



Jesse Kaunismäki

# Autonomisten ajoneuvojen yleisty- misen haasteet

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

19.11.2024

# Tiivistelmä

Tekijä: Jesse Kaunismäki  
Otsikko: Autonomisten ajoneuvojen yleistymisen haasteet  
Sivumäärä: 21 sivua  
Aika: 19.11.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Ajoneuvotekniikka  
Ammatillinen pääaine: Autosähkötekniikka  
Ohjaaja: Projektipäällikkö Kari Heikkilä

---

Tämän insinööriyön tavoitteena oli selvittää autonomisten ajoneuvojen yleistymiseen liittyviä haasteita sekä vaatimuksia henkilöautoille Suomessa ja EU:ssa. Tavoitteena oli myös selvittää konkreettisia asioita, joiden avulla autonomisten ajoneuvojen yleistymistä voitaisiin edistää. Insinööriyö toteutettiin verkkoaineistoihin pohjautuvana kirjallisuuskatsauksena, jossa käsiteltiin aiheeseen liittyviä tutkimuksia sekä viranomaislähteitä.

Insinööriyössä käsiteltiin autonomisten ajoneuvojen mahdollisuuksia ja vaikutuksia tulevaisuuden liikenteeseen sekä perehdyttiin autonomisen ajamisen SAE-tasoihin. Työssä käsiteltiin autonomisten ajoneuvojen keskeisiä komponentteja sekä niiden käyttötarkoituksia osana autonomista ajoneuvoa.

Insinööriyössä tarkasteltiin erilaisten lakien ja sopimusten, infrastruktuurin, eettisten kysymysten sekä kyberturvallisuuden asettamia haasteita, jotka hidastavat autonomisten ajoneuvojen yleistymistä liikenteessä.

Työn avulla selvitettiin, että autonomisten ajoneuvojen yleistymiseksi tulisi tehdä muutoksia ja uudistuksia lainsäädäntöön, jotta autonomisten ajoneuvojen testaamista liikenteessä kyettäisiin edistämään. Myös fyysisen infrastruktuurin kunnosta tulisi pitää huolta autonomisten ajoneuvojen turvallisen käytön takaamiseksi. Lisäksi ajoneuvojen tyyppihyväksyntää tulisi täydentää.

Avainsanat: autonominen ajoneuvo, liikenteen automatisoituminen, tulevaisuuden liikenne

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Jesse Kaunismäki  
Title: Challenges in Autonomous Vehicle Adoption  
Number of Pages: 21 pages  
Date: 19 November 2024

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Automotive Engineering  
Professional Major: Automotive Electronics Engineering  
Supervisor: Kari Heikkilä, Project Manager

---

The objective of this Bachelor's thesis was to investigate the challenges in autonomous vehicle adoption and the requirements set for vehicles in Finland and the European Union. The objective was also to identify concrete measures that could accelerate the adoption of the autonomous vehicles. The thesis was carried out as a literature review based on online material, examining studies and official sources such as laws and regulations.

In this Bachelor's thesis, the opportunities and impacts of autonomous vehicles on future transportation were investigated. An overview of the SAE levels of autonomous driving was provided. The key components of autonomous vehicles and their function were examined.

All factors and requirements that could slow down the adoption of autonomous vehicles were investigated in this thesis. These included laws and regulations, infrastructure, ethical issues and cyber security.

As a result, it was discovered that in order to promote the adoption of autonomous vehicles, changes and updates to legislation are necessary to enable further testing of autonomous vehicles. It was also discovered that maintaining the quality of physical infrastructure is necessary to enable safe operating of autonomous vehicles. In addition, vehicle type approval processes require modifications.

Keywords: Autonomous vehicle, future transportation, challenges in autonomous vehicle adoption

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn toteutus	1
1.2	Aiheen rajaus	2
2	Autonomiset ajoneuvot osana liikennettä	2
2.1	Automaation tasot	4
2.2	Autonomisen liikenteen mahdollisuudet	6
3	Autonomisen ajoneuvon keskeiset komponentit	8
3.1	Tutkat	8
3.2	Kamerat	10
3.3	Ajoneuvon paikannus	10
3.4	Kartat	11
4	Autonomisten ajoneuvojen yleistymisen haasteet	11
4.1	Lait ja sopimukset	11
4.2	Vaatimukset infrastruktuurille ja liikenneympäristölle	12
4.3	Eettiset kysymykset	13
4.4	Kyberturvallisuus	14
5	Yhteenveto	15
5.1	Autonomisen liikenteen tulevaisuus ja haasteet	15
5.2	Omaa pohdintaa	16
	Lähteet	17

## Lyhenteet

- ACC: *Adaptive Cruise Control*. Mukautuva vakionopeudensäädin.
- ADAS: *Automated Driving-Assistance System*. Edistykselliset kuljettajaa avustavat järjestelmät.
- ADS: *Automated Driving System*. Laitteisto ja ohjelmisto, jotka yhdessä pystyvät suorittamaan ajotehtävän tietyllä suunnitellulla toiminta-alueella.
- AEB: *Automatic Emergency Braking*. Automaattinen hätäjarrutusjärjestelmä.
- C-ITS: *Cooperative Intelligent Transport System*. Vuorovaikutteiset älykkäiden liikennejärjestelmien välityksellä tarjottavat älyliikenteen palvelut.
- GPS: *Global Positioning System*. Maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä.
- Lidar: *Light Detection and Ranging*. Valotutka.
- LKA: *Lane Keeping Assist*. Kaistallapitoavustin.
- ODD: *Operational Design Domain*. Toimintaympäristö, jossa autonominen ajoneuvo kykenee toimimaan turvallisesti.
- Radar: *Radio Detection and Ranging*. Tutka.
- SAE: *Society of Automotive Engineers*. Autoalan standardisointijärjestö.

SLAM: *Simultaneous Localization and Mapping*. Menetelmä, jonka avulla kyetään paikantamaan kohde sekä havainnoimaan ympäristöä.

V2V: *Vehicle to Vehicle*. Ajoneuvojen välinen kommunikointi.

V2X: *Vehicle to Everything*. Ajoneuvon ja muun ympäristön välinen kommunikointi.

# 1 Johdanto

Teknologian jatkuvan uudistumisen myötä myös liikenne tulee kokemaan suuria muutoksia lähitulevaisuudessa. Uuden teknologian mahdollistamat turvavarusteet tekevät ajoneuvoista entistä turvallisempia käyttäjilleen, ja tekoälyn yleistymisen myötä myös liikenteen automatisoituminen nostaa päätään. Liikenteen automatisoitumisen katsotaan olevan askel kohti turvallisempaa, tehokkaampaa ja kestävämpää liikennettä (Liikenteen automaation taustaa ja näkymiä 2022).

Tällä hetkellä Suomessa autonomisten ajoneuvojen yleistymisen haasteina ovat esimerkiksi infrastruktuurin laajuus, kyberturvallisuus sekä lainsäädäntö (Autonomisen liikenteen edistäminen edellyttää uutta mahdollistavaa lainsäädäntöä ja aiempaa älykkäämpää liikenneinfraa). Liljamon (2020: 5, 41) mukaan suomalaiset ovat kuitenkin suhteellisen valmiita kokeilemaan autonomisia ajoneuvoja, mikäli ne ovat riittävän turvallisia ja luotettavia käyttäjilleen.

