

Turvallinen liikennejärjestelmä 2100

Visio

Heidi Auvinen | Anu Tuominen

Turvallinen liikennejärjestelmä 2100

Visio

Heidi Auvinen & Anu Tuominen

VTT

ISBN 978-951-38-7614-2 (soft back ed.)

ISSN 2242-1211 (soft back ed.)

ISBN 978-951-38-7615-9 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

ISSN 2242-122X (URL: <http://www.vt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2012

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT

PL 1000 (Vuorimiehentie 5, Espoo)

02044 VTT

Puh. 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT

PB 1000 (Bergsmansvägen 5, Esbo)

FI-2044 VTT

Tfn +358 20 722 111, telefax +358 20 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland

P.O. Box 1000 (Vuorimiehentie 5, Espoo)

FI-02044 VTT, Finland

Tel. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

Toimitus Marika Leppilähti

Kopijyvä Oy, Kuopio 2012

Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoitteena oli kuvata yksi mahdollinen vuoden 2100 tulevaisuudentila suomalaisesta liikennejärjestelmästä, jossa ei aiheudu merkittäviin henkilö-, esine- tai ympäristövahinkoihin johtavia onnettomuuksia ja jossa painotetaan turvallisuudentunteen ja tietoturvan merkitystä. Tutkimus toteutettiin soveltaen visiotyöprosessia, johon kuuluu kolme vaihetta: (1) muutosvoimien kartoitus (2) tulevaisuustaulukko ja visio sekä (3) vision kuvaaminen. Pääasiallisina tutkimusmenetelminä hyödynnettiin kirjallisuuskatsausta ja asiantuntijatyöpajoja. Visio rakennettiin yhteistyössä VTT:n tutkijoiden sekä Liikenneviraston ja Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín virkamiesten kanssa.

Työn lopputulos on Turvallinen liikennejärjestelmä 2100 -visio, jossa suomalainen yhteiskunta ja liikennejärjestelmä rakentuvat kahdesta peruslähtökohdasta: Ensimmäinen on hiilineutraali, kestävä energiantuotanto ja sähköintensiivisyys sekä liikenteessä että koko yhteiskunnassa. Toinen lähtökohta on automatiikka- ja älysovellukset liikennevälineissä ja infrastruktuurissa, erityisesti liikenteen turvallisuuden instrumentteina.

Visio kuvaa viittä teema-alueita: (a) yhteiskunnallinen toimintaympäristö (b) energiajärjestelmä (c) liikennejärjestelmä (d) liikennejärjestelmään liittyvät teknologiat ja palvelut sekä (e) liikenne ja ympäristö, joissa kaikissa turvallisuus on nostettu erityispainotukseksi.

Vision mukaisen liikennejärjestelmän tärkeimmät liikennemuodot ovat raideliikenne ja kevyt liikenne, joita harvaan rakennetuilla alueilla täydentää tieliikenne. Lentoliikenne on keskittynyt kaukomatkailuun ja merenkulku mannertenvälisiin kuljetuksiin. Kaikki moottorikäyttöinen liikenne on vision palvelusuuntautuneessa liikennejärjestelmässä sähkökäyttöistä ja automaattiohjattua. Henkilö- ja tavaraliikennejärjestelmät infrastruktuureineen ja palveluineen toimivat saumattomana osana kaupunki-, tietoliikenne- ja muita infrastruktuureja.

Liikennejärjestelmän haitalliset ympäristövaikutukset ovat vähäiset, sillä liikenne on päästötöntä ja sähköntuotannossa sekä materiaalien käytössä on omaksuttu elinkaariajatteluun perustuva kestävä ja tehokas toimintatapa. Liikennejärjestelmän suurimpia haasteita ovat järjestelmähäiriöt ja vikaantumiset automatiikkajärjestelmissä sekä älysovelluksissa.

Safe and secure transport system 2100. Vision
Turvallinen liikennejärjestelmä 2100. Visio. **Heidi Auvinen & Anu Tuominen.** Espoo 2012.
VTT Technology 5. 43 p. + app. 18 p.

Abstract

The objective with this study was to envision one possible image of the Finnish future transport system in 2100 that would meet given transport safety and security targets: no serious accidents leading to injuries, fatalities or damage to property or the environment. This vision was created using the vision building process, structured of three consecutive steps: (1) environmental scanning, (2) constructing futures tables and visions and (3) describing visions. The main research methods used were literature survey and expert workshops. The vision is a result of collaboration between transport experts from VTT Technical Research Centre of Finland, the Finnish Transport Agency and the Finnish Transport Safety Agency Trafi.

The outcome of the work is a vision of a safe and secure Finnish transport system in 2100, based on a two-piece foundation: (1) sustainable and carbon neutral energy production for the electricity intensive society and its transport system and (2) an array of advanced automatics and intelligent applications as the means to fulfill the transport safety ambitions. The manuscript for the vision, emphasizing the special focus on transport safety and security, was processed and described through the following five themes: (1) society as whole, (2) energy system, (3) transport system, (4) transport system technologies and services, and (5) transport and environment. The main feature of the envisioned transport system is the dominance of rail, bicycle and pedestrian transport, complemented by road transport, whereas air and waterborne transport apply only to long-distance transport needs. According to the vision, all motor-driven transport relies on electricity as the energy carrier and automatics as the means to traffic control and management. Other characteristics of the transport system include minor negative impacts to the environment, efficient use of resources and high level of integration between infrastructures for transport and other applications. The expected main challenges in the operation of such a transport system are malfunction and disturbances in the complex automatics and other technology systems.

Avainsanat long-term transport system vision, future studies, foresight

Alkusanat

Tämä turvallisen liikennejärjestelmän visio on tehty *Turvallinen liikenne 2025* -tutkimusohjelmassa (<http://www.vtt.fi/proj/tl2025/>). Ohjelman jäseniä vuonna 2011 olivat:

- A-Katsastus Oy
- Liikennevirasto
- Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi
- Nokian Renkaat Oyj
- VR-Yhtymä Oy
- VTT.

Tutkimuksen tekivät Heidi Auvinen ja Anu Tuominen. Julkaisua kommentoivat Heikki Kanner ja Toni Ahlqvist, ja sen esitarkasti Juha Luoma. Julkaisun tekijät ovat vastuussa lopputuotoksesta.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Abstract	4
Alkusanat.....	5
1. Johdanto	8
1.1 Tausta.....	8
1.2 Turvallisen liikennejärjestelmän visio.....	9
1.3 Liikenneturvallisuus	10
2. Aineisto ja menetelmät.....	12
2.1 Visiotyöprosessi	12
2.2 Kirjallisuuskatsaus	14
2.3 Asiantuntijatyöpaja I.....	15
2.4 Asiantuntijatyöpaja II.....	16
3. Visiotyöprosessin tulokset	18
3.1 Muutosvoimien kartoitus	18
3.2 Tulevaisuustaulukko ja visio.....	18
3.3 Vision kuvaaminen	22
4. Turvallinen liikennejärjestelmä 2100	23
4.1 Yhteiskunnallinen toimintaympäristö.....	24
4.2 Energijärjestelmä.....	26
4.3 Liikennejärjestelmä.....	28
4.4 Liikennejärjestelmään liittyvät teknologiat ja palvelut.....	33
4.5 Liikenne ja ympäristö	36
5. Pohdinta.....	38
5.1 Yhteenveto.....	38
5.2 Päätelmät.....	39
5.3 Ehdotuksia jatkotutkimusta varten	40

Lähdeluettelo.....	42
---------------------------	-----------

Liitteet

Liite A: Asiantuntijatyöpaja I, osallistujat

Liite B: Asiantuntijatyöpaja II, osallistujat

Liite C: Muutosvoimien lista

Liite D: Tulevaisuustaulukko

1. Johdanto

1.1 Tausta

Liikennejärjestelmä on laaja sosio-tekninen järjestelmä, joka kattaa tekniikan lisäksi myös mm. sosiaalisia, taloudellisia, poliittisia ja lainsäädännöllisiä sekä ympäristöllisiä ulottuvuuksia. Nämä ulottuvuudet ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Systeemisyyden vuoksi järjestelmän tulevaisuutta ja siinä tapahtuvia muutoksia on haastavaa ennustaa pitkälle tulevaisuuteen.

Tulevaisuuden ennakkoinnin tehtävänä on hälventää epävarmuutta ja auttaa ukiin varautumisessa sekä mahdollisuuksien tunnistamisessa (Heinonen 2011). Ennakointi on erityisesti strategisen päätöksenteon apuväline, joka auttaa yritystä, organisaatiota tai jopa kokonaista yhteiskunnan sektoria vastaamaan kysymykseen, miten pärjäämme muuttuvassa maailmassa. Tässä julkaisussa kuvatus visiotyöprosessin ja sen tuloksena syntyneen turvallisen liikennejärjestelmän vision vuodelle 2100 tarkoituksena onkin herättää keskustelua edellä kuvattujen tehtävien mukaisesti. Visio ei pyri ennustamaan, että vuonna 2100 liikennejärjestelmä olisi tietynlainen. Vision tavoitteena on esittää yksi mahdollinen tulevaisuudentila, jossa määritellyt liikenteen turvallisuustavoitteet toteutuvat.

