



Liikenteen automaation tiekartta Oulun seudulle



Liikenteen automaation tiekartta Oulun seudulle

TOMI LAINE (TOIM.)
RISTO KULMALA
ILKKA KOTILAINEN
TOMMI KANTALA
TAINA HAAPAMÄKI

RAPORTEJA 65 | 2023

Liikenteen automaation tiekartta Oulun seudulle

Raportti

Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

ISBN 978-952-398-187-4 (PDF)

ISSN 2242-2854 (verkkojulkaisu)

URN:ISBN:978-952-398-187-4

www.doria.fi/ely-keskus

Sisältö

| | |
|---|----|
| Esipuhe | 1 |
| Käsitteitä | 2 |
| Johdanto | 3 |
| Arvio automaation kehityksestä | 4 |
| Yleistä..... | 4 |
| Henkilöautoliikenne | 6 |
| Kuorma-auto- ja jakeluliikenne | 7 |
| Joukkoliikenne | 8 |
| Kunnossapidon ja rakentamisen kalusto | 9 |
| Terminaalitoiminnot | 10 |
| Dronet..... | 11 |
| Yhteenvedo automaation kehityksestä..... | 13 |
| Automaation mahdolliset käyttötapaukset ja niiden vaatimukset..... | 17 |
| Yleistä..... | 17 |
| Käyttötapaukset ja niiden vaatimukset..... | 19 |
| Automaation tulevaisuuskuva Oulun seudulla 2035 | 25 |
| Automaatio henkilöajoneuvoliikenteessä..... | 25 |
| Automaatio joukkoliikenteessä..... | 28 |
| Automaatio raskaassa liikenteessä ja terminaaleissa..... | 30 |
| Automaatio työkoneissa ja kunnossapidossa..... | 33 |
| Muut automaation sovellukset..... | 34 |
| Yhteenvedo vaikutuksista vuonna 2035 | 36 |
| Roolit..... | 37 |
| Automaation tiekartta 2024–35 | 44 |
| Johdanto | 44 |
| Digitaalinen infrastruktuuri | 45 |
| Fyysinen infrastruktuuri..... | 48 |
| Operatiivinen infrastruktuuri..... | 50 |
| Sääntely ja seudullinen liikennepolitiikka..... | 52 |
| T&K ja pilotointi..... | 53 |
| Yhteenvedo | 56 |
| Tiekartan tarkoitus | 56 |
| Arvioita liikenteen automaation kehityksestä..... | 56 |
| Tulevaisuuskuva 2035 Oulun seudulla | 57 |
| Automaation tiekartta..... | 58 |
| Lähteet..... | 60 |
| Liite 1. Toimintaympäristön muutokset ja liikennejärjestelmän kehitystavoitteet | 1 |

| | |
|---|----------|
| Toimintaympäristön muutokset ja megatrendit..... | 1 |
| Katsaus kansallisiin strategisiin suunnitelmiin..... | 1 |
| Lainsäädännölliset puitteet..... | 4 |
| Oulun seudun MAL-tavoitteet | 5 |
| Kuvailulehti | 7 |

Esipuhe

Oulun seudun liikenteen automaation tiekartta laadittiin osana Oulun seudun älyliikenteen selvitysvaihetta. Työssä arvioitiin liikenteen automatisoitumisen kehittymistä ja mahdollisia vaikutuksia, ja määritettiin tämän pohjalta tulevaisuuskuva liikenteen automatisaation hyödyntämisestä seudulla vuonna 2035. Varsinaisessa tiekartassa eli toimenpideohjelmassa esitettiin tarvittavat kehitystoimenpiteet digitaalisen, fyysisen ja operatiivisen infrastruktuurin kehittämiseksi, liikennepoliittisille toimille sekä tutkimukselle ja kehitykselle vuosille 2024-2035.

Työn aikana järjestettiin tulevaisuuskuvan asettamiseen liittyvä työpaja, johon osallistui laaja joukko edustajia Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksesta, Oulun kaupungilta, Oulun seudun liikenteestä, Business Oulusta, Oulun yliopistolta, VTT:ltä, Traficomista, Fintraffic Tiestä sekä Remoted Oy:stä.

Esiselvityksen projektiryhmään kuuluivat:

| | |
|---------------|-------------------------------|
| Jani Huttula | Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus |
| Erkki Malo | Oulun kaupunki |
| Jani Koppelo | Oulun kaupunki |
| Harri Vaarala | Oulun kaupunki |
| Sami Puuperä | Oulun kaupunki |
| Olli Rossi | Fintraffic Tie Oy |
| Jani Laiho | Fintraffic Tie Oy |
| Tomi Paananen | Oulun seudun liikenne |
| Sampo Kananen | Oulun Satama |
| Soila Riutta | Oulun Satama |

Oulun seudun älyliikenteen selvitysvaiheen ohjausryhmään kuuluivat:

| | |
|----------------------|-------------------------------|
| Jani Huttula (pj) | Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus |
| Erkki Malo | Oulun kaupunki |
| Jani Koppelo | Oulun kaupunki |
| Sami Puuperä | Oulun kaupunki |
| Helena Väliaho | Oulun seudun liikenne |
| Sampo Kananen | Oulun Satama |
| Soila Riutta | Oulun Satama |
| Antti Paasilehto | LVM |
| Mikko Räsänen | Traficom |
| Jani Laiho | Fintraffic Tie Oy |
| Ari Saine | Business Oulu |
| Susanna Pirttikangas | Oulun yliopisto |
| Jouni Juntunen | Oulun yliopisto |
| Pekka Leviäkangas | Oulun yliopisto |
| Petri Mononen | VTT |
| Eetu Pilli-Sihvola | VTT |

Selvityksen laadinnasta vastasivat Traficon Oy ja Flou Oy, joista työhön osallistuivat Tomi Laine (projektipäällikkö), Risto Kulmala, Ilkka Kotilainen, Tommi Kantala ja Taina Haapamäki.

Käsitteitä

| | |
|----------------|--|
| CCAM | Cooperative, Connected and Automated Mobility eli yhteistoiminnallinen, verkottunut ja automaattinen liikkuminen kattaa sekä keskustelevan että automaattisen liikenteen ja niiden palvelut ja taustainfrastruktuurin (Euroopan komissio 2021) |
| C-ITS | Cooperative Intelligent Transport Systems/Services eli yhteistoiminnalliset järjestelmät ja palvelut, joiden avulla ajoneuvot voivat keskustella keskenään ja tieinfrastruktuurin kanssa joko lyhyen kantaman tiedonsiirron tai matkapuhelinviestinnän välityksellä standardiviestein siten, että viestien turvallisuus on varmennettu EU:n säätämällä tavalla (C2C-CC 2023) |
| ITxPT | ITxPT (Information Technology for Public Transport) on joukkoliikenneoperaattoreiden ja ajoneuvovalmistajien järjestö, joka julkaisee teknisiä standardeja, joiden tavoitteena on varmistaa joukkoliikennevälineiden tietojärjestelmien yhteentoimivuus määrittelemässä standardirajapinnat esimerkiksi joukkoliikennevälineiden sisäisille tietoverkoille. |
| UIC2 | Urban air mobility Initiative Cities Community. Eurooppalainen kaupunkien kaupunki-ilmailun saralla toimiva yhteistyöelin. |
| ODD | Operational Design Domain eli automaattiajojärjestelmän suunniteltu toimintaympäristö. Se tarkoittaa niitä olosuhteita, joissa automaattijärjestelmä tai sen osa on suunniteltu toimimaan sisältäen mm. ympäristölliset, maantieteelliset ja aikaan liittyvät rajoitukset ja liikenteeseen tai tiehen liittyvät ominaisuudet. ODD ottaa huomioon teknologian asettamat rajoitukset ja toimintaedellytykset kullekin automaattiajojärjestelmälle. (SAE 2021) |
| SAE Lx | SAE:n (Society of Automotive Engineers) standardoimat tasot automaattiajojärjestelmille. Raportissa käsitellään tasoja 2-4, jotka toimivat automaattisesti suunnitellussa toimintaympäristössään seuraavasti: 2 – ohjaa ja jarruttaa, mutta kuljettaja seuraa liikennettä jatkuvasti ja ottaa tarvittaessa välittömästi ajoneuvon hallintaansa, 3 – ohjaa, jarruttaa ja seuraa liikennettä, mutta kuljettaja ottaa ajoneuvon hallintaansa poikkeustilanteissa; 4 – ohjaa, jarruttaa ja seuraa liikennettä sekä pysäyttää poikkeustilanteissa ajoneuvon turvalliseen paikkaan, ellei kuljettaja ota sitä hallintaansa. (SAE 2021) |
| UAM | Urban Air Mobility eli kaupunki-ilmailu. Termi kattaa uuden tyyppisillä ilma-aluksilla tapahtuvan toiminnan. Ilma-aluksia (droneja) voidaan käyttää kuorman tai matkustajien siirtämiseen myös urbaanissa ympäristössä, matalalla lentokorkeudella ja ne kykenevät useimmiten nousemaan ja laskeutumaan pystysuoraan. Lentäminen voi tapahtua autonomisesti tai pilotin toimesta. |
| U-space | U-space on sääntelykehikko, joka määrittelee U-space-ilmatilassa tarjottavat palvelut. Käytännössä U-space on ilmatila, jossa voidaan lentää turvallisesti sekä miehitetyillä ja miehittämättömillä ilma-aluksilla. U-space-ilmatilassa on yksi tai useampi palveluntarjoaja, jotka tuottavat määrätyt miehittämättömän ilmailun palvelut, kuten muiden ilma-alusten sijaintitiedot ja lentolupien myöntämisen. Toimija voi pyytää ilmatilan perustamista Traficomilta, joka asettaa sen määräyksellä enintään kolmeksi vuodeksi. Toistaiseksi Suomessa ei ole perustettu U-space-ilmatilaa. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2023) |

Johdanto

Liikenteen automatisoituminen on muutostekijä, joka todennäköisesti vaikuttaa liikennejärjestelmään voimakkaasti seuraavien vuosikymmenien aikana. Automatisaatio etenee lähes kaikissa kulkutavoissa; henkilöautoliikenteessä, raskaassa liikenteessä, juna- ja metroliikenteessä, lautta- ja laivaliikenteessä sekä ilmaliikenteessä (dronet). Lisäksi automaatiota otetaan käyttöön mm. varastologistiikassa, satamatoiminnoissa sekä infran kunnossapidon ajoneuvoissa ja rakentamisessa. Automaation odotetaan parantavan liikenneturvallisuutta, matkustusmukavuutta, liikenteen sujuvuutta sekä vähentävän liikenteen ja pysäköinnin tilantarvetta. Palveluntuotannon ja logistiikan kustannukset alenevat henkilöstökustannusten vähenemisen myötä. On myös arvioitu, että järjestelmätasolla automaatio voi muuttaa ihmisten liikkumistottumuksia, kun kuljettaja vapautuu ajotehtävistä esim. lepoon tai työnteeseen, tai kun markkinoille tulee uudenlaisia automaattiautoihin perustuvia liikkumispalveluja tehokkaalla kustannusrakenteella. Muutokset voivat olla jo lähellä, sillä esim. Googlen omistama Waymo tarjoaa jo nykyisin Arizonan Phoenixissa täysin ilman kuljettajaa toimivan Waymo One kuljetuspalvelun, joka on Euroopassa käynnistämässä palvelun ensimmäisten joukossa Oslolla. Jotkin järjestelmävaikutukset voivat johtaa ilmasto- ja liikennetavoitteiden vastaiseenkin kehitykseen, ellei kehitystä kyetä ohjaamaan järjestelmällisesti oikeaan suuntaan.

Tämän selvityksen tavoitteena oli tuottaa Oulun seudulle liikenteen automaation tiekartta, joka määrittelee Oulun seudun kannalta tarkoituksenmukaiset toimenpiteet automaatiokehityksen ohjaamiseksi MAL-tavoitteiden kannalta haluttuun suuntaan ja halutulla nopeudella. Tiekartta laadittiin vuosille 2024–2035, koska tätä pidemmän aikavälin suunnitteluun liittyisi paljon epävarmuutta mm. teknologian kehitykseen liittyen.

Selvitys rajattiin kattamaan sellaiset liikennemuodot, joiden kehittämisessä seudullisilla toimijoilla voi olla keskeinen rooli:

- seudullinen joukkoliikenne (bussit, pienbussikalusto, taksiliikenne)
- henkilöajoneuvoliikenne
- rekka- ja kuorma-autoliikenne
- infran kunnossapidon ja rakentamisen kalusto
- terminaalitoiminnot (satama, mahdollisesti muut tavaraliikenteen terminaalit)
- droonien käyttö lentotyössä ja kuljetuksissa

Koska raskaan raideliikenteen automatisoiminen ei todennäköisesti etene käytäntöön vielä tarkasteluajavälillä, ja koska tämä kehitys on valtakunnallisten toimijoiden (Väylävirasto, Fintraffic Rail, VR) käsissä, tätä kehitystä on tarkasteltu vain niiltä osin kuin siinä on liityntäpintoja edellä listattujen liikennemuotojen automatisointiin. Tarkastelu ulotettiin valtion omistamiin liikenneverkkoihin, kuntien katuverkkoihin sekä terminaalitoimintoihin kuten satamaan.

Selvityksessä on vastattu seuraaviin kysymyksiin:

- Miten automaatio näyttää tämän hetken tietojen valossa etenevän eri liikennemuodoissa?
- Mitä mahdollisuuksia ja riskejä kehitys voi tuoda Oulun seudun MAL-tavoitteiden toteuttamiselle?
- Mitkä ovat automaation hyödyllisimmät käyttötapaukset Oulun seudulla eri kulkumuodoissa vuoteen 2035 mennessä?
- Millä toimenpiteillä fyysistä, digitaalista ja operatiivista infrastruktuuria tulee kehittää, jotta automaatiosta saadaan mahdollisimman paljon hyötyjä ja ennakoitua riskit voidaan välttää?

Selvitystyön lopputuloksena laadittiin MAL-sopimuksen mukainen seudullinen strateginen tiekartta liikenteen automaation edistämiseksi seudun ja valtakunnallisten toimijoiden käytettävissä olevin keinoin.

Arvio automaation kehityksestä

Yleistä

Liikenteen automaation keskeisenä tavoitteena on ollut liikenneturvallisuuden parantaminen, sillä valtaosassa liikenneonnettomuuksia inhimilliset virheet ovat vähintään myötävaikuttaneet onnettomuuksien tapahtumiseen. Siirtämällä vastuuta ajoneuvon kuljettamisesta toimintavarmalle automaattiajojärjestelmälle (automated driving system, ADS) pitäisi ainakin teoriassa vähentää huomattavasti liikenneonnettomuuksien määrää. Vastuun siirron on suunniteltu tapahtuvan asteittaisesti taulukon 1 automaatiotasojen mukaisesti.

Taulukko 1. Tieliikenteen automaation ja automaattiajamisen järjestelmien tasot (SAE 2021, SAE 2022, Innamaa ym. 2015)

| | Taso 0 | Taso 1 | Taso 2 | Taso 3 | Taso 4 | Taso 5 |
|--|---|---|--|--|--|---|
| Automaatiotaso | Ei automaatiota | Kuljettajan tuki | Osittainen automaatio | Ehdollinen automaatio | Korkea automaatio | Täysi automaatio |
| Ihmiskuljettajan rooli | Ihminen kuljettajana | Ihminen kuljettajana | Ihminen kuljettajana | Ihminen <u>EI</u> <u>OLE</u> kuljettajana, mutta ottaa poikkeustilanteet hallintaan. | Ihminen <u>EI</u> <u>OLE</u> kuljettajana, eikä ole <u>tarpeen</u> ottaa hallintaa poikkeustilanteissa | Ihminen <u>EI</u> <u>OLE</u> kuljettajana, eikä ota missään poikkeustilanteissa hallintaa |
| Ajoneuvojärjestelmien toiminnallisuudet | Varoitukset ja väliaikainen kuljettajan avustaminen | Ohjauksessa <u>TAI</u> jarrutuksessa / kiihdytyksessä kuljettajan avustaminen | Ohjauksessa <u>JA</u> jarrutuksessa / kiihdytyksessä kuljettajan avustaminen | Järjestelmä kattaa <u>rajoitetuissa</u> olosuhteissa dynaamisen ajotehtävän | Järjestelmä kattaa <u>rajoitetuissa</u> olosuhteissa dynaamisen ajotehtävän | Järjestelmä kattaa dynaamisen ajotehtävän <u>kaikissa</u> olosuhteissa |

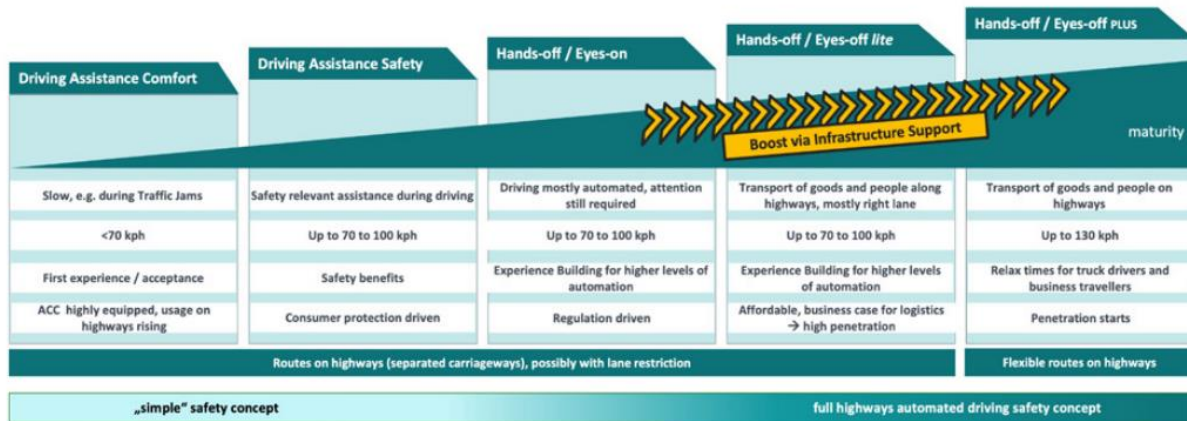
Automaatiotasojen 1–4 ajoneuvojen automaattiajojärjestelmät kykenevät toimimaan vain rajoitetuissa olosuhteissa eli niiden suunnitellussa toimintaympäristössä ODD (Operational Design Domain). ODD:n on määritelty tarkoittavan niitä olosuhteita, joissa automaattijärjestelmä tai sen osa on suunniteltu toimimaan sisältäen mm. ympäristölliset, maantieteelliset ja aikaan liittyvät rajoitukset ja tiettyjen liikenteeseen tai tiehen liittyvät ominaisuudet (SAE 2021). Suunniteltu toimintaympäristö määrittää teknologian asettamia rajoituksia ja toimintaedellytyksiä kuljettajan automaattiajojärjestelmälle. Yksittäisessä ajoneuvossa voi olla useita erilaisia automaattiajojärjestelmiä kuten esimerkiksi pysäköintiin, moottoritieajoon ja letka-ajoon liittyvät automaattiajojärjestelmät, joista jokaisella voi olla erilainen ODD.

Automaattisten ajoneuvojen kehityspolkujen eli kehityksen vaihtoehtoisten tulevaisuuden tapahtumien ja seurausten arvioidaan etenevän sekaliikenteessä, jossa itseohjautuvat ajoneuvot yleistyvät vähitellen maantie- ja katu ympäristössä seuraavien vuosikymmenien aikana korvaten ihmisten ohjaamat ajoneuvot (Milakis ym. 2017, ERTRAC 2022). Kuvassa 1 on esitetty ERTRAC (2022) tiekartta tieliikenteen automaation käyttötapausten yleisty misestä maantieliikenteessä 2030-luvulle. Vastaava kehitys alhaisen nopeustason teille ja kaduille esitetään kuvassa 2.

Erottelu korkean nopeustason maanteihin ja alhaisen nopeustason teihin ja katuihin perustuu automaattisissa autoissa käytettyjen anturien kantamiin, jotka ovat parhaimmillaan 200–300 m. Itseohjautuvat autot kykenevät automaattiajamiseen vain sellaisissa toimintaympäristöissä (ODD), joihin ne on suunniteltu. Jos automaattiajojärjestelmä toteaa pian joutuvansa ODD:n ulkopuolelle, se antaa tiedon tästä ajoneuvon matkustajalle ja pyytää tätä ryhtymään ajoneuvon kuljettajaksi. Tähän voi mennä keskimäärin 4 sekuntia (Klamroth ym. 2020) mutta mahdollisesti jopa 26 sekuntia matkustajan ollessa syventyneenä johonkin muuhun kuin liikenteeseen (Eriksson ja Stanton 2017). Maantienopeuksissa ajoneuvon omat anturit eivät siis useinkaan pysty antamaan itseohjautuvalle autolle

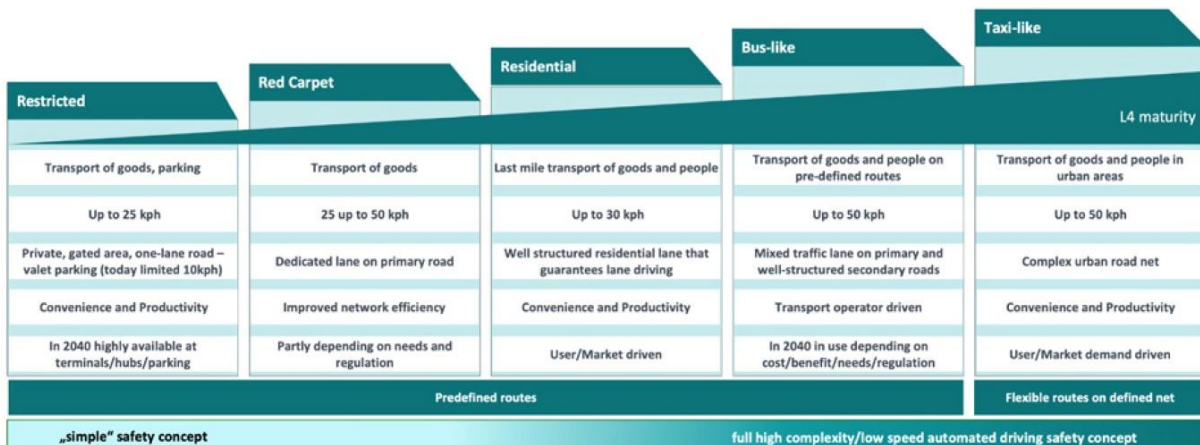
tietoa automaatioajajärjestelmän ODD:n eri osatekijöistä riittävän ajoissa kaikissa tapauksissa, sillä esimerkiksi 100 km/h:n nopeudella ajoneuvo ajaa 10 sekunnissa 278 m. Tämän vuoksi korkean nopeustason teillä itseohjautuvat autot tarvitsevat tietoa edessään olevan reitin tie-, liikenne-, sää- ja kelioloista anturiensa ulkopuolisista lähteistä.

Outlook on highway automation:



Kuva 1. Automaation käyttötapauksien yleistymisen moottoritie liikenteessä (ERTRAC, 2022).

Outlook on low speed automation:



Kuva 2. Automaation käyttötapauksien yleistymisen alhaisen nopeustason teillä ja kaduilla (ERTRAC, 2022).

Vuorovaikutteisten, verkkoyhteydellä varustettujen ja itseohjautuvien ajoneuvojen kehityksen tuomat hyödyt voivat onnistuessaan parantaa liikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta sekä ympäristotaloudellisuutta (Euroopan komissio 2016). Matkustusmukavuus ja liikuntarajoitteisten sekä vanhusten matkojen saavutettavuus esim. terveydenhuoltoon ja vapaa-ajan viettoon voivat parantua nykyisestä huomattavasti. Lisäksi automaattinen liikenne voi tarjota uutta teknologiateollisuuden liiketoimintaa ja siten edelleen luoda työpaikkoja ja taloudellista kasvua (ERTRAC 2022, ACEA 2019).

Itseohjautuvien ajoneuvojen kehityspolut voivat kuitenkin johtaa myös epäonnistumisiin, jolloin seuraukset olisivat käänteisiä hyötyihin nähden, esim. ruuhkien ja siten päästöjen lisääntyminen ajoneuvomatkojen kysynnän kasvaessa, turvallisuushyötyjen jääminen vain varakkaille, fyysisen infrastruktuurin nopeampi kuluminen millimetrein tarkkojen ajolinjojen seurauksena, ihmisten fyysisen aktiivisuuden vähentyminen suosittaessa itseohjautuvia ajoneuvoja tai ajoneuvoteollisuuden kysynnän heikentyminen uusien liiketoimintamallien myötä ja ajoneuvojen omistamisen vähentyessä (Milakis 2017).

Tienpitäjän eli Väyläviraston, ELY-keskuksen, kaupungin tai muun tiestä/kadusta vastaavan toimijan vaikutuskanava tieliikenteen automaation vaiheittaisessa siirtymisessä ja automaattiajamisen järjestelmien teknologian kehityksessä on digitaalisen ja fyysisen infrastruktuurin toteuttaminen ja ylläpito, joilla voidaan vaikuttaa automaattisten ajoneuvojen suunniteltuun toimintaympäristöön ODD. Automaatioajajärjestelmä voi hyödyntää ajotapahtuman

päätöksenteossa digitaalisen ja fyysisen infrastruktuurin attribuutteja, jotka kuvaavat sen hetkisiä paikallisia olosuhteita tietympäristössä. Tällaisia attribuutteja ovat esimerkiksi kaistamerkintöjen ominaisuudet, riittävän tarkan satelliittipaikannuksen saatavuus tai vallitsevat sääolosuhteet tietyllä alueella. ODD-attribuuttien data-arvojen keräämiseen voidaan moottori- tai maanteiden tarjoaman infrastruktuurin lisäksi hyödyntää ajoneuvojen omia antureita.

Koska automaattiajajärjestelmät voivat ohjata ajoneuvoa vain ODD:n puitteissa, tienpitäjänkin kannattaa tukea ODD-katkopaikkojen minimointia saadakseen suurimman mahdollisen hyödyn automaattiajoneuvojen turvallisuus- ja muista vaikutuksista. ODD-katkopaikat ovat myös turvallisuusriskejä, sillä vaikka kuljettaja voi pystyä ottamaan ajoneuvon hallintaansa, pelkkä ajoneuvon ottaminen omaan ohjaukseen ei vielä välittömästi takaa ajoneuvon täyttä turvallista hallintaa. Ellei kuljettaja ota ajoneuvon ohjausta hallintaansa, automaattiajajärjestelmä suorittaa minimiriskitoimenpiteen eli pysäyttää ajoneuvon ajokaistan viereiselle pientareelle ja ellei sellaista ole, ajokas-tan reunaan. Tämä voi myös aiheuttaa turvallisuusriskejä.

Ajoneuvoteknologian ja -järjestelmien kehityksessä vaikuttavat mm. paikannus-, radioverkko- ja kamerateknologiat, sekä etäisyyden ja tietyllä alueella olevien erilaisten objektien havaitsemisen mittaamiseen käytettävät anturit, kuten erilaiset tutkat ja laserkeilaimet. Anturien keräämän datan perusteella voidaan tuottaa mm. entistä tarkempia karttoja, niin kutsuttuja HD-karttoja, joita automaattinen ajoneuvo voi hyödyntää paikannuksessa ja navigoinnissa. Ajoneuvon tietojärjestelmä edelleen hyödyntää anturien tuottamaa tai ulkoisista lähteistä saatua informaatiota, nk. anturifuusiossa, jossa tietoja yhdistetään useasta lähteestä. Tätä tietoa hyödynnetään automaattiajajärjestelmän tekoälyyn perustuvassa päätöksenteossa. Tietojenkäsittelyssä merkittävässä roolissa ovat tietosuojat, eli kuinka mahdollisesti henkilötietoja sisältävää tietoa tulee käsitellä, sekä tietoturva, eli tietojärjestelmien suojaaminen ulkoisilta uhkilta.

Tienpitäjä vaikuttaa osaltaan vaiheittaiseen siirtymiseen kohti tieliikenteen automaatiota digitaalisen ja fyysisen infrastruktuurin kehittämällä ja ylläpidolla. Tienpitäjän rooli ja vaikuttamismahdollisuudet ovat kuitenkin rajalliset ja vain yksi osa kokonaisuutta, jossa itseohjautuva ajoneuvo arvioi kyvykkyytään suoritua ajotehtävästä suunnitellussa toimintaympäristössään paikallisissa tielosuhteissa. Keskeisiä tienpitäjän haasteita ovat automaattiajajärjestelmän suunnitellun toimintaympäristön kasvattaminen ja katkeamattoman automaattisen ajamisen laajentaminen tie- ja katuverkolla, jotta automaattiliikenteen hyödyt saadaan toteutetuiksi. Näiden haasteiden ratkaisemiseksi tienpitäjä tekee yhteistyötä kansainvälisessä monitoimijayhteistyössä yhdessä muiden viranomaisten, yritysten ja tutkimuslaitosten kanssa digitaalisen ja fyysisen infrastruktuurin vaatimusten selvittämiseksi sekä fyysisen ja digitaalisen infrastruktuurin automaattiajoneuvoille tarjoaman tuen kehittämiseksi.

Henkilöautoliikenne

Henkilöautoliikenteessä autonvalmistajien strategiana on ollut edetä vähitellen kohti korkean tason automaatiota siirtymällä kuljettajan tukijärjestelmistä eli vakionopeuden hallinnasta (SAE automaatiotaso 1, SAE 2021 ja 2022) sekä mukautuvan vakionopeuden hallinnan ja kaistavahdin yhdistelmästä (SAE taso 2) kohti korkeampia automaatiotasoja 3 ja 4. Autonvalmistajien lähtökohtana on ollut heidän perinteinen liiketoimintansa eli autojen myyminen yksityisautoina tai työsuuhdeautoina yksityiskäyttöön.

Tason 2 järjestelmä eli mukautuva vakionopeudensäädin yhdessä kaistalla pysymisen avustimen kanssa on vuonna 2022 saatavilla useimpiin suurista ja keskisuurista Suomeen tuotavista uusista henkilöautoista ja osassa vakiovarusteena. Mukautuva vakionopeudensäädin oli vuonna 2022 vakiovarusteena 3 %:ssa ja mahdollisesti lisävarusteena 28 %:ssa Suomen autoista ja saatavilla vakio- tai lisävarusteena 97 %:iin vuoden 2022 tammi-heinäkuussa käyttöönotetuista autoista. Kaistallapysymisavustin oli puolestaan vuonna 2022 vakiovarusteena 8 %:ssa ja mahdollisesti lisävarusteena 17 %:ssa Suomen autoista ja saatavilla 98 %:iin uusista autoista. (Pilli ym. 2022).

Teslan Autopilot- ja Full Self Driving -järjestelmät ovat nimistään huolimatta tason 2 järjestelmiä. Tason 3 järjestelmiä on tuotu markkinoille joitakin. Hondan Japanissa pienenä sarjana myytävä ja Daimlerin Keski-Euroopassa myytävä järjestelmä toimivat tässä vaiheessa korkeintaan 60 km/h nopeustasolla ja ne ovatkin suunniteltu ruuhka-ajossa toimiviksi. Volvon, BMW:n, Fordin ja Volkswagenin tason 3 järjestelmiä odotetaan markkinoille vuosina 2024–2025. Tason 3 järjestelmien ennustetaan 2020-luvun loppupuoliskolla kykenevän automaattiajoon alle 130 km/h nopeustasoon saakka. Tason 3 laajaa toteutusta haittaa etenkin se, ettei niiden vastuukysymyksiä ole vielä ratkaistu riittävän yksiselitteisesti. Toisaalta autonvalmistajat eivät ole pitäneet kovaa kiirettä tason 3 ja 4 automaattiautojen kohdalla pitämällä silmällä toisiaan ja varoen jäämästä muista jälkeen. Tässä suhteessa teknologiaritukset kuten Apple voivat olla toimijoita, jotka saavat markkinat liikkeelle. (Bishop 2022a)

Tason 4 järjestelmiä on tulossa yksityisautojen markkinoille ensin rajatuissa ODD-ympäristöissä. Ensimmäisenä markkinoille tulee automaattisia pysäköintijärjestelmiä, jotka toimivat tietyissä pysäköintilaitoksissa. Voi hyvin olla, että yksityisautojen markkinoille tulevat ennen autonvalmistajien evoluutiopohjaisia tason 4 automaattiautoja teknologiayritysten tuottamiin robottitaksijärjestelmiin pohjautuvat automaattiautot kaupunkiajoon soveltuvina.

Robottitaksien on ennustettu olevan kansainvälisesti yksi ensimmäisiä laajamittaisia käyttökohteita itseohjautuville ajoneuvoille tieliikenteessä. Autonomiseen ajamiseen liittyy edelleen merkittäviä haasteita, vaikka useilla valmistajilla on jo tason 4 automaatioon kykeneviä ajoneuvoja, jotka kytkevätkin itsenäiseen ajamiseen noin 80–90 %:lla matkoista (Litman 2022).

General Motorsin Cruise-palvelua on testattu julkisilla teillä osassa San Franciscoa yöaikaan ja ajoneuvoille on myönnetty lupa operointiin myös päivällä. Cruise on parhaillaan laajentamassa robottitaksitoimintaansa Austinin ja Phoenixin kaupunkeihin. Ajoneuvoille ei ole tapahtunut merkittäviä onnettomuuksia, mutta Cruisen ajoneuvot ovat kuitenkin pysähdelleet paikkoihin, joihin niiden ei tulisi pysähtyä, jolloin matkustajat ovat joutuneet poistumaan ajoneuvoista esimerkiksi keskellä risteystä (Frasier 2022).

Waymolla on ollut Phoenixissa jo joitakin vuosia robottitaksipalvelu, jonka toiminta-alueita on laajennettu kaupungissa. Waymo on saanut toimiluvan myös San Franciscoon ja on myös laajentumassa Los Angelesiin 2023. (Bishop 2022a) Euroopassa Waymo on käynnistämässä robottitaksipalvelunsa ensimmäisten joukossa Oslossa (Ilta-lehti 9.1.2023). Motional on yhdessä Uberin kanssa käynnistänyt robottitaksipalvelun Las Vegasissa (Bellan 2022). Waymon ja GM Cruisen kilpailijaksi pyrkinyt Fordin ja Volkswagenin yhteinen Argo AI robottitaksi-startup lopetti toimintansa vuonna 2022 siitä huolimatta, että Amazon olisi ollut halukas sijoittamaan siihen huomattavia summia rahaa automatisoidakseen kuljetuskalustonsa. Autonvalmistajat olivat kuitenkin haluttomia antamaan määräysvaltaa Amazonille samalla kun totesivat robottitaksitoiminnan kannaltaan liian haasteelliseksi. (Bishop 2022a, Bozzella 2022)

Kiinassa on kolme eri toimijaa (AutoX, Baidu ja Pony) tarjoamassa robottitaksipalveluita kaupungeissa ja kahden muun toimijan (Momenta ja SAIC) odotetaan tarjoavan palvelujaan viimeistään 2024. Suurin toimija Baidu aikoo laajentaa toimintaansa nykyisestä kahdesta kaupungista kymmeneen vuonna 2023 ja on ilmoittanut uuden kaupungin sisällyttämisen palveluunsa vaativan vain 20 päivää. Kiinalaisten toimijoiden etuna on toimijaystävällinen sääntely-ympäristö, jonka turvin he voivat kehittää palveluitaan maailmanlaajuisia markkinoita varten pääkilpailijoitaan nopeammin. (Bishop 2022a) Optimistiset arviot odottavat robottitakseista kannattavaa liiketoimintaa vuonna 2030 alkaen Kiinan markkinoista. Pessimistisempien arvioiden mukaan taksipalveluiden hinnat laskevat automaation myötä vasta vuoden 2040 paikkeilla (Litman 2022).

Kuorma-auto- ja jakeluliikenne

Euroopan komission CCAM Platform loppuraportissa Euroopan Unionin tutkimus- ja kehitystyön agendalle vuoteen 2030 tähtäävässä kehitystyössä kuuluvat innovatiiviset ja mahdollisesti jaetut liikkumisen ja logistiikan palvelut, jotka käyttävät verkottuneita ja korkean automaatiotason ajoneuvoja (SAE taso 4) yhdessä niin kaupunki- ja moottoritieympäristössä kuin taajaman ulkopuolella. Yhtenä toimenpidealueena ovat suuren mittakaavan automaattisten kuorma-autojen kokeilut. (Euroopan komissio 2021)

Kuorma-autojen automaatio on jo todellisuutta yleiseltä liikenteeltä suljetuilla alueilla kuten kaivoksissa, rakennustyömailla ja peltoalueilla (Bishop 2022b). Automaattikuorma-autojen toimittajina ovat olleet mm. Volvo, Caterpillar, Komatsu ja SafeAI. Yritysten ajatuksena on ollut kehittää automaattiajamista ensin suljetuilla alueilla ja mahdollisesti siirtyä avoimelle tieverkolle sitten, kun teknologia on riittävän valmista tähän. Suomenkin kannalta kiinnostava käyttötapa voi olla lyhyen matkan (muutamia kilometrejä) siirrot liikenneoperaattorin terminaalista esimerkiksi satamaan, tarkoitusta varten varustettua, rajattua yleistä tieverkkoa pitkin (Sorvisto 2023).

Tason 2 automaatio eli kuljettajan tukijärjestelmät ovat jo yleisesti käytössä suomalaisten operaattorien raskaassa kalustossa (Sorvisto 2023). Raskas vetokalusto uusiutuu verraten nopeaan tahtiin, mikä mahdollistaa uusien järjestelmien nopean yleistymisen ajoneuvokannassa. Tason 4 automaattiajamista kuorma-autoilla ovat perinteisten autonvalmistajien lisäksi olleet kehittämässä mm. Aurora, Embark, Kodiak, Plus, TuSimple, Waabi ja Waymo. Gatik, Einride ja Uddev ovat puolestaan tuottaneet automaattikuorma-autoja taajamien jakeluliikenteeseen logistiikkakeskusten ja myymälöiden väliseen liikenteeseen Yhdysvalloissa. (Bishop 2022b)

Letka-ajolla, johon myös saattueajona viitataan (EU/2019/2144), tarkoitetaan kahden tai useamman ajoneuvon yhdistämistä letkaksi tai saattueeksi käyttämällä apuna radioliikenneteknologiaa ja automaattiajamista tukevia järjestelmiä. Letka-ajolla viitataan useimmin kuorma-autojen muodostamaan letkaan. Hyötyjä voidaan saavuttaa liikenteen turvallisuuden lisäksi kuljetusten ja matkojen tehokkuutta parantamalla sekä polttoainetta säästämällä. Haitat voivat kohdistua mm. työllisyyteen, mikäli kuljettajatarve vähenee, ja sekaliikenteessä toimintaan. Raskaan liikenteen operaattorit kärsivät Euroopassa työntekijäpulasta, mihin letka-ajo voi tulevaisuudessa tarjota osaratkaisun. Usean valmistajan yhteentoimiva letka-ajo voi vaatia uudenlaisia liiketoimintamalleja. Suomessa hyödyt ovat lähinnä polttoainesäästöjä, sillä nykyinen lepoaikalainsäädäntö ei mahdollista letkassa olevan auton hytissä lepäämisen katsomista lepoajaksi. Lepoaikalainsäädännön uudistaminen nähdäänkin alalla keskeisimmäksi pullonkaulaksi letka-ajon yleistymisen tiellä, sillä tekniikan arvioidaan olevan jo valmiina (Sorvisto 2023). Letka-ajo, jossa letkan ensimmäisessä ajoneuvossa on ihmiskuljettaja, on vähemmän herkkä esimerkiksi haastavien talvikelien vaikutuksille kuin yksittäisen raskaan ajoneuvon L4-tason automaatio.

