



Liikenne- ja
viestintäministeriö

Robotit maalla, merellä ja ilmassa

Liikenteen älykkään automaation
edistämissuunnitelma

Liikenne- ja viestintäministeriön

visio

Hyvinvointia ja kilpailukykyä hyvillä yhteyksillä

toiminta-ajatus

Liikenne- ja viestintäministeriö edistää väestön hyvinvointia ja elinkeinoelämän kilpailukykyä. Huolehdimme toimivista, turvallisista ja edullisista yhteyksistä.

arvot

Rohkeus
Oikeudenmukaisuus
Yhteistyö



Julkaisun nimi

Robotit maalla, merellä ja ilmassa. Liikenteen älykkään automaation edistämissuunnitelma

Tekijät

Eetu Pilli-Sihvola, Kirsi Miettinen, Kalle Toivonen, Laura Sarlin, Kimmo Kiiski, Risto Kulmala sekä muut asiantuntijat

Toimeksiantaja ja asettamispäivämäärä

Liikenne- ja viestintäministeriö 18.11.2014

Julkaisusarjan nimi ja numero

**Liikenne- ja viestintäministeriön
julkaisuja 7/2015**

ISSN (verkkojulkaisu) 1795-4045

ISBN (verkkojulkaisu) 978-952-243-456-2

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-456-2>

HARE-numero

Asiasanat

automaatio, automatisaatio, robotisaatio, liikenne

Yhteyshenkilö

Kirsi Miettinen

Tiivistelmä

Koko yhteiskuntaa koskehtavan digitalisaation ennakkoluuloton hyödyntäminen on Sipilän hallituksen ohjelmassa nostettu yhdeksi avaintekijäksi Suomen kilpailukyvyyn parantamisessa. Digitalisaatio mullistaa monella tapaa myös ihmisten ja tavaroiden liikkumista ja tähän liittyviä liiketoimintamalleja. Liikenteen älykkään automaation lisääntyminen eli automatisaatio on osa tätä kehitystä, ja se tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia liikenteen ja kuljetusten turvallisuuden, tehokkuuden ja kestävyuden parantamiseksi.

Tämä suunnitelman ensimmäinen versio kuvaa liikenteen älykkään automaation sovelluskohteita ja mahdollisuuksia sekä automaation kehityksen edellytyksiä. Suunnitelmassa on tunnistettu toimenpiteitä, joilla voidaan parantaa Suomen valmiuksia ja mahdollisuuksia automaation edetessä.

Hallitusohjelmassa korostetaan turhan sääntelyn purkamista ja kokeiluiden helpottamista. Tieliikenteessä Suomen lainsäädäntö mahdollistaa jo automaattiautojen kokeilut yleisillä teillä koeilpiä käyttämällä. Apua kokeiluiden käytännön asioihin saa Trafiin tätä varten perustetusta palvelupisteestä.

Ilmailussa Trafi valmistelee miehittämättömiä ilma-aluksia koskevaa sääntelyä, jossa pyritään keveyteen ja nykyaikaisuuteen turvallisuutta unohtamatta. Miehittämättömän ilmailun haasteisiin kehitetään innovatiivisia ratkaisuja verkottamalla alan toimijoita ja tiedottamalla aktiivisesti lainsäädännön tarjoamista mahdollisuuksista.

Merenkulun osalta tulee selvittää kansallisen ja kansainvälisen sääntelyn suhde automaation hyödyntämiseen sekä vaikuttaa sääntelyn kehittämiseen niin, että se sallisi automaatiokokeilut. Kotimaan liikenteessä ja Suomen aluevesillä voidaan jo toteuttaa automaattialuksiin liittyviä kokeiluja. Raideliikenteessä tulee vaikuttaa kansainvälisen sääntelyn kehitykseen kokeiluiden mahdollistamiseksi. Lisäksi turvalaitteiden uusimisella voidaan vauhdittaa junien automaattisen ohjauksen kehittämistä.

Suomella on erinomaiset mahdollisuudet olla kehityksen kärkimaa. Täällä on vankka tahtotila, perinteitä tieto- ja tietoliikennetekniikassa, robotiikkaan ja työkoneisiin liittyvää osaamista sekä taitoa talviolosuhteissa toimimisesta. Suomella onkin mahdollisuus profiloitua liikenteen automaation arktisena testiympäristönä: jos se toimii Suomessa, se toimii missä vain!



Publikationsdatum
1.9.2015

Publikation Robotar på land, till sjöss och i luften. Plan för främjande av intelligent automatisering inom trafik och transport	
Författare Eetu Pilli-Sihvola, Kirsi Miettinen, Laura Sarlin, Kimmo Kiiski, Risto Kulmala och andra experter	
Tillsatt av och datum Kommunikationsministeriet 18.11.2014	
Publikationsseriens namn och nummer Kommunikationsministeriets publikationer 7/2015	ISSN (webbpublikation) 1795-4045 ISBN (webbpublikation) 978-952-243-456-2 URN http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-456-2 HARE-nummer
Ämnesord automation, automatisering, robotisering, trafik	
Kontaktperson Kirsi Miettinen	Rapportens språk Finska
Sammandrag Enligt regeringsprogrammet för Juha Sipiläs regering är ett fördomsfritt utnyttjande av den digitalisering som omspannar hela samhället en av nyckelfaktorerna för att höja den finska konkurrenskraften i. Digitaliseringen omvälvor också de sätt på vilka människor och varor rör sig och affärsmodeller i samband med detta. En ökning av intelligent automation av trafiken, automatisering, är en del av denna utveckling som skapar stora möjligheter för att höja säkerheten, effektiviteten och hållbarheten inom trafik och transport. I den första versionen av denna plan presenteras olika tillämpningar och möjligheter inom intelligent automation av trafiken samt förutsättningar för vidare utveckling. I planen har man identifierat åtgärder för att förbättra Finlands beredskap och potential i takt med att automatiseringen framskrider. I regeringsprogrammet betonas vikten av att slopa onödig och av att underlätta försök. I vägtrafiken är det enligt finsk lagstiftning möjligt att genomföra prov med automatiserade bilar på allmänna vägar om bilen förses med provnummerskyltar. Trafi har grundat ett serviceställe med uppgift att bistå med praktisk hjälp i vid eventuella försök. Inom luftfarten bereder Trafi bestämmelser om obemannade luftfartyg och målet är lätt och modern reglering utan att göra avkall på säkerheten. För obemannade luftfartyg utvecklas innovativa lösningar i nätverk av branschaktörer och genom aktiv informations-spridning om de möjligheter som lagstiftningen erbjuder. Inom sjöfarten gäller det att utreda hur nationell och internationell reglering förhåller sig till automatiserade tillämpningar och att påverka den fortsatta regleringen så att den tillåter försök med automation. Inom inrikes farten och på Finlands territorialvatten är det redan möjligt att genomföra prov med automatstyrda fartyg. Inom spårtrafiken måste vi påverka utvecklingen av den internationella regleringen för att möjliggöra prov. Genom att förnya säkerhetsanordningar kan vi påskynda utvecklingen av automatstyrda tåg. Finland har utmärkta chanser att vara en föregångare inom utvecklingen. Vi har en stark vilja, lång erfarenhet av informationsteknik och datakommunikationsteknik, kompetens inom robotik och arbetsmaskiner samt expertis inom vintertrafiken. Finland kan därför profilera sig som en arktisk testmiljö för automatisering: om det fungerar i Finland, fungerar det var som helst!	



Date
1.9.2015

Title of publication Robots on land, in water and in the air. Promoting intelligent automation in transport services	
Author(s) Eetu Pilli-Sihvola, Kirsi Miettinen, Laura Sarlin, Kimmo Kiiski, Risto Kulmala, and other specialists	
Commissioned by, date Ministry of Transport and Communications, 18 November 2014	
Publication series and number Publications of the Ministry of Transport and Communications 7/2015	ISSN (online) 1795-4045 ISBN (online) 978-952-243-456-2 URN http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-456-2 Reference number
Keywords automation, automatisaation, robotisation, transport	
Contact person Kirsi Miettinen	Language of the report Finnish
Abstract <p>Prime Minister Sipilä's Government Programme outlines open-minded utilisation of digitalisation in the entire society as a key to improving Finland's competitiveness. Digitalisation is also changing mobility of people and goods in many ways, including the related business models. The development is reflected in the increase of intelligent automation in transport, in other words automatisaation. It offers opportunities to improve safety, efficiency and sustainability of transport and goods services.</p> <p>This first draft plan describes applications and opportunities in intelligent automation in transport and the prerequisites for further development of automation. The plan also identifies measures that can better prepare Finland for automation.</p> <p>The Government Programme stresses deregulation and easier arrangement of experiments. Even the current Finnish legislation allows experiments of automated cars on the roads if test number plates are used. Help in practical matters relating to experiments is provided by the Finnish Transport Safety Agency, Trafi.</p> <p>In the field of aviation, Trafi is drafting provisions on unmanned aerial vehicles. The aim in the work is light and modern regulation. Innovative solutions are being developed to meet the challenges of unmanned aviation: operators in the sector are networking and they are actively informed of opportunities provided by legislation.</p> <p>In maritime transport, the relation between regulation, both national and international, and use of automation must be examined. Regulation should be developed to allow automation experiments. Already at this point experiments relating to automated vessels can be carried out in national transport and in Finland's territorial waters. In rail transport, a proactive approach in the development of international regulation is needed to enable experimenting. For example, new railway safety equipment could speed up the development of automatic control of trains.</p> <p>Finland has every possibility to become the world leader in the development of transport automation: it possesses a clear vision, traditions in information and communications technology, expertise in robotics and work machinery, and skills to operate in winter conditions. Finland has a chance to become known as the Arctic test environment for transport automation: if it works in Finland, it will work anywhere!</p>	

Esipuhe

Juha Sipilän hallituksen ohjelmassa todetaan, että Suomen kilpailukyky rakentuu ennakkoluulottomalle uudistamiselle kokeiluja ja digitalisaation tarjoamia mahdollisuuksia hyödyntäen. Yhtenä tärkeänä tavoitteena on vauhdittaa innovaatio- ja palvelualustojen syntä myös liikenteessä ja liikkumisessa.

Me liikenne- ja viestintäministeriössä olemme vahvasti sitä mieltä, että älykäs automaatio on olennainen osa liikenteen digitalisaatiota, joka puolestaan tulee mullistamaan monella tapaa sekä liikkumisen että liikenteen palvelut ja niitä tarjoavien yritysten liiketoimintamallit. Liikenteen automatisaatio ei ole uusi asia, mutta nyt se etenee vauhdilla, ja jo muutamassa vuodessa robotit maalla, merellä ja ilmassa tulevat olemaan arkipäiväämme. Liikenteen automatisaation ajureina toimivat etenkin turvallisuuden ja tuottavuuden kasvuun liittyvät odotukset.

Tällä edistämissuunnitelmalla pyritään lyömään monta kärpää yhdellä kertaa: tässä kurkistetaan hieman yleisen robotisaatiokehityksen mukanaan tuomiin mahdollisuuksiin ja siihen, missä Suomessa tällä hetkellä mennään. Suunnitelman ydin on kuitenkin liikenteen älykkään automaation nykytilan, mahdollisuuksien ja haasteiden kuvaamisessa pääpiirteittäin sekä ensimmäisten askelmerkkien hahmottamisessa sen suhteen, kuinka edistetään määrätietoisesti maailman kärkipaikan saavuttamista.

Tämä suunnitelma on ensimmäinen hahmotelma aiheesta. Suunnitelma ei ole kiveen hakattu, vaan sitä on tarkoitus päivittää jatkuvasti. Sitä valmistelemassa on jo ollut mukana ilahduttava määrä toimijoita, ja näkemyksiä ja ajatuksia kaivataan jatkuvasti lisää. Erityisesti rohkaisemme ideoimaan ja kokeilemaan uutta, oppimaan virheistä ja kokeilemaan uudelleen. Yhteistyön on tarkoitus jatkua avoimena, joten tervetuloa mukaan: tästä se työ alkaa!

Helsingissä 1. päivänä syyskuuta 2015

Kirsi Miettinen
Lainsäädäntöneuvos,
Liikenteen turvallisuus ja automatisaatio -yksikön johtaja

Sisällysluettelo

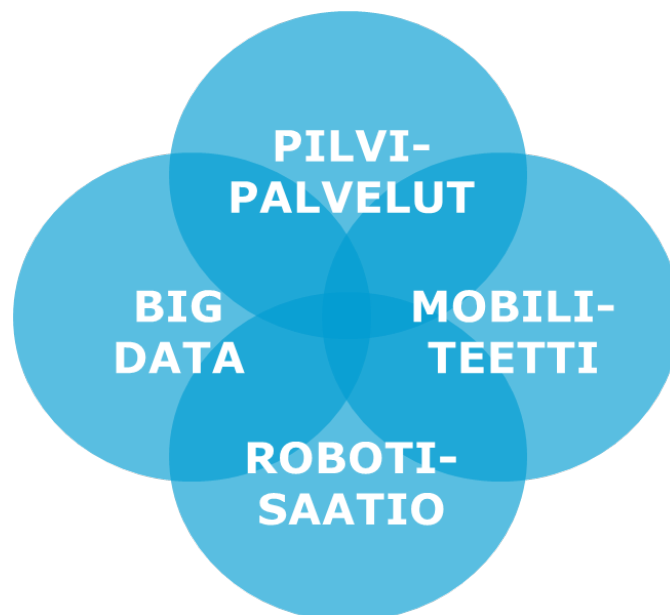
1.	Johdanto	8
2.	Visio liikenteen älykkään automaation merkityksestä vuonna 2020.....	10
3.	Tavoitteet	10
4.	Älykäs automaatio liikenteessä	11
4.1	Suomen vahvuudet liikenteen automatisaatioissa.....	11
4.1.1	Vankka tahtotila.....	11
4.1.2	Tieto- ja tietoliikenneinfrastrukturi ja -osaaminen.....	12
4.1.3	Robottiikkaosaaminen.....	12
4.1.4	Arktinen osaaminen.....	12
4.2	Tieliikenne.....	12
4.2.1	Automaation tasot ja määritelmät	12
4.2.2	Kuljettajaa avustavista järjestelmistä automaattiautoihin	14
4.2.3	Vaikutukset ja mahdollisuudet	15
4.2.4	Lähitulevaisuuden haasteet	16
4.2.5	Tieto älykkään automaation mahdollistajana.....	18
4.2.6	Tieliikenteen sääntely	20
4.2.7	Ajoneuvojen hyväksyntä tieliikenteeseen kokeiluja varten	22
4.2.8	Standardit.....	22
4.2.9	Vastuukysymykset ja vakuutusasiat	23
4.3	Ilmailu	24
4.3.1	Perinteinen lentokoneautomaatio	24
4.3.2	Miehittämättömät ilma-alukset	25
4.3.3	Sääntely	25
4.3.4	Vaikutukset, haasteet ja mahdollisuudet	27
4.4	Merenkulku	28
4.4.1	Älykäs automaatio.....	28
4.4.2	Sääntely	29
4.4.3	Vaikutukset, haasteet ja mahdollisuudet	30
4.5	Raideliikenne	31
4.5.1	Älykäs automaatio.....	31
4.5.2	Sääntely	31
4.5.3	Vaikutukset, haasteet ja mahdollisuudet	32
4.6	Logistiikka.....	32
5.	Liikenteen älykkään automaation kokeilut	34
5.1	Tieliikenne.....	34
5.2	Ilmailu	36
5.3	Merenkulku	36
5.4	Raideliikenne	37
6.	Liikenteen älykkään automaation liiketoimintaekosysteemin rakentaminen.....	38
6.1	Yleisesti liiketoimintaekosysteemeistä	38
6.2	Yleiset robotiikan markkinasegmentit Suomessa	38
6.3	Liikenteen älykkään automaation ekosysteemi	40
6.3.1	Kotimaisia tieliikenteen automatisaation toimijoita	41
6.3.2	Kotimaisia ilmailun automatisaation toimijoita	41
6.3.3	Suomessa toimivia merenkulun automatisaation yrityksiä	41
6.3.4	Kotimaisia raideliikenteen automatisaation toimijoita	42
7.	Yhteenveto.....	43

1. Johdanto

Robotisaatio on merkittävä osa vauhdikkaasti etenevää digitalisaatiokehitystä. Yksi digitalisaation hätkähdyttävimmistä ilmenemismuodoista on, että se hävittää suuren osan nykyisistä työpaikoista: Etlan arvion (Pajarinen & Rouvinen, 2014) mukaan Suomessa työpaikoista katoaa kolmannes. Erityisen näkyvää tämä kehitys on robotisaation kohdalla: yksi jos toinen nykyinen työtehtävä hoituu pian keinoälyn avulla. Digitalisaation etenemisessä toteutuu kuitenkin myös klassinen luova tuho, sillä se synnyttää uusia ja uudenlaisia tulevaisuuden työpaikkoja. Ne maat, jotka johtavat digitalisaatiokehitystä, myös hyötyvät siitä eniten. Tämän seurauksena kehityksen kärkitilaa on aktiivisesti tavoiteltava, mikäli hyvinvointi halutaan säilyttää. Digitalisaation ennakkoluuloton hyödyntäminen onkin nostettu Sipilän hallituksen ohjelmassa yhdeksi avaintekijäksi Suomen kilpailukyvyn parantamisessa.

Suomella on erinomaiset edellytykset olla digitalisaation kärkimaita. Osa näistä edellytyksistä liittyy yleisiin tekijöihin kuten kansakunnan laajaan ja korkeaan koulutustasoon. Osa puolestaan liittyy suoraan digitalisaatioon kuten perinteisesti vahvoihin radioteknologian osaamiseen ja mobiiliteknologioiden edelläkävijyyteen. Olemme myös kansainvälisesti erittäin vahvoja keskeiseksi havaitulla osaamisalueella eli tietoon perustuvien palveluiden luomisessa. Avoin data ja suurten tietomassojen käsittely - näillä alueilla pärjäämme erinomaisesti.

Digitalisaatiokehityksen merkitys muodostuu sen eri osa-alueiden kehittymisestä riittäville kehitystasoille ja niistä yhdistelmistä, joita näiden osa-alueiden yhteen toimivuudesta seuraa. Esimerkiksi pilvipalveluiden ja big data -työkalujen kehittyminen ovat mahdollistaneet erilaisten tietovarantojen yhdistelemisen aivan uudella tavalla. Kehitys yhdellä osa-alueella ei vielä olisi ollut ratkaisevaa, mutta pilvipalvelut, big data, langaton viestintä ja robotisaatio muodostavat kokonaisuutena voittajayhdistelmän, joka muuttaa tavat tehdä työtä ja viettää vapaa-aikaa. Suomella on laajaa osaamista ja vahvuuksia kaikilla näillä osa-alueilla (Kuva 1), mutta näitä vahvuuksia ei ole toistaiseksi onnistuttu täysimääräisesti hyödyntämään.



Kuva 1. Suomalaisen osaamisen voittajayhdistelmä

Robottiikan osalta on todettava, että olemme tällä hetkellä jäljessä kärkimaiden tahdista. Valopilkkuja kuitenkin löytyy, sillä esimerkiksi työkone- ja kaivosautomaatiossa olemme jo maailman mittakaavassakin kehityksen eturintamassa. Liikenteen automatisaation edistämiseksi taas on jo syntynyt vahva yhteinen tahto tarttua niihin mahdollisuuksiin, joita ulottuvillamme on.

Uusien ratkaisuiden nopean omaksumisen vuoksi tulee ottaa riskejä ja hyväksyä virheitä: tähän kannustetaan Sipilän hallituksen ohjelmassakin. Mikään ei ole aluksi täydellistä eikä mistään sellaista tule, jos kokeiluja tehdään vain laboratorioissa. Suomen on avauttava uudelle teknologialle ja tehtävä se rohkein mielin. Siksi hallitusohjelmassakin kannustetaan ketterään uudistumiseen kokeiluja helpottamalla ja niitä hyödyntämällä. Muutos tapahtuu tekemällä.

Robotisaatiolla tai automatisaatiolla voidaan tarkoittaa hyvin monenlaisia asioita. Tässä raportissa älykkäällä automaatiolla, ja sen lisääntymisellä eli automatisaatiolla, tarkoitetaan modernia robotiikkaa, jossa laite tai järjestelmä kykenee yhä itsenäisempään toimintaan, havainnointiin, oppimiseen ja päätöksentekoon ohjelmistoihin yhdistettävien keinoälyn, sensoreiden ja asioiden internetin avulla. Robotti voi ulkomuodoltaan olla esimerkiksi liikenneväline tai työkone, mutta se voi olla pelkkä ohjelmistorobottikin.