Globaalit ilmiöt, kuten ilmaston lämpeneminen, kaupungistuminen, turvallisuus-kysymykset, väestön ikääntyminen sekä toimintaympäristön digitalisoituminen asettavat tulevaisuudessa liikennejärjestelmälle tiettyjä ehtoja. Näiden lisäksi liikennejärjestelmän kehittämisen haasteita ovat liikennesektorille tyypilliset piirteet, kuten pitkäkestoiset investoinnit sekä regulaation vahva rooli. Pitkän aikavälin ennakkointi tarjoaa yhden apuvälineen tämänkaltaisiin haasteisiin vastaamisessa.

Turvallinen liikennejärjestelmä 2100 -tutkimushanke on jatkoa *Liikennejärjestelmän visiot 2100* -esiselvitykselle (Tuominen ym. 2010), jossa kehitettiin menetelmä liikennejärjestelmän pitkän aikavälin visioiden laatimiseksi. Tässä julkaisussa esiteltävä turvallisen liikennejärjestelmän visio on visiotyöprosessiin osallistuneiden tahojen (Liikennevirasto, Liikenteen turvallisuusvirasto TraFi ja VTT) edustajien näkemys mahdollisesta liikennejärjestelmän tilasta vuonna 2100 turvallisuusnäkökulmasta tarkasteltuna.

1.2 Turvallisen liikennejärjestelmän visio

Suomessa valtioneuvosto on perinteisesti pitänyt liikenneturvallisuutta yhtenä keskeisistä liikennepolitiikan tavoitealueista. Tieliikenteen turvallisuustyötä ohjaavat valtioneuvoston periaatepäätös tieliikenneturvallisuuden parantamisesta sekä sitä täydentävä tieliikenteen turvallisuussuunnitelma, joiden laatiminen nykymuodossaan aloitettiin vuonna 1993 (Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan työjaosto 2010).

Tässä tutkimuksessa Suomen liikennejärjestelmää vuonna 2100 hahmottelevan turvallisen liikennejärjestelmän vision päälähtökohdaksi valittiin viimeisin valtioneuvoston (2006) periaatepäätös tieliikenteen turvallisuuden parantamisesta. Periaatepäätöksessä esitellään Suomen pitkän aikavälin liikenneturvallisuusvisio, jonka mukaan ”tieliikennejärjestelmä on suunniteltava siten, ettei kenenkään tarvitse kuolla eikä loukkaantua vakavasti liikenteessä”. Tämän jo edeltävässä, vuoden 2001 periaatepäätöksessä hyväksytyyn vision esikuvana voidaan pitää Ruotsissa vuonna 1997 lanseerattua nollavisiota (nollvisionen, vision zero) (Vägverket 2006). Muita tieliikenteen nollavision omaksuneita tai sen tavoitteita kohti suuntaavia maita ovat esimerkiksi Iso-Britannia, Norja ja Sveitsi sekä kestävä turvallisuu- den vision lanseerannut Alankomaat (Whitelegg & Haq 2006; Norwegian Ministry of Transport and Communications 2009). Myös Euroopan komission liikenteen valkoinen kirja (Euroopan komissio 2011a) esittää yhtenä kilpailukykyisen ja resurssitehokkaan liikennejärjestelmän kymmenestä tavoitteesta tieliikennekuolemien määrän saattamisen lähelle nollaa vuoteen 2050 mennessä. Tämän Euroopan unionin nollatavoitteen välietappi on puolittaa tieliikenteen uhrien määrä vuoteen 2020 mennessä. Lisäksi tavoitteena on, että Euroopan unioni kuuluu liikenteen turvallisuuden ja turvatoimien alalla maailman kärkijoukkoon kaikissa liikenne- muodoissa.

Suomen pitkän tähtäimen vision ohella valtioneuvosto on linjannut periaatepäätöksissä tavoitteet tieliikennekuolemien enimmäismäärille lähitulevaisuudessa. Tavoite vuodelle 2010 oli enintään 250 kuolemantapausta ja vuodelle 2025 enintään 100. Vuonna 2010 tieliikennekuolemia tilastoitiin 270, joten enimmäistavoite ylittyi tuolloin 8 % (Tilastokeskus 2011).

Viime vuosina tieliikenteessä toteutettujen turvallisuustoimien taustalla on ollut vuosille 2006–2010 kohdistettu tieliikenteen turvallisuussuunnitelma. Uusi suunnitelma vuosille 2011–2014 on valmisteilla, ja se on tarkoitus julkaista keväällä 2012 (Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunta 2011).

Muiden liikennemuotojen turvallisuustavoitteista ei ole kirjattu vastaavia valtioneuvoston periaatepäätöksiä. Tässä julkaisussa liikenneturvallisuuden pitkän aikavälin nollavisio on kuitenkin ulotettu kattamaan koko liikennejärjestelmä.

Tämän tutkimustyön ja sen tuloksena laaditun, Suomen liikennejärjestelmää vuonna 2100 kuvaavan turvallisen liikennejärjestelmän vision tavoitteena on esittää yksi mahdollinen näkymä, jossa määritellyt liikenteen turvallisuustavoitteet toteutuvat. Seuraavat turvallisuustavoitteet on muotoiltu projektin asiantuntijatyöpajoissa, ja ne pohjautuvat valtioneuvoston periaatepäätökseen:

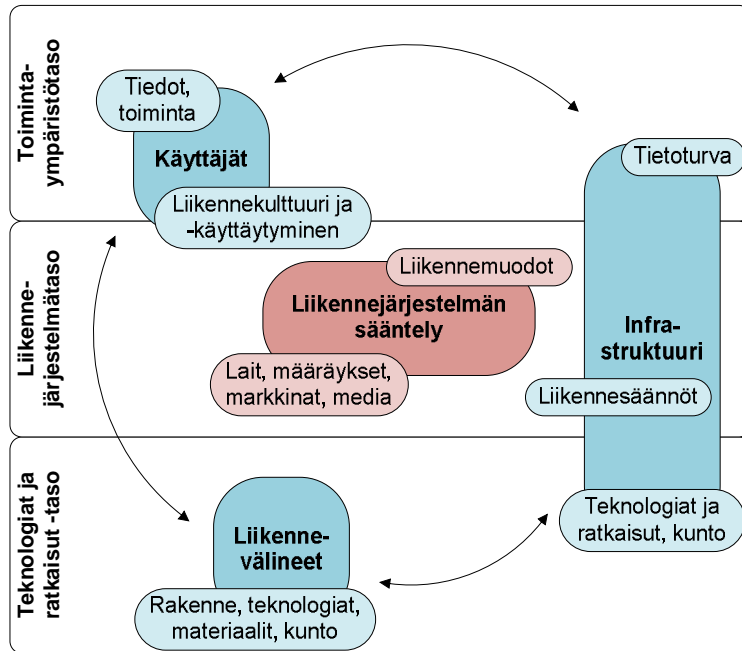
- Liikennejärjestelmästä ei aiheudu suuria henkilövahinkoja: kenenkään ei tarvitse kuolla eikä loukkaantua vakavasti liikenteessä.
- Liikennejärjestelmässä ei tapahdu merkittäviin esine- tai ympäristövahinkoihin johtavia onnettomuuksia.
- Henkilö-, esine- ja ympäristövahinkojen lisäksi myös turvallisuudentunne sekä tietoturvan taso ovat tärkeitä turvallisen liikkumisen ja kuljettamisen mittareita.

Erään työpajatyöskentelyyn osallistuneen asiantuntijan osuvia sanoja lainaten vision mukaista tulevaisuutta voitaisiin kuvailla seuraavasti: ”Turvallinen liikennejärjestelmä on joustava, helppo, ruuhkaton ja puhdas.”

1.3 Liikenneturvallisuus

Liikenneturvallisuus koskettaa jokaista liikkujaa, mutta se sisältyy myös kaikkeen muuhun liikenteeseen liittyvään toimintaan. Julkinen sektori luo mm. lainsäädännöllä, kaavoituksella ja maankäytön suunnittelulla, liikenneverkkojen rakentamisella ja kunnossapidolla, tietojärjestelmien ylläpidolla sekä liikenteen ohjauksella ja valvonnalla puitteet turvalliselle liikkumiselle. Yhteiskunta vastaa turvallisen liikennejärjestelmän lisäksi myös terveydenhuollon toimenpiteistä ihmisten joutuessa liikenneonnettomuuksiin (Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan työjaosto 2010). Elinkeinoelämän kuljetusten turvallisuudesta taas vastuussa ovat suurimaksi osaksi yritykset ja alan järjestöt. Koska liikenneturvallisuustyö koskettaa eri hallinnonaloja, edellyttää se laajaa yhteistyötä.