Vaikka autonomiset ajoneuvot mahdollistavat paljon tulevaisuuden liikenteessä, aiheuttavat ne myös haasteita monilla eri osa-alueilla. Insinööriyön tavoitteena on selvittää autonomisten ajoneuvojen yleistymiseen liittyvät haasteet sekä esittää ne konkreettiset asiat, joilla voidaan edesauttaa autonomisten ajoneuvojen yleistymistä Suomessa ja Euroopan Unionissa (jäljempänä "EU").

## 1.1 Työn toteutus

Insinööriyö toteutetaan kirjallisuuskatsauksena, ja sen aineisto on rajattu verkkomateriaaleihin. Insinööriyö on suunnattu kaikille liikenteen ja ajoneuvotekniikan tulevaisuudesta kiinnostuneille lukijoille. Insinööriyö toteutetaan, jotta lukijalla olisi ajankohtainen näkemys kaikista niistä haasteista ja vaatimuksista, joita autonomisille ajoneuvoille on asetettu Suomen ja EU:n tasolla. Lisäksi insinööriyössä tuodaan esille konkreettisista asioista, joilla liikenteen automatisoitumista voitaisiin edistää.

## 1.2 Aiheen rajaus

Insinööriyössä tarkastellaan autonomisten ajoneuvojen haasteita ja mahdollisuuksia henkilöautojen näkökulmasta. Vaikka autonomisten ajoneuvojen tulevaisuutta on jo tutkittu laajasti monilla eri osa-alueilla, tässä työssä tarkastellaan erityisesti ympäristön, tekniikan, Suomen ja EU:n lainsäädännön sekä eri sopimusten asettamia vaatimuksia autonomisille ajoneuvoille. Insinööriyössä ei tutkita liikenteen automatisoitumista raskaan kaluston ajoneuvojen kannalta, eikä työssä oteta kantaa autonomisten ajoneuvojen lakivaatimuksiin Suomen tai EU:n ulkopuolella.

## 2 Autonomiset ajoneuvot osana liikennettä

Tieliikenteen turvallisuus on kehittynyt Suomessa viime vuosien aikana teknologian ansiosta, ja vuonna 2023 liikenteessä kuolleita sekä loukkautuneita oli vähemmän kuin koskaan aikaisemmin. Vuonna 2023 henkilöautolla tapahtuneissa liikenneonnettomuuksissa kuoli 95 ihmistä, kun taas vuonna 2021 kuolleiden määrä oli 127 (Henkilövahingot henkilöautossa 2024). Ajoneuvojen kehittyneet turvavarusteet ovat vähentäneet liikenneonnettomuuksien syntymistä sekä lieventäneet niistä johtuneita seurauksia. (Liikenneturvallisuus paranee autokannan uusiutuessa.)

Automaatiolla pyritään välttämään ja vähentämään onnettomuuksia sekä inhimillisiä virheitä tulevaisuuden liikenteessä (Verkottunut ja automatisoituva tieliikenne). Automaattisella ajoneuvolla tarkoitetaan ajoneuvoa, joka kykenee suoriutumaan ajotehtävistä osittain ilman kuljettajan avustusta. Autonomisella ajoneuvolla puolestaan tarkoitetaan sellaista ajoneuvoa, joka kykenee suoriutumaan ajotehtävästä täysin itsenäisesti. (Innamaa ym. 2015: 2.)

Suuri vaikutus turvallisuuden kehitykseen on ollut ADAS-järjestelmien (*Automated Driving-Assistance System*) kehittyneet turvallisuusominaisuudet, kuten kaistavahti, automaattinen hätäjarrutus, jarruassistentti sekä jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden tunnistusjärjestelmä. Tällaiset järjestelmät avustavat kuljettajaa

ajamisessa ja vähentävät onnettomuuksien riskejä hyödyntäen ajoneuvossa olevia erilaisia antureita, tutkia ja kameroita ympäristön havainnointiin. EU listaa asetuksessaan 2019/2144 kaikki ne ADAS-järjestelmät, jotka ovat pakollisia uusissa henkilöautoissa. Tällaisia järjestelmiä ovat muun muassa älykäs nopeusavustin, kuljettajan väsymyksen ja tarkkaavaisuuden tunnistin, hätäjarrituksen merkkivalo, onnettomuustietotallennin sekä peruutustutka. Noin 90 prosenttia liikenneonnettomuuksista johtuu kuljettajan virheestä tai liian hitaasta reaktiosta onnettomuustilanteeseen. Autonomisen ajoneuvon reaktioaika on ihmistä nopeampi, ja sen ollessa linkittyneinä muihin ajoneuvoihin, kykenee se myös tunnistamaan vaaratilanteet ihmistä aikaisemmin. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2019/2144, 2019; From assisted to automated driving 2017; Mitä ovat ADAS-järjestelmät ja mitä ADAS-järjestelmiä autoissa on?)

Yhdysvaltalainen standardijärjestö SAE (*Society of Automotive Engineers*) jakaa autonomisen ajamisen kuuteen eri tasoon standardissaan J3016. Tasolla nolla (0) kuljettaja vastaa ajamisesta täysin itse, ja tasolla viisi (5) ajaminen tapahtuu täysin ilman kuljettajaa. Markkinoilla on tällä hetkellä ajoneuvoja, jotka voivat hetkellisesti ottaa vastuun ajotapahtumasta. Kiiskisen (2023) mukaan ajoneuvoteollisuuden tavoite mennä kohti osittain ja täysin autonomista ajamista on ilmiselvä, mutta sinne pääseminen vaatii vielä paljon innovointia, kehitystyötä sekä testaamista.

Vaikka teknologia onkin jo pitkälle kehittynyttä, täysin autonomisia ajoneuvoja ei todennäköisesti tulla markkinoimaan lähitulevaisuudessa, vaan ajoneuvojen etävalvontaa saatetaan tarvita (Kalamkar ym. 2023). Etävalvonnalla tarkoitetaan ajoneuvon ohjaamista ja hallintaa sekä reittien suunnittelua etäyhteydellä (Aslam, 2024). Etävalvonnan rooli korostuu, kun ajoneuvo kohtaa ongelman, josta se ei itse selviydy. Kaupunkiympäristössä liikkuvien autonomisten ajoneuvojen etävalvonta on tärkeää, sillä kevyen liikenteen käyttäjät ja muut autoilijat saattavat tehdä ennalta-arvaamattomia liikkeitä, jotka voivat aiheuttaa vaaratilanteita. Yksi tapa suorittaa etävalvontaa autonomisille ajoneuvoille voisi olla niiden toiminnan ja tehokkuuden varmistaminen. Etävalvoja voisi ohjeistaa ajoneuvoa ongelmatilanteissa huomioiden ympärillä vallitsevat olosuhteet. (Missä,

miten, milloin ja millä ehdoilla automaattiliikenne oikeastaan (voisi) alkaa? 2023.)

## 2.1 Automaation tasot

Kuvassa 1 on esitetty, miten SAE jakaa standardissa J3016 autonomisen ajamisen kuuteen eri tasoon. Tasot 0–2 sisältävät kuljettajaa avustavia ominaisuuksia, kun taas tasot 3–5 sisältävät automatisoituja ajo-ominaisuuksia. Tasoilla 0–2 kuljettajan täytyy itse ohjata ajoneuvoa ja valvoa avustavien järjestelmien toimivuutta. Tasoilla 3–5 eri ajojärjestelmät taas hoitavat ajamisen kuljettajan puolesta. (SAE Levels of Driving Automation™ Refined for Clarity and International Audience 2021.)