Yhdysvalloissa Locomation on ollut pisimmällä letka-ajon kehittämisessä liiketoiminnaksi (Bishop 2022b). Euroopassa rahoitettuja viimeaikaisempia letka-ajon kokeiluja ovat olleet esim. I-AT, Connecting Austria ja ENSEMBLE, joista viimeisin keskittyi usean eri ajoneuvovalmistajan letka-ajon yhteentoimivuuteen. Pohjoismaissa letka-ajoa on kokeiltu Sweden4Platooning-hankkeessa sekä Suomessa Platooning Finland -projektissa yksityisen ja julkisen sektorin yhteistyössä. Suomen kokeilussa osoitettiin letka-ajon soveltuminen suomalaisille tietyypeille eri vuodenaikoina; parhaiten semiautonominen letka-ajaminen soveltui moottoritielle. (Pekkala & Heikkilä 2019, TRIMIS 2022, Connected Automated Driving 2023)

Suomessa mm. Pohjanmaan liiton toimeksiannosta julkaistiin vuonna 2022 selvitys valtatie 8 – Älyväylä, jossa vt8 Turku-Oulu-Tornio välin nk. vientivyöhykkeellä tavoitteeksi nostettiin myös automaattista liikennettä tukevan infrastruktuurin edistäminen. Hankevalmistelussa huomioitiin logistiikan digitalisaatio ja logistiikkaoperaattorin näkökulma. Valtion talousarvioaloitteessa vuoden 2022 lopulla hankkeen jatkosuunnittelulle ei myönnetty rahoitusta. (Pohjois-Pohjanmaan liitto 2022, Eduskunta 2022)

Tällä hetkellä kuljetusala panostaa voimakkaasti kaluston sähköistämiseen, mikä osaltaan voi siirtää automaatiosovelluksiin kohdistuvaa kehitystä myöhemmäksi tulevaisuuteen. Lisäksi lainsäädäntö ei tällä hetkellä mahdollista letka-ajoon kuluvan ajan käyttöä kuljettajan lepoaikana, joten yrityksillä ei ole riittävää taloudellista kannustinta voimakkaisiin investointeihin korkean tason automaatioon. Lainsäätäjä voi siten merkittävästi muuttaa raskaan kaluston automaatioon liittyviä ennusteita. Lepoajojen kohdalla noudatetaan kansainvälistä lainsäädäntöä eli muutos tulee tehdä vähintään EU-tasolla. (Sorvisto 2023)

Nuro (Wessling 2022), Starship (2023), Amazon Scout (Amazon 2019) ja Continental (Ndion 2021) ovat kehittäneet jakelurobotteja kaupunkiympäristöihin. Jakelurobotit ottivat ensiaskeleita pakettikuljetuksessa Suomen kaupunkilogistiikassa vuonna 2021 Helsingissä Forum Virium Helsingin LMAD-pilotissa. Vastaavasti vuonna 2022 Espoossa pienet jakelurobotit kuljettivat ruokatarvikkeita asiakkaille. Jakelurobotit voivat tuoda ratkaisuja viimeisten kilometrien pakettikuljetukseen kaupunkien lähiöissä, mutta niiden kehitys vaatii yhä työtä monimutkaisessa kaupunkiympäristössä. (Forum Virium Helsinki 2023, Starship 2023)

Joukkoliikenne

Euroopassa on jo useita osittain automatisoituja joukkoliikenneratkaisuja. Esimerkiksi Pariisin metron linja on osittain automatisoitu GoA 4 -tasolle vuoden 2022 aikana ja vuoden 2023 loppuun mennessä tavoitteena on, että kaikki linjalla liikennöivä kalusto on automatisoitua. Pariisin metron linjat 1 ja 14 on automatisoitu jo aiemmin ja jatkossa uudet linjat ovat avaamisesta lähtien automaattisia. Bussien tai raitiovaunujen automaatio ei ole yhtä pitkällä kuin juna- ja metrokaluston. (Geerts 2022). Isossa-Britanniassa on käynnistetty kansallinen 40 miljoonan punnan ohjelma, jonka tavoitteena on käynnistää 2025 alkaen kaupallisia liikkumispalveluja (vain osa rahoituksesta on joukkoliikenteelle), jotka perustuvat itseohjautuviin ajoneuvoihin (Gov.uk 2022).

Suomessa joukkoliikenteen automaation pilotit ovat keskittyneet pienten, itseohjautuvien bussien teknologiapilotteihin. Myös kansainvälisesti merkittävä osa kehityksessä on keskittynyt ensimmäisen tai viimeisen kilometrin matkoihin nykyisiä joukkoliikennepalveluita täydentävänä ratkaisuna tai liikkumisen mahdollistajana suljetuilla alueilla, kuten kampuksissa tai teollisuusalueilla. (WSP 2022) Pieniä itseajavia busseja pilotoitu Suomessa mm. FABULOS, Sohjoa, Sohjoa Baltic, SHOW ja RIDE2RAIL -hankkeissa. Iso-Britanniassa on aloitettu toukokuussa 2023 ensimmäinen SAE 4 -tason automaattibussiliikenne yhdellä linjalla Edinburghissa CAVForth-pilotissa. Reitti

on 23 km pitkä ja viiden bussin laivue operoi sekaliikenteessä ilman erillisiä kaistoja jopa 80 km/h nopeudella. Bussissa on kuitenkin koko ajan sekä turvakuljettaja että asiakaspalvelija. (CAVForth 2023)

Ennen korkeampien automaatiotasojen hyödyntämistä kuljettajaa tukevat palvelut voivat tehostaa bussiliikennettä. Kuljettajaa tukevat järjestelmät parantavat bussiliikenteen täsmällisyyttä, energiatehokkuutta ja turvallisuutta. Esimerkiksi bussimetrojen (englanniksi Bus Rapid Transit, BRT) toteuttamisessa bussien automaatiosta on hyötyjä. Alemmat automaation asteet, kuten kuljettajaa tukevat järjestelmät ja tiedonvaihto ajoneuvosta ajoneuvoon (V2V) voivat auttaa lyhentämään vuorovälejä ja parantamaan turvallisuutta. Myös liikenteenohjauksessa ajoneuvojen ja infran välinen viestintä (V2I) sekä automaatio lisäävät kapasiteettia, kun etuajo-oikeuksia voidaan ohjata aiempaa tehokkaammin. (WSP 2022) Yhdysvalloissa Connecticutissa on tarkoitus testata uutta bussia, joka operoi bussikaistalla tason 4 automaatioon avulla (Martelaro ym. 2022). Ensimmäiset automaattiset tieverkolla toteutetut joukkoliikenteen käyttökohteet eivät nojaa täysin itseohjautuviin ajoneuvoihin, vaan ratkaisut sisältävät etäohjauskeskuksen, joka voi ohjata autonevoja etäyhteyksillä poikkeustilanteissa (Kettwich 2022). SAE-taso 4 sisältää oletuksen etäohjauskeskuksesta, jonka avulla häiriötilanteissa liikennettä voidaan ohjata. On kuitenkin mahdollista, että etäohjauskeskuksen rooli on ainakin alussa määritelmää laajempi.

Ennusteet joukkoliikenteen automaattijamisen kaupallisista ratkaisuista vaihtelevat merkittävästi. Ajoneuvovalmistajat arvioida sen olevan mahdollista jo 2025 alhaisemmissa nopeuksissa ja moottoritienopeuksissa vuonna 2030. Kiinteiden reittien toteuttaminen automaattibusseilla on ensimmäisiä käyttökohteita, täysin kutsupohjaiset ja dynaamisesti reitittävät palvelut vasta myöhemmin esimerkiksi vuoden 2030 jälkeen. (Sitowise 2021). Esimerkiksi Litman (2022) ennustaa, että pitkän matkan bussiliikenteessä automaattiset ratkaisut yleistyvät 2030- ja 2040-luvuilla. Vuoteen 2040 mennessä automaattisen joukkoliikenteen odotetaan olevan jo melko vakiintunut. Toteutuminen vaatii ITS-järjestelmien kehittämistä. (Romanski ym. 2021, Sitowise 2021) Merkittävä haaste on löytää automaattibusseille sopiva palvelukonsepti, koska automaattisen liikenteen järjestämiskustannukset voivat olla aluksi merkittävästi nykyistä kalustoa korkeammat, vaikka kustannushyötyjä pidetäänkin pitkässä juoksussa automaattisen bussiliikenteen merkittävänä etuna. Palvelukonseptin haasteet koskevat erityisesti pieniä automaattibusseja.

Bussiliikenteen automaatio ei rajoitu vain ajamiseen, vaan myös ajoneuvovarikkojen automaatiolla voidaan luoda merkittäviä hyötyjä. Ajoneuvovarikkojen automaation etuna on tarkasti rajattu toiminnallinen alue, jossa autonomisen operoinnin tulee kyetä operoimaan. Bussikaluston käyttökustannuksista merkittävä osa syntyy varikkotoiminnoista, kuten ajoneuvojen siirroista ja pysäköinnistä, tankkaamisesta tai lataamisesta, pesemisestä ja huoltamisesta. Erilaiset siirrot bussivarikoilla vaativat merkittäviä määriä henkilötyötunteja, joita automaatio voisi korvata. (WSP 2022) Joukkoliikenteessä varikkotoimintojen automaatiota voidaan hyödyntää myös raitiovaunu- ja junavarikoilla. Raitiovaunuvarikkojen automaation mahdollisuuksia ja riskejä on tutkittu Suomessa muun muassa Smart-Rail-hankkeessa (Hautala ym. 2021).

Kunnossapidon ja rakentamisen kalusto

Kunnossapidolla viitataan tie- ja katuverkolla tapahtuvaan ylläpitoon. Tieverkon kunnossapidon ja rakentamisen automatisoinnilla tavoitellaan liikenteen turvallisuuden ja sujuvuuden parantamista, pienempiä kustannuksia sekä matkojen ja kuljetusten tehokkuuden sekä kapasiteetin parantamista. Ajoneuvovalmistajat ovat toteuttaneet sekä kunnossapidon että tie- ja katuverkon rakentamisessa käytetyn kaluston, kuten kuorma-autojen ja traktoreiden automaation kokeiluja kansainvälisesti. Eurooppalaisista hankkeista esimerkkinä EU H2020 -rahoitettu HERON-projekti vuonna 2022, jossa on esitelty suunnitelma toteutettavasta kunnossapidon robotiajoneuvosta mm. kuoppien paikkaamiseen, asfaltin uusimiseen ja tiemerkintöjen maalaukseen (Katsamenis ym. 2022). Tietyömaiden turvallisuuden parantamiseksi MAN (2018) on kehittänyt törmäysperävaunun, joka seuraa automaattisesti tietyön etenemistä.

Automaattisten ajoneuvojen anturien tieverkosta keräämän tiedon hyödyntäminen, esim. tienpinnan kunnosta, tuo tulevaisuudessa mahdollisuuden tehostaa tieverkon kunnossapitoa ja edelleen liikenteen turvallisuutta sekä sujuvuutta. Suomessa tieverkon kunnossapidon automatisointi voi hyödyntää esim. talvikunnossapitoa, jossa auraukseen ja suolaukseen tehokkuutta voidaan pyrkiä kasvattamaan automaatiolla. Talvikunnossapidon lisäksi hyötyjä voidaan saada mm. tien harjauksesta ja tienvarsien niitosta. Esimerkiksi Espoossa ja Helsingissä on kokeiltu suomalaista kadunlakaisurobottia. Suomessa toimivat valmistajat ja kunnossapidon toimijat ovat olleet mukana kokeiluissa, joissa kehitetään automaattisen kunnossapidon ratkaisuita. (Arctic Machine 2022, Valkonen 2017)

Oulun seudulla on jo aikaisempaa osaamista työkoneiden ja kunnossapidon automaation kehittämisessä. Tutkimus- ja kehitystyötä on mm. tehty maansiirtokoneiden työkoneparven (Oulun yliopisto (2022) ja siltojen rakentamisen automaation osalta (Heikkilä 2011).

Terminaalitoiminnot

Yksi automaation potentiaalinen käyttökohde ovat erilaiset logistiikan toiminnot suljetuilla alueilla terminaaleissa, kuten satamissa tai teollisuuslaitoksissa sekä bussiterminaaleissa. Korkean tason (L4) automaattisovelluksilla on mahdollista näissä ympäristöissä saavuttaa tuottavuushyötyjä yritysten liiketoiminnalle. Terminaalien etuina automaattisten sovellusten varhaiselle käyttöönotolle ovat alhaiset ajoneuvojen nopeudet, erityiset liikennesäännöt sekä ulkopuolisten tahojen kuten autojen tai jalankulkijoiden pääsyn estäminen terminaalin alueelle. Näitten seikkojen takia terminaalialueen ODD on tyypillisesti vähemmän kompleksinen kuin muissa ympäristöissä. Alkuvaiheessa automaattisovellukset toimivat kuitenkin sekaliikenteessä, jossa liikkuu myös manuaalisesti operoituja ajoneuvoja ja jalankulkijoita, mitkä seikat on huomioitava turvallisuuden kannalta. (ERTRAC 2022.)

ERTRACin tuoreen tiekartan (ERTRAC 2022) mukaan vuonna 2040 automaattisovellukset ovat laajalti käytössä terminaaleissa ja hubeissa, mitkä ovat erotettu muusta liikenneympäristöstä ja joissa maksiminopeus on 25 km/h. Sovellusten käyttöympäristön nähdään myös laajenevan ja yhdistyvän asteittain muiden käyttötapauksien kanssa. Mahdollisina käyttötapauksina satamissa ja muissa raskaan liikenteen terminaaleissa ovat (ERTRAC 2022.):

- bussien automaattiajaminen bussiterminaalissa
- rekan tai perävaunun operointi automaattisella kalustolla

Automaattisovellusten käyttöönoton mahdollistajina on mainittu mm. (ERTRAC 2022):

- reaaliaikainen liikenteen valvonta ja hallinta
- laajakaistainen alhaisen latenssin tiedonsiirtoyhteys alueella
- ympäristön turvallisuuden hallinta käyttäen hyväksi aitoja, portteja sekä geoaitaamista
- mekanismit, joilla turvataan hyväksyttävä palvelutaso myös vaativissa olosuhteissa (redundanttisuus)
- erilaiset standardoinnin aktiviteetit

Tällä hetkellä ainakin Fernride, ISEE, Outrider ja RRAI ovat tuottaneet automaattivetoyksiköitä siirtämään perävaunuja ja kontteja terminaalialueilla (Bishop 2022b). Suomessa Stora Enso on testannut automaattisesti ajavan kuorma-auton käyttöä hakkeen kuljetuksessa Uimaharjun tehtaallaan jo usean vuoden ajan. Testit ovat osoittaneet, että automaattisen kuorma-auton käyttö on lisännyt huomattavasti turvallisuutta tehdasalueella erityisesti hakekasojen ja varastojen läheisyydessä. Lisäksi automatiikan avulla on vähennetty päästöjä. Stora Enson Uimaharjun tehdasalueella sahan ja sellutehtaan välillä liikennöivän automaattisen ajoneuvon suurin nopeus on 20 kilometriä tunnissa. Kuorma-auto kuljettaa päivittäin noin 15 hakekuormaa sahalta sellun tuotantoon 1,4 kilometrin matkan. Koekäytön alkuvaiheessa autossa on ollut kuljettaja valvomassa testin sujumista, mutta on kokeilun edetessä siirtynyt valvomaan auton kulkua etäyhteydellä kulkuneuvon ulkopuolelta. Automaattisesti ajavan auton testaus on Stora Enson ja hakekuljetuksia operoivan Mantsinen Groupin yhteishanke. Ajoneuvon älykkään ohjausjärjestelmän ja varustelun toimittaa Hiab (osa Cargotecia), joka on kehittänyt järjestelmää yhdessä VTT:n kanssa. (Stora Enso 2021.)

Maailmalla on tehty lukuisia kokeiluja konttien siirtämisessä satama-alueen sisällä, mm. Altenwerderin satamassa Hampurissa. MAN-yhtiön automaattinen rekka on osoittautunut teknisen toimivuutensa yli 5000 sekaliikenteessä ajatun kilometrin testissä. Testiä valvoi ajoneuvossa istunut henkilö, mutta ajoneuvo suoritti operaatiot itsenäisesti. Tulevaisuuden hyötynä nähdään, että rekan kuljettaja voi hyödyntää lastin purkuun/lastaukseen kuluvan ajan satamassa lakisääteisenä lepoaikana, sillä aikaa kun ajoneuvo suorittaa lastin siirron satamassa itsenäisesti. MAN suunnittelee jatkavansa pilotteja ja tuovansa automaattirekan sarjatuotantoon vuodesta 2030 alkaen. Yhtenä seuraavista kehityskohteita on automaattirekan käyttö terminaalien välisessä liikenteessä yleisellä tieverkolla. (IAA Transportation 2021.)

Suomessa satamien ja rahtiliikenteen välistä automaatiota kehitetään muun muassa Seaforvalue-hankkeen SMARTER-projektissa (Smart Terminals, 2021–2023), jonka tavoitteena on digitalisaation avulla tehostaa rekkalii-

kennettä ja logistiikkaketjuja satamissa sekä Oulun sataman Smarter-hankkeessa, joka tähtää satamadigitalisointiin tarjoamalla digialustan, joka mahdollistaa satamatoimijoille paremman tilannekuvan sekä mobiilisovelluksen rekkojen kuljettajille. (Pohjois-Pohjanmaan liitto 2022)

Dronet

Dronejen kohdalla voidaan puhua laajemmin kaupunkialueella tapahtuvasta ilma-alustoiminnasta (Urban Air Mobility, UAM). Useimmat UAM-sovellukset nojautuvat itseohjautuviin ilma-aluksiin. Yleisimpiä käyttökohteita ilmailun automaatiolle kaupunkiseuduilla ovat pelastustoiminta (esimerkiksi sydäniskurien toimittaminen), valvontatehtävät ja tavaroiden toimittaminen (erityisesti aikakriittiset toimitukset). Lisäksi niin sanotut ilmataksit ovat yksi globaaleista käyttökohteista.

Ilma-alusten automaation ja kaupungeissa tapahtuvan ilmailun globaaleja ajureita ovat kaupungistuminen ja liikenteen ruuhkautuminen. Akkuteknologian kehitys on keskeinen mahdollistaja ilmailun muutoksille. Uudentyyppiset ja -kokoiset ilma-alukset mahdollistavat aiempaa monipuolisemmat käyttökohteet ilmailulle. Dronetoiminnan kehityskulku on riippuvainen monista tekijöistä. Teknologisen kehityksen lisäksi tarvitaan sääntelyn kehittämistä, koska ilmailu on perinteisesti hyvin tiukasti säädelty liikennemuoto. Kaupunkien ilmatilassa tapahtuvaan ilmailuun liittyy useita erityiskysymyksiä ja haasteita, kuten ilmaliikenteen hallinta, maankäyttö, turvallisuus ja meluhaitat. Laajamittaisten toteutumisen vaatimuksena ovat kansainvälisesti yhteensopivat standardit ja menetelmät ilmatilan hallintaan, tiivis integrointi muuhun liikennejärjestelmään ja sopivien käyttötapausten tunnistaminen sekä muuntaminen liiketoiminnaksi. Miehittämätön ilmailu vaatii ilmatilan hallinnan lisäksi myös maassa erilaisia toimintoja. Dronejen laskeutumispaikat ja liikkumishubit ovat edellytys tehokkaalle toiminnalle. Näiden toteuttaminen vaatii yhteistyötä kuntien ja kaupunkien kaavoituksen kanssa.

Euroopassa U-space-sääntely luo raameja kaupunki-ilmatilassa tapahtuvaan toimintaan. U-space-sääntelyn mukainen toiminta käynnistyi helmikuussa 2023. U-space on käytännössä rajattu alue alailmatilaa, usein (mutta ei aina) asuttujen alueiden yläpuolella kaupungissa, taajamassa tai haja-asutusalueella. (UIC2 2021) Kansainvälisesti kaupunki-ilmatilassa tapahtuvan ilmailun oletetaan yleistyvän 2020-luvun aikana. Euroopan komissio on asettanut Drone strategia 2.0 esityksessä tavoitteeksi, että dronepalveluista tulee arkipäivää Euroopassa vuoteen 2030 mennessä. Käyttötapauksista on nostettu esiin erityisesti kiireelliset toimitukset (esimerkiksi lääkkeet tai laboratorionäytteet), pelastuspalvelut sekä tarkastus-, valvonta- ja kartoituskäyttö. Lisäksi esiin on nostettu innovatiiviset ilmaliikennepalvelut, kuten ilmataksit. Strategian toteutumista tuetaan useilla avaintoimenpiteillä, joiden tarkoituksena on edistää Euroopan dronemarkkinoiden ja teknologian kehitystä, mutta myös edelleen jatkokehittää sääntelykehikkoja.

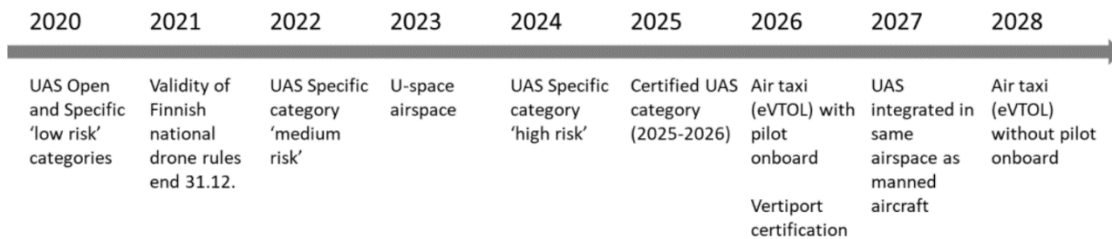
Oulu on aktiivisesti mukana eurooppalaisessa UAM-kehityksessä, muun muassa osallistumalla UIC2:n toimintaan. Oulussa on aktiivisesti pilotoitu miehittämättömän ilmailun teknologioita eri hankkeissa. Tutkittuja käyttökohteita ovat mm. DroLo, DroWM ja 5G!Drones-hankkeissa olleet 5G:n käyttö ilmailussa, ilmaliikenteen hallinta, mitaus- ja kuvauspalvelut, pakettien toimittaminen ja mobiiliverkkojen kapasiteetin kasvattaminen tapahtumien yhteydessä. Dronejen käyttökohteita on kartoitettu Oulussa Hartaanselän Asuntomessualueella. Uutena liikennemuotona kaupunki-ilmailu ja dronet vaativat myös kaupungeilta toimia, joiden avulla ilmailua säädelään, ohjataan ja mahdollistetaan. Esimerkiksi kaavoituksessa ja maankäytössä ilmailun tarpeet voidaan huomioida ilmakäytävien ja laskeutumisalueiden muodossa. SUMP-näkökulmasta kaupunki-ilmailu tulee yhteensovittaa muun liikennejärjestelmän kanssa, jotta se palvelee yleistä hyvää ja eri liikennemuodot ja maankäyttö täydentävät toisiaan. (UIC2 2021)

Kuvissa 3 ja 4 on esitetty aikajanoja kaupunki-ilmailun kehitykselle lähivuosien aikana. Nykyteknologialla toteuttamiskelpoisimpia ja ensimmäisiä näköyhteyden ulkopuolisen lentämisen sovellutuksia ovat erilaiset valvonta- ja kuvantamisratkaisut sekä nopeita kuljetuksia vaativat tilanteet, kuten terveydenhuollon logistiikka. Alkuvuodesta 2022 kaupallisia dronetoimituksia arvioitiin tapahtuvan kansainvälisesti noin 2000 kappaletta päivässä. Arvioiden mukaan dronella toteutettujen kuljetusten CO₂-päästöt ovat kilpailukykyisiä autoihin verrattuna, mutta suurimmat hyödyt saavutetaan toiminnan skaalautuessa, sillä henkilöstökustannukset ovat yhä merkittävä osa dronelogistiikkaa. (Cornell ym. 2023) Dronelogistiikka on edelleen kuitenkin kokeiluasteella. Esimerkiksi Oulun liikekeskus selvittää vuoden 2023 aikana dronelogistiikan mahdollisuuksia Oulun keskustassa.

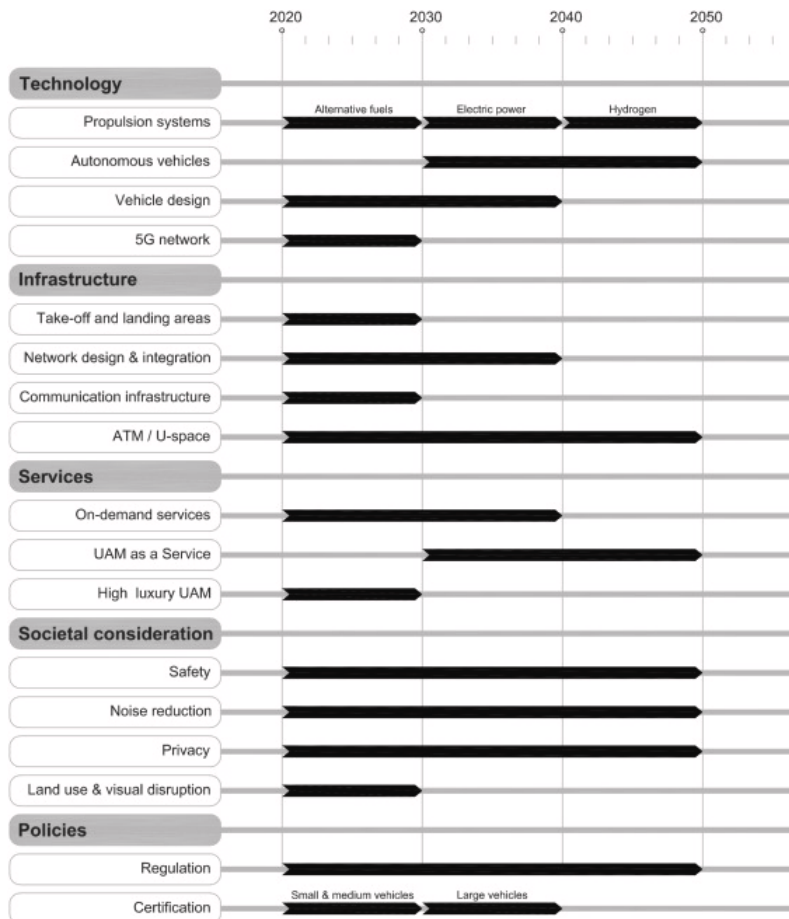
Ilmataksiliikenne, VIP-lennot ja pelastuspalveluiden lennot voivat yleistyä tulevina vuosikymmeninä. Henkilöliikenteen volyymien ennustaminen on kuitenkin haasteellista ja hyödyt Oulun seudulla ovat muihin kulkumuotoihin

verrattuna vähäisiä. Myös Suomen mittakaavassa ihmisten kuljettamisen rooli kaupunki-ilmailussa on todennäköisesti vähäinen. Esimerkiksi Porsche Consulting (2021) arvio selvityksessään, että vuoteen 2035 säännöllistä ilmataksipalvelua olisi lähinnä maailman kolmessakymmenessä suurimmassa kaupungissa.

Lähtöleveysuuden kehityksen epävarmuudesta huolimatta erilaisiin käyttötapauksiin tulee kuitenkin valmistautua. Keskeistä on Oulun seudun kaupunkien ja kuntien yhteinen toiminta U-space-ilmatilojen perustamisessa, suunnittelussa ja operoinnissa. (Robots.expert 2021) Kaupunki-ilmailun yleistyessä myös ilmatila tulee nähdä yhtenä seudullisen suunnittelun osana ja kaupungeilla tulee olla visio tai strategia, joka ohjaa kaupunki-ilmailun huomioimista osana maankäyttöä ja liikennesuunnittelua. Strategian avulla ohjataan ilmailun kehitystä suuntaan, joka tukee seudun tavoitteita niin maankäytön, liikenteen kuin elinkeinoelämän kehityksen saralla. Dronejen käyttö tiedon tuottamiseen eri sektoreilla tulee todennäköisesti yleistymään ja ilmaliikenteen määrien kasvaessa kaupunkien ja kuntien rooli toiminnassa kasvaa.



Kuva 3. Arvio kaupunki-ilmailun sääntelyn ja vaatimusten kehittymisestä Suomessa 2020–2028. (Haapamäki ym. 2023)



Kuva 4. Kaupunki-ilmailu on jo nyt mahdollista, mutta laajamittainen käyttöönotto on vielä globaalisti toteutumatta. (Pons-Prats ym. 2022)

Yhteenveto automaation kehityksestä

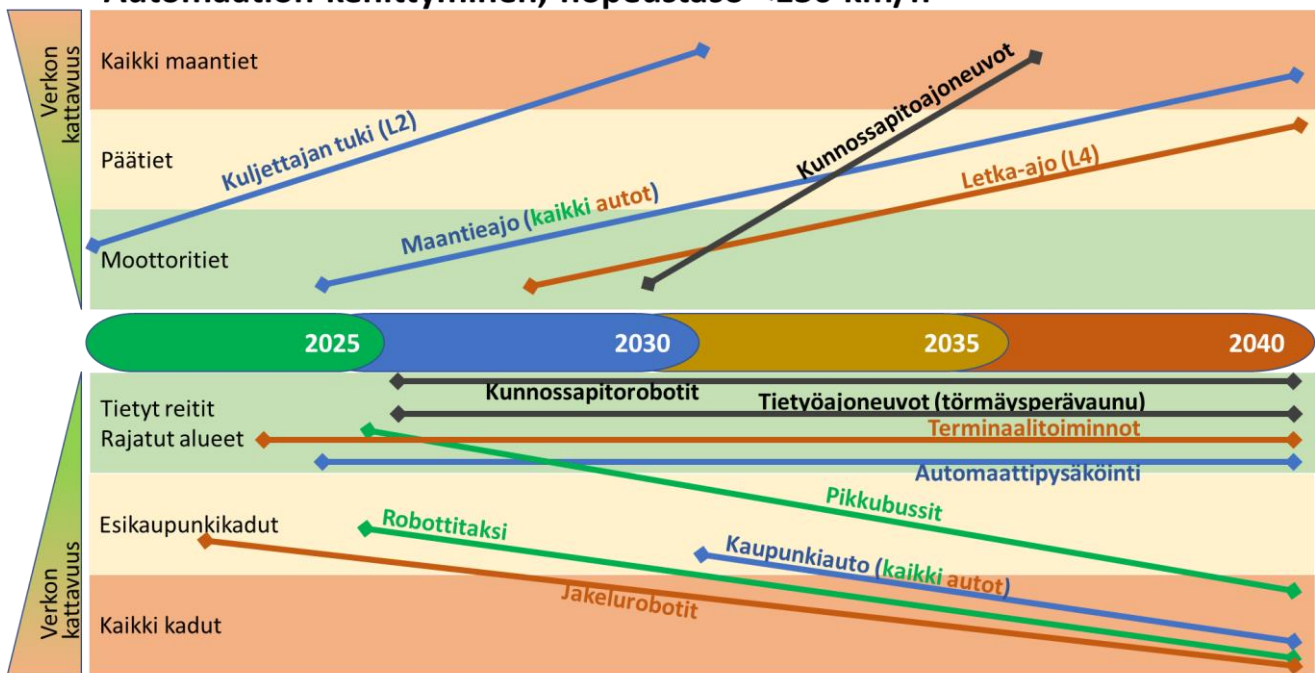
Arvioita liikenteen automaation valmiudesta eri toimintaympäristöissä

Kuvassa 5 tarkastellaan automaation kehittymistä tieliikenteessä soveluksittain erikseen matalan ja korkean nopeustason toimintaympäristöissä. Etenemisen odotetaan tapahtuvan aloittamalla käyttöönotto helpommissa toimintaympäristöissä ja etenemällä teknologia- ja infrastruktuurikehityksen salliessa monimutkaisempiin toimintaympäristöihin.

Korkean nopeustason toimintaympäristöt:

- moottoritiet ovat helpoin toimintaympäristö (ei kevyttä eikä vastaantulevaa liikennettä, korkeatasoinen kunnossapito)
- nopeasti eteneviä tason 2 tukijärjestelmiä voi käyttää kaikilla päällystetyillä maanteilla vuonna 2030
- tason 3 ja 4 maantieajosovelluksia tulee markkinoille useita vuoteen 2025 mennessä kaikille autotyypeille, mutta niiden toimintaympäristö laajenee melko hitaasti yksiajorataisille teille
- tason 4 letka-ajo tullee markkinoille maantieajosovellusta hyödyntäen letkan ensimmäisessä autossa
- tason 4 kunnossapitoajoneuvojen tulee toimia myös huonoissa olosuhteissa, minkä vuoksi ne tulevat käyttöön muita maantieajosovelluksia myöhemmin

Automaation kehittyminen, nopeustaso <130 km/h



Automaation kehittyminen, nopeustaso <60 km/h

Kuva 5. Arvioita automaatio-sovellusten yleistymisestä eri toimintaympäristöissä

Alhaisen nopeustason toimintaympäristöt:

- Tarkasti ja mahdollisesti fyysisesti rajatut alueet (satamat, logistiikkakeskukset ja muut terminaalit, pysäköinti-alueet, tiettyä maata, geoaidatut kunnossapitokohteet, jne) mahdollistavat monien sovellusten käytön jo viiden vuoden kuluessa
- jakelurobotit otetaan käyttöön ei-tilkka-alueilla ja sitten vähitellen koko taajama-alueilla
- pikkubussit palvelevat aluksi vain tiettyjä reittejä edeten sitten esikaupunkialueiden kaduille
- robotitaksit tullevat Kiinan ja Yhdysvaltain markkinoille Euroopan markkinoille viiden vuoden sisällä
- robotitaksiteknologioita hyödyntävät kaupunkiautot ml. linja-autot tullevat käyttöön myöhemmin

Automaatiokehityksen mahdollisuudet ja uhat

Alla olevissa taulukoissa on tarkasteltu automaatiokehityksen vaikutuksia ensin käyttäjien toimintaan ja tämän tarkastelun pohjalta edelleen liikennejärjestelmän yleisiin kehitystavoitteisiin. Arviot on laadittu konsulttiryhmän asiantuntijatyönä hyödyntäen kirjallisuudesta löytyviä tutkimustuloksia. Vaikutustarkastelu on tehty skenaariotarkastelun pohjalta, jossa on tunnistettu kolme erityyppistä, mahdollista kehityskulkua, joiden eteneminen riippuu teknologian ja autoteollisuuden sekä liikkumispalvelujen markkinoiden kehittymisestä, regulaatiosta sekä osittain myös julkisten toimijoiden tekemistä valinnoista liittyen investointeihin. Tarkastellut skenaariot ovat:

1. Yksityiset automaattiautot sekä robottitaksit
2. Automaattiset yhteiskäyttöautot palveluna, robottitaksit
3. Automatisoitu joukkoliikenne sekä syöttöliikenne

On mahdollista tai ehkä jopa todennäköistä, että mikään skenaarioista ei toteudu yksinomaan vaan toteuma tulee olemaan skenaarioiden yhdistelmä. Tämä voi tarkoittaa sitä, että kaupunkimaisilla (ison kysyntäpotentiaalin omaavilla) alueilla painottuu yhteiskäyttöautoihin ja robottitakseihin perustuva skenaario (2) ja samanaikaisesti keskustan ulkopuolella ja kehyskunnissa painottuu (1) yksityisomistukseen tukeutuva automaatiokehitys. Joukkoliikenteen automaatioon painottuvan skenaarion (3) toteutuminen riippuu paitsi viranomaisten tekemästä kehitystyöstä ja investoinneista myös regulaatiosta, joka muuttunee siinä vaiheessa, kun kehityksen hyödyt ja haitat ovat tarkemmin selvillä ensimmäisten kokeilujen ja käyttöönottojen perusteella. Oulun seudulla skenaariot (1) ja (2) toteutunevat pitkälti markkinalähtöisesti, mutta joukkoliikenneperusteinen skenaario vaatii vahvaa panostusta hyvin toimivaan runkoliikenteeseen esimerkiksi raideliikennetarkistuksena. Arvioinnin tulokset on esitetty seuraavissa taulukoissa 2, 3 ja 4.

Taulukko 2. Automaatiokehityksen mahdollisia vaikutuksia liikennejärjestelmän käyttäjien toimintaan eri skenaarioissa

| Käyttäjän toiminta | Mahdolliset muutokset - mahdollisuudet, uhat | | |
|----------------------------------|---|--|--|
| | Skenaario 1 – yksityiset autot | Skenaario 2 - yhteiskäyttöautot | Skenaario 3 – joukkoliikenne |
| Auton omistaminen | Painottuu hyvin toimeentulleville | Vähentää auton hankintaa | Vähentää auton hankintaa |
| Kuluttavan valinta | Matkat keskittyvät oman auton käyttöön | Kysyntää voi siirtyä joukkoliikenteestä ja kevyestä liikenteestä autoihin | Joukkoliikenteen kulkutapaosuus voi kasvaa |
| Asuinpaikan valinta | Työnteko autossa voi rohkaista muuttoa kauemmas työpaikasta ja palveluista | Tiiviin kaupunkimaisen asuminen houkuttelevuus voi parantua | Runkojoukkoliikenteen vaikutuspiirissä olevien asuinalueiden houkuttelevuus paranee |
| Matkojen määrä | Parantunut sujuvuus ja mukavuus voi lisätä matkoja | Vähäinen vaikutus | Vähäinen vaikutus |
| Liikennesuoritteiden määrä | Voi lisätä matkojen pituutta ja tyhjänä ajoa ja siten kokonaissuoritetta | Pientänee kokonaissuoritetta hieman. Kysyntäohjatut palvelut voivat parantaa kaluston käyttöastetta | Autoliikenteen kokonaissuorite pienenee. Kysyntäohjatut palvelut voivat parantaa kaluston käyttöastetta |
| Käyttäytymisen liikkussa | Työn teko, lepo; Ei seurata liikennettä | Mahdollisuus työn tekoon ja lepoon, jos yksin tai tutussa seurassa | Vähäinen vaikutus |
| Mukavuus ja turvallisuuden tunne | Lisää mukavuutta. Muiden tienkäyttäjien turvallisuuden tunne voi muuttua, mikäli autojen määrä vähenee. Turvallisuuden tunne voi parantua. Autojen määrän kasvaessa tunne huonontuu | Lisää mukavuutta ja turvallisuuden tunnetta, ellei tuntemattomia mukana. Muiden tienkäyttäjien turvallisuuden tunne voi muuttua. Mikäli autojen määrä vähenee, turvallisuuden tunne voi parantua | Voi vähentää turvallisuuden tunnetta liikennevälineessä, mutta parantaa turvallisuutta, mikäli autojen määrä katutilassa vähenee |

Taulukko 3. Automaatiokehityksen mahdollisia vaikutuksia liikennejärjestelmän kehitystavoitteisiin eri skenaarioissa.

| Vaikutukset | Mahdolliset muutokset - mahdollisuudet, uhat | | |
|-------------------------------|---|--|---|
| | Skenaario 1 – yksityiset autot | Skenaario 2 - yhteiskäyttöautot | Skenaario 3 – joukkoliikenne |
| Liikenne-turvallisuus | Paranee liikennesääntöjen noudattamisen ja virheiden vähenemisen kautta; ODD-katkot voivat olla riskejä; Suorituksen kasvu lisää altistusta | Paranee sekä automaattiajamisen että alhaisemman suorituksen ansiosta; matkustajien noutopaikkojen turvallisuus? | Paranee automaattiajamisen, kulkutapamuutoksen ja alhaisemman suorituksen ansiosta; matkustajien noutopaikkojen turvallisuus? |
| Sujuvuus | Koettu sujuvuus paranee, matka-ajat voivat pidentyä, ruuhkautuminen voi lisääntyä sekaliikenteessä | Paranee automäärän vähetessä, uusia ruuhkapisteitä voi syntyä suurkysyntäpisteissä | Paranee liityntäliikenteen ollessa sujuvaa |
| Saavutettavuus | Paranee omistajien osalta | Paranee; erityispalveluita aisti- ja liikuntarajoitteisille | Paranee |
| Energiankäyttö ja päästöt | Tasaisempi ajo vähentää, lisääntyvä suorite lisää | Pienenee hieman autosuorituksen vähetessä | Pienenee, mikäli ajoneuvosuorite laskee |
| Taloudellisuus | Kalliit ajoneuvot lisäävät kustannuksia | Liikkumisen kustannukset laskevat kilpailluilla markkinoilla | Liikkumisen kustannukset laskevat kilpailluilla markkinoilla. Joukkoliikenteen järjestämisen kustannukset voivat laskea pitkällä aikavälillä, mutta vaikutus rajallinen |
| Yhdyskuntarakenne | Hajaantuminen | Tukee tiivistymiskehitystä | Runkojoukkoliikenteeseen tukeutuva yhdyskuntarakenne välttämätön hyötyjen saavuttamiseksi |
| Maan- ja tilankäyttö | Pysäköinti- ja lataustilojen siirtyminen kalliin maankäytön alueilta; Tehokkaat pysäköintitilat korvaavat isoja pysäköintilaitoksia | Kadunvarsipysäköintiä tulee muuttaa palvelujen käytettäväksi; Odotus- ja lataustilat ajoneuvoille | Kadunvarsipysäköintiä tulee muuttaa palvelujen käytettäväksi; Odotus- ja lataustilat ajoneuvoille |
| Sosiaalinen oikeudenmukaisuus | Hyödyttää vain hyvin toimeen tulevia | Palvelujen käyttö edellyttää mm. luottotietoja; Alueellinen eriarvoisuus | Palvelut hyödyttävät kaikkia väestöryhmiä; Alueellinen eriarvoisuus |
| Terveys | Vähäinen heikentävä vaikutus lisääntyvän istumisen vuoksi. | Voi heikentyä, jos vähentää pyöräilyä ja jalankulkua | Voi heikentyä, jos vähentää pyöräilyä ja jalankulkua |
| Hyväksyttävyyttä | Suuri hyväksyntä käyttäjillä; jos tilaa varataan vain automaattiliikenteelle, muiden hyväksyttävyyttä voi laskea | Tilan tarve voi vähentää hyväksyttävyyttä. Muiden liikkujien kokema turvallisuus tärkeää | Voivat häiritä muuta liikennettä, jos hitaita; sosiaalinen turvattomuus voi vähentää; |

Ilmailun vaikutusketjut, uhat ja mahdollisuudet ovat hieman erilaiset, sillä drone-/UAM-toiminta rakentuu täysin uuden infrastruktuurin ja toimintamallien päälle. Skenaariossa 1 drone-/UAM-toiminnan oletetaan kehittyvän hitaasti ja käyttötapaukset ovat pääasiassa kuvantamiseen ja valvontaan liittyviä sekä erilaisia viranomaispalveluja, kuten pelastuspalveluita. Skenaario 2 pitää sisällään erilaisia logistiikan käyttötapauksia, joissa voidaan kuljettaa

niin verkkokauppatilauksia, kiireellisiä terveydenhuollon kuljetuksia kuin kriittisiä varaosia teollisuuslaitoksille. Skenaario 3 on Oulun seudulla epätodennäköinen.