Turvallisen liikennejärjestelmän visio kattaa kaikki liikennemuodot: tieliikenteen, raideliikenteen, vesiliikenteen ja ilmailun. Liikenneturvallisuutta on tarkasteltu kolmen liikennejärjestelmän osatekijän – liikennevälineiden, infrastruktuurin ja liikennejärjestelmän käyttäjien – kautta. Kukin osatekijä voidaan jakaa edelleen pienempiin tekijöihin kuvan 1 mukaisesti. Kaikkiin tekijöihin vaikuttaa muun muassa lakien, asetusten ja markkinamekanismien kautta liikennejärjestelmän sääntely. Onnettomuudet, henkilö-, ympäristö- ja esinevahingot, turvattomuuden tunne sekä tietoturva ovat keskeisiä turvallisuuden kehittämisen osa-alueita. Turvallista liikennejärjestelmää on tässä tarkasteltu lisäksi kolmella yhteiskunnallisella tasolla, jotka ovat (1) toimintaympäristötaso (2) liikennejärjestelmätaso ja (3) liikenteen teknologia-, ratkaisu- ja palvelutaso (kuva 1).



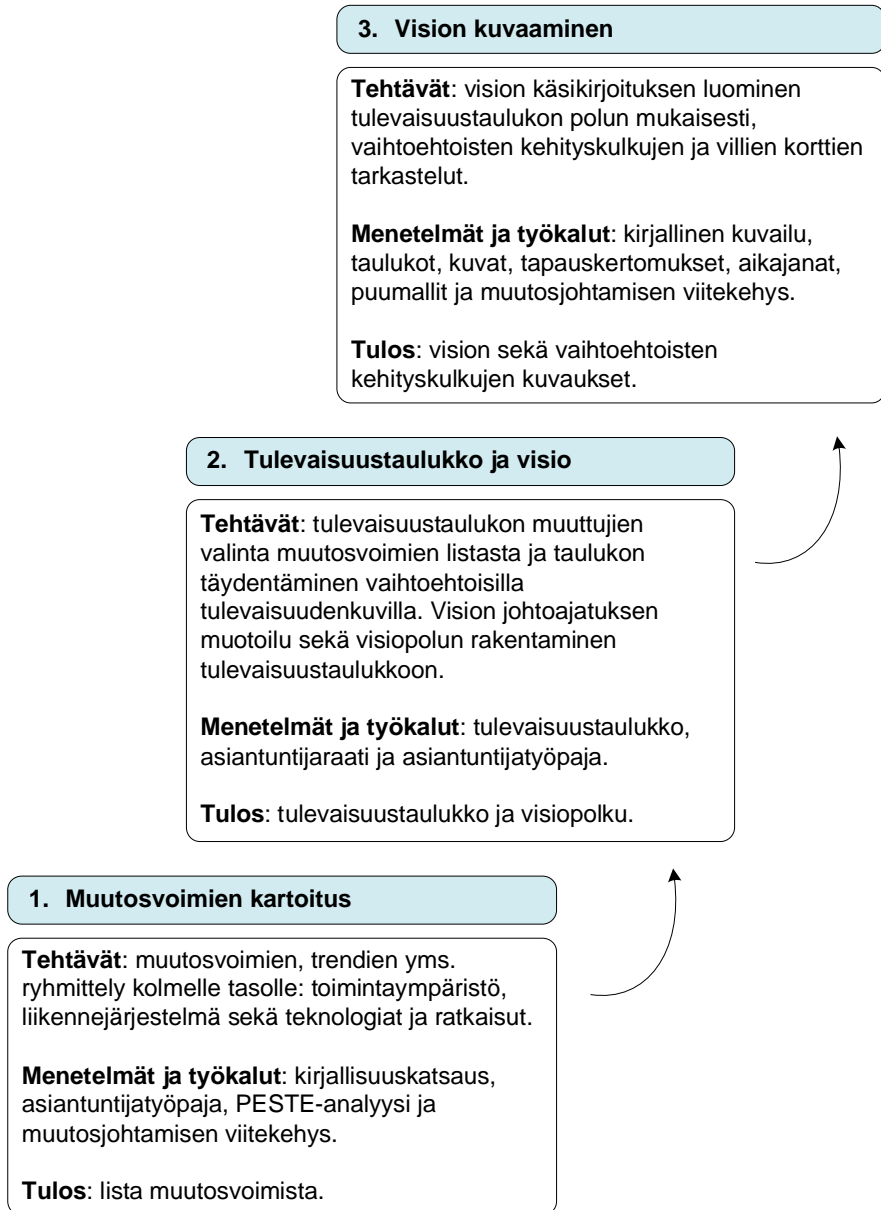
Kuva 1. Turvallisen liikennejärjestelmän tarkastelukehikko.

Maailman terveysjärjestö WHO:n (2004) (World Health Organization) mukaan tieliikenneturvallisuuteen vaikuttamisen kannalta avaintahoja ovat: hallinto ja lain-säädäntöelimet, media, asiantuntijat, kansalaisjärjestöt, poliisi, teollisuus ja käyttäjät eli kansalaiset. Lista voitaneen yleistää kattamaan koko liikennejärjestelmän liikenneturvallisuutta edistävän päätöksenteon toimijakentän.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1 Visiotyöprosessi

Turvallisen liikennejärjestelmän visio vuodelle 2100 laadittiin esiselvitystyössä (Tuominen ym. 2010) kehitetyn *visiotyöprosessin* mukaisesti. Visiotyöprosessi on kolmiportainen menetelmä vaihtoehtoisten liikennejärjestelmän visioiden laatimiseksi pitkällä, yli 50 vuoden aikavälillä. Prosessin tarkoituksena on yhdistellä ja vaiheistaa käytetyt ennakkoinnin menetelmät, työskentelytekniikat ja lopputuloksen kuvaamistavat. Kuva 2 esittelee visiotyöprosessin sisältämät kolme vaihetta, jotka ovat (1) muutosvoimien kartoitus (2) tulevaisuustaulukko ja visio sekä (3) vision kuvaaminen. Eri vaiheissa hyödynnettäviä tutkimusmenetelmiä ovat kirjallisuuskatsaus ja asiantuntijatyöpaja sekä tulevaisuudentutkimuksen ja ennakkoinnin työkaluista muutosjohtamisen viitekehys (vrt. Geelsin (2002) systeemisen muutoksen malli), PESTE-analyysi ja tulevaisuustaulukko.



Kuva 2. Visiotyöprosessin kolme vaihetta.

Visiotyöprosessin ensimmäisessä vaiheessa kartoitetaan mahdollisten tulevaisuuksien kannalta keskeisiä teemoja ja suuntia, eli muutosvoimia, jotka ryhmitellään PESTE-analyysiä ja muutosjohtamisen viitekehystä hyödyntäen seuraaville

kolmelle tasolle: (1) toimintaympäristötaso (2) liikennejärjestelmätaso, jossa edelleen alajaottelu poliittisiin, taloudellisiin ja ekologisiin tekijöihin, ja (3) liikenteen teknologia-, ratkaisu- ja palvelutaso. Työskentelyn toisessa vaiheessa tarkennetaan ja eritellään mahdollisten tulevaisuuksien kirjoa ja valitaan joukosta kiinnostavimmat. Keskeisimmät muutosvoimat kootaan tulevaisuustaulukon otsikkosarakeeksi, ja taulukko täydennetään vaihtoehtoisilla tulevaisuudentiloilla. Tulevaisuustaulukko ohjaa vision johtoajatuksen, eli lähtöpisteen, sekä tulevaisuuspolun valintoja, jotka jäsentävät visiotyöprosessin viimeisessä vaiheessa laadittavaa vision käsikirjoitusta. Vision kuvaamisessa voidaan hyödyntää laajaa työkaluvalikoimaa, kuten tapauskertomuksia, aikajanoja sekä vision liikkuvuutta koettelevia vaihtoehtoisten kehityskulkujen tarkasteluja (villit kortit). (Yksityiskohtaisempi kuvaus, ks. Tuominen ym. 2010.)

Visiötyöprosessin tutkimusaineisto koostui työskentelyä taustoittavasta ja ohjaavasta kirjallisuudesta sekä eri sidosryhmien asiantuntijatiedosta, johon päästiin käsiksi työpajatyöskentelyn kautta.

