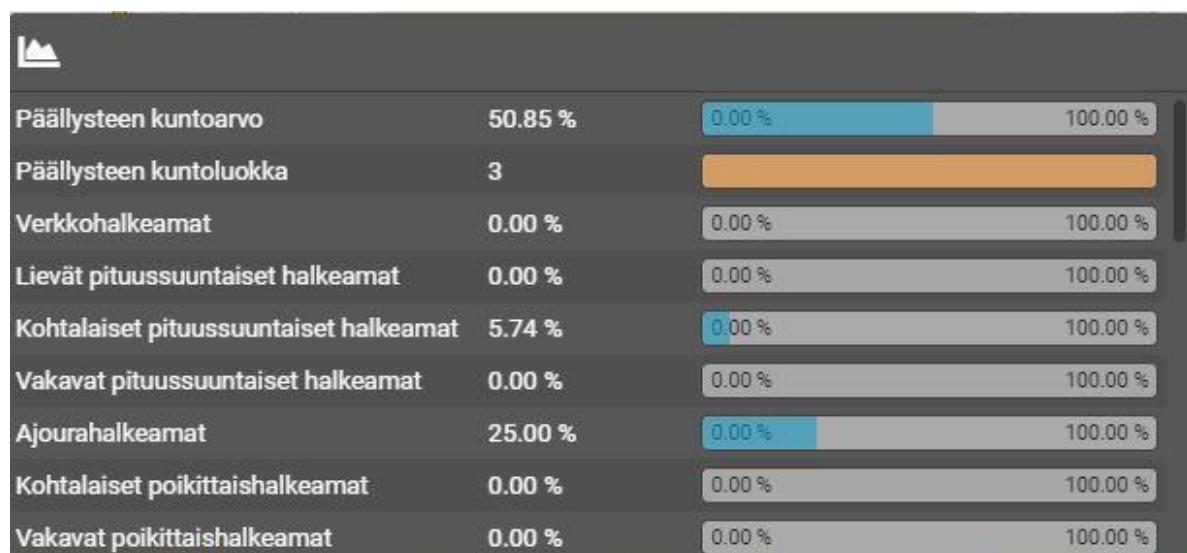
OK	Korjaa	Vaihda	Poistunut
----	--------	--------	-----------

Teksti	—
Kategoria	prohibitory
Nimi	Maximum speed limit (50)
Koodi	fi: 361_50
Lisätieto	—
Aika	04/26/2019, 9:54:37 AM
Osoite	11568, 1, 458
Sijainti	60.31128, 25.07001 (WGS-84)
Suunta	12
Tunnistuksen luo...	0.99999
Paikannuksen lu...	1
Ryhmä	vantaa
3D pisteitä	21
Tunnistukset eri ...	9 / 9
Ajettu ohi ilman t...	0

Kuva 8. RoadAI map -käyttöliittymä (Vaisala 2020)



Kuva 9. Tien kuntokartoitus kuvaus (Vaisala 2020)



Kuva 10. Tien kuntokartoitus analyysi (Vaisala 2020)



Kuva 11. Tien kuntokartoitus analyysi (Vaisala 2020)

Norjalainen tutkimuskeskus Sintef on tehnyt tutkimuksen Vionice-järjestelmästä (nykyinen Vaisala). Tutkimus on tehty 2017 Norjassa Stjorda ja Brekken kaupunkien välisellä tiellä. Tutkimus koski Vionice-järjestelmän liikennemerkkien automaattista tunnistamista. Datan keräys on tehty kolmella älypuhelimella, jotka oli laitettu NPRA-auton tuulilasiin. Puhelimet tallensivat kaiken, minkä testiauto ohitti. Tuloksia verrattiin olemassa olevan Norjan tietokannan (NVDB) tietoihin liikennemerkeistä testaustiellä.

Tuloksissa Vionicen järjestelmä tunnisti sijainnin ja liikennemerkin tyyppin 92 %:n tarkkuudella kaikista olemassa olevista liikennemerkeistä. Suurin osa hylätyistä tunnistuksista johtui siitä, että liikennemerkit olivat kaukana tien vasemmassa reunassa ja että niistä näkyi videolla vain hyvin vähän tai ei ollenkaan. Tämä johtui myös siitä, että puhelimet oli asetettu osoittamaan tien oikeaa reunaa. Koska oli niin vähän vääriä ja tunnistamattomia merkkejä, oli vaikea todeta, oliko merkkien tunnistuksessa eroa. Saattaa olla, että nopeusrajoituksen päättymismerkki (91 % tunnistus) on vaikeampi tunnistaa kuin normaali nopeusrajoitusmerkki (98 % tunnistus). Järjestelmien arvioinnissa käytetään usein tarkkuutta (Precision) ja palautusta (Recall). Vionice-järjestelmässä tarkkuudeksi saatiin 98 %, joka on oikeiden havaintojen lukumäärä jaettuna havaintojen kokonaismäärällä. Palautus oli myös 98 %, joka on oikeiden havaintojen lukumäärä jaettuna todellisten merkkien lukumäärällä. Nämä tulokset olivat erittäin vaikuttavia.

Vionicen-järjestelmän paikannustarkkuutta mitattiin Molden kaupungissa, jossa Norjan julkisten teiden hallinto (NPRA) keräsi tiedot 163 merkistä käyttäen Viominer-sovellusta. Merkkien sijainteja verrattiin NVDB-tietokannan merkkien GPS-sijainteihin. Mitattujen ja olemassa olevien merkkien paikannusetaisyyseron laskentaan oli käytetty Haversine Formulaa. Tuloksissa selvisi, että suurin osa Vionicen mittaamista merkeistä oli hyvin lähellä NVDB-tietokannan merkkejä. Keskimääräinen paikannustarkkuus oli 3,14 m. Mediaani paikannustarkkuus oli 1,95 m ja vakiopoikkeama 9,41 m.

