Nordic WAY 3

Tieliikenteen automaation vaikutuksia

Elina Aittoniemi, Teemu Itkonen, Esko Lehtonen, Ida Maasalo, Fanny Malin, Satu Innamaa
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

Co-financed by the European Union
Connecting Europe Facility

Tavoitteet ja menetelmä

- Automaation toivotaan tukevan tavoitteita turvallisemmasta, tehokkaammasta ja kestävämmästä tulevaisuuden tieliikenteestä.
  - Tässä tutkimuksessa tavoitteena oli tuottaa tietoa ja tunnistaa automaation vaikutuksia, jotta kehitykseen voidaan ennalta vaikuttaa toivottuun suuntaan.
- Työssä tuotettiin kirjallisuuskatsaus automation vaikutuksia tieliikenteessä tarkastelevasta kansainvälisestä tieteellisesta tutkimuksesta.
- Työn yhteydessä pidettiin kaksi asiantuntijatyöpajaa, joissa arvioitiin kirjallisuuskatsauksen tulosten soveltuvuutta pohjoismaihin.

Co-financed by the European Union
Connecting Europe Facility

Työn rajaus

- **Käyttötapaukset**
  - Henkilöautot: yksityisomisteiset automatisoidut henkilöautot
  - Joukkoliikenne: automatisoidut bussit ja pienbussit *(shuttle)*
  - Robottitaksit: yksityiset ja jaetut kyydit
  - Logistiset ratkaisut: pienet jakelurobotit, automatisoidut rekat ja rekkojen automaattinen letka-ajo
- **Vaikutusalueet**
  - Liikennesuorite ja kulkutapajakauma
  - Liikennevirta
  - Ympäristö (CO_2-päästöt)
  - Liikenneturvallisuus
  - Käyttäjien välinen vuorovaikutus

Co-financed by the European Union
Connecting Europe Facility

Kirjallisuuskatsaus

- Tieteellisten vertaisarvioitujen julkaisujen määrä vaihteli suuresti käyttötapauksesta ja vaikutusalueesta riippuen.
  - Esim. automatisoiduista henkilöautoista löytyi tuhansia hakutuloksia ja joukkoliikenteestä ja logistisista ratkaisuista vain muutamia kymmeniä hakutuloksia.
- Kirjallisuuskatsaukseen sisälletyt julkaisut valittiin asiantuntija-arvion perusteella– määrät on esitetty alla käyttötapauksittain ja vaikutusalueittain.
  - Yhteensä katsaukseen sisällytettiin 122 tutkimusta.

	Liikennesuorite ja kulkutapajakauma	Liikennevirta	Ympäristö	Turvallisuus	Vuoro-vaikutus
Henkilöautot	13	24	16	17	21
Joukkoliikenne	4	–	3	2	
Robottitaksit	11	1	3	6	
Logistiset ratkaisut	1	5	6	4	

Co-financed by the European Union
Connecting Europe Facility

Pohjoismaiset olosuhteet

- Pohjoismaisiksi erityispiirteiksi tunnistettiin tässä työssä seuraavat:
  - Talviolosuhteet, haastava keli
  - Pitkät välimatkat harvaan asutuilla alueilla ja alhaiset liikennemäärät
  - Moottoritieverkosto kattaa vain pienen osan Suomesta
  - Kaksikaistaisten maanteiden suuri osuus
  - Korkeat työvoimakustannukset