Taulukko 4. Drone-automaation sovellusten arvioituja vaikutuksia liikennejärjestelmän kehitystavoitteisiin

| Vaikutukset | Mahdolliset muutokset - mahdollisuudet, uhat | | |
|-------------------------------|---|---|--|
| | Skenaario 1 – Hidas kehitys, viranomaispalvelut | Skenaario 2 - Logistiikkapalvelut | Skenaario 3 – Ilmataksipalvelut |
| Turvallisuus | Liikenne rajallista, ei merkittäviä turvallisuusvaikutuksia. Droneilla tuotetut palvelut voivat parantaa tieliikenteen turvallisuutta. Liikennemäärien kasvaessa sekä ilmatilanhallintaan että maassa liikkuvien turvallisuuteen kiinnitettävä huomiota | Voi parantaa liikenneturvallisuutta, mikäli korvaa tieliikennettä. Liikennemäärien kasvaessa sekä ilmatilanhallintaan että maassa liikkuvien turvallisuuteen kiinnitettävä huomiota | Liikennemäärien kasvaessa sekä ilmatilanhallintaan että maassa liikkuvien turvallisuuteen kiinnitettävä huomiota. Koneiden turvallisuus? |
| Sujuvuus | Vähäisiä vaikutuksia | Voi vapauttaa kapasiteettia tieliikenteessä. | Vähäisiä vaikutuksia. |
| Saavutettavuus | Vähäisiä vaikutuksia | Nopeuttaa osaa kuljetuksista. | Vaikutukset Oulun seudulla vähäiset |
| Energiankäyttö ja päästöt | Voi vähentää päästöjä, mikäli korvaa nykyisin polttomoottoriajoneuvoilla toteutettavia palveluita. | Voi vähentää päästöjä, mikäli korvaa nykyisin polttomoottoriajoneuvoilla toteutettavia palveluita. | Voi vähentää päästöjä, mikäli korvaa nykyisin polttomoottoriajoneuvoilla toteutettavia palveluita. |
| Taloudellisuus | Voi tehostaa palveluiden toteuttamista | Voi korvata nykyisiä kuljetuksia tehokkaammalla ratkaisulla | Korkeat kustannukset, voi kilpailla perinteisen lentoliikenteen kanssa (Advanced Air Mobility) |
| Yhdyskuntarakenne | Ei vaikutuksia | Logistiikkatoimintojen tiivistyminen | Hajaantuminen |
| Maan- ja tilankäyttö | Vähäisiä vaikutuksia maankäyttöön | Kytkeminen olemassa oleviin logistiikkahubeihin. Jakelu-, laskeutumis- ja lastauspaikat (vertiport) | Vaati uusia ilmataksiasemia tai liikennehuboja. Nykyisten lentokenttien hyödyntäminen mahdollista |
| Sosiaalinen oikeudenmukaisuus | Palvelut hyödyttävät useimpia väestöryhmiä | Voi lisätä palveluiden saavutettavuutta tai parantaa julkisen sektorin palveluiden toimivuutta | Hyödyttää todennäköisesti vain harvoja |
| Terveys | Melu ja visuaalinen saaste heikentävät terveyttä | Melu ja visuaalinen saaste heikentävät terveyttä | Melu ja visuaalinen saaste heikentävät terveyttä |
| Hyväksyttävyyys | Korkea hyväksyttävyyys | Kohtuullinen hyväksyttävyyys | Skenaarioista heikoin hyväksyttävyyys |

Automaation mahdolliset käyttötapaukset ja niiden vaatimukset

Yleistä

Liikenteen automaation sovellusten kehitysnäkymien perusteella on tunnistettu käyttötapaukset, jotka ovat Oulun seudun liikennejärjestelmän kannalta relevantteja. Kaupunki-ilmailun käyttötapauksissa droneilla tapahtuvaa valvontaa, kuvaamista, tarkistuksia ja kartoittamista ei ole käsitelty. Nämä käyttötapaukset ovat jo nykyään mahdollisia ihmisohjauksessa ja tulevaisuudessa myös automatisoituina. Ne eivät kuitenkaan varsinaisesti ole liikennettä (ihmisten tai tavaroiden liikuttelu), vaikka ne hyödyntävätkin samaa fyysistä ja digitaalista infrastruktuuria kuin muut kaupunki-ilmailun käyttötapaukset. Nämä käyttötapaukset ovat:

1. Automaattiset henkilöautot kaupunkiliikenteessä



Yksityisomisteiset automaattiajojärjestelmän sisältämät henkilöautot, jotka kykenevät toimimaan turvallisesti kaupunkiympäristössä, ovat osoittautuneet haastavaksi kehityskohteeksi monimutkaisen kaupunkiympäristön vuoksi. Kaupunkiliikenteessä avustavia automaattiajojärjestelmiä ovat kuitenkin jo nyt saatavilla olevat pysäköintiavustin ja alhaisen nopeuden avustin.

2. Automaattiset henkilöautot maantieliikenteessä



Yksityisomisteiset automaattiajojärjestelmän sisältämät henkilöautot ovat yleistyneet maantieliikenteessä, jossa erilaiset matalamman automaatiotason kuljettajan tukijärjestelmät avustavat nopeuden säätelyssä ja kaistalla pysymisessä. Korkeamman tason 3 ja 4 automaatiossa automaattiajojärjestelmän suunniteltu toimintaympäristö laajenee entisestään, jolloin kuljettajan tarvitsee yhä harvemmin puuttua ajamiseen, jolloin matka-aikaa jää yhä enemmän käytettäväksi muihin aktiviteetteihin kuin ajamiseen.

3. Robottitaksit



Robottitaksit ovat yksityisen yrityksen omistamia henkilöautoja automaattiajojärjestelmällä, joilla yritys tarjoaa joko henkilökohtaisia tai jaettuja taksimatkoja palveluna. Robottitaksipalvelut ovat jo käytössä kaupunkiliikenteessä muutamissa Yhdysvaltojen ja Kiinan suurkaupungeissa ja niiden odotetaan laajentuvan myös Eurooppaan tulevina vuosina. Robottitaksien oletetaan lisäävän liikennesuoritetta matkojen yksilöllisen painottumisen ja tyhjänä ajettavien kilometrien vuoksi.

4. Runkobussiliikenne



Runkobussiliikenteen automaation etuina ovat täsmällisyyden, kapasiteetin, liikenneturvallisuuden ja energiatehokkuuden parantuminen. Automaation avulla bussikalustolla voidaan toteuttaa raitiovaunutyypistä liikennettä, jossa tarvittaessa voidaan ajaa useita ajoneuvoja letkassa kapasiteetin kasvattamiseksi. Hyötyjen maksimoiseksi runkobussiliikenne vaatii omia bussikaistoja, lisäksi ajoneuvoteknologian tulee edelleen kehittyä, sillä suurimmat hyödyt saavutetaan vastan tason 4 tai 5 automaation myötä. Aikaisemmassa vaiheessa alemmat automaation tasot voivat parantaa ajoneuvoliikenteen turvallisuutta, matkustusmukavuutta ja energiatehokkuutta. Ensivaiheessa myös bussivarikkojen automaatio alentaa operointikustannuksia.

5. Pikkubussiliikenne syöttöliikenteenä ja palveluliikenteenä



Automaattisia pikkubusseja voidaan hyödyntää runkolinjojen syöttöliikenteeseen tai palveluliikenteenä. Syöttöliikenteen toteuttaminen vaatii riittävän vahvaa joukkoliikenteen runkolinjastoja. Pitkän tähtäimen visioissa palvelu voi olla kutsu-/kysyntäohjattua palveluliikennettä, joka voi muistuttaa robottitaksipalvelua. Pikkubussikalusto sopii lähinnä alhaisen nopeuden liikenteeseen, joten luontaisia paikkoja sille ovat asuinalueet tai kampusalueet runkoverkon varrella.

6. Automaattiset kuorma-autot runkoliikenteessä



Kuorma-autojen automaattiajojärjestelmät mahdollistavat rahdin kuljettamisen runkoverkolla kuljettajaa avustuen tai automaattisesti korkean tason automaatiota hyödyntäen. Kuorma-autojen automaatiota hyödynnetään jo tänä päivänä työmaakäytössä, jonka kehittämistä myös Oulun seudulla on osaamista. Euroopan Unioni tähtää logistiikan ja tavarankuljetuksen automaation sekä niiden palveluiden kehittämiseen vuoteen 2030 mennessä.

7. Kuorma-autojen letka-ajo



Letka-ajolla (myös saattueajo) viitataan kahden tai useamman ajoneuvon yhdistämiseen letkaksi tai saattueeksi käyttämällä apuna radioliikenneteknologiaa ja automaattiajamista tukevia järjestelmiä. Hyödyt koskevat erityisesti polttoaineen säästämistä. Letka-ajamisen kokeiluja on toteutettu Yhdysvalloissa ja Euroopassa. Myös Suomessa letka-ajoa on tutkittu ja kokeiltu, jolloin mukana on ollut osaamista myös Oulun seudulta.

8. Terminaalien automaatio



Terminaalien automaatio tarkoittaa tavarankuljetuksen yksiköiden kuten konttien, perävaunujen, rekkojen tai joukkoliikenteen kaluston lyhyitä siirtoja automaation avulla terminaalialueen sisällä. Automaation avulla voidaan parantaa terminaalitoimintojen tuottavuutta vähentämällä henkilötöiden määrää. Muusta liikenneympäristöstä erotettu toimintaympäristö tukee automaation nopeaa käyttöönottoa.

9. Tietyökaluston automaatio



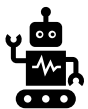
Tietyökaluston automaatio kattaa potentiaalisesti erilaisten työkoneiden automatisoinnin, mutta tässä yhteydessä keskitytään työturvallisuutta parantavan liikkuvan törmäysetevaunun automatisointiin.

10. Kunnossapitokaluston automaatio



Kunnossapidon automaatiota ovat esimerkiksi automaattiset lakaisukoneet, joilla voidaan tehostaa kunnossapitoa. Käyttökohteina voi olla yksinkertaisia toimintaympäristöjä kuten suljettuja terminaalialueita tai pysäköintilaitoksia, ja luonnollisesti monimutkaisempia ovat katuverkon alueet, joilla liikkuu paljon muita tienkäyttäjiä.

11. Jakelurobotit



Paketti- ja päivittäistavaroiden logistiikan ”viimeisen mailin” ratkaisuksi on kehitetty erikokoisia jakelurobotteja, jotka kulkevat pääosin jalkakäytäviä ja kevyen liikenteen väyliä käyttäen kaupunkiliikenteessä. Suomessa on tehty kokeiluja mm. Espoossa (Starships:n Alepa-kuljetukset) sekä Helsingissä (GIM Robotics).

12. Dronet – tavarankuljetukset



Rahdin kuljettaminen droneilla tarkoittaa alkuvaiheessa kiireellisiä ja pieniä lähetyksiä, kuten terveydenhuollon kuljetuksia, jotka ovat aikakriittisiä ja sosiaalisesti hyväksyttävempiä. Myös B2B sektorilla voi olla tarpeita aikakriittisille kuljetuksille, joita voidaan toteuttaa keskeisten hubien välillä. Myöhemmin toiminta voi kehittyä esimerkiksi verkkokauppatilausten ensimmäisen/viimeisen kilometrin toimituksiin, joita pilotoidaan Suomessa aktiivisesti, myös parhaillaan Oulussa. Dronelogistiikan mahdollisuuksia on tutkittu myös Oulussa. Hartaanselän asuonmessualueelle on ehdotettu 1–2 tavarantoimitusdronen laskeutumispaikkaa.



Eryteisesti lentotyö-kategoriaan kuuluva toiminta (engl. "Aerial Operations", esimerkiksi Drone Strategy 2.0:ssa), eli erilaisilla sensoreilla (kamera, infrapuna, lämpökamera, LIDAR) tai muulla hyötykuormalla varustettujen dronejen käyttö tiedon tuottamiseen on nopeasti yleistynyt käytötapaus. Lentotyön avulla on mahdollista tehostaa monia eri toimintoja. Lentotyöllä voidaan tukea esimerkiksi kunnossapitoa tai seurata infrahankkeiden edistymistä. Tällaisia lentoja toteutetaan jo nyt paljon lentämällä näköyhteyden sisällä operaattorista (VLOS) esimerkiksi teollisuudessa ja infrahankkeissa. Tulevaisuudessa skaalautuminen mahdollista, kun operointi näköyhteyden ulkopuolella (BVLOS) muuttuu helpommaksi sääntelyn ja teknologian kehittyessä. Alkuvaiheessa toiminta rajatulla alueella (esim. satama) on helpompi toteuttaa. Droneille on useita käyttötarkoituksia myös esimerkiksi maa- ja metsätaloudessa, joten ilmalii-kennettä on myös kaupunkialueiden ulkopuolella.

Käyttötapaukset ja niiden vaatimukset

Tieliikenteen automaation vaatimukset infrastruktuurilta

Edellisessä luvussa tunnistettiin Oulun seudun kannalta relevantit liikenteen automaation käyttötapaukset. Seuraavassa on kirjattu tämän selvityksen sekä kotimaisen ja kansainvälisen lähdemateriaalin perusteella vaatimuksia (Khastgir ym. 2002, Helsingin seudun liikenne 2022, Väylävirasto 2023), jotka tukevat yleisesti liikenteen automaation kehitystä. Koska käyttötapausta on useita ja kaikkia liikenteen automaation vaatimuksia ei vielä tunneta, vaikuttavat tässäkin listatut yksittäiset attribuutit tapauskohtaisesti käyttötapausten toimintaan ja kehittymiseen.

Kuten luvussa *Arvio automaation kehityksestä* todettiin, itseohjautuvat ajoneuvot pystyvät automaattiajamiseen omien anturiensa antamien tietojen avulla etenkin alhaisella nopeustasolla. Monissa olosuhteissa tienpitäjien ja muiden toimijoiden antama infrastruktuurituki on kuitenkin hyödyllistä, ellei jopa välttämätöntä.

Hyvin tärkeää on tarjota elektroninen horisontti automaattiajojärjestelmälle, jotta järjestelmä on tietoinen sen edessä reitillä olevista olosuhteista myös ajoneuvon anturien kantaman ulkopuolella. Tämä mahdollistaa automaattiajojärjestelmän toiminnalle välttämättömän ODD-tietoisuuden. Automaattiajojärjestelmän tulee tietää jatkuvasti, onko se ODD:n sisällä ja onko lähiaikoina odotettavissa ODD:n katkeaminen. Sen vuoksi automaattiajojärjestelmä tarvitsee ajantasaisen tiedon oman ODD:nsä eri attribuuttien arvoista sijaintipaikallaan sekä sen edessä välittömästi olevalla reitillä. Erilaisia attribuutteja on todettu olevan joitakin kymmeniä ja niitä koskevan tiedon toimittamiseen automaattiajojärjestelmälle on TM4CAD-hankkeessa ehdotettu hajautetun ODD-tietoisuuden (Distributed ODD Awareness, DOA) toteutusmallia. (Khastgir ym. 2022)

ODD-tekijät ovat muiden toimijoiden kannalta tieinfrastruktuuriin ja olosuhteisiin liittyviä ominaisuuksia, joita tarkastellaan alla seuraavissa kappaleissa. Taulukossa 5 on esitetty fyysiseen infrastruktuuriin liittyviä tällaisia ominaisuuksia.

Taulukko 5. Fyysisen infrastruktuurin ominaisuuksia, joilla on katsottu (Väylävirasto 2021, Khastgir ym. 2022) olevan merkitystä automaattiajojärjestelmille.

| Fyysinen infrastruktuuri |
|--|
| Tehostettu kunnossapito (talvihoito ja tien pinnan kunto sekä vauriot) |
| Koneluettavat kaistamerkinnot ja liikennemerkkit (takaisinheijastavuus, luminanssikontrasti ja yhdenmukaisuus) |
| Paikannustuen (maa-asemat, maamerkit, kiintopisteet (landmarks) jne.) toteutus tarvittavilla osuuksilla |
| Keskeisten väylien kehittäminen (pääväyläasetus) |
| Esteettömät kulkuväylät (kaupunkisuunnittelu) |
| Säilytys-/huoltotilat (esim. lataaminen) |
| Turvalliset pysähtymis- ja lastaus paikat (ihmiset, rahti) |
| Pysäköintitilat |

| |
|---|
| Terminaalitoiminnan kehittäminen (tehokkuus, matkustajien turvallisuus, tilankäyttö, sujuvat vaihdot) |
| Automaattiliikenteelle rajatut kaistat/väylät |
| Automaattiliikenteen omat kaistat |
| Levennys tai levähdyspaikat, jotta riittävä tila MRM-käyttöön |
| Tien päällyste ja piennaralueet leveys ja kantavuus |
| Riista-aidat |
| Tietyöalueet |
| Kiertotie |
| Passiivinen infrastruktuuri |

Fyysisen infrastruktuurin lisäksi automaattiajojärjestelmät tarvitsevat tietoa ympäristöstä ja sen ominaisuuksista ymmärtääkseen missä ajoneuvo kulloinkin sijaitsee ja miten ajoneuvojen anturien antamat tiedot ympäristöstä tulee tulkita, osataksaan valita kaistansa ja suunnitella reittinsä ja varautuakseen erilaisiin toimiin kuten esimerkiksi luovuttamaan ajoneuvon hallinta siinä matkustavalle ihmiselle. Tämän vuoksi tarvitaan digitaalista infrastruktuuria tiedonvaihtoon infrastruktuurin ja muiden ajoneuvojen kanssa, paikannusjärjestelmiä tarkan sijainnin määrittämiseen ja tiedotusta edellä olevan reitin tilannekuvasta mukaan lukien reitillä olevat ongelmat ja käyttörajoitukset sekä reitin soveltuvuudesta automaattiajoon. Esimerkkinä reitillä olevista ongelmista voivat olla suojaamaton onnettomuuspaikka, kaatunut puu, tai kadonnut satelliittipaikannuksen signaali (johtuen esim. tietoturvaan vaikuttavasta häirinnästä), jolloin ajoneuvoja voidaan varoittaa ennakkoon. Digitaalisella kaksosella tarkoitetaan tarkkaa digitaalista mallia fyysisestä maailmasta. Digitaalista kaksosta tai mallia voivat hyödyntää automaattiset ajoneuvot osana operatiivista ajosuoritusta, esim. tieverkosta tai -katuverkosta tehtyä HD-kartan avulla. Digitaalista kaksosta voidaan myös hyödyntää suunnittelun apuna. Digitaalisen infrastruktuurin ominaisuuksia tarkastelealla tauluko 6.

Taulukko 6. Digitaalisen infrastruktuurin ominaisuuksia, joilla on katsottu olevan merkitystä automaattiajojärjestelmille (Väylävirasto 2021, Khastgir ym. 2022).

| |
|---|
| Digitaalinen infrastruktuuri |
| Luotettava matkaviestinverkon 4G/5G tiedonsiirto |
| Tiedonsiirron toimivuus |
| Satelliittipaikannus |
| Satelliittipaikannuksen tukipalvelut |
| Törmäysvaroitukset |
| Häiriö-, tapahtuma- vaaratilannevaroitukset |
| Tietyötiedotus |
| Liikennemerkkien sisältötiedotus |
| Tiesäättiedotus |
| Tiedotus liikenteen sujuvuudesta |
| Liikennemäärätiedot liikkujalajeittain |
| Reittitiedotus |
| Digitaaliset liikennesäännöt |
| Liikenteen- ja häiriönhallintasuunnitelmat |
| ODD- ja infratukitiedotus |
| HD-kartat ja/tai digitaalinen kaksonen |
| Tienvarsiyksiköiden lyhyen kantaman C-ITS-tiedonsiirto ja liikennevalojen tietoliikenneyhteydet |
| C-ITS-palvelut |
| Tienvarsiyksiköiden ja -komponenttien sijainti tieverkolla |

Automaattiajojärjestelmien toiminta voi riippua myös sää- ja kelioloista. Näiden rajoitusten taustalla voivat olla ajoneuvon anturien toimintarajoitukset mutta myös liikkumisen turvallisuus. Vaikka nämä olosuhteet eivät kuulu-

kaan infrastruktuuriin, niihin voidaan vaikuttaa infrastruktuuriin liittyvin toimenpitein kuten tievalaistus, talvikunnossapito, tienvarren esterakenteet ja tien kuivausjärjestelyt. Sää-, keli- ja ympäristöolojen suhteen tärkeimmät tekijät on lueteltu taulukossa 7.

Taulukko 7. Sää-, keli- ja ympäristöolosuhteet, joilla on katsottu olevan merkitystä automaattiajojärjestelmille (Väylävirasto 2021, Khastgir ym. 2022).

| Sää-, keli- ja ympäristöolosuhteet |
|---|
| Näkyvyys |
| Tien ja renkaan välinen kitka |
| Tiellä oleva vesi |
| Tiellä oleva lumi |
| Tiellä oleva jää |
| Tuulen nopeus |
| Elektromagneettinen häiriö |

Edellä mainittujen tekijöiden lisäksi automaattiajojärjestelmiä ja muita liikkuja palvelee ns. operatiivinen infrastruktuuri ja sen palvelut, jotka pyrkivät optimoimaan tie- ja katuverkon ja yleensä liikennejärjestelmän toimintaa siten, että se olisi mahdollisimman toimivaa, turvallista ja ympäristöystävällistä. Nämä palvelut antavat automaattiajojärjestelmien toiminnalle sääntöpuitteet (engl. "rules of the road"), jotka ohjaavat niiden toimintaa niiden suunnitellun toimintaympäristön (ODD) sisällä. Operatiivisen infrastruktuurin keskeiset osatekijät on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Operatiivisen infrastruktuurin osat, joilla on katsottu olevan merkitystä automaattiajojärjestelmille (Väylävirasto 2021, Khastgir ym. 2022).

| Operatiivinen infrastruktuuri |
|--|
| Liikenteen ja tiesään seurantapalvelut |
| Liikenteenhallintapalvelut |
| Tunnelien hallintapalvelut |
| Vaihtuvat nopeusrajoitukset |
| Tilapäiset liikennemerkit |
| Hätä- tai huoltoajoneuvo ajoradalla |
| Paikallinen häiriötilanteen ohjaus |
| Paikallinen tietöiden ohjaus |
| Automaattiajon vaatimat C-ITS palvelut |
| Liikennekeskuspalvelut |
| Etäohjauksen tukipalvelut |

Tieliikenteen automaatiota ja nykyliikennettä hyödyttävät vaatimukset

Edellisessä luvussa esitettyjä tieliikenteen automaation fyysisen, digitaalisen ja operatiivisen infrastruktuurin sekä sää-, keli- ja ympäristöolosuhteiden vaatimuksia arvioidaan seuraavassa nykyliikenteen näkökulmasta. Vaikka kaikkia tieliikenteen automaation vaatimuksia ei voida vielä tuntea, voidaan pyrkiä seuraamaan kehitystä ja tunnistaamaan vaatimuksia, jotka hyödyntävät joka tapauksessa nykyliikennettä, ja mahdollisesti automaatiota nykyhetkessä tai tulevaisuudessa.

Fyysisen infrastruktuurin vaatimukset ovat kokonaisuutena haastavin, sillä investoinnit ovat usein kalliita ja käyttöaika pitkä, jolloin epävarmuus automaation vaatimuksista kasvaa. Kaupunkiliikenteessä voidaan nykyisellään kuitenkin jo tunnistaa ja käyttää mahdollisesti olemassa olevia **turvallisia pysähtymis- ja lastauspaikkoja**, joista ihmiset ja rahti voidaan saada myös automaattisten ajoneuvojen kyytiin, esim. robotitaksien tapauksessa. Myös teiden varsilla olevat **riista-aidat** hyödyntävät jo nykyisellään tienkäyttäjiä.

Digitaalisen infrastruktuurin palveluista paitsi nykyliikennettä, myös mahdollisia muita teollisuuden toimialoja ja käyttäjiä hyödyntävät **toimiva ja luotettava tiedonsiirto, erityisesti pitkän kantaman matkaviestinverkko 4G/5G**. Myös erityisesti tieverkon ja automaation käyttöön suunnitellut vuorovaikutteiset älykkäiden liikennejärjestelmien palvelut (engl. Cooperative Intelligent Transport Systems, C-ITS), jotka käyttävät lyhyen kantaman tiedonsiirtoa (WIFI tai matkaviestinverkon teknologiat) ovat Euroopassa ja maailmalla kehityksessä, mutta niiden käyttö edellyttää laajempia investointeja, ja siten tarkempaa tietoa tarpeesta ja hyödyistä. Poikkeuksena voivat olla liikennevaloihin liittyvät C-ITS-palvelut, jotka voivat yleistyessään hyödyntää jo nykyliikennettä. Näiden hyötyjä varten tulee selvittää lyhyen kantaman tienvarsilaitteiden sijainteja esim. sopivien risteysten tai muiden ”hotspottien” osalta. Automaattisten ja verkottuneiden ajoneuvojen välittämät **törmäys-, häiriö-, tapahtuma- ja vaaratilannevaroitukset sekä tietyö-, sujuvuus- ja sää tiedotus ympäristöolosuhteista** hyödyttävät jo nykyisellään tieliikenteen käyttäjiä, parantaen liikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta. Tällaisiin hyödyllisiin palveluihin voidaan lukea myös useat **operatiivisen infrastruktuurin attribuutit, jotka liittyvät liikenteenhallinnan palveluihin**. Myös reititiedotus ja digitaaliset liikennesäännöt ovat nykyliikennettä hyödyntäviä, vaikkakin automaation vaatimukset voivat vaatia vielä lisätietoja. (Väylävirasto 2023)

Dronetoiminnan infrastruktuurivaatimukset

Kaupunki-ilmailun näkökulmasta vaatimuksia ovat osittain yhteneväiset tieliikenteen kanssa, mutta tieliikenteeseen verrattuna samanlaista olemassa olevaa perusinfrastruktuuria ei käytännössä ole. U-spacen myötä dronetoiminnalle voidaan perustaa ilmatiloja, joissa palveluntarjoaja tarjoaa osan ilmailun tarvitsemista digitaalisen infrastruktuurin osista. Kaupungilla on mahdollisuus osallistua perustettavien U-space-ilmatilojen määrittelyyn, mutta se vaatii riittävää osaamista, suunnitelmallisuutta ja visiota kaupungilta. Maankäytössä tulee huomioida dronelogistikan tilantarpeet. Lisäksi kaupungin tulee suunnitella, millä alueilla kaupunki-ilmailua on tarve kieltää, rajoittaa tai sallia. Kaavoituksessa voidaan määritellä esimerkiksi lentokäytävät, varalaskutusalueet tai turvallisuus- tai melunäkökuilmiin perustuvat rajoitusalueet. Muutokset maankäytössä on kyettävä ennakoimaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta operoijille voidaan kommunikoida mahdollisimman aikaisin, että toimintaan voi myöhemmin tulla uusia rajoituksia. Lisäksi ilmailun tarpeisiin on tuotettava dynaamista tietoa esimerkiksi lentoesteistä

Dronetoiminta vaatii sekä fyysisen ja digitaalisen infrastruktuurin että sääntelyn kehittämistä, erityisesti kun toiminta tapahtuu näköyhteyden ulkopuolella. Dronet voivat hyödyntää osaa nykyisestä liikenteen infrastruktuurista ja osittain vaatimukset ovat samankaltaisia, mutta ne asettavat maankäytölle, kaavoitukselle ja liikennesuunnittelulle uusia haasteita. Kunnille ja kaupungeille keskeistä on laatia strategia ja selkeä linja, millaista urbaania ilmailua halutaan edistää ja millainen julkisen sektorin rooli on asioiden edistämisessä.

Dronetoiminta vaatii uusia fyysisiä laskeutumispaikkoja, joille ei varsinaisesti ole olemassa edeltäjiä. Perinteiset helikopterien laskeutumisalueet ovat lähimpänä sitä, millaista maainfraa dronet vaativat. Käyttötapauksen mukaan vaatimukset fyysiselle infrastruktuurille voivat olla hyvin erilaisia. Esimerkiksi pakettikuljetuksiin käytettäville droneille tulee järjestää laskeutumispaikkoja lähelle pakettien vastaanottajia. Operoinnin laajuudesta ja käyttökohteesta (esim. terveydenhuollon kuljetukset tai verkkokauppojen toimitukset) riippuen tarpeet laskeutumispaikkojen määrälle ja sijainnille vaihtelevat. Vastaavasti laskeutumisalueita tarvitaan tavarantoimintaan esimerkiksi logistiikkahubien yhteyteen. Lisäksi laajamittaisessa toiminnassa tukitoiminnot (esim. kunnossapito) vaativat fyysisistä infrastruktuuria. Henkilöliikenteessä tukitoimintojen tilatarpeet kasvavat esimerkiksi terminaalien ja pysäköinnin

muodossa. Suunniteltujen laskeutumispaikkojen lisäksi tarvitaan hätälaskeutumispaikkoja. Avoin kysymys on se, tuleeko kaupunkien vain kaavoittaa näitä, vai myös rakentaa niitä kaupallisten toimijoiden houkuttelemiseksi. (UIC2 2021). Dronejen fyysisen infran tarpeita on kuvattu taulukossa 9.

Taulukko 9. Fyysisen infrastruktuurin osat, joilla merkitystä dronetoiminnalle

| |
|---|
| Fyysinen infrastruktuuri |
| Lentokäytävät tai -alueet |
| Lentokieltoalueet (esim. melu tai turvallisuussyistä) |
| Laskeutumispaikat, kuten vertiportit ja vertistopit |
| Huolto-, varastointi- ja pysäköintialueet |
| Vara-/hätälaskeutumisalueet |
| Integrointi muuhun liikenneinfraan ja -verkkoon |
| Kiintopisteet |
| Latausinfra |
| Väliaikaiset rajoitukset ja lentoesteet |

Ilmatilan hallinta ja sääntely on yksi dronetoiminnan erityishaasteista. Laajamittainen näköyhteyden ulkopuolella tapahtuva operointi asettaa vaatimuksia ilmatilannekuvalle alailmatilassa. Lisäksi ilmaliikenteen hallinta (air traffic management ATM) ja miehittämättömän ilmaliikenteen hallinta (unmanned traffic management) UTM tulee yhteensovittava. U-space-sääntely on ensimmäisiä askelia, joka selkiyttää toimintaa ja digitaalisia palveluita, joita dronetoiminta vaatii. Vastuut ilmatilan sääntelyssä ovat vielä Suomessa auki, mutta vuoden 2023 alusta kansallisen lennokkimääräyksen voimassaolo päättyi ja käyttöön tulivat EU-asetuksen vaatimukset ja toimintamallit. (Lentoposti 2022). Käytännössä lentotoimintaa voidaan ohjata seudullisesti määrittelemällä laskeutumispaikkojen ja UAS-ilmatilavyöhykkeiden (alue tietyin alueen suojaamiseksi tai tietyin miehittämättömän ilmailun toiminnan mahdollistamiseksi) lisäksi käytäviä lentotoimintaa varten. Ilmaliikenteen ohjauksen lisäksi tulee kiinnittää huomiota pelkän liikenteen hallinnan lisäksi ulkoisvaikutuksiin kuten meluun, turvallisuuteen ja visuaalisiin haittoihin. (Droneinfo 2023) U-space-sääntely sisältää vaatimuksen osallistaa kunnat ilmatilan perustamiseen ja käytön suunnitteluun. U-space-ilmatilassa voi olla yksi tai useampi palveluntarjoaja, joilta droneoperaattorit ostavat tietopalvelua, jonka avulla lentolupien ja paikkatiedon jakaminen on tehokasta. Ilmatila voidaan perustaa kolmeksi vuodeksi kerrallaan Traficomien toimesta. Toimintatavat U-space-ilmatilan perustamiseksi ovat vielä ratkaisematta, eikä Euroopassa ole perustettu yhtäkään U-space-ilmatilaa. Lähtökohtaisesti Traficomien valtuuttama palveluntarjoaja toimii U-space-palveluntarjoajana (U-space Service Provider, USSP).

Osana U-space-ilmatilan perustamista kaupungeilla on velvollisuus ja mahdollisuus osallistua vuoropuheluun osana koordinoitiprosessia. Kaupungeilla ja kunnilla tulee olla riittävän kompetenssi keskustelujen käymiseen Traficomien kanssa ilmatilan perustamisesta. Kaupungeilla on vain vähän lakiin kirjattuja mahdollisuuksia asettaa rajoituksia ilmailulle ilmailulain puitteissa. Vuoropuhelun aikana mahdolliset kaupungin tai kunnan esittämät pyynnöt tai toiveet ilmailun mahdollistamisesta tai rajoittamisesta voivat vaatia perusteluja, joten kaupunkien ja kuntien tulee varautua ilmailutoiminnan yleistymiseen ja selvittää mahdollisia tarpeita rajoittaa tai sallia toimintaa. Dronejen operatiivisen infrastruktuurin tarpeita ja vaatimuksia on kuvattu taulukossa 10.

Taulukko 10. Operatiivisen infrastruktuurin osat, joilla merkitystä drone-toiminnalle.

| |
|---|
| Operatiivinen infrastruktuuri (erityisesti U-space, EU 2021/644 mukaisesti) |
| Paikkatietoisuuspalvelu |
| Verkkotunnistuspalvelu |
| Etätunnistus |
| UAS-lennätyslupalpalvelu (lennätyslupapyyntöjen vastaanottaminen, myöntäminen, vaihtoehtoisen lennätysluvan tarjoaminen, lupien aktivointi) |
| Liikennetietopalvelu (reitti- ja sijaintitiedot) |
| Säätiöpalvelu |
| Ehtojen noudattamisen seuranta- ja seuranta- ja seuranta- |

Digitaalisten palvelujen hyödyntäminen asettaa vaatimuksia myös tiedonsiirtoverkkojen kattavuudelle. Satelliittipohjaisten paikannusratkaisujen lisäksi myös muut paikannuskeinot voivat olla tärkeitä tulevaisuudessa. Drone-toiminta vaatii myös uusia säätietoja alailmatilasta ja liikennetilanteesta. Näitä palveluita tarjottaneen osana U-space-toimintaa sen kehittyessä. Suomessa mobiiliverkot ovat pääasiassa kattavia, mikä edesauttaa tiedonvälitystä myös ilmailussa, mutta verkot on suunnattu pääasiassa alaspäin. Digitaalisen infrastruktuurin tarpeita on kuvattu taulukossa 11.

Taulukko 11. Digitaalisen infrastruktuurin osat, joilla merkitystä drone-toiminnalle.

| |
|---|
| Digitaalinen infrastruktuuri |
| Matkapuhelintiedonsiirto 4G / 5G alailmatilassa |
| Satelliittipaikannus |
| Satelliittipaikannuksen tukipalvelut |
| Digitaalinen HD-kartta |
| Häiriö-, tapahtuma- ja vaaratilannevaroitukset |
| Digitaaliset ilmaliikennesäännöt |
| Digitaalinen kaksonen, lentoesteiden kartoittaminen ja tietokannan ylläpito |

Automaation tulevaisuuskuva Oulun seudulla 2035

Automaatio henkilöajoneuvoliikenteessä

Tulevaisuuskuva 2035

Perinteisen autoteollisuuden tason 2 automaattiajoon (kaistalla pysymisen tuki ja säätyvä vakionopeudensäädin) moottoriteillä ja muilla pääteillä kykenevät henkilöautot yleistyvät koko ajan ja kattavat merkittävän osan liikennesuoritteesta vuonna 2035. Korkean automaatiotason (L3–L4) henkilöautojen arvioidaan tulevan markkinoille ja käyttöön Suomessakin 2020-luvulla – ensin moottoritieympäristössä, mutta vuoteen 2035 mennessä myös muulla päätieverkolla. Kehitys mahdollistaa matka-ajan hyödyntämisen etenkin työntekoon, lepoon tai harrastustoimintaan erityisesti pitkillä moottoritieyhteyksillä.

Kaupunkiympäristöissä tilanne on erilainen, sillä autonvalmistajat ovat pitäneet vuorovaikutusta kevyen liikenteen osallisten kanssa niin haasteellisena, että markkinoille on tuotettu tähän mennessä lähinnä pysäköintivälineitä. Suurten IT-toimijoiden robottitaksiteknologia on sitä vastoin leviämässä nopeasti ja robottitakseja voitaneen käyttää Oulun alueella jo 2020-luvun loppupuolella. Aluksi käyttö rajoittunee esikaupunkialueille, mutta 2030-luvun alussa jo kaupungin keskusta-alueille, joissa liikkuu paljon jalankulkijoita ja pyöräilijöitä. Robottitaksit palvelevat oletettavasti pääosin yksilöllisiä tai yhden ruokakunnan matkoja, joskin jotkut taksipalvelut voivat tarjota etenkin jaettuja taksimatkoja palvelunaan. Robottitaksit voivat vuonna 2035 vastata jopa neljäsosasta taksimatkoja Oulun kaupungin taajama-alueilla.

Keskeiset käyttökohteet Oulun seudulla

Maantiekäytössä valtatie 4 moottoritieosuus on keskeinen käyttökohde ja 2030-luvulla muut päätieosuudet valta-teillä 4, 8, 20 ja 22.

Taajamateillä ja kaduilla käyttökohteet ovat 2020-luvulla esikaupunkialueet ja etenkin Linnanmaa, jossa digitaalinen infrastruktuuri on kehittyneintä. 2030-luvulla koko alhaisen nopeusrajoituksen (enintään 60 km/h) taajama-alue on käyttökohteena.

Mahdollistajat, esteet ja haasteet

Mahdollistajat

- Digitaalisen ja osin operatiivisen infrastruktuurin avulla tuotetaan automaattiajojärjestelmille laadukas elektroninen horisontti sen ympäristöstä sekä sen edessä olevan reitin ODD-tekijöiden arvosta. Näiden avulla automaattiajojärjestelmät voivat vaihtaa reittiään ja/tai muuttaa nopeuttaan tai muuta käyttäytymistään siten, että ne pystyvät jatkamaan automaattiohjausta ODD:n pysyessä voimassa.
- Edellä mainittu elektroninen horisontti mahdollistaa ajoneuvon hallinnan siirtymisen ihmiskuljettajalle hallitusti, kun tieto ODD:n katkosta voidaan ilmoittaa autossa olevalle kuljettajalle hyvissä ajoin ennen katkokohtaa.
- Ellei ihmiskuljettaja ota ajoneuvoa hallintaansa, tien reunalla tulee olla vapaata tilaa (piennar, pysäköintitila) automaattiajojärjestelmän tekemää turvallista pysähtymistä (Minimal Risk Manoeuvre, MRM) varten.
- Robottitaksit edellyttävät katujen varsilta turvallisia tiloja matkustajien poimimista ja jättämistä varten sekä lisäksi latauspistein varustettuja odotuspaikkoja.

