

Automaation kehitysnäkymät, haasteet ja hyödyt ainespuun autokuljetusketjussa Suomessa

Tiivistelmä

Metsätehon tuloskalvosarja 2/2020

Pyry Seppälä

Metsäteho Oy

Tiivistelmä

- Tutkimuksessa kartoitettiin raakapuun ja sivutuotehakkeen autokuljetusketjun automaation ja etäohjauksen nykytilaa ja kehitysnäkymiä Suomessa.
- Ajoneuvoyhdistelmissä on käytössä SAE-tasojen 1–(2) ratkaisuita (mm. älykäs mukautuva vakionopeudensäädin ja kaistavahti), mutta niiden käyttö rajautuu maantieajoon metsäteiden haastavien olosuhteiden takia.
- 3–5 vuoden aikajänteellä ajoneuvojen automaatiokehitys painottuu edelleen maantieajoon. Yli 5 vuoden aikajänteellä automaation suurimmat kehitysaskeleet saavutetaan suljetuilla tehdas- ja terminaalialueilla (tosin sovellusten käyttööntömäärät ovat vielä matalia). Avoimilla alueilla automaation kehitys painottuu edelleen maantieajoon.
- Puutavarakuormaimissa ei ole vielä käytössä automaatiota, mutta Suomessa on muutamia nostureita, joissa on etäkuormauksen mahdollistava HiVision-teknologia. Kuormainten automaatio tulee ensi vaiheessa yleistymään kärkiohjauksen myötä.
- Automaatiolla tavoitellaan parempaa kuljetusten kustannus- ja resurssitehokkuutta, liikenneturvallisuutta, ympäristöystävällisyyttä (polttoaineen kulutuksen vähentymisen myötä) sekä kuljettajien työssä viihtyvyyttä ja siten kuljettajatyövoiman saatavuutta. Automaation käyttöönotto voi tietyissä tilanteissa myös heikentää em. tekijöitä. Automaatiopilotit ovat tarpeen ratkaisuiden hyväksyttävyyden varmistamiseksi.
- Keskeisiä jatkotutkimustarpeita ovat automaation vaikutus kuljettajan kuormittuneisuuteen, sivutuotehakekuljetusten letka-ajaminen sekä automaatiotarkaisuiden hyötyjen ja kustannusten vertailu.



Sisältö

1. Tutkimuksen tavoitteet
2. Tutkimuksen toteutus
3. Ainespuun autokuljetusketjun automaation nykytila ja kehitysnäkymät
4. Automaatiolla tavoiteltavat hyödyt
5. Johtopäätökset