2. Visio liikenteen älykkään automaation merkityksestä vuonna 2025

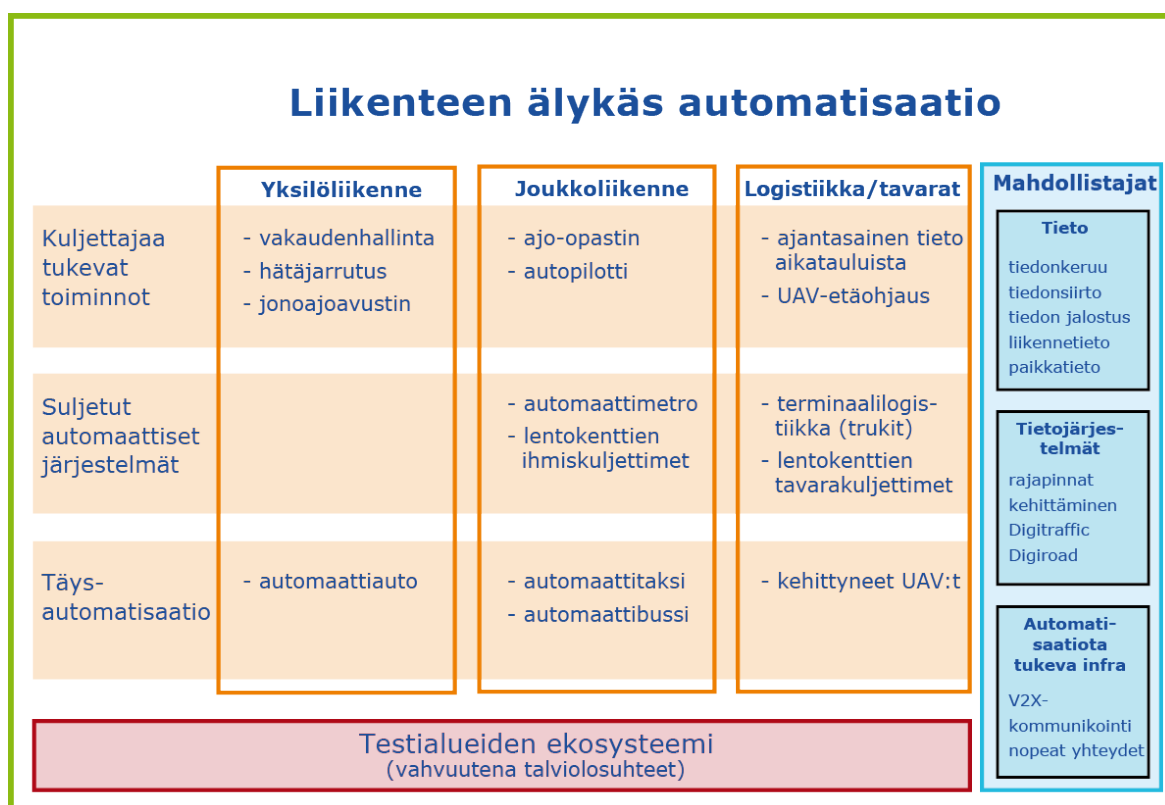
- Suomessa on maailman kärkitasoa olevia liikenteen älykkään automaation osaamiskeskittyimiä.
- Maalla, merellä ja ilmassa toimivat liikkumisrobotit ovat arkipäivää, ja niiden avulla ratkaistaan monia liikenteen palveluistumiseen liittyviä haasteita niin kaupungeissa kuin haja-asutusalueillakin.

3. Tavoitteet

- Saadaan Suomessa aikaan vahva yhteinen tahto olla yksi maailman eturivin toimijoista liikenteen älykkään automaation alalla.
- Saadaan aikaan mahdollistava sääntelykehikko, joka houkuttelee toimijoita Suomeen.
- Luodaan toimiva ja elinvoimainen liikenteen älykkään automaation liiketoimintakosysteemi.
- Olemassa olevia merkittäviä osaamisalueita hyödyntäen luodaan kansainvälisesti ainutlaatuinen tietoon perustuva liikenteen älykkään automaation infrastruktuuri, jossa hyödynnetään täysimääräisesti myös arktista osaamistamme.
- Luodaan ja käytetään runsaasti liikenteen älykkäälle automaatiolle perustuvia palveluita.

4. Älykäs automaatio liikenteessä

Älykkään automaation lisääntyminen, automatisaatio, tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia niin ihmisten kuin tavaroiden liikuttamisen sujuvoittamisessa ja tehostamisessa (Kuva 2). Yksilö- ja joukkoliikenteessä liikennevälineiden asteittainen älykkään automaation lisääntyminen lisää turvallisuutta ja matkustusmukavuutta. Logistiikan puolella miehittämättömät ilma-alukset ja automatisoidut terminaaliratkaisut voivat puolestaan lisätä tehokkuutta. Näiden edistysaskelten mahdollistajina toimivat älykkäämpi infrastruktuuri, tiedon kerääminen ja hyödyntäminen sekä kehittyneet tietojärjestelmäratkaisut. Kuten kuvasta ilmenee, liikenteen automaatio ei ole mikään uusi asia.



Kuva 2. Älykäs automaatio liikenteessä.

4.1 Suomen vahvuudet liikenteen automatisaatiossa

4.1.1 Vankka tahtotila

Liikenteen automatisaation osalta on jo pystytty muodostamaan varsin vankka yhteinen tahtotila edistää kehitystä määrätietoisesti. Tahtotila mahdollistaa toimintaympäristön kartoittamisen, esteiden tunnistamisen ja niiden poistamisen. Keskeinen elementti toimintaympäristön toimivuudessa on sääntelyn tila.

Liikenteen älykkään automaation osalta voidaan todeta tiiviisti, että nykyinen lainsäädäntömme sallii jo paljon, mutta esteiden tunnistaminen on osittain kesken. On kartoitettava myös muut toimet ja painopisteet, joilla Suomesta tehdään liikenteen älykkään automaation huippumaa.

4.1.2 Tieto- ja tietoliikenneinfrastrukturi ja -osaaminen

Olemassa oleva tietoliikenneinfrastrukturi on Suomessa aidosti hyvää, mikä on ehdoton edellytys tieliikenteen edistyneelle automatisaatiolle. Infrastruktuuria on jatkossa yhä kehitettävä ja löydettävä myös uusia keinoja, jolla ajoneuvojen ja infrastruktuurin välinen tiedonvaihto voidaan varmistaa kaikissa olosuhteissa. Suomessa on erinomaiset edellytykset kehittää tietoliikennejärjestelmiä liittyen esimerkiksi keskenään ja infrastruktuurin kanssa keskusteleviin ajoneuvoihin (*V2X, vehicle-to-any communication*), ja tätä on myös edistettävä määrätietoisesti.

Suomessa on maailman mittakaavassa erittäin vahvaa tietoturvaosaamista ja erittäin korkea tietosuojan taso. Suomessa on myös edetty verrokkimaita pidemmälle julkisen sektorin tietovarantojen avaamisessa ja ylipäättään avoimen datan hyvien käytäntöjen luomisessa. Samoin suurten tietomassojen käsittelyn osaaminen on korkealla tasolla, ja esimerkiksi erilaisten karttatietojen ja rekisteritietojen muodostamat tietovarannot ovat kansainvälisesti ainutlaatuisia. Lähtökohdat tietoon perustuvien palveluiden ja järjestelmien kehittämiseen liikenteessä ovat huimia.

4.1.3 Robottiikkaosaaminen

Suomessa on vahvaa osaamista robotiikassa tietyillä aloilla, kuten metsä- ja kaivosalan työkoneissa. Näiltä sektoreilta myös löytyy kansainvälisesti merkittäviä toimijoita. Liikenteen osalta vastaavan luokan kansainvälisiä menestystarinoita ei vielä välttämättä löydy, mutta erittäin kiinnostavia toimijoita kylläkin. Yrityksiä, jotka jo toimittavat merkittäviä osakomponentteja, kuten karttoja, sensoriteknologiaa tai ohjelmistoja löytyy useita, ja potentiaalia tällaiseen toimintaan on erittäin runsaasti. Myös kokonaisten palvelukonseptien kehittäjiä löytyy, samoin kuin mahdollisesti hyödynnettävää potentiaalia muilla robotiikan sektoreilla tehdyistä innovaatioista.

4.1.4 Arktinen osaaminen

Tieliikenteen edistynyt automatisaatio ei voi yleistyä Suomessa tai muuallakaan, ellei visuaalisen havainnoinnin rinnalle varmistajaksi saada tietoliikennevälitteisesti saatavaa tietoa. Olosuhdeherkkyys lisääntyy automatisaation myötä, ja haastavat keliolosuhteet muodostuvat helposti liian suureksi esteeksi. Suomi voisi kuitenkin profiloitua arktisella osaamisellaan, etenkin testausalueilla ja infrastruktuurin kehittämiseen liittyvillä kokeiluilla. Suomessa on erittäin vahvaa osaamista esimerkiksi jää-, sää- ja meriturvallisuuspalveluissa, joiden hyödyntäminen ja kehittäminen luovat edelleen liiketoimintamahdollisuuksia. Ajatusmallina tulisi olla ”jos se toimii Suomessa, se toimii missä vain”.

4.2 Tieliikenne

4.2.1 Automaation tasot ja määritelmät

Tieliikenteen automatisaatioon liittyen puhutaan usein niin automaattisista kuin autonomisista ajoneuvoista (Innamaa et al., 2015). Automaattiautolla tarkoitetaan ajoneuvoa, joka kykenee ainakin osin suoriutumaan ajotehtävästä ilman kuljettajaa. Autonomisuudella puolestaan tarkoitetaan automaattisen ajoneuvon kykyä toimia itsenäisesti ilman kuljettajaa ennalta määrittelemättömässä liikenneympäristössä ajoneuvon omien järjestelmien avulla ilman yhteyttä muihin ajoneuvoihin tai infrastruktuuriin. Julkisuudessa näkee näitä termejä käytettävän varsin kirjavasti, eli monesti puhutaan autonomisista ajoneuvoista, kun oikeasti tarkoitetaan laajemmin automaattisia ajoneuvoja.

Lisäksi voidaan puhua kauko-ohjatuista ajoneuvoista. Tällöin kuljettaja on yhteydessä ajoneuvoon langattoman etäyhteyden kautta ohjaten ajoneuvoa ajantasaisen ajosimu-laattorin tai vastaavan käyttöliittymän avulla.

Tieliikenteen automaatio etenee portaittain. Sen eri tasoista puhuttaessa käytetään tällä hetkellä useimmiten SAE International -järjestön kuusiportaista luokittelua (Taulukko 1).

Taulukko 1. Tieliikenteen automaation eri tasot (SAE, 2014; Innamaa et al., 2015)

Taso	Nimi	Määritelmä	Ohjaus, kiihdyttäminen, jarrutus	Ympäristön monitorointi	Dynaamisen ajamisen varasuorittaja	Automaation kattavuus
Ihminen monitoroi ajoympäristöä			Ihminen	Ihminen	Ihminen	
0	Ei automaatiota	Ihminen suorittaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, vaikka ajamista tuettaisiin varoituksilla tai ajamiseen puuttuvilla järjestelmissä.				
1	Kuljettajan tuki	Ajotilannekohtaisia kuljettajan tukijärjestelmiä, jotka liittyvät joko ohjaamiseen tai kiihdyttämiseen/jarruttamiseen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamiseen ajotehtävän osa-alueista.	Ihminen ja järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Joitakin ajotilanteita
2	Osittainen automaatio	Yksi tai useampi ajotilannekohtainen kuljettajan tukijärjestelmä, joka kattaa sekä ohjaamisen että kiihdyttämisen/jarruttamisen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamiseen ajotehtävän osa-alueista.	Järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Joitakin ajotilanteita
Järjestelmä monitoroi ajoympäristöä			Järjestelmä	Järjestelmä	Ihminen	
3	Ehdollinen automaatio	Ajotilannekohtainen automaattijärjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet (kuten pituus- ja poikittaissuuntaisen kontrollon). Ihminen täytyy kuitenkin ottaa auto hallintaansa, kun järjestelmä näin pyytää.				Joitakin ajotilanteita
4	Korkea automaatio	Ajotilannekohtainen automaattijärjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet myös silloin, kun ihminen ei ota autoa hallintaansa, vaikka järjestelmä näin pyytää. Ellei kuljettaja ota ajoneuvoa haltuunsa, järjestelmä ohjaa auton hallitusti tien sivuun ja pysäyttää sen.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Suurin osa ajotilanteista
5	Täysi automaatio	Kaiken kattava automaattijärjestelmä, joka kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet kaikissa tie- ja ympäristöolosuhteissa.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Kaikki ajotilanteet

Kuljettajan roolia eri automaatiotasolla on kuvattu seuraavasti (Innamaa et al., 2015):

1. Järjestelmä tukee vain yhtä "toimintoa" ja kuljettaja huolehtii muista ajotoiminnoista JA seuraa ajoympäristöä.
2. Kuljettajan täytyy seurata ajoympäristöä.
3. Kuljettaja voi tehdä muita asioita ajaessaan, mutta tarvittaessa hänen täytyy ottaa ajoneuvo haltuunsa eli ryhtyä ajamaan.
4. Kuljettaja voi jopa nukkua, koska järjestelmä varoittaa häntä, jos kuljettajan täytyy ottaa ajoneuvo haltuunsa.
5. Kuljettajaa ei tarvita.

Automaation tasoilla 1-4 kuljettajalla tulee olla mahdollisuus ottaa automaattisen ajoneuvon hallinta turvallisesti itselleen kaikissa tilanteissa.

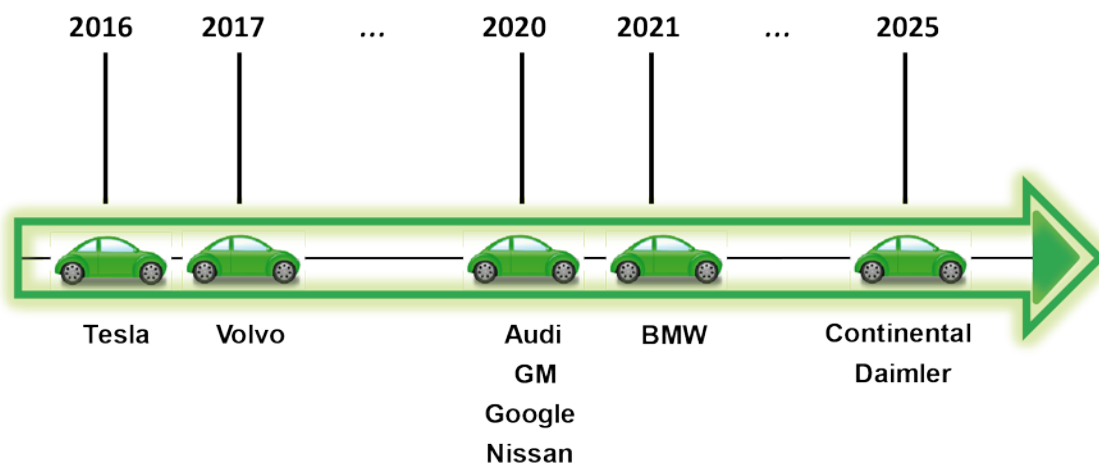
4.2.2 Kuljettajaa avustavista järjestelmistä automaattiautoihin

Automaattinen ajoneuvo tukeutuu voimakkaasti kuljettajaa avustaviin järjestelmiin (ADAS, *Advanced Driver Assistance Systems*), ADAS-järjestelmien integrointiin, ajoneuvojen ja ajoneuvojen ja infrastruktuurin väliseen kommunikointiin, yhteistoiminnallisiin älykkään liikenteen järjestelmiin (*C-ITS, Connected Intelligent Transport Systems*), järjestelmien sensorien datafuusioon ja kerätyn datan analysointiin.

Kuljettajan tukijärjestelmiä on jo saatavissa tehdasasennettuina lisävarusteina kaikilla merkittävillä autovalmistajilla. Ensimmäisiä tällaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi mukautuva vakionopeussäädin, törmäyksen esto alhaisilla nopeuksilla, kaistavahti, kuolleen kulman varoitin, pysäköintiavustin ja nopeusrajoitusmerkin tunnistus. (Lumiaho & Kutila, 2015)

SAE-luokituksen mukaan tieliikenteen automaatiossa ollaan tällä hetkellä tasolla 2 (osittainen automaatio), mutta tason 3 (ehdollinen automaatio) autoja saattaa liikkua Suomenkin tiellä parin–kolmen vuoden kuluttua, ja viimeistään vuoteen 2020 mennessä (Kuva 3).

Tieliikenteen automaatioon liittyvä teknologia kehittyy tällä hetkellä erittäin nopeasti, minkä vuoksi arviot automaattiautojen markkinoille ja teille ilmestymisestä vaihtelevat suuresti (Lumiaho & Kutila, 2015). Yleisesti ensimmäisten täysin tai pitkälti automaattisten, vielä rajatuilla alueilla toimivien autojen arvioidaan saapuvan markkinoille 2020-luvulla. Eräiden arvioiden mukaan (KPMG, 2013) uusiin autoihin voi olla saatavissa tehdasasennettuna "autonomisen ajamisen" -lisävarustepaketteja jo vuonna 2019. Tämän arvion mukaan vuoteen 2025 mennessä markkinoilla saattaa olla riittävä määrä tehdasvarusteita ja lisävarusteita, jotka tukevat tason 3 ja 4 automaattiajamista ja ajoneuvoja. Muun liikenteen joukossa yleisillä teillä kulkevat täysautomaattiautot ilmestynevät markkinoille aikaisintaan 2030-luvulla. Laajemmin täysin automaattisten autojen arvelaan olevan käytössä vasta vuoden 2040 paikkeilla (mm. LeBeau, 2015). Huomionarvoista on myös, että Googlen uusimmissa prototyypeissä ei enää ole nykyisenkaltaisia ohjauslaitteita. Testatakseen näitä autoja julkisilla teillä Google on kuitenkin joutunut asentamaan autoihin tilapäiset ohjauslaitteet.



Kuva 3. Autonvalmistajien automaattisen auton julkaisuajankohtien ennuste mukailten EPoSS (2014).

Keskeisessä osassa tieliikenteen automatisaation kehityksessä ovat erilaiset anturiteknologiat kuten lyhyen ja keskimatkan kantaman tutkat, kamerat, ultraäänianturit sekä lidar eli lasertutka. Automaattiautossa antureiden tietojen pohjalta luodaan elektroninen horisontti, joka on ajoneuvon tilannekuva ja käsitys ympäröivästä maailmasta. Anturiteknologian kehittyminen ja hyödyntäminen on erityisen tärkeää haastavissa oloissa kuten sumussa ja vesi- sekä lumisateessa tapahtuvan automaattiajamisen mahdollistamiseksi. (Lumiaho & Kutila, 2015)

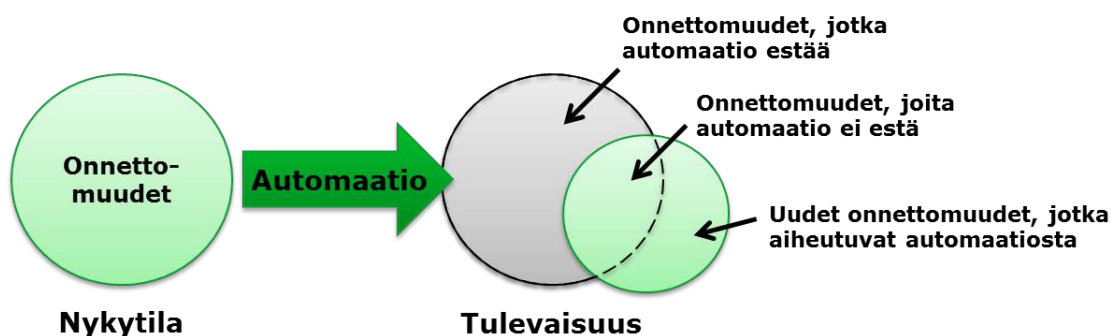
Antureiden lisäksi erittäin tarkat digitaaliset kartat ja luotettava ja tarkka paikannus ovat automaattisen ajamisen peruspilareita, jotta ajoneuvo tietää missä se on suhteessa siihen ympäristöönsä, jota ei antureilla pystytä havaitsemaan. Satelliittipaikannuksella auto saadaan tarkasti kartalle, ja katvealueilla voidaan tukena käyttää kolmiulotteisiin karttoihin ja antureihin perustuvaa suhteellista paikannusta. (Lumiaho & Kutila, 2015)

On todennäköistä, että kehittyneempi automaatio (tasosta 3 eteenpäin) tulee ensin käyttöön toisaalta moottoriteiden ramppien välisillä osuuksilla ja toisaalta sellaisissa kaupunkikeskittymien alueilla tarjottavissa palvelukonsepteissa, joissa käytettävien ajoneuvojen vauhti on alhainen (20–40 km/h). Automatisaation kehittyminen ja liikkuminen palveluna-konsepti kytkeytyvät myös vahvasti toisiinsa. Uudenlaiset liikkumispalvelut voisivat olla luontevin tapa ottaa korkeamman tason tai täydelliseen automaattiajamiseen kykenevät autot laajempaan käyttöön.