Co-financed by the European Union
Connecting Europe Facility

Liikennesuorite ja kulkutapajakauma

- Automaattiset henkilöautot tekevät autolla kulkemisesta **mukavampaa ja mahdollistavat matka-ajan uudelleen käytön**. Seurauksena matka-ajan koetut kustannukset vähenevät, mikä tekee auton käyttämisestä houkuttelevampaa.
  - Ajoneuvosuorite ja henkilöautojen kulkutapaosuus voivat kasvaa.
  - Aikakustannusten muutos ja automaattisten autojen penetraatioaste määrittävät vaikutusten suuruuden.
- Ajoneuvoliikenteen määrä voi suurimmallaan kasvaa kunnes väylien kapasiteetti tulee vastaan (huolimatta automaation mahdollisesta liikennevirtaa tehostavasta vaikutuksesta).
- Robottitaksit voivat sekä **kilpailla joukkoliikenteen kanssa** tai **mahdollistaa joukkoliikenteeseen tukeutuvat matkaketjut** laajemmille alueille tai käyttäjäryhmille.
- Robottitaksikyytien jakaminen ja/tai integraatio joukkoliikenteeseen on edellytys sille, että robottitaksit eivät kasvata ajoneuvojen kokonaissuoritetta.
- Automatisoidun joukkoliikenteen **edullisemmat operointikustannukset** voivat mahdollistaa paremman palvelutason.
  - Automaatio voi parantaa joukkoliikenteen ja maantiekuljetusten kannattavuutta.

Co-financed by the European Union
Connecting Europe Facility

Liikennevirta

- Tutkimukset ovat keskittyneet automatisoitujen henkilöautojen vaikutuksiin moottoriteiden ruuhkatilanteissa
  - Vaikutuksia on tutkittu pääosin liikennesimuloinneilla rajoitetuissa skenaarioissa
- Vaikutukset välityskykyyn yksittäisissä skenaarioissa ovat vaihdelleet **kymmenien prosenttien laskun ja kymmenien prosenttien kasvun välillä** (100 % penetraatioaste), riippuen lähinnä aikavälistä ajoneuvojen vällillä.
- Usein käytetty optimistisia oletuksia (esim. lyhyet aikavälit ajoneuvojen välillä), jolloin **välityskyky paranee ja matka-ajat laskevat**
  - Todellisuudessa lyhyiden aikavälien toteutuminen ei ole varmaa
- Henkilöautojen automaatio saattaa pidentää keskimääräisiä matka-aikoja ainakin lyhyellä aikavälillä. Matka-ajat voivat lyhentyä silloin, kun kaikki ajoneuvot ovat automatisoituja tai automatisoituja ja verkottuneita ja pitävät lyhyitä tavoiteaikavälejä, eikä liikennesuorite kasva merkittävästi.
- Riippuen toimintaperiaatteista, **rekkojen letka-ajo voi kasvattaa välityskykyä** ja keskinopeuksia, mutta rampilta liittyvien ajoneuvojen viivytykset voivat kasvaa, jos sopivaa aikaväliä moottoritielle liittymiselle ei löydy.

Co-financed by the European Union
Connecting Europe Facility

Ympäristö (CO_2-päästöt)

- Kokonaispäästöt riippuvat **suoritteesta ja päästöistä suoritetta (ajoneuvokilometriä) kohti**
  - Automaatio voi vaikuttaa molempiin muokkaamalla liikennesuoritetta, tehostamalla ajotapaa tai muuttamalla ajoneuvokannan koostumusta
- Vaikutuksia tutkittu pääosin liikennesimuloinneilla
  - Alemman tason (SAE-tasot 1 ja 2) automaattiautoilla myös kenttäkokeita
- Automaattiauton päästöt ajettua kilometriä kohti voivat olla **ihmisen kuljettamaa autoa pienemmät häiriöttömissä liikenneolosuhteissa**
  - Vakaampi ajotapa ja nopeusrajoituksen noudattaminen
- Muissa olosuhteissa tulokset ovat ristiriitaisia ja riippuvat käytetyistä oletuksista
  - Tilanteessa, jossa liikenteessä on sekä automatisoituja että ihmisen kuljettamia autoja, **päästöt kilometriä kohti voivat kasvaa** johtuen keskinopeuksien muutoksista ja liikenteen ruuhkautumisesta isommilla tavoiteaikaväleillä
- Jakelurobotit voivat **vähentää viimeisen kilometrin kuljetusten päästöjä** ainakin tiheästi asutuilla alueilla osana tehokkaita kuljetusketjuja.
- Rekkojen letka-ajo voi **vähentää raskaiden ajoneuvojen päästöjä**, mutta lisätutkimusta tarvitaan määrittämään kokonaisvaikutukset liikennevirran päästöihin.