**SAE INTERNATIONAL**

**SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION™**  
Learn more here: [sae.org/standards/content/j3016\\_202104](https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104)

Copyright © 2021 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed AS-IS provided that SAE International is acknowledged as the source of the content.

	SAE LEVEL 0™	SAE LEVEL 1™	SAE LEVEL 2™	SAE LEVEL 3™	SAE LEVEL 4™	SAE LEVEL 5™
What does the human in the driver's seat have to do?	You <b>are</b> driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			You <b>are not</b> driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in "the driver's seat"		
	You <b>must constantly supervise</b> these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you <b>must</b> drive	These automated driving features will not require you to take over driving	
	These are driver support features			These are automated driving features		
What do these features do?	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering <b>OR</b> brake/acceleration support to the driver	These features provide steering <b>AND</b> brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met		This feature can drive the vehicle under all conditions
Example Features	<ul style="list-style-type: none"> <li>• automatic emergency braking</li> <li>• blind spot warning</li> <li>• lane departure warning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lane centering <b>OR</b></li> <li>• adaptive cruise control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lane centering <b>AND</b></li> <li>• adaptive cruise control at the same time</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• traffic jam chauffeur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• local driverless taxi</li> <li>• pedals/steering wheel may or may not be installed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions</li> </ul>

Copyright © 2021 SAE International.

Kuva 1. Autonomisen ajamisen SAE-tasot 0–5 (SAE Levels of Driving Automation™ Refined for Clarity and International Audience 2021).

Tasolla nolla (0) ei ole lainkaan automaatiota ja kuljettaja vastaa täysin itse kaikista ajotehtävistä. Tällä tasolla järjestelmät varoittavat kuljettajaa sekä antavat hänelle hetkellistä apua ajotehtävissä. Tällaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi kaistavahti ja AEB (*Automatic Emergency Braking*). (SAE Levels of Driving Automation™ Refined for Clarity and International Audience 2021.)

Tasoilla 1 ja 2 järjestelmät auttavat kuljettajaa ohjaamiseen, kiihdytykseen sekä jarrutukseen liittyvissä ajotehtävissä. Tällaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi adaptiivinen vakionopeudensäädin ACC (*Adaptive Cruise Control*) sekä kaistalapitoavustin LKA (*Lane Keeping Assist*). Tasot 1 ja 2 eroavat toisistaan siten, että tasolla yksi (1) järjestelmä pystyy avustamaan kuljettajaa joko kiihdytykseen ja jarrutukseen tai ohjaukseen liittyvissä ajotehtävissä, kun taas tasolla kaksi (2) järjestelmät kykenevät avustamaan kuljettajaa edellä mainituissa ajotehtävissä samanaikaisesti. (SAE Levels of Driving Automation™ Refined for Clarity and International Audience 2021.)

Suurin ero ajoneuvon käsittelyn kannalta tapahtuu siirryttäessä tasolta kaksi (2) tasolle kolme (3) (Tieliikenteen automaatiotasot ja toimintaympäristön vaatimukset 2022). Taso kolme (3) eli ehdollinen automaatio tarkoittaa sitä, että ajoneuvo kykenee itsenäisesti suoriutumaan ajotehtävistä normaaleissa ajo-olosuhteissa. Tällä tasolla kuljettajan on kuitenkin oltava valmis ottamaan vastuu ajotehtävän suorittamisesta ajoneuvon sitä pyytäessä. Tason kolme (3) henkilöautoja on tällä hetkellä saatavilla markkinoilla. Kuvassa 2 oleva Mercedes-Benz EQS kykenee ohjaamaan sekä hallitsemaan itseään Drive Pilot -nimisellä järjestelmällä moottoritiellä aina 60 kilometrin tuntinopeuteen asti. Tason kolme (3) teknologialla pyritään vähentämään vaaratilanteita ja onnettomuuksia sekä parantamaan liikenteen tehokkuutta. (Kiiskinen, 2023; Von Bell, 2023.)



Kuva 2. 2024 Mercedes-Benz EQS, jossa on käytössä SAE tason 3 teknologiaa (Von Bell, 2023).

Taso neljä (4) on jo pitkälle autonomisoitu. Se eroaa tasosta kolme (3) siten, että ajoneuvo kykenee itsenäisesti lopettamaan toimintansa turvallisesti toiminta-alueensa loppuessa eikä vaadi kuljettajalta valmiutta suorittaa ajotehtävää (Tieliikenteen automaatiotasot ja toimintaympäristön vaatimukset, 2022). Tason neljä (4) ajoneuvoissa ei ole enää vaatimusta polkimille eikä ohjauspyörälle. Taso viisi (5) vastaa täyttä automaatiota. Tällä tasolla ajoneuvo kykenee ajamaan täysin itsenäisesti eri olosuhteissa sekä ympäristöissä. (SAE Levels of Driving Automation™ Refined for Clarity and International Audience 2021.)

## 2.2 Autonomisen liikenteen mahdollisuudet

Autonomisia ajoneuvoja hyödyntämällä luodaan liikenteestä turvallisempaa, kestäväpää ja tehokkaampaa (Tieliikenteen automaation vaikutuksia liikennejärjestelmässä ja kehityssuuntia 2022). Autonomisten ajoneuvojen avulla voidaan välttyä esimerkiksi kuljettajan väsymyksestä johtuvista virheistä sekä vähentää kuljettajan aiheuttamia vaaratilanteita liikenteessä (Benefits of automated vehicles (AVS)). Autonomisten ajoneuvojen järjestelmät reagoivat mahdollisiin

vaaratilanteisiin noin sekunnin nopeammin kuin ihminen, ja tällä on suuri vaikutus onnettomuuksien syntymiseen (From assisted to automated driving 2017).

Autonomisten ajoneuvojen teknologian ansiosta myös ruuhkien muodostumista voidaan vähentää, sillä ajoneuvot ohjelmoidaan pitämään optimaalista etäisyyttä muihin ajoneuvoihin. Ajoneuvot kykenevät V2V-kommunikointiin (*Vehicle to Vehicle*) keskenään, mikä mahdollistaa esimerkiksi ajoneuvojen samanaikaisen kiihdyttämisen ja jarruttamisen liikenteessä (Self-Driving Cars and The Environment). Koska kuljettajaa ei autonomisessa ajoneuvossa tarvita, matkustajat voivat hyödyntää matkaan kuluvan ajan esimerkiksi nukkumalla tai tekemällä töitä. Autonomiset ajoneuvot mahdollistavat vapaamman liikkumisen myös sellaisille ihmiselle, jotka ovat estyneet itse ajamasta ajoneuvoa. (Benefits of automated vehicles (AVS).)