Esteet ja haasteet

- Keskeinen haaste kuljettajattomille ajoneuvoille on lainsäädäntö, joka toistaiseksi vaatii, että kutakin ajoneuvoa ohjaa ihmiskuljettaja. Pelkän automaattiajojärjestelmän ei siten sallita yksinään ohjata henkilöautoa.

- Talviset olosuhteet ovat keskeinen haaste automaattiajojärjestelmälle haitaten ajoneuvon ympäristön havainnointia sateen, sumun tai pölyävän lumen muodossa sekä tämän vuoksi ajoneuvon oman sijainnin tarkkaa määrittämistä, joka on turvallisen ajamisen kannalta perusedellytys.
- Automaattiajojärjestelmät on ohjelmoitu herkiksi törmäysten välttämisen suhteen ja niiden kulku voi sen vuoksi olla katkonaista etenkin keskusta-alueilla, joissa liikkuu paljon kävelijöitä ja pyöräilijöitä. Lisäksi kansainväliset esimerkit osoittavat joidenkin jalankulkijoiden tahallaan ”hämäävän” automaattiajoneuvoja.

Odotetut vaikutukset

Automaattiset henkilöautot kaupunkiliikenteessä

Keskeinen vaikutus henkilöautojen kohdalla on onnettomuusriskin väheneminen huomattavasti ihmiskuljettajien tekemien havainto-, päättely- ja toimintavirheiden vaikutusten poistamisen myötä. Vaikka automaattiajaminen voi lisätä jonkin verran ajamista eli altistumisen määrää, onnettomuuksien ja niiden aiheuttamien kuolemien ja vammautumisten määrä vähentyy selvästi. Sekaliikenteen aikana esimerkiksi peräänajojen määrät voivat tosin lisääntyä ihmiskuljettajien ja automaattiajojärjestelmien vuorovaikutusongelmien vuoksi. Liikenteen sujuvuus parantuu myös automaattiliikenteen ollessa tasaisempaa kuin ei-automaattisessa liikenteessä sekä onnettomuuksien aiheuttamien häiriöiden ja niiden seurauksena aiheutuvien ruuhkien ja reittimuutosten vähentyessä. Tämä vähentää liikenteen päästöjen määrää, joskin automaattiajojärjestelmän toiminnan vaatima energia lisää yksittäisen auton keskimääräistä energiankulutusta ja ajokilometrien määrä voi jonkin verran kasvaa. Kaiken kaikkiaan vaikutus energiankulutukseen lienee vähäinen. Saavutettavuus paranee liikuntarajoitteisten ja ikääntyneiden henkilöautolla liikkumisen tullessa helpommaksi.

Taloudellisuusvaikutus on kielteinen automaattiajojärjestelmän ja sen vaatimien anturien ja ohjelmistojen lisäessä huomattavasti henkilöautojen valmistamisen kustannuksia ja siten autojen hintaa. Automaattisten henkilöautojen hankinta on siten ainakin aluksi mahdollista vain parhaiten toimeen tuleville ruokakunnille mikä lisää eriarvoisuutta. Kaupunkiajoon soveltuvan automaattiauton käytön lisääminen ei vaikuttane merkittävästi yhdyskuntarakenteeseen. Maankäyttövaikutukset liittyvät pitkälti pysäköintiin. Automaattiautot osaavat pysäköidä ihmiskuljettajia paremmin tilankäytön suhteen ja voivat mahdollisesti itseohjautuen siirtyä lyhyitä matkoja matkustajan saavuttua määränpäähän syrjäisen sijainnin pysäköintilaitokseen, mikä vähentäisi pysäköintitilojen tarvetta mm. kalliin maankäytön alueilla, vaikka matkustajien nouto- ja jättämispaikkoja tuleekin varata katuvarsille. Ellei pysäköintiin voida vaikuttaa, oman henkilöauton käytön kasvu lisää pysäköintipaikkojen kysynnän aiheuttamia maankäyttöpaineita. Henkilöauton käytön houkuttelevuuden parantuminen vähentää kävelyä ja pyöräilyä, mikä puolestaan on haitallista terveyden kannalta. Käyttäjät pitänevät paljonkin automaattiautoistaan, mutta muut tienkäyttäjät eivät välttämättä tee niin, jos automaattiliikenteelle annetaan liikenteessä etuja muiden kustannuksella esimerkiksi omien kaistojen muodossa tai jos automaattiautojen käyttäytyminen häiritsee omaa ajotapaa.

Automaattiset henkilöautot maantieliikenteessä

Kuten kaupunkiliikenteessä, keskeinen vaikutus henkilöautojen kohdalla on onnettomuusriskin ja myös onnettomuuksien aiheuttaminen kuolemien ja vammautumisten väheneminen altistumisen määrän kasvusta huolimatta. Liikenteen sujuvuus parantuu myös automaattiliikenteen ollessa tasaisempaa kuin ei-automaattisessa liikenteessä sekä onnettomuuksien aiheuttamien häiriöiden, kiertomatkojen ja ruuhkien vähentyessä siitä huolimatta että henkilöautojen suorite kasvaa. Tämä vähentää liikenteen päästöjen määrää, joskin automaattiajojärjestelmän toiminnan vaatima energia lisää yksittäisen auton keskimääräistä energiankulutusta ja ajokilometrien määrä jonkin verran kasvaa. Saavutettavuus paranee haja-asutusalueella asuvien, liikuntarajoitteisten ja ikääntyneiden henkilöautolla liikkumisen tullessa helpommaksi.

Automaattiajojärjestelmä ja sen vaatimat anturit ja ohjelmistot lisäävät huomattavasti henkilöautojen valmistamisen kustannuksia ja siten kasvattavat autojen hintaa. Automaattisten henkilöautojen hankinta on siten ainakin aluksi mahdollista vain parhaiten toimeen tuleville, mikä lisää eriarvoisuutta. Työnteon ja viihdesovellusten käytön mahdollistuminen ajon aikana vähentää pitkien työmatkojen haittoja, minkä vuoksi yhdyskuntarakenne voi hajautua ihmisten muuttaessa kauemmaksi työpaikoiltaan. Maankäyttövaikutukset liittyvät tässäkin tapauksessa pitkälti

pysäköintiin ja voivat olla sekä myönteisiä että kielteisiä kuten edellä kaupunkiautojen kohdalla. Henkilöautomatkojen pidentyminen lisää istumista, mikä on haitallista terveyden kannalta. Käyttäjät pitävät paljonkin automaatti-autoistaan, mutta muut tienkäyttäjät eivät välttämättä tee niin, jos automaattiliikenteelle annetaan liikenteessä etuja muiden kustannuksella esimerkiksi omien kaistojen muodossa tai jos automaattiautojen käyttäytyminen häiritsee omaa ajotapaa.

Robottitaksit

Keskeinen vaikutus robottitaksienkin kohdalla on onnettomuusriskin huomattava aleneminen ja siitä seuraava liikenneonnettomuuksien ja niiden aiheuttamien kuolemien ja vammautumisten selvä vähentyminen. Liikenteen sujuvuus parantunee myös automaattiliikenteen ollessa tasaisempaa kuin ei-automatisessa liikenteessä sekä onnettomuuksien aiheuttamien häiriöiden ja niiden seurauksena aiheutuvien ruuhkien ja reittimuutosten vähentyessä. Toisaalta robottitaksien ajelu tyhjinä lisää ruuhkautumista. Energiankulutukseen ja päästöihin vaikuttavat tasainen ja vähän kuluttava liikkuminen, tyhjänä ajaminen ja automaattiajojärjestelmän toiminnan vaatima energia, joiden yhteisvaikutus lienee vähäinen.

Robottitaksit parantavat taksiliikenteen kannattavuutta ja sitä kautta palvelujen tarjontaa, joka puolestaan parantaa saavutettavuutta yleensä ja etenkin liikuntarajoitteisille ja ikääntyneille sekä haja-asutusalueilla. Näin myös sosiaalinen oikeudenmukaisuus paranee. Sujuvat robottitaksipalvelut vähentävät yksityisten henkilöautojen käyttöä ja hankintaa, mikä edesauttaa yhdyskuntarakenteen tiivistämistä ja vähentävät pysäköinnin vaatiman tilan tarvetta ja suuntautumista, joskin robottiautot tarvitsevat kadunvarsipaikkoja matkustajien turvallista poimintaa ja jättämistä varten sekä pysäköintitilaa kyytien odottamista varten. Robottitaksien käyttö voi myös vähentää kävelyä ja pyöräilyä, mikä puolestaan on haitallista terveyden kannalta. Käyttäjät pitävät paljonkin robottitaksipalveluista.

Käyttötapauksia tukevat politiikat ja muut toimenpiteet

Kansallisessa lainsäädännössä tulee sallia auton käyttö automaattiajojärjestelmän ohjauksessa ilman ihmiskuljettajaa. Lisäksi tulee sallia ajoneuvojen etähallintakeskusten antama tuki automaattiajojärjestelmille tapauksissa, joissa automaattiajojärjestelmä ei yksinään pysty ohjaamaan ajoneuvoa turvallisesti, mutta ajoneuvo aiheuttaa merkittävän uhan liikenneturvallisudelle ja liikennejärjestelmän toimivuudelle. Nykyinen EU-lainsäädäntö (EU/2022/1426) antaa näihin muutoksiin jo perustan, vaikkakaan ei kaikille käyttötapauksille.

Kaupunkialueilla ja kaduilla keskeiset infrastruktuuritoimet liittyvät katutilan käyttöön ajokaistojen ulkopuolella. Kadun reunalla tulee olla riittävästi tilaa automaattiautojen minimiriskitoimille eli turvalliselle pysähtymiselle tapauksissa, joissa automaattiajojärjestelmä pysty toimimaan eikä ajoneuvossa ajajan paikalla oleva henkilö voi ottaa ajoneuvoa hallintaansa. Lisäksi kadun reunalla pitää olla riittävästi turvallista tilaa matkustajien ajoneuvon noususta tai siitä poistumista varten. Yksityisten tai yhteiskäytössä olevien ajoneuvojen käyttöön tulee olla riittävästi pysäköinti- ja/tai odotuspaikkoja, joissa pitää olla mahdollisuus ajoneuvojen akkujen lataamiseen. Nämä voivat sijaita myös katutilan ulkopuolella.

Yksityiskäytössä olevien automaattisten henkilöautojen yleistymisen haittavaikutuksia liikennesuoritteiden kasvun ja yhdyskuntarakenteen hajaantumisen muodossa voidaan hillitä automaattiautojen tienkäyttömaksujen tai keskusta-alueiden esimerkiksi geoaitamisen avulla toteutettavien käyttörajoitusten avulla. Robottitaksit ja yhteiskäyttöautot voidaan rajata em. maksujen ja rajoitusten ulkopuolelle. Automaattiliikenteen yleistyessä on suurelle yleisölle tiedotettava riittävästi selkeästi automaattiajoneuvojen toiminnasta, hyödyistä ja halutusta vuorovaikutuksesta niiden kanssa liikenteessä.

Digitaalisen infrastruktuurin osalta keskeistä on katuverkkoa koskevien Digiroad-tietojen päivittäminen ajantasaisesti. Maantieverkolla teiden fyysistä, digitaalista ja operatiivista infrastruktuuria kehitetään Väyläviraston, ELY-keskusten ja Liikenne- ja viestintäviraston toimesta. Automaattista henkilöautoliikennettä tukevia toimenpiteitä ovat:

- EU:n ajantasaisia liikennetietoja koskevan RTTI-asetuksen alaisten tietolajien laadun ja kattavuuden parantaminen. Erityisen tärkeitä ovat ajantasaiset liikenne-, sää- ja kelitiedot sekä liikennesäännöt mukaan lukien voimassa olevat nopeusrajoitukset

- Riittävän talvihoidon tason turvaaminen sekä liikennemerkkien ja ajoratamerkkien kunnan varmistaminen.
- Riittävän leveät (mielellään 2 m) päällystetyt pientareet tai riittävän tiheästi sijaitsevat levennykset minimi-riskitoimenpiteiden suorittamiseksi
- Ajantasaisen tietojen tuottaminen avoimeen rajapintaan henkilöautojen keskeisten ODD-tekijöiden tilasta, jotta voidaan taata mahdollisimman hyvä ODD-jatkuvuus ja turvalliset ajoneuvon hallinnan siirrot automaattiajojärjestelmältä ihmiskuljettajalle.

Automaatio joukkoliikenteessä

Tulevaisuuskuva 2035

Linja-autojen automaatio on sidoksissa muiden ajoneuvojen automaatioon, sillä eri ajoneuvot voivat hyödyntää pitkälti saman tyyppistä teknologiaa. Esimerkiksi raskaan kaluston tai henkilöautojen automatisointiin soveltuva teknologia on mahdollista siirtää myös bussikalustoon. Perinteisen autoteollisuuden tason 2 automaattiajojärjestelmät ovat pitkälti kuljettajaa tukevia järjestelmiä. Esimerkiksi kaistallapitoavustimet ja automaattisesti säätyvät vakionopeudensäätimet parantavat matkustusmukavuutta ja liikenneturvallisuutta Oulun seudulla jo lähivuosien aikana. V2V-kommunikaatio ja automaattinen tiedontuotanto auttavat optimoimaan joukkoliikenteen kapasiteettia ja vähentävät kalustohankintojen tarvetta, kun matkustajavirtoja voidaan ohjata älykkäillä ratkaisuilla optimaalisesti kuormittamaan linjastoa ruuhka-aikoina. ITxPT-standardin vaatiminen tulevaisuudessa joukkoliikennettä kilpailutettaessa tulee samalla lisäämään automaatiota tukevia järjestelmiä bussikalustossa, sillä eri järjestelmät ovat usein hankittavissa vain kokonaisuuksina. Ensisijainen hyöty syntyy kuitenkin aiempaa kustannustehokkaammista matkatietojärjestelmistä ja niiden tuottamista hyödyistä. Joukkoliikenteen automaattinen tiedontuotanto yleistyy tulevien vuosien aikana. Vuonna 2035 joukkoliikenne on Oulun seudulla vielä pääosin ihmisen kuljettamaa, mutta rooli varsinaisessa ajamisessa on nykyistä vähäisempi ja rajoitetuilla alueilla kuljettajalta ei vaadita aktiivisia toimia.

Tulevaisuuskuvaan liittyy selkeitä haasteita. Euroopassa on testattu lähinnä pieniä, itseajavia busseja. Vastavan tyyppistä kalustoa ei ole käytössä Oulun seudulla tai muualla, joten taloudellisesti kannattavien käyttökohteiden tunnistaminen on haastavaa. Samaan aikaan teknologiavalmistajien automaattitaksit kilpailevat samantyyppisistä liikennöintipalveluista, kuin mihin pientä kalustoa on suunniteltu käytettävän. Pienemmän kaluston käytön pilotointia voidaan toteuttaa myös Oulussa. Esimerkiksi Linnanmaalla voidaan testata kehittyneessä digitaalisessa infrastruktuurissa useita eri automaattisia kulkumuotoja tai sairaalan kampusalueella toteuttaa palvelulinjastoliikennettä pienellä kalustolla.

Keskeiset käyttökohteet Oulun seudulla

Joukkoliikenteen käyttötapausten toteutuminen on pitkälti kiinni ajoneuvomarkkinoiden kehityksestä. Mikäli automaattinen bussikalusto siirtyy nopeasti testilaitteista laajamittaiseen tuotantoon esimerkiksi 2030-luvun vaihteessa. Joukkoliikenteen automaatio voi yleistyä ensin suljetuilla alueilla, joilla muuta liikennettä kulkee vain rajallisesti. Varikkoalueiden automaatio voi siten olla mahdollista huomattavasti linjojen automaatiota aiemmin. Tämän tyyppinen automaatio voi alentaa liikennöintikustannuksia, mutta toteuttaminen vaatii riittävän suuren ajoneuvokannan, jotta mahdolliset investoinnit varikoilla tarvittavaan fyysiseen infrastruktuuriin kannattavat.

Täysin ilman kuljettajaa toimivia automaattibusseja voidaan nähdä ensimmäisen pienten ajoneuvojen muodossa kampusalueilla tai palvelulinjoilla, joissa nopeudet voivat olla alhaisia, mikä helpottaa yhteensovittamista esim. kävelyn ja pyöräilyn kanssa. Kutsupohjaiset palvelut voivat mahdollistaa vähäliikenteisten alueiden automaattisen syöttöliikenteen runkolinjoille, mikäli linjastosuunnittelu nojaa tulevaisuudessa enemmän runkolinjoihin ja pienten automaattisten bussien liikennöintikustannukset alenevat merkittävästi. Toisaalta ilman kuljettajaa toimivat palvelulinjat tarjoavat nykyistä heikompa palvelua, esim. liikuntarajoitteisten matkustajien huomioimisen suhteen. Robottitaksit voivat luoda uuden liikennepalvelun, joka sijoittuu nykyisen bussiliikenteen ja taksipalveluiden väli-maastoon.

Joukkoliikenteen järjestämiseen automaattiajoneuvoin Oulun seudulla liittyy haasteita. Nykyinen linjastoratkaisu pitää sisällään useita pitkiä linjoja, jotka kulkevat erityyppisissä ympäristöissä. Tämän vuoksi niiden automaatisointi voi olla haastavaa. Bussikaluston automaatio ei ole vielä välttämättä vuonna 2035 riittävän kilpailukykyistä ihmisen kuljettamaan kalustoon verrattuna, että pitkien linjojen automaatio kannattaisi.

Oulun seudun joukkoliikenteen toteuttamisessa voi tapahtua seuraavan vuosikymmenen aikana muutoksia, jotka toimivat mahdollistajina automaation laajemmalle käyttöönotolle. Vaikka työssä ei ole käsitelty raideliikenteen automaatiota, myös automaattiraitiovaunujen kehitys on viime vuosina kiihtynyt. Mahdollinen tehokkaan joukkoliikenteen linjaus voidaan toteuttaa esimerkiksi automaattiraitiovaunulla. Raitioliikenteen etuna on usein selkeämpi erottelu muusta liikenteestä, mikä helpottaa automaation toteuttamista.

Mahdollistajat, esteet ja haasteet

Mahdollistajat

- Akkuteknologioiden ja itseajavien autojen teknologian kehittyminen tulee todennäköisesti nostamaan joukkoliikenteen ajoneuvoihin liittyviä pääomakustannuksia. Bussikaluston käyttöikä ja käyttöaste ovat kuitenkin huomattavasti henkilöautoja korkeammat, mikä lisää niiden kilpailukykyä suhteessa yksityisomisteisiin automaattiajoneuvoihin.
- Joukkoliikenteelle on varattu katu ympäristössä pysäkkituloa, mikä parantaa sen toimintaedellytyksiä esim. automaattitakseihin verrattuna.
- Yhteistyö teknologiayritysten, seututoimijoiden ja korkeakoulujen kanssa avaa mahdollisuuksia pilotoinnille Oulun seudulla.
- Joukkoliikenteelle varatut kaistat.
- Joukkoliikenteen linjastorakenteen muuttuminen hierarkkisemmaksi (runkolinjat, syöttölinjat)

Esteet ja haasteet

- Tehokkaan liikennejärjestelmän näkökulmasta automaattitaksien mahdollinen nopea kehittyminen ja käyttöönotto voi olla merkittävä haaste. Mahdollinen siirtyminen yksityisautoilusta jaettuun palveluihin voi lisätä myös joukkoliikenteen käyttöä.
- Automaattitaksit tai -yksityisajoneuvot eivät voi korvata joukkoliikennettä kokonaan, sillä suurten ihmismassojen liikkuminen vaatii runsaasti kapasiteettia. Automaattitaksit voivat kuitenkin muuttaa liikennejärjestelmää siten, että runkolinjojen liityntäliikennettä tarvitaan vähemmän varsinkin hiljaisemmillä seuduilla.
- Talviolosuhteet ovat haaste kaikille automaatiojärjestelmille, koska sade, sumu, jää ja lumi vaikeuttavat sensorien toimintaa ja heikentävät kaluston havainnointikykyä.
- Oulussa ei ole joukkoliikenteelle varattuja katuja tai kaistoja merkittävässä määrin, jolloin bussikalustolla tulee operoida sekaliikenteessä niin muiden ajoneuvojen kuin kävelijöiden ja pyöräilijöiden seassa. Keskuksialueilla tämä voi tarkoittaa ainakin alkuvaiheessa katkonaista liikennöintiä.
- Kaluston hankinta on liikennöitsijöiden vastuulla. Investointeja uuteen kalustoon tehdään, kun se on liikennöintitaloudellisesti kannattavaa. Kilpailutuksessa on vaikeaa kannustaa automaation käyttöön esimerkiksi piloteissa, ellei tilaaja osoite erillistä rahoitusta (esim. EU-rahoitus). Uusien teknologioiden hyödyt tulee todistaa, esimerkiksi pilotoinnilla.
- Bussikaluston kuljettajaa tukevat järjestelmät eivät ole olleet ajoneuvovalmistajien kehityskohteiden kärjessä, vaikka toimintaa liittyy runsaasti toistuvia toimenpiteitä (esim. pysäkillä ajo). (Johansson ym. 2022)

Odotetut vaikutukset

Seuraavan sukupolven kuljettajaa tukevat järjestelmät tekevät joukkoliikenteestä sujuvampaa ja täsmällisempää, alentavat energiankulutusta ja lisäävät matkustusmukavuutta. Automaatio parantaa liikenneturvallisuutta ehkäisemällä onnettomuuksia. Kuljettajaa avustavan teknologian lisääntyminen ajoneuvoissa noudattaa perinteisten ajoneuvovalmistajien kehitystahtia, sillä bussikaluston automaatio hyödyntää samaa teknologiaa.

Verrattuna pienempään kalustoon, raskaamman bussikaluston kuljettajaa tukevat järjestelmät voivat parantaa energiatehokkuutta. Joukkoliikennekaluston pääomakustannukset voivat kasvaa automaation myötä. Alentuneiden operointikustannusten tulisi kuitenkin kompensoida kaluston käyttöä aikana kasvaneita pääomakustannuksia.

Käyttötapauksia tukevat politiikat ja muut toimenpiteet

Joukkoliikenteen automaatio tukeutuu samaan teknologiaan kuin muut automaattiset kulkumuodot, jolloin edellisessä kohdassa luetellut toimenpiteet pätevät myös bussikalustoon. Digitaalisen ja fyysisen infrastruktuurin parannukset ja kansallisen tason linjaukset vaikuttavat joukkoliikenteen järjestämiseen.

Joukkoliikenteen näkökulmasta olennaista on sen suhde muuhun liikenteeseen sekä maankäyttöön. Poliittika-toimenpiteillä tulee säädellä liikenteen automaation negatiivisia ulkoisvaikutuksia. Tienkäyttö- ja pysäköintimaksuilla voidaan ohjata myös automaattiliikennettä ja sen määriä. Tiivis maankäyttö tukee joukkoliikenteen käyttöä, mikä voi edellyttää täydennysrakentamista.

Automaatio raskaassa liikenteessä ja terminaaleissa

Tulevaisuuskuva 2035

Korkean automaatiotason (L3-L4) raskaiden ajoneuvojen arvioidaan tulevan markkinoille ja käyttöön Suomessakin 2020-luvun loppupuoliskolla, ensin suljetuilla terminaali-alueilla ja moottoritieympäristössä mutta vuoteen 2035 mennessä myös muulla päätieverkolla. Näiden ajoneuvojen yleistyminen Oulun seudulla riippuu ennen kaikkea siitä, kuinka kannattavaksi liiketaloudellisessa mielessä kuljetusyritykset näkevät investoinnit uuteen automatisoituun kalustoon. Tarkasteluvuoteen mennessä on melko varmaa, että kuljettaja kuitenkin tarvitaan ajoneuvossa kuljetusreitillä lähtö- sekä määränpäässä, joissa reitti käyttää osittain alempiasteista tieverkkoa tai katuverkkoa. Tällöin keskeinen kysymys on lepoaikalainsäädännön kehittyminen. Mikäli päätieverkolla automaattiajossa kuljettu matka katsotaan tulevaisuudessa kuljettajan lepoajaksi, on yrityksen mahdollista tehostaa kaluston käyttöastetta ja saavuttaa siten liiketaloudellista säästöä. Mahdolliset parhaat ”business caset” voivat Oulun seudulla liittyä päätieverkkoa käyttäviin raskaisiin runkokuljetuksiin, esimerkiksi metsäteollisuuden kuljetuksiin tai mahdollisiin tulevaisuuden vetytalouden kuljetuksiin.

Letka-ajo on myös mahdollinen automaation käyttötapa vuoteen 2035 mennessä, mutta sen yleistymiseen liittyy tällä hetkellä enemmän epävarmuutta kuin yksittäisten runkokuljetusten automaatioon. Keskeinen kysymys on, löytyykö Pohjois-Pohjanmaan maakunnasta riittävän pitkä päätiejakso, jonka toimintaympäristö on letka-ajoon soveltuva. Työvoimakustannusten minimoinnin kannalta tavoiteltu tason 4 letka-ajo perustuu samaan teknologiaan kuin henkilöautojen L4-automaattiajojärjestelmä ja siten niille käyttökelpoinen tieverkko laajenee kaksikaistaisille valtateille luultavimmin 2030-luvulla. Letka-ajosta saavutettavien hyötyjen tulee olla suuremmat kuin letkan muodostamisesta aiheutuvat kustannukset (esim. viivytys letkaa muodostettaessa) logistisessa ketjussa. On mahdollista, että valtatielle 4 Limingasta Tornioon on toteutettu vuoteen 2035 mennessä yhtenäinen keskikaiteellisesta ohituskaistatiestä ja moottoritiejaksosta koostuva tiejakso, joka soveltuisi letka-ajoon ilman, että se aiheuttaa haittaa muulle liikenteelle. Mahdollisia ”business caseja” voidaan arvioida löytyvän valtatieltä 4 käyttävistä pitkämatkaisista runkokuljetuksista sekä mahdollisesti tulevaisuuden vetytalouden kuljetuksista. Kiinnostava letka-ajoreitti 2030-luvulla on myös länsirannikon valtatie 8 välillä Turku-Oulu, jonka reitillä on runsaasti teollisuutta ja satamia.

Logistiikkaterminaalien automaatio etenee todennäköisesti vuoteen 2035 mennessä. Oulun satama rakentaa valmiuksiaan automaatioon kehittämällä digitaalista kaksosta sekä digitalisoimalla operatiivista toimintaansa, josta saavutetaan hyötyjä toiminnan tehostumisen kautta jo nykyisenkin kaltaisessa liikenteessä. Satamaoperaatioiden (esim. konttien tai trailerien siirrot) ovat mahdollisia vuoteen 2035 mennessä, mutta nämä investoinnit riippuvat satamaoperaattorien investointihaluista. Investointien kannattavuuteen vaikuttaa Oulun sataman volyymin pieni koko suhteessa Suomen tai Euroopan suurimpien satamien volyymeihin. Yhtenä mahdollisuutena voisi olla myös kuljetukset Oulun seudulla sijaitsevan operaattorin terminaalista Oulun satamaan tarkoitusta varten varusteltua yleistä tieverkkoa pitkin.

Keskeiset käyttökohteet Oulun seudulla

Yksittäisten runkokuljetusten automaatiolle ja sen edellytysten parantamiselle keskeisimpiä kohteita Oulun seudulla sekä laajemmin Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun maakunnissa ovat valtatie 4, 8, 20 ja 22. Raskaiden ajoneuvojen letka-ajon kannalta potentiaalisin kohde on valtatie 4 väli Limingasta Tornioon etenkin täydennettynä valtatie 8 yhteydellä Turkuun asti.

Mahdollistajat, esteet ja haasteet

Mahdollistajat

- Raskaiden runkokuljetusten automatisaation sekä letka-ajon liiketoiminnalliseen hyötyyn vaikuttaa lepoaikalainsäädäntö, jonka tulisi mahdollistaa automaattiajossa/letka-ajossa käytetyn ajan hyödyntäminen kuljettajan lepoaikana. Nykyinen lainsäädäntö ei tätä salli. Ilman muutoksia lainsäädäntöön on vaikea nähdä nopeaa korkean automaatiotason yleistymistä Suomen olosuhteissa tarkasteluajavälillä.
- Tärkein mahdollistaja raskaan kaluston automatisoitumiselle on yksityisten kuljetusyritysten saavuttamat liikelatoudelliset hyödyt
- ODD jatkuvuus ja katkokohtien/-tilanteiden hallinta on keskeistä, koska raskaan kaluston joutuminen ODD:nsa ulkopuolelle, sekä tähän liittyvät mahdolliset MRM-toimet aiheuttavat 1+1 ajorataisella päätieverkolla merkittävää haittaa muulle liikenteelle. Kuljetusoperaattorin kyvykkyyks välittömään ajoneuvon etäohjaukseen on keskeistä haittojen ehkäisemisessä.
- Letka-ajon käyttökohteita lisäisi tulevaisuudessa se, että letkoja voidaan muodostaa usean ajoneuvovalmistajan ajoneuvoista

Esteet ja haasteet

- Tiemerkitöjen systemaattisuus ja jatkuvuus on keskeinen vaatimus raskaan liikenteen automaation toimintaympäristölle. Ongelmia voivat aiheuttaa mm. päätieverkon liittymäalueiden levennykset ja niiden jatkeena olevat bussipysäkit, joissa kohdissa liittymän läpi suoraan jatkuvaa "kaistaa" ei ole useinkaan erotettu levennyksestä kaistamerkinällä.
- Letka-ajo edellyttää käytännössä riittävää määrää samaan suuntaan eteneviä kuljetuksia, joissa vaatimukset lähtö- ja saapumisajankohdalle ovat riittävän yhteneväiset, jotta letkan muodostamisesta ei aiheudu merkittävää viivytystä logistiseen ketjuun. Ilman muutoksia lepoaikalainsäädäntöön letka-ajon hyödyntäminen edellyttää käytännössä täsmälleen samoja lähtö- ja määränpäitä kuljetuksille. Tulevaisuudessa vetytalouden kumipyöräkuljetukset voivat olla tällainen letka-ajon sovelluskohde. Ad-hoc -tyyppisten kuljetusten kannattavuus edellyttää muutoksia lainsäädäntöön.
- Nykyisen tiedon valossa letka-ajoon parhaiten soveltuvia toimintaympäristöjä ovat moottoritiet sekä ohituskaistatiet. 1+1 ajorataisella päätieverkolla letka-ajo voi aiheuttaa muulle liikenteelle viivytyksiä sekä kasvavaa ohitustarvetta, vaikka letka-ajon teknologia mahdollistaakin letkaa ohittavien autojen tulon letka-ajoneuvojen väliin.
- Letka-ajo edellyttää soveltuvan infran rakentamista letkan kokoamisella ja purkamisella. Letkoja ei tämän hetken näkemyksen mukaan voida tehokkaasti muodostaa ajon aikana. Maantieverkon levähdysalueet voivat soveltua letkojen kokoamiseen, mutta tyypilliset usean liittymän takana olevat huoltoasemien piha-alueet voivat olla letka-ajon kannalta haastavia koontipaikkoja.
- Talviset olosuhteet, mm. ajoratamerkitöjen tai ajoneuvon korkeataajuisten anturien peittyminen lumeen voivat heikentää raskaiden ajoneuvojen automaattiajojärjestelmien ODD:n jatkuvuutta. Letka-ajossa vastaavia ongelmia ei samassa määrin esiinny, kun letkan johtoautoa ajaa ihmiskuljettaja.
- Letkojen kokoamisalueilla tai runkoreitillä sijaitsevat liikennevalot voivat aiheuttaa letkan katkeamisen, jolloin sen uudelleen kokoaminen on haastavaa. Letka-ajoon tarkoitetuilla reiteillä liikennevalot tulisi varustaa C-ITS -teknologiaan nojaavilla raskaiden ajoneuvojen etuuksilla.

Odotetut vaikutukset

Automaattiset kuorma-autot runkoliikenteessä

Kuten muunkin automaattisen tieliikenteen osalta, liikenneturvallisuuden parantuminen onnettomuusriskin vähenemässä on keskeinen vaikuttaja runkoliikenteen automaattisissa kuorma-autoissa; automaattiajojärjestelmä sensoreineen valvoo ja ohjaa ajosuoritusta, jolloin kuljettajien inhimillisiä virheitä voidaan vähentää. Kuorma-autojen automaattiajojärjestelmillä voidaan myös edesauttaa liikenteen sujuvuuden parantamista, kun ajonopeudet ja etäisyyden hallinta muuhun liikenteeseen parantuvat. Sujuvuuden parantuminen edelleen hieman tehostaa energian käyttöä, parantaa kuljetusten taloudellisuutta ja vähentää päästöjä. Saavutettavuudessa voi olla vähäisiä positiivisia vaikutuksia kuljettajien parantuneeseen ajojärjestelmien käyttökokemukseen.

Yhdyskuntarakenteeseen vaikutukset voivat olla vähäisissä määrin negatiivisia tai positiivisia runkoliikenteessä, riippuen esim. kuorma-autojen automaation vaikutuksista tuotantotoiminnan ja teknisen huollon sijoittumiseen. Vastaavasti myös maan- ja tilankäyttöön voivat vähäisissä määrin vaikuttaa infrastruktuuriin, kuten levähdys- tai pysähtymispaikkojen tarve. Sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen voi olla vähäisiä negatiivisia tai positiivisia vaikutuksia, riippuen automaation reiluden ja vastuiden toteutumisesta. Hyväksyttävyyden voidaan ennakoida parantuvan automaation parantaessa liikenteen turvallisuutta ja vähentävän kustannuksia sekä helpottaessa ajosuoritusta.

Kuorma-autojen letka-ajo

Onnettomuusriskin pieneneminen on merkittävimpiä letka-ajon vaikutuksia. Liikenneturvallisuuden parantuminen voi kuitenkin jäädä vähäisemmäksi kuin tieliikenteen automaattisilla ajoneuvoilla, joissa on kattavampi kuljettajan ajosuorituksen tukeminen. Liikenteen sujuvuuteen letka-ajolla voidaan vaikuttaa esim. letka-ajon ajamisen suotuisen ajankohtien valinnalla, jotta muu liikenne saa enemmän tilaa. Energiankäyttö ja päästöt vähenevät hieman tasan ajonopeuden ja ilmanvastuksen vähentymisen seurauksena.

Yhdyskuntarakenteen sekä maan- ja tilankäytön vaikutukset voivat tuoda vähäisiä negatiivisia sekä positiivisiakin vaikutuksia, riippuen letka-ajon infrastruktuurille asettamista tarpeista. Tällaisia vaikutuksia voivat olla esim. letka-ajoa odottavien pitkien yhdistelmien odottaminen pysäköinti tai kokoamisalueilla. Sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen voi olla vähäisiä negatiivisia tai positiivisia vaikutuksia, riippuen automaation reiluden ja vastuiden toteutumisesta. Terveysten letka-ajolla ei ole merkittäviä vaikutuksia. Hyväksyttävyyden todennäköisesti hieman positiivinen turvallisuushyötyjen ja ajamista helpottavien toimintojen vuoksi.

Terminaalien automaatio

Terminaalien sisällä tapahtuvan automaattisen liikenteen on jo tänä päivänä todettu vähentävän onnettomuusriskiä; osaltaan onnettomuusriskin ja siten liikenneturvallisuuden parantumiseen vaikuttavat jo ennestään hiljaiset ajonopeudet suljetuilla alueilla. Vastaavasta edellä mainitusta syystä liikenteen sujuvuudessa, saavutettavuudessa ja energiankäytössä sekä päästöissä ei ennakoida suuria muutoksia terminaali-alueilla. Taloudellisuuden odotetaan kuitenkin parantuvan huomattavasti työn tehokkuuden kasvaessa ja kuljettajien työn vapautuessa muuhun käyttöön tai lepoajaksi.

Maan- ja tilankäytön osalta terminaali-alueen tehokkuus ja käytettävyys voi hieman parantua, esim. paikannus-tarkkuuden sekä ajo- ja huoltoajoreittien parantuessa. Sosiaalisen oikeudenmukaisuuden ja terveyden osalta ei merkittäviä vaikutuksia ennakoida, vaikka terminaalien sisällä kuljettajan työhön automaatio voi tuoda mahdollisia positiivisia vaikutuksia. Hyväksyttävyyden voi parantua vähäisesti turvallisuuden ja sujuvuuden parantumisen seurauksena.

Käyttötapauksia tukevat politiikat ja muut toimenpiteet

Keskeinen toimenpide on tason 4 letka-ajon ja sitä tukevan lepoaikasääntelyn aikaansaaminen EU-alueella ja siten myös Suomessa. Pääväylien fyysistä ja digitaalista infrastruktuuria kehitetään kansallisten viranomaisten, Väyläviraston, ELY-keskusten sekä Liikenne- ja viestintäviraston ohjeistuksen ja määrärahojen puitteissa. Poliittisella

tasolla nojaututaan seudulla siten kansallisen tason linjauksiin. Pääväyläverkon raskaan liikenteen automaation käyttötapauksia tukevia toimenpiteitä on tunnistettu seuraavasti:

- välttämättömiksi katsottavat toimenpiteet liittyvät kansallisen lainsäädännön (Digiroad-laki, tieliikennelaki) sekä EU-asetusten (erityisesti RTTI-asetus) alaisten tietolajien laadun ja kattavuuden parantaminen. Raskaan liikenteen kannalta keskeisiä ovat mm. nopeusrajoitustiedot sekä tiedot ajoneuvojen mittarajoituksista.
- Tarpeellisiksi, myös sekaliikenteen palvelutasoa parantaviksi toimenpiteiksi on tunnistettu mm. riittävän talvihoitoon tason turvaaminen sekä ajoratamerkintöjen kunnon varmistaminen.
- Raskaan liikenteen automaatioosovelluksille kriittistä on riittävän pitkä elektroninen horisontti päätieympäristössä, koska raskaan kaluston jarrutusmatkat ovat pitkät. Tämä edellyttää kattavaa liikenne- ja olosuhdetiedon keruuta hyödyntäen laajasti erilaisia tietolähteitä, sekä mittausasemia että ajoneuvojen välistä nopeaa tiedonvaihtoa (C-ITS-palveluiden V2V-sovellukset)
- Raskaan liikenteen ODD:n katkeamattomuus sekä ennakoiva tieto ODD:n katkeamisesta ovat keskeisiä kehitettäviä asioita
- Etäohjauksen mahdollistaminen tilanteissa, joissa raskas automaattiajoneuvo joutuu ODD:n ulkopuolelle (mm. tiedonsiirron kapasiteetti). Kansallisten viranomaisten (Fintraffic Tie) rooli etäohjauksessa.
- Liikenteen hallinnassa tulee varautua tilanteisiin, joissa raskas ajoneuvo suorittaa minimiriskitoimenpiteen (MRM) ja pysähtyy päätien pientareelle. Tyypillisesti 1+1-ajorataisen päätieverkon päällystetyn pientareen leveys on noin 0,5 m, mikä tarkoittaa ajoneuvon pysähtymistä osittain ajoradalle.

Automaatio työkoneissa ja kunnossapidossa

Tulevaisuuskuva 2035

Kehityksen alkuvaiheessa on todennäköistä, että kalustossa yleistyvät kuljettajaa tukevat järjestelmät, jotka voivat tehostaa kunnossapitoa ja parantaa turvallisuutta.

Ennen täysimittaisen automaation käyttöönottoa kunnossapitokaluston tuottama tieto infran elinkaaren eri vaiheissa tuottaa hyötyä omaisuuden hallinnalle. Tämä edellyttää, että tienpitäjillä on järjestelmät, joissa digitaalinen tietomassa analysoidaan hyödynnettäväksi. Tulevaisuudessa tarvitaan muille tienkäyttäjille, erityisesti automaattisille ajoneuvoille, tarkkaa tietoa kunnossapitokaluston sijainnista ja liikkeistä esimerkiksi turvallisten ohituspaikkojen tunnistamiseksi. Yhteistoiminta muun liikenteen kanssa on kunnossapitoajoneuvoille keskeistä. Todennäköistä on, että automaattisesti toimivaa kalustoa otetaan käyttöön ensin suljettujen alueiden kuten terminaalien kunnossapidossa, ja sieltä käyttötapaukset leviävät ensin maantieverkolle ja tämän jälkeen kompleksisemmalle katuverkolle.