2.2 Kirjallisuuskatsaus

Tutkimuksen apuna hyödynnettiin Tuomisen ym. (2010) taustakartoitusta, jota täydennettiin käymällä läpi uutta, erityisesti vision pääteemaksi nousseen liikenteen turvallisuuden aihepiiriin kirjallisuusaineistoa. Kirjallisuuskatsaus tukee paitsi visiötyöprosessin ensimmäisen työvaiheen erityisenä tehtävänä määriteltyä *Muutosvoimien kartoitusta* myös turvallisen liikennejärjestelmän vision muotoilua. Oikein kohdistettuna kirjallisuuskatsaus taustoittaa ja ohjaa visiöprosessin kulkua sovittaen sen omaksuttuihin kansallisiin ja kansainvälisiin tulevaisuustavoitteisiin.

Esiselvityksen kirjallisuusselvitystä täydentävä materiaali voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään, joista ensimmäisen muodostavat tulevaisuuden trendejä, skenaarioita ja tiekarttoja hahmottelevat julkaisut. Nämä käsittelevät vaihtelevasti sekä koko yhteiskunnan tai jonkin sen osan, kuten liikenne- tai energiajärjestelmän, tulevaisuutta. Myös tarkasteltava maantieteellinen aluerajaus vaihtelee kansallisesta ja eurooppalaisesta tasosta aina maailmanlaajuisiin katsauksiin asti. Esimerkkinä sekä kansallista että globaalia tulevaisuutta tarkastelevasta materiaalista voidaan mainita Rouvisen ym. (2007) julkaisu *Seuraavat sata vuotta – aikamatka maailmaan ja Suomeen 1907–2107*. Teos tarjoaa kattavan kuvauksen seuraavien sadan vuoden kulkuun mahdollisesti vaikuttavista trendeistä ja niiden merkityksestä suomalaisen ja kansainvälisen yhteiskunnan eri osa-alueilla. Ehdotuksina 2100-luvun maailman suuntaanäyttävistä teemoista ja avainsanoista mainitaan muun muassa ICT (information and communications technology, tieto- ja viestintäteknologia) sekä bio- ja nanoteknologia.

Osittain samoilla linjoilla on myös Haukkala (2011), joka on tunnistanut tulevaisuudentutkimuksen kirjallisuuden perusteella kolme mahdollista, vaihtoehtoista luonnehdintaa niin sanotulle seuraalle uudelle yhteiskuntavaiheelle: bioyhteiskunta (ekoyhteiskunta), digiyhteiskunta (ubiikkiyhteiskunta) ja elämisyhteiskunta. Hajkowicz ja Moody (2010) taas listaavat viisi megatrendiä, joiden ennakoidaan toimi-

van suuntaavina tekijöinä, kun tulevaisuutta tarkastellaan globaalitasolla: (a) resurssitehokkuuden merkityksen kasvu (b) henkilökohtaisiksi räätälöityjen palveluiden kasvu (c) väestöryhmien eriyvät kehityssuunnat eri puolilla maailmaa (d) liikkuvuuden lisääntyminen sekä (e) kaikkialla läsnäoleva digitaalimaailma.

Ensimmäiseen ryhmään voidaan katsoa kuuluviksi myös Irlannissa (The Irish Academy of Engineering 2004) ja Isossa-Britanniassa (The Royal Academy of Engineering 2005) julkaistut kansalliset liikennejärjestelmän visiot vuodelle 2050. Erityisesti Irlannin liikennejärjestelmävisioon perusteellinen, koko liikennejärjestelmän kattava kuva mahdollisesta ja toivotusta vuoden 2050 liikennejärjestelmästä, ja se hahmottelee tulevaisuutta varsin konkreettisesti.

Irlannin visio on sekä tavoitteiltaan että toteutukseltaan monin osin tämän tutkimuksen visiotyöprosessin kanssa yhteneväinen. Irlannin visiossa käsitellään muun muassa ilmastomuutokseen, energiaturvallisuuteen, teknologiakehitykseen, väestörakenteeseen ja elinkeinoelämän kehitykseen liittyviä näkökulmia yhteiskunnassa, jossa on mahdollisimman hyvin toimiva tulevaisuuden liikennejärjestelmä. Suomessa ei ole toistaiseksi tehty erittäin pitkän aikavälin liikennejärjestelmävisiota, mutta kasvavaa kiinnostusta aihepiiriin osoittaa Suomen Rakennusinsinöörien Liiton (RIL 2010) koordinoima movE! 2040 -visiokilpailu, jossa kerättiin ideoita tulevaisuuden infra- ja liikkumisesta.

Toinen taustamateriaalin ryhmä muodostuu Euroopan komission tulevaisuudentavoitteista, strategioista ja muista julkaisuista. Näistä keskeisin on Liikenteen valkoinen kirja (Euroopan komissio 2011a), joka asettaa muun muassa unionin alueen yhteiset liikenteen ympäristö- ja turvallisuustavoitteet. Valkoisen kirjan tarkasteluajanjakso ulottuu vuosiin 2030 ja 2050, ja sen lähtökohtana on taata liikennejärjestelmän, elinkeinoelämän ja muun yhteiskunnan kilpailukyky ja resurssitehokkuus. Euroopan unionin yhteistä linjaa hahmottelevat myös Euroopan komission (2011b) vähähiiliseen talouteen vuonna 2050 ohjaava etenemissuunnitelma sekä loppuvuonna 2011 julkaistava energian etenemissuunnitelma 2050. 2100-luvulle asti luotaavia katsauksia ei Euroopan unionin julkaisuista sen sijaan toistaiseksi löydy.

Kirjallisuuskatsauksen kolmas ryhmä koostuu raporteista, joissa käsitellään liikennejärjestelmän – tosin usein vain tieliikenteen – kansallisia turvallisuustavoitteita. Näihin kuuluu luonnos alkuvuonna 2012 julkaistavasta Suomen tieliikenteen turvallisuussuunnitelmasta (Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunta 2011). Kansainvälistä aineistoa käytiin läpi erityisesti Ruotsin ja muiden tieliikenteen nollavision omaksuneiden tai sen tavoitteita kohti suuntaavien maiden osalta (esim. Vägverket 2006, Whitelegg & Haq 2006, Norwegian Ministry of Transport and Communications 2009).

2.3 Asiantuntijatyöpaja I

Visiotyöprosessin ensimmäisen työvaiheen mukainen asiantuntijatyöpaja kutsuttiin kokoon VTT:n sisäisenä tilaisuutena, johon osallistui 10 asiantuntijaa eri osaamis- ja tutkimusalueilta (osallistujaluettelo liitteessä A). Osallistujia oli mm. liikenteen

turvallisuuden, energiankulutuksen ja ympäristövaikutusten, liikennepalveluiden ja -telematiikan, logistiikan sekä eri liikennemuotojen aloilta. Asiantuntijatyöpajan päätavoitteena oli visiotyöprosessin mukaisesti kartoittaa toimintaympäristötason, liikennejärjestelmätason sekä liikenteen teknologia-, ratkaisu- ja palvelutason muutosvoimia.

Ensimmäiseen asiantuntijatyöpajaan valmistauduttiin aiheeseen johdattelevalla ennakkotehtävällä, jossa osallistujat vastasivat muutamaa avoimeen kysymykseen tulevaisuuden liikennejärjestelmän turvallisuutta ja sen eri toimijoiden rooleja koskien. Työpaja käynnistettiin etukäteen palautetun ennakkotehtävän tulosten purkamisella ja sen pohjalta nousseiden teemojen ja kysymysten käsittelyllä.

Varsinainen työpajatyöskentely toteutettiin nk. world cafe -tekniikalla, jossa osallistujat kiersivät kahtena ryhmänä kolmessa työpisteessä eli ”kahvilassa”. Harjoituksen aluksi osallistujat vastasivat itsenäisesti työskentelyn kokonaisuutta jäsentävän lomakkeen yhdeksään kysymykseen, jotka oli ryhmitelty kolmelle tasolle:

- Toimintaympäristötaso: Globaali ja kansallinen toimintaympäristö vuonna 2100.
- Liikennejärjestelmätaso: Turvallinen liikennejärjestelmä 2100 Suomessa.
- Teknologia- ja ratkaisutaso: Toteutusteknologiat, ratkaisut ja palvelut vuonna 2100.

Osallistujat luonnostelivat ryhmissä näiden kolmen tason mukaisia ajatuksia käyttäen apuna turvallisen liikennejärjestelmän kannalta kiinnostavia muutosvoimia (trendit, megatrendit, heikot signaalit, villit kortit, jne.). Ryhmän puheenjohtaja kirjasi kommentit ylös. Molemmat ryhmät kävivät läpi kaikki kolme työpistettä, täydentäen ja syventäen samassa pisteessä aiemmin työskennelleen ryhmän muutosvoimien listaa. Työpaja päätettiin kunkin kolmen työpisteen tulosten esittelyllä ja yhteisellä keskustelulla.