Autonomisten ajoneuvojen sekä ympärillä olevan infrastruktuurin ja ympäristön välillä tapahtuva kommunikointi mahdollistaa sujuvan ja turvallisen liikenteen. Tällöin puhutaan V2X-kommunikoinnista (*Vehicle to Everything*). V2X-kommunikoinnilla tarkoitetaan sitä, että ajoneuvo kykenee jakamaan antureidensa ja kameroidensa avulla keräämäänsä tietoa muiden ajoneuvojen, ihmisten sekä infrastruktuurin kanssa langattomalla datayhteydellä. Tämän avulla autonomiset ajoneuvot kykenevät vastaanottamaan tietoa onnettomuuksista, rikkoutuneista ajoneuvoista ja liikennesuuhkista, vaikka nämä olisivatkin ajoneuvon anturien kantaman ulkopuolella. Datan avulla kaikki liikenteen käyttäjät voivat optimoida parhaan ja nopeimman reitin määränpäähän. (Vehicle-to-Everything (V2X); Autonomous Vehicle Hardware 2024; From assisted to automated driving 2017.)

Autonomisilla ajoneuvoilla on myös positiivisia vaikutuksia ympäristöön. Autonomiset ajoneuvot tulevat todennäköisesti olemaan sähköautoja, joten mikäli sähkö on tuotettu puhtaasti, vähentää se huomattavasti liikenteestä aiheutuvia päästöjä fossiilisiin polttoaineesiin verrattuna. Sähköautot tuottavat vähemmän ääntä, minkä ansiosta myös melusaaste vähenee sähköautojen yleistymisen myötä. (Self-Driving Cars and The Environment.)

### 3 Autonomisen ajoneuvon keskeiset komponentit

Autonomiset ajoneuvot vaativat paljon teknologiaa toimiakseen liikenteessä. Erilaiset anturit antavat ajoneuvoille tietoa ympäristöstä, ja eri toimilaitteet ohjaavat ajoneuvon liikkeitä ohjelmiston tekemien päätösten mukaan. Optimaalisessa tilanteessa, jossa muita tienkäyttäjiä ei olisi, autonominen ajoneuvo vaatisi toimiakseen vain esimerkiksi kaistallapitoavustimen sekä mukautuvan vaki-nopeudensäätimen. Nämä mahdollistaisivat ajoneuvon nopeuden säätelyn sekä kaistalla pysymisen. Kun yhtälöön lisätään muut liikenteen käyttäjät, vaihtelevat sääolosuhteet ja tilanteet, jossa esimerkiksi kaistaviivoja ei ole, vaaditaan ajoneuvon tekniikalta kuitenkin paljon enemmän. (Autonomous Vehicle Hardware 2024; Innamaa ym. 2015: 11–13.)

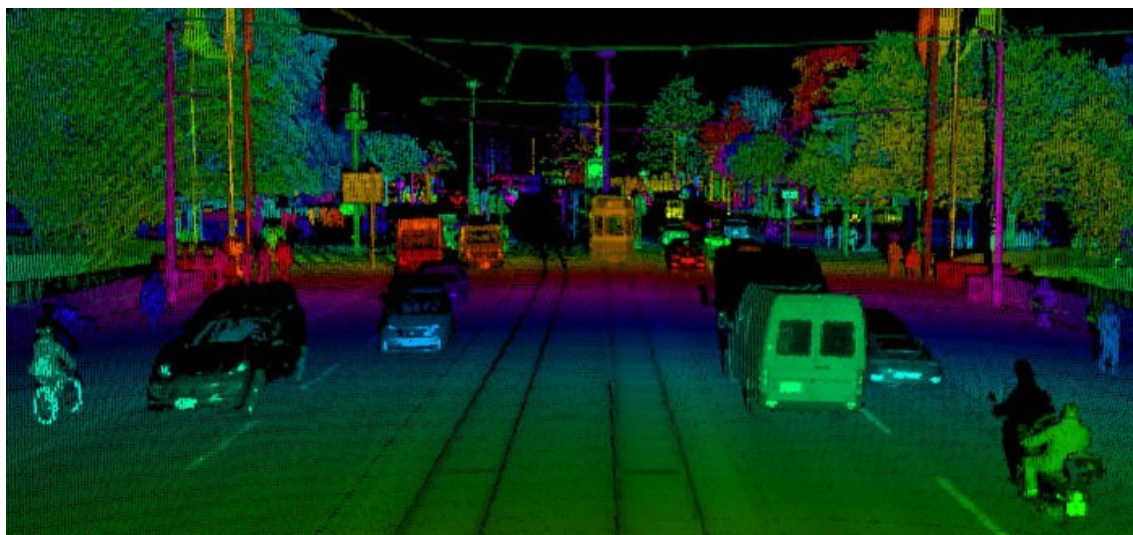
#### 3.1 Tutkat

Autonomiset ajoneuvot tarvitsevat erilaisia tutkia ja antureita ympäristön havainnointiin. Autonomisessa ajoneuvossa käytetään radiotaajuuksia ja valoa hyödyntäviä tutkia, joiden avulla tunnistetaan esimerkiksi muita ajoneuvoja, jalkakulkijoita, liikennemerkkejä ja kaistaviivoja sekä niiden etäisyyttä ajoneuvosta. (Autonominen ajaminen 2021.) Tutka eli Radar (*Radio Detection and Ranging*) mahdollistaa kohteiden havaitsemisen pitkän kantaman päästä ajoneuvosta. Pitkän kantaman tutka lähettää pulsseja 76 ja 77 gigahertsin välisellä taajuusalueella, jotka heijastuvat takaisin edessä olevista ajoneuvoista sekä muista kohteista. Takaisin heijastuvista aalloista kyetään analysoimaan kohteen etäisyys sekä nopeus. Tällaisia tutkia käytetään esimerkiksi mukautuvassa vaki-nopeudensäätimessä. (Innanmaa ym. 2015: 13–14; Bosch, 2014: 53.)

Tutkan hyviä puolia ovat sen pitkä, parhaimmillaan yli 200 metriin asti ulottuva kantama pituussuunnassa sekä sen kyky toimia huonoissakin sääolosuhteissa. Tutkan avulla on kuitenkin hankalaa tunnistaa ja luokitella kohteita ajoneuvon sivuilta. Toisin kuin pituussuunnassa, sivuttaissuunnassa tutkan kantama on lyhyt, eikä se kykene kohteiden tarkkaan tunnistamiseen. Ajoneuvokäytössä hyödynnetään myös lyhyen kantaman tutkia, jotka toimivat 24 gigahertsin

taajuusalueella, ja niitä käytetään esimerkiksi törmäysantureissa. (Innanmaa ym. 2015: 13–14; Bosch, 2014: 213, 232, 256.)

Valotutka eli Lidar (*Light Detection and Ranging*) toimii kuten normaali tutka, mutta siinä käytetään radiotaajuuden sijaan valoa kohteiden sekä etäisyyden tunnistamiseen. Valotutka lähettää valopulsseja, joiden heijastumisen kulkuajan perusteella ajoneuvo saa tiedon kohteen etäisyydestä nopeasti. Valotutkan mittausetäisyys on parhaimmillaan noin 250 metriä. Vaikka valotutkilla saadaan nopeaa ja tarkkaa tietoa ajoneuvon ympäristöstä, on niiden hinta vielä tois-  
taiseksi hyvin korkea ja mittausetäisyys suhteellisen lyhyt. Yksittäisen tutkan hinta voi olla jopa 70 000 euroa. Lisäksi ajoneuvon on vaikea käsitellä valotut-  
kalla saatuja ympäristötietoja, mikä hankalottaa hahmontunnistusta liikenteessä. (Innamaa ym. 2015: 16–17.)



Kuva 3. Lidar-tutkan näkymä, joka on käytössä vuoden 2024 Volvo EX90 -ajoneuvossa (Ulrich, 2023).

