

# Autonomisten ajoneuvojen vaikutus liikennesuunnitteluun sekä kuljettajien osaamis- ja koulutustarpeisiin

Otto Lappi, dosentti, FT, yliopistonlehtori, kognitiotiede/liikennetutkimusyksikkö, digitaalisten ihmistieteiden osasto, Helsingin Yliopisto

Esko Lehtonen, FT, tutkijatohtori, Chalmers University of Technology, Göteborg, Ruotsi

Ida Maasalo, FM, väitöskirjatutkija, kognitiotiede/liikennetutkimusyksikkö, digitaalisten ihmistieteiden osasto, Helsingin yliopisto

Jami Pekkanen, FM, väitöskirjatutkija, kognitiotiede/liikennetutkimusyksikkö, digitaalisten ihmistieteiden osasto, Helsingin yliopisto

Anna-Mari Rusanen, FT, yliopistonlehtori, kognitiotiede, digitaalisten ihmistieteiden osasto, Helsingin Yliopisto

## 1. Johdanto

Tekoäly muuttanee merkittävästi liikennettä tulevaisuudessa. Optimistisimmissä ennusteissa povataan vallankumousta, jossa täysin itseajavat autot ovat todellisuutta jo muutaman vuoden kuluttua. Todennäköisempää on kuitenkin se, että automaation aste lisääntyy asteittain lähitulevaisuudessa. Kuitenkin myös tämä kehitys synnyttää uudenlaisia osaamistarpeita. Tarkastelemme seuraavassa osaamistarpeiden muutoksia kuljettaja-/käyttäjäkoulutuksen ja liikennesuunnittelun näkökulmista. Lisäksi lopussa pohdimme automatisaatiokehityksen synnyttämiä tutkimustarpeita.

Keskeisin toteamuksemme on, että ajoneuvojen automatisaation myötä turvallisen ajotaidon kriteerit muuttuvat. Ajotaidossa on kyse liikenteentilanteiden lukutaidosta, ei pelkästä liikennesääntöjen tuntemuksesta ja mekaanisesta noudattamisesta. Liikennetilanteissa turvallinen ajotaito edellyttää kykyä tulkita ympäristön, kontekstin ja olosuhteiden vaikutuksia niin ajoneuvoon kuin toisiin tiellä liikkujiin. Tulevaisuudessa turvallisen ajotaidon painopisteet tulevat siirtymään ajoneuvon käsittelystä ja liikennetilanteiden hallinnasta (esim. turvallinen tilannenopeus) ajoneuvon käyttöliittymän ja järjestelmän rajoitteiden hahmottamisen suuntaan. Tämä on huomioitava niin kuljettaja-/käyttäjäkoulutuksessa ja niihin perustuvissa ajo-oikeuksien määrittelyssä kuin liikennesuunnittelussa ja -koulutuksessa.

Lisäksi huomautamme, että vaikka automatisaatio todennäköisesti vähentää tulevaisuudessa liikenneonnettomuuksien kokonaismäärää, se voi lisätä uudenlaisia onnettomuusriskejä. Ongelmallista on se, että tällä hetkellä tutkimustietoa automatisaation vaikutuksista liikenneturvallisuuden näkökulmasta ei vielä juurikaan ole. Jotta ajoneuvojen automaation kehitykseen voitaisiin reagoida tarkoituksenmukaisesti, tulee sen vaikutusta liikenneonnettomuuksiin seurata ja analysoida tehostetusti automatisaatiokehityksen eri vaiheissa. Korostamme myös sitä, että liikennesuunnittelussa tulisi jatkossa erityisesti huomioida autonomisten ajoneuvojen ja erilaisten liikenteen toimijoiden, kuten lasten tai iäkkäiden (kävelijöinä ja pyöräilijöinä), väliseen vuorovaikutukseen sisältyvät mahdolliset riskitilanteet.