Lähteet

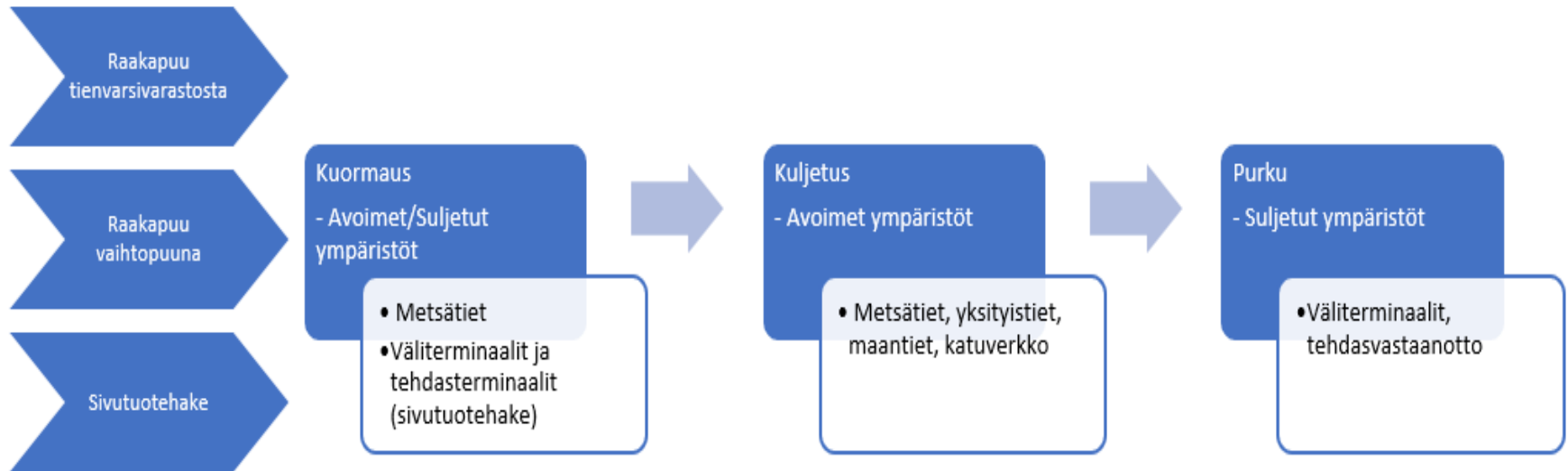


1. Tutkimuksen tavoitteet

- Tutkimuksella kartoitettiin raakapuun ja sivutuotehakkeen autokuljetusketjujen automaation nykytilaa, kehitysnäkymiä, ongelmakohtia sekä hyötyjä.
- Tutkimus kohdentui ajoneuvoyhdistelmien sekä puutavarakuormainten automaatioon.
 - Varsinaisen automaation lisäksi käsiteltiin myös etäohjausta.
- Tarkastelussa raakapuun kuljetusketjujen osalta olivat ajot väleillä metsätie–tehdas, metsätie–terminaali, terminaali–tehdas sekä tuotantolaitosten väliset kuljetukset (ks. seuraava kalvo, nro. 5). Sivutuotehakkeen osalta keskityttiin tuotantolaitosten välisiin kuljetuksiin.
- Tämä tulostulosarja tiivistää tulokset maisterintutkielmasta (Seppälä 2020).



Puun autokuljetuksen vaiheet



2. Tutkimuksen toteutus

- Aikaisempaa tutkimusta ainespuun autokuljetusketjun automaatiosta ei juurikaan ole.
 - Kirjallisuus on keskittynyt henkilöauto- ja kappaletavaraliikenteen automaatioon.
- Asiantuntijahaastatteluiden avulla kartoitettiin ainespuun autokuljetuksen automaation nykytilaa, tulevaisuuden näkymiä ja automaatiolla tavoiteltavia hyötyjä.
- Teemahaastatteluiden otanta: N=18
 - Kuljetuksen antajat, n=5
 - Kuljetusyrittäjät, n=4
 - Kalustovalmistajat: Kuormain- (n=3) ja ajoneuvovalmistajat (n=2)
 - Tutkijat (tieliikenteen ja ajamisen automaatio) n=3
 - Liikenneviranomaiset n=1



Automaation toimintaympäristöt

- Automaation hyödynnettävyyttä puun kuljetusketjuissa arvioitiin erilaisten toimintaympäristöjen kannalta.
- Automaatiojärjestelmien suunniteltu toimintaympäristö (Operational design domain, ODD) kuvaa toimintaolosuhteita, joihin tietty ajamisen automaatiojärjestelmä tai ominaisuus on suunniteltu toimivaksi ja käytettäväksi (SAE International 2018, Innamaa ym. 2015, Kulmala ym. 2019).
- Puutavarayhdistelmän toimintaympäristöt
 - Avoimet alueet: kontrolloimaton ympäristö, olosuhteet ja infrastruktuurin kunto vaihtelevat
 - Suljetut alueet: kontrolloitu ja rajattu ympäristö, infrastruktuurissa automaatio huomioitu, mahdollisimman vakioidut olosuhteet



3. Ainespuun autokuljetusketjun automaation nykytila ja kehitysnäkymät

- Uudempi ajoneuvokalusto on tasoa SAE 1–(2) ja vanhempi kalusto tasoa SAE 0 (ks. luokitus kalvossa 9).
 - Automaatio on painottunut maantieajamiseen. Älykäs mukautuva vakionopeudensäädin, kaistavahti ja automatisoitu vaihteisto eivät toimi (optimaalisesti) metsäteillä.
- Puutavaranostureissa ei ole vielä käytössä automatiikka (luokitus, kalvo 10).
 - Hiabin HiVision-teknologia mahdollistaa nosturin ohjauksen puutavara-auton ohjaamosta VR-lasien avulla. Ko. teknologia on käytössä Suomessa vain muutamassa nosturissa.