Ultraääntä hyödynnetään autonomisissa ajoneuvoissa lähinnä ajoneuvon lähiympäristön mittaamiseen sen lyhyen mittausetäisyyden takia, joka on maksimissaan noin viisi metriä ajoneuvosta. Esimerkiksi pysäköintitutkassa hyödynnetään ultraääntä. Ultraäänianturi lähettää ultraäänipulsseja 40 kilohertsin taajuudella, ja niiden heijastusajan mukaan mitataan kohteen etäisyys

ajoneuvosta. Ultraäänen heijastumiseen vaikuttaa ympärillä vallitsevat sääolosuhteet. (Innamaa ym. 2015: 16; Bosch, 2014: 256.)

### 3.2 Kamerat

Kamera on edullisen hintansa sekä hyvän erotuskykynsä takia suosituin anturi ajoneuvojen ympäristön havainnointiin. Autonomiset ajoneuvot hyödyntävät korkean resoluution kameroita esimerkiksi esineiden sekä liikennemerkkien tunnistamiseen. Yksittäisen kameran avulla ei kuitenkaan voida tunnistaa kohteen etäisyyttä ajoneuvosta. Tähän tarkoitukseen käytetään kamerapareja, joiden kuvia vertailemalla ja analysoimalla voidaan muodostaa etäisyyskuva kohteesta. Kuvien prosessointi ja tiedonsiirto hidastavat analyysin muodostumista, ja tietyt olosuhteet hankaloittavat kuvien analysointia. Esimerkiksi talvella kamera ei välttämättä tunnista lumisen tien ääri viivoja, eikä kamera valoriippuvuutensa vuoksi toimi hyvin pimeässä. Tästä syystä ajoneuvokäyttöön soveltuvia lämpökameroita hyödynnetään pimeässä ajettaessa, vaikka niiden erotuskyky on heikompi, eikä lämpötilanmittaus ole kovinkaan tarkkaa. (Autonomous Vehicle Hardware 2024; Innamaa ym. 2015: 14–16.)

### 3.3 Ajoneuvon paikannus

Ajoneuvon sijainti saadaan selville GPS-järjestelmän (*Global Positioning System*) avulla, mikä mahdollistaa navigoinnin liikenteessä. Autonomisten ajoneuvojen käyttöön vaaditaan kuitenkin tarkempaa paikannustietoa, jotta ajoneuvo kykenee esimerkiksi pysymään omalla kaistallaan. Koska autonomisessa ajoneuvossa ei voida pelkästään luottaa ajoneuvon paikkatietoon, käytetään niissä SLAM-menetelmää. SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*) tarkoittaa, että ajoneuvoa paikannetaan ja ympäristöä havainnoidaan samanaikaisesti. Ajoneuvon kameroiden sekä tutkien tietojen perusteella luodaan kartta lähialueesta, mikä mahdollistaa toiminnan esimerkiksi tunnelissa, jossa GPS-järjestelmän yhteys voi olla huono. (Autonominen ajaminen 2021.)

### 3.4 Kartat

Digitaalisten karttojen saatavuus on parantunut huomattavasti Googlen maailmanlaajuisen kartaston avulla. Autonomiset ajoneuvot ovat riippuvaisia ajantasaisista ja tarkoista karttatiedoista, koska ajoneuvoille luodaan yksityiskohtaiset reittisuunnitelmat. Reittisuunnitelmien avulla ajoneuville kerrotaan, miten reitti tulisi ajaa. Reittisuunnitelmaa varten täytyy siis olla tiedossa muun muassa nopeusrajoitukset, suojatiet ja risteykset sekä liikennevalot, jotka saadaan kartta-aineistosta. Jos reittisuunnitelma on virheellinen, voi se aiheuttaa vaaratilanteita liikenteessä. Tämän vuoksi ajoneuvon ohjaamista ei voida jättää pelkästään GPS-järjestelmän ja karttatietojen varaan, vaan tarvitaan myös ympäristön havainnointia ajoneuvon muita järjestelmiä käyttämällä. (Innamaa ym. 2015: 19–20.)

## 4 Autonomisten ajoneuvojen yleistymisen haasteet

Autonomisten ajoneuvojen yleistymisellä voidaan vaikuttaa koko liikennejärjestelmän turvallisuuteen, kestävyyteen ja tehokkuuteen. Haasteita autonomisten ajoneuvojen yleistymiselle luo epävarmuus siitä, miten varmistetaan sujuva ja turvallinen liikennejärjestelmän toiminta, kun liikenteessä kulkee autonomisia sekä perinteisiä ajoneuvoja. (Liikenteen automaation taustaa ja näkymiä 2022.) Autonomisten ajoneuvojen suurimpia haasteita on kehittää ajoneuvon tilannetietoisuus sille tasolle, että se kykenee reagoimaan kaikkiin liikenteessä tapahtuviin tilanteisiin (Innamaa ym. 2015: 68). Tässä kappaleessa tarkastellaan yksityiskohtaisesti autonomisten ajoneuvojen yleistymiseen liittyviä haasteita.

### 4.1 Lait ja sopimukset

Autonomisten ajoneuvojen käyttöönottoa hidastaa muun muassa se, että siihen liittyvä lainsäädäntö ei ole ajan tasalla (Autonomisen liikenteen edistäminen edellyttää uutta mahdollistavaa lainsäädäntöä ja aiempaa älykkäämpää liikenneinfraa). Wienissä vuonna 1968 tehdyssä tieliikennettä koskevassa yleissopimuksessa (SopS 30/1986) on määritelty 2. luvun artiklassa 8, että liikkuvalla

ajoneuvolla tai ajoneuvoyhdistelmällä tulee olla kuljettaja. Vuonna 2022 tuli voimaan tieliikennettä koskeva yleissopimus (SopS 12/2023), jonka mukaan kuljettajalle asetettu vaatimus täyttyy, mikäli ajoneuvo käyttää tiettyjä vaatimuksia ja sopimuksia noudattavaa automaattista ajojärjestelmää.

Autonomisen liikenteen lainsäädännön haasteet liittyvät suurimmilta osin tietoturvallisuuteen ja tyyppihyväksyntälainsäädäntöön sekä niihin liittyviin uudistamistarpeisiin (Autonomisen liikenteen edistäminen edellyttää uutta mahdollistavaa lainsäädäntöä ja aiempaa älykkäämpää liikenneinfraa). Tyyppihyväksynnällä tarkoitetaan menettelyä, jossa hyväksyntäviranomainen varmentaa ajoneuville tai järjestelmälle sitä koskevat tekniset vaatimukset (Ajoneuvolaki 2021: § 2). Euroopan komissio listaa täytäntöönpanoasetuksessaan (EU 2022/1426) liitteessä kaksi (2) ADS-järjestelmälle (*Automated Driving System*) suorituskykyvaatimukset, joista sen tulee suoriutua ajotehtävän aikana. Näihin suorituskykyvaatimuksiin kuuluu muun muassa, että ADS-järjestelmän on kyettävä suorittamaan koko ajotehtävä turvallisilla nopeuksilla ja nopeusrajoituksia noudattaen, pidettävä riittävä etäisyys muihin tienkäyttäjiin sekä säädettävä toimintaansa turvallisuusriskien mukaan ja annettava etusija ihmishengen suojelulle. ADS-järjestelmien on myös havaittava esimerkiksi ruuhkat, liikenneonnettomuudet ja hälytysajoneuvot sekä reagoitava näihin asianmukaisesti. Asetukseen on myös listattu vaatimukset autonomiselle ajoneuville häiriö- sekä hätätilanteessa. (EU 2022/1426.)