4.2.3 Vaikutukset ja mahdollisuudet

Automaation kehittymisellä uskotaan olevan valtava potentiaali tieliikenteessä. Kuolemina, loukkaantumisina, ympäristöpäästöinä, rahana, aikasäästöinä tai hyvinvoinnin lisääntymisenä mitaten automaation kehittymisellä uskotaan voitavan saavuttaa enemmän kuin millään muulla yksittäisellä tekijällä. Luotettavia tutkimustuloksia vaikutuksista on kuitenkin vielä niukasti. (Trafi, 2015)

Noin 90 prosentissa tieliikenneonnettomuuksia inhimilliset tekijät ovat vähintään yksi osasy syy onnettomuuteen. Ajamisen automaatiolla uskotaan voitavan vähentää näitä inhimillisiä virheitä; toisaalta automaatio tuonee mukanaan myös uudenlaisia, ohjelmistojen ja antureiden vikatilanteista johtuvia onnettomuuksia (Kuva 4). Ajamisen automaation uskotaan lisäksi vähentävän polttoaineenkulutusta, pakokaasupäästöjä ja ruuhkia ennakoivamman ajotavan ansiosta. (Trafi, 2015)



Kuva 4. Ajamisen automaatio ehkäisee onnettomuuksia, mutta aiheuttaa myös uudenlaisia onnettomuuksia (Trafi, 2015).

Innamaa et al. (2015) ovat tarkastelleet tieliikenteen automatisoitumisen teknologian kehittymistä sekä vaikutuksia Suomessa. Liikenteen automatisoitumisen positiiviset vaikutukset liikennevirtaan alkavat näkyä tasosta 3 eli ehdollisesta automaatiosta eteenpäin: tällöin välityskyky paranee, shokkiaallot katoavat nopeammin, ylinopeudet vähentyvät ja liikenteen sujuvuus paranee. Liikennejärjestelmän tasolla selviä vaikutuksia näkyy jo tasolla 2, jolloin turvallisuuden paraneminen vähentää liikenteen häiriöitä ja ruuhkia. Tämä lisää liikenteen ennakoitavuutta, mukavuutta ja ympäristöystävällisyyttä.

Automaatiotasolla 4 ja 5 myönteiset vaikutukset nähdään suurimmiksi. Ihmiset, jotka eivät kykene ajamaan nykyisiä autoja, saattavat alkaa käyttää automaattiajoneuvoja. Yhtenä ajatuksena on esitetty, että automaattiautojen yleistyessä riittävästi voidaan ehkä siirtyä kapeampiin kaistoihin, ja sitä kautta lisätä väylien välityskykyä.

Vakioiduilla reiteillä, esimerkiksi lähiöissä ja haja-asutusalueilla robottiajoneuvot voivat laskea kuljetuspalveluiden kustannuksia ja mahdollistaa nykyistä paremman palvelutason. Täysin autonomiset ja vapaasti reitittyvät robottiajoneuvot mahdollistavat autoilun palveluna, jonka kautta voidaan laajasti luopua yksityisesti omistetuista autoista. Vaikutukset kaupunkirakenteeseen, autoilun pääomakustannuksiin ja ajankäyttöön voivat nousta 10–20 miljardin euron vuositasoon (Linturi, 2013). Samansuuntaisia laskelmia on useita (esim. Spieser & al., 2014). Täysin autonominen ajoneuvon potentiaaliset vaikutukset liikkumisen tasa-arvoon ovat erittäin suuret ja helpottavat ratkaisevasti hyvin laajan väestöosan liikkumista. (Linturi & Kuittinen, 2015)

Lisäksi liikenteen automatisoituminen vapauttaa kuljettajien nykyisin ajamiseen kuluvan ajan muuhun käyttöön. Esimerkiksi Suomessa vuosina 2009–2010 työssäkäyvä ihminen kulutti vuorokaudessa työmatkoihin aikaa keskimäärin 14–15 minuuttia (Liikennejärjestelmä.fi, 2015). Britannian liikenneministeriön mukaan (DfT, 2015) tyypillinen kuljettaja käyttää ajamiseen aikaa ratin takana 235 tuntia vuodessa. Tämä ajankäytön vapautumiseen liittyvä hyöty tulee toteutumaan maksimaalisesti vasta automaatiotasolla 4 ja 5, kun kuljettajan ei enää tarvitse aktiivisesti valvoa ajoneuvon toimintaa.

4.2.4 Lähitulevaisuuden haasteet

Suomen autokanta on Euroopan vanhimpia, ja uudistumisvauhti on hidasta. Suomessa liikennekäytössä vuoden 2014 lopussa olleiden henkilöautojen keski-ikä oli 11,4 vuotta, kun vastaava keski-ikä koko EU:n alueella on noin 8 vuotta. Tästä johtuen automatisaation hyödyt realisoituvat Suomessa viimeisten joukossa. Kuluttajien käyttöön tarkoitettujen ajoneuvojen uudistuminen tapahtuu hitaasti, Suomessa vielä keskimääräistä selvästi hitaammin. Suomessa tänään käyttöön otettavista ajoneuvoista, joista uusimmat ovat automaatiotasolla 2, on vuonna 2025 käytössä vielä valtaosa. Kaikista tänään liikennekäytöistä olevista ajoneuvoista on tuolloin käytössä vielä noin 60 prosenttia. Siksi voidaan ennustaa, että sekä ihmiset että tietokoneohjatut ajoneuvot toimivat samanaikaisesti teillämme vielä pitkän aikaa.

Todellisen edelläkävijyyden saavuttamiseksi pitäisi autokannan uusiutumista vauhdittaa merkittävästi esimerkiksi verotuksen keinoin. Hallitusohjelmassa onkin sovittu autoverotuksen keventämisestä 20 prosentilla. Vaikka tämä keskittyy kirjauksen mukaan vähäpäästöisiin autoihin, lienee sillä kuitenkin myös positiivinen vaikutus autokannan uusiutumiseen.

Automaattiautojen teknologian osalta suurimmaksi haasteeksi nähdään ympäristön havainnoinnin kehittyminen: auton tulee pystyä havainnoimaan ympäristöään ja reagoimaan eri liikennetilanteissa luotettavasti. Haastavat sääolosuhteet, kuten lumi ja rankkasade vaikeuttavat toistaiseksi automaattiautojen toimintaa. Liikennevalojen tunnistaminen on myös osoittautunut hankalaksi erilaisissa valaistusolosuhteissa. Automaattiautot eivät myöskään kykene vielä noudattamaan liikenteen ohjaajan, esimerkiksi poliisin py-

säytysmerkkiä. Samoin tiellä olevien esteiden tunnistaminen on edelleen suuri haaste. Näiden haasteiden ratkaisemiseksi Suomessa tulisikin pyrkiä käynnistämään yksityisen ja julkisen sektorin yhteishankkeita.

Kuten edellä kohdassa 4.2.2 todettiin, tasolla 3 olevia automaattisia autoja saattaa olla Suomenkin teillä jo parin–kolmen vuoden kuluttua. On syytä olettaa, että tämän kehitysvaiheen autojen toiminta tulee perustumaan pitkälti auton sensoreilla tapahtuvaan ympäristön havainnointiin. Edellä sanottu aiheuttaa uusia toimenpiteitä ja kustannuksia liikenteen viranomaisille ja etenkin tienpitäjille tieinfrastruktuurin kuntoon kohdistuvien tiukempien vaatimusten kautta.

Tieinfrastruktuuri

Ajoneuvojen automaatiotason ja älykkyyden lisääntyessä digitaalisen liikenneinfrastruktuurin merkitys lisääntyy. Yksityiskohtaiset ja moniulotteiset kartat sekä tarkat paikkatiedot tiestöstä, tiemerkinnoista, liikennemerkeistä ja opasteista, hyväkuntoiset ja näkyvissä olevat tiemerkinnot ja liikennemerkit, laadukas ajantasainen tieto tie- ja liikenneolosuhteista sekä mahdollisesti tien pintaan upotettavat anturit tulevat olemaan edellytyksiä korkean tason automaattiajamiselle erityisesti vaihtelevissa olosuhteissa. Automaatistaation etenemisellä on myös suuri vaikutus infrastruktuurihankkeiden suunnitteluun, ja siitä seuraa uudenlaisia vaatimuksia perinteiselle infrastruktuurille. Miten suunnittelun tulisi kehittyä ja millaisia vaatimuksia fyysiseen, olemassa olevaan infrastruktuuriin kohdistuu, on toistaiseksi vielä tarkemmin hahmottamatta.

Selvää lienee, että tiemerkinnot ja liikennemerkkien kunnossapito ja kansainvälinen yhdenmukaistaminen vaativat lisäpanostuksia. Erityisesti talvihoidon kustannukset kasvavat myös, mikäli teitä on tarve pitää laajasti sellaisessa kunnossa, että ne mahdollistavat automaattiajamisen läpi vuoden. Esille on myös nostettu (Carsten & Kulmala, 2015) erityiset automaattiautoille varatut tai rakennetut kaistat, joita voidaan tarvita erityisesti siirtymävaiheessa, kun liikenteessä on perinteisiä kuljettajien ohjaamia autoja sekä eritasoisia automaattiajoneuvoja. Automaattiset ajoneuvot ajavat jokseenkin tarkalleen samoja ajolinjoja, mikä saattaa aiheuttaa uudenlaisia päällysteen kulumisongelmia ja tarpeen ratkaista nämä ongelmat. Esimerkiksi erilaisia päällysteitä ja tapoja tehdä tiemerkinnot sensoreilla hankalissakin olosuhteissa paremmin havaittaviksi on ryhdyttävä pikaisesti testaamaan. Tarve kustannustehokkaiden ratkaisujen löytämiseksi on suuri.

Tienpitäjillä ei ole varaa varustaa koko tieverkkoa tason 3 ja sitä korkeampaa automaattiajamista varten – tämän vuoksi tiestön varustamisessa tuleekin edetä vaiheittain esimerkiksi aloittaen moottoritieverkosta. Liikennevirasto ja Trafi ovat käynnistäneet selvityksen erityisesti tason 3 automaation aiheuttamista vaatimuksista tienpitäjille ja liikenteen viranomaisille. Osana selvitystä etsitään kustannustehokkaita keinoja tieinfran varustamiseksi automaattiajamista varten. Selvitys valmistuu vuoden 2015 loppuun mennessä.

Vaikutukset liikenteen kysyntään

Liikenteen automatisaatiolla on merkittävä vaikutus tulevaisuuden liikennejärjestelmään. Tarvittavien ajoneuvojen lukumäärä tulee arvioiden mukaan laskemaan dramaattisesti ja liikenteen ruuhkautuminen vähenee oleellisesti. OECD (2015) on tehnyt tutkimuksen, jossa tarkastellaan automatisaation perustuvaa liikennejärjestelmää. Siinä on Lissabonin liikenteen osalta laskettu, että koko vuorokauden liikenne pystyttäisiin hoitamaan 10 prosentilla nykyisestä ajoneuvomäärästä ja huipputunnin liikenne pystyttäisiin järjestämään 35 prosentilla nykyisestä ajoneuvomäärästä. Tutkimus luonnollisesti perustuu tiettyihin oletuksiin, mutta antaa suuntaa ja osoittaa muutoksen suuruutta. Vaikka liikennemäärät pysyvät samana, niin liikenteen kysyntä pystyttäisiin järjestämään optimaalisemmin, mikä vähentää liikenteen ruuhkia huomattavasti. Maankäytön kannalta on merkittävää, että esimerkiksi pysäköintitilan tarve keskusta-alueella muuttuu olennaisesti tai jopa poistuu, mikä vapauttaa keskustan maankäyttöä huomattavasti.

Käytännössä automaatioon perustuva liikennejärjestelmä muuttaa liikennehankkeiden vaikutusarvioinnin. Nykyisessä laskentajärjestelmässä oletamme liikenteen kasvavan ja ihmisten matkustuskäyttäytymisen pysyvän samana kuin tänä päivänä. Liikennehankkeiden suunnittelu ja hankearviointi tuleekin arvioida kokonaan uudelleen liikenteen automatisaation kehittymisen myötä. On todennäköistä, että emme jatkossa tarvitse kapasiteetin parantamiseen tähtääviä hankkeita, vaan nykyistä liikenneinfrastruktuuria parantavia hankkeita.

Toimenpide: Toteutetaan hallitusohjelman kirjaus autoveron keventämisestä ja selvitetään sen vaikutukset automaation edistymiseen.

Toimenpide: Viedään loppuun selvitys erityisesti tason 3 automaation mahdollistamisen välittömästi vaatimista toimenpiteistä ja toteutetaan ne ripeässä aikataulussa, mahdollisuuksien mukaan ennakoivasti.

Toimenpide: Varmistetaan, että jatkossa on saatavilla tarkka tieto siitä, minkälaisia kuljettajia tukevia järjestelmiä rekisteröidyissä ajoneuvoissa on, jotta voidaan tarkemmin arvioida kyseisten järjestelmien ja lisääntyvän automaation vaikutuksia liikenteen turvallisuudelle ja sujuvuudelle.

4.2.5 Tieto älykkään automaation mahdollistajana

Eri toimijoilla on eriävä näkemys tiedon roolista täysautomaattisten autojen toteuttamisessa. Osa toimijoista pyrkii kehittämään ajoneuvoja, jotka toimivat autonomisesti eli ne eivät tarvitse tietoa muilta ajoneuvoilta tai ulkopuolisista tietojärjestelmistä. Tällainen autonominen auto nojaa täysin ajoneuvon omiin antureihin ja havainnointikykyyn.

Toisaalta nähdään, että niin määrällisesti kuin laadullisesti riittävä tieto on liikenteen automatisaation edellytys. Esimerkiksi tieliikenteessä automaattiset ajoneuvot tarvitsevat tietoa tien kunnosta ja liikennevalojen vaiheesta sekä ympäröivästä liikenteestä laajemmin, kuin mitä pelkillä ajoneuvossa olevilla antureilla voidaan havainnoida. Tämä keskus-televiin ajoneuvoihin nojaava näkemys vaikuttaa olevan Suomessa ja Euroopassa toimivien yritysten ja asiantuntijoiden keskuudessa vallitseva.

Suomessa on pitkät perinteet tieto- ja viestintäteknologioiden osaamisessa. Jatkossa Suomen erityisenä vahvuutena voisikin olla tietoon perustuvan kehittyneimmän tason automatisaation edellyttämän infrastruktuurin kehittäminen. Tiedon ja tietoinfrastruktuurin tärkeys ei tarkoita sitä, etteikö myös ajoneuvon antureiden ja muun havainnointitekniikan kehittyminen olisi automaation edistymisen kannalta tärkeää. Tiedonvaihdon hyödyntäminen automaatiassa tekee siitä merkittävästi turvallisempaa, koska näin voidaan saada enemmän tietoa ympäröivästä liikennetilanteesta ja toisaalta voidaan varmistaa ajoneuvon omien havaintojen oikeellisuus. Tietoverkkoratkaisuiden kehittäminen vähentäisi todennäköisesti myös fyysiseen liikenneinfrastruktuuriin kohdistuvia vaatimuksia. Tämä olisi merkittävää automaation maailmanlaajuisen edistymisen kannalta.

Keskustelevien ajoneuvojen välisen lyhyen kantaman tiedonvaihdon toteuttamiseen on kaksi periaatteeltaan erityyppistä vaihtoehtoa. Perinteisemmässä toteutuksessa tiedon siirtoon käytetään lyhyen kantaman teknologiaa, joka vaatii erilliset lähettimet ja vastaanottimet ajoneuvoihin ja toisaalta tien varteen. Tämä on koettu kalliiksi ja työlääksi ratkaisuksi, koska koko tieverkko pitäisi varustaa tällä teknologialla ja sen ylläpidosta aiheutuisi merkittäviä lisäkuluja.

Toisessa toteutuksessa ajatuksena on hyödyntää ajoneuvojen ja infrastruktuurin väliseen tiedonvaihtoon olemassa olevaa matkapuhelinverkkoa. Tällaista ratkaisua kehitetään toukokuussa 2015 käynnistyneessä pohjoismaisessa NordicWay-hankkeessa, jossa Suomi on mukana Ruotsin, Norjan ja Tanskan tieviranomaisten kanssa. Hanke on maailman mittakaavassa urauurtava. Suomen vahvuutena tässä toteutuksessa on olemassa oleva, laadukas tietoliikenneinfrastruktuuri.

Tietoinfrastruktuurin kehittämistarpeet

Tietoliikennejärjestelmän osalta tulee huomioida, että vaikka Suomen tietoliikenneinfrastruktuuri ja erityisesti matkapuhelinverkko ovat etenkin Euroopan mittakaavassa huippuluokkaa, eivät verkon nykyinen kapasiteetti ja toimintavarmuus vielä riitä edistyneen liikenteen automatisaation turvaamiseen. Suomen onkin panostettava määrätietoisesti huippunopeiden valokuituyhteyksien ja neljännen sukupolven (4G) matkaviestinverkon entistä suurempaan yleistymiseen sekä viidennen sukupolven (5G) matkaviestinverkon kehittämiseen. Viidennen sukupolven matkaviestinteknologian kaupallisen käyttöönoton arvioidaan tapahtuvan vuosikymmenen lopussa. Teknologian arvioidaan mahdollistavan jopa sata kertaa nykyistä nopeammat yhteydet sekä pienemmät viiveet ja paremman turvallisuuden ja luotettavuuden. Arvioitu käyttäjän kokemus yhden millisekunnin yhteysviive sekä toimivuus jopa 500 kilometrin tuntinopeudella liikuttaessa osaltaan mahdollistaisivat liikenteen automatisaation. Esineiden internet ja koneiden ja laitteiden välinen viestintä vaatii myös paljon kapasiteettia ja näin ollen liikenne ja autoteollisuus ovat 5G-tekniikan merkittäviä hyödyntäjiä tulevaisuudessa.

Valtioneuvoston asetuksella on mahdollistettu taajuuksien myöntäminen uusien tekniikoiden tuotekehitys- ja testauskäyttöön. Tekesin 5G-ohjelma (5thGear) on aloittanut 5G-testiverkkojen kehityksen Suomessa. Suomen tulee vaikuttaa kansainvälisesti ja EU:ssa siihen, että 5G-tekniikan käyttöön osoitetaan riittävästi ja oikeanlaisia taajuuksia. Suomen tulee tulevaisuudessa osoittaa tekniikan käyttöön tarvittavat taajuudet ja koordinoita niiden käyttöä naapurivaltioiden kanssa sekä tarvittaessa varmistaa myös se, että kansallinen lainsäädäntö mahdollistaa taajuuksien käyttämisen 5G:n edellyttämällä tavalla.

Matkaviestinverkon tukiasemien perustaksi tarvitaan erityisesti 5G-tekniikan osalta myös nykyistä kattavampaa kiinteää valokuituverkkoa. Kuituyhteyksiä ei ole rakennettu riittävästi edes taajamiin. Tulevina vuosina onkin selvitettävä ja toimeenpantava erilaisia keinoja, joilla teleyritysten investointiaktiivisuutta kuituverkkoihin voitaisiin lisätä tai joilla kuituyhteyksien rakentamista voitaisiin muilla tavoin edistää. Valokuituyhteydet tulisi rakentaa aina myös muun yhteiskunnan perusinfrastruktuurin rakentamisen tai uudistamisen yhteydessä. Kuituverkkojen rakentamiskustannuksia pyritään alentamaan muun muassa valmistamalla olevalla verkkojen ja niihin kuuluvien rakenteiden yhteisrakentamista ja yhteiskäyttöä koskevalla lainsäädännöllä.

Ajoneuvojen ja muiden liikennevälineiden keskinäisen ja ulkoisen yhteentoimivuuden aikaansaamiseksi on varmistettava, että liikennevälineillä ja niiden käyttäjillä on käytettävissään riittävä tieto, joka on oikeanlaisessa muodossa ja helposti saatavilla. Tiedon saatavuuteen vaikuttaa ennen kaikkea, onko se avointa vai rajoitettua. Tieto pitää olla jalostettu sellaiseen muotoon, että laitteet voivat hyödyntää sitä. Tiedonsiirron pitää myös onnistua sujuvasti.

Liikenne- ja olosuhdetiedon tulee jatkossa olla paljon nykyistä tarkempaa, ajantasaisempaa ja laadukkaampaa. Myös tieverkosta pitää olla saatavilla laadukas ja ajantasainen digitaalinen kuvaus, jossa on mahdollisuuksien mukaan muun muassa tieto infrastruktuurin puutteista, tiemerkinnoista ja liikennemerkeistä.