Taso	Määritelmä	Puutavara-auto/Hakeauto		Puutavaranosturi	
		Käyttönoton tila	Esimerkkejä	Käyttönoton tila	Esimerkkejä
0	Ei automaatiota	Käytössä	Automatisoitu vaihteisto, ABS-jarrut	Käytössä	Sähkö- ja mekaanishydraulinen ohjaus
1	Kuljettajan tuki	Käytössä	Kaistavahti tai älykäs vakionopeudensäädin	Ei käytössä	Kärkiohjaus
2	Osittainen automaatio	Osin käytössä	Kaistavahti ja älykäs vakionopeudensäädin	Ei käytössä	Osasyklien automaatio
3	Ehdollinen automaatio	Ei käytössä	Maantieavustin	Ei käytössä	-
4	Korkea automaatio	Ei käytössä	Maantiepilotti	Ei käytössä	-
5	Täysi automaatio	Ei käytössä	Täysin autonominen ajoneuvo	Ei käytössä	Täysin autonominen puutavaranosturi



Tieliikenteen automaation SAE-tasoluokitus

SAE 2018 ja Innamaa ym. 2015

Taso	Nimi	Määritelmä	Ohjaus, kiihdyttäminen, jarrutus	Ympäristön monitorointi	Dynaamisen ajamisen varasuorittaja	ODD	Esimerkki-sovellus
Ihminen monitoroi ajoympäristöä							
0	Ei automaatiota	Ihminen suorittaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, vaikka ajamista tuetaan varoituksilla tai ajamiseen puuttuvilla järjestelmillä.	Ihminen	Ihminen	Ihminen	-	Kaistanvaihtoavustin
1	Kuljettajan tuki	Ajotilankekohtaisia 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	Mukautuva vakionopeudensäädin, kaistavahti
2	Osittainen automaatio	Yksi tai useampi ajotilankekohtainen 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	Ruuhkaavustin
Järjestelmä monitoroi ajoympäristöä							
3	Ehdollinen automaatio	Ajotilankekohtainen automaattiajojärjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, kuten pituus- ja poikittaisuuntaisen kontrolloinnin. Ihmisen täytyy kuitenkin ottaa auto hallintaansa, kun järjestelmä näin pyytää.	Järjestelmä	Järjestelmä	Ihminen	Joitakin ajotilanteita	Ruuhkakuljettaja, maantiekuljettaja
4	Korkea automaatio	Ajotilankekohtainen automaattiajojärjestelmä 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	Maantiepilotti
5	Täysi automaatio	Kaiken kattava automaattiajojärjestelmä, joka kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet kaikissa tie- ja ympäristöolosuhteissa.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Kaikki ajotilanteet	Täysin autonominen ja automaattinen ajoneuvo



Puutavaranojasturien automaation tasoluokitus

Luokittelun laatimisessa on hyödynnetty lähteitä Innamaa ym. (2015), SAE (2018), Manzey ym. (2009), Stanley Robotics (2019) ja Cargotec (2019).