Työpajan jälkeen tulokset purettiin muutosvoimien listaksi visiotyöprosessin mukaisten kolmen tason sekä PESTE-analyysin avulla jäsentäen.

2.4 Asiantuntijatyöpaja II

Visiotyöprosessin toisen vaiheen asiantuntijatyöpajaan kutsuttiin osallistujia Turvallinen liikenne 2025 -tutkimusohjelman yhteistyöorganisaatioista. Työpajaan osallistui yhteensä 10 asiantuntijaa (osallistujalista liitteessä B) Liikennevirastosta, Liikenteen turvallisuusvirasto Trafista sekä VTT:stä. Työpajan tavoitteena oli turvallisen liikennejärjestelmän vision tulevaisuustaulukon täydentäminen, vision mahdollisten lähtöpisteiden haarukointi sekä tulevaisuuspolkujen hahmottelu.

Työpajatyöskentely aloitettiin jakautumalla kahteen ryhmään, jotka täydensivät tahoillaan tulevaisuustaulukon runkoa. Tulevaisuustaulukko, joka oli toimitettu osallistujien tutustuttavaksi työpajan ennakkomateriaalina, koostui kolmelle tasolle järjestellyistä paristakymmenestä muutosvoimasta sekä joistakin esimerkinomaisesti täydennetyistä taulukon ruuduista. Ryhmät kävivät taulukon läpi rivi riviltä ja

täyttivät ruudut mahdollisilla tulevaisuudentiloilla. Ryhmien puheenjohtajat kirjasiivat tulokset työskentelyn edetessä, ja syntyneet kaksi taulukkoa yhdistettiin yhdeksi suureksi tulevaisuustaulukoksi.

Tämän jälkeen osallistujat haarukoivat ryhmätyövaiheessa tuotetusta laajasta tulevaisuustaulukosta turvallisen liikennejärjestelmän vision mahdollisia lähtöpisteitä. Työpareja pyydettiin tunnistamaan kolme toivottavinta johtoajatusta tai lähtöpistettä, jotka tuli asettaa tärkeysjärjestykseen. Työpajan viimeisessä, kolmannessa työvaiheessa samat työparit hahmottelivat yhden valitsemansa lähtöpisteen pohjalta yhden mahdollisen tulevaisuuspolun. Kukin työpari tuotti näin yhden mahdollisen tulevaisuudenvision valiten kultakin riviltä toivottavimman sekä lähtöpisteen ja muiden valintojen kannalta johdonmukaisimman tulevaisuudentilan.

Työpaja päätettiin tilaisuuden aikaansaannosten yhteenvedolla sekä alustavilla huomioilla, jotka koskivat vision tavoitteita, tulevaisuustaulukon täyttämistä, vision lähtöpisteiden haarukointia ja tulevaisuuspolkujen hahmottelua.

3. Visiotyöprosessin tulokset

3.1 Muutosvoimien kartoitus

Visiotyöprosessin ensimmäisen vaiheen tuloksena koostettiin lista toimintaympäristön eri tasojen muutosvoimista, jotka nähtiin kiinnostavina mahdollisten tulevaisuuden kehityssuuntien kannalta (liite C). Muutosvoimien lista koostuu yhteensä yli kahdestasadasta trendistä, megatrendistä, heikosta signaalista, villistä kortista jne. Lista on yhdistetty sekä kirjallisuuskatsauksen että asiantuntijatyöpaja I:n havainnot, joista jälkimmäisten osuus on hiukan yli puolet.

Ensimmäisen asiantuntijatyöpajan tulokset ohjattiin jo työpajan valmistelussa vastaamaan erityisesti Suomen liikennejärjestelmän ja sen turvallisuuden näkökulmiin. Pääteemoista (kuva 3) vahvimpana muutosvoimana esille nousi automaatiikan ja älykkäiden ratkaisujen yleistyminen paitsi liikennejärjestelmässä myös kaikissa muissa toiminnoissa ja rakenteissa. Automaatioon, etäsovelluksiin ja näiden hallintaan ja vikaantumistilanteisiin liittyen nähtiin paljon liikenneturvallisuuden kannalta myönteisiä mahdollisuuksia, mutta myös mahdollisia uhkia. Liikennejärjestelmässä toimivien tahojen rooleissa arvioitiin tapahtuvan muutoksia esimerkiksi liikkujan tai kuljettajan roolin passivoitumisena sekä viranomaistahojen valvovan roolin korostumisena. Liikennemäärien ja liikkumis- ja kuljetustarpeiden kehityskuluista löydettiin lukuisia vaihtoehtoisia etenemissuuntia, joskin suuriin muutoksiin suhtauduttiin varautuneesti.

Asiantuntijatyöpaja I:n muutosvoimien ideoinnissa pohdittiin myös joukko- ja yksilöliikennettä yhdisteleviä ratkaisuja, kuten sekä itsenäisesti että joukkoliikenneltekaksi yhdistyneinä kulkevia ajoneuvoja. Tällaiset joustavat yhdistelmäratkaisut voisivat vastata tehokkaasti vaihtelevaan liikkumistarpeiden kirjoon. Toisaalta muutosvoimana tunnistettiin myös vaihtoehtoisten elämäntapojen esiintyminen teknologiapainotteisessakin yhteiskunnassa: myös älykkäiden ratkaisujen kaupunkiympäristössä tulisi hetimitäin voida irtautua teknologiamyllerryksestä.

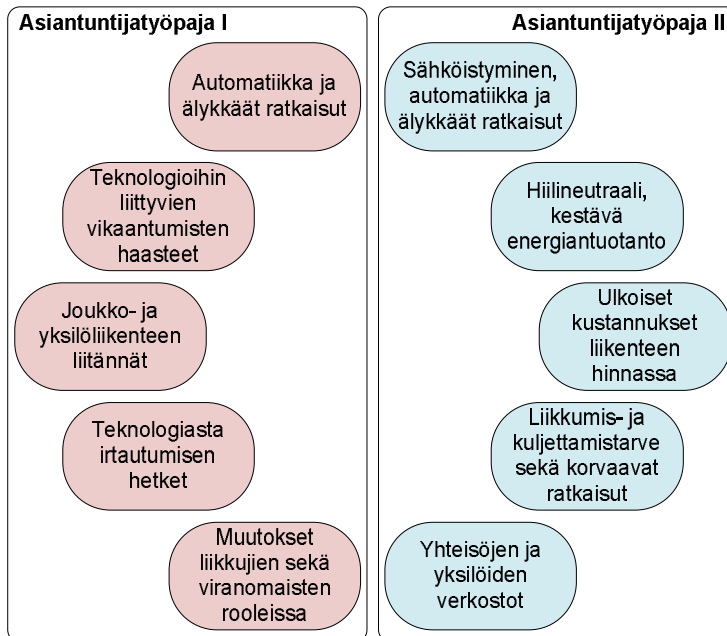
3.2 Tulevaisuustaulukko ja visio

Visiotyöprosessin mukainen tulevaisuustaulukko (liite D) muodostettiin suodattamalla yli kahdensadan muutosvoiman listasta noin kaksikymmentä tärkeimmäksi

katsottua teemaa, jotka jakaantuivat kolmelle tarkastelutasolle. Näin rakennettu taulukkopohja täydennettiin asiantuntijatyöpaja II:n tuloksena saaduilla sekä jo asiantuntijatyöpaja I:ssä esiintulleilla mahdollisilla tulevaisuudenkuvilla. Työpaja II:n asiantuntijaraatia hyödynnettiin myös tulevaisuustaulukkoon hahmoteltujen vision lähtöpisteen ja polkujen hahmottelemisessa.

Vahvasti asiantuntijatyöpaja II:n pisteytyksessä nousseita teemoja (kuva 3) ja tulevaisuudentiloja olivat esimerkiksi:

- liikenteen sähköistyminen, automatisointi ja älykkäät ratkaisut (sekä liikennevälineissä että infrastruktuureissa) itsenäisinä teemoinaan, mutta erityisesti liikenteen turvallisuuden työkaluina
- hiilineutraalin, kestäväan energiantuotannon ratkaisut ja sovellukset liikenteessä ja muissa kohteissa
- liikenteen ulkoisten kustannusten sisällyttäminen hinnoittelumekanismiin ja sen ohjausvaikutukset
- tasapaino liikkumisen ja sitä korvaavien ratkaisujen välillä, liikkumis- ja kuljettamistarpeiden muuttuva luonne ja merkitys yhteiskunnassa
- yksilöiden ja yhteisöjen muodostamien sosiaalisten verkkojen kasvava merkitys eri sovelluskohteissa (viihde ja vapaa-aika, julkisen ja yksityisen sektorin toimintojen kehitys, politiikka eri tasoilla).