Keskeiset käyttökohteet Oulun seudulla

Alkuvaiheessa terminaalit ja muut suljetut alueet. Myöhemmässä vaiheessa maantieverkko ja katuverkko.

Mahdollistajat, esteet ja haasteet

Tietöissä ja kunnossapidossa tulee optimoida koko järjestelmää, ei vain yksittäisiä ajoneuvoja. Etäohjaus ja autonominen toiminta mahdollistavat sen, että kuljettajaa ei tarvitse siirtää pitkiä matkoja kunnossapidon takia.

Odotetut vaikutukset

Tietyökaluston automatisaation käyttötapauksena liikkuvan törmäysestevaunun arvioidaan parantavan hyvin paitsi tietyötekijöiden, myös tienkäyttäjien turvallisuutta suojaamalla molempia osapuolia onnettomuuksilta. Samalla

myös liiketeen sujuvuus voi vähäisesti parantua, mikäli liikenteen ennakoiti ja vuorovaikutus tietyöalueeseen parantuu. Saavutettavuudessa ja energiankäytössä sekä päästöissä ei ennakoida vaikutuksia, vaan ne pysyisivät pitkälti ennallaan. Taloudellisuus voi vähäisesti parantua mm. tasaisen nopeuden ja onnettomuusriskin pienentymisen ansiosta. Yhdyskuntarakenteeseen, maan- ja tilankäyttöön sekä sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen tai terveyteen ei arvioida törmäydestevaunulla olevan vaikutuksia. Hyväksyttävyyks voi vähäisissä määrin parantua automaation positiivisten vaikutusten ansiosta, mm. turvallisuuteen.

Liikenneturvallisuuden ennakoitaan pitkällä aikavälillä parantuvan vähäisesti automaattisen kunnossapidon seurauksena, mutta riippuen käyttötapauksesta, sillä esim. vilkkaasti liikennöidyllä alueella onnettomuusriski on aina suurempi kuin suljetuilla alueilla. Sujuvuuteen, saavutettavuuteen tai energiankäyttöön ei ennakoida vaikutuksia, eli jo nykykäytössä mahdolliset kunnossapidon haitat ja hyödyt pysyisivät samana. Taloudellisuuden arvioidaan kuitenkin parantuvan, kun esim. kuljettajan tehtävät jäävät vähäisemmäksi. Yhdyskuntarakenteen, maan- ja tilankäytön sekä sosiaaliseen oikeudenmukaisuuden ennakoitaan pysyvän jokseenkin samanlaisena, kun nykyhetkessä, eikä automaatio toisi merkittäviä vaikutuksia. Terveyteen voidaan saada kuitenkin hyviä vaikutuksia, kun esim. kaupunkialueiden kunnossapitoa voidaan tehostaa. Vastaavasti pienetkin hyödyt parantaisivat hyväksyttävyyttä.

Käyttötapauksia tukevat politiikat ja muut toimenpiteet

Automaattisen tietyö- ja kunnossapitokaluston käyttöönottoa tukeviksi toimenpiteiksi on tunnistettu seuraavat:

- Avoimet kehitysympäristöt
- Vaatimukset kunnossapidon ja urakoiden sopimuksissa tiedon tuottamisesta ja tiedon avaamisesta eri toimijoiden käyttöön. Tämä mahdollistaa toiminnan tehostamisen, myös automaattioratkaisujen käyttötapauksien tunnistamisen
- Tieto infrastruktuurin ja kuljetusta tukevat järjestelmät esim. talvikunnossapidon tukena (vahingontorjunta, esim. liikenteenohjauslaitteet)
- Julkisen sektorin kilpailutuksiin vaatimus pilotoinneille (esim. dronejen hyödyntäminen tai etäohjauksen testaus)
- Esim. maarakennuskoneiden automaatiota on jo tutkittu ja se on todettu toimivaksi. Seuraavana luontevana pilottikohteena nähdään tietyökoneiden automaation kokeilut.

Muut automaation sovellukset

Droneilla tapahtuva lentotyö voi tukea liikenteen automaatioon liittyvää tiedontuotantotarvetta tai tehostaa muun muassa kunnossapitoa tuottamalla (lähes) reaaliaikaista tietoa liikennejärjestelmästä, esimerkiksi katujen kunnossapidon suunnittelun tueksi. Lentotyön käyttötapaukset kytkeytyvät tiiviisti erilaisten prosessien automatisointiin eikä yleistä kuvausta parhaista käyttökohteista voi yksiselitteisesti laatia. Lentotyö ei todennäköisesti aseta erityisiä vaatimuksia esimerkiksi liikennesuunnittelulle tai maankäytölle. Lentotyöhön liittyvät palvelut rakentuvat pitkälti nykyisten droneilla toteutettujen käyttötapauksien päälle. Oulun seudulla esimerkiksi tuulivoimaloiden ja muun infrastruktuurin tarkistukset droneilla ovat tärkeitä käyttökohteita. Logistiikan käyttötapaukset ovat vasta pilottiasteella Suomessa sekä Euroopassa ja on epävarmaa, milloin toiminnasta saadaan niin tehokasta, että kuljetuskustannukset ovat kilpailukykyisiä perinteisiin pakettipalveluihin tai lähettipalveluihin nähden. Kustannusten ollessa vielä korkeita on mahdollista, että 2020-luvun aikana ensimmäiset logistiikan käyttötapaukset ovat terveydenhuollon tai teollisuuden kiireellisiä kuljetuksia. Oulun seudulla pitkät välimatkat ja esim. Hailuoto voivat luoda edellytyksiä kustannustehokkaalle toiminnalle terveydenhuollossa. Logistiikan ja lentotyön käyttötapaukset ovat erityyppisiä kuin muussa liikenteessä (pl. kaupunkien jakelulogistiikka) ja käyttötapauksien priorisointi ja validointi vaatisi seudullista arvoketju-/kustannustarkastelua.

Droneilla tapahtuva operointi nojaa erityisesti kansalliseen ja EU-tasoiseen sääntelyyn, eikä seudullisilla toimijoilla on merkittävästi mahdollisuuksia osallistua toimintaa, varsinkaan nykyisten käytäntöjen puitteissa. Euroopan yhteinen U-space-sääntelykehikko ja vaiheittain käyttöön otettavat palvelut mahdollistavat droneilla tapahtuvan

operoinnin samoin periaattein niin Suomessa kuin muualla Euroopassa. Mikäli jokin toimija pyytää U-space-ilmailan perustamista, vaikutusalueella olevaa kuntaa tai kaupunkia pyydetään osallistumaan vuoropuheluun Traficommin toimesta. Tämä tarjoaa mahdollisuuden osallistua yhteiseen suunnitteluun. Seudulla voidaan tukea ilmailun automaatiokehitystä aktiivisesti osallistumalla pilotointiin ja tuottamalla tietoa esimerkiksi lentoesteistä. Kaupungit tai kunnat voivat kartoittaa suositeltuja tai vähemmän suotuisia alueita ilmailukäyttöön. Maankäytössä erityisesti logistiikan käyttötapaukset voivat vaatia huomiointia suunnittelussa, kuten on toimittu Hartaanselän asuntomessualueen kanssa. Liikennemäärien kasvaessa turvallisuushuolet lisääntyvät. Turvallista toimintaa voidaan tukea esimerkiksi kartoittamalla varalaskutuspaikkoja. Seudullisten toimijoiden tulee seurata sääntelyn kehittymistä, seurata ilmailun käyttötapauksien käyttöönottoa seudulla ja seurata niiden vaikutuksia. Kaupungit ja kunnat tulevat todennäköisesti toimimaan mahdollisten melu ym. valitusten vastaanottajina, jolloin heidän roolinsa vuoropuhelussa dronepalvelutarjoajien (yritykset) ja Traficommin kanssa korostuu. Kaikkea droneilla tapahtuvaa operointia rajoittaa Oulun seudulla arktiset olosuhteet. Lentäminen lumisateessa tai jäätävissä olosuhteissa on haastavaa tai mahdotonta, lisäksi akkukapasiteetti laskee kylmässä ilmassa merkittävästi.

Jakelurobottien vaikutus liikenneturvallisuuteen voi tuoda vähäisiä muutoksia: jalkakäytävien ja kevyen liikenteen väylillä liikkuvat robotit voivat aiheuttaa haasteita, mutta toisaalta vähentää muiden ajoneuvojen tarvetta liikenteessä ja vähentää siten onnettomuusriskiä. Vastaavasti liikenteen sujuvuus voi parantua pienten ostosten kuljettamisen keskittyessä jakeluroboteille. Saavutettavuus pysyisi kuitenkin samana verrattuna nykytilanteeseen. Energiankäytön ja päästöjen sekä taloudellisuuden osalta sähkökäyttöiset automaattiset kuljetusrobotit voivat tuoda vähäisesti parempia vaikutuksia kuljetusten tehostuessa. Yhdyskuntarakenteeseen kokonaisuudessaan ei tarvitsisi pienten kuljetusrobottien osalta tehdä muutoksia, mutta maan- ja tilankäytössä voidaan mahdollisesti joutua käsittelemään haittavaikutuksia kevyen liikenteen väylillä ja kaupunkiympäristössä. Sosiaalinen oikeudenmukaisuus voi taas parantua kuljetusten helpottaessa arkipäiväisiä tarpeita kohtuullisin kustannuksin. Terveysten osalta voi toteutua liikkumista heikentäviä vaikutuksia. Kokonaisuudessaan hyväksyttävyyys voisi jäädä suhteellisen neutraaliksi, mahdollisten pienten haittavaikutusten ja hyötyjen väliin.

Yhteenvedo vaikutuksista vuonna 2035

Seuraavassa taulukossa on esitetty asiantuntija-arviot automaation eri käyttötapausten vaikutuksista suhteessa liikennejärjestelmän yleisiin tavoitteisiin.

Taulukko 12. Automaation käyttötapausten arvioituja vaikutuksia liikennejärjestelmän yleisiin tavoitteisiin.

| | 1. Autom. henkilöautot kaupunkiliikenteessä | 2. Automaattiset henkilöautot maanteillä | 3. Robottitaksit | 4. Runkobussiliikenne | 5. Pikkubussiliikenne syöttöliikenteenä ja palveluliikenteenä | 6. Automaattiset kuorma- autot runkoliikenteessä | 7. Kuorma-autojen letka-ajo | 8. Terminaalien automaatio | 9. Tietyökaluston automaatio | 10. Kunnossapitokaluston automaatio | 11. Jakelurobotit | 12. Dronet – tavarankuljetukset | 13. Dronet – lentotyö |
|-------------------------------|---|--|------------------|-----------------------|---|--|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Liikenneturvallisuus | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ | ++ | + | ++ | + | +/- | +/- | + |
| Sujuvuus | ++ | ++ | + | +++ | + | ++ | + | 0 | + | 0 | + | + | 0 |
| Saavutettavuus | + | + | ++ | + | ++ | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | + | 0 |
| Energiankäyttö ja päästöt | +/- | +/- | 0 | + | +/- | + | + | 0 | 0 | 0 | + | + | ++ |
| Taloudellisuus | -- | -- | ++ | + | - | + | + | ++ | + | ++ | + | ++ | ++ |
| Yhdyskuntarakenne | 0 | -- | + | + | +/- | +/- | +/- | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Maan- ja tilankäyttö | +/- | + | ++ | + | +/- | +/- | +/- | + | 0 | 0 | - | - | 0 |
| Sosiaalinen oikeudenmukaisuus | -- | -- | + | ++ | + | +/- | +/- | 0 | 0 | 0 | + | +/- | + |
| Terveys | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | ++ | - | +/- | 0 |
| Hyväksyttävyys | + | + | ++ | ++ | + | + | + | + | + | + | +/- | + | ++ |

Roolit

Seuraavassa kirjataan kirjallisuuden ja haastattelujen pohjalta keskeisten toimijoiden roolit tavoitetilaan pääsemiseksi. Tekstikuvausten jälkeen kuvassa 6 on esitetty yhteenveto eri toimijoiden tunnistetuista rooleista.

Euroopan komissio

Euroopan komissio on poliittisesti riippumaton toimeenpanoelin, joka tekee lainsäädäntöesityksiä ja valvoo lainsäädännön soveltamista, vastaten Euroopan parlamentin ja EU:n neuvoston päätösten täytäntöönpanosta. Euroopan komissiolla on siis merkittävä rooli myös liikenteen automaatioon liittyvän lainsäädännön toteuttamisessa ja valvonnassa. (Euroopan komissio 2023)

Keskeistä lainsäädäntöä liikenteen automaatiolle ja älykkäille liikennejärjestelmille ovat mm. älykkäiden liikennejärjestelmien (Intelligent Transport Systems, ITS, 2010/40/EU) direktiivi sekä sen delegoidut asetukset, jotka koskevat multimodaalisten matkatietopalvelujen, tieliikenteen turvallisuuden ja tosiaikaisten liikennetietopalveluiden, hätäpuhelujärjestelmien ja kuorma-autojen sekä hyötyajoneuvojen turvallisten pysäköintialueiden tarjoamista. Tieliikenteen ajoneuvojen tyyppihyväksynät, radiolaitteet, markkinavalvonta ja kyberturvallisuus ovat myös osana EU-lainsäädäntöä. Lainsäädäntöä, kuten EU:n täytäntöönpanoasetus 2022/1426 täysin automatisoitujen ajoneuvojen automatisoidun ajojärjestelmän (ADS), käsitellään tarkemmin tämän työn aikaisemmassa luvussa.

Komissiolla on myös merkittävä rooli automaattiajamiseen liittyvän tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnan rahoittajana mm. alan keskeisten kaupallisten toimijoiden, viranomaisten ja tutkimuslaitosten CCAM Partnership -yhteistyöfoorumien ehdotuksia hyödyntäen.

Liikenne- ja viestintäministeriö

Liikenne- ja viestintäministeriön (LVM) tehtävistä säädetään valtioneuvoston asetuksessa 405/2003 liikenne- ja viestintäministeriöstä. LVM:n tehtäviin kuuluvat liikenteen automaation näkökulmasta mm. liikennejärjestelmän suunnittelu, kehittäminen ja ylläpito sekä tieliikenne että tieliikenteessä käytettäviä ajoneuvoja koskevat asiat, logistiikka ja liikennetelematiikka, liikenteen turvallisuus- ja ympäristöasiat, tietoyhteiskuntakehityksen yleiset edellytykset, viestintäverkkojen, -palveluiden ja -markkinoiden toimintaedellytykset sekä televiestinnässä yksityisyyden suoja ja tietoturva. LVM vastaa Suomessa myös EU-lainsäädännön täytäntöönpanosta.

Tämän työn luvussa *Katsaus kansallisiin strategisiin suunnitelmiin* ja sen alaluvussa *Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelma (2021)* esitellään tarkemmin kyseisen LVM:n julkaisun sisältöä. Lisäksi tämän työn luvussa *Lainsäädännölliset puitteet* esitetään tarkemmin automaattiliikenteeseen liittyvää lainsäädäntöä.

Liikenne- ja viestintävirasto

Liikenne- ja viestintäviraston (Traficom) asemasta ja tehtävistä säädetään laissa 935/2018 liikenne- ja viestintävirastosta. Traficom toimii liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalalla liikenteen ja sähköisen viestinnän viranomaistehtäviä hoitavana keskushallinnon virastona. Traficom edistää mm. edistää tietoyhteiskunnan ja liikennejärjestelmän kehittämistä, liikenne- ja viestintäyhteyksiä sekä liikennejärjestelmän automatisointia. Tehtäviin kuuluu strategisten ohjelmien valmistelu sekä julkisen henkilöliikenteen, tavaraliikenteen ja logistiikan toimintaedellytysten kehittäminen.

Traficom huolehtii myös liikenteen ja sähköisen viestinnän sääntely-, lupa-, hyväksyntä-, rekisteri- ja valvonta-tehtävistä. Traficom toimii Suomessa ajoneuvojen ja automaattiajojärjestelmien tyyppihyväksyntäviranomaisena. Viraston tehtäviin kuuluvat Suomessa tieliikenteen automaation kokeiluista varten haettavien koenumerotodistusten ja koenumeroilpien myöntäminen, joista lisää tämän työn luvussa *Lainsäädännölliset puitteet*.

Traficom vastaa myös ilmatilan käytöstä Suomessa. Traficom voi hakemuksesta perustaa UAS-ilmatilavyöhykkeitä, jotka estävät tai mahdollistavat miehittämättömän ilmailun tietyllä alueella. UAS-ilmatila voi olla kieltävä, rajoittava tai salliva. Vuoden 2023 alussa voimaan astuneen U-space-säädöksen mukaisen U-space-ilmatilan mahdollisesta perustamisesta vastaa Traficom ja se voidaan perustaa määräyksellä korkeintaan kolmeksi

vuodeksi kerrallaan. U-space-ilmatilan perustamisen vaatimuksena on koordinointi Traficom, muiden viranomais-ten ja sidosryhmine kanssa ja se on pelkkää lausuntokierrosta laajempi kokonaisuus. Lisäksi Traficom vastaa mahdollisesta tiedon asettamisesta digitaalisessa muodossa ja tietopalveluista, mutta se voi ulkoistaa tehtäviään. Traficom vastaa myös mahdollisten lentoestelupien myöntämisestä ja lentoesterekisteristä, mutta hankkii esimerkiksi rekisterinpitöä ja muita palveluita Fintraffic Lennonvarmistukselta.

Väylävirasto

Väyläviraston asemasta ja tehtävistä säädetään laissa 862/2009 Väylävirastosta. Väylävirasto on LVM:n hallinnon alan keskushallinnon virasto, joka "väylänpitäjänä vastaa tie-, rata- ja vesiväylien palvelutason ylläpidosta ja kehittämisestä valtion hallinnoimilla liikenneväylillä". Valtion tieverkon kehittämisen ja toimien tehtävät, kuten kunnossapito ja palvelutaso sekä merkittävien tiehankkeiden rakentamisesta, koskevat koko Suomea. Väylävirasto vastaa elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten (ELY) toiminnallisesta ohjauksesta toimialallaan ja tienpidon yhteensovittamisesta sanotuissa keskuksissa.

Tieliikenteen automaation näkökulmasta Väyläviraston tehtäviin kuuluvat mm. vastata liikenteenohjauksen järjestämisestä sekä edistää liikenteen palveluiden ja liikennejärjestelmän digitalisaatiota ja automatisaatiota. Tieinfrastruktuurin osalta virasto vastaa fyysisen ja digitaalisen tieinfrastruktuurin suunnittelusta, rakentamisesta sekä yllä- ja kunnossapidosta. Täten virasto on keskeisessä asemassa päätettäessä infrastruktuurin ja sen hoidon mahdollisesta sopeuttamisesta automaattiliikenteen tarpeisiin. Väylävirasto myös vastaa väyliä koskevia tietovarannoista mm. Digiroad-palvelussa ja hallinnoi niitä, huolehtii toimialansa tilastoinnista sekä liikenne- ja väylätietoa koskevasta yhteistyöstä. Virasto osallistuu liikennejärjestelmäsuunnitteluun ja liikenneverkkojen toimenpiteiden valmisteluun.

Liikenteenohjausyhtiö Fintraffic Oy

Liikenteenohjausyhtiö Fintraffic Oy on valtion omistama erityistehtäväkonserni liikenne- ja viestintäministeriön omistajaohjauksessa, joka tarjoaa liikenteenohjauksen ja -hallinnan palveluita Suomessa. Osana Fintraffic-konsernia toimivat tytäryhtiöt tarjoavat rautatie-, tie- ja meriliikenteenohjausta sekä lennonvarmistusta. Väylävirasto ja Fintraffic sopivat vuosittain erillisen palvelusopimuksen, jossa sovitaan Väyläviraston rahoituksesta Fintrafficin toiminnalle ja rahoituksella toteutettavista palveluista.

Osana Fintrafficin palveluiden tarjontaa ja operointia ovat maanteiden tietotekniset järjestelmät (digitaalinen infrastruktuuri), kuten tiealueen tiesääsemaverkko ja Digitrtraffic-palvelu avoimen datan liikennetiedoista. Digitrtraffic toimii Suomessa samalla liikenteen turvatietojen (SRTI) ja reaaliaikatietojen (RTTI) kansallisena yhteyspisteenä (National Access Point, NAP).

Lisäksi Fintraffic tarjoaa Digitransit-palvelukokonaisuutta, joka tarjoaa avoimet rajapinnat multimodaaliseen reititykseen, reaaliaikaista matkustajatietoa, Suomen osoitetietokannan sekä kartta-aineistoja. Digitransit on useiden reittioppaiden taustajärjestelmä. Fintraffic ylläpitää lisäksi Traficom toimeksiannosta Suomen liikkumispalveluiden tietojen avointa kansallista yhteyspistettä eli liikkumispalvelukatalogia eli FINAP-palvelua, joka on samalla EU-regulaatiossa tarkoitettu multimodaalitietojen (MMTIS) kansallinen jakelupiste. Traficom valvoo tietojen toimitamista ja rajapintojen tietosisältöä.

Pohjois-Pohjanmaan Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (POP ELY)

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksista (ELY) säädetään laissa 897/2009. ELY:t edistävät alueellista kehittämistä hoitamalla valtionhallinnon toimeenpano- ja kehittämistehtäviä alueilla, jonka osana on liikennejärjestelmän toimivuus. ELY-keskukset toimivat Väyläviraston ohjaamina. Väylävirasto huolehtii valtakunnallisen palvelutason toteutumisesta. ELY-keskus tilaa kaikki kunnossapito- ja rakentamistyöt kilpailutetuilta urakoitsijoilta. (ELY-keskus 2022) Tienpidon tehtävien ja rahoitusten suuntaamista eri alueille ohjaa Väylävirasto.

Oulun kaupunki

Kuntien toimintaa ohjaa kuntalainsäädäntö ja hallinnonaloja koskevat lait sekä perustuslaissa säädetyt itsehallinnon ja kuntajaon perusteet. Kunnan hallinto ja taloudenhoito järjestetään paikallisten olosuhteiden mukaisesti ja velvoitteisiin kuuluu mm. kuntastrategian laatiminen. Liikenteen automaation näkökulmasta kunta mm. vastaa kadunpidosta maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaisesti, joka mahdollistaa sekä fyysiseen että digitaaliseen infrastruktuuriin tehtävien muutosten suunnittelun ja toteutuksen kunnan katualueella (Valtiovarainministeriö 2023, Kuntalaki 410/2015). Kunta vastaa digitaalisen staattisen ja dynaamisen tiedon tuottamisesta katuverkollaan lainsäädännön mukaisesti (lisätietoa luvussa *Käyttötapauksia tukevat politiikat ja muut toimenpiteet*). Kaupunki vastaa oman katuverkkonsa pysäköintipolitiikasta ja voi varata kaistoja, kadunvarsipaikkoja tai osia katuverkostaan vain korkean tason automaattitason ajoneuvojen käyttöön.

Oulun kaupunkiseudun joukkoliikenteen toimivaltainen lupaviranomainen (Oulun seudun liikenne)

Oulun seudun liikenteen automaation tehtäviä ohjaavat erityisesti kansallisen liikennepalvelulain 2017/320, palvelusopimusasetus (EY) N:o 1370/2007, komission delegoitu asetus EU 2017/1926 multimodaalisten matkatietopalveluiden tarjoamisesta (MMTIS) ja valtioneuvoston asetus liikkumispalveluita koskevista olennaisista tiedoista 2017/643. Liikenteen automaation ja teknologisen kehityksen näkökulmasta Oulun seudun liikenne vastaa merkittävissä määrin joukkoliikennettä koskevan staattisen ja dynaamisen tiedon tuottamisesta ja välittämisestä osaksi kansallista liityntäpistettä (NAP), jota ylläpitää Fintraffic. Liikenteen digitalisaatiota ja kestävien matkakettajujen syntymistä tukee MMTIS-asetuksen ja MDMS-aloitteen mukaisen tiedon tuottaminen (myös European Mobility Data Space EMDS:n kehityksen seuraaminen) ja toimittaminen kansalliseen tietokantaa, joka mahdollistaa multimodaalisten matkakettajujen toteutumisen.

Joukkoliikenneviranomaisella on myös rooli valvoa seudulla automaation ja teknologisen kehityksen sosiaalisia vaikutuksia tekemällä yhteistyötä eri sidosryhmien kanssa. Joukkoliikenneviranomaisen tulee seurata automaation ja liikenteen teknologioiden kehitystä sekä markkinoiden valmiutta omaksua uutta teknologiaa kalustoon tai tarjottuihin palveluihin liittyen, mikä kannustaa liikenteenharjoittajia ja markkinoita kilpailuun sekä toteuttamaan aiempaa kestävämpää liikennettä. Sidosryhmäyhteistyö tulee ulottaa myös muihin viranomaisiin koti- ja ulkomailta parhaimpien oppien jalkauttamiseksi Oulun seudulla.

Oulun seudun liikenne voi soveltaa myös suosituksia, joita Ruotsissa on tunnustettu liittyen joukkoliikenteen, erityisesti linja-autojen, automaatioon edistämiseen liittyen (Oldbury & Isaksson, 2021):

- Joukkoliikenteen kilpailutuksiin lisätään kohta, joka velvoittaa liikenteenharjoittajat osallistumaan joukkoliikenneviranomaisen määrittämiin pilotteihin/uusien palveluiden toteuttamiseen. Sopimusten kirjauksilla voidaan varautua toimintaympäristön muutoksiin ja tulevaisuuden tarpeisiin. Joukkoliikenneviranomainen rahoittaa toimintaa.
 - Pilotoinnin sisällyttäminen mahdollistaa myös liikenteenharjoittajille mahdollisuuden kehittää liiketoimintaansa kokeilemalla automaatiota.
- Ekosysteemitöiminnan vahvistaminen: innovaattoreiden ja vakiintuneiden liikenteenharjoittajien saattaminen yhteen. Vaatii markkinoiden kehittymisen seurantaa aktiivisesti. Liikenteenharjoittajille voidaan kirjata osuus koordinoinnista ja mahdollisuus hyödyntää innovatiivisia alihankkijoita osana hankittua palvelua.
- Liikenteenharjoittajien analytiikan hyödyntäminen ja osallistaminen palveluiden suunnitteluun/tehostamiseen. Liikenteenharjoittajilla on keskeinen rooli kehittämistoiminnassa ja uusien ideoiden synnyttämisessä. Muutos liikenteenharjoittajasta strategiseksi smart mobility -kumppaniksi.
- Innovatiiviset hankintatavat, uudet roolit ja vastuut.
- Osana uusien teknologioiden käyttöä ja tiedon tuotantoa tulee huolehtia tietoturvasta, tiedon eheydestä ja tiedon oikeellisuudesta.

Joukkoliikenteen liikenteenharjoittajat ja taksit

Liikenteenharjoittajien rooli riippuu vahvasti heidän kyvystään ottaa uutta teknologiaa käyttöön sekä teknologisen kehityksen painopisteistä. Sekä joukkoliikenteen liikenteenharjoittajien että taksiryttäjien/-liikenteenharjoittajien tulee varautua ja valmistautua automaation aiheuttamiin muutoksiin. Mahdolliset nopeat muutokset tulevaisuu-

nessa automaatioteknologiassa voivat vaatia nopeaa kaluston uudistamista. Automaatio voi myös muuttaa liikenteenharjoittajille asetettuja vaatimuksia. Mikäli esimerkiksi robottitaksit yleistyvät nopeasti, perinteisten taksien liiketoimintamalli muuttuu entistä enemmän palveluliiketoiminnaksi. Perinteisellä ihmisen kuljettamalla taksikalustolla voidaan toteuttaa paremmin palveluita, joihin liittyy matkustajan avustamista esimerkiksi ovelta ovelle.

Sekä joukkoliikenteenharjoittajien että taksitoimijoiden tulee varautua yhteistyömallien ja integrointien yleistymiseen osana liikenteen palvelullistumista ja teknologian kehitystä. Joukkoliikenteen liikenteenharjoittajille voi tulla ensimmäisten käyttökohteiden myötä aiempaa enemmän vaatimuksia teknologisille valmiuksille. Liikenteenharjoittajien tulee kalustoa uusiessa varautua esimerkiksi ITxPT:n kaltaisiin teknologisiin vaatimuksiin, mikä edellyttää ajoneuvo- ja automaatiomarkkinoiden aktiivista seuraamista ja kykyä omaksua uutta teknologiaa osaksi liiketoimintaa. Liikenteenharjoittajan saavuttama taloudellinen hyöty tulee kuitenkin olla tunnistettavissa, jossa uudet teknologiat otetaan käyttöön. Hyötyjen osoittamisessa pilottien merkitys on suuri.

Liikenteenharjoittajat voivat tuottaa joukkoliikenteen toimivaltaiselle viranomaiselle tietoa liikennejärjestelmästä, jota voidaan hyödyntää liikennejärjestelmäsuunnittelussa monipuolisesti. Ruotsissa tehtyjen suositusten valossa, joukkoliikenteen liikenteenharjoittajat voivat ottaa aktiivisen roolin automaatiokehityksessä:

- Vastuu innovoinnista joukkoliikenteessä on haaste ja joukkoliikenneviranomaisen odottaa liikenteenharjoittajalta aktiivisuutta. Tavoitetilanteessa toimivaltaisen viranomaisen ja liikenteenharjoittajan yhteistyö toimii siten, että viranomaisen määrittää mitä halutaan saavuttaa ja liikenteenharjoittaja kuvaa, miten se saavutetaan.
- Liikenteenharjoittajat osallistuvat staattisten ja dynaamisten tietoaineistojen ylläpitoon sovitusti, esimerkiksi ylläpitämään tietoa Digitransit- ja Digiroad-palveluissa, mikäli niin sovitaan. Ne voivat monitoroida tiedon oikeellisuutta ja raportoida mahdollisista poikkeamista. Liikenteenharjoittajat voivat myös tuottaa monipuolisesti tietoa liikennejärjestelmästä.
- Osana uusien teknologioiden käyttöä ja tiedon tuotantoa tulee huolehtia tietoturvasta, tiedon eheydestä ja tiedon oikeellisuudesta.

Raskaan liikenteen operaattorit

Raskaiden ajoneuvojen operoijat, eli kuljetusyritykset, toimivat koko Suomen tieverkolla, joskin jotkin pienet kuljetusyritykset toimivat vain alueellisella tasolla. Tämän työn edeltävissä luvuissa esitetyn mukaisesti, raskaan liikenteen automaatio etenee vaiheittain, esim. letka-ajon muodossa. Kuljetusyritykset tekevät päätökset ajoneuvohankinnoista liiketaloudellisin perustein; hankintojen tulokset vaikuttavat raskaan liikenteen automaation yleistymiseen Suomen maanteillä, eli myös alueellisesti Oulun seudulla.

Terminaalioperaattorit

Terminaalioperaattorit, kuten esim. satamat ja teollisuuslaitokset sekä logistiikkakeskukset, vastaavat automaattisten toimintojen soveltamisesta omissa terminaali-toiminnoissaan. Terminaalioperaattorit toimivat suljetulla ja rajatulla alueella, jossa ne itse määrittelevät automaation säännöt ja käyttöpuitteet.

Teknologiayritykset, laitevalmistajat ja palveluntarjoajat

Teknologiayritykset, laitevalmistajat ja palveluntarjoajat sisältävät yrityksiä, jotka tarjoavat esim. komponentteihin, viestintäverkkoihin, pysäköintiin ja sähköauton lataukseen liittyviä laitteita ja palveluita. Näillä yrityksillä on merkittävin rooli liikenteen automaation ja uusien palveluiden toteuttajina. Esim. tässä työssä mainitut Oulun seudulla toimivat yritykset, jotka tuottavat liikenteen automaation kehitystä hyödyntäviä teknologioita ja palveluita. Alueellisesti tehty suunnittelu ja tuotanto voi mahdollistaa myös paikallisiin olosuhteisiin räätälöityjä ratkaisuja, esim. talviolosuhteisiin. Yhtenä esimerkkinä tässä työssä luvussa *Automaation mahdolliset käyttötapaukset ja niiden vaatimukset* esitellyt jakelurobotit, jotka kuljettavat kaupunkialueella elintarvike- ja tavaratoimituksia. Tärkeitä palveluntarjoajia ovat automaattiajojärjestelmien käyttämien digitaalisten HD-karttojen toimittajat, ajoneuvo- ja komponenttivalmistajat sekä matkaviestinverkko-operaattorit.

Automaattiajoneuvojen kalusto-operaattorit ja etävalvontakeskukset

Automaattiajoneuvojen kalusto-operaattorit ja etävalvontakeskukset varmistavat, että automaattiajojärjestelmät toimivat turvallisesti ja tarvittaessa puuttuvat yksittäisten ajoneuvojen liikenteessä kohtaamiin ongelmiin. Niiden vastuulla on myös varmistaa automaattiajojärjestelmien riittävän hyvä tilannekuva esimerkiksi liikenteen olosuhteista. Etävalvontakeskuksen suurin rooli on varmistaa ajoneuvon toiminnan jatkaminen turvallisesti tilanteissa, joissa ajoneuvo on päätenyt suunnittelun toimintaympäristönsä ulkopuolelle tai ei pysty jostakin muusta syystä jatkamaan ajamista.

Tietyö- ja kunnossapitourakoitsijat

Tietyö- ja kunnossapitourakoitsijat vastaavat tietyöalueen toimintaympäristön oikeanlaisesta merkitsemisestä, joka vaikuttaa suoraan automaattiajojärjestelmän suunnitellun toimintaympäristön kyvykkyyteen toimia tietyöalueella. Urakoitsija tuottaa digitaalisen kuvauksen tietyöalueelle tehtävästä työstä ja opastuksesta. Puutteelliset merkinnät tai opastus sekä niistä tiedottaminen tietyöalueella voi estää automaattiajojärjestelmän toiminnan. Esim. urakoitsijan tekemiä toimenpiteitä automaattiajojärjestelmän toimintaympäristön parantamiseksi ovat lumen auraus, liukauden ja tienpientareen kasvillisuuden poistaminen ja liikennemerkkien hoito.

Poliisi- ja pelastuspalvelut

Sisäministeriö johtaa, ohjaa ja valvoo pelastustoimea, huolehtii pelastustoimen valtakunnallisista valmisteluista ja järjestelyistä sekä yhteensovittaa eri ministeriöiden ja toimialojen toimintaa pelastustoimessa ja sen kehittämisessä. Aluehallintovirasto valvoo pelastustoimea sekä pelastustoimen palvelujen saatavuutta ja tasoa toimialueellaan sekä tukee sisäministeriötä sen pelastustoimea koskevissa tehtävissä. Hyvinvointialue vastaa pelastustoimen järjestämisestä alueellaan. Pelastustoimen palvelut on suunniteltava ja toteutettava siten, että ne voidaan hoitaa mahdollisimman tehokkaalla ja tarkoituksenmukaisella tavalla ja että onnettomuus- ja vaaratilanteissa tarvittavat toimenpiteet voidaan suorittaa viivytyksettä ja tehokkaasti. Automaattiliikenteen kannalta tärkeintä pelastuspalvelua on pelastustoiminta, joka on uhkaavan onnettomuuden torjumista, tapahtuneen onnettomuuden aiheuttamien vahinkojen ja vammojen minimointia sekä ensiapua vammoista paranemiseksi. (Pelastustoimi 2022)

Hätäkeskusten tietojärjestelmien kautta Fintrafficin liikennekeskukset ovat tietoisia tieverkolla tapahtuvista onnettomuuksista ja muista häiriöistä. Samalla tavalla tietojärjestelmää tulisi avata automaattiajoneuvokalustojen operaattoreille. Onnettomuus- ja häiriöpaikoilla liikennettä ohjaavien pelastustoimen ja poliisin edustajat vastaavat siitä, että tienkäyttäjät mukaan lukien automaattiajojärjestelmät tunnistavat tilanteen oikein ja pystyvät noudattamaan ohjausta tarkoitettulla tavalla. Poliisi vastaa liikenteen valvonnasta. Automaattiliikenteen kohdalla valvonta kohdistuu esim. geotietojen noudattamiseen, automatiikan väärinkäyttöä ODD-alueiden ulkopuolella ja minimiriski-toimenpiteiden turvallisuuteen.

Poliisi- ja pelastuspalveluille voidaan myöntää tiettyjä etuuksia esim. liikennevaloissa, joita Suomessa toteutettu HALI-järjestelmällä. Lisäksi tulevaisuudessa vuorovaikutteisten älykkäiden liikennejärjestelmien (C-ITS) palvelut voivat vaatia kansalliselta viranomaiselta luvan tarjota erityisten hälytysajoneuvoviestien lähettämiseen tieliikenteessä.

Maanmittauslaitos

Maanmittauslaitoksen toiminnasta säädetään laissa maanmittauslaitoksesta (1025/2018). Maanmittauslaitoksen tehtäviin kuuluvat paikkatiedon tutkimus ja soveltaminen, ml. "huolehtia paikantamisen perustasta ja peruspaikkatietojen tuottamisesta sekä tuottaa asiantuntijapalveluita yhteiskunnan käyttöön." Tehtäviin liittyy myös kansainvälinen yhteistyö.

Navigointi ja paikannus ovat oleellinen osa älykkäitä liikennejärjestelmiä, joiden osalta myös Maanmittauslaitos tekee tutkimustoimintaa. Kärkihankkeisiin kuuluvat ensisijaisesti tie- ja meriliikenteen sekä jalankulkijat, joihin liittyviä paikkatiedon keräämisen tekniikoita kehitetään. Keskeisiä paikannuksen teemoja ovat liikenteen näkökulmasta mm. joukkoistaminen, dronet, autonomiset järjestelmät ja tien kunnon mittaus. Maanmittauslaitos on mukana useissa navigoinnin ja paikannuksen tutkimushankkeissa, jotka tutkivat niin 5G avusteista paikannusta, GNSS-

taajuuksien häirintää ja kyberuhkia, autonomisten alusten tilannetietoisuutta, älykästä ja vihreää tienkäyttöä ja kunnossapitoa sekä paikannustarkkuutta kriittiselle infrastruktuurille. (Maanmittauslaitos 2023a, Maanmittauslaitos 2023b) Maanmittauslaitos ylläpitää Suomessa myös Finnref-verkon GNSS-asemia, joka tarjoaa paikannuksen korjaustietoa. Tarkemmalla korjaustiedolla voidaan parantaa kriittisiä liikenteen automaation palveluja, jotka voivat tarvita toimintaansa jopa muutamien kymmenien senttimetrin paikannustarkkuutta.

Tietoliikenneoperaattorit

Matkapuhelinverkkojen operaattorit ja muut tietoliikenneverkko-operaattorit vastaavat tietoliikenneinfrastruktuurin ja -verkkopalveluiden tuottamisesta toimilupaehtojensa mukaisesti. Verkko-operaattoritoiminta tulee Suomessa viestintämarkkinalain mukaan erottaa palveluoperaattoritoiminnasta. Palveluoperaattorit ovat puolestaan yhtiöitä, jotka vuokraavat televerkkopalveluita verkko-operaattorilta tai virtuaalioperaattorilta ja myyvät niitä edelleen loppukäyttäjälle. Palveluoperaattori tarvitsee erillisen toimiluvan.

Loppukäyttäjä

Loppukäyttäjän rooli on liikenteen automaation edistymisessä keskeinen, sillä loppukäyttäjä lopulta vaikuttaa siihen, miten ja mitä liikenteen automaation palveluja otetaan käyttöön Suomessa. Loppukäyttäjät voivat olla ajoneuvon kuljettajia, jotka hankkivat käyttöönsä ajoneuvon, jossa on automaattiajojärjestelmän eri ominaisuuksia. Kuljettaja voi hankkia ajoneuvon joko omistukseen tai esim. vuokrata määräajaksi. Kuljettaja tekee itsenäisen päätöksen kytkeä automaattiajojärjestelmän toimintaan tai pois päältä. Loppukäyttäjät myös käyttävät automaattisen ajamisen liikennepalveluja kuten robottitakseja, raskaita ajoneuvoja, robottibusseja tai droneja.



Kuva 6. Toimijoiden rooli lähtötietojen tuottamisessa sekä turvallisen & toimivan ympäristön luomisessa liikenteen automatisoituessa.