#### 4.2 Vaatimukset infrastruktuurille ja liikenneympäristölle

Autonomiset ajoneuvot kykenevät turvalliseen liikkumiseen muun liikenteen seassa vain niiden ollessa yhteydessä infrastruktuuriin ja muihin ajoneuvoihin (Tieliikenteen automaation vaatimukset infrastruktuurille). ODD (*Operational Design Domain*) eli autonomisille ajoneuvoille suunniteltu toimintaympäristö määrittelee olosuhteet, joissa autonominen ajoneuvo kykenee toimimaan itsenäisesti ja turvallisesti. Näihin olosuhteisiin vaikuttavat esimerkiksi sää, maasto ja vuorokaudenaika. Ihmisten toiminta on välttämätöntä ajoneuvojen ohjaamisessa siihen saakka, että autonomiset ajoneuvot kykenevät itse toimimaan

kaikissa tilanteissa, ympäristöissä ja olosuhteissa, joita ne kohtaavat ajon aikana. (What Are Operational Design Domains? 2023.)

Autonomisten ajoneuvojen yleistyminen on yksi tiedonsiirtotarpeiden kasvuun vaikuttavista tekijäistä (Vaatiiko tulevaisuuden liikenne investointeja viestintäverkkoihin? 2020). Uudistuvat liikenteen palvelut sekä liikenteen automaatio asettavat vaatimuksia tietoliikenneyhteyksien sekä matkaviestinverkkojen kapasiteetille, nopeudelle, viiveelle ja virheettömyydelle. Tällaisia palveluita ovat muun muassa C-ITS-palvelut (*Co-operative Intelligent Traffic System Services*). C-ITS-palveluilla tarkoitetaan vuorovaikutteisten älykkäiden liikennejärjestelmien välityksellä tarjottavia älyliikenteen palveluja. Tällaisten palvelujen avulla ajoneuvo kykenee jakamaan tietoa infrastruktuurin sekä muiden tienkäyttäjien kanssa reaaliajassa. Suomen liikenneväylillä tulee viestintäverkkojen kattavuutta ja kehitystä edistää, jotta mahdollistettaisiin autonomisten ajoneuvojen ja niihin liittyvien palveluiden yleistyminen (Vaatiiko tulevaisuuden liikenne investointeja viestintäverkkoihin? 2020; Miettinen ym. 2021: 69; Kotilainen ym. 2023: 12.)

Autonomisten ajoneuvojen yleistyminen ei aseta suuria vaatimuksia fyysiselle infrastruktuurille. Tien päällysteen tulee kuitenkin olla hyvässä kunnossa, eikä tiellä saa olla suuria määriä kuoppia tai syviä uria, joihin vesi voisi kertyä. Lisäksi tiemerkintöjen sekä liikennemerkkien tulee olla näkyvissä ja tunnistettavissa kameroiden avulla. Tulevaisuudessa saatetaan kuitenkin tarvita moottoreille esimerkiksi väistötiloja, joihin autonominen ajoneuvo saadaan ohjattua häiriötilanteessa. (Miettinen ym. 2021 :120–121.)

### 4.3 Eettiset kysymykset

Autonomisten ajoneuvojen yksi suurimmista haasteista tulee olemaan ihmisen päättelykyvyn korvaaminen tekoälyllä. Tekoäly ohjelmoidaan ongelmatilanteissa valitsemaan ratkaisu pienimmän haitan periaatteella, eli välttämällä kolarit sekä henkilövahingot. Haasteita luovat tilanteet, joissa tekoäly joutuu valitsemaan kahden huonon vaihtoehdon väliltä. Tällaisissa tilanteissa tekoälyn logiikan tulisi

perustua lainsäädäntöön eikä yksittäisten yritysten tekemiin päätöksiin. Haasteita luo myös se, jos valtioiden välillä on eroja eettisten ongelmatilanteiden ratkaisuisissa. Myös vastuun jakautuminen esimerkiksi kolaritilanteessa herättää kysymyksiä. Jos vastuu on ajoneuvon valmistajalla, tulee se todennäköisesti jarruttamaan autonomisten ajoneuvojen kehitystä. (Lehti ym. 2019.)

Autonomiselle ajoneuvolle asetetut suorituskykyvaatimukset hätätoimintatilassa on listattu vuonna 2022 annetussa komission täyttöönpaanoasetuksessa (EU 2022/1426). Tällaisia vaatimuksia ovat muun muassa, että ajoneuvon on kyettävä havaitsemaan riski törmäyksestä muihin tienkäyttäjiin tai yhtäkkiä ilmenevään esteeseen ja suorittamaan automaattisesti asianmukaiset hätätoimet. Mikäli tällaisesta tilanteesta aiheutuu kuitenkin väistämätön ihmisen henkeen kohdistuva riski, ei autonominen ajoneuvo saa asettaa ihmisiä eriarvoiseen asemaan heidän ominaisuuksiensa perusteella. (Komission täyttöönpaanoasetus (EU) 2022/1426.)

#### 4.4 Kyberturvallisuus

Tiedon hyödyntäminen ja kehitys teknologiassa ovat keskeisiä asioita älykkään liikenteen ja liikenneturvallisuuden kehittämässä. Kehityksen myötä tietoa tullaan keräämään entistä enemmän verkosta ja laitteista, mikä asettaa vaatimuksia kyberturvallisuudelle. Kyberturvallisuus tarkoittaa tavoitettua tilaa, jossa kybertoimintaympäristöön voidaan luottaa ja sen käyttö on turvallista. Suojautuminen kyberturvallisuuteen kohdistuvilta uhilta vaatii ajankohtaista tietoa. (Immonen & Reinimäki, 2021; Kyberturvallisuus tieinfrassa, älyliikenteessä ja ajoneuvoissa 2024.)

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä (EU 2022/2555) tietyillä toimenpiteillä on varmistettava, että verkko- ja tietojärjestelmien turvallisuuden taso on oikeassa suhteessa riskeihin. Näitä toimenpiteitä ovat muun muassa riskianalyytit ja tietoturvajärjestelmien turvallisuutta koskevat politiikat, poikkeamien käsittely ja toiminnan jatkuvuuden hallinta sekä kriisinhallinta. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2022/2555.)

## 5 Yhteenveto

### 5.1 Autonomisen liikenteen tulevaisuus ja haasteet

Autonomiset ajoneuvot tulevat muuttamaan liikenneturvallisuutta sekä liikkumisen mahdollisuuksia merkittävästi tulevaisuudessa. Jotta autonomiset ajoneuvot voivat yleistyä, täytyy teknologian sekä siihen liittyvän lainsäädännön muuttua ja uudistua. EU-tason lakimuutokset mahdollistaisivat tarkempaa tutkimus- ja kehitystyötä aiheeseen, jonka avulla pystyttäisiin kehittämään infrastruktuuria autonomisille ajoneuvoille sopivammaksi. Myös Suomessa haasteet liittyvät infrastruktuuriin ja sen ominaisuuksiin. (Autonomisen liikenteen edistäminen edellyttää uutta mahdollistavaa lainsäädäntöä ja aiempaa älykkäämpää liikenneinfraa.)