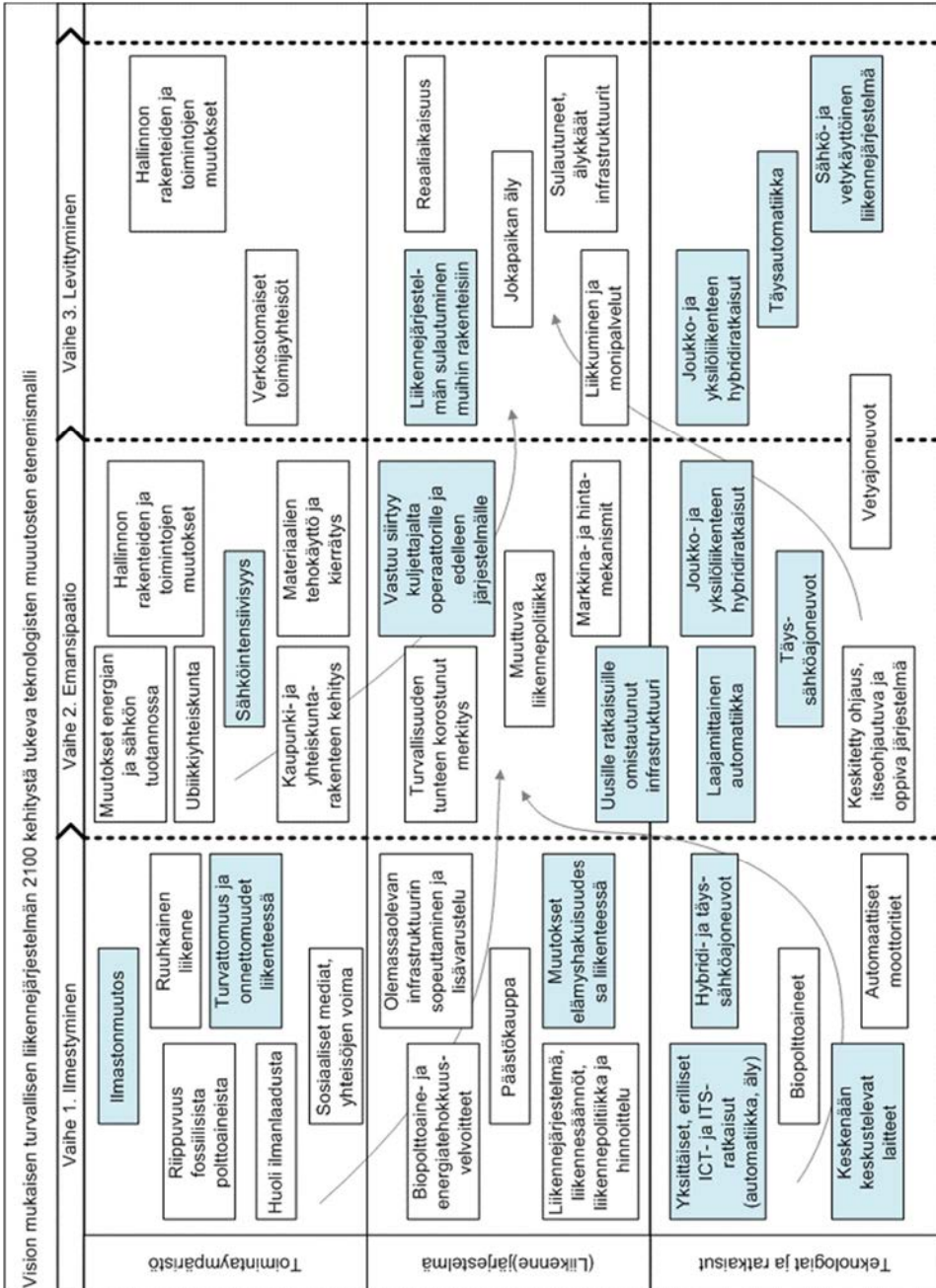


Kuva 3. Asiantuntijatyöpajoissa vahvimmin esiin nousseita teemoja.

3. Visiotyöprosessin tulokset

Työpaja II:n asiantuntijaraadin tuotoksena vision johtajatuokseksi muotoutui kahden teeman yhdistelmä. Turvallisen liikennejärjestelmän vision lähtökohdiksi luokitettiin (1) hiilineutraali, kestävä energiantuotanto ja sähköintensiivisyys sekä liikenteessä että koko yhteiskunnassa ja (2) automatiikka- ja älysovellukset liikennevälineissä ja infrastruktuurissa, erityisesti liikenteen turvallisuuden instrumentteina. Jos työpajatyöskentelyn tuloksena esiin olisi noussut useampia vahvoja, mutta keskenään ristiriitaisia visioaihoita, tässä vaiheessa visiotyöprosessia olisi oltu valmiita valitsemaan muutama erilainen tulevaisuudenvisio. Tässä tapauksessa korostuneet teemat tukivat kuitenkin yhden, varsin systemaattisen vision työstämistä.

Kuva 4 jäsentelee kolmivaiheista teknologisten muutosten etenemiskehitystä vision mukaisen tulevaisuuskuvan mahdollistamiseksi Geelsin (2002) systeemisen muutoksen mallia mukaillen.



Kuva 4. Esitys teknologisten muutosten kolmivaiheisesta etenemiskehityksestä. Sinisellä pohjalla esitetyt elementit ovat kehityskulun kannalta vahvoja, tasolta toiselle (nuolet) vaikuttavia tekijöitä. Valkoiset elementit taas ovat vaimeampia, osa vain hetkellisesti esiintyviä ja nopeasti sammuvia ilmiöitä.

3.3 Vision kuvaaminen

Visiotyöprosessin viimeisessä vaiheessa turvallisen liikennejärjestelmän visiolle luotiin tulevaisuustaulukon pohjalta tehtyjen valintojen avulla käsikirjoitus, joka jäseneltiin viiteen teema-alueeseen: (1) yhteiskunnallinen toimintaympäristö (2) energiajärjestelmä (3) liikennejärjestelmä (4) liikennejärjestelmään liittyvät teknologiat ja palvelut sekä (5) liikenne ja ympäristö. Tuomisen ym. (2010) kuvauksesta poiketen otsikkotason teemoista pudotettiin pois omana kokonaisuutenaan kuvattava liikenteen turvallisuus. Sen sijaan vision johtoteemana toiminut turvallisuusnäkökulma nostettiin kaikki edellä mainitut viisi teema-alueita läpäiseväksi erityispainotukseksi. Kukin teema-alue käsiteltiin siis erityisesti liikenteen turvallisuuden eri osa-alueiden merkityksen kautta.

Luodun vision liikkuvuutta ja joustoa havainnollistettiin muutamilla villiä -kuvauksin. Näillä tarkoitetaan suppeita tarkasteluita siitä, kuinka jokin vaihtoehtoinen tai odottamaton kehityskulku muuttaisi vision kuvaamaa tulevaisuudentilaa.

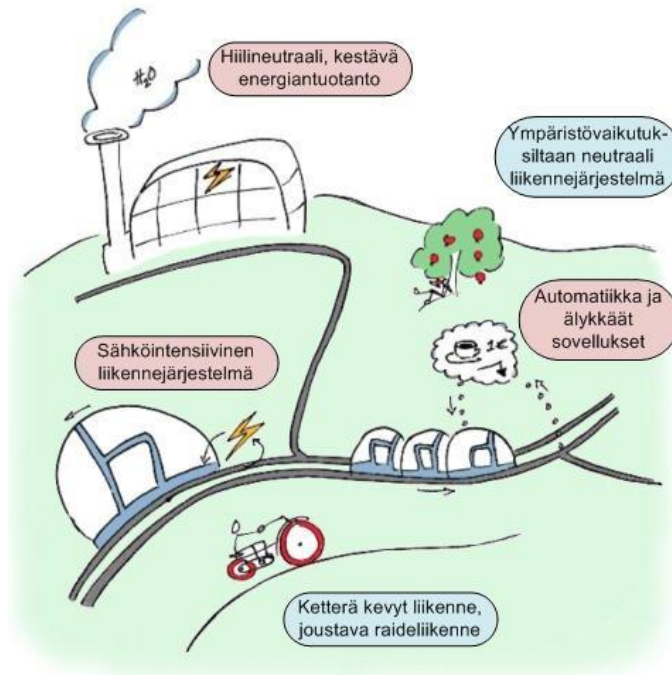
Turvallinen liikennejärjestelmä 2100 -visio kuvataan seuraavassa luvussa.

4. Turvallinen liikennejärjestelmä 2100

Turvallisen liikennejärjestelmän visio vuodelle 2100 on esitys yhdestä mahdollisesta tulevaisuudentilasta, joka toteuttaa henkilö-, esine- ja ympäristövahinkojen sekä turvallisuudentunteen näkökulmista luvussa 1.2 kuvatut, vision perustaksi määritellyt liikenteen turvallisuustavoitteet.