Tiedon on myös oltava ajantasaista, etenkin kriittisimmissä toiminnoissa. Lisäksi tietoon pitää voida luottaa, jotta toiminta voi olla aidosti automaattista tai autonomista. Tiedon ei-toivottu kaappaaminen ja muokkaaminen tulee voida estää. Tärkeää on myös tiedon yhteentoimivuus erilaisten järjestelmien sekä eri maiden välillä.

Täysin automaattinen auto näyttää vaativan hyvin yksityiskohtaisen kolmiulotteisen mallin ja tarkempitasoisen tietokokonaisuuden liikenneympäristöstä. Valmius tällaisten mallien tuottamiseen on ainakin suurilla karttapalvelutoimijoilla kuten Googlella ja HERE:llä. Kansallisen paikkatiedon ja tieomaisuutta, kuten liikennemerkkejä, koskevan tiedon integrointi näihin autoteollisuutta palveleviin malleihin tulee selvittää. Liikennetiedon tuottajana ajoneuvot ja infrastruktuuri ovat tärkeitä ja näiden tietojen rajapintoihin on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Kaikessa tässä Suomella on mahdollisuus olla edelläkävijä. Tämä edellyttää panostuksia niin yhteiskunnalta kuin yrityksiltä sekä kaikki siilorajat ylittävää tehokasta yhteistyötä.

Toimenpide: Edistetään automaattiajamiselle välttämättömien nopeiden ja toimintavarmojen kiinteiden ja langattomien yhteyksien rakentamista liikenneväylien varteen. Tämä tulisi aloittaa vilkkaasti liikennöidyiltä väyliltä.

Toimenpide: Autojen keskinäisiä sekä autojen ja tieinfrastruktuurin välisiä tiedonvälitysjärjestelmiä kehitetään edelleen hyödyntäen olemassa olevaa radioteknologian osaamista ja jo käynnissä olevia hankkeita (esimerkiksi NordicWay) eri toimijoiden välisessä yhteistyössä.

Toimenpide: Varmistetaan turvallisuuden kannalta kriittisten reaaliaikaisten liikenteen tietopalveluiden tietoliikenteelle etuoikeus yhteistyössä suurimpien teleoperaattoreiden kanssa.

Toimenpide: Luodaan viitekehys kunkin liikennemuodon automaation vaatimasta tietopohjasta. Selvitetään digitaalisen tietopohjan osalta eri tietotyyppien (paikkatietopalvelut, viranomaistiedot, palveluntuottajien tiedot) kansallisten tietoaisteiden riittävyttä automaattiliikenteen digitaalisen tietopohjan tarpeisiin ja ryhdytään tarvittaviin toimiin sen riittävyden takaamiseksi.

4.2.6 Tieliikenteen sääntely

Euroopan tieliikenteen säännöt perustuvat kansainväliseen Wienin ja Geneven tieliikennesopimukseen. Suomi on ratifioinut sopimuksista uudemman, Wienin sopimuksen vuonna 1985.

Sopimuksen II luvussa säädetään liikennesäännöistä, jotka ovat turvallisen kansainvälisen tieliikenteen perusta. Sopimuksen mukaan sopimuspuolet ryhtyvät tarpeellisiin toimenpiteisiin varmistaakseen, että niiden alueilla voimassa olevat liikennesäännöt vastaavat asiasisällöltään sopimuksen määräyksiä. Suomessa tieliikennesopimuksen määräykset on voimaansaatettu tieliikennelailla.

Tieliikennesopimuksen 8 artiklassa, joka sisältyy sopimuksen liikennesäännöt -lukuun, säädetään ajoneuvojen kuljettajista. Artiklan mukaan:

- liikkuvalla ajoneuvolla tai ajoneuvoyhdistelmällä tulee olla kuljettaja;
- kuljettajan tulee olla henkisiltä ja ruumiillisilta ominaisuuksiltaan tehtävänsä kykenevä ja hänen tulee olla kuljettamisen edellyttämässä ruumiillisessa ja henkisessä tilassa;
- moottorikäyttöisen ajoneuvon kuljettajalla tulee olla ajoneuvonsa kuljettamiseen tarvittavat tiedot ja taidot; tämä määräys ei estä kansallisen lainsäädännön mukaan ajo-oppilaiden harjoitusajoa; ja
- kuljettajan on joka hetki pystyttävä hallitsemaan ajoneuvonsa.

Sopimuksessa kuljettajalla tarkoitetaan henkilöä, joka kuljettaa muun muassa moottori-ajoneuvoa tai muuta ajoneuvoa.

Suomen tieliikennelaissa ei ole erillistä määritelmää ajoneuvon kuljettajasta, mutta laki perustuu sille olettamukselle, että ajoneuvosta vastaa kaikissa tilanteissa ihminen. Asia ilmenee useista yksittäisistä säännöksistä.

Wienin sopimuksen ja Suomen tieliikennelain väljyys mahdollistavat tulkinnan siitä, että ajoneuvoa ei ole välttämätöntä kuljettaa ajoneuvon sisältä ohjaamalla. **Tulkinta mahdollistaa ajoneuvon etäohjauksen, esimerkiksi etäohjatun pysäköintiavustimen.** Tulkinnan kannalta on kuitenkin tärkeää, että kuljettajavastuu ja muut ajoneuvon kuljettamiseen liittyvät velvoitteet ovat olemassa etäohjauksen aikana.

Edellä mainittuun perustuen on katsottu, ettei Suomessa ole tarpeen tehdä välittömiä lainsäädäntömuutoksia. Mikäli lainsäädännöllisiä tarpeita havaitaan, niihin reagoidaan nopeasti kansainväliset velvoitteet huomioon ottaen. Automaation lisääntyminen on tunnistettu parhaillaan käynnissä olevassa tieliikennelainsäädännön kokonaisuudistuksessa. Tärkeää on se, että ajoneuvon automaation taso otetaan huomioon sekä kansallisessa että kansainvälisessä lainsäädännössä asetettaessa reunaehdot ajoneuvon käytölle tiellä.

Samalla on huolehdittava, että sellaisessa tieliikenteen automaatioon liittyvässä toiminnassa, jossa käsitellään tai kerätään henkilötietoja, huomioidaan henkilötietolain asettamat velvoitteet henkilötietojen käsittelylle ja sen suunnittelulle. Tieliikenteen automaation kaupallisen potentiaalin kasvaessa esille tulee nousemaan teknologianeutraalin tietosuojasääntelyn soveltamiseen liittyviä kysymyksiä, ja tästä syystä laitevalmistajien sekä toiminnanharjoittajien tulisi ottaa tietosuoja huomioon mahdollisimman varhaisessa vaiheessa toimintansa suunnittelua. (Tarhonen & Nyström, 2014)

Suomen lainsäädännön tila ei ole liikenteen ja ajoneuvoalan toimijoilla tällä hetkellä riittävän hyvin tiedossa. Tämän johdosta tarvitaan varsin laajaa tiedotustoimintaa niin kansallisesti kuin kansainvälisestikin.

Wienin sopimusta ollaan parhaillaan uudistamassa niin, että kuljettajaa tukevat tekniset järjestelmät olisivat sopimuksen kannalta mahdollisia. Tämän kaltaiset tekniset järjestelmät voivat avustaa kuljettajaa niin, että ajoneuvon fyysinen ajaminen ei ole kaikissa liikennetilanteissa tarpeen. Voimaan on tulossa täydentävä säännös siitä, että kuljettajaa avustavat tekniset laitteet ovat sopimuksen mukaisia, jos kuljettaja voi kytkeä tällaisen laitteen pois päältä ja ottaa ajoneuvon hallintaansa. Sen lisäksi Suomi, Ruotsi, Belgia, Ranska, Italia ja Espanja valmistelevat ehdotusta sopimuksen muuttamiseksi niin, että se mahdollistaisi edellä mainittua kehitystä pidemmälle menevän automatisaation.

Suomen lainsäädäntö mahdollistaa pitkälle menevät tieliikenteen automaatiokokeilut

Toimenpide: Pidetään huoli, että Suomessa on Euroopan tai maailman paras säädösympäristö automaattiajamisen kokeiluihin ja käyttöönottoon. Tarvittavat korjausliikkeet tehdään ripeästi. Tieliikennelain kokonaisuudistuksen yhteydessä varmistetaan, että lainsäädäntöön ei jää haittaavia elementtejä.

Toimenpide: Vaikutetaan aktiivisesti kansainvälisillä foorumeilla siihen, että kansainväliset säännökset mahdollistavat automatisaation kehityksen.

Toimenpide: Tiedotetaan laajasti sääntelyn nykytilan tarjoamista mahdollisuuksista Suomessa sekä koti- että ulkomailla.

4.2.7 Ajoneuvojen hyväksyntä tieliikenteeseen kokeiluja varten

Automaattiautojen kokeiluvaiheessa ajoneuvon tyyppihyväksyntä ei ole pakollista. Näissä kokeiluissa kyse on todennäköisesti tyyppihyväksytyistä autoista muokatuista laitteista. Uutena sellaiset hyväksytään rekisteriin yksittäishyväksynnässä. Varsinaisesti kysymys tyyppihyväksynnästä muuttuu ajankohtaiseksi vasta silloin, kun laajamittaisessa sarjatuotannossa ovat sellaiset ajoneuvot, joissa ei ole nykyisenkaltaisia ohjauslaitteita.

Automaattiautojen kokeiluja varten ajoneuvoja voidaan ottaa Suomessa yleiseen liikenteeseen joko normaalin rekisteröintimenettelyn kautta tai koenumerotodistuksella eli niin sanotuilla koekilvillä.

Normaalissa rekisteröintimenettelyssä jokainen ajoneuvo tarkastetaan ja rekisteröidään erikseen. Liikenteen turvallisuusviraston poikkeuslupaa edellytetään, jos ajoneuvo ei täytä sitä koskevia teknisiä vaatimuksia. Normaali rekisteröintimenettely tarjoaa paremmat mahdollisuudet varmistua kokeiluiden turvallisuudesta, koska ajoneuvot tarkastetaan erikseen.

Koenumerotodistus on toimijakohtainen eikä se kohdistu yksittäisiin ajoneuvoihin. Koekilvet on tarkoitettu pääasiassa ajoneuvon tai sen laitteiden tuotekehitykseen liittyviin kokeisiin ja ajoneuvojen siirtoon.

4.2.8 Standardit

Ajoneuvoja koskevien vaatimusten osalta avainasemassa on YK:n Euroopan talouskomission (UNECE) WP.29, jossa valmistellaan ajoneuvojen E-sääntöjä, joita noudatetaan tyyppihyväksynnöissä muiden muassa EU:ssa ja Japanissa. Tällä puolella on tehty linjaus, että koska tekniikka on vielä niin vahvasti kehitysvaiheessa, mitään sääntelyä ei tässä vaiheessa kannata tehdä. Tämä myös siksi, ettei vahingossa jarruteta tekniikan kehitystä liian tarkoilla normeilla. Tilannetta seurataan aktiivisesti muun muassa älyliikennettä koskevassa alatyöryhmässä, jossa Suomella ei tähän mennessä ole ollut edustajaa.

Yhteistoiminnallisiin liikennejärjestelmiin (*C-ITS*) liittyviä standardeja on arvioitu olevan yhteensä sekä valmiina että valmistumassa kaikkiaan yli 80 kappaletta. On kuitenkin huomioitava, että kun vasta mietitään järjestelmien laajamittaista käyttöönottoa, eri eurooppalaisissa pilottihankkeissa tehdyt ratkaisut eivät välttämättä ole suoraan yhteensopivia toistensa kanssa. Kuvauksia liikenteen yhteistoiminnallisia järjestelmiä varten laadituista standardeista löytyy muiden ohella dokumentista "N196 v2.0 C-ITS Release 1 list of standards" (CEN/ISO, 2013). (Laitinen, 2015)

Puhelinten NMT:tä ja GSM:ää on pidetty hyvinä esimerkkeinä avoimista ja alaa aidosti kehittäneistä standardeista (Ventä et al., 2015). Vastaava kehitys olisi saatava aikaan yleisesti robotiikassa ja liikenteen osalta erityisesti. Avointen standardien syntyminen on edellytys sille, että ala kehittyy ja myös pienillä ja keskisuurilla toimijoilla on mahdollisuus toimia kyseisillä markkinoilla. Tämän kehityksen aikaan saaminen edellyttää panostusta myös julkisen sektorin taholta ja yhteistyötä yksityisten toimijoiden kanssa.

Toimenpide: Liikenteen turvallisuusvirasto ja Liikennevirasto lisäävät panostustaan kansainvälisten avointen standardien syntymiseksi. Pelkkä seuraaminen ei riitä.

4.2.9 Vastuukysymykset ja vakuutusasiat

Voimassa olevassa liikennevakuutuslaissa ei ole esteitä automaattisten ajoneuvojen vakuuttamiselle (Liikennevakuutuskeskus, 2015). Joko ajoneuvon omistajalla tai haltijalla on oltava ajoneuvolle vakuutus. Lisäksi liikennevakuutuksessa Suomessa on rajoittamaton vastuu henkilövahingoissa, mikä on kansainvälisesti poikkeuksellista. Esimerkiksi Kalifornian kokeiluissa, Google on kerännyt viisi miljoonaa dollaria mahdolliseen vahinkomenoon. Suomessa on myös lähes kaikista muista Euroopan maista poiketen kuljettajanpaikkasuoja: vakuutus kattaa siis kuljettajan omat henkilövahingot vastapuolen henkilö- ja materiaalivahinkojen lisäksi. Esinevahingoissa liikennevakuutuslain kokonaisuudistuksen jälkeen korvausraja on 5 miljoonaa euroa nykyisen 3,3 miljoonan euron sijaan. Tämä ylittää reippaasti direktiivien vaatiman miljoonan euron vaatimuksen. Suomalainen liikennevakuutusjärjestelmä poikkeaa siis kattavuudeltaan olennaisesti muista EU-jäsenvaltioiden liikennevakuutuksista.

Muissa EU-jäsenvaltioissa liikennevakuutuksen korvauspiirin rajoitukset johtavat lisävakuutusturvan tarpeeseen. Lisävakuutusturvaa tarjoavat pääsääntöisesti vahinkovakuutusyhtiöt. Lisäksi markkinoille on tullut uusia toimijoita. Sekä Google että Volvo ovat ilmoittaneet vakuuttavansa itse omien vakuutusyhtiöiden kautta kokeiltavat ajoneuvot, jolloin valmistajien omistamat vakuutusyhtiöt muuttavat vakuutuskenttää. Huomattava on, että Suomessa tällaiset ajoneuvot olisi vakuutettava liikennevakuutuslain mukaan. (Liikennevakuutuskeskus, 2015)

Suomessa liikennevakuutuksesta korvataan myös sellaiset liikennevahingot, jotka johtuvat ajoneuvon tuotevirheestä. Näin ollen Suomessa vahingon kärsineen asema ei huonone, vaikka vahingon syynä olisi puhdas tekninen vika. Uuden liikennevakuutuslain mukaan vakuutusyhtiöllä olisi kuitenkin mahdollisuus hakea maksetut korvaukset takaisin ajoneuvon valmistajalta tai maahantuojaalta 1.1.2016 alkaen. Vertailun vuoksi todettakoon, että useissa maissa ajoneuvojen valmistajat ottavat vastuuta ja liikennevakuutuksen rooli pienenee tai syrjäytyy. Suomessa liikennevakuutusjärjestelmän erityispiirteet eivät välittömästi johda tällaiseen kehitykseen. Liikennevakuutuskorvausten ensisijaisuus suhteessa muihin sosiaaliturvan järjestelmiin ja tuottamuksesta riippumaton vastuu ei luo tarvetta lisäturvalle. (Liikennevakuutuskeskus, 2015)

Liikenteen automatisaatio saattaa hyvinkin johtaa uusiin haastaviin vastuukysymyksiin. Esimerkkinä kysymys siitä, kuka saa korjata automatisoituja autoja ja miten korjaustöinnässä tapahtuvat virheet voidaan minimoida. Tällaiselle uuden tyyppiselle korjaustoiminnalle tarvitaan ehkä myös vakuutuksia. Samoin voidaan joutua pohtimaan myös ohjelmiston tekijän vastuuta ja muitakin vastuuseen liittyviä kysymyksiä. Nämä kysymykset ovat kuitenkin ratkaistavissa kuten Suomen esimerkki osoittaa, joten vastuukysymysten vaikeutta ei tulisi myöskään ylikorostaa.

Toimenpide: Käytetään Suomen liikennevakuutusjärjestelmää kansainvälisenä esimerkkinä tavasta, jolla automaattiautoihin liittyvät vahingonkorvauskysymykset voidaan hoitaa yksinkertaisesti.

4.3 Ilmailu

4.3.1 Perinteinen lentokoneautomaatio

Ilmailussa lentokoneiden autopilotit ovat olleet jo pitkään arkipäivää. Älykkään lentokoneautomaation keskeisiä elementtejä ovat tekninen luotettavuus, suorituskky sekä järjestelmän tilaa kuvaavat ilmaisut.

Teknisen luotettavuuden toteuttamisen pääkonseptit, esimerkkinä koneen automaattinen lähestymisjärjestelmä, ovat:

- Fail Operational -toteutus, jossa järjestelmä vikaantuessaankin pystyy suoriutumaan tehtävästä. Tyypilliset toteutusvaihtoehdot ovat kolme rinnakkaista, toisistaan riippumatonta järjestelmää tai vastaavasti kaksi kaksikanavaista järjestelmää.
- Fail Passive -toteutus, jossa järjestelmän tai sen osan vikaantuminen edellyttää ohjaajan interventiota. Toteutukset perustuvat yhteen järjestelmään tai vain osittain rinnakkaisiin järjestelmiin.

Hyvin toteutetulla automatisaatiolla saavutetaan parempi suorituskky kuin manuaalisella lentämisellä. Tästä syystä erityisen huonon näkyvyyden olosuhteissa automatisaation käyttö on pakollista.

Lentokoneen automaation älykkyydeksi voitaneen kuvata järjestelmän sisäänrakennettua kykyä arvioida ja ilmaista omaa tilaansa. Tämä "tilakuva" ohjaa järjestelmän toimintaa. Se ilmaistaan myös ohjaajille huomioina, positiivisena tai negatiivisena indikaationa valitsevaan tilanteeseen nähden.

Lentokonesovellutuksissa automaation katsotaan selkeästi tuottavan turvallisuuslisäarvoa esimerkiksi suojajärjestelmien muodossa. Ohjaamisesta vapautuu kapasiteettia monitorointiin, kokonaistilanteen hallintaan. Korkean tason lentokoneautomaatioon liittyy järjestelmien vahva integraatio, jossa asioiden keskinäisistä riippuvuussuhteista muodostuu erittäin vaikeasti hahmotettavia vikatilanteissa. Lentokoneautomaation älykkyydestä voitaneen puhua silloin, kun vikatapauksissa järjestelmä konfiguroi itsensä suorituskvyn säilyttämiseksi tai analysoi ongelmatilanteita.

4.3.2 Miehitämättömät ilma-alukset

On ilmeistä, että miehitämättömien ilma-alusten kehityksessä tullaan seuraamaan lentokoneiden automaatioperiaatteita – ehkäpä kuitenkin enemmän taloudellisten ja suorituskykytavoitteiden vuoksi.

Miehitämättömän ilmailun nopea kehitys on yllättänyt kaikki ilmailualan toimijat viranomaisista miehitämättömien ilma-alusten hyödyntäjiin sekä harrastajiin. Uusia käyttötarkoituksia tunnustetaan koko ajan, ja miehitämättömien ilma-alusten käyttö yleistyy huijaa vauhtia.

”*Lennokki*” ei käsitteenä tarkoita miehitämättömää ilma-alusta, vaikka laite sinänsä olisi aivan samanlainen. Erottavana tekijänä on käyttötarkoitus: ilman mukana olevaa ohjaajaa lentävä **harraste- ja urheilutarkoitukseen** käytettävä laite on ”*lennokki*”.

Muu kuin harraste- ja urheilutarkoituksessa tapahtuva lennättäminen kuuluu miehitämättömiä ilma-aluksia koskevan sääntelyn piiriin. Pääasiallisesti tällöin on kyse lentävän laitteen hyödyntämisestä esimerkiksi viranomaiskäytössä, liiketoiminnassa, elinkeinon harjoittamisessa taikka jonkin työtehtävän tekemisen apuvälineenä.

Tällä hetkellä kaupallinen toiminta perustuu tavallisimmin miehitämättömässä ilma-aluksessa olevien sensoreiden keräämään ja taltioimaan datan käyttämiseen. Sensoreina voidaan käyttää esimerkiksi laserkeilaimia, videokameroita, infrapuna- ja lämpökameroita ja perinteisiä kameroita.