Tutkimuksen analyysin perusteella Vionice-järjestelmää pidettiin erittäin lupaavana. Mutta koska vertailukohteena oli Norjan NVDB-tietokanta, jossa liikennemerkkien sijainnit olivat epätarkkoja, Vionice-järjestelmän tuloksia ei voitu varmentaa. (Dahl, Kroksaeter 2017.)

8 TUTKIMUS

8.1 Tutkimuksen tarkoitus

Opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään Vaisala Oy:n RoadAI-tilannekuvapalvelun tunnistus- ja paikannustarkkuutta liikennemerkkien inventoinnissa. Myös muiden konenäkömenetelmien tunnistus- ja paikannustarkkuuteen etsittiin vastauksia tutkimuksen avulla. Tutkimuksessa selvitettiin myös, pysyykö konenäöllä arvioimaan liikennemerkkin kuntoa. Opinnäytetyön aineisto kerättiin sähköpostikyselyillä ja haastattelulla.

8.2 Tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyön tutkimuksen menetelmäsuuntauksena oli laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus. Opinnäytetyön tutkimus päätettiin toteuttaa sähköpostikyselyllä, jossa vastaajat saivat vastata avoimesti 10 kysymykseen. Sähköpostikyselyn lisäksi toteutettiin yksi puolistrukturoitu puhelinhaastattelu. Avoimet kysymykset ja puolistrukturoitu haastattelu katsottiin sopiviksi tutkimusmenetelmiksi, koska kaikilta vastaajilta haluttiin saada vastaukset samoihin kysymyksiin. Toisin sanoen vastaajilta haluttiin tietoa juuri tietyistä asioista. Tutkimusasetelma sopii erityisesti tilanteisiin, joissa vastaajat ovat alansa ammattilaisia. Avointen kysymysten käyttöä tukee myös se, että tutkimuksen otanta oli verraten pieni. Alustavassa tutkimuksessa, kuten tässä opinnäytetyössä, avoimien kysymysten toivotaan tuovan esille aiheeseen liittyviä uusia asioita ja ideoita. (SurveyMonkey 2020)

8.3 Tutkimuksen toteutus

Avoimeen sähköpostikyselyyn ja puhelinhaastatteluun valittiin kymmenen kysymystä (liite 1), joilla saatiin vastaukset opinnäytetyön kannalta olennaisiin kysymyksiin. Avoin sähköpostikysely tehtiin Vaisala Oy:lle RoadAI-tilannekuvapalvelusta ja kaupungeille, jotka ovat käyttäneet palvelua. Kyselyjä tehtiin myös kaupungeille, jotka ovat käyttäneet Blom Kartta Oy:n Blomstreet-palvelua ja Normi-yhtiön Normiopaste-kuvauspalvelua.

Kysely Vaisalan RoadAI-tilannekuvapalvelusta lähetettiin seuraaville kaupungeille: Espoo, Vantaa, Kokkola, Tampere ja Helsinki. (Stara) Kyselyyn vastasivat kaupungit: Espoo ja Helsingin (Stara) kanssa tehtiin puhelinhaastattelu.

Kysely Blom Kartta Blomstreet-palvelusta lähetettiin seuraaville kaupungeille: Kuopio, Espoo, Turku, Järvenpää ja Vaasa. Kyselyyn vastasivat kaupungit: Kuopio, Espoo ja Turku.

Kysely Normiopaste-kuvauspalvelusta lähetettiin seuraaville kaupungeille: Vaasa, Järvenpää, Valkeakoski, Sastamala ja Hämeenlinna. Kyselyyn vastasivat kaupungit: Sastamala ja Valkeakoski.

9 TUTKIMUKSEN TULOKSET

9.1 Vastaajien taustatiedot

Kyselyyn vastasi Kuopion kaupungilta rekisterivastaava Juha Tirkkonen, Espoon kaupungilta katutuo-
tantopäällikkö Teemu Uusikauppila, kunnossapitoinsinööri Kristoffer Kronlundin ja liikenteenhallinta-
päällikkö Antti Savolainen. Sastamalan Kaupungilta kyselyyn vastasi kunnossapitomestari Heikki Jär-
vensivu, Valkeakosken Kaupungilta kunnossapitopäällikkö Antti Jokela. Turun Kaupungilta kyselyyn
vastasi katuinsinööri Heidi Jokinen.

Puhelinhaastatteluun vastasi Helsingin kaupungin rakentamispalveluliikelaitos Staralta vastaava
työnjohtaja Juha Ovaska.

9.2 Liikennemerkkien tunnistustarkkuus.

Vaisala RoadAI-tilannekuvapalvelu.