Automaation tiekartta 2024–35

Johdanto

Tässä luvussa on esitetty tiekartta, jota toteuttamalla Oulun seudun toimijat voivat edistää hyödyllisimpien automaation sovellusten käyttöönottoa sekä ohjata automatisoitumista yhteiskunnan kannalta hyödylliseen suuntaan. Liikenteen automatisoituminen etenee tällä hetkellä ja todennäköisesti tulevaisuudessakin markkinavetoisesti ajoneuvonvalmistajien, teknologiayritysten ja automaatiota hyödyntävien yritysten toimenpitein, EU-tason sekä kansallisen lainsäädännön asettamissa raameissa. Tien- ja kadunpitäjä ja -operaattori voi toiminnallaan vaikuttaa automaattiajoneuvojen toimintaympäristöjen jatkuvuuteen ja siten parantaa edellytyksiä. Seudullisten viranomaisten itsenäiset toimintamahdollisuudet ovat kuitenkin melko rajalliset, koska monien toimenpiteiden toteutusta on järkevää harmonisoida kansallisesti ja näin ollen ne edellyttävät kansallista ohjeistusta ja linjauksia.

Tämä tiekartta keskittyy toimenpiteisiin, joilla julkiset toimijat voivat vaikuttaa automaation hyödyntämiseen liikennejärjestelmässä. Tiekartta sisältää työn aikana tunnistettuja toimenpidetarpeita sekä seudullisille toimijoille (erityisesti Oulun kaupunki, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus) että kansallisille toimijoille (Fintraffic Tie Oy, Väylävirasto, Traficom, LVM). Kansallisille toimijoille esitetyt toimenpidetarpeet ovat Oulun seudun esityksiä, jotka kyseisten toimijoiden tulee erikseen käsitellä, hyväksyä ja viedä soveltuvin osin osaksi omia toimenpideohjelmiaan.

Tiekartta on jäsennelty toimenpiteiden luonteen mukaisesti seuraaviin kategorioihin

- **Digitaalinen infra**
- **Fyysinen infra**
- **Operatiivinen infra**
- **Säätely ja seudullinen liikennepolitiikka**
- **T&K ja Pilotointi**

Digitaalinen infra sisältää sekä tietovarantojen kehittämisen että muuta automaation digitaalista tukea. Fyysinen infra kattaa sekä tie- ja katuverkon fyysiset ominaisuudet että liikenteen ohjauksen kiinteät rakenteet sekä hoidon. Operatiivinen infra sisältää liikenteen hallinnan palvelut automaattisille ajoneuvoille ja niiden tarpeisiin. Säätely ja seudullinen liikennepolitiikka pitävät sisällään keinoja, joilla valtakunnalliset/seudun toimijat voivat erityisesti ohjata automaation käyttöönottoa suuntaan, jossa positiiviset vaikutukset korostuvat ja erilaiset negatiiviset ulkoisvaikutukset tai riskit hallitaan. T&K:ssa ja pilotoinnissa on keskitytty sellaisiin tutkimusaiheisiin, joihin Oulun seudun toimijoilla (tutkimuslaitokset, yritykset) on erityistä osaamista ja/tai jotka pyrkivät ratkaisemaan erityisesti Oulun seudun erityistarpeisiin (kuten pohjoiset olosuhteet).

Toimenpiteiden yhteydessä on esitetty, minkä kulkumuodon automatisoitumisen tarpeisiin se erityisesti vastaa. Lisäksi toimenpiteet on priorisoitu Väyläviraston liikenteen automaation toteutussuunnitelman mallin mukaisesti kolmeen kategoriaan seuraavasti:

- **I Välttämättömät;** toimenpiteet, jotka on toteutettu EU:n tai kansallisen lainsäädännön velvoitteina, tai jotka liittyvät esimerkiksi kansallisen strategian tai toimenpideohjelman toimeenpanoon
- **II Tarpeelliset;** toimenpiteet, jotka hyödyttävät tavallisten ajoneuvojen kuljettajia tai muita liikkuja, sekä parantavat automaattisten sovellusten edellytyksiä (eng. "no regret").
- **III Mahdolliset;** toimenpiteet, joiden tarve voi realisoitua automaation käyttöönoton edetessä ja teknologian kehittyessä, edellyttävät aktiivista seuranta ja toteutusvalmiuden nostamista ja ylläpitoa.

Toimenpiteiden kustannustasoa on arvioitu karkeasti asiantuntijatyönä kolmessa kategoriassa

- Matala; kustannusarvio alle 1 M€
- Keskitaso; kustannusarvio 1–5 M€
- Korkea; kustannusarvio yli 5 M€

Digitaalinen infrastruktuuri

Digitaalisen infrastruktuurin avulla automaattiajojärjestelmää voidaan tukea digitaalisella tiedolla, joka voi sisältää mm. tietoa liikenteen olosuhteista ja häiriöistä, mallinnuksen ympäröivästä fyysisestä infrastruktuurista ja tietoliikenneyhteyksiä. Toimenpiteet tukevat tieliikenteen automaation lisäksi myös monissa tapauksissa jo nykyisiä liikennettä, kuten henkilöauto- ja joukkoliikennettä sekä ilmailua ja muita kuluttajapalveluja, esim. tiedonsiirtoyhteyksissä. Digitaalisen infrastruktuurin toimenpiteet liittyvät kattavasti tieliikenteeseen, eli henkilöautoihin, robottitakseihin, runko- ja pikkubussiliikenteeseen, kuorma-autoihin, letka-ajoon sekä tietyö- ja kunnossapitokalustoon. Jakelurobotit ja dronet voivat hyötyä teräväpiirtokartoista, staattisista tietolajeista ja tietoliikenneyhteyksien parantumisesta. Terminaalien automaation osalta toimenpiteet ovat rajallisia, liittyen tiedonsiirtoyhteyksiin, karttoihin, laitteistoihin ja komponentteihin terminaali-alueella.

Taulukossa 13 on esitetty tässä työssä ja lähteiden (esim. Väylävirasto 2023) perusteella muodostettuja digitaalisen infrastruktuurin toimenpiteitä. Prioriteetti- ja luokaltaan välttämättömiksi arvioidut, ensimmäisen vaiheen toimenpiteet sisältävät kansalliseen lainsäädäntöön perustuvien tietojen tuotannon tieverkon staattisten ominaisuuksista, joukkoliikenteen avoimen standardin mukaisuutta edistävät toimet, EU-asetuksen mukaisia multimodaalisia matkatietopalveluja koskevien tietojen tuotannon ja ilmatilan staattisten tietojen tuotannon. Nämä toimenpiteet käsittävät laajan joukon eri toimijoiden tuottamia tietoja ja tietovarantoja, joissa on olennaista parantaa koko tiedonhallinnan prosessia sekä tietojen siirtoa myös metatietojen tasolla eri järjestelmien välillä.

Prioriteetti- ja luokaltaan *tarpeelliseksi* arvioituja toimenpiteitä ovat päätieverkon elektroninen horisontti ja tiedonsiirtoyhteydet, jotka parantavat jo nykyisten tieliikenteen käyttäjien palvelutasoa. Tietoliikenteen tärkeiden alueiden (hotspot) sijainnit tie- ja katuverkolla selkeyttävät tieliikenteen informaation vaihdon kriittisiä solmupisteitä. Liikennevalojen C-ITS-palvelut taas hyödyttävät automaattiajojärjestelmien lisäksi jo laajaa joukkoa nykyisiä tienkäyttäjiä. Lisäksi prioriteettien II ja III välillä ovat Multimodal Digital Mobility Services -sääntelyn (MDMS) mukaiset tiedot (niin sanottu Mobility as a Service, "MaaS-asetus"), joiden tarkoitus on parantaa rajat ylittäviä matkaketjuja, ja ilmatilan dynaamiset tiedot taas edelleen parantavat turvallisuutta. Lisäksi European Mobility Data Space -sääntely (EMDS) voi myöhemmin muuttaa tiedonkeruun tapoja ja vaatimuksia.

Prioriteetti- ja luokaltaan *mahdolliseksi* arvioituja toimenpiteitä ovat aineiston tuottaminen teräväpiirtokarttoihin (High-definition map, HD) sekä automaattiliikenteen vaatimat laitteistot ja komponentit sekä niiden sijainti. Nämä toimet vaativat lisätietoa kansainvälisiltä markkinatoimijoilta mm. teknologian ja palveluiden kehitymisestä.

Taulukko 13. Toimenpiteet liittyen digitaalisen infrastruktuurin kehittämiseen.

| # | Toimenpide | Kuvaus | Peruste | Kattavuus | Päävastuu | Kustannustaso | Prioriteetti |
|-----|--|--|---|----------------|---|---------------|--------------|
| 1.1 | Tieverkon staattisten tietojen (ml. rajoitukset) ylläpito Digiroadissa | Ylläpidetään korkealla laatusolla tie- ja katuverkkojen perustietoja koko Oulun seudulla | Digiroad-laki Tieliikennelaki RTTI-asetus Kaupalliset toimijat käyttävät tietoja mm. HD-karttojen tuotannossa ja ylläpidossa sekä jo nykyisissä ajoneuvoissa sovelluksen kuten ISA | Koko tieverkko | Kunnat, Väylävirasto, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus | Keskitaso | I |

| # | Toimenpide | Kuvaus | Peruste | Kattavuus | Päävastuu | Kustannustaso | Prioriteetti |
|-----|---|---|--|---------------------|---|--|--------------|
| 1.2 | ITxPT vaatimus joukkoliikenteen kalustohankinnoissa | Avoin standardi, jonka avulla joukkoliikenteen ajoneuvoissa eri järjestelmät voidaan integroida aiempaa helpommin kommunikoimaan keskenään. ITxPT-vaatimus on ajankohtainen muista syistä kuin automaation näkökulmasta, kun kalustoa uusitaan. | Tiedonkeruun lisääminen, matkatiedon jakaminen, järjestelmäintegraatioiden helpottaminen. | Koko seutu | Oulun seudun liikenne, liikenteenharjoittajat | Matala (vaatimusavoimesta standardista kaluston päivityksen yhteydessä)/Korkea (uuden kaluston hankinta) | I |
| 1.3 | MMTIS-asetuksen mukaisten tietojen tuottaminen | Multimodaalisten matkatietopalvelujen toteutumisen varmistaminen ja käytön lisääminen. Asetuksen päivitys laajentaa MMTIS-asetuksen tietolajeina mm. esteettömyystietoihin, pysäköintipaikkoihin, pyörien kuljetuskapasiteettiin ja pysäköinnin hintatietoon, liityntäpysäköinnin sekä pysäköintipaikkojen osalta. Lisäksi tulee pitkämatkaisen liikenteen myöhästymisiä ja peruutuksia tulee seurata. Aiemmin listatut dynaamiset tiedot muuttuvat jakeluvelvoitteen piiriin, olennaisimpana häiriötietojen välittäminen, jos tieto on digitaalisessa ja koneluettavassa muodossa. Ajoneuvon käyttöasteiden tietojen ilmoittaminen jäsenvaltioiden itse päätettävissä. | Sääntely edellyttää digitaalisen tiedon jakamista, mutta ei sen tuottamista. Kytkeytyy toimenpiteeseen 1.2 esim. pysäkkitiedon osalta. Päivitetyn asetuksen hyväksyntä tapahtuu EU-tasolla todennäköisesti syksyllä ja kansallinen toimeenpano 2023–2028, riippuen tietotyypistä, laajuudesta ja rajauksista TEN-T verkkoon. Uutta tietoa ei tarvitse tuottaa, mutta kerätty tieto tulee avata ja jakaa. | TEN-T verkko (Oulu) | Oulun seudun liikenne, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, kunnat, liikenteenharjoittajat, pysäköintilaitokset | Matala | I |
| 1.4 | Ilmatilan staattiset tiedot | Kattavat tiedot kaupunki-ilmailun käyttöön esimerkiksi lentoesteistä ja tulevista maankäytön muutoksista, Tieto mahdollista (vara)laskeutumispaikeista | Kaupunki-ilmailun turvallisuuden varmistaminen. | Koko seutu | Traficom ja kunnat, Fintraffic Lennonvarmistus | Keskitaso | I |
| 1.5 | Päätieverkon elektroninen horisontti | Tarkat ja kattavat eri lähteistä koottavat tosiaikaiset tilannetiedot mm. keliolosuhteista ja häiriöistä ajoneuvon elektronisen horisontin muodostamiseksi. Tieliikenteen ajoneuvoille C-ITS-palvelujen tietolajit voivat | Automaattiajoneuvon ODD-tietoisuuden ylläpito. Edellyttää tiedon saantia sekä kiinteiltä että ajoneuvojen antureilta (C-ITS V2V-palvelut) | Päätieverkko | Väylävirasto, Fintraffic Tie | Korkea | II |

| # | Toimenpide | Kuvaus | Peruste | Kattavuus | Päävastuu | Kustannustaso | Prioriteetti |
|------|---|---|--|---------------------------------|--|---|---|
| | | olla esim. liikennevalo- tai tietyövaroituspalvelujen tietolajeja. | | | | | |
| 1.6 | Tiedonsiirtoyhteydet | Päätie- ja katuverkon korkean kapasiteetin tiedonsiirtoyhteydet | Tieliikenteen palveluiden ja automaation tulevat vaatimukset tiedonsiirrolle, mm. matkaviestinverkon kapasiteetin, luotettavuuden ja saavutettavuuden riittävyys (kansalliset vaikutustutkimukset mm. Traficom). Tiedonsiirtoa vaativista palveluista esim. etäohjauksen edellyttämä tiedonsiirtokapasiteetti on tarpeen mm. erittäin huonoissa keliolosuhteissa tasolla SAE4 MRM-tilanteiden välttämiseksi. | Päätie- ja katuverkko | Tietoliikenneoperaattorit viranomaisten toimilupa-vaatimusten mukaisesti. Kaupalliset toimijat vastaavat palveluista kuten etäohjauksesta. Viranomaisen voi asettaa vaatimuksia tiedonsiirtoyhteyksien kapasiteetille. | Matala tai keskitaso | II |
| 1.7 | Tietoliikenteen tärkeiden alueiden (hotspot) sijainnit tie- ja katuverkolla | Tieliikenteen automaation vaatimukset tietoliikenteelle, kuten pieni latenssi. | Nykyisen ja automaattiliikenteen tosiaikaisen ja turvallisuuden liittyvien tietojen vaihto asettaa vaatimuksia tietoliikenteen kapasiteetille ja latenssille. | Päätie- ja katuverkko, ilmatila | Traficom, Väylävirasto, kunnat tai tietoliikenneoperaattori | Korkea (tietoliikenneyhteydet); Matala (hotspotien sijainnit) | II |
| 1.8 | Liikennevalojen C-ITS-palvelut | Tietoa liikennevalojen signaalien tilasta ajoneuvoille, sekä etuudet mm. henkilöautot, hälytysajoneuvot, kuorma-autot, jne. | Edistää liikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta sekä vähentää päästöjä risteysalueilla. Välttämätön esim. letka-ajon toimivuudelle. | Päätie- ja pääkatuverkko | Kunnat, Fintraffic Tie, (Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus) | Keskitaso | II |
| 1.9 | Multimodal Digital Mobility Services -sääntelyn (MDMS) mukaiset tiedot. ("MaaS"). | MDMS- eli matkaketjuloite on valmistelussa komissiossa. EU:n tavoitteena on luoda saumattomia joukkoliikenteen ja rautatiepalveluiden kokonaisuuksia, joissa reitien vertailu ja lippujen ostaminen voi tapahtua digitaalisesti ja Euroopan laajuisesti. Tavoite on lisätä liikennepalveluiden käyttöä ja laatia EU-tason sääntelykehys MaaS-markkinoille ja varmistaa tasapuolisen markkinan toteutuminen. | Asetus on vasta valmistelussa. Asetuksen lopullisia vaatimuksia ja kunnianhimon tasoa ei vielä tunneta. MDMS-sääntely tuli jo julkaista, mutta käsittelyä on jatkettu | Koko seutu | Oulun seudun liikenne, kunnat, Traficom, liikenteenharjoittajat, pysäköintilaitokset | Matala | II tai III sisälöstä ja rajauksista riippuen. |
| 1.10 | Ilmatilan dynaamiset tiedot | Tieto väkijoukoista/vältettävistä alueista. | Kaupunki-ilmailun turvallisuuden varmistaminen. | Koko seutu | Traficom, kunnat, Fintraffic Lennonvarmistus | Keskitaso | III tai II |

| # | Toimenpide | Kuvaus | Peruste | Kattavuus | Päävastuu | Kustannustaso | Prioriteetti |
|------|---|--|---|--------------------------|--|---------------|--------------|
| 1.11 | Aineiston tuottaminen teräväpiirtokarttoihin (High-definition map, HD) | Toteutetaan rajapinnat tienpitäjien olemassa olevaan ajantasaiseen digitaaliseen kuvaukseen fyysisestä tie- ja katuverkosta sekä sen liikenteestä. Rajapintojen avulla mahdollisuus hyödyntää tiedot tarkkatasoisissa kartoissa (HD-kartta), joita voidaan päivittää ajoneuvojen anturitiedoilla (tutkat, laserit, kamerat, jne. | HD-karttoihin liittyvät tie- ja katuverkon digitaaliset mallit ja kaksoset sekä niiden tietoa-aineistot ja prosessit, jotka tukevat auto-maattista liikennettä. | Päätie- ja pääkatuverkko | Väylävirasto, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus ja kunnat (HD-karttatoimittajat vastaavat itse karttojen tuottamisesta) | Korkea | III |
| 1.12 | Automaattiliikenteen vaatimat laitteistot ja komponentit sekä niiden sijainti | Komponenttien ja laitteistojen, kuten viestintäverkkojen vaatimien tukiasemien asentaminen esim. siltoihin ja muuhun tieinfrastruktuuriin. Lisäksi muut laitteet, kuten anturit ja kamerat tai paikannusta tukevat laitteet. | Automaattiajamisen tukeminen ja turvallisuuden parantaminen laitteilla ja komponenteilla. | Päätie- ja katuverkko | Fintraffic Tie, Väylävirasto ja kunnat (niiltä osin kuin katsotaan yhteiskuntataloudellisiksi ja liikennejärjestelmän kannalta tarpeellisiksi) | Korkea | III |

Fyysinen infrastruktuuri

Fyysinen infrastruktuuri kattaa liikenteen fyysisen ympäristön, joka sisältää mm. laitteet, merkit, päällysteet ja pysähdysalueet tie- ja katuverkolla. Taulukossa 14 on esitetty tässä työssä muodostettuja ja Väylävirasto julkaisuun 11/2023 sisältämiä toimenpiteitä. Fyysisen infran toimenpiteet ovat yleensä alhaisella prioriteeteilla niiden korkeiden kustannusten vuoksi lukuun ottamatta vastaavilla kaupunkiseuduilla edullisesti toteutettavia kaupunki-ilmailun varalaskutusalueita. Tarpeellisten toimenpiteiden luokkaan sijoittuvat toimenpiteet kuten talvihoidon tason muutokset, tietöiden järjestelyt ja tiemerkintöjen laatu ja johdonmukaisuus ovat hinnaltaan keskitasoa tai korkeita, mutta näistä on hyötyä sekä automaattiautoille että muille tienkäyttäjille. Mahdollisten toimenpiteiden luokassa on pääosin kustannuksiltaan kalliita infrastruktuurin kehystoimenpiteitä, joiden tarvetta tulee seurata ja varmistaa tavoiteltava taso automaattiajoneuvojen tekniikan kehittyessä.

Fyysisen infrastruktuurin toimenpiteet liittyvät erityisesti tieliikenteen automaatioon, niin henkilöautoihin, robottitakseihin, runko- ja pikkubusseihin kuin kuorma-autoihin, tietyö- ja kunnossapitokalustoon. Jakelurobotit voivat hyötyä osasta toimenpiteistä, kuten passiivinen infrastruktuuri, tietyöalueet ja talvihoidon tason muutokset. Dronet voivat hyötyä erityisesti passiivisesta infrastruktuurista parantuneiden tietoliikenneyhteyksien kautta. Terminaalien automaation hyödyt painottuvat suljetuilla ja rajatuilla alueilla, jolloin myös niitä koskevat toimenpiteet ovat rajatumpia sekä alueellisesta päätettävistä.

Tulevaisuuden haasteena voidaan ennakoida olevan kaupallisen robottitaksiliikenteen vaatimien katutilojen (toimenpide 2.3. liittyen nouto-/jättöalueisiin ja MRM-tiloille) järjestäminen, mikäli robottitaksiliikenne yleistyy ja vakiintuu Oulun seudulla. Robottitaksien sujuvan ja turvallisen liikennöinnin kannalta on tarpeen varata katuverkolta vähintään jokaiseen kortteliin riittävä alue, jossa pysähtyminen on sallittu vain lyhytaikaiseen matkustajien jättöön/noutoon tai MRM-tilanteissa ajoradan sivuun siirtymiseen. Käytännössä tämä tarkoittanee kadunvarsipysäköintipaikkojen muuttamista ko. käyttöön.

Taulukko 14. Toimenpiteet liittyen fyysisen infrastruktuurin kehittämiseen.

| # | Toimenpide | Kuvaus | Peruste | Kattavuus | Päävastuu | Kustannustaso | Prioriteetti |
|-----|--|--|---|---|---|---------------|--------------|
| 2.1 | Kaupunki-ilmailun varalaskutumisalueet | Osoitetaan matalariskisiä alueita dronejen hätälaskutumisista varten. | Kaupunki-ilmailun turvallisuuden parantaminen. | Koko seutu | Kunnat, Traficom, Fintraffic Lennonvarmistus | Matala | I |
| 2.2 | Liikenteen ohjauslaitteiden johdonmukaisuus ja kunto | Varmistetaan tiemerkintöjen ja liikenne-merkkien systemaattinen merkintätapa ja ylläpidon riittävä palvelutaso | Automaattijoneuvot käyttävät fyysisiä liikenteenohjauslaitteita toimintansa tukena. Toimenpide tukee myös kuljettajan tukijärjestelmien toimivuutta. | Päätie- ja katuverkko | Väylävirasto, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, kunnat | Keskitaso | II |
| 2.3 | Tie- ja katuverkon talvihoidon tason muutokset | Ylläpidetään tai kehitetään talvihoidon toimenpiteiden palvelutasoa vastaamaan automaation vaatimuksia | Pölyävä lumi, anturien peittyminen ja tiemerkintöjen peittyminen voivat vaikeuttaa automaatioosovellusten toimintaa | Päätie- ja katuverkko | Väylävirasto, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, kunnat | Korkea | II |
| 2.4 | Tietyöalueet | Tietyöalueen poikkeukselliset kaistajärjestelyt, liikenteenohjaus ja -rajoitukset sekä tietopalvelut. | Tietyöalueet voivat rajoittaa merkittävästi kaikkien liikkujien matkaa. Automaattisen ajoneuvon suunniteltua toimintaympäristöä ne voivat rajoittaa merkittävästi. | Päätie- ja katuverkko | Väylävirasto, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus ja kunnat, Fintraffic Tie | Keskitaso | II |
| 2.5 | Kaupunki-ilmailun huomiointi maankäytössä | Kaavoituksessa huomioidaan kaupunki-ilmailun tarpeet, esim. vertiportit tai droneportit ja niiden vaatimukset. | Kaupunki-ilmailun tarjonta tulee saada lähelle kysyntää, mutta haittavaikutuksia (erityisesti melu) tulee rajoittaa ja estää | Koko seutu (erityisesti Oulun kaupunki) | Kunnat | Keskitaso | II |
| 2.6 | Robottitaksiliikenteen palveluinfrastruktuuri | Riittävät tilat matkustajien nousuun/jättöön sekä MRM-tiloiksi | Uusien palvelujen sujuva toiminta edellyttää riittävää katutilan tarjontaa vilkkaan kysynnän aikana. Mikäli joukkoliikennevälineiden teknologisessa kehityksessä tapahtuu harppauksia, voidaan vastaava infra hyödyntää esimerkiksi kutsuohjatun joukkoliikenteen tarpeisiin. | Kantakaupungin katuverkko, muut alueelliset kohteet | Oulun kaupunki | Korkea | III |

| # | Toimenpide | Kuvaus | Peruste | Kattavuus | Päävastuu | Kustannustaso | Prioriteetti |
|------|---|--|--|---|---|---|--------------|
| 2.7 | Sähköajoneuvojen ja robotitaksiliikenteen latausinfrastruktuuri ja odotuspaikat | Riittävä latausinfrastruktuuri ja odotuspaikat | Parantaa palveluiden sujuvuutta ja saavutettavuutta | Kantakaupungin katuverkko, muut alueelliset kohteet | Palveluntarjoajat (mahdollisesti sopimukset kunnan kanssa) | Keskitaso | III |
| 2.8 | Tien päällysteen hoito ja kunnossapito | Mahdollisesti teiden päällysteen kunto, hoito ja kunnossapito, sekä niihin liittyvät prosessit ja kuntotiedon menetelmät. Toimenpide vaatii lisätietoja ajoneuvovalmistajilta. | Tien päällysteen kunto vaikuttaa automaattisen ajoneuvon toimintaan. Tarvittavan hoidon tason määrittäminen vaatii lisätietoja ajoneuvovalmistajilta. | Päätie- ja katuverkko | Väylävirasto, kunnat, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus | Korkea | III |
| 2.9 | Passiivinen infrastruktuuri | Fyysiset rakenteet viestintäverkkojen rakentamiseen, kuten tietoliikenneyhteyksien vaatimat putkitukset, kaapeliverkot ja laitteet. | Tieliikenteen hyödyntämien nykyisten ja uusien verkkoteknologioiden, kuten 5G-verkkojen rakentamisen tukeminen. | Päätie- ja katuverkko | Väylävirasto, Fintraffic Tie ja kunnat, tietoliikenneoperaattorit | Korkea (rakentaminen); matala (luovuttaminen) | III |
| 2.10 | Piennaralueet ja MRM-tilat maantieverkolla (Minimal risk manoeuvres) | Riittävän tiheästi toistuvat levennykset ja piennaralueet, joihin ajoneuvo tai raskas automaatti-ajoneuvo voi siirtyä joutuessaan ODD:nsa ulkopuolelle | Edellytys sille, että esim. huonoissa keliolosuhteissa automaattiajoneuvoista muulle liikenteelle aiheutuva haitta on mahdollisimman vähäinen | Päätieverkko | Väylävirasto, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus | Korkea | III |
| 2.11 | Reunapaalut ja auraukset | Reunapaalut ja auraukset (engl. landmarks, posts and poles), voivat auttaa automaattisen ajoneuvon antureita tarkassa sijainnin paikannuksessa. Toimenpide vaatii lisätietoja ajoneuvovalmistajilta. | Tarkempi sijainnin paikannus voi hyödyntää automaattista ajoneuvoa tietyissä sijainneissa esim. haastavissa keliolosuhteissa kuten lumen ja jään peittämällä tiellä tai satelliittipaikannuksen häiriöiden aikana. | Päätie- ja katuverkko | Väylävirasto, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, kunnat | Keskitaso | III |

Operatiivinen infrastruktuuri

Operatiivinen infrastruktuuri sisältää liikenteen hallinnan palvelut automaattisille ajoneuvoille ja niiden tarpeisiin. Operatiiviseen infrastruktuuriin liittyvät attributit kattavat objektit ja tapahtumat, jotka esiintyvät kaduilla sekä teillä ja jotka automaattisen ja verkottuneen ajoneuvon tulee tietää ajotehtävästä suoriutuakseen (Khastgir ym. 2022).

Taulukossa 15 on esitetty tiekartan toimenpiteitä pohjautuen TM4CAD-hankkeen raportteihin (Khastgir ym. 2022, Kulmala ym. 2022), Väylävirasto julkaisuun 11/2023 ja tämän työn tuloksiin. TM4CAD-raportin tulokset perustuvat yhdessä ajoneuvovalmistajien ja automaattiajojärjestelmien kehittäjien kanssa arvioituihin automaattisten ajoneuvojen

tarvitsemiin paikallisten olosuhteiden tai ODD:n informaatioon. Ajoneuvovalmistajat eivät priorisoineet esimerkiksi pidemmällä aikavälillä kehitettäviä palveluita, kuten automaattijoneuvon etäohjauksen tukipalveluja.

Operatiivisen infrastruktuurin toimenpiteet liittyvät tieliikenteen automaatioon, niin henkilöautoihin, robottitakseihin, runko- ja pikkubusseihin kuin kuorma-autoihin, tietyö- ja kunnossapitolakustoon. Digitaaliset liikennesäännöt voivat kattaa myös jakelurobotit ja dronet. Toimenpiteet eivät kata terminaalien automaatiota, jota koskevat rajatut paikalliset toimenpiteet. Mahdollinen U-space-ilmatila laajentaa liikenteen sääntelyä ilmaan.

Taulukko 15. Toimenpiteet liittyen operatiivisen infrastruktuurin kehittämiseen.

| # | Toimenpide | Kuvaus | Peruste | Kattavuus | Päävastuu | Kustannustaso | Prioriteetti |
|------|---|--|---|-----------------------|---|---|--------------|
| 3.1 | Digitaaliset liikennesäännöt ja -rajoitukset: velvoittavat liikennemerkit | Liikennesäännöt ja -rajoitukset velvoittavista liikennemerkeistä digitaalisesti ja tosiaikaisesti koneluettavasta rajapinnasta standardissa muodossa kaikille tieliikenteen ajoneuvoille. | Velvoittavat liikennemerkit laajentavat automaattisen ajoneuvon elektronista horisonttia ja siten parantavat sen kyvykkyyttä toteuttaa operatiivista ajosuoritusta sekä ennakoida tulevaa, ja siten parantaa liikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta. | Päätie- ja katuverkko | Väylävirasto, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus ja kunnat, Fintraffic Tie | Keskitaso | I |
| 3.2 | Tieverkon operatiiviseen toimintaan liittyvät tietolajit | Operatiiviset tietolajit tieliikenteen ajoneuvoille, kuten väliaikaiset liikennemerkit (tapahtumat, kiertoreitit), tietyöt, huoltoajoneuvo esim. tienpientareella (lumen auras), onnettomuudet ja häiriöt. | Operatiivinen informaatio laajentaa automaattisen ajoneuvon elektronista horisonttia ja parantaa sen kyvykkyyttä ennakoida tulevaa, ja siten parantaa liikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta. | Päätie- ja katuverkko | Väylävirasto, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus ja kunnat, Fintraffic Tie | Keskitaso | II |
| 3.3 | Ohjeet automaattiajojärjestelmien toiminnalle erityiskohdeissa | Liikennekeskus antaa ohjeet tienkäyttäjille mukaan lukien automaattiajojärjestelmät ja niiden etävalvonta- tai etäopastuskeskukset | Häiriö- ja muissa poikkeustilanteissa liikennekeskuksella tulee olla mahdollisuus vaikuttaa automaattiajoneuvojen toimintaa siten, etteivät ne aiheuta ongelmia sujuvuudelle ja turvallisuudelle | Tieverkko | Fintraffic Tie | Keskitaso | II |
| 3.4. | U-space-ilmatilan perustaminen | U-space-ilmatilassa voidaan harjoittaa miehittämätöntä ilmailua U-space-palvelujen tukemana. | U-space-ilmatila voidaan perustaa, mikäli jokin toimija pyytää sellaisen perustamista Traficomilta. Ilmatilan perusta voi myös olla esimerkiksi kaupunki, mikäli ilmatilaa tarvitaan jollekin käyttötapaukselle. | Koko seutu | (Yksityinen) toimija, Traficom, kunnat | Epävarma. Kustannukset kohdistuvat toimijalle, joka pyytää ilmatilan perustamista | II |

| # | Toimenpide | Kuvaus | Peruste | Kattavuus | Päävastuu | Kustannustaso | Prioriteetti |
|-----|--|--|--|-----------------------|---|---------------|--------------|
| 3.5 | Digitaaliset liikennesäännöt ja -rajoitukset: tieliikennelain mukaiset | Liikennesäännöt ja -rajoitukset tieliikennelain mukaisesti digitaalisesti ja tosiaikaisesti koneluettavasta rajapinnasta standardissa ja yksiselitteisessä muodossa kaikille tielikenteen ajoneuvoille. Vaatii kansainvälistä yhteistyötä. | Nykyiset liikennesäännöt ovat liian epätarkkoja ja tarkoituksellisestikin tulkinnanvaraisia, jotta automaattiajojärjestelmät osaisivat käyttäytyä joka tilanteessa niiden mukaisesti. Digitaaliset liikennesäännöt laajentavat automaattisen ajoneuvon elektronista horisonttia ja siten parantavat sen kyvykkyyttä toteuttaa operatiivista ajosuoritusta sekä ennakoita tulevaa, ja siten parantaa liikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta. | Päätie- ja katuverkko | Traficom, Väylävirasto, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus ja kunnat, Fintraffic Tie | Keskitaso | III |

Sääntely ja seudullinen liikennepolitiikka

Automaation yleistyminen edellyttää lainsäädännöllisiä muutoksia. Lisäksi tarvitaan osaamista uusien teknologioiden kuten kaupunki-ilmailun saralla. Rakennetun ympäristön investointien toteutumisjaksot ovat pitkiä, joten varautumista ja muuntojoustavuutta tarvitaan jo nykyhetkessä. Ajoneuvoliikenteeseen liittyy merkittäviä ulkoisvaikutuksia (ruuhkautuminen, melu, päästöt, turvallisuus). Ulkoisvaikutuksia voidaan hillitä vähäpäästö- tai ympäristövyöhykkeiden avulla ja tienkäyttömaksuilla voidaan lisäksi optimoida tieverkon välityskykyä. Toimenpiteet on listattu taulukkoon 16.

Taulukko 16. Toimenpiteet liittyen lainsäädäntöön ja liikennepolitiikan kehittämiseen.

| # | Toimenpide | Kuvaus | Peruste | Kattavuus | Päävastuu | Kustannustaso | Prioriteetti |
|------|---|---|---|------------|-----------|---------------|--------------|
| 4.1. | Automaattiajojärjestelmän ohjaaman ajoneuvon salliminen tieverkolla | Kansallinen asetus, joka sallii automaattiajojärjestelmällä varustetun kevyen ja raskaan ajoneuvon ajamisen ilman ihmiskuljettajaa tie- ja katuverkolla mahdollisimman vähin rajauksin. LVM:ssä on valmisteilla lakimuutos, jonka myötä tiettyjä ajotehtäviä voidaan siirtää automaation vastuulle. | Nykyiset EU-säädökset sallivat automaattiajojärjestelmän ohjauksen ilman ihmiskuljettajaa vain rajatuilla alueilla ja reiteillä, sekä pysäköintilaitosten yhteydessä. Nykyinen lainsäädäntö ei mahdollista automaattiajojärjestelmien laajaa yleistymistä markkinoilla. | Valtakunta | LVM | n/a | I |

| # | Toimenpide | Kuvaus | Peruste | Kattavuus | Päävastuu | Kustannustaso | Prioriteetti |
|-----|---|---|---|------------------------------|--|-------------------------------|--------------|
| 4.2 | Tehokkaan joukkoliikenteen liikennesuunnitteluratkaisut | Joukkoliikenteen voimakkaampi jäsentely runko- ja syöttölinjoihin, joita voidaan operoida automaattisesti | Automaattinen syöttöliikenne laajentaa runkolinjojen vaikutusalueita ja parantaa liikennöintitaloutta | Joukkoliikenteen ydinalueet | Oulun seudun liikenne, kunnat | Matala (suunnitelman osalta). | I |
| 4.3 | Kaupunki-ilmailustrategian laatiminen ja osaamisen kehittäminen | U-space-yhdyshenkilön nimeäminen vuoropuhelua varten. Suunnitelma ja linjaukset kaupunki-ilmailun visiosta sekä sen hallintaan ja suunnitteluun vaadittavan osaamisen kehittämisestä. Kaupunki-ilmailun yleistyessä ulkoisvaikutusten ja hyväksyttävyyden seuranta ovat myös kuntien vastuualuetta. | Mikäli U-space-ilmatila perustetaan, Traficom järjestää vuoropuhelun kuntien kanssa, jolloin kuntien rooli ilmatilan käytön suunnittelussa kasvaa aiempaan verrattuna, mikä asettaa edellytyksiä kaupungille. Säännöllinen lentoliikenne voi vaatia ympäristöluvan. | Koko seutu, erityisesti Oulu | Kunnat (ja Traficom, Fintraffic Lennonvarmistus) | Matala | I |
| 4.4 | Ammattiliikenteen lepoaikainvestointien kehittäminen | Raskaan ajoneuvoletkan letka-ajossa tai yksittäiskuljetuksen automaattiajossa käytetyn ajan laskeminen kuljettajan lepoajaksi | Ilman lainsäädännön muutosta yrityksille ei ole kannattavaa investoida laajasti automaattiseen ajoneuvokalustoon | Valtakunta | LVM | n/a | II |
| 4.5 | Tienkäyttömaksut | Tieliikenteelle voidaan asettaa maksuja, joiden peruste on esimerkiksi matkasuorite. Toteutus nojaa mahdollisesti kansalliseen järjestelmään | Tienkäyttömaksuilla voidaan säännellä autoliikenteen kysyntää ja ulkoisvaikutuksia sekä mahdollisesti rahoittaa liikennettä | Valtakunta | LVM | n/a | II |
| 4.6 | Ympäristövyöhyke | Ympäristövyöhykkeen alueella voidaan rajata pääsy esim. kaupunkikeskustoihin ajoneuvoilta, joilla on kaikkein korkeimmat päästöt | Ympäristövyöhykkeen avulla voidaan hillitä tieliikenteen päästöjä, erityisesti lähipäästöjä. Geoaitaamisen avulla voidaan asettaa rajoituksia myös käyttövoimien suhteen. | Kaupunkikeskusta | Oulun kaupunki | n/a | II |

T&K ja pilotointi

Liikenteen automaation tutkimustyön tarkoituksena on lisätä seudullista osaamista liikenteen automatisoitumisen ja sen edellytysten ymmärtämiseksi sekä soveltuvien teknisten ratkaisujen kehittämiseksi. Oulun Yliopisto ja VTT ovat Oulun seudulla aktiivisia toimijoita alan tutkimuskentässä ja hyödyntävät jo nykyisin olemassa olevia EU:n ja kansallisen tason rahoituskanavia tutkimuksen rahoittamisessa. Tässä luvussa on koostettu työn aikana käydyissä keskusteluissa esiin tulleita tutkimus- ja pilotointitarpeita. Nämä toimenpiteet on sijoitettu luokkaan II Tarpeelliset. Toimenpiteistä monet sisältyvät hyvin toimijoilla jo käynnissä oleviin tutkimusaihiin, mutta konkreettinen pilotointi edellyttää lisärahoitusta esim. automaattiajoneuvojen hankintaan tai digitaalisen infran toteuttamiseen koelueelle. Yksi matalan kynnyksen toimenpide on opinnäytetöiden teettäminen liikenteen automatisoitumisen eri tutkimuskysymyksiin liittyen, perusteenaan seudullisen osaamisen lisääminen. Pilotit ja tutkimustyö lisäävät seudullista ymmärrystä automaattiliikenteen

sovellusten vaikutuksista ja vaatimuksista, erityisesti pohjoiset olosuhteet huomioiden, ja parantavat siten myös julkisten toimijoiden edellytyksiä varautua liikenteen automatisaation vaikuttavimmilla toimenpiteillä oikea-aikaisesti.