## 2. Taustaa

Kuljettajakoulutus ja ajo-oikeuksien määrittely (esim. ajokorttiluokat) perustuvat nykyisin sille, että autojen hallintalaitteet ja niiden hallintaan liittyvät kriittiset informaation lähteet ovat eri ajoneuvomallien välillä samankaltaisia. Lähes kaikissa ajoneuvoissa hallinta tapahtuu edelleen pääosin ohjauspyörän, valonsäätimien, polkimien ja vaihdekepin avulla. Samoin pääasiallisia informaation lähteitä ovat nykyisissä ajoneuvoissa ikkuna ja nopeusmittari. Tämä on johtunut pitkälti siitä, että hallintalaitteiden ja informaatiolähteiden yhdenmukaisuutta säädelään tiukasti (Asetus (EY) N:o 661/2009). Kuljettajakoulutuksessa ja erilaisissa ajo-oikeuksissa onkin huomioitu poikkeamat tästä yhdenmukaisuudesta - kuten automaattivaihteistot tai raskaan liikenteen erilaiset hallintalaitteet.

Yksittäisiä ajoavustusjärjestelmiä, kuten kaistavahteja, adaptiivisia vakionopeudensäätimä ja hätäjarrutuslaitteita, säädelään Euroopan alueella melko tarkasti. Kuitenkin ajamista avustavien järjestelmien ja rajatusti itseajavien autojen (automaatiotasot 1-4, ks. luku 3) hallintalaitteistoissa, informaatiolähteissä ja toimintaperiaatteissa on jo nyt huomattavasti enemmän mallikohtaista vaihtelua perinteisiin autoihin verrattuna. Tämä vaihtelu tulee todennäköisesti lisääntymään automaation lisääntyessä.

Tulee myös huomata, että ns. älyautojen käyttöliittymille ei ole yhdenmukaistavia standardeja, yhteistä ajo-/käyttökoulutusta tai koulutusvaatimuksia. Myöskään liikenneopettajien koulutuksessa ei ole vielä huomioitu automatisaation vaikutuksia. Tämä on ongelmallista, koska jo nyt tiedetään, että pelkästään lähinnä ajamista avustavat järjestelmät ovat myötävaikuttaneet useiden liikenneonnettomuuksien tapahtumiseen. Usein onnettomuudet ovat olleet suoraa seurausta avustavien järjestelmien virheellisestä käytöstä (Endsley, 2018). Ajamista avustavien järjestelmien lisääntyessä ja monipuolistuessa kehitys tulee jatkumaan samansuuntaisena, ellei näiden järjestelmien käytettävyyteen ja koulutukseen kiinnitetä riittävästi huomiota.

Ajoneuvojen automatisaation kehityksen tiedetään asettavan uudentyyppisiä vaatimuksia myös liikennesuunnittelulle. On tärkeää, että esimerkiksi autonomisia ajoneuvoja tukevassa tieinfrastruktuurissa (ml. tietoliikenneteknologiat kuten 5G, Aurora-hanke) otetaan huomioon myös tieinfrastruktuurien vaikutukset mm. tieliikenneturvallisuuteen keskeisiin käytettävyyss- yms. muihin tekijöihin.

### **3. Ajoneuvojen automatisaation vaikutus kuljettajakoulutukseen/-tutkintoon**

Kuljettajakoulutuksen ja kuljettajantutkinnon tarkoituksena on varmistaa, että liikenteessä ovat vain ne kuljettajat, joilla on riittävät turvallisen ajamisen mahdollistavat tiedot ja taidot. Kuitenkin tutkimukset osoittavat, että kokemattomien kuljettajien kolarointiriski on huomattavasti suurempi kuin kokeneilla kuljettajilla. Kokemattomista kuljettajista tiedetään, että vaikka he oppivat usein melko nopeasti ajoneuvon peruskäsittelytaidot ja liikennesäännöt, kyky havaita ja ennakoita liikenteen potentiaalisia vaaratilanteita kehittyy yleensä hitaammin. Potentiaalisten liikennetunnettujen tunnistaminen (esim. suojatien läheisyyteen kadulle pysäköidyn jäätelöauton aiheuttamat vaaratilanteet) vaatii korkeampia kognitiivisia kykyjä ja monimutkaista prosessointia. Siksi riskientunnistustaitojen kehittyminen vaatii enemmän aikaa.