Vaisala RoadAI-tilannekuvapalvelua oli kokeiltu kyselyyn osallistuneissa kaupungeissa Espoossa
vuonna 2018 ja Helsingissä RoadAI-tilannekuvapalvelu oli käytössä ensimmäisen kerran vuonna
2015 ja sen jälkeen palvelu ollut käytössä kolme vuotta. Espoossa ei oltu tehty tutkimusta, mutta
liikennemerkkien tunnistustarkkuutta pidettiin kohtuullisena. Helsingissä ei oltu tehty tutkimusta,
joten ei voida antaa tarkkaa kuvaa liikennemerkkien tunnistustarkkuudesta. Tunnistuksen luotetta-
vuudessa oli heittoa. Oli tapauksia, joissa oli ajettu kaksi kertaa liikennemerkkin ohi, ja kummallakin
kerralla merkki oli tunnistettu. Toisessa tapauksessa oli ajettu liikennemerkkin ohi kymmenen kertaa,
ja tunnistus oli tapahtunut vain kahdella ajokerralla. Tekstilliset liikennemerkkit konenäkö tunnistaa,
mutta ei itse tekstiä. Tekstillisten liikennemerkkien teksti pitää itse kirjata. Haasteena on, että mene-
telmä ei kuvaa kaikkia merkkejä, koska video on vain yksittäinen kamera, joka kuvaa eteenpäin.
Tämä jättää pimentoon osan merkeistä, etenkin kulmissa ja risteyksissä.

Blom Kartta Blomstreet-palvelu.

Blom Kartta Blomstreet-palvelua oli käytetty kyselyyn osallistuneissa kaupungeissa Espoossa vuonna
2019 ja Turussa vuosina 2015 ja 2019. Espoossa Antti Savolaisen mukaan, hänen tarkemman oma-
kohtaisen tutkimuksensa perusteella, liikennemerkkit tunnistetaan noin 77,5 % -tarkkuudella. Optiona
tilattu manuaalinen parannus nosti tarkkuuden 81,8 %:iin. Espoossa ongelmia liikennemerkkien tun-
nistuksessa oli ollut tiettyjen liikennemerkkien kohdalla, etenkin suunnistustauluissa ja ajokaistojen
yläpuolisissa viitoissa. Näistä merkeistä osa jäi tunnistamatta tai konenäkö luokitteli merkit väärin.
Turussa liikennemerkkien tunnistustarkkuus oli 86,1 % 43321 havaittua merkkiä, joista 6021 tunnis-
tamatonta. Manuaalisen parannuksen jälkeen tunnistustarkkuus oli 91,8 % 3555 tunnistamatonta.
Manuaalinen parantaminen on Blomstreet-palvelun valinnainen optio. Siinä tehdään liikennemerk-
kien inventoinnin kattavuuden ja kieliasun manuaalinen parantaminen. Turussa lisäkilpien tekstit
jäivät usein saamatta inventoinnissa.

Normiopaste.

Normiopaste-kuvauspalvelua oli käytetty kyselyyn osallistuneista kaupungeista Valkeakoskella ja Sastamalassa vuonna 2019. Sastamalassa liikennemerkkien tunnistus- ja paikannustarkkuus oli melko hyvällä ja riittävällä tasolla. Valkeakoskella liikennemerkkien tunnistustarkkuudesta ei ollut tietoa.

9.3 Liikennemerkkien paikannustarkkuus.

Vaisala RoadAI-tilannekuvapalvelu.

Helsingissä paikannustarkkuutta ei oltu varsinaisesti tutkittu, mutta käytännön kokemuksen perusteella sen oli todettu heittävän useilla metreillä. Paikantamisessa käytetään älypuhelimien GPS:ää, joka kaupunkiolosuhteissa saa sijaintitietoa haittaavia heijasteita. Osa merkeistä paikantuu merkittävästi sivuun todellisesta sijainnista, esimerkiksi sillan päällä tunnistettu merkki saattaa paikantua sillan alle. Sijainti tarkentuu, mitä useampia kertoja merkin ohi ajetaan ja merkki tunnistetaan. Paikannustarkkuuden mediaani oli Sintef-tutkimuslaitoksen tekemän tutkimuksen mukaan 1,95 m. Espoon kaupungilla ei ollut antaa paikannustarkkuustietoja.

Blom Kartta Blomstreet-palvelu.

Espoossa Blomstreet-palvelun paikannustarkkuus oli noin 10 cm. Turussa jopa parempi.

Normiopaste.

Normiopaste-kuvauspalvelun tarkkuudesta ei saatu tietoa. Sastamalassa liikennemerkkien tunnistus- ja paikannustarkkuus oli melko hyvällä ja riittävällä tasolla. Valkeakoskella paikannustarkkuutta ei oltu tarkistettu mittaamalla. Normiopasteen palvelukuvauksen mukaan tarkkuus olisi desimetrin luokkaa.

9.4 Menetelmien hyviä ja huonoja puolia.

Vaisala RoadAI-tilannekuvapalvelu.

RoadAI-tilannekuvapalvelun hyviä puolia:

- Tallentuva videomateriaali, jota hyödynnetään työtehtävissä viikottain. Videokuvasta nähdään vallitseva tilanne, jonka perusteella voidaan tarkistaa esim. suojateiden kunto ja asiakaspalautteiden paikkansapitävyys. Myös Helsingin kaupunki, joka toimii Staran tilaajana, hyödynsi palvelua edellä kuvatusti. Esimerkiksi kaupungin ympäristötarkastajat käyttivät työssään kaduista otettua videokuvaa.
- RoadAI:n tai vastaavanlaisen konenäköä hyödyntävän järjestelmän mahdollinen hyöty olisi reaaliajassa päivittyvässä rekisterissä, jossa inventointi/todentaminen tapahtuisi muun työn ohessa esimerkiksi kunnossapitoautoon asennetulla kameralla.

RoadAI-tilannekuvapalvelun huonoja puolia:

- Virheet merkkien paikannustarkkuudessa ja tunnistuksessa.
- Tuulilasiin kiinnitetty älypuhelin häiritsee kuljettajaa.

- Älypuhelimien kameran rajattu näkösektori aiheuttaa, etenkin risteyksissä, kavealueita, jolloin liikennemerkkejä ei havaita, eikä tunnisteta.
- Älypuhelin täytyy olla jatkuvasti virtajohtodossa ja puhelun tullessa video katkeaa.