Taso	Nimi	Määritelmä	Kuormaimen hallinta	Ympäristön monitorointi	Toimintojen varasuorittaja	Automaation kattavuus	Esimerkki-sovellus
Ihminen monitoroi ajoympäristöä							
0	Ei automaatiota	Ihminen suorittaa kaikki kuormaimen käsittelyn osa-alueet, vaikka kuormaimen operointia tuetaan varoituksilla tai hallintaan puuttavilla järjestelmillä.	Ihminen	Ihminen	Ihminen	-	Mekaanishydraulinen tai sähköohjattu puutavaranojasturi
1	Kuljettajan tuki	Kuormaustilannekohtaisia kuljettajan tukijärjestelmiä, jotka mahdollistavat yksittäisten toimintojen suorittamisen automaattisesti hyödyntämällä tietoa käyttöympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamisen kuormaustehtävän osa-alueista.	Ihminen ja järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Suurin osa liikkeistä tehdään joystickilla. Automaatio hoitaa yksittäisiä liikkeitä.	Kärkiohjaus
2	Osittainen automaatio	Kuormaustilannekohtainen automaatiojärjestelmä kattaa ohjauksen, kuten pituus- ja poikittaissuuntaisen kontrolloinnin hyödyntämällä tietoa kuormaustilanteen tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista kuormauksen osa-alueista, kuten kuormaustyön aikaisesta monitoroinnista.	Järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Automaatio hoitaa kaikki liikkeet. Ihminen tarkkailee toimintoja sekä ympäristöä.	Automaattinen taakan nosto kuormaustilaan
Järjestelmä monitoroi ajoympäristöä							
3	Ehdollinen automaatio	Kuormaustilannekohtainen automaatiojärjestelmä kattaa kaikki kuormauksen osa-alueet, kuten pituus- ja poikittaissuuntaisen kontrolloinnin sekä toimintaympäristön monitoroinnin. Ihminen täytyy kuitenkin ottaa kuormain hallintaansa, kun järjestelmä näin pyytää.	Järjestelmä	Järjestelmä	Ihminen	Kuormain suorittaa liikkeet ja monitoroinnin itsenäisesti. Ihminen puuttuu toimintoihin tarvittaessa.	
4	Korkea automaatio	Kuormaustilannekohtainen automaatiojärjestelmä kattaa kaikki kuormauksen osa-alueet myös ongelmatilanteissa silloin, kun ihminen ei ota työkonetta hallintaansa, vaikka järjestelmä näin pyytää. Ellei kuljettaja ota laitetta hallintaansa, järjestelmä pysäyttää laitteen.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Kuormain suorittaa liikkeet ja monitoroinnin itsenäisesti. Ongelmatilanteissa automaatiojärjestelmä osaa itsenäisesti pysäyttää toiminnot. Ihminen voi suorittaa varaohjauksen.	
5	Täysi automaatio	Kaiken kattava automaatiojärjestelmä, joka kattaa kaikki kuormauksen osa-alueet kaikissa tie- ja ympäristöolosuhteissa.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Kaikki kuormaustilanteet	



Kehitysnäkymät seuraavat 3–5 v (1/2)

- Suurimmat automaation kehitysaskleet saavutetaan suljetuilla alueilla (tehdas- ja terminaali-alueet). Sovellusten käyttöönoton määrät jäävät kuitenkin vielä alhaisiksi.
- Avoimilla tiealueilla kehitys painottuu maanteihin
 - Helpompi ympäristö automaatiolle kuin metsätiet suuremmasta liikennevirrasta huolimatta.
 - Puutavara-autot muodostavat marginaalisen osan kuorma-autovalmistajien tuotannosta, joten metsäteille sopivaa automaatiota ei olla ensisijaisesti kehittämässä.
 - Metsäteollisuus ja kuljetusyrittäjät painottivat haastatteluissa myös SAE-tason 0 kuljettajien informaatiojärjestelmien tärkeyttä (tiestötieto koskien keliä, kantavuutta yms.).
- Puutavaranosturin osalta kehityssuuntana ovat kärkiohjaus (taso 1) sekä HiVision-tyyppinen etäohjaus (taso 0).



Kehitysnäkymät seuraavat 3–5 v (2/2)

- Avoin ympäristö (ajoneuvot)
 - SAE-tasosta 1 tulee vakioratkaisu ajoneuvoissa. Ajoneuvoautomaation ODD tulee laajenemaan ja soveltumaan erilaisiin olosuhteisiin. Taso 2 yleistyy kalustossa.
 - Ajoneuvossa on useita SAE-tasoja: 0-taso metsä- ja sorateillä, 1-taso alemmalla ja ylemmällä tieverkolla ja taso 2 vain ylemmällä tieverkolla (lähinnä moottoriteillä).
 - SAE 3:n käyttöönotto on ongelmallista turvallisuuden kannalta.
- Suljetut alueet
 - SAE-tasojen 4–5 ratkaisuita otetaan käyttöön, mutta ei laajassa mittakaavassa. Automaation turvallinen toiminta on helpointa taata suljetuilla alueilla.
- Ajoneuvojen verkottuneisuus lisääntyy
 - ajoneuvojen välinen (V2V), ajoneuvo-infrastruktuuri (V2I), ajoneuvo-infrastruktuuri-taustajärjestelmät (V2X)