Visio on laadittu Liikenneviraston, Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín ja VTT:n asiantuntijoiden yhteistyönä, ja hyödynnetyn visiotyöprosessin tuloksena yhteiskunnan ja liikennejärjestelmän kannalta keskeisiksi vision lähtökohdiksi muotoiltiin (1) hiilineutraali, kestävä energiantuotanto ja sähköintensivisyys sekä liikenteessä että koko yhteiskunnassa ja (2) automatiikka- ja älysovellukset liikennevälineissä ja infrastruktuurissa, erityisesti liikenteen turvallisuuden instrumentteina.

Seuraavat luvut kuvaavat yhteiskunnallista toimintaympäristöä, energijärjestelmää sekä liikennejärjestelmän osakokonaisuuksia vision mukaisessa liikennejärjestelmässä. Kuva 5 havainnollistaa, miltä liikkuminen vision mukaisessa liikennejärjestelmässä voisi näyttää.



Kuva 5. Luonnoskuva vision liikkumisympäristöstä.

4.1 Yhteiskunnallinen toimintaympäristö

Vuonna 2100 globaalia yhteiskunnallista toimintaympäristöä kuvaavia piirteitä ovat verkostomaiset, eri tasoilla toimivat yhteisöt, tasaisen maltillisena jatkunut kasvu sekä taloudessa että väestömäärässä ja energia-, ympäristö- sekä teknologiateemojen toisiaan tukeva, suotuisa kehitys. Yhteiskuntaa koskevat, osa-alueittain jaotellut perustiedot on kuvattu oheisessa taulukossa (taulukko 1). Taulukon jälkeen kuvataan eräs vision tulevaisuudentilalle vaihtoehtoinen kehityskulku (villi kortti).

Taulukko 1. Yhteiskuntaa koskevat perustiedot osa-alueittain.

Osa-alue	Asiaintila 2100
Politiikka	Poliittinen toimintaympäristö on muotoutunut valtioiden ja erilaisen yhteenliittymien yhteisöksi, ja päätöksenteon suuntaviivat luodaan kollektiivisia yhteistyöfoorumeita hyödyntäen. Valtasuhteet ovat jakautuneet suhteellisen tasaisesti, joskin eräät maantieteelliset tai taloudelliset alayhteisöt ovat omaksuneet johtavan roolin omilla vahvuusalueillaan.
Talous	Maailmantalous on jatkanut pitkän aikavälin tarkasteluissa kasvujohteista kehitystään kaikkialla maapallolla. Kasvunopeus kuitenkin vaihtelee suuresti alueittain. Paikallisen tuotannon ja teollisuuden määrä on kasvanut.
Sosiaalinen ulottuvuus	Maapallon väestö, ja lähinnä maltillisten muuttoliikkeiden kautta myös Suomen väestö, on kasvanut (noin 10 mrd. ja 6 milj.). Konaishyvinvointi on kasvanut, mutta sen jakautumisessa alueittain ja ihmisryhmien välillä on edelleen huomattavia eroavaisuuksia. Kaupungistuminen on johtanut keskisuurten metropolialueiden (Helsingin, Turun, Tampereen sekä Oulun seudut) sekä pienempien urbaanien keskittymien kasvuun, mutta harvaan asutut alueet eivät odotusten vastaisesti ole autoituneet. Virtuaaliset verkostoyhteisöt ovat korvanneet perinteistä yhteisöllisyyttä, sillä kattavat tietoliikenneyhteydet mahdollistavat yhteydenpidon jatkuvasti ja kaikkialle. Ympäristömyötäisyys on yksi yhteiskunnan perusarvoista.
Teknologia	Teknologiakehitys on painottunut eri sovellusalueita yhdistävään jokapaikan tietotekniikkaan (läsnä-äly), ja kaikkialle levittyneet, kehittyneet tieto- ja viestintätekniikat ovat mahdollistaneet innovatiivisten ratkaisujen käyttöönoton kaikessa arjen toiminnassa (ihmisten, esineiden, koneiden, paikkojen ja verkkojen kommunikaatio). Teknologia on tavallisen käyttäjän kannalta upotettua ja näkymätöntä, ja myös jokapaikan tietotekniikan turvallisuus ja luotettavuus on saatettu niin korkealle tasolle, ettei niitä pidetä enää keskeisinä huolenaiheina.
Energia ja ympäristö	Koko yhteiskunnan energiatarpeet katetaan kestäväällä, pääasiassa uusiutuviin energialähteisiin pohjautuvalla energiantuotannolla, josta ei aiheudu fossiilisia kasvihuonekaasupäästöjä. Liikenteen pääasiallinen käyttövoima on sähkö. Luonnonvarojen kysyntä ja kulutus ovat määrällisesti säilyneet ja vakioituneet, mutta ympäristökuormitus on vähentynyt tehokkaan ja kattavan uusiokäytön ja kierrätyksen avulla.

4. Turvallinen liikennejärjestelmä 2100

Arvomaailma	Yhteiskunnassa vallitsevat arvot ovat säilyneet monin osin 2000-luvun alun kaltaisina. Uudet piirteet liittyvät lähinnä teknologiakehityksen (esim. jokapaikan tietotekniikan sovellusten mahdollistamat uudet toimintatavat ja ratkaisut, jotka korvaavat konkreettisia ja fyysistä läsnäoloa vaativia aktiviteetteja, mukaan lukien liikkuminen) voimistamiin ristiriitoihin ja tasapainotteluun individualismin ja yhteisöllisyyden sekä virtuaali- ja tosielämän kokemusten tai elämysten välillä.
-------------	--

Villi kortti: Takaisin metsään

Yhdyskunta- ja aluerakenteilla on suuri vaikutus liikennejärjestelmään, ja toisaalta liikennejärjestelmä vaikuttaa monien linkitysten kautta yhdyskunta- ja aluerakenteiden toimivuuteen ja kehitykseen. Vallitsevat trendit viittaavat alueidenkäytön tiivistymiseen ja erityisesti kaupungistumiseen, mutta vaihtoehtoisena kehityskulkuna väestökeskittymät voivatkin alkaa harventua ja levittyä laajemmin haja-asutusalueille.

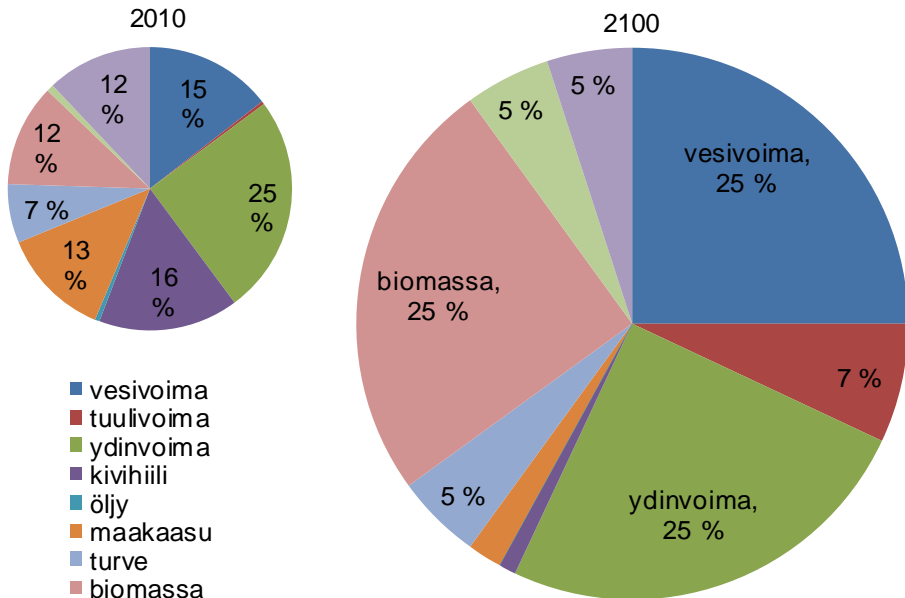
Mikäli kolmannes, tai jopa puolet, suomalaisista asuisi haja-asutusseuduilla ja maaseutumaisissa ympäristöissä, liikennejärjestelmään kohdistuvat tarpeet näyttäisivät aivan erilaisilta. Joukkoliikenteen ratkaisujen sijaan kysyntä kohdistuisi yksityisliikenteeseen, ja mikäli liikkumistarpeissa ei tapahtuisi merkittävää vähenystä, liikennesuorite kasvaisi merkittävästi pidempien etäisyyksien vuoksi. Tällaisen harvaan asutun yhteiskunnan päivittäisen liikkumisen ratkaisu voisi olla vetykäyttöinen, yksityisautoiluun painottuva henkilöliikenne. Energiategokkaat poltto-kennoilla varustetut sähköajoneuvot soveltuvat pitkillekin matkoille. Ne eivät myöskään vaadi erityisen tiheää vetypolttoaineen tankkausverkkoa, joka olisikin vaikea toteuttaa hajaantuneen yhdyskuntarakenteen aluemallissa. Vetykäyttöisen liikenteen vaatima infrastruktuuri voisi rakentua keskeisiin solmukohtiin sijoitetuista tankkauspisteistä ja mahdollisimman resurssitehokkaasti toteutetusta väyläverkosta.