Blom Kartta Blomstreet-palvelu.

Blomstreet-palvelun hyviä puolia:

- kattavuus, tehokkuus ja luotettavuus
- integroiminen ja hyödyntäminen muihin aineistotarpeisiin

Blomstreet-palvelun huonoja puolia:

- ketteryys vaatii aina käytännössä isomman inventoitavan alueen, jotta olisi kustannustehokasta ostaa palvelu.
- kausisidonnaisuus (kuvausolosuhteet)

Normiopaste.

Normiopaste-palvelun hyviä puolia:

- dokumentointi.

9.5 Liikennemerkkien automaattinen kuntoluokitus.

Kyselyjen perusteella Vaisala RoadAI-tilannekuvapalvelu ja Normiopaste-kuvauspalvelu eivät tarjoa automaattista liikennemerkkien kuntoluokka-arviota tällä hetkellä. RoadAI-tilannekuvapalvelussa koneen inventointituloksia hyödynnetään tukemaan kuntoanalyysiä. Asiakas voi tehdä kuntoarvion helposta listanäkymästä myös itse. Blomstreet-palvelulla ei ole tarjolla kuntoluokka-arviota tällä hetkellä.

9.6 Liikennemerkkin kuntotiedon hyödyllisyys.

Kyselyiden perusteella liikennemerkkien kuntotiedosta on hyötyä:

- Kunnossapidon kannalta.
- Liikennemerkkien kunnon seurannassa, mikä auttaa kohdistamaan investointirahoitusta oikein.
- Liikennemerkkien uusimistarpeen määrittämisessä.
- Liikennemerkkien akuutin vaihtotarpeen määrittämisessä ja kustannuksiin varautumisessa.
- Vaihdeettavien liikennemerkkien määrien arvioinnissa, mikä helpottaa liikennemerkkien tilausta.
- Alueen kunnossapidossa ja korjausvelan arvioimisessa, mikä auttaa paikantamaan hyväkuntoiset merkit ja koordinoimaan vaihtotyön alueellisena kokonaisuutena.

9.7 Liikennemerkkien inventointi aiemmin.

Kyselyiden tuloksena saatiin selville, että liikennemerkejä on inventoitu aiemmin Kuopion, Turun ja Sastamalan kaupungeissa. Sastamalassa inventointi on tehty käsin. Kuopiossa inventointi on tehty

käsin tai GNSS-kämmenmikrolla. Turussa liikennemerkit on inventoitu kiertämällä alue ja kirjaamalla huonokuntoiset merkit karttaan ja/tai valokuvaamalla ne. Espoon kaupungissa on tehty inventointeja liikennemerkkien kuntotiedon kannalta joitakin, ei suuria määriä. Valkeakosken kaupungissa ei ole aiemmin inventoitu liikennemerkkejä.

9.8 Liikennemerkkirekisteri

Kyselyiden tuloksena liikennemerkkirekisteri oli käytössä vain Kuopion kaupungilla. Espoon kaupungilla liikennemerkkirekisteri oli valmiina, mutta siellä ei vielä ole liikennemerkkitietoa. Turun Kaupungilla liikennemerkkirekisterin käyttöönotto oli vielä kesken, mutta tarkoituksena oli integroida liikennemerkit osaksi YAOH-rekisteriä. Helsingissä liikennemerkkirekisteri oli tekeillä. Turulla ohjelmistona oli Trimble Locus. Espoolla rekisteriohjelmistona oli Trimble Locus ja Kuopiolla Novapoint Iris, mutta Kuopioakin oli siirtymässä Trimble Locus- ohjelmistoon.

9.9 Järjestelmien suurimmat hyödyt.

Kyselyjen tuloksena liikennemerkkien inventointijärjestelmien suurimmat hyödyt listattuna alla järjestelmäkohtaisesti.

Vaisala RoadAI-tilannekuvapalvelu

- Hyöty olisi reaaliajassa päivittyvässä rekisterissä, jossa inventointi/todentaminen tapahtuisi muun työn ohessa, esimerkiksi kunnossapitoautoon asennetulla kameralla.

Blomstreet-palvelu

- Helpottaisi päivittäistä työtä, kun lähes ajantasaisen kuvan perusteella pystyttäisiin tutki-
maan katunäkymää ilman maastokäyntiä.

Normiopaste

- Helpottaisi liikennemerkkien uusimistarpeen dokumentointi
- Auttaisi nopeudella ja luotettavuudella.

9.10 Kuinka usein liikennemerkit inventoidaan.

Kyselyiden perusteella Kuopiossa liikennemerkit olivat suurelta osin inventoitu alueurakkakilpailutuk-
sia varten. Turussa inventointeja oli tehty vuosina 2015 ja 2019. Osassa Helsinkiä liikennemerkkejä
oli inventoitu ensimmäisen kerran konenäön avulla vuonna 2015 osassa kaupunkia. Helsingissä mie-
titään, miten liikennemerkit saataisiin kartoitettua riittävän tarkasti. Sastamalan kaupunki oli inven-
toinut satunnaisesti liikennemerkkejä. Espoossa suunniteltiin laajaa kertainventointia. Valkeakoskella
ei ollut suunnitelmaa inventointivälistä.