Autonomisten ajoneuvojen yleistyminen luo lisää vaatimuksia esimerkiksi liikenteen ohjaukselle ja infrastruktuurin kunnossapidolle. Tiestön kunnon tulee olla riittävän hyvä ja tienpinnan korjausta sekä talvikunnossapitoa vaaditaan, jotta autonomiset ajoneuvot kykenevät ajamaan turvallisesti. Lisäksi liikenteenohjauslaitteistoa tulisi huoltaa ja uudistaa. (Automated Driving on Motorways (AUTOMOTO) 2021: 91.)

Jotta autonomiset ajoneuvot voisivat yleistyä, tulisi myös automaatiotasoon liittyviä kokeiluja mahdollistaa liikenteessä eri ympäristöissä. Koska kehitysvaiheessa olevat autonomiset ajoneuvot eivät kaikilta osin täytä lain edellytyksiä, tulisi lakiin tehdä poikkeus, mikä mahdollistaisi autonomisten ajoneuvojen testaukset. Komission täytäntöönpanoasetuksen (EU 2022/1426) mukaan täysin automatisoituja ajoneuvoja koskevaa kokonaisen ajoneuvon tyyppihyväksyntää varten olisi automatisoidun ajojärjestelmän tyyppihyväksyntää täydennettävä. (Miettinen ym. 2021: 125–126.)

## 5.2 Omaa pohdintaa

Insinööriyössä selvitettiin autonomisten ajoneuvojen yleistymistä hidastavia tekijöitä. Tavoitteena oli tarjota lukijalle ajankohtaista tietoa niistä haasteista ja vaatimuksista, jotka hidastavat autonomisten ajoneuvojen yleistymistä Suomessa ja EU:ssa. Lisäksi tavoitteena oli selvittää konkreettisia asioita, joiden avulla yleistymistä voitaisiin edistää. Tämän työn aikana havaittiin, että autonomisten ajoneuvojen sekä älykkään liikenteen yleistymistä edistäviä muutoksia ja hankkeita on jo tehty Suomessa sekä EU:ssa.

Haasteita lähdettiin selvittämään aiheeseen liittyvien verkkoaineistojen, tutkimusten sekä lain asettamien vaatimusten pohjalta. Työssä käytettyjen lähteiden avulla kyettiin tunnistamaan haasteita liikenteen automatisoitumisen yleistymiselle. Haasteita insinööriyön tekemiselle aiheutti aiheen laajuus ja se, että yksityiskohtaista tietoa oli hankalaa löytää luotettavista lähteistä.

Insinööriyössä ei käsitelty autonomisten ajoneuvojen yleistymiseen liittyviä haasteita Suomen ja EU:n ulkopuolella. Insinööriyössä ei myöskään syvennytty esimerkiksi korvauskysymyksiin liittyviin haasteisiin. Insinööriyössä olisi voitu käsitellä laajemmin autonomisten ajoneuvojen keskeisiä komponentteja sekä niiden toimintaperiaatteita. Autonomisten ajoneuvojen toimintaan liittyvää kirjallisuutta olisi voitu myös hyödyntää insinööriyön aikana ja haasteita sekä vaatimuksia olisi voitu tutkia enemmän. Lisäksi konkreettisia asioita autonomisten ajoneuvojen yleistymiselle olisi voitu avata ja tarkastella yksityiskohtaisemmin.

Tätä insinööriyötä voidaan hyödyntää tulevaisuuden jatkotutkimuksissa, jotka käsittelevät autonomisten ajoneuvojen yleistymistä sekä aiheeseen johdattelevana tietopakettina. Insinööriyön aiheen tutkimista voitaisiin jatkaa esimerkiksi tekemällä kyselytutkimus yrityksille ja viranomaisille autonomisten ajoneuvojen yleistymiseen liittyen. Tällaisen kyselytutkimuksen avulla voitaisiin saada konkreettisempia näkemyksiä autonomisten ajoneuvojen yleistymiseen liittyviin haasteisiin.

## Lähteet

Ajoneuvolaki. 2021. 15.1.2021/82.

Asetus tieliikennettä koskevan yleissopimuksen voimaansaattamisesta. 1986. SopS 30/1986. Annettu 1.4.1986.

Aslam, Talha. 2024. Autonomous Vehicle Remote Control and Monitoring System In 2024. Verkkoaineisto. Drive Elect. <<https://drivelect.com/autonomous-vehicle-remote-control-and-monitoring/>>. 25.3.2024. Luettu 12.10.2024.

Automated Driving on Motorways (AUTOMOTO): Study of Infrastructure Support and Classification for Automated Driving on Finnish Motorways. 2021. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-317-857-1>>. 24.11.2021. Luettu 1.11.2024.

Autonominen ajaminen. 2021. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <<https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/autonominen-ajaminen>>. 16.12.2021. Luettu 16.10.2024.

Autonomisen liikenteen edistäminen edellyttää uutta mahdollistavaa lainsäädäntöä ja aiempaa älykkäämpää liikenneinfraa. Verkkoaineisto. Autotuoja ja -teollisuus ry. <[https://www.autotuoja.fi/linjaukset/autonomisen\\_liikenteen\\_kehitys](https://www.autotuoja.fi/linjaukset/autonomisen_liikenteen_kehitys)>. Luettu 2.10.2024.

Autonomous Vehicle Hardware. 2024. Verkkoaineisto. Dorleco. <<https://dorleco.com/autonomous-vehicle-hardware/>>. 17.6.2024. Luettu 12.10.2024.

Benefits of automated vehicles (AVS). Verkkoaineisto. Alliance For Automotive Innovation. <<https://www.autosinnovate.org/initiatives/innovation/autonomous-vehicles/benefits-of-havs>>. Luettu 7.10.2024.

Bosch, Robert. 2014. Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics. E-kirja. Springer Vieweg.

Clas Von Bell. 2023. Mercedes-Benz tuo Level 3 -tason autonomisen ajamisen Yhdysvaltoihin. Verkkoaineisto. Autotoday. <[https://autotoday.fi/mercedes-benz-tuo-level-3-tason-autonomisen-ajamisen-yhdysvaltoihin/#google\\_vignette](https://autotoday.fi/mercedes-benz-tuo-level-3-tason-autonomisen-ajamisen-yhdysvaltoihin/#google_vignette)>. 5.2.2023. Luettu 2.10.2024.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2019/2144. 2019. Asetus. Euroopan Unioni. Päivitetty 7.7.2024.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi toimenpiteistä kyberturvallisuuden yhteisen korkean tason varmistamiseksi kaikkialla unionissa. 2022. Direktiivi 2022/2555/EU. Verkkoaineisto. Euroopan unionin virallinen verkkosivusto 14.12.2022.<<http://data.europa.eu/eli/dir/2022/2555/oj>>. Luettu 1.11.2024.

From assisted to automated driving. Verkkoaineisto. Infineon. <<https://www.infineon.com/cms/en/discoveries/adas-to-ad/>>. Päivitetty 12/2017. Luettu 12.10.2024.

Henkilövahingot henkilöautossa. 2024. Verkkoaineisto. Liikenneturva. <<https://www.liikenneturva.fi/tutkimukset/henkilovahingot-henkiloautossa/#b07fd9a8>>. 18.6.2024. Luettu 1.11.2024.