Taulukko 17. Toimenpiteet liittyen tutkimukseen, kehitykseen sekä pilotointiin.

| # | Toimenpide | Kuvaus | Peruste | Kattavuus | Päävastuu | Kustannustaso | Prioriteetti |
|------|--|--|--|--|--|---------------|--------------|
| 5.1 | Automaattibussin toiminta sekaliikenteessä ja etäohjauksessa | Pilotoidaan Linnanmaan kampuksella automaattibussin toimintaa sekaliikenteessä. | Tutkimuskysymyksenä erityisesti etäopastuksen tarve eri tilanteissa sekä etäopastuksen toimivuus ja sen asettamat reunaehdot muulle digitaaliselle infralle kuten tietoliikenneyhteydelle. | Oulun yliopiston Linnanmaan kampusalue | Oulun yliopisto. Lisärahoitusta palvelun järjestämiseen haettava muista rahoituslähteistä. | Matala | II |
| 5.2 | Älykaupunki-infran tuki automaattiliikenteelle | Pilotoidaan infraan toteutettavien anturien ja automaattiajoneuvojen kommunikaation edellyttämää kokonaisjärjestelmää | Kehittämiskohteena ohjauksjärjestelmän arkkitehtuuri, joka mahdollistaa erilaisten anturien (kamerat, lidar jne.) datan käsittelyä ja ennakoivan tiedon jakelua automaattiajoneuvolle 5G/6G -verkossa. | Oulu | Oulun yliopisto. Lisärahoitus tarpeen älyinfran toteuttamiseksi pilottia varten. Rahoitusta haetaan muista rahoituslähteistä. | Matala | II |
| 5.3. | Tutkielma kaupunkitilan dynaamisesta ja- kamisesta tulevaisuuden liikennejärjestelmän tarpeisiin | Selvitys ja ideapaperi Oulun kantakaupungin katutilan jakamisesta dynaamisesti teknologiaa hyödyntäen eri liikkujaryhmien tarpeisiin ml. automaattiliikenne. | Kytkeä Oulun yliopiston metacity-hankkeeseen. Mahdollinen opinnäytetyön aihe. | Oulu | Oulun yliopisto | Matala | II |
| 5.4 | Opinnäytetöiden teettäminen | Teetetään Oulun yliopiston opiskelijoilla maisterin- ja tohtorintutkintoon liittyviä opinnäytetöitä liikenteen automaatioon liittyvistä avoimista tutkimuskysymyksistä | Tuotetaan tutkimustietoa päätöksenteon tueksi sekä lisätään seudullista osaamista liikenteen automaatiosta | Koko seutu | Oulun yliopisto, Mahdolliset tutkimuksen muut rahoittajat | Matala | II |
| 5.5 | Liikenteenharjoittajien tuottamien ja validoimien tietoaineistojen kehittäminen | Liikenteenharjoittajat osallistetaan tuottamaan staattisia ja dynaamisia tietoja joukkoliikenneviranomaiselle ja/tai osallistumaan palveluiden kehittämiseen tietoon pohjautuen. Liikenteenharjoittajat tuottava | Liikenteenharjoittajilla on vaatimus tuottaa olennaisia tietoja NAPiin. Liikenteenharjoittajat havaitsevat toiminnassaan poikkeamia fyysisen ja digitaalisen infrastruktuurin välillä. | Koko seutu | Liikenteenharjoittajat, Oulun seudun liikenne | Matala | II |

| # | Toimenpide | Kuvaus | Peruste | Kattavuus | Päävastuu | Kustannustaso | Prioriteetti |
|-----|--|--|--|---------------------------|---|------------------|--------------|
| | | ja/tai validoivat Digitransit- ja Digiroad-aineistoja. Varmistetaan matkatietojen vienti NAP-palveluun. | | | | | |
| 5.6 | Joukkoliikenteen pilotoinnin ja muuttuvan teknologian käyttöönotto | Joukkoliikenteen kilpailutuksissa varaudutaan mahdollisiin nopeisiin teknologisiin muutoksiin ja varmistetaan pilotoinnin edellytykset pitkissä liikennöintisopimuksissa. Joukkoliikenteen lupaviranomainen järjestää kokeilujen rahoituksen, mutta pilotoinnin valmiudet ja sen vaatima yhteistyö tulee määritellä liikennöintisopimukseen. | Kilpailutetussa ostoliikenteessä sopimusajat ovat pitkät ja siksi sopimuksissa on syytä edellyttää liikenteenharjoittajilta yhteistyötä erilaisiin teknologiapilotteihin liittyen. Kilpailutusasiakirjoissa on tuotava esiin konkreettiset velvoitteet ja kustannus- ja vastuunjaon periaatteet. | Rajoitetut pilotti-alueet | Oulun seudun liikenne, liikenteenharjoittajat | Matala/keskitaso | II |
| 5.7 | Automaattisten talvihoidon koneiden kehittäminen ja pilotointi | Kehitetään ja testataan toimintamalleja eri kokoisten automaattisten aurauksen- ja hiekoituskoneiden käyttöön pääpyöräverkon kunnossapidossa turvallisuus huomioiden. | Oulun yliopistossa on aiheeseen liittyvää tutkimusosaamista. Pyörätieverkon kunnossapitoa on pyrittävä nostamaan, automaattisella toimenpiteillä voidaan suorittaa myös yöaikaan. | Pyöräilyn baanaverkko | Oulun yliopisto (rahoitus Business Finland, EU) | Keskitaso | II |
| 5.8 | Automaattiajoneuvojen ja aura-autojen yhteistoiminnan pilotointi | Pilotoidaan "dynamic safety zone" -geoidan käyttöä mahdollistamaan automaattiauton ja kunnossapitolakustalon turvallinen yhteistoiminta päätieverkolla | Oulun yliopistossa on aiheeseen liittyvää tutkimusosaamista. Pilotti palvelee erityisesti pohjoisen Suomen tarpeita. | Päätieverkko | Oulun yliopisto (rahoitus Business Finland, EU) | Keskitaso | II |

Yhteenveto

Tiekartan tarkoitus

Liikenteen automatisoituminen on muutostekijä, joka saattaa vaikuttaa liikennejärjestelmään voimakkaasti seuraavien vuosikymmenien aikana. Automatisaatio etenee kaikissa kulkutavoissa, terminaalioperaatioissa sekä kunnosapidon kalustossa. Sen odotetaan parantavan liikenneturvallisuutta, matkustusmukavuutta, liikenteen sujuvuutta sekä vähentävän liikenteen ja pysäköinnin tilantarvetta. Lisäksi palveluntuotannon ja logistiikan kustannukset alenevat henkilöstökustannusten vähenemisen myötä. Liikennejärjestelmän tasolla automaatio voi muuttaa ihmisten liikkumistottumuksia, kun kuljettaja vapautuu ajotehtävistä esim. lepoon tai työntekoon, tai kun markkinoille tulee uudenlaisia automaattiautoihin perustuvia liikkumispalveluja tehokkaalla kustannusrakenteella. Liikkumistottumusten muutos voi myös johtaa henkilöauton käytön kasvuun, ellei tähän kehitykseen erikseen puututa.

Työn tavoitteena on ollut laatia seudullinen automaation tiekartta vuoteen 2035 eli pitkän aikavälin toimenpideohjelma, jota toteuttamalla Oulun seudun toimijat voivat edistää hyödyllisimpien automaation sovellusten käyttöön ottoa ja toimivuutta sekä ohjata automatisoitumista yhteiskunnan kannalta hyödylliseen suuntaan. Liikenteen automatisoituminen etenee tällä hetkellä ja todennäköisesti tulevaisuudessakin markkinavetoisesti ajoneuvonvalmistajien, teknologiayritysten ja automaatiota hyödyntävien yritysten toimenpitein, EU-tason sekä kansallisen lainsäädännön asettamissa raameissa. Tämä tiekartta keskittyy toimenpiteisiin, joilla julkiset toimivat voivat vaikuttaa automatisaation hyödyntämiseen liikennejärjestelmässä. Tiekartta sisältää työn aikana tunnistettuja toimenpidetarpeita sekä seudullisille toimijoille (erityisesti Oulun kaupunki, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus) että kansallisille toimijoille (Fintraffic Tie Oy, Väylävirasto, Traficom, LVM). Kansallisille toimijoille esitetyt toimenpidetarpeet ovat Oulun seudun esityksiä, jotka kyseisten toimijoiden tulee erikseen käsitellä, hyväksyä ja viedä soveltuvin osin osaksi omia toimenpideohjelmiaan.

Arvioita liikenteen automaation kehityksestä

Automaatiotasojen 1–4 ajoneuvojen automaattiajojärjestelmät kykenevät toimimaan vain rajoitetuissa olosuhteissa eli niiden suunnittelussa toimintaympäristössä ODD (Operational Design Domain). Koska automaattiajojärjestelmät voivat ohjata ajoneuvoa vain ODD:nsa puitteissa, tienpitäjänkin kannattaa tukea ODD-katkopaikkojen minimointia saadakseen suurimman mahdollisen hyödyn automaattiajoneuvojen turvallisuus- ja muista vaikutuksista. ODD-katkopaikat ovat turvallisuusriskejä, sillä vaikka kuljettaja voi pystyä ottamaan ajoneuvon hallintaansa, pelkkä ajoneuvon ottaminen omaan ohjaukseen ei vielä välittömästi takaa ajoneuvon täyttä turvallista hallintaa.

Tienpitäjä voi vaikuttaa osaltaan vaiheittaiseen siirtymiseen kohti tieliikenteen automaatiota digitaalisen, fyysisen ja operatiivisen infrastruktuurin kehittämisellä ja ylläpidolla. Tienpitäjän rooli ja vaikuttamismahdollisuudet ovat kuitenkin rajalliset ja vain yksi osa kokonaisuutta, jossa itseohjautuva ajoneuvo arvioi kyvykkyytään suoritua ajotehtävästä suunnittelussa toimintaympäristössään paikallisissa tieolosuhteissa. Keskeisiä tienpitäjän haasteita ovat automaattiajojärjestelmän suunnittelun toimintaympäristön kasvattaminen ja katkeamattoman automaattisen ajamisen laajentaminen tie- ja katuverkolla. Näiden haasteiden ratkaisemiseksi tienpitäjän kannattaa tehdä yhteistyötä kansainvälisessä monitoimijayhteistyössä yhdessä muiden viranomaisten, yritysten ja tutkimuslaitosten kanssa erilaisten vaatimusten selvittämiseksi sekä fyysisen, digitaalisen ja operatiivisen infrastruktuurin automaattiajoneuvoille tarjoaman tuen kehittämiseksi.

Teollisuus kehittää automaatiota kaikissa liikennemuodoissa. Tässä työssä laadittiin kirjallisuuteen perustuva arvio eri automaati-sovellusten kypsyydestä ja mahdollisesta markkinoille tulosta. Pidetään todennäköisenä, että sovellukset tulevat markkinoille ensin helpommissa toimintaympäristöissä ja etenevät niistä teknologiakehityksen myötä monimutkaisempiin toimintaympäristöihin. Korkean ja matalan nopeustason liikenneympäristöt ovat tässä suhteessa erilaisia, koska matalan nopeustason ympäristöissä automaattiajoneuvot voivat tukeutua omien anturiensa tuottamiin havaintoihin, kun taas korkeilla nopeustasoilla turvallinen toiminta edellyttää mm. tiedonvaihtoa infrastruktuurin ja muiden ajoneuvojen kanssa ajoneuvon edessä odotettavissa olevista olosuhteista.

Korkean nopeustason toimintaympäristöistä moottoritiet ovat helpoin toimintaympäristö. Tason 3 ja 4 maantiejajosoventuksia tulee markkinoille useita vuoteen 2025 mennessä kaikille autotyypeille, mutta niiden toimintaympäristö laajenee melko hitaasti yksiajorataisille teille. Nopeasti eteneviä tason 2 kuljettajantukijärjestelmiä voi käyttää kaikilla päällystetyillä maanteilla vuonna 2030. Tason 4 letka-ajo tulee markkinoille maantiejajosoventusta hyödyntäen letkan ensimmäisessä autossa. On todennäköistä, että tason 4 kunnossapitoajoneuvot tulevat käyttöön muita maantiejajosoventuksia myöhemmin, koska niiden tulee toimia myös huonoissa olosuhteissa.

Alhaisen nopeustason toimintaympäristöistä tarkasti ja mahdollisesti fyysisesti rajatut alueet (kuten satamat, logistiikkakeskukset ja muut terminaalit, pysäköintialueet, tietyömaat, geoaidatut kunnossapitokohteet, jne.) mahdollistavat monien sovellusten käytön jo viiden vuoden kuluessa. Jakelurobottien kokeiluja jatketaan ja ne yleistynevät kaupallisesti järkevissä käyttökohteissa. Pikkubussit etenevät pilottivaiheesta tuotantokäyttöön, ensin erityisesti niille valikoiduilta reiteiltä yleisemminkin esikaupunkialueiden kaduille. Myös robottitaksit tulevat Suomen markkinoille viiden vuoden sisällä luultavimmin kiinalaisten ja amerikkalaisten yritysten tuotteina ja palveluina. Robottitaksitekniologiaa käyttävät kaupunkiautot mukaan lukien linja-autot tulevat todennäköisesti käyttöön jonkin verran myöhemmin.

Tulevaisuuskuva 2035 Oulun seudulla

Tulevaisuuden kehityskulkujen arvioinnin sekä laaditun vaikutusarvioinnin perusteella laadittiin yhdessä työn tilaajien ja sidosryhmien kanssa Oulun seudun automaation tulevaisuuskuva vuodelle 2035. Tulevaisuuskuvasssa esitettiin näkemys automaation erilaisten sovellusten käytöstä ja käyttökohteista Oulun seudun liikennejärjestelmässä.

Perinteisen autoteollisuuden tason 2 automaattiajoneuvoon (kaistalla pysymisen tuki ja säätyvä vakionopeudensäädin) moottoriteillä ja muilla pääteillä kykenevät henkilöautot yleistyvät koko ajan ja kattavat merkittävän osan liikennesuoritteesta vuonna 2035. Korkean automaatiotason (L3–L4) henkilöautojen arvioidaan tulevan markkinoille ja käyttöön Suomessakin 2020-luvulla – ensin moottoritieympäristössä, mutta vuoteen 2035 mennessä myös muulla päätieverkolla.

Suurten IT-toimijoiden robottitaksitekniologia on leviämässä nopeasti ja robottitakseja voitaneen käyttää Oulun alueella jo 2020-luvun loppupuolella. Aluksi käyttö rajoittunee esikaupunkialueille, mutta 2030-luvun alussa jo kaupungin keskusta-alueille, joissa liikkuu paljon jalankulkijoita ja pyöräilijöitä. Robottitaksit palvelevat oletettavasti pääosin yksilöllisiä tai yhden ruokakunnan matkoja, joskin jotkut taksipalvelut voivat tarjota etenkin jaettuun taksi-matkoja palvelunaan.

Raskaan kaluston tai henkilöautojen automatisointiin soveltuva tekniologia on mahdollista siirtää myös bussikalustoon. Perinteisen autoteollisuuden tason 2 automaattiajoneuvojärjestelmät ovat pitkälti kuljettajaa tukevia järjestelmiä, jotka parantavat matkustusmukavuutta ja liikenneturvallisuutta Oulun seudulla jo lähivuosien aikana. Liikenteestä tuotettava data auttaa optimoimaan joukkoliikenteen kapasiteettia ja vähentää kalustohankintojen tarvetta. ITxPT-standardin vaatiminen tulevaisuudessa joukkoliikennettä kilpailutettaessa tulee samalla lisäämään automaatiota tukevia järjestelmiä bussikalustossa, sillä eri järjestelmät ovat usein hankittavissa vain kokonaisuuksina. Vuonna 2035 joukkoliikenne lienee Oulun seudulla vielä pääosin ihmisen kuljettamaa, mutta ihmisen rooli varsinaisessa ajamisessa on nykyistä vähäisempi ja rajoitetuilla alueilla kuljettajalta ei vaadita aktiivisia toimia. Lisäksi matkustajille voidaan tarjota digitalisaation myötä aiempaa parempia palveluita ja lisätä matkustusmukavuutta sekä turvallisuutta.

Automaattisen pikkubussikaluston taloudellisesti kannattavien käyttökohteiden tunnistaminen Oulun seudun liikennejärjestelmästä on haastavaa. Potentiaalisiksi kohteiksi tunnistettiin kampusalueet ja palvelulinjat, sekä mahdollisesti haja-asutusalueiden kutsuohjatut liikennepalvelut. Joukkoliikennejärjestelmän mahdollisesti painotuen nykyistä enemmän runkolinjoihin voi liittyntäliikenteen linjastossa olla potentiaalia myös automaattiselle pikkubussikalustolle.

Raskaissa kuljetuksissa korkean automaatiotason (L3-L4) raskaiden ajoneuvojen arvioidaan tulevan markkinoille ja käyttöön Suomessakin 2020-luvun loppupuoliskolla, ensin suljetuilla terminaalialueilla ja moottoritieympäristössä mutta vuoteen 2035 mennessä myös muulla päätieverkolla. Näiden ajoneuvojen yleistäminen Oulun seudulla riippuu ennen kaikkea siitä, kuinka kannattavaksi liiketaloudellisessa mielessä kuljetusyritykset näkevät investoinnit uuteen automatisoituun kalustoon. Tässä keskeinen kysymys on lepoaikainsäädännön kehittyminen siten, että automaattiajossa kuljettu aika voidaan laskea ihmiskuljettajan lepoajaksi. Mahdolliset parhaat ”business

caset” voivat Oulun seudulla liittyä päätieverkkoa käyttäviin raskaisiin runkokuljetuksiin, esimerkiksi metsäteollisuuden kuljetuksiin tai mahdollisiin tulevaisuuden vetytalouden kuljetuksiin.

Letka-ajo on myös mahdollinen automaation käyttötapa vuoteen 2035 mennessä. Työvoimakustannusten minimoinnin kannalta tavoiteltu tason 4 letka-ajo perustuu samaan teknologiaan kuin henkilöautojen L4-automaattijärjestelmä ja siten niille käyttökelpoinen tieverkko laajenee kaksikaistaisille valtateille luultavimmin 2030-luvulla. Letka-ajosta saavutettavien hyötyjen tulee olla suuremmat kuin letkan muodostamisesta aiheutuvat kustannukset (esim. viivytys letkaa muodostettaessa) logistisessa ketjussa. On mahdollista, että valtatielle 4 Limingasta Tornioon on toteutettu vuoteen 2035 mennessä yhtenäinen keskikaiteellisista ohituskaistatieosuuksista ja moottoritieosuuksista koostuva tiejakso. Kiinnostava letka-ajoreitti 2030-luvulla on myös länsirannikon valtatie 8 välillä Turku-Oulu, jonka reitillä on runsaasti teollisuutta ja satamia.

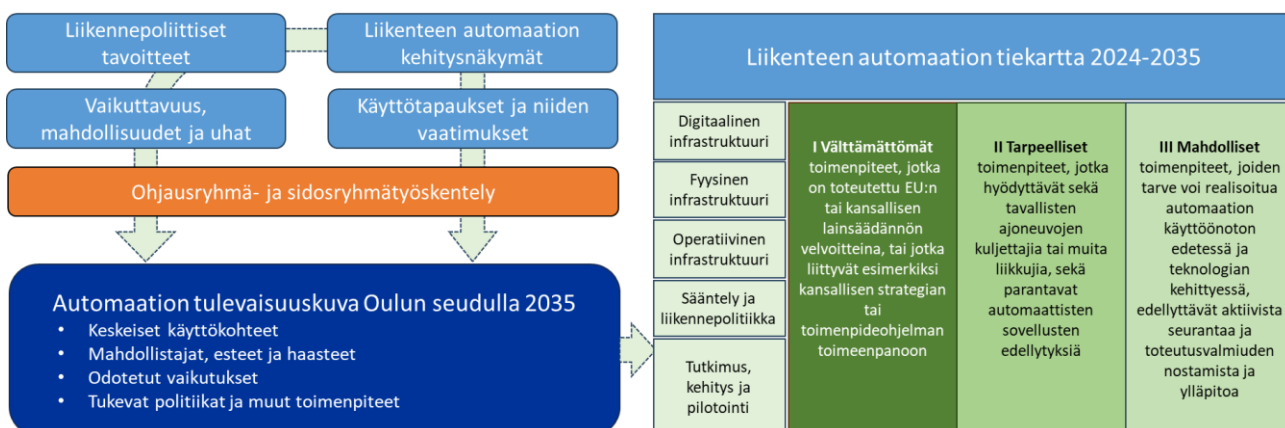
Logistiikkaterminaalien automaatio etenee todennäköisesti vuoteen 2035 mennessä. Oulun satama rakentaa valmiuksiaan automaatioon kehittämällä digitaalista kaksosta sekä digitalisoimalla operatiivista toimintaansa, josta saavutetaan hyötyjä toiminnan tehostumisen kautta jo nykyisenkin kaltaisessa liikenteessä. Automaattiset satamatoiminnot (esim. konttien tai trailerien siirrot) ovat mahdollisia vuoteen 2035 mennessä, mutta näiden vaatimat investoinnit riippuvat satamaoperaattorien investointihaluista. Jakelurobotit yleistynevät ja niiden käyttöalueet laajenevat nykyisten pilottien kokemusten perusteella kaupallisesti kannattaville alueille ja kuljetuksiin.

Droneilla tapahtuva lentotyö voi tukea liikenteen automaatioon liittyvää tiedontuotantarvetta tai tehostaa muun muassa kunnossapitoa tuottamalla (lähes) reaaliaikaista tietoa liikennejärjestelmästä, esimerkiksi katujen kunnossapidon suunnittelun tueksi. Lentotyön käyttötapaukset kytkeytyvät tiiviisti erilaisten prosessien automaatioon ja tietoon perustuvan päätöksenteon tehostamiseen. Dronelogistiikka tarjoaa kustannustehokkaita ratkaisuja joihinkin kuljetuksiin, esimerkiksi kiireellisten lääketieteellisten näytteiden toimituksiin Hailuodosta manteele.

Automaattisen kunnossapitokaluston osalta on todennäköistä, että kalustoa otetaan käyttöön ensin suljettujen alueiden kuten terminaalien kunnossapidossa ja sieltä käyttötapaukset leviävät ensin maantieverkolle ja tämän jälkeen monimutkaisemmalle katuverkolle.

Automaation tiekartta

Automaation tiekartta on laadittu huomioiden sekä liikenteen automaation kehitysnäkymät, vaatimukset ja vaikuttavuus, että toisaalta seudulliset tarpeet ja erityispiirteet. Tavoitetilassa vuodelle 2035 on määritelty liikenteen automaation keskeiset seudulliset käyttökohteet sekä olennaiset mahdollistajat, esteet ja haasteet, odotetut vaikutukset sekä mahdolliset tukevat liikennepolitiikat ja muut keskeiset toimenpiteet. Tavoitetilan pohjalta laadittiin konkreettinen tiekartta liikenteen automaation edistämiseksi seudulla kuvan 7 mukaisesti.



Kuva 7. Oulun seudun liikenteen automaation tiekartta ja sen laadinnassa huomioidut näkökulmat.

Automaation edistämisen toimenpiteet priorisoitiin Väyläviraston (2023) liikenteen automaation toteutussuunnitelman mallin mukaisesti kolmeen luokkaan seuraavasti:

- I Välttämättömät; toimenpiteet, jotka on toteutettu EU:n tai kansallisen lainsäädännön velvoitteina, tai jotka liittyvät esimerkiksi kansallisen strategian tai toimenpideohjelman toimeenpanoon
- II Tarpeelliset; toimenpiteet, jotka hyödyttävät tavallisten ajoneuvojen kuljettajia ja/tai muita liikkujia, sekä parantavat automaattisten sovellusten edellytyksiä (eng. "no regret").
- III Mahdolliset; toimenpiteet, joiden tarve voi realisoitua automaation käyttöönoton edetessä ja teknologian kehittyessä, edellyttävät aktiivista seurantaa ja toteutusvalmiuden nostamista ja ylläpitoa.

Digitaalista infrastruktuuria koskevista toimenpiteistä prioriteetti luokaltaan välttämättömiksi arvioidut, ensimmäisen vaiheen toimenpiteet sisältävät kansalliseen lainsäädäntöön perustuvien tietojen tuotannon tieverkon staattisten ominaisuuksista, joukkoliikenteen avoimen standardin mukaisuutta edistävät toimet, EU-asetuksen mukaisia multimodaalisia matkatietopalveluja koskevien tietojen tuotannon ja ilmatilan staattisten tietojen tuotannon.

Fyysisen infran toimenpiteet ovat alhaisella prioriteeteilla niiden korkeiden kustannusten vuoksi lukuun ottamatta vastaavilla kaupunkiseuduilla edullisesti toteutettavia kaupunki-ilmailun varalaskutusalueita. Tarpeellisten toimenpiteiden luokkaan sijoittuvat toimenpiteet kuten talvihoidon tason muutokset, tietöiden järjestelyt ja tiemerkintöjen laatu ja johdonmukaisuus ovat hinnaltaan keskitasoa tai korkeita, mutta näistä on hyötyä sekä automaattiautoille että muille tienkäyttäjille. Mahdollisten toimenpiteiden luokassa on pääosin kustannuksiltaan kalliita infrastruktuurin kehystoimenpiteitä, joiden tarvetta tulee seurata ja varmistaa tavoiteltava taso automaattiajoneuvojen tekniikan kehittyessä.

Fyysisen infrastruktuurin muutostarpeiden osalta tulevaisuuden haasteena voidaan ennakoida olevan kaupallisen robottitaksiliikenteen vaatimien katutilojen järjestäminen. Robottitaksien sujuvan ja turvallisen liikennöinnin kannalta on tarpeen varata katuverkolta vähintään jokaiseen kortteliin riittävä alue, jossa pysähtyminen on sallittu vain lyhytaikaiseen matkustajien jättöön/noutoon tai häiriötilanteissa ajoradan sivuun siirtymiseen. Käytännössä tämä tarkoittanee kadunvarsipysäköintipaikkojen muuttamista muuhun käyttöön.

Operatiivinen infrastruktuuri sisältää liikenteen hallinnan palvelut automaattisille ajoneuvoille ja niiden tarpeisiin. Välttämättömäksi katsottu toimenpide on velvoittavien liikennemerkkien digitalisointi. Velvoittavat liikennemerkit laajentavat automaattisen ajoneuvon elektronista horisonttia ja siten parantavat sen kyvykkyyttä toteuttaa operatiivista ajosuoritusta sekä ennakoida tulevaa, ja siten parantaa liikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta. Velvoittavien merkkien digitalisointi parantaa myös alhaisen automaatiotason sovellusten kuten älykkään nopeudensäätelyn (ISA) toimintavarmuutta.

Liikennepoliittikatason toimenpiteistä keskeisimmiksi automatisoitumiseen kytkeytyviksi on automaattiajajärjestelmän ohjaaman ajoneuvon salliminen tieverkolla (valtakunnallinen toimenpide), tehokkaaseen runkojoukkoliikennejärjestelmään liittyvät seudulliset ratkaisut sekä kaupunki-ilmailun strategian laadinta ja osaamisen kehittäminen. Näitä tulisi edistää jo ensimmäisessä vaiheessa. Automatisoinnin merkittävänä uhkana pidetyn henkilöauton käytön huomattavan lisääntymisen estämiseksi on syytä varautua kysynnän hallinnan keinojen kuten ympäristövyöhykkeiden tai tienkäyttömaksujen käyttöönottoon.

Liikenteen automaation tutkimustyön tarkoituksena on lisätä seudullista osaamista liikenteen automatisoitumisen ja sen edellytysten ymmärtämiseksi sekä soveltuvien teknisten ratkaisujen kehittämiseksi. Oulun Yliopisto ja VTT ovat Oulun seudulla aktiivisia toimijoita alan tutkimuskentässä ja hyödyntävät jo nykyisin olemassa olevia EU:n ja kansallisen tason rahoituskanavia tutkimuksen rahoittamisessa. Tiekartassa esitettiin useita pilottitoimenpiteistä liittyen teemoihin, joihin Oulun seudun toimijoilla on erityistä osaamista tai jotka palvelevat automaation kehittämistä erityisesti seudun ominaispiirteet huomioiden. Yksi matalan kynnyksen toimenpide on opinnäytetöiden teettäminen liikenteen automatisoitumisen eri tutkimuskysymyksiin liittyen, perusteenaan seudullisen osaamisen lisääminen. Pilotit ja tutkimustyö lisäävät seudullista ymmärrystä automaattiliikenteen sovellusten vaikutuksista ja vaatimuksista, erityisesti pohjoiset olosuhteet huomioiden, ja parantavat siten myös julkisten toimijoiden edellytyksiä varautua liikenteen automatisaatioon vaikuttavimmilla toimenpiteillä oikeaan aikaan.

Lähteet

- ACEA (2019). Automated Driving – Roadmap for the deployment of automated driving in the European Union. Saatavilla: https://www.acea.auto/files/ACEA_Automated_Driving_Roadmap.pdf. Viitattu 28.12.2022.
- Amazon (2019). What's next for Amazon Scout? Saatavilla: <https://www.aboutamazon.com/news/transportation/whats-next-for-amazon-scout> Viitattu 2.1.2023.
- Arctic Machine (2022). Tulevaisuuden talvikunnosapito. Saatavilla: <https://www.arcticmachine.fi/fi/uutiset/tulevaisuuden-talvikunnossa-pito/>. Viitattu 29.12.2022.
- Bellan, R. (2022). Uber and Motional launch robotaxi service in Las Vegas. TechCrunch December 7, 2022. Saatavilla: <https://techcrunch.com/2022/12/07/uber-and-motional-launch-robotaxi-service-in-las-vegas/>. Viitattu 28.12.2022.
- Bishop, R. (2022a). Autonomous Vehicles Reality Check Part 2: Robots Moving People. Forbes December 22, 2022. Saatavilla: <https://www.forbes.com/sites/richardbishop1/2022/12/22/autonomous-vehicles-reality-check-part-2-moving-people/?sh=213792853d16>. Viitattu 28.12.2022.
- Bishop, R. (2022b). Autonomous Vehicles Reality Check Part 3: Robots Moving Freight. Forbes December 22, 2022. Saatavilla: <https://www.forbes.com/sites/richardbishop1/2022/12/28/autonomous-vehicles-reality-check-part-3-robots-moving-freight/?sh=2dc3b45339a8>. Viitattu 2.1.2023.
- Bozzella, J. (2022). Keep Calm... and Ride On: AV Technology is Hard, But it's Here to Stay. Alliance for Automotive Innovation Blog, November 2, 2022. Saatavilla: <https://www.autosinnovate.org/posts/blog/keep-calm-and-ride-on-av-technology-is-hard-but-its-here-to-stay>. Viitattu 28.2.2022.
- C2C-CC (2023). C-ITS: Cooperative Intelligent Transport Systems and Services. CAR 2 CAR Communication Consortium. Saatavilla: <https://www.car-2-car.org/about-c-its>
- CAVForth. (2023). Welcome to CAVForth. Saatavilla: <https://www.cavforth.com/>. Viitattu 13.5.2023.
- Connected Automated Driving (2023). Projects. Saatavilla: <https://www.connectedautomateddriving.eu/projects/findproject/#1829>. Viitattu 29.12.2022.
- Droneinfo (2023). UAS-ilmatilavyöhykkeen hakeminen. Saatavilla: <https://www.droneinfo.fi/fi/asioi-kanssamme/uas-ilmatilavyohykkeen-hakeminen>. Viitattu 16.10.2023.
- Dufva, M. (2020). Megatrendit 2020. Sitran selvityksiä 162. Sitra, Helsinki. Saatavilla: <https://www.sitra.fi/app/uploads/2019/12/mega-trendit-2020.pdf>. Viitattu 19.12.2022.
- ELY-keskus (2022). ELY-keskusten liikenteen tehtävät. Saatavilla: <https://www.ely-keskus.fi/ely-keskusten-liikenteen-tehtavat>. Päivitetty 23.12.2022.
- Eriksson, A., Stanton, N. A. (2017). Take-over time in highly automated vehicles: non-critical transitions to and from manual control, Human Factors, DOI: 10.1177/0018720816685832. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/312922628_Take-over_Time_in_Highly_Automated_Vehicles_Noncritical_Transitions_to_and_From_Manual_Control. Viitattu 27.12.2022.
- ERTRAC (2022). Connected, Cooperative and Automated Mobility Roadmap – Version 10. ERTRAC Working Group: “Connectivity and Automated Driving”. Saatavilla: <https://www.ERTRAC.org/uploads/documentsearch/id82/ERTRAC%20CCAM%20Roadmap%20V10.pdf>
- Eduskunta (2022). Talousarvioaloite määrärahan lisäämisestä valtatie 8 Älyväylä-hankkeen suunnittelun edistämiseen (250 000 euroa). Saatavilla: https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Kasittelytiedot/Valtioapaivaasia/Sivut/TAA_368+2022.aspx Viitattu 28.12.2022
- Euroopan komissio (2016). Eurooppalainen strategia vuorovaikutteisia älykkäitä liikennejärjestelmiä varten - ensimmäinen virstanpylväs matkalla kohti vuorovaikutteista, verkkoon liitettyä ja automatisoitua liikkumista. COM(2016) 766 final (2016). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016DC0766&from=EN>. Viitattu 28.12.2022.
- Euroopan komissio (2020). Intelligent transport systems (review of EU rules). Saatavilla: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12534-Intelligent-transport-systems-review-of-EU-rules-en>. Viitattu 16.10.2023.

Euroopan komissio (2021). Final report of the single platform for open road testing and pre-deployment of cooperative, connected, and automated and autonomous mobility platform. Bruxelles, July 2021. Saatavilla: <https://transport.ec.europa.eu/system/files/2021-11/Final%20Report-CCAM%20Platform.pdf>. Viitattu 28.12.2022.

Euroopan komissio (2023). Perustiedot. Saatavilla: https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-commission_fi#:~:text=Euroopan%20komissio%20on%20EU%3An.EU%3An%20neuvoston%20p%C3%A4%C3%A4t%C3%B6sten%20t%C3%A4yt%C3%A4nt%C3%B6npanosta. Viitattu 19.5.2023.

EU/2019/2144. Type-approval requirements for motor vehicles and their trailers, and systems, components and separate technical units intended for such vehicles, as regards their general safety and the protection of vehicle occupants and vulnerable road users. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/2144/oj>.

EU/2022/1426. Komission täytäntöönpanoasetus (EU) 2022/1426, annettu 5 päivänä elokuuta 2022, sääntöjen vahvistamisesta Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) 2019/2144 soveltamiseksi siltä osin kuin on kyse täysin automatisoitujen ajoneuvojen automatisoidun ajojärjestelmän (ADS) tyyppihyväksynnässä sovellettavista yhdenmukaisista menettelyistä ja teknisistä eritelmistä. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R1426>

Forum Virium Helsinki (2023). Last Mile Autonomous Delivery (LMAD) piloted autonomous delivery robot. Saatavilla: <https://forumvirium.fi/en/projects/last-mile-autonomous-delivery-lmad-pilots-autonomous-delivery-robot/>. Viitattu 29.12.2022.

Frasier, D. (2022). GM Unit's self-driving taxis are the subject of a US safety investigation. USA Today 12 December 2022. Saatavilla: <https://ustoday.news/gm-units-self-driving-taxis-are-the-subject-of-a-us-safety-investigation/>. Viitattu 28.12.2022.

Geerts, E. (2022). Fully automated metros introduced on line 4 in Paris. RailTech. <https://www.railtech.com/digitalisation/2022/09/14/fully-automated-metros-introduced-on-line-4-in-paris/?qdp=accept>. Päivitetty 14.9.2022

Gov.uk (2022). Self-driving buses, shuttles and delivery vans could soon hit UK roads thanks to £40 million government-funded competition. Saatavilla: <https://www.gov.uk/government/news/self-driving-buses-shuttles-and-delivery-vans-could-soon-hit-uk-roads-thanks-to-40-million-government-funded-competition>. Päivitetty 23.5.2023.

Haapamäki, T., Kantala, T., Vuorenmaa, T., Stjernberg, J., & Larroutou, B. (2023). Study on the Future of Helsinki's Urban Air Mobility. Helsingin kaupungin elinkeino-osasto. Saatavilla: <https://mobilitylab.hel.fi/app/uploads/2023/05/2023-05-08-Helsinki-UAM-Report-final.pdf>.

Hautala, R., Lusikka, T., Tiusanen, R., Kauvo, K., Nieminen, V., Lahti, J., & Pihlajamaa, O. (2021). SmartRail Ecosystem. VTT Tulokooste. Saatavilla: https://cris.vtt.fi/ws/files/53006111/VTT_M_00815_21_SmartRail1_kooste.pdf.

Heikkilä, R. (2011). Siltojen rakentamisen, korjaamisen ja kunnossapidon automaation kehittäminen (5D-SILTA2). Liikenneviraston julkaisu 43/2011, Väylätekniikanosasto. Saatavilla: <https://www.doria.fi/handle/10024/121547>

Heineke, K. & Kampshoff, P. (2019). Mobility's autonomous future. McKinsey Quarterly: The trends transforming mobility's future. Saatavilla: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-trends-transforming-mobilitys-future> (Päivitetty 8.12.2019)

Helsingin seudun liikenne (2022). Liikenteen automaation tiekartta Helsingin seudulla. Helsinki. Saatavilla: https://hslfi.azureedge.net/globalassets/hsl/mal/mal-julkaisut/2022/liikenteen-automaaion-tiekartta-helsingin-seudulla-4_2022.pdf

IAA Transportation (2021). Self-driving trucks prove themselves in everyday port operations. Saatavilla: <https://www.iaa-transportation.com/en/visitors/trends-and-topics/Self-driving-trucks-prove-themselves-in-everyday-port-operations>. Viitattu 29.12.2022.

Innmaa, S., Kanner, H., Rämä, P., & Virtanen, A. (2015). Automaati-on lisääntymisen vaikutukset tieliikenteessä. Trafim tutkimuksia 1/2015. ISBN 978-952-311-066-3. https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/20473-Trafi_tutkimuksia_01-2015_-_Automaati_jajaminen.pdf. Viitattu 27.2.2022

Johansson, M., Ekman, F., Karlsson, M.-A., Strömberg, H., & Jonsson, J. (2022). ADAS at work: assessing professional bus drivers' experience and acceptance of a narrow navigation system. Cognition, Technology & Work 24, 625–639.

Katsamenis, I., Bimpas, M., Protopapadakis, E., Zafeiropoulos, C., Kalogeras, D., Doulamis, A., Martin-Portugues Montoliu, C., Handanos, Y., Schmidt, F., Ott, L., Cantero, M., & Lopez, R. (2022). Robotic Maintenance of Road Infrastructure: The HERON Project. Association for Computing Machinery. Saatavilla: <https://arxiv.org/pdf/2205.04164.pdf>

Kettwich, C., Schrank, A., Avsar, H., & Oehl, M. (2022). A Helping Human Hand: Relevant Scenarios for the Remote Operation of Highly Automated Vehicles in Public Transport.

Khastgir, S., Shladover, S., Vreeswijk, J., Kulmala, R., & Wijbenga, A. (2022). Report on distributed ODD awareness, infrastructure support and governance structure to ensure ODD compatibility of automated driving systems. TM4CAD Deliverable D2.1. March 2022. https://tm4cad.project.cedr.eu/deliverables/TM4CAD%20D2.1_submitted.pdf. Viitattu 29.12.2022

Klamroth, A., Marx, T., Zerbe, A. (2020). Level 3 automation in real traffic. BAST Annual Report 2019, Reports of the Federal Highway Research Institute A42, ss. 52-53. https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/deliver/index/docId/2431/file/A42_BAST-JB-2019.pdf. Viitattu 27.12.2022

Kulmala, R., Kotilainen, I., Kawashima, H., Khastgir, S., Maerivoet, S., Vreeswijk, J., Alkim, T., Wijbenga, A., & Shladover, S. (2022) Information exchange between traffic management centres and automated vehicles – information needs, quality and governance. TM4CAD Deliverable 3.1 Version 1.0. 23 October 2022. Saatavilla [www-osoitteesta: https://tm4cad.project.cedr.eu/deliverables/TM4CAD_D3.1_v1.0.pdf](https://tm4cad.project.cedr.eu/deliverables/TM4CAD_D3.1_v1.0.pdf). Viitattu 2.6.2023.

Laki elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksista sekä elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten kehittämis- ja hallintokeskuksesta. 897/2009. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090897>

Laki Liikenne- ja viestintävirastosta. 935/2018. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180935>

Laki Maanmittauslaitoksesta. 1025/2018. Saatavilla: <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20181025>

Laki Väylävirastosta. 862/2009. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090862>

Lentoposti (2022). Siirtymäaika päättyy - lennokkitoiminta siirtyy EU-sääntelyn alaisuuteen 1.1.2023 alkaen. Saatavilla: https://www.lentoposti.fi/uutiset/siirtym_aika_p_ttyy_lennokkitoiminta_siirtyy_eu_s_ntelyn_alaisuuteen_112023_alkaen. Päivitetty 28.12.2022.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2023). Muutoksia ilmailulakiin dronejen lennätysten ja lentoesteiden osalta. Tiedote. Saatavilla: <https://lvm.fi/-/muutoksia-ilmailulakiin-dronejen-lennatysten-ja-lentoesteiden-osalta-1941257>. Päivitetty 16.2.2023.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2021). Liikenteen automaation lainsäädäntö—ja avaintoimenpidesuunnitelma. Saatavilla: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163629/LVM_2021_28.pdf.