Autonomiset tai älykkäillä tukijärjestelmillä varustetut ajoneuvot voivat ehkäistä riskikäyttäytymisestä ja kokemattomuudesta johtuvia kolareita sekä vähentää niiden vakavuutta. Autonominen auto voidaan ohjelmoida tai opettaa kulkemaan tieympäristöön ja liikennetilanteeseen sopivalla nopeudella, ylläpitämään riittäviä turvamarginaaleja ja välttämään ennakoimattomia liikkeitä. Hätäjarrutusjärjestelmät voivat ainakin vähentää törmäyksen vakavuutta erityisesti kaupunkiympäristössä.

Edellisen perusteella voitaisiin olettaa, että autonomisten tai älykkäillä tukijärjestelmillä varustettujen ajoneuvojen kehittyminen ja yleistyminen parantaisi liikenneturvallisuutta vähentämällä erityisesti kokemattomien kuljettajien kolareita.

On kuitenkin huomattava, että tätä johtopäätöstä ei kuitenkaan voida välttämättä vetää. Tilastollisesti Suomessa niistä alle 25-vuotiaista nuorista kuljettajista, jotka aiheuttivat kuolemaan johtaneen kolarin vuosina 2010–2014, lähes 50 %:lla oli 15 vuotta tai vanhempi henkilöauto (VALT-Nuorisraportti 2016). Liikenneturvallisuuden parantumisen kannalta keskeinen kysymys onkin se, millaisella aikataululla uudella teknologialla ja tukijärjestelmillä varustetut ajoneuvot siirtyvät erityisesti kokemattomien ja korkean riskin kuljettajien käyttöön.

Lisäksi tulee huomata, että potentiaalisten liikenne-riskien tunnistaminen vaatii korkeampia kognitiivisia kykyjä ja monimutkaista päättelyä. Juuri nämä ominaisuudet ovat niitä, joihin tekoäly ei vielä yllä. Siksi autonomisen ajoneuvon vastuulla ei ole vielä pitkään aikaan tämän tyyppisten tilannearvioiden tekeminen, vaan se säilyy auton käyttäjällä.

Siksi turvallisen ajotaidon edellytyksenä pysyy vielä lähitulevaisuudessa se, että kuljettajilla on riittävät riskientunnistustaidot.

#### 4. Ajokortista älyautokorttiin?

Nykyinen kuljettajakoulutus sekä ajo-oikeuksien määrittely (esim. ajokorttiluokat) perustuvat sille, että sekä autojen hallintalaitteet että niiden hallintaan liittyvät kriittiset informaationlähteet ovat eri ajoneuvomallien välillä samankaltaisia. Ajamista avustavien järjestelmien ja rajatusti itseajavien autojen (automaatiotasot 1–4) hallintalaitteistoissa, informaatiolähteissä ja toimintaperiaatteissa on jo nyt huomattavasti mallikohtaista vaihtelua perinteisiin autoihin verrattuna. Tämä vaihtelu tulee lisääntymään automaation lisääntyessä.

Lähitulevaisuudessa (5–20 vuotta) suurimmat ongelmat liittyvät siihen vaiheeseen automatisaatiokehitystä, jossa ajoneuvot ovat eriasteisesti (taso 1-2), mutta eivät täysin automatisoituneita. Tässä vaiheessa liikenteessä toimii samanaikaisesti useita erilaisia toimintaperiaatteita noudattavia ajoneuvoja yhdessä muiden tiellä liikkujien, kuten pyöräilijöiden tai jalankulkijoiden kanssa:

*Automatisaation asteet:*

*Tason 1 automaatio.* Esimerkiksi adaptiivisten vakionopeudensäätimien kaltaiset järjestelmät ovat tyypillisiä esimerkkejä tämän tason automaatiosta. Ne lisäävät ajoneuvoihin erilaisia ajamista avustavia järjestelmiä. Näiden järjestelmien toiminnan ymmärtäminen on useille käyttäjille hankalaa. *Niiden tiedetään myös lisäävän onnettomuusriskejä olosuhteissa, joissa kuljettajat eivät ymmärrä järjestelmien toimintaperiaatteita, rajoitteita tai vuorovaikutusta ihmisen kanssa.*

*Tason 2 automaatio.* Tällä tasolla esimerkiksi nopeuden ja ohjauksen kontrolli on pitkälti automatisoitu, ja kuljettajan tehtävänä on tarkkailla ympäristöä. Tällaiset järjestelmät vaativat enemmän tietotaitoa käyttöliittymästä ja sen hallinnasta. Todellisuudessa kuitenkin mitä vähemmän auton käyttäjä ajoneuvonsa toimintaa ymmärtää, sitä vähemmän hän todellisuudessa hallitsee sitä.

Lisäksi useat tämän tason järjestelmien toimintaperiaatteista ovat osittain ristiriidassa ihmisen luontaisen tiedonkäsittelyn toiminnan kanssa. Erityisesti se, että *jos automaatio suurimman osan ajasta toimii oikein, on ihmisen kognitiiviselle järjestelmälle haastava.*

Ihmisen kognitio ei ole sopeutunut passiivisesti valvomaan prosesseja, jotka suurimman osan ajasta eivät tarvitse kontrollia. Kuljettajien tarkkaavaisuus herpaantuu tällaisissa tilanteissa, ja se suuntautuu useimmiten liikennetilanteiden ulkopuolelle. Siksi mahdollisen onnettomuustilanteen yhteydessä reaktioaikatyypiset viiveet moninkertaistuvat.

*Tason 3 automaatio.* Tällä tasolla kuljettaja ei kontrolloi ajoneuvoa, vaan ajoneuvo toimii periaatteessa itsenäisesti. Kuljettajan tulee kuitenkin pystyä ottamaan kontrolli ajoneuvon hallinnasta tarvittaessa. Todennäköistä on se, että tämä taso on myös kognitiivisesti hyvin haastava ihmisen tiedonkäsittelyjärjestelmälle. Ensiksi, mitä vähemmän kuljettaja ajaa itse, sitä vähemmän hänellä on taitoa puuttua tilanteeseen. Toiseksi, tutkimukset viittaavat siihen että siirtyminen automaatio-ohjauksesta manuaaliohjaukseen on hidasta. Kuljettajalla voi kestää jopa yli 7 sekuntia ottaa auto täysin hallintaan (Gold ym., 2013). *Tutkimustiedon nojalla onkin syytä suhtautua äärimmäisen skeptisesti ajatukseen, että siirtyminen kriittisessä liikennetilanteessa automaatio-ohjauksesta kuljettajan manuaaliohjaukseen olisi toimiva hätäratkaisu.*

Toteamme, että ajoneuvojen automatisaatioasteen kehityksen myötä käyttäjä- tai kuljettajakoulutukselle syntyy uudentyyppisiä osaamistarpeita. Näitä tarpeita tulisi selvittää huolellisesti ja uudistaa kuljettajatutkintoja tarvittavilta osin. Nykyinen kuljettajakoulutus ei ota lähtökohdaksi sitä, että ajoneuvo toimii myös kuljettajan tai käyttäjän osittaisesti automatisoituna kognitiivisena jatkeena (automatisaation asteet 1 ja 2) tai että ihmiskuljettajasta tulee automatisoidun ajoneuvon kognitiivinen jatke (aste 3). Jo nyt voidaan todeta, että kuljettaja- tai käyttäjäkoulutukseen tulisi lisätä erilaisten automatisoitujen avustavien järjestelmien ymmärrystä lisääviä osioita.