Kehitysnäkymät yli 5 v

- SAE 2:n ODD laajenee käytettäväksi myös muualla kuin moottoriteillä
- Jollakin aikavälillä SAE-tasot (3)–4 on mahdollista toteuttaa turvallisesti myös avoimissa ympäristöissä maanteillä (ml. letka-ajaminen).
 - Toteutus ensin vakioiteillä: sivutuotehakkeen ja raakapuun terminaaliajot
 - ODD:n katettava lukuisia olosuhteita ja ajotilanteita
 - Teknisesti mahdollistaisi ajonaikaisen levon tai muun työn, mikäli lainsäädäntö sallii
 - SAE 3 jäämässä ehkä väliin vastuukysymysten epäselvyyden takia
- Suljetuilla alueilla SAE-tasot (3)–5 laajasti käytössä siirto- ja purkutoiminnoissa.
 - Ml. etähallitut ajoneuvot ja työkoneet
- Puutavaranosturi mahdollisesti tasoa 2
 - Automaattiset liikkeet, joita kuljettaja valvoo ja tarvittaessa ohjaa.
 - Haasteita kuormauksen automatisoinnissa: erimittaiset puutavaralajit, päät eri tasoissa, talvisin pinot lumipeitteen alla, taakan asettelu kuormatilaan, nosturin käyttöaika lyhyt koko ketjun kannalta
 - Korkeampi automatisointi voi vaatia työmenetelmien radikaalin muuttamisen.



Automaation mahdollisuudet ja haasteet

	Teknologia	Infrastruktuuri	Lainsäädäntö	Vastuut	Hyväksyttävyyys
Mahdollisuudet	Verkottuneisuus	Digitaalinen infrastruktuuri	Mahdollistaa laajat kokeiluhankkeet		Nuoret ja teknologia orientoituneet kuljettajat
	Etähallinta	Verkottuneisuus (V2I)	Lainsäädäntö ei aseta suuria rajoitteita		Sukupolvenvaihdos
	Energialaus (+/-)	Suljetut ympäristöt			Näytöt ja testihankkeet (henkilökohtaiset kokemukset)
					Tiedottaminen
Haasteet	Toimintavarmuus	Suomen tieverkon kunto ja olosuhteet	Lainsäädännön epämääräisyys	Vastuiden epämääräisyys (SAE-taso 3)	Ajoneuvon hallinnan tunteesta pitävät kuljettajat (mielitymykset)
	Ympäristön hahmottaminen ja ODD:n rajoittuneisuus	Talvikunnossa-pidon laadun vaihtelu	Automaattisten ajoneuvojen suunnitteluohjeiston puute	Onko mahdollista levätä/tehdä muuta työtä ja samalla pysyä tilanteesta selvillä?	Alkusuhtautuminen
	Ennakointi	Metsätieverkko	Lainsäädäntö sovellettu perinteisille ajoneuvoille	Kalustovalmistajien halukkuus ottaa ajamisen vastuuta	Näytöt teknologian toimintavarmuudesta
	Komponenttien hinta	Sivutuotehakkeen lastaus- ja purkuinfrastruktuuri	Ajo- ja lepoaikalainsäädäntö	Älykkäät järjestelmät (verifiointi)	Toimintaympäristön haastavuus
	Liikenneturvallisuus			Automaattisten ajoneuvojen katsastus	Katteettomat lupaukset
	Tietoturva				Lainsäädännön ja vastuukysymysten epäselvyydet
	Mekaanishydraulisten puutavaranostureiden suosio				