Litman, T. (2022). Autonomous Vehicle Implementation Predictions. Implications for Transport Planning. Victoria Transport Policy Institute, 6 November 2022. 49 s. Saatavilla: <https://www.vtpi.org/avip.pdf>. Viitattu 27.2.2022.

Maanmittauslaitos (2023a). Navigointi ja paikannus – Tutkimushankkeet. Saatavilla: <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/tutkimustoiminta/tutkimusosastot/navigointi-ja-paikannus/tutkimushankkeet>. Viitattu 19.5.2023.

Maanmittauslaitos (2023b). Älyliikenne ja robotiikka. Saatavilla: <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/tietoa-meista/tutkimustrategia/alyliikkuminen-ja-robotiikka>. Viitattu 19.5.2023.

Martelaro, N., Fox, S. E., Forlizzi, J., Rajkumar, R., Hendrickson, C. & Caldwell, S. (2022). How to Make Sense of Bus Transit Automation? Carnegie Mellon University. Saatavilla: <https://www.cmu.edu/traffic21/research-and-policy-papers/traffic21-policy-brief-22.1---apr-14-002.pdf>

Marr, B. (2022). The 3 Biggest Future Trends in Transportation and Mobility. Forbes. Saatavilla: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2022/01/20/the-3-biggest-future-trends-in-transportation-and-mobility/?sh=6ba105e23783>. Päivitetty 20.1.2022.

Milakis, D., van Arem, B., & van Wee, B. (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. Saatavilla: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15472450.2017.1291351> Viitattu 28.12.2022.

Ndion (2021). Continental. Three new robotic vehicles for the mobility of tomorrow. Ndion 12 October 2021. <https://ndion.de/en/continental-three-new-robotic-vehicles-for-the-mobility-of-tomorrow/> Viitattu 2.1.2023.

Oulun yliopisto (2022). Maansiirtokoneista kehitetään Oulun yliopistossa itsenäistä työkoneparvea – miljoonahankkeessa automatisoidaan maarakennuksen ratkaisuja. Saatavilla: <https://www oulu.fi/fi/uutiset/maansiirtokoneista-kehitetaan-itsenaista-tyokoneparvea>. Päivitetty 15.6.2022.

Paasilehto, A. (2022). EU uudistaa älyliikennettä koskevaa sääntelyä. Liikenne- ja viestintäministeriö. Saatavilla: <https://lvm.fi/-/eu-uudistaa-alyliikennetta-koskevaa-saantelya>. Päivitetty 7.3.2022.

Pelastustoimi (2022). Pelastustoimi. Saatavilla: <https://pelastustoimi.fi/pelastustoimi> Viitattu 29.12.2022.

Pohjois-Pohjanmaan liitto (2022). Valtatie 8 – Älyväylä. Esiselvitys elinkeinoelämän tarpeista ja väylän älykkyyden mahdollisuuksista 2021/2022. Saatavilla: https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/wp-content/uploads/2022/01/Valtatie_8_Alyvayla_raportti_2022.pdf. Viitattu 28.12.2022.

Pekkala, V. & Heikkilä R. (2019). Automaattisten rekkojen nykytila raportti. Oulun yliopisto. Rakenteet ja rakentamisteknologia. Oulu 2019. Saatavilla: <http://julkika.oulu.fi/files/isbn9789526226286.pdf>. Viitattu 28.12.2023

Pilli, M., Stenberg, E., & Schirokoff, A. (2022). Kuljettajan tukijärjestelmien yleisyys Suomessa vuonna 2022. Traficomin tutkimuksia ja selvityksiä 28/2022. 40 s. Saatavilla: <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Kuljettajan%20tukij%C3%A4rjestelmien%20yleisyys%20Suomessa%20vuonna%202022.pdf> Viitattu 4.1.2023.

Pons-Prats, J., Živojinović, T., & Kuljanin, J. On the understanding of the current status of urban air mobility development and its future prospects: Commuting in a flying vehicle as a new paradigm. Transportation Research Part E 166.

Porsche Consulting. (2021) The Economics of Vertical Mobility. A guide for investors, players, and lawmakers to succeed in urban air mobility. Saatavilla: https://www.porsche-consulting.com/sites/default/files/2023-04/the_economics_of_vertical_mobility_-_2021_c_porsche_consulting.pdf. Viitattu 4.1.2023.

SAE (2022). SAE Levels of Driving Automation™ Refined for Clarity and International Audience. SAE Blog. Saatavilla: <https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update>. Viitattu 28.12.2022.

SAE (2021). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. SAE J3016_202104. Saatavilla: https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/. Viitattu 28.12.2022.

Starship (2023). Starship launches in Finland – partners first with leading retail operator HOK-Elanto Group. Saatavilla: https://www.starship.xyz/press_releases/starship-launches-robot-grocery-delivery-services-in-finland-partners-first-with-a-leading-retail-operator-hok-elanto-group/. Viitattu 29.12.2022.

Stora Enso (2021). Automaattinen kuorma-auto hyödyntää kuutta aistia – testiajo jatkuu Stora Enson tehdasalueella. Lehdistötiedote 10.3.2021. Saatavilla: <https://www.storaenso.com/fi-fi/newsroom/press-releases/2021/3/automaattinen-kuorma-auto-hyodyntaa-kuutta-aistia-testiajo-jatkuu-stora-enson-tehdasalueella>. Viitattu 29.12.2022.

Romanski, B., Sherman, D., Rosenthal, J., Alassaf, D., Nayame, J. & Daim, T. U. (2021). Technology Roadmap: Autonomous Bus Service. Teoksessa: Daim, T. U. (toim.). Roadmapping Future: Technologies, Products and Services.

Traficom (2018). Tieliikenteen automaatiokokeilut. Saatavilla: <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/tieliikenteen-automaatiokokeilut>. Viitattu 11.1.2023.

TRIMIS (2022). Enabling safe multi-brand platooning for Europe. Research and Innovation. Saatavilla: <https://trimis.ec.europa.eu/project/enabling-safe-multi-brand-platooning-europe>. Viitattu 29.12.2022.

UIC2 (2021). Urban Air Mobility and Sustainable Urban Mobility Planning – Practitioner Briefing. European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans. Saatavilla: https://www.eltis.org/sites/default/files/practitioner_briefing_urban_air_mobility_and_sump.pdf.

Valkonen, A. (2017). Automaation hyödyntämismahdollisuudet tiestön hoitopalveluissa. Saatavilla: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/133081/Valkonen_Anne.pdf. Viitattu 11.1.2023.

Valtioneuvoston asetus liikenne- ja viestintäministeriöstä. 405/2003. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030405>.

Valtiovarainministeriö (2023). Kuntalainsäädäntö. Saatavilla: <https://vm.fi/kunta/kuntalainsaadanto>. Viitattu 16.10.2023.

Väylävirasto (2021). Automated Driving on Motorways (AUTOMOTO). Study of infrastructure support and classification for automated driving on Finnish motorways. Finnish Transport Infrastructure Agency. Helsinki 2021. Publications of the Finnish Transport Infrastructure Agency 21/2021. Saatavilla: <https://www.doria.fi/handle/10024/182620> Viitattu 29.12.2022

Väylävirasto (2023). Ehdotus tieliikenteen automaation toimenpidesuunnitelmaksi. Väyläviraston julkaisuja 11/2023. Helsinki. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-405-046-3>. Viitattu 10.1.2023.

Wessling, B. (2022). Nuro unveils third-generation autonomous delivery vehicle. The Robot Report. <https://www.therobotreport.com/nuro-unveils-third-generation-autonomous-delivery-vehicle/>. Viitattu 2.1.2023.

Ympäristöministeriö (2020). Oulun seudun MAL-sopimus 2020–2031. <https://ym.fi/documents/1410903/40122839/MAL-sopimus+Oulun+seutu+08102020.pdf/>

Heikkilä, M. (toim.) (2002): Maatalousalueiden luonnon monimuotoisuuden yleissuunnitteluopas. – Maa- ja metsätalousministeriö & Ympäristöministeriö, Helsinki. Suomen Ympäristö 591. 58 s.

Haaranen, T., Partanen, H., & Tarvainen, A. (2006): Maatalouden ympäristötuen erityistuet v. 2000–2006 – Maiseman hoito, luonnon monimuotoisuus, perinnebiotoopit. – Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. 19 s. [esite]

Liite 1. Toimintaympäristön muutokset ja liikennejärjestelmän kehitystavoitteet

Toimintaympäristön muutokset ja megatrendit

Suomen näkökulmasta keskeisiä megatrendejä ovat ekologisen jälleenrakennuksen kiire, verkostomaisen vallan voimistuminen, väestön ikääntyminen ja monimuotoistuminen, talouden uusien suuntien haku sekä teknologian sulautuminen kaikkeen. (Dufva 2020) Liikenteen omia megatrendejä ovat palvelullistuminen, sähköistyminen sekä verkottuneiden, autonomisten ajoneuvojen kehitys, jotka kaikki kytkeytyvät teknologian kaikkeen sulautumisen megatrendiin. (Marr 2022) Lyhyellä aikavälillä myös Covid-19-pandemia on muokannut globaalisti liikkumisen tarpeita niin ihmisten kuin tavaroiden osalta. Liikenteen automaatiota pidetään myös yhtenä ratkaisuna myös liikenteen kestäväen kehityksen haasteisiin ja alan työvoimapulaan.

Teknologian sulautuminen kaikkeen on jatkumoa automaation ja digitalisaation megatrendille. Teollisuudessa automaatiota pidetään neljäntenä teollisena vallankumouksena. Liikenteen automaation voi nähdä noudattelevan teollisuuden tavoitteita automaatiolle: järjestelmien tehostamisen kapasiteetin, tuottavuuden ja laadun näkökulmista sekä turvallisuuden parantamisen. Tuotannon ja logistiikan automaatiossa liikenteen automaatio on keskeinen osa koko toimitusketjun automatisointia. Henkilöliikenteessä automaatio tarkoittaa parempaa liikenneturvallisuutta kaikille liikkujille, uusia liikkumisen palveluita, liikkumispalveluiden kustannusrakenteen muutosta sekä ole-massa olevan väyläverkoston kapasiteetin hyödyntämisen maksimointia. Automaattisella liikenteellä on keskeinen rooli multimodaalisten matkaketjujen osana.

Pitkällä tähtäimellä liikenteen automaatio ei ainoastaan muuta liikennejärjestelmää, vaan sillä on laajempia vaikutuksia. Automaatio voi vähentää yksityisautoilun merkitystä ja tehostaa logistiikkaa, jolloin maankäytössä katutilaa voidaan uudelleenallokoida esimerkiksi kävelylle, pyöräilylle ja kiinteistökehittämiselle. Liikenteen automaatio voi tukea kykyä vastata kaupungistumisen ja väestön ikääntymisen megatrendeihin, mutta hyötyjen saavuttaminen vaatii kokonaisvaltaista kaupunkisuunnittelun ja liikennejärjestelmän kehittämisen yhteensovittamista. (Heineke & Kampshoff 2019)

Tällä hetkellä liikenteen automaatiota on Suomessa käytössä rajallisesti. Myös kansainvälisesti automaation laajamittainen käyttöönotto on rajallista. Automaattisen liikenteen esiasetetta edustavia kuljettajaa tukevia apujärjestelmiä on kuitenkin käytössä erityyppisissä ajoneuvoissa runsaasti ja niiden määrä kasvaa vuosittain. Myös kansainvälisesti tieliikenteen automaatio on vasta pilottivaiheessa, mutta useat toimijat ovat lähivuosina tuomassa markkinoille autonomisiin ajoneuvoihin perustuvia ratkaisuja. Kuljettajaa tukevia järjestelmiä on käytössä erityisesti tieliikenteessä, mutta sovellutuksia löytyy myös raideliikenteestä. Raideliikenteessä automaatiokehitystä tukee Digirata-hankekokonaisuus. Kansainvälisesti automaatiota hyödynnetään raideliikenteessä sekä juna että metrolii-kenteessä. Suurkaupungeissa on käytössä jo useita automatisoituja metrolinjoja ja useissa maissa on testattu automaattista tai puoliautomaattista junaliikennettä. Ilmailussa automaatiota on ollut jo pitkään, mutta uutta kehitystä edustavat erilaiset kaupunki-ilmailun sovellukset, jotka perustuvat usein melko pieniin, itsenäisesti operoiviin ilma-aluksiin. Meriliikenteessä automaatio etenee pitkälti kansainvälisen säätelyn mahdollisuuksien rajoissa. Suomessa tutkitaan erityisesti etäluotsauksen ja älyväylien teknologioita ja mahdollisuuksia.

Katsaus kansallisiin strategisiin suunnitelmiin

Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelma (2021)

Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelmaa 2019 toteuttava Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisema Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelma (2021) jakautuu kolmeen osaan: Valtioneuvoston periaatepäätös liikenteen automaation edistämiseksi, liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpideohjelma sekä taustaselvitys. Hallitusohjelmasta on huomioitu mm. kohta kaupunkiympäristöjen ja maaseutualueiden erityispiirteet sekä eri liikennemuodot ja mahdollisuudet älykkäisiin väyläratkaisuihin. Seuraavista kappaleista löytyy seudullisen kehittämisen kannalta olennaisia linjauksia.

Periaatepäätös esittää liikenteen automaatiolle kaikissa liikennemuodoissa kolme ohjaavaa linjausta: ihmis-keskeinen kehittäminen, tiedon vaihtamisen tehostaminen ja sääntelykehikon kehittäminen kokonaisvaltaisesti.

Kaikkia liikennemuotoja koskevat toimenpiteet jakautuvat seitsemään kokonaisuuteen, joista seuraavissa viidessä kuntien rooli nähdään keskeisenä toimijana: 1. sääntely, 2. digitaalisen infrastruktuurin kehittäminen, 3. tiedon hyödyntämisen edistäminen, 4. fyysisen infrastruktuurin kehittäminen ja 5. kokeilujen ja testaamisen lisääminen. Lisäksi kehitysvaiheille tärkeitä ovat 6. osaamisen ja 7. vaikutusten arvioinnin kehittäminen. Toimenpiteen kolme Tiedon hyödyntäminen liikennemuotokohtaisena painopisteenä tieliikenteelle esitetään seuraava:

- Tieliikenteessä kehitetään kuntien katuverkkoa koskevien tietojen kattavuutta, laatua ja saatavuutta liikenteen automaation tarpeita varten vastaavasti kuin valtio omistamansa väyläverkon osalta, kuten valtakunnallisessa liikennejärjestelmäsuunnitelmassa todetaan.

Pääasiallisina vastuutahoina kunnat on esitetty yhdessä muiden viranomaisten kanssa sääntelyn ja fyysisen infrastruktuurin kehittämisessä, joista jälkimmäisestä esitetään seuraavia kahta keskeistä toimenpidettä:

- Laaditaan arvio tavoiteltavasta automaation tasosta väyläverkon osilla sekä näkemys arvion mukaisista automaatiota edistävästä toimenpiteistä ja erityisesti mahdollisista ongelmakohtista. Arvio tehdään tarvittaessa (muun muassa katuverkko) yhteistyössä kuntien kanssa.
- Valmistaudutaan liikenteen automaation tarvitsemiin toimiin aktiivisesti yhdyskuntasuunnittelussa. Tiivistetään yhteistyötä valtion ja kuntien viranomaisten sekä yksityisten toimijoiden välillä, jotta automaatioon voidaan varautua kaikilla suunnittelutasoilla.

Toisen osan toimenpidesuunnitelmassa, joka pohjautuu periaatepäätöksen toimenpidekokonaisuuksille, esitetään yksityiskohtaisemmat liikennemuotokohtaiset toimenpidesuunnitelmat. Tieliikenteen automaatiossa tavoitteena on mahdollistaa ihmisten liikkuminen lähtöpaikasta suunniteltuun määränpähän soveltuvia automaatiotoimintoja hyödyntäen.

Huomioiden tämän selvityksen liikennemuotojen rajauksen, sisältää toimenpideohjelma seuraavia tieliikenteen kuntia, kaupunkeja ja haja-asutusalueita koskevia huomioita.

- Kaupunkien syöttöliikenteen, että haja-asutusalueella tarjottavien joukkoliikenteen palveluiden matkaketjujen kilpailukyky tulisi mahdollistaa henkilöautoiluun verrattuna.
- Joukkoliikenteeseen ja matkaketjuihin tulisi kytkeä saumattomasti automaattiset ja etäohjatut ajoneuvot, pienlinja-autot ja muut mahdolliset joukkoliikennevälineet. Etäohjatut pienlinja-autot, joita voidaan esim. käyttää ensimmäisen ja viimeisen kilometrin palveluiden tarjontaan taajama- ja haja-asutusalueilla, muodostavat yhden kehityksen keihäänkärjen.
- Kuljetusrobotit pienlogistiikan käyttöön ovat toinen mahdollinen kehityssuunta.
- Kokeilut ja testaaminen toimenpide myös tukee mainittuja painopisteitä: kokeillaan ja pilotoidaan automaation hyödyntämistä kaupunki- ja taajamaympäristöissä henkilö- ja/tai tavarakuljetuksissa.
- Digitaalisessa infrastruktuurissa viestintäyhteyksien kehittämisen painopisteenä, esim. säännöllisesti toteutuvilla mittauksilla, ovat moottoritiet sekä mahdollisesti kaupunkien kehätiet.
- Vesiliikenteen automaation edellytysten luomiseksi ja suomalaisten automaatiotratkaisuiden edistämiseksi esitetään selvitystä resurssien puitteissa tarvittavista viestintäyhteyksistä. Selvitystä voidaan toteuttaa eri alueilla kuten väylien solmupisteissä satamissa. Fyysisen infrastruktuurin osalta otetaan käyttöön satama-automaatiota mm. laiturirakenteissa, sekä parannetaan satamien sääasemia ja -antureita (saaristossa aurinkoenergian hyödyntäminen). Lisäksi kehitetään ja kokeillaan älykkäiden vesiväylien digitaalista infrastruktuuria, satamien välisiä kansainvälisiä pilotteja ja etäluotsausta.
- Miehitettömällä ilmailulla tunnistetaan olevan jatkossa merkittävää kaupallista potentiaalia, joka kohdistuu erityisesti kauko-ohjaajan tai lentoa valvovan operaattorin näköyhteyden ulkopuolella tapahtuviin lentoihin. Kaupunkialueilla ja matalilla lentokorkeuksilla edellytetään kattavaa ja luotettavaa reaaliaikaista digitaalista tietoa lentoesteistä.

Logistiikan digitalisaatiostrategia

Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisema Logistiikan digitalisaatiostrategia sisältää logistiikan vision, tavoitteet ja strategiset toimenpiteet, joita taustoitetaan tausta-aineistolla mm. nykytilasta. Strategiassa ei käsitellä automaatiokehitystä, sillä se sisältyy ministeriön lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelmaan. Sen sijaan tarkastellaan miten liikenteen automaatio ja tiedon hyödyntäminen voivat edistää liikennesektorin palvelullistumista ja päästöjen vähentämistä. Suomalaisen logistiikan visio on ”Infrastruktuuri, logistiikka ja tieto muodostavat toimivan kokonaisuuden kuljetuskäytävillä. Digitalisaatiolla Suomi on siirretty kohti tehokasta ja kestävästä logistiikkaa.”

Vision saavuttamiseksi asetetaan kolme keskeistä tavoitetta: 1) Tiedonjaon, hyödyntämisen ja tiedon tuottamisen kehittäminen koko kuljetusketjulla, 2) laadukkaan tietopohjan kehittäminen ja 3) kansalaisten ja yritysten mahdollisuudet vaikuttaa omaan hiilijalanjälkeensä. Ensimmäisen tavoitteen, tiedonjaon, käyttö- ja täyttöasteen kehittämiseksi esitetään kaupunkien kuljetusten yhteisjakelua ja muiden välitysratkaisuiden käyttöä, jotta tyhjänä ajo vähentyisi. Satamien ja terminaalien toiminnasta todetaan täyttö- ja käyttöasteen nostaminen niiden toimintaa optimoimalla. Lisäksi vähentämällä tieliikenteen kuljetuskaluston viipymistä satamassa, esim. slotti-varaus-järjestelmällä, voidaan vähentää päästöjä.

Tavoitteiden saavuttamiseksi strategian toimenpiteet ovat seuraavat:

- a. Logistiikan tietoympäristön kehittäminen
- b. Mahdollistava lainsäädäntö
- c. Seurantatiedon saatavuuden ja tilastoinnin kehittäminen
- d. Rahoitus ja pilotointi
- e. Optimoitu kalusto ja kapasiteetti kaupunkilogistiikkaan
- f. Tieto yhteen toimivaksi yhteistyöllä

Toimenpide a. Logistiikan tietoympäristön kehittäminen sisältää logistiikan tilannekuvan ja tiedonvaihdon, joissa merkittävässä roolissa sekä pohjana automaatioteknologian edistämiseksi toimivat koneluettava ja koneellisesti käsiteltävä tieto. Tiedon vaihtoa kaupunkialueille sisältää toimenpide e. Optimoitu kalusto ja kapasiteetti kaupunkilogistiikassa, jossa esitetään kaupunkien ja elinkeinoelämän yhteistyöstä kuljetusten yhdistämiseksi ensimmäisellä ja viimeisellä kilometrillä, pienemmän jakelukuluston käyttöä standardoiduilla lastausyksiköillä, lastauksesta aiheutuvan melun vähentäminen ja hiljaisten sähkökäyttöisten erikokoisten ajoneuvojen käyttö sekä niiden latauspaikkojen infrastruktuurin ja tiedon tarjoaminen.

Meriliikenteessä ja satamien sekä terminaalien toiminnassa huomioita tulisi kiinnittää toimenpiteen a. Logistiikan tietoympäristön kehittäminen mukaisesti solmupisteiden saapumis- ja lähtöaikatietojen saatavuuteen. Tiedonvaihtoa edistämiseksi, huomioiden kyberturvallisuuden, tulisi toimijoiden kanssa yhdessä määrittellä periaatteet välitysalustojen ja -palveluiden toiminnalle, joissa osana myös EU:n sähköiset rahtitiedot ja meriliikenteen satamailmoitusten vaatimukset (EMSW-asetus). Euroopassa tavoitteena on harmonisoida merenkulun palveluympäristön ilmoitusmuodollisuudet satamakäyntien yhteydessä. Satamien automatisoinnin osalta investointikustannukset voivat olla liian suuret tavaravirtoihin nähden.

Liikennealan kestävä kasvun ohjelma 2021–2023

Liikennealan kestävä kasvun ohjelma 2021–2023 päätavoitteena on liikenteen toimialan vientipotentiaalin kasvattaminen ja liiketoimintaekosysteemien synnyttäminen Suomeen työpaikkoineen. Ohjelma sisältää julkisen ja yksityisen sektorin sekä tutkimusalan yhdessä valmisteleman tavoitetilan ja tulevaisuuskuvan vuoteen 2030 sekä kymmenen strategista toimenpidettä kolmelle kokonaisuudelle: toimintaympäristön kasvu, skaalautuvia kestäviä ratkaisuja vientimarkkinoille ja jatkuva ekosysteeminen yhteistyö. Digitalisaatio ja automatisaatio ovat osana keinovalikoiman keskeisiä työkaluja Suomen liikennealan kehittämisessä. Ohjelmassa on huomioitu myös liikenne- ja viestintäministeriön liikenteen automaation toimenpide- ja lainsäädäntösuunnitelma sekä logistiikan digitalisaatiostратегия.

Automaation ja MAL-sopimuksen osalta merkittävin on Skaalautuvia kestäviä ratkaisuja vientimarkkinoille - kokonaisuuden viides strateginen toimenpide: Kaupungit toimivat alustana kestävien edelläkävijäratkaisujen kehittämisessä ja käyttöönotossa. Kokonaisuuden osana käsitellään vastuullisesti toteutettuja automaattiratkaisuja, joissa hyödynnetään suomalaista teknologia- ja testausosaamista kehitysalueineen, mm. 5G-verkkojen osalta, jotka tukevat myös muiden älykkäiden ratkaisuiden toteutusta. Toimenpiteen toteuttamiseksi on kolme kohta:

- a. Edistetään kestävä ja hiilineutraalin liikenteen ja liikkumisen liiketoimintaratkaisujen ja ekosysteemien syntymistä kaupunkiseuduilla.
- b. Mahdollistetaan julkisen liikenteen ja kaupalliset palvelut yhdistävät saumattomat matkaketjut ja liikkumisen palvelut kaupungeissa ja niiden välillä.
- c. Edistetään automaattiliikennettä tavoitteena tuotantokäyttö ja kehittämisen ekosysteemi.

Toimenpiteen V. toteuttamiseksi kohta c. Edistetään automaattiliikennettä tavoitteena tuotantokäyttö ja kehittämisen ekosysteemi, jota varten tulisi toteuttaa seuraavat:

- Selvittää automaattiliikenteen tuotantokäyttöön kaupungeissa liittyvät fyysisen ja digitaalisen infrastruktuurin vaatimukset
- Käynnistää viitearkkitehtuurin ja suunnitteluohjeiston laatiminen.
- Valmistella robottibussien tuotantokäyttöhankinta ajoneuvoineen ja operointeineen, mahdollisesti kaupunkien yhteishankinnoilla.

Toimenpide yhdeksän korostaa ekosysteemin syntymisen ja kansainvälistymisen systemaattista edistämistä, jota kohdan b. mukaisesti edistetään tunnistamalla yhteistä ja koordinoitua kehittämistä, mm. automaatiassa. Vastaavasti toimenpide kolme ”Kansallinen ja kansainvälinen tutkimusyhteistyö ja toimialan osaamisen kehittäminen” sisältää yhteistyömallien jatkumisen ja edelleen kehittämisen varmistamisen, joilla taataan riittävä osaamis pohjan saatavuus yrityksille liikenteen sähköistymisen, automaation ja palveluistumisen alueilla, sekä siirretään tutkimuslöydöt elinkeinoelämän hyödynnettäväksi.

Lainsäädännölliset puitteet

Tieliikenteen automaation kokeilut ovat mahdollisia Suomessa nykyisen tieliikennelainsäädännön puitteissa. Automaattiautojen testaamiseen liikenteessä on haettava koenumerotodistus ja koenumerokilvet, jotka saa Liikenne- ja viestintävirasto Traficomista (automatedvehicles@traficom.fi). Lisäksi apua lainsäädännöllisiin, ajoneuvojen teknisen hyväksynnän ja rekisteröinnin kysymyksiin automaattikokeilujen toteuttamisessa saa myös tarvittaessa Traficomista. (Traficom 2018)

Edeltävässä luvussa esitetyssä Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisemassa Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelmassa (LVM 2021:28) ensimmäisessä osassa (I osa), kohdassa Liikenteen automaation kehittäminen ja hyödyntäminen, kolmesta linjauksesta viimeinen 3. linjaus käsittelee sääntelyä: Liikenteen automaation sääntelykehikkoa kehitetään kokonaisvaltaisesti. Linjauksessa esitetään sääntelyn tavoitteeksi tavoite-, suoritus- ja riskiperusteisuus, jota tukevat kansainvälinen sääntely, sovitut menettelytavat ja standardit. Jatkokssakin tulee varmistaa automaation noudattavan kansainvälisiä liikennesääntöjä. Liikenteen automaation tulee noudattaa teknologianeutraaliteettia ja kehitys tulee olla yritysvetoista sekä kestävä kehityksen periaatteiden mukaista. Sääntelyhankkeissa on kiinnitettävä huomiota vaikutuksiin isojen yhteiskunnallisten tavoitteiden ja visioiden saavuttamisessa.

LVM (2021:28) sääntelyä koskevissa toimenpiteissä nostetaan ensimmäisenä esille datan hyödyntäminen ja tekoälyjärjestelmien käyttö, joilta vaaditaan eettistä kehittämistä. Toisena on läpinäkyvyys, joka koskee algoritmeja, jotta varmistetaan järjestelmien turvallisuus ml. kyberturvallisuus. Suomessa pyritään jatkossakin olemaan edistyskellisiä säädösympäristön luomisessa ja tilannekuvan muodostamisessa. Seuraavat kaksi keskeistä toimenpidettä esitetään, joissa yhtenä toimenpiteiden pääasiallisina vastuutahoina ja keskeisinä toimijoina on nimetty myös kunnat:

1. Valmistellaan tarvittavat kansalliset sääntelyhankkeet automaation kokeilujen ja käyttöönoton edistämiseksi.
2. Vaikutetaan säädösten ja standardien valmisteluun EU:ssa ja liikenteen kansainvälisissä järjestöissä aktiivisesti ja voimakkaasti sekä vahvistetaan vaikuttamiseen käytettäviä resursseja laajalla yksityisen ja julkisen sektorin yhteistyöllä.

Laajemmin automaation sääntelyn kehitystarpeita on käsitelty LVM (2021:28) III osan taustaselvityksessä, jossa tarkempi katsaus liikenteen automaation sääntelyn kehitystarpeisiin. Luvusta löytyy myös liikennemuotokohdattaiset osiot, esim. tieliikenne luvussa 4.2., jossa vahingonkorvauksia ja vakuutuksia koskevan sääntelyn todetaan olevan varsin toimiva, vaikkakin tarkennuksia voidaan vielä tarvita.

EU:n täytäntöönpanoasetus 2022/1426 täysin automatisoitujen ajoneuvojen automatisoidun ajojärjestelmän (ADS) tyyppi hyväksynnässä sovellettavista yhdenmukaisista menettelyistä ja teknisistä eritelmistä antaa laillisen pohjan tason 4 automaattiajoneuvojen käyttöönotosta. On huomattava, että asetus rajaa tyyppi hyväksynnän koskevan vain seuraavia kolmea tapaus: (EU/2022/1426)

- a. täysin automatisoidut ajoneuvot, myös kaksitoimiset, jotka on suunniteltu ja rakennettu matkustajien tai tavaroiden kuljettamiseen ennalta määritellyllä alueella

- b. pisteestä toiseen -liikenne: täysin automatisoidut ajoneuvot, myös kaksitoimiset, jotka on suunniteltu ja rakennettu matkustajien tai tavaroiden kuljettamiseen ennalta määritellyllä reitillä, jossa matkan lähtö- ja päätepisteet ovat kiinteät
- c. automaattinen pysäköintipalvelu: kaksitoimiset ajoneuvot, joissa on täysin automatisoitu ajotila ennalta määritellyissä pysäköintilaitoksissa tapahtuvaa pysäköintiä varten. Järjestelmä voi dynaamisen ajotehtävän suorittamisessa käyttää tai olla käyttämättä pysäköintilaitoksen ulkoista infrastruktuuria (esim. paikanusmerkkejä ja havaintoantureita).

Tämä antaa puitteet mm. automaattibusseille linjaliikenteessä sekä rajattujen alueiden automaattipikkubusseille, jakeluroboteille ja robottitakseille.

ITS direktiivin päivitys

Euroopan komissio julkaisi vuonna 2021 ehdotuksen tieliikenteen älykkäiden liikennejärjestelmien käyttöönoton sekä tieliikenteen ja muiden liikennemuotojen raja- puitteista annetun direktiivin 2010/40/EU muuttamisesta. Tämän selvityksen kirjoitusvaiheessa näyttää siltä, että uudistus saadaan viimeisteltyä vuoden 2023 loppuun mennessä. Uudistusehdotuksen 2 artiklassa viitataan liitteessä I ehdotettuihin uusiin ensisijaisiin aloihin, joista C-ITS:n kannalta merkittävin on ensisijainen ala IV: Vuorovaikutteisen, verkottuneen ja automatisoidun liikkumisen palvelut. Liitteessä I määritellään ensisijaiseen alaan IV kuuluvat määrittäykset ja standardit.

ITS-direktiivin uudistamisen Euroopan komission järjestämät julkiset kuulemiset päättyivät keväällä 2022. Ehdotetulle uudistukselle ei ole raportin kirjoittamisvaiheessa annettu voimaanastumispäivämäärää. Ehdotuksessa direktiivin maantieteellinen kattavuus astuisi voimaan vaiheittain vuosien 2025–2028 välillä. Ehdotuksessa esitetään jäsenmaille veloitetta varmistaa liikenne- ja matkatietojen saatavuus, kun vastaavasti nykyinen direktiivi velvoittaa varmistamaan tietojen käytettävyyden vain, jos kyseisiä tietoja on digitaalisessa muodossa saatavilla. (Euroopan komission 2020, Liikenne- ja viestintäministeriö 2021, Paasilehto 2022)

Osana ITS direktiivin päivitystä myös komission delegoitua asetusta multimodaalisten matkatietopalveluiden tarjoamisesta (MMTIS) uudistetaan. Lisäksi komissiolta on tulossa ehdotus/asetus multimodaalisten digitaalisten liikkumispalveluiden sääntelystä (Multimodal Digital Mobility Services, MDMS), jonka tavoitteena on luoda tasa-puoliset toimintapuitteet markkinoille. Asetuksen kohteena ovat esimerkiksi lipunmyyntikanavat ja matkustajajoi-keudet. MDMS-asetuksen valmistuminen on kuitenkin myöhässä suunnitellusta aikataulustaan merkittävästi.

Oulun seudun MAL-tavoitteet

Oulun seudun MAL-tavoitteet kattavat kahdeksan kunnan alueen, mutta sopimusosapuolia ovat myös ministeriöt, Väylävirasto, Traficom, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, Pohjois-Pohjanmaan liitto ja ARA. Oulun seudun MAL-tavoitteita ovat seudun:

- elinvoimaisuuden lisääminen
- **saavutettavuuden parantaminen kestävin kulkutavoin**
- **houkuttelevuuden lisääminen asukkaiden ja yritysten näkökulmasta**
- riittävä ja kohtuuhintainen asuntotuotanto, monipuolinen asuntojen hallintamuotojakauma, riittävä asema-kaavavaranto
- työpaikkojen ja elinkeinoelämän kasvua tukeva maankäyttö
- tehokas ja taloudellinen yhdyskuntarakenne, joka tukee kestävästä liikkumisesta
- **kestäviin liikkumisen ja kuljettamisen ratkaisuihin siirtyminen**
- lähimatkojen ja virkistyskohteiden vetovoimaisuuden lisääminen
- **turvallisuus ja terveellisyys elinympäristönä.**

Tavoitteena on luoda kestävä ja vähähiilinen yhdyskuntarakenne ja liikennejärjestelmä. Tavoitetilassa vuoden 2030 jälkeen kestävien kulkutapojen (mm. joukkoliikenne) osuus matkoista ja liikennesuoritteesta on kasvanut aiempaa nopeammin ja Oulun seutu on saavuttanut kansalliset päästövähennystavoitteet. Maankäyttöä ohjataan joukkoliikenteen käytäviin ja solmukohtiin. Liikkumisen tulee olla turvallista ja terveellistä.

Oulun ICT-osaamista ja digitalisaatiota hyödynnetään älykkäiden palveluiden toteuttamiseksi esimerkiksi matka- ja kuljetusketjujen toimivuuden ja kestävyiden edistämiseksi. (Ympäristöministeriö 2020). Liikenteen automaation hyödyntäminen on yksi tavoista edistää MAL-tavoitteiden saavuttamista. Edellisessä listauksessa **tummennetut tavoitteet** ovat niitä, joita liikenteen automaation keinoin voidaan edistää. Automaation avulla voidaan toteuttaa aiempaa tehokkaammin kestäviin kulkutapoihin nojautuvia liikkumispalveluja. Automaation keskeisimpiä tavoitteita on liikenneturvallisuuden parantaminen, mikä vaikuttaa suoraan elinympäristöjen turvallisuuteen. Liikenteen automaation tukeminen mahdollistaa tehokkaiden kuljetusketjujen kehittämisen ja luo mahdollisuuksia alueen toimijoille ulosmitata digitalisaation hyödyt ja alueen osaaminen täysimittaisesti.

| | | | | |
|---|---------------------------------|--|-----------------|-----------------------------------|
| Julkaisusarjan nimi ja numero Raportteja 65/2023 | | | | |
| Vastuualue Liikenne | | | | |
| Tekijät Tomi Laine Risto Kulmala Ilkka Kotilainen Tommi Kantala Taina Haapamäki | | Julkaisu-aika Marraskuu 2023 | | |
| | | Kustantaja Julkaisija Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus | | |
| | | Hankkeen rahoittaja toimeksiantaja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, Oulun kaupunki | | |
| Julkaisun nimi Liikenteen automaation tiekartta Oulun seudulle | | | | |
| Tiivistelmä <p>Automatisaatio etenee kaikissa kulkutavoissa, terminaalioperaatioissa sekä kunnossapidon kalustossa. Sen odotetaan parantavan liikenneturvallisuutta, matkustusmukavuutta, liikenteen sujuvuutta sekä vähentävän liikenteen ja pysäköinnin tilantarvetta. Lisäksi palveluntuotannon ja logistiikan kustannukset alenevat henkilöstökustannusten vähenemisen myötä. Liikennejärjestelmän tasolla automaatio voi muuttaa ihmisten liikkumistottumuksia, kun kuljettaja vapautuu ajotehtävistä esim. lepoon tai työntekoon, tai kun markkinoille tulee uudenlaisia automaattiautoihin perustuvia liikkumispalveluja tehokkaalla kustannusrakenteella.</p> <p>Työn tavoitteena on ollut laatia seudullinen automaation tiekartta vuoteen 2035 eli pitkän aikavälin toimenpideohjelma, jota toteuttamalla Oulun seudun toimijat voivat edistää hyödyllisimpien automaation sovellusten käyttöönottoa ja toimivuutta sekä ohjata automatisoitumista yhteiskunnan kannalta hyödylliseen suuntaan. Tämä tiekartta keskittyy toimenpiteisiin, joilla julkiset toimivat voivat vaikuttaa automatisaation hyödyntämiseen liikennejärjestelmässä. Tiekartta sisältää työn aikana tunnistettuja toimenpidetarpeita sekä seudullisille toimijoille (erityisesti Oulun kaupunki, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus) että kansallisille toimijoille (Fintraffic Tie Oy, Väylävirasto, Traficom, LVM).</p> <p>Tulevaisuuden kehityskulujen arvioinnin sekä laaditun vaikutusarvioinnin perusteella laadittiin yhdessä työn tilaajien ja si dosryhmien kanssa Oulun seudun automaation tulevaisuuskuva vuodelle 2035, jossa on määritelty liikenteen automaation keskeiset seudulliset käyttökohteet sekä olennaiset mahdollistajat, esteet ja haasteet, odotetut vaikutukset sekä mahdolliset tukevat liikennepoliittiset ja muut keskeiset toimenpiteet. Tulevaisuuskuvan pohjalta laadittiin konkreettinen tiekartta liikenteen automaation edistämiseksi seudulla</p> <p>Automaation edistämisen toimenpiteet priorisoitiin kolmeen luokkaan seuraavasti:</p> <p>I Välttämättömät; toimenpiteet, jotka on toteutettu EU:n tai kansallisen lainsäädännön velvoitteina, tai jotka liittyvät esimerkiksi kansallisen strategian tai toimenpideohjelman toimeenpanoon</p> <p>II Tarpeelliset; toimenpiteet, jotka hyödyttävät tavallisten ajoneuvojen kuljettajia ja/tai muita liikkujia, sekä parantavat automaattisten sovellusten edellytyksiä (eng. "no regret").</p> <p>III Mahdolliset; toimenpiteet, joiden tarve voi realisoitua automaation käyttöönoton edetessä ja teknologian kehittyessä, edellyttävät aktiivista seuranta ja toteutusvalmiuden nostamista ja ylläpitoa.</p> | | | | |
| Asiasanat (YSA:n mukaan) Liikenteen automaatio | | | | |
| ISBN (painettu) | ISBN (PDF) 978-952-398-187-4 | ISSN-L | ISSN (painettu) | ISSN (verkojulkaisu) 2242-2854 |
| www www.doria.fi/ely-keskus | | URN URN:ISBN:978-952-398-187-4 | Kieli Suomi | Sivumäärä 62 |
| Julkaisun myynti/jakaja Julkaisu on Kansalliskirjaston ylläpitämässä julkaisuarkistossa Doria: doria.fi/ely-keskus | | | | |
| Kustannuspaikka ja aika | | | Painotalo | |

RAPORTTEJA 65 | 2023

LIIKENTEEEN AUTOMAATION TIEKARTTA OULUN SEUDULLE

Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

ISBN 978-952-398-187-4 (PDF)

ISSN-L 2242-2846

ISSN 2242-2854 (verkkajulkaisu)

URN:ISBN:978-952-398-187-4

www.doria.fi/ely-keskus | www.ely-keskus.fi