Tulevaisuudessa kaupallinen toiminta voi perustua tämän lisäksi esimerkiksi tavaroiden kuljettamiseen – uusia käyttösovellutuksia keksitään jatkuvasti, ja alan liiketoiminnan ennustetaan kasvavan tulevaisuudessa voimakkaasti. Käyttökohteita tällä hetkellä ovat muun muassa kartoitustehtävät, viljelysvalvonta, putki- ja linjatarkastukset, tapahtumakuvaukset, elokuvien kuvaaminen ja tulevaisuudessa logistiikkatehtävät.

Miehitämättömillä ilma-aluksilla voidaan tehdä monenlaisia keveitä tehtäviä, joihin nykyään käytetään perinteisiä ilma-aluksia. Tällä saavutetaan merkittäviä kustannussäästöjä. Miehitämättömiä ilma-aluksia voidaan käyttää sellaisien tehtävien suorittamiseen, jotka olisivat liian riskialttiita käytettävän ilma-aluksen miehistölle – esimerkiksi maassa tapahtuvan vaaraa aiheuttavan toiminnan tai haasteellisten sääolojen vuoksi.

Miehitämättömän ilmailu liittyy keskeisesti myös lähiavaruudessa tapahtuvaan toimintaan. Suomessa on erityisosaamista satelliittien ja avaruusluotainten laitteiden, ohjelmistojen ja tieteellisten mittalaitteiden suunnittelussa ja valmistuksessa. Avaruustekniikkaa soveltavien suomalaisten yritysten arvioitu liikevaihto on €240 miljoonaa vuodessa. Laitteista saatavaa dataa hyödynnetään tieteellisesti sekä kaupallisesti esimerkiksi kaukokartoituksessa ja paikkatietojen soveltamisessa.

Suomi on aktiivisesti mukana Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestö ICAO:n (*International Civil Aviation Organization*) työssä lähiavaruuden hyödyntämisen mahdollistamisessa. Euroopan mahdollisina testilentokeskuksina lähiavaruusilmailuun liittyen on mainittu mm. Kiiruna ja Kittilä.

4.3.3 Sääntely

Trafi valmistelee miehitämättömiä ilma-aluksia koskevaa ilmailumääräystä. Säädosvalmistelussa edetään pienin askelin – turvallisuusnäkökohtia unohtamatta. Pyrkimyksenä on tehdä miehitämättömien ilma-alusten sääntelystä mahdollisimman kevyttä ja nykyaikaista, jotta se ei muodostuisi toiminnan kehittämisen esteeksi. Miehitämättömän ilmai-

lun tarjoamat hyvät mahdollisuudet uudenaikaiseen teolliseen tuotantoon ja taloudelliseen toimintaan tarvitsevat tuekseen mahdollistavan innovatiivisen toimintaympäristön.

Trafi pitää suomalaiset toimijat tietoisina kansainvälisestä sääntelyn kehityksestä. Kansalliset ratkaisut tulevat todennäköisesti jäämään väliaikaisiksi, koska EU:ssa valmisteluun yhteisiä säädöksiä miehittämättömille ilma-aluksille. Trafi osallistuu aktiivisesti kansainväliseen säädösvalmisteluun ja tuo siellä esille Suomen kevyen sääntelyn periaatteita.

Tulevalle sääntelylle on ehdotettu seuraavia periaatteita:

- Minimisääntely ja toimijoilla keskeinen rooli sääntelyvalmistelussa
- Sääntelyä kehitetään toimijoiden tarpeen ja kehittyvien tilanteiden mukaisesti
- Riskiperusteinen lähestyminen
- Lennätystoiminta ei saa aiheuttaa vaaraa kenellekään
- Jokaisen uuden rekisterin, hyväksynnän tai luvan tarpeellisuus ja hyödyt arvioidaan ennen kuin sellainen otetaan käyttöön
- Konkreettista mahdollistamista ja kokeiluun kannustavaa sääntelyä

Pitkälle kehittyneeseen älykkääseen automaatioon on siviili-ilmailussa päästy vuosikymmeniä kestäneen laajan, kansainvälisen standardointiprosessin kautta. Tämä on johtanut laitteiden ja järjestelmien sertifiointiin sekä yhtenäisten menetelmien omaksumiseen.

Miehittämättömän ilmailun kansainvälistä sääntelyä kehitetään aktiivisesti Euroopan komissiossa, ICAO:ssa, viranomaisten asiantuntijaryhmä JARUS:issa (*Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems*) ja Euroopan lentoturvallisuusvirasto EASA:ssa (*European Aviation Safety Agency*), mutta nopeasta yleistymisestä johtuen kehitys laahaa silti alan toiveiden ja tarpeiden perässä. Suomen tulee aktiivisesti vaikuttaa asiaankuuluvilla kansainvälisillä foorumeilla, jotta suunniteltu sääntelykehikko ei estäisi miehittämättömän ilmailun kehittymistä. Suomen omaa, sallivaa sääntelyä voidaan käyttää tässä esimerkkinä hyvästä toimintamallista.

Tietosuojasääntely

Miehittämättömiin ilma-alusjärjestelmiin liittyy toimintoja, joilla voidaan kerätä henkilötietoja (Tarhonen & Nyström, 2014). Tämä voi aiheuttaa yksityisyyden suojaan ja tietosuojaan liittyviä kysymyksiä, joita on lähtökohtaisesti tarkasteltava olemassa olevan yleissääntelyn kautta. Henkilötietolain soveltaminen miehittämättömään ilmailuun ei kuitenkaan ole aivan yksiselitteistä, koska ilma-aluksia voidaan käyttää monenlaisiin tarkoituksiin. Miehittämättömien ilma-alusten käytön kannalta olennaista on, että esimerkiksi tallennettu äänitiedosto, valokuva tai videokuva voi olla henkilötieto. Edellytyksenä on, että ihminen on tunnistettavissa. Analogiaa voidaan hakea esimerkiksi kameravalvonnasta, jossa perinteisen turvakameran tallentama materiaali muodostaa henkilörekisterin siltä osin, kun siinä esiintyy tunnistettavia henkilöitä.

Miehittämättömien ilma-alusten kaupallisessa käytössä ympäristön havainnointi ja siitä kerätty tieto voi olla olennainen osa käyttötarkoitusta. Kerätty tieto voi myös tulla osaksi asiakasrekisteriä, jos esimerkiksi verkkokauppa toimittaa paketin asiakkaalle miehittämättömällä ilma-aluksella. Tietosuojavelvoitteiden arvioinnissa on keskeistä ilma-alusten ja niiden keräämän tiedon käyttötarkoitus. Sellaisessa kaupallisessa käytössä, jossa käsitellään ja kerätään henkilötietoja, tulee huomioida henkilötietolain asettamat velvoitteet henkilötietojen käsittelylle ja sen suunnittelulle. Lisäksi on huolehdittava rekisteröityjen oikeuksien toteutumisesta, kuten jokaisen oikeudesta tarkastaa itseään koskevat henkilötiedot. Miehittämättömän ilmailun kaupallisen potentiaalini laajentuessa esille tulee nousemaan teknologianeutraalin tietosuojasääntelyn soveltamiseen liittyviä kysymyksiä, ja laitevalmistajien sekä toiminnanharjoittajien olisi tarpeellista ottaa tietosuoja huomioon

mahdollisimman varhaisessa vaiheessa toimintansa suunnittelua. (Tarhonen & Nyström, 2014)

Henkilötietolakia ei sovelleta yksityiseen käyttöön, ja toimitukselliseen sekä taiteelliseen käyttöön sitä sovelletaan varsin rajoitetusti. Nämäkään tilanteet eivät ole täysin sääntelyn ulkopuolella, sillä esimerkiksi rikosoikeudellinen sääntely, kuten kunnianloukkaus tai yksityiselämää loukkaava tiedon levittäminen, saattaa tulla sovellettavaksi kerättävän tiedon alkuperäisestä käyttötarkoituksesta riippumatta. (Tarhonen & Nyström, 2014)

Toimenpide: Ilmailun sääntely tapahtuu kansainvälisellä tasolla. Liikennehallinnonala vaikuttaa voimakkaasti kansainväliseen ja EU:n sääntelyn kehittämiseen, jotta niissä omaksuttaisiin kevyt, riskiperustainen lähestymistapa ilmailun sääntelyyn.

Toimenpide: Ilmailua koskevaa kotimaista sääntelyä vertaillaan jatkuvasti muiden maiden sääntelyyn, jotta varmistetaan, että se säilyttää kansainvälisen etunojan.

4.3.4 Vaikutukset, haasteet ja mahdollisuudet

Miehittämättömien ilma-alusten ja lennokkien käyttäjäjoukko on tyypillisesti muita kuin perinteisiä ilmailijoita, jolloin haasteena on ennen kaikkea toimijoiden tavoitettavuus sekä turvallisuuskulttuurin luominen ja sen jatkuva kehittäminen. Turvallisuusnäkökulmasta haasteena on myös yhteentörmäysriski matalalla lennettäessä erityisesti sotilaslento-toiminnasta johtuen. Lentoturvallisuuden lisäksi ilmailun automatisaatioon liittyy muuta kuin liikennealan normistoon kuuluvaa sääntelyä.

Lainsäätäjän näkökulmasta haasteina ilmailun älykkään automaation kehittämisessä on muun muassa operaattoreita, laitteiden lukumääriä ja toiminnallisuuksia sekä onnettomuuksia koskevan tiedon huono saatavuus. Toimialan kehitys on vauhdikasta, ja se edellyttää tiivistä yhteistyötä alan toimijoiden kanssa. Kansallisen lainsäätäjän on myös pyrittävä ja pystyttävä markkinoimaan näkemyksiään kansainvälisen normiston kehittämisessä. Uhkana on, että tulossa oleva kansainvälinen sääntely hyväksymisineen ja lupakäytäntöineen olisi liian yksityiskohtaista ja rajoittavaa.

Laitevalmistajien tuotannon aloittamista ovat hidastaneet kehittymättömät markkinat, standardoinnin ja säännösten puute sekä koelentojen hankaluus. Vaikka tekniikka onkin kehittynyt nopeasti, niin sen pitää vielä kehittyä edelleen, jotta miehittämättömien ilma-alusten laajamittainen käyttö väkijoukkojen yllä ja taajama-alueilla olisi turvallista.

Automatisaatioon ilmailussa liittyy monia mahdollisuuksia. Miehittämättömien ilma-alusten potentiaaliset hyödyt viranomaiskäytössä on tunnistettu. Kaupallisessa käytössä niiden käyttöpotentiaali on vieläkin suurempi. Mahdollisuuksia lisää Suomen vähäinen ilmaliikennemäärä on ilmatilan laajuuteen nähden ja miehittämättömän ilmailun huomiointaminen ilmailulain uudistuksessa 2014. Tiivis yhteistyö viranomaisten ja toimijayhteisön välillä mahdollistaa tarkoituksenmukaisen ja käytännönläheisen sääntelyn.

Tavaroiden kuljetuksessa miehittämättömät ilma-alukset voivat ratkaista erityisesti nopeutta vaativia kuljetustarpeita vähentäen varastointitarvetta ja lähialueiden kuljetustarpeita, mikä puolestaan vähentää muuta liikennettä erityisesti tieliikenteen kuljetusten osalta. Erilaisissa valvonta-, kartoitus-, mittaus- ja kokoonpanotehtävissä sekä tavaroiden siirtelytehtävissä laitteet tarjoavat potentiaalisen suuren lisäarvon. Esimerkkejä tällaisista tehtävistä ovat työkalujen ja komponenttien siirteleminen sekä erityyppiset tarjoilu- ja etsintätehtävät.

Toimenpide: Miehittämättömien ilma-alusten kehityksen haasteisiin kehitetään innovatiivisia ratkaisuja, jotka voivat hyödyntää alaa kansainvälisesti: esimerkkinä törmäyksenestojärjestelmien kehittäminen ja välineenä esimerkiksi kilpailut.

Toimenpide: Liikenteen turvallisuusvirasto verkottaa uudentyyppiset miehittämättömällä ilma-aluksilla operoivat toimijat ja tiedottaa aktiivisesti niitä koskevasta mahdollistavasta sääntelystä sekä huolehtii tehokkaasta neuvonnasta.

Suomessa sidosryhmät haluavat ennen kaikkea toiminnan mahdollistavaa kansallista tulokulmaa. Tämän tulisi pitää sisällään oikeasuhtaista minimaalisella byrokratialla toteutettavaa sääntelyä, joka mahdollistaa toiminnan myös kansainvälisillä markkinoilla. Toimijat toivovat nopeita lupaprosesseja mahdollisille luville ja selvyyttä vakuutusksymyksiin: milloin tarvitaan, millainen, mistä niitä saa. Viranomaisten on pystyttävä vastaamaan näihin tarpeisiin ketterillä lupaprosesseilla.

4.4 Merenkulku

4.4.1 Älykäs automaatio

Laivoissa on jo nykyisellään paljon normaaliin tehdasympäristöön verrattavaa prosessityyppistä automaatiota erilaisten varoitusten sekä laitteistojen säätämisen mahdollistavien toimintojen muodossa. Älykkäämpää automaatiotakin löytyy jo melko paljon erilaisista energiantuotantoon, työntövoiman tuottamiseen ja aluksen ohjailuun käytettävistä osa-automaatiojärjestelmistä. Nykyisin uusissa aluksissa aluksen ohjailusta merellä vastuussa olevan komentosiltahenkilökunnan työ on jo pitkälti valvomotyyppistä toimintaa. Teknologia laivojen automatisoimiseksi on siis jo pitkälti olemassa, mutta käytettävissä olevia järjestelmiä ei ole yhdistetty yhdelle alustalle eikä kaikkia automatisaation jo luomia mahdollisuuksia hyödynnetä vielä aluksissa eri syistä.

Meriliikenteellä on sekä EU:ssa että maailmanlaajuisesti haasteita, kuten rahtimäärien ennustettu merkittävä nousu, tiukentuvat ympäristövaatimukset ja uhkaava pula koulutetuista merenkävijöistä tulevaisuudessa. Automaattinen laiva vaatii kehittyneitä teknologia- ja viestintäratkaisuja aluksessa itsessään, mutta myös maissa. Aluksessa, jota ohjailaan osittain tai kokonaan maista etäohjauksessa, tulee olla tehokkaat ja luotettavat anturiteknologiat esteiden havaitsemiseen ja niiden väistämiseen. Laivan järjestelmät tarvitsevat tarkan sijainnin, nopeuden, suunnan ja reitin. Automaattinen laiva mahdollistaa tehokkaamman ja kilpailukykyisemmän aluksen ohjaamisen ja operoinnin, mutta nykyiset kansainväliset sopimukset estävät vielä esimerkiksi kauko-ohjattavien alusten operoinnin. (MUNIN, 2012)

Kirjallisuudessa on esitetty miehittämättömiin laivoihin siirtymisen tuovan myös säästöjä. Laivalla tarvittavaan henkilöstöön liittyvät kulut muodostavat noin 30 % päivittäisistä operatiivisista kuluista. Nämä voisivat käytännössä poistua tai ainakin pienentyä murtoosaan nykyisestä. Alusten poltto-ainekulujen on arvioitu pienenevän 15–20 %, koska energiaa ei kuluisi miehistötilojen järjestelmien kuten lämmityksen, sähkön ja vesi- ja viemärijärjestelmien ylläpitoon. Samalla miehistötilojen poistaminen lisäisi myös lastitiloja 15 %. (Levander, 2014). Miehistötilojen ja niihin liittyvien järjestelmien poistaminen mahdollistaa laivojen suunnittelemisen kokonaan uudella tavalla, mikä puolestaan voi mahdollistaa tehokkaamman lastauksen. Uudenlaisen suunnittelun mukanaan tuomia hyötyjä tai niiden vaikutuksia myös maapuolella ei vielä ole kokonaisuudessaan edes arvioitu.

Riittävän hyvin varustellun aluksen kauko-ohjausta voidaan pitää turvallisempuna kuin laivan ohjausta komentosillalta perusteena inhimillisten tekijöiden vaikutuksen vähentäminen. Joitakin laivan hallintaan liittyviä tehtäviä voidaan siirtää maalta hoidettaviksi. Nykynäkemyksen mukaan laivan autonomiset päätöksentekojärjestelmät olisivat laivassa (MUNIN, 2012). Käytännössä maalla sijaitsevassa komentokeskuksessa työskentelevä aluksen ohjailusta vastaava henkilö voisi kauko-ohjata samanaikaisesti useaa laivaa. Nykytilanteessa kapteenin ajasta viisi prosenttia kuluu laivan ohjaukseen ja loppu on paperitöiden tekemistä. Kauko-ohjausta hyödyntämällä paperityöt voitaisiin hoitaa muualla ja kapteenin osaaminen saataisiin hyödynnettyä paremmin. (Levander, 2014) Älykkään automaation ratkaisut kuten miehittämätön komentosilta ja konehuone, maalla toimiva komentokeskus ja viestintäarkkitehtuuri yhdistävät aluksen ja maalla toimivan ohjailukeskuksen.

Käytännössä yksi suurimmista haasteita kauko-ohjattavien, miehittämättömien alusten käytössä tulee olemaan energiantuotannon parantaminen niin luotettavaksi, ettei huoltohenkilökuntaa tarvita. Nykyisellään aluksen kulun kannalta välttämättömiä huoltoja tai energiantuotantoa ylläpitäviä toimenpiteitä suoritetaan lähes päivittäin. Aluksen häiriötömän kulun varmistaminen vaatii toki monia muitakin toiminnan häiriöttömyyteen liittyviä toimenpiteitä, esimerkiksi tulipalovaaran pienentämisen nykyisestä. Lisäksi toinen vielä ratkaisua kaipaava ongelma on tietoliikenneyhteyksien varmistaminen poikkeuksellisissa olosuhteissa.

Meriliikenteessä ja siihen liittyvissä maatoiminnoissa automatisaatio tulee entisestään lisääntymään. Se tulee näkymään esimerkiksi satamalogistiikassa esineiden internetin yleistymisenä sekä tietoverkkojen laajana hyödyntämisenä laivojen huolto- ja korjaustoimintojen ennakoimisessa ja toteuttamisessa. Kaikille toimijoille avoin pilvipalvelu nähdään mahdollisuutena meriteollisuuden ja Itämeren merenkulun laajojen tietovarantojen käytön tehostamiseksi ja hyödyntämiseksi. Sillä mahdollistettaisiin eri toimijoiden uudet innovaatiot, sovellukset ja kaupalliset toiminnot. Viranomaisten ja sidosryhmien yhteistyönä parhaillaan selvitetään mahdollisuutta pilvipalvelun (ns. Itämeren älypilvi) hyödyntämiseksi meriteollisuuden ja Itämeren toimijoiden käyttöön edistämään avoimen datan hyödyntämistä.

4.4.2 Sääntely

Nykyisten kansainvälisten määräysten tulkinnan mukaan täysin miehittämättömät alukset ovat määräysten vastaisia, sillä miehistön määrälle ja osaamiselle on asetettu vähimmäismääräyksiä. Kotimaanliikenteen osalta viranomaisilla on sen sijaan laajat mahdollisuudet hyväksyä vaihtoehtoisia järjestelyjä kunhan turvallisuus pystytään takaamaan.

Merenkulun sääntely ei ole täysin pysynyt teknologisen kehityksen mukana. Onkin todettu, että kaikki kauko-ohjatun aluksen rakentamiseen ja hallinnointiin vaadittava teknologia on jo olemassa, mutta sitä ei esimerkiksi korkeiden kustannusten takia vielä hyödynnetä.

Kansallisen sääntelyn osalta on toistaiseksi epäselvää, kuinka sallivaa se on tulevaisuuden tarpeita ajatellen. Sääntely perustuu pitkälle kansainvälisille säännöksille, joten on myös tarpeen selvittää, mihin kansainvälisen sääntelyn kohtiin olisi vaikutettava jouston aikaan saamiseksi.

Toimenpide: Selvitetään miltä osin kansallisen ja kansainvälisen normisto estävät merenkulun älykkään automaation kehittymistä. Varmistetaan että kansallinen lainsäädäntö on sallivaa, ja vaikutetaan kansainvälisen säännösten kehittämiseen.

4.4.3 Vaikutukset, haasteet ja mahdollisuudet

Laiva on järjestelmänä niin laaja, että esimerkiksi joidenkin aluksen kulun aikana tapahtuvien toimenpiteiden korvaamista tai suorittamista automaation avulla tai vaikka lastin käsittelyn automaation mahdollistamista ei kannata arvioida laajemmin ennen jonkun tietyn uuden innovaation tekemistä.