Co-financed by the European Union
Connecting Europe Facility

Liikenneturvallisuus

- Liikenteessä loukkaantuneiden ja kuolleiden määrä riippuu kolmesta tekijästä: onnettomuusriski, altistus, vakavuus
  - Mikään tutkimus ei tarkastellut näitä kaikkia
- Automaatio **vähentää onnettomuusriskiä kaikissa käyttötapauksissa**
  - Vaikutuksen suuruus riippuu käyttötapauksesta ja tutkitusta ympäristöstä
  - Vahvinta tutkimusnäyttöä on kuljettajan tukijärjestelmien turvallisuushyödyistä: Esimerkiksi yhden meta-analyysin mukaan mukautuva ajonopeudensäädin vähentää peräänajo-onnettomuuksia 9 % ja kaistanvaihtovaroitin vähentää kaistanvaihto-onnettomuuksia 26 %.
- Matkustuskäyttäytymisen muutokset voivat vaikuttaa kielteisesti turvallisuuteen
  - Matkustamisen määrän kasvu lisää altistusta onnettomuuksille
  - Siirtymä turvallisista kulkutavoista, kuten joukkoliikenteestä

Co-financed by the European Union
Connecting Europe Facility

Tienkäyttäjien välinen vuorovaikutus

- Tutkimuksessa on keskitytty **käsitteen- ja teorianmuodostukseen**
- Ulkoisia käyttöliittymiä on tutkittu laajasti
  - Tulosten perusteella näyttää siltä, että jalankulkija pystyy päättelemään ajoneuvon aikomukset pitkälti pelkästään sen liikkeestä, ilman ajoneuvon lähettämiä ylimääräisiä viestejä
  - Tekstimuotoiset viestit on havaittu tehokkaimmiksi, samoin neutraalit värit
  - Osa laitteista on osoittautunut lupaaviksi, mutta ylläolevista syistä niiden merkitystä on myös kyseenalaistettu
- Seuraavaksi tarvitaan standardeja ja käytäntöjä, teknistä suunnittelutyötä ja uutta empiiristä työtä

Co-financed by the European Union
Connecting Europe Facility

Yhteenveto tuloksista ja johtopäätökset

- Automaation vaikutukset kirjallisuudessa riippuvat paljon oletuksista automaation toiminnasta ja käyttöönotosta, eikä oletuksia ilmaista aina tutkimuksissa selkeästi.
- Suurin osa tutkimuksesta koskee henkilöautoja ja robottitakseja, automatisoidun joukkoliikenteen tai logistiikan vaikutuksia on tutkittu vähemmän.
- Tutkimus on keskittynyt moottoriteihin ja tiheisiin kaupunkialueisiin – olosuhteiden myös ollessa usein ihanteelliset.
  - Tulokset sovellettavissa Pohjoismaihin vain rajoitetusti.
- Tutkimukset viittaavat siihen, **tieliikenteen automaatio voi parantaa liikenteen sujuvuutta ja turvallisuutta.**
  - Kuitenkin henkilöautojen automaatiolla voi olla **henkilöautokilometrejä ja henkilöauton kulkutapaosuutta kasvattava vaikutus.**
  - Sekä liikenneturvallisuuden että ympäristönäkökulmien kannalta on tärkeää hillitä henkilöautoliikenteen suoritteen kasvua myös automaation yleistyessä.
- Olisi hyvä keskittyä automaation mahdollisuuksiin erityisesti joukkoliikenteen kehittämisessä. Tähän mennessä suurin osa tutkimuksesta on kuitenkin keskittynyt henkilöautojen automatisointiin.
- Lisää tutkimusta tarvitaan toivotunlaisen tulevaisuuden rakentamiseksi.

Co-financed by the European Union
Connecting Europe Facility

Raportti: Traficom Julkaisut 10/2024

https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Tieliikenteen_automaation_vaikutuksia_10_2024.pdf

Co-financed by the European Union
Connecting Europe Facility