4. Automaatiolla tavoiteltavat hyödyt: Tehokkuus ja kustannukset 1/2

- Aluksi suurimmat hyödyt saavutetaan suljetuilla alueilla
 - Korkeammat automaatiotasot käytössä kuin avoimilla alueilla
 - Tehdasvastaanottojen automatisointi ja ruuhkautumisen estäminen kuljetusyrittäjien hyöty
- Työn tehostaminen ja tehokkuuserojen pienentäminen
 - Kuljettajaresurssitehokkuus (toiminnan ylläpito pienemmillä kuljettajaresursseilla)
 - Kokemattomien kuljettajien tehokkuuden nosto, erityisesti puutavaranosturin käytössä
 - Nykyisten kuljettajien alalla pysymisen ja vanhempien kuljettajien työssä jaksamisen varmistaminen
 - Kokenutkin kuljettaja väsy tehokkuuden ylläpitämiseen, mutta automaatio voi avustaa tehokkaan työskentelyn jatkamista
 - SAE-tasosta 3 ylöspäin: tuleeko lepo tai muun työn tekeminen ajon aikana mahdolliseksi?



Hyödyt: Tehokkuus ja kustannukset 2/2

- Polttoaineen kulutuksen pienentäminen
 - Kuljettajien välisten erojen pienentäminen
 - Toisaalta ajoneuvon automaation lisääminen saattaa kasvattaa polttoaineen kulutusta
 - Suurimmat hyödyt saavutetaan mahdollisesti vasta ohjaamon poisjäädessä, jolloin ajoneuvon aerodynaamisuus paranee merkittävästi.
- Kaluston rikkoontumisen estäminen
 - Säästöt korjaus- ja huoltokuluissa
 - Seisokeista johtuvien tulonmenetysten vähentäminen



Hyödyt: Turvallisuus

- Automaatiolla haetaan turvallisuushyötyjä, mutta toisaalta turvallisuus on ensisijainen vaatimus automaation käyttöönotolle.
 - Pidemmälle viedyssä automaatiossa mahdollista saavuttaa ensin suljetuilla alueilla.
 - Ajoneuvoilla SAE-tason 3 automaation käyttöönotto on ongelmallinen liikenneturvallisuuden kannalta.
 - Puutavaranosturin osalta helposti saavutettava hyöty, sillä nosturien käyttöympäristö on suljetumpi kuin ajoneuvoilla.
- Inhimillisten virheiden vähentyminen merkittävä hyöty.
 - Liikenneturvallisuus ja työturvallisuus parantuvat.
- Ihmisen rooli edelleen tärkeä automaatiojärjestelmien toiminnan valvomisessa.



Hyödyt: Ympäristöystävällisyys

- Pääosin polttoainetalouden parantumisesta seuraava hyöty.
 - Automaatio yhdessä moottoritekniikan kanssa merkittävä keino vähentää polttoaineen kulutusta ja siten päästöjä.
- Korkean automaation kokonaisvaikutus kaluston polttoainetalouteen ei täysin selvillä, joten automaatio voi myös vaikuttaa haitallisesti.



Hyödyt: Kuljettajien työssä viihtyvyys ja työvoiman saatavuus

Positiiviset näkymät

- Kuljettajatyövoiman saatavuuden parantaminen
 - Nuoret kuljettajat: helpotetaan tehokkuuden saavuttamista → laajempi potentiaalisten kuljettajien joukko
- Kuljettajien alalla pysyvyys
 - Fyysisen ja henkisen rasittavuuden vähentäminen

Negatiiviset tai neutraalit näkymät

- Voi viedä pois ajamisen iloa ja kyseenalaistaa ammattiosaamista
- Yrittäjät eivät koe pelkän automaation parantavan työvoiman saatavuutta
- Ilman näyttöjä automaation vaikutuksista ei saavuteta hyväksyttävyyttä
 - Kuljetusyrittäjät eivät ole halukkaita olemaan kehitysvaiheen koekaniineja

5. Johtopäätökset (1/2)

- Suljetuilla alueilla on nähtävissä nopein automaation kehitys ja jo lyhyellä aikavälillä paljon hyötyjä saavutettavissa.
- Avointen alueiden automaatio painottuu maantieolosuhteisiin. Suurimmat haasteet automaation käyttöönotossa ovat kuormauksessa ja metsäteillä.