9.11 Ajantasaisen liikennemerkkirekisterin ylläpidon hyödyt.

Kaupunkien esille tuomat liikennemerkkien inventoinnin ja ajantasaisen liikennemerkkirekisterin ylläpidon hyödyt:

- Helpottavat huoltoa ja hankintojen suunnittelua.
- Helpottavat töiden suunnittelua: ajantasaiset kuvat liikennemerkeistä, eikä tarvitse jalkautua maastoon.
- Tarjoavat tietoa tulevaisuuden suunnitteluun ja talousarvion tekemiseen.
- Helpottavat liikennemerkkien ja niihin liittyvän tiedon laajempaa käsittelyä ja esittämistä, esimerkiksi sisäisesti organisaatioissa rajapintojen ja karttatyökalujen avulla.
- Hyödyttävät suunnittelua ja kunnossapitoa.
- Auttavat pitämään tiedot ajan tasalla.
- Parantavat kuntien liikennemerkkiomaisuuden hallintaa.
- Helpottavat urakoitsijoiden työtä tarjoamalla liikennemerkeistä tarkat paikka- ja kuntotiedot.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, pystytäänkö konenäköjärjestelmillä inventoimaan liikenne-merkit tarkasti ja luotettavasti.

Opinnäytetyössä selvisi, että konenäköjärjestelmien tarkkuutta tunnistaa liikennemerkkejä ja paikantaa sijainti oli tutkittu vain yhdessä kyselyyn osallistuneessa kaupungissa, Espoossa, Blomstreet-palvelusta. Vaisala Oy:n RoadAI-tilannekuvapalvelua oli käytetty Espoossa ja Helsingissä (Stara). RoadAI-tilannekuvapalvelua on tutkinut norjalaisen Sintef-tutkimuslaitos. Normikonsernin Norpiopaste-kuvapalvelua ovat käyttäneet Sastamalan ja Valkeakosken kaupungit. Tutkimusta Normiopasteen kuvapalvelusta ei löytynyt tähän opinnäytetyöhön.

Vaisalan RoadAI-tilannekuvapalvelun tarkkuudesta tunnistaa liikennemerkkejä, ei saatu opinnäytetyössä tarkkaa tietoa. Opinnäytetyössä selvisi, että liikennemerkkien tunnistuksen luotettavuus vaihtelee. Helsingillä on ollut tapauksia, joissa merkin tunnistus on tapahtunut jokaisella ajokerralla, mutta myös tapauksia, joissa on ajettu kymmenen kertaa merkin ohi saaden vain kaksi tunnistusta. RoadAI-tilannekuvapalvelu tunnistaa tekstilliset kilvet, mutta konenäkö ei ilmoita varsinaista tekstiä, joka joudutaan tarkistamaan manuaalisesti. Norjalaisen Sintef-tutkimuslaitoksen tekemän tutkimuksen mukaan tunnistustarkkuus ja palautusprosentti on 98 %. Vaisala-yhtiön mukaan konenäköjärjestelmän tarkkuus tunnistaa yleiset merkit on hyvä, koska koulutusdataa on paljon. Espoon kaupungin mukaan liikennemerkkien tunnistustarkkuus oli kohtuullinen. RoadAI-tilannekuvapalvelun haasteena on vain yksi eteenpäin kuvaava kamera. Älypuhelimien kamerassa on myös rajattu sektori, minkä vuoksi osa liikennemerkkeistä jää videokuvan ulkopuolelle, etenkin risteyksissä. Tämä on todettu Espoossa, Helsingissä ja myös Sintef:n tekemässä tutkimuksessa.

RoadAI-tilannekuvapalvelun liikennemerkkien paikannustarkkuudesta ei saatu tarkkaa tietoa. Mediaini paikannustarkkuus on Sintef-tutkimuslaitoksen tekemän tutkimuksen mukaan 1,95 m. Helsingissä ei ole tehty varsinaista tutkimusta paikannustarkkuudesta, mutta Juha Ovaskan mukaan paikannustarkkuus heittää usealla metrillä. Suuret virheet paikannustarkkuudessa johtuvat Vaisala-yhtiön mukaan mobiililaitteen GPS-pohjaisen sijaintitiedon hetkellisestä tarkkuuden heikkenemisestä. Juha Ovaskan mukaan myös älypuhelimien GPS-tarkkuudessa on heittoa kaupunkiolosuhteissa, koska siellä tulee paljon heijastuksia. Liikennemerkkin paikannustarkkuus parantuu, sitä mukaa, mitä useammin liikennemerkki tunnistetaan, koska erillisten sijaintien keskiarvoistus tarkentaa lopullista liikennemerkkin sijaintia.

Blom Kartta Oy:n Blomstreet-palvelun tarkkuus tunnistaa liikennemerkkejä oli Espoossa 77,5 % ja Turussa 86,1 %. Tulokset ovat ilman manuaalista parantamista. Espoon tulos perustuu kaupungin liikenteenhallintapäällikön Antti Savolaisen itse tekemään diplomityötutkimukseen. Ongelmia tunnistuksessa on ollut tiettyjen liikennemerkkien kohdalla, etenkin suunnistustauluissa ja ajokaistojen yläpuolisissa viitoissa. Näistä merkeistä jotkut jäivät tunnistamatta tai konenäkö luokittelee merkit väärin. Tunnistuksen tarkkuutta voidaan pitää Savolaisen mukaan kohtalaisena. Turussa Heidi Jokelan

mukaan liikennemerkkien tekstilliset lisäkilvet jäävät usein tunnistamatta. Liikennemerkkien paikannustarkkuus on tutkimuksen mukaan noin 10 cm.