Immonen, Elina & Reinimäki, Saara. 2021. Teknologia tuo turvallisuutta liikenteeseen. Verkkoaineisto. Valtioneuvosto. <<https://valtioneuvosto.fi/-/1410829/teknologia-tuo-turvallisuutta-liikenteeseen>>. 17.6.2021. Luettu 28.10.2024.

Innamaa, Satu; Kanner, Heikki; Rämä, Pirkko & Virtanen, Ari. 2015. Automaation lisääntymisen vaikutukset tieliikenteessä. Verkkoaineisto. Trafi. <[https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/20473-Trafi\\_tutkimuksia\\_01-2015\\_-\\_Automaattiajaminen.pdf](https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/20473-Trafi_tutkimuksia_01-2015_-_Automaattiajaminen.pdf)>. 22.1.2015. Luettu 29.9.2024.

Kalamkar, Snehanjali; Biener, Verena; Beck, Fabian & Gruber, Jens. 2023. Remote Monitoring and Teleoperation of Autonomous Vehicles – Is Virtual Reality an Option? Verkkoaineisto. IEEE Computer Society.

<<https://www.computer.org/csdl/proceedings-article/is-mar/2023/283800a463/1SBIRbwwqE8>>. Luettu 7.10.2024.

Kiiskinen, Juha. 2023. Kolmostason osittain autonominen ajaminen – esimerkkinä Mercedes-Benz. Verkkoaineisto. Suomen Autoteknillinen Liitto.

<<https://satl.fi/2023/08/04/kolmostason-osittain-autonominen-ajaminen/>>. 4.8.2023. Luettu 1.10.2024.

Komission täyttönpanoasetus (EU) 2022/1426. 2022. EU 1426/5.8.2022.

Kotilainen, Ilkka; Schollier, Johan; Öörni, Risto & Kulmala, Risto. 2024. Viranomaisten roolit vuorovaikutteisten älykkäiden liikennejärjestelmien (C-ITS) palveluiden käyttöönotossa ja operatiivisessa käytössä. Verkkoaineisto. Traficom. <[https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/C-ITS-roolit\\_raportti\\_fi-nal.pdf](https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/C-ITS-roolit_raportti_fi-nal.pdf)>. 7.3.2024. Luettu 27.10.2024.

Lehti, Kari-Matti; Leppä, Mikko & Kaunisvaara, Mikko. 2019. Kuka vastaa itseajavan auton etiikasta? Verkkoaineisto. HPP Asianajotoimisto. <<https://hpp.fi/uutiset/kuka-vastaa-itseajavan-auton-etiikasta/>>. 23.1.2019. Luettu 28.10.2024.

Kyberturvallisuus tieinfrassa, älyliikenteessä ja ajoneuvoissa. 2024. Verkkoaineisto. Traficom. <<https://static.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/kyberturvallisuus-tieinfrassa-alyliikenteessa-ja-ajoneuvoissa>>. Päivitetty 18.10.2024. Luettu 28.10.2024.

Liikenteen automaation taustaa ja näkymiä. 2022. Verkkoaineisto. Traficom. <<https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikenteen-automaation-taustaa-ja-nakymia>>. Päivitetty 11.12.2023. Luettu 7.10.2024.

Liljamo, Timo. 2020. Tieliikenteen automaation ja palveluistumisen vaikutukset ihmisten liikkumiseen tulevaisuudessa. Väitöskirja. Tampereen yliopisto. Trepo-tietokanta.

Miettinen, Kirsi; Miettinen, Anne; Hauta, Janne; Töyrylä, Sonja & Reinimäki, Saara. 2021. Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelma. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintäministeriö. <[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163629/LVM\\_2021\\_28.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163629/LVM_2021_28.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. 25.11.2021. Luettu 27.10.2024.

Missä, miten, milloin ja millä ehdoilla automaattiliikenne oikeastaan (voisi) alkaa? 2023. Verkkoaineisto. ITS Finland ry. <<https://its-finland.fi/news-article/missa-miten-milloin-ja-milla-ehdoilla-automattiliikenne-oikeastaan-voisi-alkaa/>>. 14.3.2023. Luettu 7.10.2024.

Mitä ovat ADAS-järjestelmät ja mitä ADAS-järjestelmiä autoissa on? Verkkoaineisto. Traficom. <<https://traficom.fi/fi/liikenne/autoilijalle/mita-ovat-adas-jarjestelmat-ja-mita-adas-jarjestelmia-autoissa>>. Päivitetty 13.9.2023. Luettu 29.9.2024.

SAE Levels of Driving Automation™ Refined for Clarity and International Audience. 2021. Verkkoaineisto. SAE International. <<https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update>>. 3.5.2021. Luettu 2.10.2024.

Self-Driving Cars and The Environment. Verkkoaineisto. Darwin. <<https://darwincav.com/self-driving-cars-and-the-environment/>>. Luettu 8.10.2024.

Tieliikenteen automaation vaatimukset infrastruktuurille. Verkkoaineisto. Suomen tieyhdistys. <<https://www.tieyhdistys.fi/tie-ja-liikenne/artikkelit/tieliikenteen-automaaation-vaatimukset-infrastruktuurille/>>. Luettu 27.10.2024.

Tieliikenteen automaation vaikutuksia liikennejärjestelmässä ja kehityssuuntia. 2022. Verkkoaineisto. Traficom. <<https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/tieliikenteen-automaaation-vaikutuksia-liikennejarjestelmassa-ja-kehityssuuntia>>. Päivitetty 9.9.2024. Luettu 22.9.2024.

Tieliikenteen automaatiotasot ja toimintaympäristön vaatimukset. 2022. Verkkoaineisto. Traficom. <<https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/tieliikenteen->

automaatiotasot-ja-toimintaympariston-vaatimukset>. Päivitetty 11.12.2023. Luettu 2.10.2024.

Vaatiiko tulevaisuuden liikenne investointeja viestintäverkkoihin? 2020. Verkkoaineisto. Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/vaatiiko-tulevaisuuden-liikenne-investointeja-viestintaverkkoihin>>. 22.12.2020. Luettu 27.10.2024.

Valtioneuvoston asetus tieliikennettä koskevaan yleissopimukseen tehdyistä muutoksista. 2023. SopS 12/2023. Annettu 16.6.2022.

Vehicle-to-Everything (V2X). Verkkoaineisto. BlackBerry. <<https://blackberry.qnx.com/en/ultimate-guides/software-defined-vehicle/vehicle-to-everything>>. Luettu 14.10.2024.

Verkottunut ja automatisoituva tieliikenne. Verkkoaineisto. Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/liikennejarjestelma/verkottunut-ja-automatisoituva-tieliikenne?toggle=Automaatio%20linkit&toggle=Kysymyksi%C3%A4%20ja%20vastauksia%20verkottuneista%20ja%20automatisoituneista%20ajoneuvoista>>. Päivitetty 18.11.2021. Luettu 29.9.2024.

Ulrich, Lawrence. 2023. Volvo Engineer Luminar Lidar into 2024 EX90. Verkkoaineisto. SAE International. <<https://www.mobilityengineeringtech.com/component/content/article/47269-sae-ma-07049>>. 1.2.2023. Luettu 10.11.2024.

What Are Operational Design Domains? 2023. Verkkoaineisto. Aptiv. <<https://www.aptiv.com/en/insights/article/what-are-operational-design-domains>>. 11.12.2023. Luettu 27.10.2024