Järjestelmien määrytykset ja vaatimukset ovat monin osin hyvinkin rajoittavia: esimerkiksi navigointijärjestelmien tyyppihyväksynät asettavat rajoitteita tiedolle, jota niissä voidaan esittää tai hyödyntää. Laivajärjestelmien ja maajärjestelmien tiedonvaihtoa ei myöskään ole standardoitu. Kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n (*International Maritime Organization*) käynnissä oleva e-navigointistrategia tuo tähän asiaan tulevaisuudessa vähän selvyyttä.

Laiva-automaation toimivuus riippuu paljon myös maalla olevasta infrastruktuurista, joka vaihtelee hyvinkin paljon maiden välillä jo esimerkiksi Itämeren alueella. Satamavaltioita ei ole velvoitettu tuottamaan tietynlaista maainfrastruktuuria. Lisäksi miehittämätön alus vaatii paljon apulaitteita kuten kameroita sekä lasertutkia. Näiden laitteistojen hyvänä puolena on se, että ne ovat ihmissilmää tarkempia.

Automaattiset alukset voivat olla helppoja merirosvouksen kohteita. Yhtenä tunnistettuna uhkakuvana aluksen saattaa voida tulevaisuudessa kaapata omalta tietokoneelta. Kuten muidenkin liikennemuotojen automaatioissa, vastuukysymyksiä ratkaiseminen ja tarpeellisten muutosten tekeminen kansainvälisiin sopimuksiin tulee olemaan pitkäkestoinen prosessi.

Tunnistettuja kehitystarpeita merenkulun älykkääseen automaatioon liittyen on ymmärtää, miten autonomisen aluksen teknisten järjestelmien kehitystyön tuloksia voidaan käyttää siirtymä- ja kehitysvaiheen aikana. Pitää myös tunnistaa, miten parhaiten voidaan edistää meriliikenteen tehokkuutta, turvallisuutta ja kestävyttä lyhyellä aikavälillä. Tämän lisäksi tulee automatisaation mahdollistamiseksi kehittää ympäristön havainnointia, uusia huolto- ja toiminnallisten käsitteiden määrittelyä sekä pidemmälle kehitettyjä komentosillan sovelluksia.

Toimenpide: Edistetään automaattiliikenteen mahdollistavia älyliikennepalveluja kuten Liikenneviraston ENSI-hanketta, jotka mahdollistavat lisääntyneen tiedonvaihdon esimerkiksi alusten ja maa-asemien välisten reittitietojen osalta.

Toimenpide: Kehitetään ja varustetaan väyläinfraa älykkäillä sensoreilla automaattiliikenteen turvallisen navigoinnin helpottamiseksi.

Toimenpide: Vaikutetaan aktiivisesti IMO:ssa siihen, että automaatiota voimakkaasti edistävä e-navigointi tulee kansainvälisesti käyttöön mahdollisimman nopeasti ja pyritään luomaan suomalaisille yrityksille markkinoita teknologian kehityksessä.

Toimenpide: Osallistutaan ja liitytään EU:n laajuisen merenkulun tiedonvaihtoympäristön kehitystyöhön. Tehdään merenkulun tiedonhallinnan uudistamisesta kansallinen esimerkkitalous ja toteutetaan tarvittavat arkkitehtuurimuutokset.

4.5 Raideliikenne

4.5.1 Älykäs automaatio

Täysin automatisoiduilla tai etä-/kauko-ohjatuilla junilla tarkoitetaan muusta liikenteestä ja liikkujista erotettua vaunua tai vaunuyhdistelmää. Tällaiset voivat käyttää metroliiikenteelle ominaista täysin eroteltua rataverkkoa tai vain määrätyn yhteysvälin liikennöintiä, kuten lentokentillä terminaalien välinen liikenne. Näistä käytetään kirjallisuudessa englanninkielistä nimitystä *people mover*, ja suomeksi puhutaan esimerkiksi horisontaali- tai vaakahissistä. (Lumiaho & Kutila, 2015)

Raideliikenteessä älykäs automaatio on keskittynyt kulunohjaukseen ja -valvontaan sekä tasoristeyksien turvaamiseen. Tasoristeyksissä lähestyvän junan tulee käynnistää turvaamistoimia ilman ihmisen toimia. Näitä ovat esimerkiksi turva- ja varoituslaitteiden käyttö ja tasossa risteävän ajoneuvoliikenteen ajallinen erottaminen junaliikenteestä. Lisäksi ratapihoilla on käytössä paljon tietokoneohjattua automaatiota erityisesti asetinlaitteissa. (mukaillen Lumiaho & Kutila, 2015)

Suomen rataverkon asetinlaitteet ovat kansainvälisessä vertailussa hyvinkin moderneja. Tässä tulee huomioida asetinlaitteiden varsin pitkä käyttöikä: releasetinlaitteilla elinkaari on 50–60 vuotta ja tietokonepohjaisilla järjestelmilläkin jopa 40 vuotta. Yksi syy Suomen asetinlaitteiden nykyaikaisuuteen vertailussa on se, että uusinta tekniikkaa on aina otettu käyttöön heti, kun sitä on ollut saatavilla, minkä on mahdollistanut riippumattomuus isoista automaatiotoimittajista. Maissa, joissa valtaosa asetinlaitteista hankitaan yhdeltä isolta kotimaiselta toimijalta, on kehitys yleensä ollut hitaampaa tietynlaisesta toimittajaloukusta johtuen. Myös tietokoneohjatussa asetinlaitteiden kauko-ohjauksessa Suomi on Ruotsin kanssa maailman huippua – yhtenä tekijänä tähän on nähty maamme pitkät etäisyydet ja kauko-ohjauksesta sen vuoksi saatavat merkittävät kustannushyödyt.

Suomen rataverkosta noin 90 % on yksiraiteista, minkä vuoksi liikenteenohjaukselta vaaditaan paljon optimointia. Päätöksenteontukijärjestelmät avustavat liikenteenohjaajia, mutta tällä puolella tekoälyn kehittämisessä olisi vielä hyvinkin paljon mahdollisuuksia. Mitä älykkäämpiä tukijärjestelmiä on käytössä, sitä tehokkaammin voidaan palautua poikkeus- ja häiriötilanteista, joita kuitenkin Suomen junaliikenteessä tapahtuu hyvinkin säännöllisesti ja määrällisesti paljon. Liikenteenohjauskeskusten automatisaation kehittämisessä onkin siis raideliikenteessä erittäin merkittävä potentiaali.

Junien energiakulutuksen optimointi älykkään automaation keinoin on myös yksi mahdollinen hyötyjen lähde. Eriolaisten junan ohjausoperaatioiden vaatima energiamäärä voi olla yksi parametri päätöksenteon tukijärjestelmissä joko liikenteenohjauskeskuksessa tai junan veturissa kuljettajan tukijärjestelmässä.

Ilman kuljettajaa liikkuva juna on erittäin pitkälle vietyä automatisointia. Junan yksittäisiä toimintoja kuten liikkeelle lähtöä, kiihdytystä, matka-ajoa, hidastamista, pysäyttämistä on kehitetty pitkälle. Keskeinen vaatimus kuljettajattomalle junalle on pystyä suojaamaan rata mahdollisilta radalle tulevilta esteiltä, pääosin ihmisiltä ja eläimiltä. (Lumiaho & Kutila, 2015)

4.5.2 Sääntely

Kaupunkiraideliikenteen eli metro- ja raitiotieliikenteen sääntely on EU:ssa jätetty kansalliseen harkintaan. Suomessa ollaan parhaillaan laatimassa näitä liikennevälineitä ja niiden järjestelmiä koskevaa sääntelyä, joka toisi liikenteen harjoittamisen ja rataverkon hallinnan toimilupajärjestelmän ja valvonnan piiriin. Suunniteltu lainsäädäntö korostaa toimijoiden omaa vastuuta toimintansa riskien hallinnan keinoin ja mahdollistaa toimijoi-

le heidän toimintansa kannalta tarkoituksenmukaisimpien toimintamallien käyttöönoton ja niiden riskiperusteisen oma-aloitteisen kehittämisen. Automatisaatioon ei oteta sääntelyssä suoranaisesti kantaa, mutta siitä ei myöskään seuraa mitään esteitä kehitykselle.

Järjestelmien kansainväliset hyväksyntävaatimukset ovat tiukentuneet, mikä osaltaan hankaloittaa uusien kokeiluiden käynnistämistä. Raskas hyväksyntäprosessi myös hankaloittaa suomalaisten toimijoiden vientiyrityksiä, mistä on myös olemassa käytännön esimerkkejä.

Toimenpide: Vaikutetaan raideliikenteen kansainväliseen sääntelyyn kehityksen ja kokeiluiden mahdollistamiseksi, esimerkkinä EU:n Shift2Rail-hanke.

4.5.3 Vaikutukset, haasteet ja mahdollisuudet

Selvänä kehitystarpeena tulee analysoida eri raideliikennemuotojen toiminnalliset ja kognitiiviset vaaran mahdollisuudet ja epäjatkuvuuskohdat. Lisäksi tulee ymmärtää rajoitukset, haasteet, arvot ja mahdollisuudet, jotka koskevat esimerkiksi raideliikenteen täydellistä erottelua muusta liikenteestä, innovatiivisia materiaaleja, autonomisen raideliikenteen kulunohjausta ja uudenlaisia raideliikennejärjestelmiä.

Yksi keskeinen älykkään automaation edistämisen haaste rautatieliikenteessä on osittain todella vanhat tai kokonaan puuttuvat turvalaitteet valtion rataverkolla. Tämä aiheuttaa epäjatkuvuuskohtia junien automaattisen ohjauksen kehittämisen osalta.

Toimenpide: Vanhentuneiden tai kokonaan puuttuvien turvalaitteiden investointeja vauhditetaan junien automaattisen ohjauksen kehittämiseksi.

4.6 Logistiikka

Suomessa on vahvaa osaamista varastoissa ja logistiikkakeskuksissa käytettävien automaattitruckijärjestelmien suunnittelussa ja valmistuksessa sekä maailmanlaajuisesti johtava asema satamien automaattisessa kontinkäsittelyssä ja siihen liittyvässä raskaassa kenttärobotiikassa. Tämän automatisaation ja robotiikan volyyymi suomalaisilla yrityksillä on 100–200 M€. Siitä noin kaksi kolmasosaa tehdään Suomessa, loput yritysten ulkomaisissa yksiköissä. Sen sijaan kehittämistyöstä valtaosa tehdään kotimaassa ja Suomessa toimivat globaalit veturiyritykset ovat luoneet ympärilleen laajan toimittajaverkoston, josta löytyy suuri määrä vaativan automatisaation ja robotiikan asiantuntemusta esimerkiksi navigoinnin, paikannuksen, ympäristön havainnoinnin, etäoperoinnin, koneryhmien hallinnan ja kommunikoinnin aloilla. (Ventä at al., 2015)

Satamien automatisaatio on vasta alussa. Niiden automatisointi merkitsee suuria projekteja ja kokonaisjärjestelmien toimituksia, ja Suomella on jo hyvä jalansija tässä suurissa mahdollisuuksissa tarjoavassa robotiikan sektorissa. Se kehittyy kuitenkin nopeasti ja siksi on olennaisen tärkeää tunnistaa alan todelliset kehittämistarpeet ja niiden vaatimat toimenpiteet, jotka pitävät yllä kotimaisten yritysten innovaatio- ja kilpailukykyä. Toimituksista kilpailevat konevalmistajan ohella myös suuret automaatio- ja ohjelmistotalot. (Ventä at al., 2015)

Satamien, suurten varastojen ja logistiikkakeskusten robotiikka on poikkeuksetta suurten järjestelmien toimituksia. Suuria kokonaisuuksia tai alueita automatisoidaan kerralla, ihmisten kuljettamat koneet väistyvät ja alueet suljetaan muulta liikenteeltä ja ulkopuolisilta. Toimittajilta edellytetään kykyä hallita yksittäisen koneen lisäksi suuria koneryhmi-

en ohjausjärjestelmiä ja jopa koko varaston tai sataman toiminnanohjausjärjestelmiä. Lisähaastetta tuo loppuasiakkaiden keskuudessa korostunut tarve koneiden ja järjestelmien rajapintojen standardointiin, joka tekee mahdolliseksi eri valmistajien järjestelmien toiminnan samassa ympäristössä. (Ventä at al., 2015)

Automatisaation odotetaan vaikuttavan raskaaseen liikenteeseen voimakkaasti maailmanlaajuisesti. Automaation odotetaan muun muassa helpottavan alan työvoiman saatuuteen liittyviä ongelmia. Raskaan liikenteen automaatioissa teknologioiden kehittyminen on jo varsin pitkällä, vaikka haasteita riittääkin ratkaistavaksi. Niitä selvitetään ensi vaiheissa kokeilemalla raskaan liikenteen letka-ajoa (platooning). Raskaan liikenteen automaation täysimääräinen hyödyntäminen saattaa edellyttää myös säädösten muutoksia, esimerkkinä ajo- ja lepoaikojen sääntely.

Logistiikan puolella robotiikkaa vievät eteenpäin samat ajurit kuin aikanaan teollisuudessa: tuottavuuden ja turvallisuuden kasvutavoitteet. Varastoissa ja satamissa tavaran läpimenoaika ja hukkaprosentti ovat päämittareita, joilla tuottavuutta mitataan. Vain automaattisten koneiden hallittavuus ja tiedon tuotanto mahdollistavat toiminnan tuottavuuden kasvattamisen uudelle tasolle. Kuljettajien vaihtuvuus ja alhainen koulutustaso luovat lisätarvetta automaatiotason nostamiseen. (Ventä at al., 2015)

Automaattitrukeille eli vihivaunuille on olemassa turvallisuusstandardit ja ne voivat esimerkiksi toimia osin samoissa tiloissa ihmisten kanssa. Raskaan logistiikkarobotiikan kehitystä hidastaa vielä vakiintuneiden ratkaisuiden puute. Tyypillisesti koneet liikkuvat suljetulla alueella. Niitä seurataan ja tarvittaessa ohjataan alueella olevasta valvomosta käsin. Usein jokin yksittäinen liike tai työvaihe suoritetaan etäohjauksessa. Raskaiden automaattisten koneiden toiminta ainakin osittain ihmisten kuljettaman kaluston rinnalla olisi merkittävä harppaus, mutta vielä ei ole kyetty määrittelemään turvallisuusstandardeja, jotka edistäisivät näiden uusien ratkaisuiden käyttöönottoa. Alan valmistajat ja asiakkaat tekevät jatkuvaa yhteistyötä, ja lisääntyneiden toimitusten avulla tilanne alkaa vähitellen olla valmis standardointityöhön. (Ventä at al., 2015)

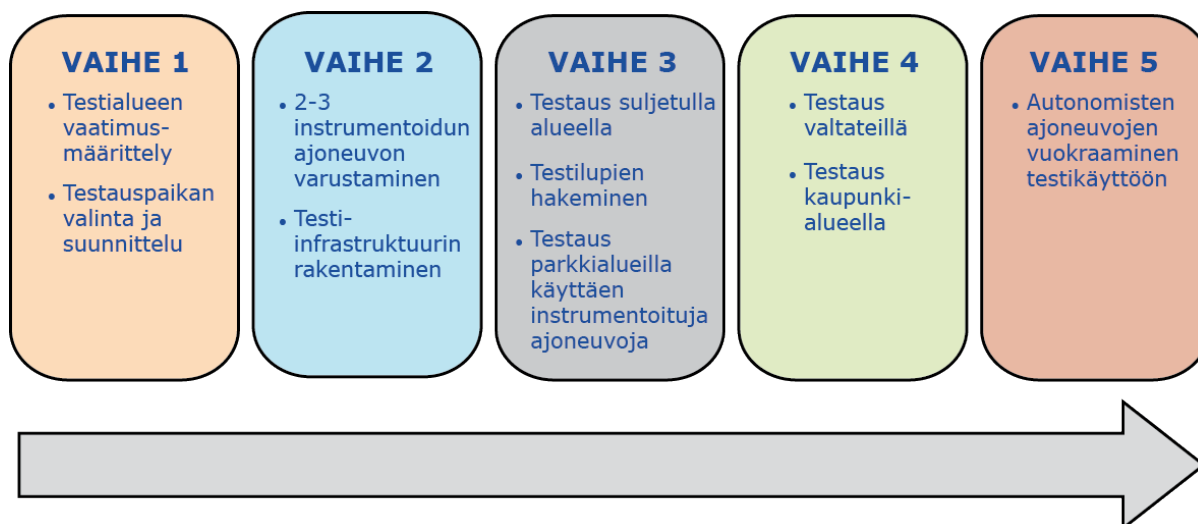
Tunnistettuja kehitystarpeita logistiikkaan liittyen ovat erityisesti automaattisten ajoneuvojen käytön edistäminen kaupunkilogistiikassa sekä jakelu- ja noutopalveluissa. Lisäksi tulee kartoittaa miehittämättömien ja kauko-ohjattujen ilma-alusten käyttöönottoon ja käyttöön liittyvät esteet ja mahdollisuudet.

5. Liikenteen älykkään automaation kokeilut

5.1 Tieliikenne

Automaattisia ajoneuvoja testataan tätä tehtävää varten suunnitelluilla erillisillä testialueilla sekä tie- ja katuolosuhteissa. Testialueilla tulee pystyä varautumaan erilaisiin liikennetilanteisiin ja olosuhteisiin. Kokeiluissa on pystyttävä testaamaan teknisiä järjestelmiä ja tiedonsiirtoa ja niiden toimivuutta, viiveitä, häiriöalttiutta, toipumista häiriötilanteista ja luotettavuutta sekä käyttäjäreaktioita kuten käytettävyyttä, käyttöliittymiä ja käyttäjähyväksyttävyyttä. (Lumiaho & Kutila, 2015)

Kokeiluja järjestetään teknologian kehitysasteen mukaan ensin suljetulla testausalueella, sillä riskit edetä suoraan liikenteen sekaan instrumentoidulla täysin tai pitkälti automaattisella ajoneuvolla ovat liian suuret. (Kuva 5) Kokeilut vaativat alkuvaiheessa muutaman auton varustamisen uudella teknologialla ympäristön havainnoinnin, tiedonsiirron sekä kuljettajan käyttäytymisen arvioinnin osalta. Autonvalmistajilta keskeneräisiä kehitysmalleja ei ole saatavilla. (Lumiaho & Kutila, 2015) Kokeilualueilla on myös toisenlainen tehtävä, sillä niiden avulla voidaan vaikuttaa siihen, miten tulevat autoilijat ottavat vastaan automaattiset ajoneuvot.



Kuva 5. Testialueen rakentamisen vaiheittainen eteneminen (Lumiaho & Kutila, 2015).

Kokeilutoiminnan kehittäminen Suomessa

Suomessa on jo toimivia tieliikenteen kokeilualueita ja -liiketoimintaa, joita kannattaa hyödyntää myös tieliikenteen älykkään automaation kokeiluiden suunnittelemisessa ja rakentamisessa. Esimerkiksi Test World on toiminut autonvalmistajien rengastestipaikkana jo 1990-luvulta lähtien, ja talviolosuhteiden testaamista voidaan tehdä myös Arctic Research Centressä.

Suomi on myös ollut mukana monessa EU:n tutkimus- ja kehityshankkeessa, joissa on järjestetty laajoja ajoneuvojen kenttäkokeita esimerkiksi Tampereen seudulla. Näiden hankkeiden myötä Suomeen on kertynyt myös vahvaa kenttäkokeiden järjestämiseen ja hallitsemiseen liittyvää osaamista, jota tulisi hyödyntää ja markkinoida tehokkaammin.

Automaattiautot ovat toistaiseksi varsin haavoittuvia haastavissa sää- ja keliolosuhteissa. Suomella onkin mahdollisuus erikoistua monipuolisena talviolosuhteiden testausympäristönä, jonka pohjana on salliva lainsäädäntö. Kokeilutoiminnan kehittämiseksi toimijoita on verkotettava tehokkaasti keskenään, jotta koko maasta saadaan aikaan arktinen kokeiluympäristö, jossa eri toimijat voivat keskittyä omaan erityisosaamiseensa. Tavoitteena on houkutella toimijoita Suomeen muun muassa yhteisten markkinointiponnistelujen avulla. Tätä helpottaa Trafiin alkuvuonna 2015 perustettu automaattikokeilujen asiakkuus, jonka kautta kokeiluista kiinnostuneet tahot saavat tietoa ja tarvittaessa apua kokeilujen suunnittelussa ja järjestämisessä.