Ajoneuvon ja puutavaranosturin automaation SAE-tasojen nykytila ja kehitysnäkymät eri käyttöympäristöissä

		Nykytila	3-5 vuotta	Yli 5 vuotta
Ajoneuvo	Metsä- ja soratiet	0	0	1-2
	Maantiet	1	1-2	1-4
	Puuterminalit	0	3-5 *	3-5
Puutavaranosturi	Kuormaus	0	0-1	1-2
	Purku	0	0-1	1-2

**Ei käyttöönottoa laajassa mittakaavassa*



Johtopäätökset (2/2)

- Automaation hyötyjen saavuttamisessa merkitsevät
 - Lainsäädäntö
 - Hyödyt vs. kustannukset ja automaatiojärjestelmien elinkaari
- Pilotointi tärkeää
 - Kuljetusyrittäjille täytyy järjestää mahdollisuus päästä seuraamaan ja testaamaan automatisoituja toimintoja hyväksyttävyyden varmistamiseksi.
- Jatkotutkimustarpeet
 - Kuljettajan kuormittuneisuus ajamisessa: automaatio- ja manuaalisen ajon vertaaminen
 - Sivutuotehakekuljetuksen letka-ajaminen
 - Automaatoratkaisuiden kustannukset suhteessa hyötyihin (kuormain+ajoneuvo)



Lähteet

- Cargotec. 2019. Autonomous Operations at Cargo Terminals. Merenkulun automaatio ja autonomia – missä mennään? Saatavissa: https://shipowners.fi/wp-content/uploads/2019/06/Autonomous-Operations-at-Cargo-Terminals_Cargotech_Tommi-Petterson.pdf. [Viitattu: 8.6.2020].
- Innamaa, S., Kanner, H., Rämä, P. & Virtanen, A. 2015. Automaation lisääntymisen vaikutukset tieliikenteessä. Trafin tutkimuksia 1/2015. Saatavissa: https://arkisto.trafi.fi/filebank/a/1461576365/fdb4c6b311fb1da01cf40bdf8fd33b5c/20473-Trafi_tutkimuksia_01-2015_-_Automaattiajaminen.pdf. [Viitattu 8.6.2020].
- Kulmala, R., Jääskeläinen, J. & Pakarinen, S. 2019. The impact of automated transport on the role, operations and costs of road operators and authorities in Finland (Automaattiajoneuvojen vaikutukset tienpitäjien ja viranomaisten rooliin, toimintaan ja kustannuksiin Suomessa). Traficomin tutkimuksia ja selvityksiä 6/2019. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Saatavissa: https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/EU_EIP_Impact_of_Automated_Transport_Finland_Traficom_6_2019.pdf. [Viitattu 8.6.2020].
- Manzey, D., Strauss, G., Trantakis, C., Lueth, T., Röttger, S., Bahner-Heyne, J.E., Dietz, A. & Meixensberger, J. 2009. Automation in surgery: A Systematic approach. Surgical technology International. February 2009. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/26649057_Automation_in_surgery_a_systematic_approach. [Viitattu 8.6.2020].
- SAE International. 2018. Surface Vehicle Recommended Practice. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Vehicles. Issued January 2014. Revised June 2018. Saatavissa: https://saemobilus.sae.org/content/J3016_201806/. [Viitattu 8.6.2020].
- Seppälä, P. 2020. Automaation kehitysnäkymät, haasteet ja hyödyt ainespuun autokuljetusketjussa Suomessa. Maisterintutkielma, Helsingin yliopisto. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/316342>. [Viitattu 25.6.2020].
- Stanley Robotics. 2019. The different autonomous levels for industrial robotics you need to know. [www-sivusto]. Saatavissa: <https://stanley-robotics.com/blog/the-different-autonomous-level-for-industrial-robotics-you-need-to-know/>. [Viitattu: 14.12.2019].