On oletettavaa, että tulevaisuudessa asteen 3 automatisaatio tulee vaatimaan kuljettajatutkintojen kokonaisvaltaista uudistamista. *Monet nykyisen kuljettajatutkinnon mittaamista ominaisuuksista tulevat automatisaation lisääntyessä ja kehittyessä siirtymään ajoneuvolle. Lisäksi, niitä ominaisuuksia, joita autonomisen ajoneuvon kanssa toimiminen edellyttää, ei käytännössä mitata nykyisillä tutkinnoilla lainkaan.*

## **5. Ajoneuvojen hyväksyntäprosessi**

Merkittävä tekninen, lainsäädännöllinen ja käytännön haaste on määritellä, mikä on hyväksyttävää käyttäytymistä autonomiselle ajoneuvolle. On syytä tiedostaa, että autonomiset autot tulevat aiheuttamaan onnettomuustilanteita, koska mikään tekninen järjestelmä ei ole täydellinen. Tämän vuoksi tulisi käydä keskustelua siitä, milloin autonomiset ajoneuvot ovat ”riittävän” turvallisia. On todennäköistä, että autonomiset ajoneuvot vähentävät merkittävästi joidenkin kolarityyppien - kuten esimerkiksi ihmiskuljettajan tarkkaamattomuudesta tai päihtymyksestä johtuvien kolarien - esiintymistä. Toisaalta autonomiset ajoneuvot luovat uusia kolarityyppejä. Ne voivat olla seurausta esimerkiksi ajoneuvojen sensorien rajoitteista tai niitä ohjaavan ohjelman rajoitteista ja virheistä.

Tilannetta monimutkaistaa, että autonomisia ajoneuvoja valmistavat isojen ja vakiintuneesti toimivien yritysten lisäksi start up -yritykset ja itsenäiset yrittäjät. Jälkimmäiset tuottavat avointen standardien ja ohjelmistojen päälle innovatiivisia ratkaisuja esimerkiksi autonomisten ajoneuvojen ohjaukseen. Tällainen toimintaa pitää mahdollistaa, mutta samalla tulee varmistaa, että tieliikenteessä on ainoastaan riittävän turvallisesti käyttäytyviä autonomisia ajoneuvoja. Tämä on haasteellista, sillä hyvin yksityiskohtainen sääntely ei sovellu nopeasti kehittyviin ja monimuotoisiin tekniikoihin, vaan lainsäätäjän tulee kehittää joustavampia keinoja turvallisuuden ja turvallisen käytön varmistamiseen. Tällaista voisi olla esimerkiksi autonvalmistajan toteuttama

ohjelmallinen uusien ominaisuuksien lisäkoulutus, jonka tarkoituksenmukaisuutta ja tehokkuutta viranomaisen valvoo.

## 6. Autonomisaation vaikutus liikennesuunnitteluun

Autonomisilla ajoneuvoilla on mahdollisesti merkittävä vaikutus teiden liikennekapasiteettiin. Algoritmisesti ohjatut ajoneuvot voivat käyttää huomattavasti lyhyempiä turvavälejä ja siten lisätä teiden liikennöintikapasiteettia jopa kaksinkertaiseksi (Friedrich, 2016). Autonomiset autot voivat myös kommunikoida keskenään huomattavasti joustavampia etuajo-oikeus-käytäntöjä, jolloin esimerkiksi risteysten liikennöintikapasiteetti kasvaa (ibid.). Kapasiteetin lisääntyminen, ja sen ajallinen kehittyminen, on kuitenkin täysin riippuvaista siitä, kuinka nopeasti autokanta automatisoituu tarvittavalle tasolle. Tämän kehityksen ymmärtäminen on kriittistä tulevaisuuden tieverkoston suunnittelussa. Liian pessimistinen näkemys automatisaatiosta voi johtaa hankkeisiin, jotka osoittautuvat tarpeettomiksi. Toisaalta liian optimistiset ennusteet voivat aiheuttaa ongelmia, joiden ratkaiseminen voi vaatia yllättäviä ja kalliita lisäpanostuksia. Haasteellisuutta lisää myös Suomen maantieteelliset erityisominaisuudet, kuten talviset olosuhteet ja pieni asumistiheys.