Normi-konsernin Normiopaste-kuvauspalvelun tarkkuudesta tunnistaa liikennemerkit ja paikantaa sijainti ei saatu numeerista tietoa. Valkeakoskella Antti Jokelan mukaan palvelulle on luvattu noin desimetrin paikannustarkkuus. Sastamalassa Heikki Järvensivun arvio palvelun tarkkuudesta tunnistaa ja paikantaa liikennemerkki on melko hyvä ja riittävä.

Opinnäytetyössä selvisi, ettei liikennemerkkien kuntoluokkaa arvioida täysin automaattisesti minkään opinnäytetyössä esitellyn palvelun toimesta, eikä Blomstreet-palvelu tarjoa tällä hetkellä liikennemerkkien kuntoluokka-arviota. Helsingillä olisi Juha Ovaskan mukaan tarvetta liikennemerkkien automaattiselle kuntoarviolle. RoadAI-tilannekuvapalvelun inventointituloksia hyödynnetään Vaisala- yhtiössä liikennemerkin kuntoanalyysin teossa. Kuntoanalyysissä käytetään Tiehallinnon julkaisemaa liikennemerkkien kuntoluokka dokumenttia.

Yhteenvedona opinnäytetyöstä voidaan todeta, että Vaisalan RoadAI-tilannekuvapalvelu ei ole tällä hetkellä kyselyyn osallistuneiden kaupunkien mielestä riittävän tarkka tunnistamaan ja paikantamaan liikennemerkkejä, jotta sillä voitaisiin inventoida koko kaupungin liikennemerkit. Helsingin kaupunki haluaa liikennemerkkien paikannustarkkuuden olevan 5 - 10 cm. Näihin tarkkuuksiin RoadAI-tilannekuvapalvelu ei ainakaan tällä hetkellä älypuhelimien avulla pysty. RoadAI-tilannekuvapalvelua käytetään kuitenkin tällä hetkellä katujen kuntotiedon kartoitukseen ainakin Espoossa ja Helsingissä. Vaisala RoadAI-tilannekuvapalvelun vertailua muihin menetelmiin ei voida tehdä, koska tarkkaa numeerista dataa liikennemerkkien tunnistus- ja paikannustarkkuudesta ei ollut käytettävissä.

11 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada luotettavaa tietoa Vaisalan RoadAI-tilannekuvapalvelun ja muiden konenäköjärjestelmien tarkkuudesta tunnistaa ja paikantaa liikennemerkit. Opinnäytetyössä ei päästy täysin tutkimustavoitteeseen, koska Vaisala RoadAI-tilannekuvapalvelun ja Normiopaste-kuvapalvelun osalta ei saatu numeerista dataa liikennemerkkien tunnistus- ja paikannustarkkuudesta. Sen sijaan Blom Kartta Blomstreet-palvelun osalta saatiin tietoa tunnistus- ja paikannustarkkuudesta. Tutkimus osoittaa kuitenkin, että konenäöllä tehtävä liikennemerkkien inventointi on realistinen vaihtoehto käsin tehdyille inventoinneille. Konenäköjärjestelmiä kehitetään jatkuvasti, joten tulevaisuudessa niiden tarkkuus tunnistaa ja paikantaa liikennemerkit tulee parantumaan. Opinnäytetyössä saatiin kattavasti tietoa liikennemerkkien inventoinneista kaupungeissa ja konenäköjärjestelmien toimivuudesta liikennemerkkien inventoinneissa. Opinnäytetyössä tuli esille myös konenäköjärjestelmiin, liikennemerkkien kuntotietoon ja ajantasaiseen liikennemerkkirekisteriin liittyviä hyötyjä.

Opinnäytetyössä mukana olleista kohdekaupungeista vain kahdessa oli selvitetty konenäköjärjestelmien tarkkuutta tunnistaa ja paikantaa liikennemerkkejä, vaikka järjestelmiä oli käytetty useamassa kaupungissa. Konenäköjärjestelmien tarkkuutta tunnistaa ja paikantaa liikennemerkkejä pitäisi selvittää laajalla empiirisellä tutkimuksella. Tutkimustiedoille olisi kaupungeilla tarvetta, koska liikennemerkkien inventointi on ajankohtainen aihe 1.6.2020 uudistuvan tieliikennelain myötä. Myös liikennemerkkien kuntoluokan arviointi automaattisesti konenäön avulla vaatisi lisätutkimusta.

LÄHTEET

DAHL, Erlend – KROKSÆTER, Anders 2017. Analysing automatically captured traffic sign data from the vionice system. Sintef technology and society. Transport research 2017-05-30. [Viitattu 2020-05-08]. Saatavilla: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2638533/Analyzing%20automatically%20captured%20traffic%20signs.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Digiroad. 2020. Väylä [verkkosivu]. [Viitattu 2020-01-22]. Saatavissa: <https://vayla.fi/avoindata/digiroad#.Xi6lvWgzYuU>

HAAPAKOSKI, Markus 2015. Demonstraatio interaktiivisesta älykamerajärjestelmästä. Satakunnan Ammattikorkeakoulu. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. [Insinöörityö]. [Viitattu 2020-03-28]. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/86403/haapakoski_markus.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HIENONEN, Petri 2014. Automatic traffic sign inventory- and condition analysis. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Tuotantotalouden tiedekunta. Tietotekniikan koulutusohjelma. [Diplomityö]. [Viitattu 2020-02-01]. S. 20-21. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014092244826>

HIENONEN, Petri 2015. Konenäön mahdollisuudet katujen ja teiden omaisuuden hallintaan. Kuntatekniikkapäivät. 22.04.2015. [Viitattu 2020-02-05]. Saatavissa: https://kuntatekniikka.fi/wp-content/uploads/sites/2/2015/06/SKTY_Petri-Hienonen_Turku2015.pdf