Maailmalla on toistaiseksi hyvin vähän julkista tietoa automaattiautojen kokeiluiden järjestämisestä ja tähän liittyvistä vaatimuksista. Talviolosuhteiden testauksesta tietoa ei ole juuri lainkaan. Tämän vuoksi on selvitettävä, mitä tällaisen kokeilutoiminnan kehittäminen Suomessa vaatii ja millaisia olemassa olevia vahvuuksia voidaan hyödyntää. Lisäksi voidaan kehittää tutkimus- ja kehityshankkeissa ratkaisuja automaattiautojen toimivuuteen arktisissa oloissa.

Osana EU:n rahoittamaa CityMobil2-tutkimushanketta testattiin kesällä 2015 Vantaan Kivistön asuntomessujen yhteydessä ilman kuljettajaa liikkuvia automaattibusseja, jotka kuljettavat kerrallaan noin 10 henkeä. Jatkosuunnitelmassa on tällaisten automaattibussin kehittäminen sellaisiksi, että ne toimivat myös talviolosuhteissa.

Raskaan ajoneuvokaluston valmistajat, kuten Scania, ovat jo tehneet letka-ajokokeiluja eri puolilla Eurooppaa, esimerkiksi Alankomaissa. Suomen on syytä pyrkiä mukaan näihin kokeiluihin erityisesti arktisesta tulokulmastaan lähtien.

Toimenpide: Synnytetään testialueiden ja testausosaamisen ekosysteemi sekä kehitetään kokeiluiden vaatimaa infrastruktuuria.

Toimenpide: Luodaan Tunturi-Lappiin erilaisia automaatiokokeiluja ja liikennepalveluita houkutteleva toimintaympäristö "Snowbox" (Aurora-hanke).

Toimenpide: Kehitetään yhteistyössä automaattisesti ja hankalissa tilanteissa kauko-ohjatusti toimiva lumiaura, jonka avulla voidaan muun muassa kehittää liikenneväylien talvikunnossapitoa ja suomalaista arktista osaamista.

Toimenpide: Pyritään joukkoliikenteen palveluiden tehostamiseen automaattiajoneuvojen avulla. Liikkeelle lähdetään helpoista reiteistä ja alhaisista nopeuksista. Kehitetään joukkoliikennevälineiden talvenkestävyyttä. Esimerkiksi Tuusula voisi toimia kokeilupaikkakuntana.

Toimenpide: Markkinoidaan aktiivisesti Trafin automaattikokeilujen asiakkuutta kansainvälisissä tapahtumissa.

Toimenpide: Osallistutaan Alankomaiden EU-puheenjohtajuuskaudella keväällä 2016 tehtävään eurooppalaiseen letka-ajokokeiluun (Platooning Challenge).

5.2 Ilmailu

Esimerkki miehittämättömän ilmailun alalla aloitetusta kokeilusta on voimalinjojen kunnon tarkistaminen ilmasta käsin miehittämättömällä ilma-aluksella, jonka lentoreitti on etukäteen ohjelmoitu. Kokeilussa ilma-aluksen keräämät tiedot analysoidaan ja tallennetaan automaattisesti. (Ahjopalo, 2014)

Miehittämättömillä ilma-aluksilla toteutettavia kokeiluita on mahdollista järjestää helposti nojaten ilmailulakiin, joka sallii miehittämättömien ilma-alusten poiketa lentosäännöistä muulta ilmailulta kielletyllä tai miehittämättömän ilma-aluksen lennättämistä varten erotetulla alueella. Trafi toteuttaa mahdollistavaa viranomaisuutta käymällä läpi suunnitteilla olevia käyttötapauksia toimijoiden kanssa toiminnan turvallisuuden ja vaatimustenmukaisuuden varmistamiseksi.

Toimenpide: Toteutetaan miehittämättömien ilma-alusten avulla kokeiluita, joissa rajatulla alueella kaupallinen toiminta tavaraliikenteessä on sallittu. Tällaisia alueita voivat olla vaikkapa saariston lääkejakelu ja harvaan asuttujen alueiden tavarankuljetus. Lähijakelussa käytetyille nelikoptereille suunnitellaan kaavoittajan kanssa yhdessä kävelyetäisyydellä olevat turvalliset nelikopterilla jaeltavien tavaroiden yhteiskäyttöiset jakeluvälikamot.

Toimenpide: Trafi mahdollistaa lyhyet, nopean varoitusaajan kokeilut entistä helpommin ja helpommin.

5.3 Merenkulku

Kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n sääntely ei juuri mahdollista kokeiluja kansainvälisillä vesialueilla.

Merenkulun automatisaation kokeiluissa viranomaisilla on kotimaanliikenteen osalta laajat mahdollisuudet hyväksyä vaihtoehtoisia järjestelyjä kunhan turvallisuus pystytään takaamaan. Erityisesti kotimaanliikenteessä ja myös non-SOLAS-alusten osalta mahdollisuudet ovat varsin hyvät. Tällaisia kotimaan vesillä tapahtuvia automaatiokokeiluita on eri puolilla maailmaa jo suunniteltu toteutettavan.

Lähtökohtaisesti kokeiluissa on helpointa ja järkevintä aloittaa rahtikuljetuksista. Muunkinlaisia kuljetuksia pystytään mahdollistamaan esimerkiksi siten, että mukana on vain yksi henkilö. Tämä todellisuudessa olisikin kokeiluissa todennäköinen tilanne, koska testausvaiheessa halutaan havainnoida luotettavuutta ja varmistaa toiminnan turvallisuus.

AAWA Initiative -hankkeessa kehitetään ratkaisuja tulevaisuuden älykkäisiin merioperaatioihin. AAWA-hankkeessa on mukana viisi teollisuus- ja viisi tutkimuspartneria. Kehitettävät ratkaisut ovat niin kauko-ohjattavia kuin täysin autonomisia ja ne liittyvät alusten navigointiin, koneistoihin ja muihin laivalla käytettäviin järjestelmiin. Pelkän teknisen kehitystyön lisäksi hankkeessa tarkastellaan myös turvallisuuteen liittyviä ja taloudellisia näkökulmia sekä lainsäädännön mahdollisuuksia ja rajoitteita. Hanke on koko Suomen meriteollisuuskusterille hyvä tilaisuus uusien liiketoimintamahdollisuuksien luomiseksi ja myös profiloitua maailman johtavaksi älykkäiden merioperaatioiden keskittymäksi.

Toimenpide: Rohkaistaan ja tuetaan yrittäjiä käynnistämään automaattialuskokeiluja esimerkiksi saariston yhteysalusliikenteessä. Järjestetään saariston kuljetusten hoitamisen kokeiluja automaattialusten avulla.

Toimenpide: Laaditaan selkeä suunnitelma, jolla verkotetaan alan toimijoita ennakkuulottomasti ja hyödynnetään jo käynnissä olevia hankkeita, kuten Helsingin kaupungin Merit-hanke sekä yritys- ja tutkimuskonsortion AAWA-hanke.

5.4 Raideliikenne

Suomessa VR on tehnyt kokeiluja junien energiakulutuksen optimoimiseksi älykkään automaation keinoin.

Nykyiset EU-tasolla melko pitkälle yhdenmukaistetut osajärjestelmien ja liikkuvan kaluston käyttöönottolupa- ja hyväksyntäprosessit on suunniteltu markkinoilla tarjottavien tuotteiden vaatimustenmukaisuuden ja yhteentoimivuuden varmistamiseen, eivätkä ne ota tarpeeksi huomioon erilaisia rautatieliikenteen kokeiluja. Yhteentoimivuuden teknisissä eritelmissä (*YTE*) yhteentoimivuuden toteutuminen on pitkälle sidottu tiettyihin teknisiin ratkaisuihin ja standardeihin, mikä saattaa hidastaa uusien ratkaisujen kehittämistä. YTE:ien muuttaminen nykyistä teknologianeutraalimpaan suoritusarvoperusteiseen suuntaan kestää vielä pitkään.

Mahdollisimman teknologianeutraali normisto olisi omiaan edistämään innovatiivisuutta raideliikenteessä.

6. Liikenteen älykkään automaation liiketoimintaekosysteemin rakentaminen

6.1 Yleisesti liiketoimintaekosysteemeistä

Hyvässä ja kestävästi kasvavassa liiketoimintaekosysteemissä on monia reilun kilpailun edellytyksiä ja kulttuureja (Ventä et al., 2015). Liiketoimintaekosysteemillä tarkoitetaan ympäristöä, jossa yritykset tekevät yhteistyötä, kilpailevat ja luovat yhdessä kyvykkyyksiä uusien innovaatioiden ympärille. Nämä kyvykkyydet ja voimavarat täydentävät toisiaan kasvattaen tuotteen tai palvelun asiakasarvoa.

Tällaisella alalla on yhtenäinen käsitys ajureista, teknologioista, toimintatavoista, jopa sanastoista. Alalle on kehitetty yhdessä monenlaista hyödyllistä teknistä ja muuta infrastruktuuria, joka samalla kertaa sallii toimijoiden keskinäisen kilpailun mutta myös edistää sen osien monenlaista hyödyllisyyttä ja välttämätöntä yhteensopivuutta. (Ventä et al., 2015)

Standardointi ja lainsäädäntö ovat avaintekijöitä, mutta ne eivät kuitenkaan riitä. Tarvi- taan osaamista, toimintatapoja, suunnittelutyökaluja ja alustoja, joilla tehokkaasti tuote- taan oikeaa yhteensopivuutta. Tällöin alalle pystyy tulemaan isoja ja pieniä toimijoita kilpailun, kasvun ja kehityksen toteutuessa järkevällä tavalla. Tätä edesauttavat myös yhdessä sovitut pelisäännöt ja menettelyt turvallisuuden, tietoturvan ja eettisyyden to- teutumiseksi. (Ventä et al., 2015)

Ekosysteemin terveen kehittymisen vatureina voivat olla alan vahvat toimittajat, vahvat alkuperäiset laitevalmistajat (*original equipment manufacturer*, OEM-toimijat) tai vahvat integroijat, toisinaan vahvat ostajat tai loppukäyttäjät (esimerkiksi autoteollisuus), tai tilanteesta riippuen valistuneet ja asiantuntevat viranomaiset tai jopa valtiovalta. Toisi- naan yksi vahva toimija pääsee vuosikausiksi määräävään maailmanlaajuiseen markkina- asemaan, jolloin tällainen toimija sanelee tehokkaasti yhteensopivuuden pelisäännöt ja myös kolmansien osapuolten roolia markkinoilla. (Ventä et al., 2015)

Suomen vahvuutena ekosysteemien rakentamisessa ovat pienet piirit, mikä mahdollistaa tehokkaan verkottamisen ja yhteistyön. Tätä vahvuutta ei kuitenkaan vielä ole erityisen tehokkaasti hyödynnetty digitalisaation edistämässä.

6.2 Yleiset robotiikan markkinasegmentit Suomessa

EU:n robotiikan Strategic Research Agenda (SRA) jakaa alan markkinat seuraaviin osa- alueisiin (Ventä et al., 2015): kuluttajat, julkinen sektori sisältäen julkisen infrastruktuu- rin ylläpidon ja pelastustoimen, yksityisen sektorin palvelut, liikenne ja logistiikka, puo- lustus- tai sotilassovellukset, valmistus, maatalous ja terveydenhuolto. Tämä sovellus- alueisiin tai markkinasegmentteihin jako vastaa melko hyvin suomalaistakin tilannetta. Taulukko 2 esittää tätä markkinasegmenttien jaottelua sekä perustietoja ja tämänhetkis- tä tilannetta.

Taulukko 2. Robotisaation sovellusalueet Suomessa markkinasegmenteittäin (Ventä et al., 2015).

Segmentti	Ala-segmentti	Esimerkkejä	Liiketoimintamuodot	Keskeisiä toimijoita	Liikevaihto Suomessa
Teollisuus	Tuotantolinjat	Hitsaus-, pakkausrobotit	Laitekauppa, järjestelmät, urakointi, palvelu. Vienti > Tuonti	Yaskawa, (JPN) KUKA(GER), ABB (SWE), Orfer(FIN), Optofidelity (FIN)	100 MEUR
	Materiaalin käsittely	Kuljetin, autom. varasto vihivaunu	Laitekauppa, järjestelmät, urakointi, palvelu. Vienti > Tuonti	Cimcorp, Fastems(FIN) Rocla, Solving (FIN)	10 MEUR
Palvelu-robotiikka	Hupi	Nelikopteri, rakennussarjat	Vähittäiskauppa, netti-kauppa		0,1 MEUR
	Apu	Autonom. ruohonleikkuri, pölynimuri	Vähittäiskauppa, netti-kauppa	Husqvarna(SWE) Samsung (KOR) Bosch(GER)	1 MEUR
	Hoiva	Etäläsnäolo, terapia	Laitekauppa, järjestelmät, palvelu		0,1 MEUR
Sairaala-teknikka		Leikkausrobotit tomografia	Laitekauppa, järjestelmät, urakointi, palvelu	Intuitive Surgical, Medtronic, GE(US), Philips(NED), Planmeca(FIN)	1,5 MEUR
Kenttä-robotiikka	Kaivoskoneet	Porauskone, dumper, kuljetin	Laitekauppa, järjestelmät, urakointi, palvelu	Sandvik, Normet(FIN), Metso Minerals(FIN), Caterpillar(US)	10 M€
	Metsäkoneet	Harvesteri	Laitekauppa, järjestelmät, palvelu	Ponsse(FIN), JDF(US)	
	Maatalous	Traktori-työkone-yhdistelmä	Laitekauppa, järjestelmät, palvelu	Valtra(FIN)/Acgo(US)	
	Rakentaminen	Tiekarhu, kaivinkone	Laitekauppa, järjestelmät, palvelu	Caterpillar(US), Komatsu(JAP), Novatron(FIN)	
	Logistiikka	Lukki, kurottaja, trukki	Laitekauppa, järjestelmät, urakointi, palvelu	Konecranes(FIN), Car-gotec(FIN), Kone(FIN), Rocla(FIN), Terex(US), Siemens(GER), ABB(SUI ym.)	10 M€
	Valvonta	Nelikopteri (prof.)	Laitekauppa, järjestelmät, urakointi, palvelu		
	Turvallisuus	IR-sensor, pelastus ja palontorjunta, rajavalvonta	Laitekauppa, järjestelmät, urakointi, palvelu	Bronto Skylift(FIN)	
	Sotilassov.			Patria(FIN)	
Liikenne	Ajoneuvot	Semi-, highly-, fully- autonomous cars		Daimler, VW, Audi, BMW (DE), Volvo (SE), SWARCO (AU), Elektrobot EB (FIN), Symbio (FIN), Tieto (FIN),	
	Raide-liikenne	Automaattinen metro, people mover		Alstom (F), Ansaldo STS (I), Bombardier (CND), Hyundai Rotem (S.Korea), Siemens (DE)	
	Lento-liikenne	Miehittämättömät ilma-alukset UAV (autonomiset, etäohjatut)		Airbourne Robotics (AT), Aeryon (CND), Indela (BY)	
	Sisävesi-, meriliikenne	Auto pilot => Miehitettömät komentosillat		Napa (FIN), Rolls Royce (GBR), Eniram (FIN), Meyer Turku (FIN)	

Markkinasegmenteissä korostuu Suomen erittäin merkittävä työkonesektorit. Suomalainen metsäharvesteri on yksi maailman instrumentoiduimmista ja automatisoiduimmista työkoneista, todellinen huipputeknologian malliesimerkki. Yrityksistä Ponsse on alan globaali johtaja, ja hyvänä kakkosena on Timberjackin perillinen John Deere Forestry. Vastavasti logistiikkapuolella Suomessa ovat globaalisti erittäin vahvoja Konecranes ja Car-gotec. Näiden kaikkien tuotekehityksien pääosat ovat Suomessa, millä on suuri merkitys

alan opetukseen, tutkimukseen, ja kokemuksen karttumiseen Suomessa. Edelleen kairovosteollisuuden merkityksen kasvu on luonut hyvät edellytykset alan koneteollisuudelle. Niinpä Sandvik-Tamrock, Metso Minerals ja Normet ovat alan vahvoja toimittajia, myös enimmäkseen vientiin asti. Näiden kaikkien lähimmät kilpailijat tulevat Ruotsista ja kauempaa sitten esimerkiksi Japanista, Koreasta, USA:sta ja Saksasta. Metsätalous ja kairovosteollisuus ovat esimerkkejä aloista, jotka ovat maailman mittakaavassa pieniä, mutta Suomelle merkittäviä. Maatalous, rakentaminen, logistiikka ja sairaalatekniikka puolestaan ovat suuria globaalialoja, joilla on sekä suuria globaaleja toimittajia että myös muutamia yksittäisiä suomalaisia tähtiäkin, kuten taulukkoon on esimerkkeinä mainittu. Laajasti ottaen näiden alojen robottien soveltaminen perustuu tuontiin. Kenttärobotiikan segmentin volyyymi (tuotteiden ja järjestelmien valmistus) Suomessa oli yhteensä noin 400 M€ vuonna 2014 ja osuus toimialan liikevaihdosta noin 10 %. Tuotteiden markkinat ovat globaalit. (Ventä et al., 2015)

Teollisuuden roboteista on paikallaan mainita elektroniikkateollisuuden tuotantoautomaatio. Ala ehti Suomessa vuosituuhannen vaihtuessa nousta globaaliksi toimijaksi tuotantolinjoineen ja robottisoluineen, mutta elektroniikkateollisuuden katoamisen myötä myös vastaava robotiikkateollisuus on ollut häviämässä Suomesta ja osaajat ovat siirtyneet muille aloille. Muulle teollisuudelle robotiikkaa toimittavat yritykset kuten Fastems ja Cimcorp ovat puolestaan selviytyneet hyvin. Niillä osa-alueilla, joissa Suomessa on alan valmistusta, yhteenlaskettu teknologian vienti ylittää selvästi tuonnin. (Ventä et al., 2015)

6.3 Liikenteen älykkään automaation ekosysteemi

Liikenteen älykkään automaation ekosysteemi, kuten mikä tahansa ekosysteemi, rakentuu väistämättä erilaisista osa-alueista ja erityyppisistä toimijoista. Osa-alueiden sisälläkin toimijat eivät välttämättä tee riittävän tehokasta, kaikkia osapuolia hyödyttävää yhteistyötä puhumatta siitä, että ekosysteemin osa-alueiden välillä kyettäisiin siihen. Alla on kuvattu eräs tapa hahmottaa asiaa (Kuva 6).



Kuva 6. Tapa hahmottaa liikenteen älykkään automaation ekosysteemi Suomessa.

Suomessa toimii lukuisia liikenteen automaation kannalta mielenkiintoisia yrityksiä. Alla on listattu niistä iso osa, mutta ei varmasti kaikkia. Tätä suunnitelmaa laadittaessa on jo käyty monia hyödyllisiä kahden- ja monenvälisiä keskusteluja toimijoiden kanssa, ja näitä keskusteluja tulee jatkossakin käydä järjestelmällisesti.

Tavoitteena ekosysteemien luomisessa on, että yritykset hyötyisivät verkottumisesta myös yli perinteisten yhteistyörajojen. Yksi ilmeinen hyöty kaikille toimijoille voisi olla voimien yhdistäminen kansainvälisissä markkinointiponnistuksissa. Haasteena on kuitenkin löytää ekosysteemeille niiden toiminnan kehittämistä kiinnostuneita veturiyrityksiä tai -yhteisöjä.