Panostukset autonomisia ajoneuvoja tukevaan tieinfrastruktuuriin (ml. tietoliikenneteknologiat kuten 5G) tulevat vaikuttamaan merkittävästi näiden käyttöönottoon ja automatisaation tasoon. Älykäs tieinfrastruktuuri, kuten esimerkiksi Liikenneviraston Aurora-hankkeen liittyvät teknologia(t), voi mahdollistaa täysin automatisoidun ajamisen valituilla tieosuuksilla huomattavasti ennen kuin autonomiset ajoneuvot saavuttavat vastaavan autonomian tason perinteisillä teillä. Tällainen teknologia ja sen käyttöönoton vaikutus automaation tason lisääntymiseen tulee ottaa kiinteäksi osaksi tulevaisuuden liikennesuunnittelua ja sen koulutusta, jotta autonomisten ajoneuvojen hyödyt saadaan käyttöön mahdollisimman nopealla ja hallittavalla aikataululla.

## 7. Tulevaisuuden tutkimus- ja kehittämistarpeet

Ihmisten vuorovaikutus liikenteessä on monimutkainen kommunikaatio- ja neuvotteluprosessi. Se useimmiten onnistuu hyvin, koska kaikilla osapuolilla on ihmisille lajityypillinen tapa toimia liikennetilanteissa niin kognitiivisesti, sosiaalisesti kuin emotionaalisesti. Tämän yhteisen taustamme vuoksi pystymme lukemaan toisten toimijoiden aikomuksia liikennekäyttäytymisestäämme. Esimerkiksi autoilijan pieni nopeuden muutos voi toimia jalankulkijalle viestinä aikomuksesta väistää vähentäen vuorovaikutustilanteeseen liittyvää epävarmuutta siten sujuvoittaen vuorovaikutusta.

Ihmisten ja autonomisten ajoneuvojen väliseen vuorovaikutukseen liittyvien tekijöiden ennakoitua olevan yksi keskeisimmistä ongelmakohtista automatisaatiokehityksessä. Ihmisen ja koneen välisen vuorovaikutuksen onnistuminen on edellytys, ja osittain perustuu sille, että autonomiset ajoneuvot koetaan hyväksyttäväksi, luotettaviksi ja turvallisiksi. Toimiva vuorovaikutus perustuu autonomisten ajoneuvojen kehittyneeseen tekoälyyn, jossa keskeinen tekijä on tekoälyn kyky ennustaa (“ymmärtää”) ihmisten toimintaa liikenteessä. Samoin älykäs tieinfrastruktuuri auttaa autonomisia ajoneuvoja toimimaan joissain tapauksissa myös ihmiskuljettajaa “viisaammin”.

Suomen olosuhteiden erityispiirteitä on vuorovaikutus haastavissa talviolosuhteissa: Ajoneuvon sama lähestymisnopeus suojatielle ei välttämättä tunnu jalankulkijasta turvalliselle kesällä ja talvella liukkaalla kelillä, vaikka ajoneuvo sinänsä pystyisi optimoimaan toimintansa kelin suhteen.

Näistä tekijöistä ei vielä tiedetä kovin paljoa, ja autonomisten ajoneuvojen kehitys nostaakin esille hyvin konkreettisesti tämän tyyppisen ihmisen ja koneen vuorovaikutuksen tutkimuksen tärkeyden. Ilman tutkimuspohjaista tietoa siitä, mitkä ovat ajoneuvojen ja ihmisten välisen vuorovaikutuksen edellytyksiä, on vaikeaa ennakoida tarkoituksenmukaisella tavalla sitä, miten esimerkiksi ajo-oikeudet tai kuljettajatutkinnot tulisi tulevaisuudessa määritellä. Samoin on vaikeata ennakoida sitä, millaisilla liikennesuunnittelullisilla ratkaisuilla voidaan tukea mahdollisimman turvallista ja toimivaa liikennettä.