Infraomaisuuden kartoitus. Väylä. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-05-28]. Saatavissa: <https://vayla.fi/documents/20473/686673/Normiopaste.pdf/df3046a-80d5-4165-9350-50a05614302c>

Kansallinen maastotietokanta (KMTK) 2017. KMTK- kuntien tuotantoprosessit: Selvitys mobiilikartoitusten menetelmistä. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-02-20]. Saatavissa: https://pta-files-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/kmtk-public/attachments/2017/09/KMTK-kuntapro_Selvitys_mobiilikartoitusten menetelmista.pdf?d1a0SD060Qb5gLGccji2S9UNwSrs3TAM

Katuomaisuuden hallinta. Blomkartta [verkkosivu]. [Viitattu 2020-03-07]. Saatavilla: <http://www.blomkartta.fi/palvelut/katuomaisuuden-hallinta/>

Konenäkö on älykkään automaation väsymätön silmä. Protacon [verkkosivu]. [Viitattu 2020-03-15]. Saatavilla: <https://www.protacon.com/protacon-blogi/konenako-on-alykkaan-automaation-vasymaton-silma/>

Konenäkö & robotiikka teknologiademot on the road. Seinäjoen ammattikorkeakoulu (seAMK). [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-03-28]. Saatavissa: <https://docplayer.fi/17541471-Konenako-robotiikka-teknologiademot-on-the-road.html>

Kuntalehti 2014. Konenäkö mullistaa liikenneväylien hoidon. Kuntatekniikka 5.11.2014. [Digilehti]. [Viitattu 2020-01-22]. Saatavissa: <https://kuntatekniikka.fi/2014/11/05/konenako-mullistaa-liikenne-vaylien-hoidon/>

LEIVO, Mika 2015. Helsingin kaupunki kokeili automaattista liikennemerkkien inventointia. Kuntatekniikka 03-2015. [Digilehti]. [Viitattu 2020-01-22]. Saatavissa: <https://kuntatekniikka.fi/lehtiar-kisto/03-2015/helsingin-kaupunki-kokeili-automaattista-liikennemerkkien-in>

METSÄVUO, Jere 2015. Liikennemerkit tietomalleiksi ja rekisteriin – perusta omaisuuden hallintaan ja älyliikenteeseen. Kuntatekniikka 2015-05-21. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-01-22]. Saatavissa: https://kuntatekniikka.fi/wp-content/uploads/sites/2/2015/05/SKTY2015_Liikennemerkit-tietomalleiksi-ja-rekisteriin_Mets%C3%A4vuo.pdf

Mitä uudella tieliikennelailla tavoitellaan. Traficom liikenne- ja viestintävirasto 25.10.2019. [viitattu 2020-01-22]. Saatavissa: <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/tieliikennelaki2020/mita-uudella-tieliikennelailla-tavoitellaan>

MÄENPÄÄ, Topi – NISKANEN, Matti – PYLKKÖ, Heikki – ROPONEN, Seppo – SILVEN, Olli 2008. Konenäön hyödyntämismahdollisuudet teiden ylläpidossa ja hoidossa. Tiehallinnon selvityksiä 26/2008 [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-02-01]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf2/3201105-v-in-topii_konenakopilotti.pdf

Paikkatieto-ohjelmisto trimble gps pathfinder. Geotrim. [Verkkosivu]. [Viitattu 2020-02-01]. Saatavissa: <https://geotrim.fi/tuotteet/ohjelmistot/paikkatieto-ohjelmisto-trimble-gps-pathfinder-office/>

PELLI, Veli 2011. Konenäköjärjestelmä. Konenäköjärjestelmän käyttöönotto oppilaitosympäristössä. Tampereen ammattikorkeakoulu. Automaatioteknologian koulutusohjelma. [Diplomityö]. [Viitattu 2020-3-28]. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/37198/Veli_Pelli.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ROSTEDT, Niko 2019. Viallisen anodin hylkäys konenäöllä. Satakunnan Ammattikorkeakoulu. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. [Insinööritö]. [Viitattu 2020-03-28]. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/170392/Rostedt_Niko.pdf?sequence=2&isAllowed=y

SAVOLAINEN, Anttti 2020. Liikennemerkkien tunnistaminen ja inventointi konenäön avulla. Hämeen ammattikorkeakoulu. Tulevaisuuden liikennejärjestelmät. [Diplomityö]. [Viitattu 2020-04-18]. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202004084714>

SurveyMonkey 2020. Suljettujen ja avoimien kysymysten ero. Surveymonkey. [Verkkosivu]. [Viitattu 2020-05-26]. Saatavilla: <https://fi.surveymonkey.com/mp/comparing-closed-ended-and-open-ended-questions/>

TAPANAINEN, Tero 2018. Konenäkö saapuu kaikille toimialoille: paljon hyötyjä ja yksi kysymysmerkki. Ecraft. [Verkkosivu]. [Viitattu 2020-03-16]. Saatavilla: <https://www.ecraft.com/fin/blog/2018/5/8/konenako-saapuu-kaikille-toimialoille-paljon-hyotyja-ja-yksi-kysymysmerkki>

TARVAINEN, Anna-Liisa – KARHUNEN, Mikko – SALMINEN, Jussi – ÖSTERMAN, Tuomas – LAINE, Hannu – KORHONEN, Jouni – SETÄLÄ, Markku – OJANEN, Jyrki – SILTALA, Silja 2012. Liikennemerkkien käyttö kaduilla. Suomen Kuntaliitto [verkkojulkaisu]. s 7-8. [Viitattu 2020-01-16.] Saatavissa: https://shop.kuntaliitto.fi/download.php?filename=uploads/liikennemerkkiopassi-salto_ebook.pdf