6.3.1 Suomessa toimivia tieliikenteen automatisaation yrityksiä

- Arctic Research Centre – testauspalvelut
- Elektrobit - navigointijärjestelmät, kuvantunnistus
- HERE - navigointi, kartat, personoitu automaattiajaminen
- Innomikko – testauspalvelut
- Linkker – sähköbussit
- Nokia - autojen ja infran välinen kommunikaatio
- Nokian Renkaat - renkaat ja turvallinen ajoneuvon hallitseminen
- Roadscanners - liikenneinfrastruktuurin kunnan mittaaminen ja seuranta
- Teconer - kitkamittaukset, tienpinta-anturit
- TeliaSonera, Elisa, DNA - autojen ja infran välinen kommunikaatio
- Test World - talviolosuhteiden testaus
- Vaisala - tienpinta-anturit, sääasemat
- Valmet Automotive - ajoneuvojen kokoonpano

6.3.2 Suomessa toimivia ilmailun automatisaation yrityksiä

- AL Safety Design – teknisten järjestelmien riskienhallinta ja luotettavuustekniikka
- SharperShape – miehittämättömillä ilma-aluksilla tehtävä omaisuuden kartoitus
- DA-Design – elektroniikka- ja ohjelmistosuunnittelu, valmistus ja testaaminen
- Insta – teollisuusautomaatio, ilmailun elinkaaripalvelut, tilannetietoisuus- ja tietoturvaratkaisut ja -palvelut
- Patria Aviation – lentokoneiden ja helikoptereiden kokoonpano, osien valmistus, huolto ja modifikaatio sekä lentokoulutus
- Robonic – miehittämättömien ilma-alusten laukaisujärjestelmät, suunnittelupalvelut
- Space Systems Finland – ohjelmisto- ja järjestelmäkehityspalveluiden tuottaminen koneteollisuudelle, lääkelaitteita valmistavalle teollisuudelle, ydinvoimateollisuudelle sekä avaruusteollisuudelle
- Vaisala – ympäristön ja teollisuuden mittausratkaisut

6.3.3 Suomessa toimivia merenkulun automatisaation yrityksiä

- Deltamarin – alussuunnittelu
- Elomatic – alussuunnittelu
- Eniram – optimointiohjelmistot
- Metso – energianhallintajärjestelmät
- NAPA - meriteollisuuden ohjelmistot
- Navielektro - VTS-järjestelmät
- Rauma Marine Constructions – laivanrakennus

- Rolls-Royce – virta- ja käyttövoimajärjestelmien suunnittelu, tuki ja rakentaminen sekä teknisten järjestelmien integrointi
- Wärtsilä – laivanrakennus

6.3.4 Suomessa toimivia raideliikenteen automatisaation yrityksiä

- Bombardier - kauko-ohjausjärjestelmien globaali tuotekehitys Suomessa
- Desec – vaihtenvaihtorobotti
- EKE-Elektroniikka - integroidut IP-pohjaiset junien älyjärjestelmät
- Mipro - tietokoneohjatut asetinlaitteet ja kauko-ohjausjärjestelmät
- Sabik - led-valoyksiköt

Toimenpide: Ryhdytään rakentamaan suomalaista testausekosysteemiä määrätietoisesti ja verkotetaan alan toimijoita ennakkoluulottomasti. Järjestetään työpajoja ja muita verkottumistilaisuuksia.

Toimenpide: Hyödynnetään Team Finland -toimintaa ja aikaansaadaan yhteisiä tehokkaita markkinointitoimenpiteitä kansainvälisesti.

7. Yhteenveto

Kaikki mikä voidaan järkevästi automatisoida, automatisoidaan – niin liikenteessä kuin yhteiskunnassa yleisestikin. Avoin kysymys tätä koskien on vielä se, mikä on järkevää automatisointia. Tämän selvittämiseksi tarvitaan liikenteen älykkään automaation kokeiluja kaikissa liikennemuodoissa: maassa, merellä ja ilmassa.

Älykkäät automaattiset ratkaisut tulevat seuraavina vuosina olemaan läsnä kaikkialla tietotekniikan tavoin. Älykkään automaation lisääntyminen, automatisaatio on osa käynnissä olevaa digitaalista vallankumousta. Mobiliteetin, pilvipalveluiden, suurten tietomasojen käsittelyn ja robotisaation yhdistelmä muuttaa tavat tehdä työtä ja viettää vapaa-aikaa. Suomella on paljon osaamista kaikilla näillä osa-alueilla, ja tämä osaaminen tulisi nyt hyödyntää tehokkaasti liikenteen älykkään automaation edistämiseksi ja tästä seuraavien hyötyjen realisoimiseksi.

Tässä suunnitelmassa on tunnistettu lukuisia toimenpiteitä näiden tavoitteiden saavuttamiseksi yhteiskunnan eri osa-alueilla. Nämä suunnitelmassa aiemmin esitetyt toimenpiteet on koottu yhteen ja ryhmitelty osa-alueittain. Toimenpiteitä ei ole priorisoitu, eikä niitä tässä esitetä tärkeysjärjestyksessä.

Tieto, tietoliikenne ja teknologia

- Autojen keskinäisiä sekä autojen ja tieinfrastruktuurin välisiä tiedonvälitysjärjestelmiä kehitetään edelleen hyödyntäen olemassa olevaa radioteknologian osaamista ja jo käynnissä olevia hankkeita (esimerkiksi NordicWay) eri toimijoiden välisessä yhteistyössä.
- Edistetään automaattiajamiselle välttämättömien nopeiden ja toimintavarmojen kiinteiden ja langattomien yhteyksien rakentumista liikenneväylien varteen. Tämä tulisi aloittaa vilkkaasti liikennöidyiltä väyliltä.
- Luodaan viitekehys kunkin liikennemuodon automaation vaatimasta tietopohjasta. Selvitetään digitaalisen tietopohjan osalta eri tietotyyppien (paikkatietopalvelut, viranomaistiedot, palveluntuottajien tiedot) kansallisten tietoaineistojen riittävyttä automaattiliikenteen digitaalisen tietopohjan tarpeisiin ja ryhdytään tarvittaviin toimiin sen riittävyden takaamiseksi.
- Vanhentuneiden tai kokonaan puuttuvien turvalaitteiden investointeja vauhditetaan junien automaattisen ohjauksen kehittämiseksi.
- Edistetään automaattiliikenteen mahdollistavia älyliikennepalveluja kuten Liikenneviraston ENSI-hanketta, jotka mahdollistavat lisääntyneen tiedonvaihdon esimerkiksi alusten ja maa-asemien välisten reittitietojen osalta.
- Kehitetään ja varustetaan väyläinfraa älykkäillä sensoreilla automaattiliikenteen turvallisen navigoinnin helpottamiseksi.
- Osallistutaan ja liitytään EU:n laajuisen merenkulun tiedonvaihtoympäristön kehitystyöhön. Tehdään merenkulun tiedonhallinnan uudistamisesta kansallinen esimerkkitapaus ja toteutetaan tarvittavat arkkitehtuurimuutokset.
- Varmistetaan turvallisuuden kannalta kriittisten reaaliaikaisten liikenteen tietopalveluiden tietoliikenteelle etuoikeus yhteistyössä suurimpien teleoperaattoreiden kanssa.

Sääntely ja vaikuttaminen

- Toteutetaan hallitusohjelman kirjaus autoveron keventämisestä ja selvitetään sen vaikutukset automaation edistymiseen.
- Pidetään huoli, että Suomessa on Euroopan tai maailman paras säädösympäristö automaattiajamisen kokeiluihin ja käyttöönottoon. Tarvittavat korjausliikkeet tehdään ripeästi. Tieliikennelain kokonaisuudistuksen yhteydessä varmistetaan, että lainsäädäntöön ei jää haittaavia elementtejä.
- Vaikutetaan aktiivisesti kansainvälisillä foorumeilla siihen, että kansainväliset säännökset mahdollistavat automatisaation kehityksen.
- Varmistetaan, että jatkossa on saatavilla tarkka tieto siitä, minkälaisia kuljettajia tukevia järjestelmiä rekisteröidyissä ajoneuvoissa on, jotta voidaan tarkemmin arvioida kyseisten järjestelmien ja lisääntyvän automaation vaikutuksia liikenteen turvallisuudelle ja sujuvuudelle.
- Liikenteen turvallisuusvirasto ja Liikennevirasto lisäävät panostustaan kansainvälisten avointen standardien syntyänsä. Pelkkä seuraaminen ei riitä.
- Tiedotetaan laajasti sääntelyn nykytilan tarjoamista mahdollisuuksista Suomessa sekä koti- että ulkomailla.
- Vaikutetaan raideliikenteen kansainväliseen sääntelyyn kehityksen ja kokeiluiden mahdollistamiseksi, esimerkkinä EU:n Shift2Rail-hanke.
- Selvitetään miltä osin kansallisen ja kansainvälisen normisto estävät merenkulun älykkään automaation kehittymistä. Varmistetaan että kansallinen lainsäädäntö on sallivaa, ja vaikutetaan kansainvälisen säännösten kehittämiseen.
- Vaikutetaan aktiivisesti IMO:ssa siihen, että automaatiota voimakkaasti edistävä e-navigointi tulee kansainvälisesti käyttöön mahdollisimman nopeasti ja pyritään luomaan suomalaisille yrityksille markkinoita teknologian kehityksessä.
- Ilmailun sääntely tapahtuu kansainvälisellä tasolla. Liikennehallinnonala vaikuttaa voimakkaasti kansainväliseen ja EU:n sääntelyn kehittämiseen, jotta niissä omaksumattaisiin kevyt, riskiperustainen lähestymistapa ilmailun sääntelyyn.
- Ilmailua koskevaa kotimaista sääntelyä vertaillaan jatkuvasti muiden maiden sääntelyyn, jotta varmistetaan, että se säilyttää kansainvälisen etunojan.
- Liikenteen turvallisuusvirasto verkottaa uudentyyppiset miehittämättömällä ilma-aluksilla operoivat toimijat ja tiedottaa aktiivisesti niitä koskevasta mahdollistavasta sääntelystä sekä huolehtii tehokkaasta neuvonnasta.
- Käytetään Suomen liikennevakuutusjärjestelmää kansainvälisenä esimerkkinä tavasta, jolla automaattiautoihin liittyvät vahingonkorvauskysymykset voidaan hoitaa yksinkertaisesti.
- Markkinoidaan aktiivisesti Trafin automaattikokeilujen asiakkuutta kansainvälisissä tapahtumissa.

Tutkimus, kokeilut ja ekosysteemit

- Kehitetään yhteistyössä automaattisesti ja hankalissa tilanteissa kauko-ohjatusti toimiva lumiaura, jonka avulla voidaan muun muassa kehittää liikenneväylien talvikunnossapitoa ja suomalaista arktista osaamista.
- Luodaan Tunturi-Lappiin erilaisia automaatiokokeiluja ja liikennepalveluita houkutteleva toimintaympäristö "Snowbox" (Aurora-hanke).
- Pyritään joukkoliikenteen palveluiden tehostamiseen automaattiajoneuvojen avulla. Liikkeelle lähdetään helpoista reiteistä ja alhaisista nopeuksista. Kehitetään joukkoliikennevälineiden talvenkestävyyttä. Esimerkiksi Tuusula voisi toimia kokeilupaikkakuntana.
- Laaditaan selkeä suunnitelma, jolla verkotetaan alan toimijoita ennakkoluulottomasti ja hyödynnetään jo käynnissä olevia hankkeita, kuten Helsingin kaupungin Merit-hanke sekä yritys- ja tutkimuskonsortion AAWA-hanke.

- Ryhdytään rakentamaan suomalaista testausekosysteemiä määrätietoisesti ja verkotetaan alan toimijoita ennakkoluulottomasti. Järjestetään työpajoja ja muita verkottumistilaisuuksia.
- Hyödynnetään Team Finland -toimintaa ja aikaansaadaan yhteisiä tehokkaita markkinointitoimenpiteitä kansainvälisesti.
- Viedään loppuun selvitys erityisesti tason 3 automaation mahdollistamisen välittömästi vaatimista toimenpiteistä ja toteutetaan ne ripeässä aikataulussa, mahdollisuuksien mukaan ennakoivasti.
- Synnytetään testialueiden ja testausosaamisen ekosysteemi sekä kehitetään kokeiluiden vaatimaa infrastruktuuria.
- Rohkaistaan ja tuetaan yrittäjiä käynnistämään automaattialuskokeiluja esimerkiksi saariston yhteysalusliikenteessä. Järjestetään saariston kuljetusten hoitamisen kokeiluja automaattialusten avulla.
- Toteutetaan miehittämättömien ilma-alusten avulla kokeiluita, joissa rajatulla alueella kaupallinen toiminta tavaraliikenteessä on sallittu. Tällaisia alueita voivat olla vaikkapa saariston lääkjakelu ja harvaan asuttujen alueiden tavarankakelu. Lähijakelussa käytetyille nelikoptereille suunnitellaan kaavoittajan kanssa yhdessä kävelyetäisyydellä olevat turvalliset nelikopterilla jaeltavien tavaroiden yhteiskäyttöiset jakeluvaramot.
- Miehittämättömien ilma-alusten kehityksen haasteisiin kehitetään innovatiivisia ratkaisuja, jotka voivat hyödyntää alaa kansainvälisesti: esimerkkinä törmäykseenestojärjestelmien kehittäminen ja välineenä esimerkiksi kilpailut.
- Trafi mahdollistaa lyhyet, nopean varoitussajan kokeilut entistä halvemmin ja helpommin.
- Osallistutaan Alankomaiden EU-puheenjohtajuuskaudella keväällä 2016 tehtävään eurooppalaiseen letka-ajokokeiluun (Platooning Challenge).

Liite: Käsitteitä

Tieliikenne

Taulukko 3. Tieliikenteen automatisaatioon liittyviä käsitteitä (Innamaa et al., 2015)

Termi englanniksi	Suomennos	Merkitys
Automatic vehicle	Automaattiajoneuvo, automaattinen ajoneuvo	Ajoneuvo, joka kykenee ainakin osin suoriutumaan ajotehtävästä ilman kuljettajaa
Autonomous vehicle	Autonominen ajoneuvo, (itsenäinen ajoneuvo, omaehtoinen ajoneuvo)	Automaattiajoneuvo, joka kykenee suoriutumaan ajotehtävästä ilman kuljettajaa ja ilman yhteyttä muihin ajoneuvoihin tai infrastruktuuriin
Connected vehicle	Verkottunut ajoneuvo	Ajoneuvo, joka on langattomasti yhteydessä toisiin ajoneuvoihin ja/tai infrastruktuuriin
Teleoperated vehicle	Teleoperoitu ajoneuvo	Ajoneuvo, jota operoidaan auton ulkopuolelta langattomasti. Ajoneuvon ei tarvitse olla automaattinen tai autonominen.
Cooperative service	Yhteistoiminnallinen palvelu	Palvelu, jonka toteuttamiseksi ajoneuvo/liikkuja ja infrastruktuuri tai ajoneuvot/liikkuajat vaihtavat tietoa sähköisesti
Collaborative service	Yhteisöllinen palvelu	Palvelu, jonka toteuttamiseksi kaikki tienkäyttäjryhmät (ajoneuvot, kevyt liikenne ja joukko liikenteen matkustajat) ja infrastruktuuri ovat yhteydessä toisiinsa (paljon eri osapuolia, joukoistaminen, ml. tiedon tuotto)
Platooning	Letka-ajo, saattueajo	Jonossa ajo, jossa jonon ensimmäinen ajoneuvo ohjaa jonoa ja muut seuraavat automaattisesti. Vaatii tyypillisesti erillisen kaistan tai kaistajärjestelyjä.

Ilmailu

Taulukko 4. Ilmailun automatisaatioon liittyviä käsitteitä (hyödyntäen [ICAO, 2011]).

Drone	miehittämätön ilma-alus, lähinnä mediassa käytetty termi
UAV	unmanned aerial vehicle, miehittämätön ilma-alus (ICAO:n mukaan vanhentunut termi)
UAS	unmanned aircraft system (ICAO:n suositus termi); suomennetaan yleensä miehittämätön ilma-alus tai miehittämätön ilma-alusjärjestelmä
RPAS	remotely piloted aircraft system, miehittämätön ilma-alusjärjestelmä
lennokki	lentämään tarkoitettu laite, jonka mukana ei ole ohjaajaa ja jota käytetään harraste- tai urheilutarkoitukseen (ilmalain 2.1 § 21 kohta); eroaa miehittämättömästä ilma-aluksesta vain käyttötarkoitukseltaan
miehittämätön ilma-alus	ilma-alus, joka on tarkoitettu lentämään ilma-aluksessa mukana olevaa ohjaajaa (eikä lennokki; ilmailulain 2.1 § 22 kohta)
kauko-ohjattu ilma-alus	miehittämätön ilma-alus, jota ohjataan kauko-ohjauspaikasta (ilmalain 2.1 § 23 kohta)
nelikopteri	suomenkielinen termi ns. quadcopterille, kopterille, jossa on neljä roottoria, joiden avulla se on tukevampi ja helpompi ohjata kuin yksiroottorinen kopteri; tyypillinen malli kauko-ohjauksessa

Lähteet

Ahjopalo, J. (2014). Robottikopteri kuvaamaan sähkölinjoja – katkosten aiheuttama piina lyhenee? Yleisradion www-sivut, 24.9.2014, saatavilla http://yle.fi/uutiset/robottikopteri_kuvaamaan_sahkolinjoja_katkosten_aiheuttama_piina_lyhenee/7489312 [viitattu 20.2.2015]

Carsten, O. & Kulmala, R. (2015). Road transport automation as a societal change agent. White paper II, EU-US Symposium on Automated Vehicles, 14-15 April 2015, Washington D.C., USA.

CEN/ISO (2013). Cooperative Intelligent Transport Systems CEN/ISO Release 1, saatavissa <http://release1.its-standards.eu/> [viitattu 20.2.2015]

DfT (2015). The Pathway to Driverless Cars: A detailed review of regulations for automated vehicle technologies. Department for Transport, helmikuu 2015, saatavilla https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/401565/pathway-driverless-cars-main.pdf

EPoSS (2014). European Roadmap Automated Driving. Internal Draft Version 6.0, European Technology Platform on Smart Systems Integration, 23.9.2014.

ICAO (2011). Unmanned Aircraft Systems, Circular 328 AN/190, saatavilla http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf

Innamaa, S., Kanner, H., Rämä, P. & Virtanen, A. (2015). Automaation lisääntymisen vaikutukset tieliikenteessä. Trafin tutkimuksia 1/2015, saatavilla <http://www.trafi.fi/index.php?id=11408>

Kaivo-oja, J. & Andersson, C. (2015). Teknologiatiekartat ja suomalaisten yritysten kyvykkyydet. LVM:n toimeksiantona laadittu selvitys, 16.1.2015.

KPMG (2013). Self-driving Cars: Are We Ready? Saatavilla <http://www.kpmg.com/US/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/self-driving-cars-are-we-ready.pdf>

Laitinen, J. (2015). Matkapuhelinverkon käytön pilotointi kooperatiivisten liikennetietojen välittämiseen, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä xx/2015 (luonnos), Liikennevirasto, saatavissa http://www.hankintailmoitukset.fi/fi/notice/attachment/238435/Matkapuhelinverkko_fina_20150130.doc [viitattu 20.2.2015]

LeBeau, P. (2015). Autonomous-drive car reality further out than most expect, CNBC:n nettisivut, 5.3.2015, saatavilla <http://www.cnbc.com/id/102477492> [viitattu 9.3.2015]

Levander, O. (2014). Voyaging into the future. Rolls-Roycen lehdistötiedote, 2014, saatavilla <http://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/voyaging-into-the-future-tcm92-55520.pdf> [viitattu 8.5.2015]

Liikennejärjestelmä.fi (2015). Työssäkäynti, saatavilla <http://liikennejarjestelma.fi/toimintaymparisto/aluerakenne/tyossakaynti/> [viitattu 20.2.2015]

Liikennevakuutuskeskus (2015). Vakuutusalan kannanotto liikenteen robotisaatioon. Muistio, 17.2.2015.

Linturi, R. (2013). Automaattisen liikenteen metropolivisio, Sovelto, saatavissa https://www.sovelto.fi/yritys/tiedotteet/Documents/Loppuraportti_automaattisen_liikenteen_metropolivisio.pdf

Linturi, R. & Kuittinen, O. (2015). Digitaalinen tietopohja sekä robotisaation vaikutukset. LVM:n toimeksiantona laadittu selvitys, 15.1.2015.

Lumiaho, A. & Kutila, M. (2015). Robotisaatioselvitykset - liikenteen robotiikka. LVM:n toimeksiantona laadittu selvitys, 16.1.2015.

MUNIN (2012). MUNIN – Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks, hankkeen nettisivu, saatavilla <http://www.unmanned-ship.org/munin/>, [viitattu 8.5.2015]

OECD (2015). Urban Mobility System Upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic. International transport forum. Saatavilla http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/15CPB_Self-drivingcars.pdf.

Pajarinen, M. & Rouvinen, P. (2014). Computerization Threatens One Third of Finnish Employment. ETLA Brief No 22, saatavilla <http://pub.etla.fi/ETLA-Muistio-Brief-22.pdf>

Spieser, K., Treleaven, K., Zhang, R., Frazzoli, E., Morton, D. & Pavone, M. (2014). Toward a Systematic Approach to the Design and Evaluation of Automated Mobility-on-Demand Systems: A Case Study in Singapore. Springer, huhtikuu 2014, saatavilla <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/82904>

Tarhonen, L. & Nyström, P. (2014). Lentävä rekisteri. Tietosuoja-lehti, 4/2014.

Trafi (2015). Tietokortti: Automatisaation edistäminen tieliikenteen ajoneuvoissa. Trafin nettisivut, saatavilla <http://www.trafi.fi/filebank/a/1424379177/a8d819248b49d8ebbbfb7ef7cd6966d/16901-Trafi-Tietokortti-Automatisaatio-tieliikenteessa.pdf>, [viitattu 13.2.2015]

Ventä, O., Lehtinen, H., Lempiäinen, J., Kyrki, V., Röning, J., Siren, A. & Latokartano, J. (2015). Robotiikkatiekartta. LVM:n toimeksiantona laadittu selvitys, 4.2.2015.