Tiehallinto 2009. Liikennemerkkien kuntoluokitus. Tiehallinto [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-02-01]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2200060-v-09_liikennemerkkien_kuntoluokitus.pdf

Tieliikennelaki 729/2018. 70 § Liikenteenohjauslaitteet. 71 § Liikenteenohjauslaitteen asettaminen. 72 § Poikkeukset liikenteenohjauslaitetta asetettaessa. Finlex. [Viitattu 2020-01-16]. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180729#Lidp447471552>

Tieliikennelaki 2020. 2019. Väylä [verkkosivu]. [Viitattu 2020-01-22]. Saatavissa: <https://vayla.fi/avoindata/digiroad/tieliikennelaki-2020#.Xi6E72gzYuU>

Turvatekniikka: sallittua nopeutta ylläpitävät. Liikenneturva. [Verkkosivu]. [Viitattu 2020-03-26]. Saatavissa: <https://www.liikenneturva.fi/fi/liikenteessa/turvatekniikka-sallittua-nopeutta-yllapivat#39cac9b9>

Uudet tiemerkinnot ja liikennemerkkit. Traficom 2020-3-5. [Verkkosivu]. [Viitattu 2020-04-14]. Saatavissa: <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/tieliikennelaki2020/uudet-tiemerkinnat-ja-liikennemerkkit>

Uusia liikennemerkkejä tulossa käyttöön 1.6.2020 alkaen. Vayla 2020-2-19. [Verkkosivu]. [Viitattu 2020-04-14]. Saatavilla: <https://vayla.fi/-/uusi-liikennemerkkejä-tulossa-kayttoon-1-6-2020-alkaen>

Viasys vdc ja trimble solutions Oy yhteistyöhön ohjelmistotuotteen vaihtamiseksi. 2017-11-22. Trimble. [Verkkosivu]. [Viitattu 2020-03-26]. Saatavissa: <https://kunnat.trimble.fi/uutisia/viasys-vdc-ja-trimble-solutions-oy-yhteistyohon-ohjelmistotuotteen-vaihtamiseksi>

KUVAT

Kuva 1. Uudet liikennemerkit. [Digikuva]. Traficom 2020-15-05. [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/tieliikennelaki2020/uudet-tiemerkinnat-ja-liikennemerkit>

Kuva 2. Trimble® GeoExplorer Geo7. [Digikuva]. Geotrim. [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://geo-trim.fi/tuotteet/gnss/gnss-kammenlaitteet/geoexplorer-7-series/>

Kuva 3. SUNA, Jussi 2015. Tiedonsiirtokäytännön vaiheet. [Digikuva]. GNSS-kämmenmikron tiedonsiirrot ja tietotekniikan haasteet Turun Kiinteistöliikelaitoksella. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Maanmittaustekniikka. [Insinöörityö]. [Viitattu 2020-2-20]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201505219305>

Kuva 4. HIENONEN, Petri 2014. Traffic signs in different phases of their technical life cycle. [Digikuva]. Automatic traffic sign inventory and condition analysis. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Tuotantotalouden tiedekunta. Tietotekniikan koulutusohjelma. [Diplomityö]. [Viitattu 2020-2-1]. S. 18. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014092244826>

Kuva 5. Trimble MX7 Mobile imaging system. [Digikuva]. Trimble. [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-mx7>

Kuva 6. Data collection and reporting with RoadAI. [Digikuva]. Vaisala 2020. [Verkkosivu]. Saatavissa: <https://www.vaisala.com/en/products/data-subscriptions-and-reports/computer-vision-and-data-visualization/roadai-viominer>

Kuva 7. Liikennemerkin tunnistus. Kuvakaappaus Vaisala RoadAI Map. Map.vionice.io. [Verkkosivu].

Kuva 8. Liikennemerkin tunnistus käyttöliittymässä. Kuvakaappaus Vaisala RoadAI Map. Map.vionice.io. [Verkkosivu].

Kuva 9. Kadun päällystevaurio kuvaus. Kuvakaappaus Vaisala RoadAI Map. Map.vionice.io. [Verkkosivu].

Kuva 10. Kadun päällystevaurioiden analyysi. Kuvakaappaus Vaisala RoadAI Map. Map.vionice.io. [Verkkosivu].

Kuva 11. Kadun päällystevaurioiden analyysi. Kuvakaappaus Vaisala RoadAI Map. Map.vionice.io. [Verkkosivu].

LIITE 1. KYSELYLOMAKE

Kysymys yksi. Millaisella tarkkuudella menetelmä tunnistaa liikennemerkit?

Kysymys kaksi. Millaisella tarkkuudella menetelmä paikantaa liikennemerkit?

Kysymys kolme. Mitkä ovat menetelmän hyvät ja huonot puolet.

Kysymys neljä. Millaisella tarkkuudella menetelmä arvioi liikennemerkin kuntoluokan?

Kysymys viisi. Millaista hyötyä liikennemerkin kuntoluokka tiedosta on?

Kysymys kuusi. Kuinka kaupungissa on aiemmin inventoitu liikennemerkit?

Kysymys seitsemän. Onko kaupungissa käytössä liikennemerkkirekisteriä ja mikä on ohjelmistona?

Kysymys kahdeksan. Mitkä ovat konenäköjärjestelmien suurimmat hyödyt?

Kysymys yhdeksän. Kuinka usein liikennemerkit inventoidaan.

Kysymys kymmenen. Mitkä ovat ajantasaisen liikennemerkkirekisterin hyödyt?