4.2 Energiajärjestelmä

Vuonna 2100 Suomi toimii vision mukaan kestävän, pääasiallisesti uusiutuviin energianlähteisiin perustuvan energiantuotannon voimalla. Kokonaisenergiankulutus on kasvanut vain hieman 2000-luvun alkuun verrattuna, sen sijaan suurimpana muutoksena voidaan pitää eri sektorien toiminnan kehittymistä yhä sähköintensiivisempään suuntaan.

Sähköntuotannon tärkeimmät energialähteet ovat vesivoima, biomassa ja ydinvoima, joista kukin kattaa neljänneksen kokonaistuotannosta (kuva 6). Näiden lisäksi sähköstä vajaa kymmenen prosenttia tuotetaan tuulivoimalla ja loppuosa turpeella, aurinkoenergialla, jätteellä, kivihiihellä ja maakaasulla. Uusiutuvien energialähteiden osuus on noussut kahteen kolmannekseen ja fossiilisten lähteiden noin kolmen prosentin osuus on jäänyt marginaalisen pieneksi. Sähköntuotannon energialähteiden kotimaisuusaste on noin 85 %. Suomen maaperän uraanivarat on otettu käyttöön, ja ne kattavat vuonna 2100 noin puolet Suomen ydinpoltoainetarpeesta. Ulkomailta hankittavia polttoaineita tarvitaan ainoastaan osaksi ydinvoiman sekä vähälukuisten fossiilisia polttoaineita hyödyntävien laitosten tuotantotarpeisiin. Sähköntuotannon suhteen Suomea voidaan pitää täysin oma-

varaisena, joskin yhteiseurooppalaisen sähköverkon liitännät mahdollistavat viennin ja tuonnin molempiin suuntiin. Energiapolitiittisten linjausten mukaisesti Suomi kuitenkin pyrkii aktiivisesti pitämään sähkön myynnin ja oston määrällisesti yhteisellä tasolla.



Kuva 6. Sähkön hankinta Suomessa 2010 (Energiateollisuus 2011) ja 2100.

Energian tuotantomenetelmissä kehitystä on tapahtunut muun muassa vesivoimassa, joka käsittää perinteisten teknologioiden lisäksi myös merivirtauksien aikaansaaman aaltoenergian. Biomassan tuotannosta nimenomaan sähkön tarpeiden kattamiseksi on tullut uudenlaista liiketoimintaa erityisesti metsä- mutta myös peltoenergian aloilla. Tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetun sähkön osuudet ovat kasvaneet maltillisesti, mutta niiden merkitys korostuu paikallisina piensovelluksina. Polttolaitoksilla tapahtuva energiatuotanto on pääasiassa sähkön ja lämmön yhteistuotantoa, ja sekä uusiutuvista että fossiilisista polttoaineista aiheutuvien savukaasujen haitalliset terveys- ja ympäristövaikutukset on minimoitu erilaisia polttoteknisiä sekä suodatukseen ja erotukseen perustuvia menetelmiä hyödyntäen. Energiantuotannosta ei aiheudu kokonaisuutena lainkaan kasvihuonevaikutuksia.

Suomen energiantuotantojärjestelmä rakentuu pääosin keskitetystä suurtuotantoyksiköiden verkosta, mutta rinnalla on myös hajautettua ja pienyksikkötuotantoa. Erilaiset toimintaympäristöt hyödyntävät alueellisesti erilaisia optimiratkaisuja.

Vuoden 2100 suomalaisessa liikennejärjestelmässä käytännössä kaikki liikkuminen ja kuljettaminen hyödyntää käyttövoimanaan sähköä. Liikenteen lisäksi myös muiden sektorien jo aiemmin vähäinen öljyn kysyntä on hiipunut, eikä öljymarkkina kansainvälisessäkään toimintaympäristössä ole määräävä tekijä energian tai muiden markkinoiden hintamekanismeissa.

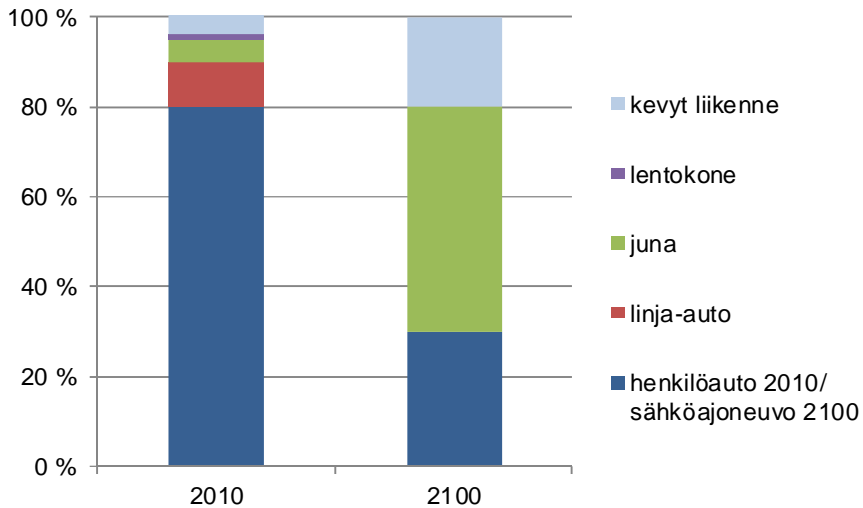
4.3 Liikennejärjestelmä

Vuonna 2100 Suomen liikennejärjestelmän kehittämisen neljä pääperiaatetta ovat puhtaus, turvallisuus, joustavuus ja korkea palvelutaso. Liikennejärjestelmän merkittävin rakennusosa on nopea sähkökäyttöinen raideliikenne. Se palvelee sekä henkilöliikennettä että kuljetuksia Suomen neljän, kansainvälisessä vertailussa pieneksi tai keskisuureksi luokiteltavan, metropolin (Helsinki, Turku, Tampere ja Oulu) sekä pienempien keskusten välillä. Nopea raideliikenne on pääasiallinen liikennemuoto myös kansainvälisessä henkilöliikenteessä ja kuljetuksissa, ja Suomen rataverkko on yhdistetty muun Euroopan rataverkkoon Itämeren alittavin tunnelein. Metropolien kaupunkiliikenteessä raide- ja tieliikenne ovat yhdistyneet saumattomaksi, samoja kulkuneuvoja hyödyntäväksi liikennemuodoksi.

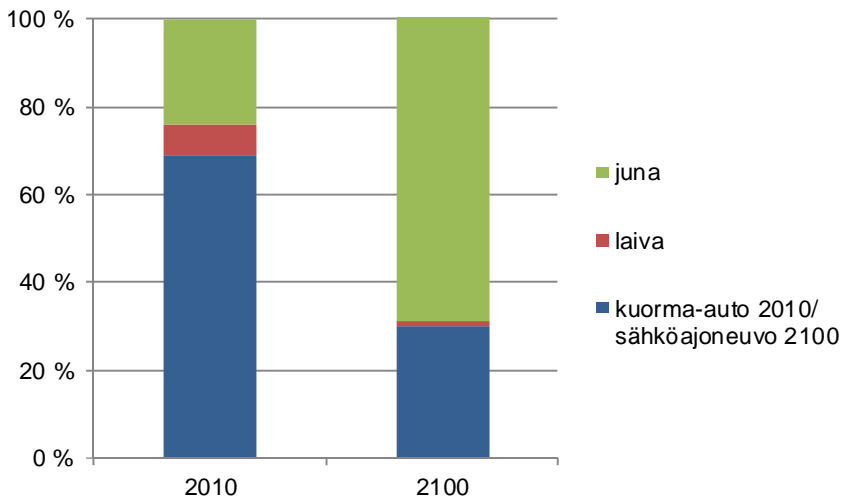
Merenkulku on keskittynyt ainoastaan suuren volyymin kuljetuksiin ja meriliikenteen, kuten myös satamien, kokonaismäärä on siten vähentynyt. Lentoliikenne on rajoittunut lähinnä kaukomatkailun liikennemuodoksi.

Liikennesuoritteet sekä henkilöliikenteen että kuljetusten osalta ovat jatkaneet maltillista, vuositasolla noin 1 %:n kasvuaan vuoden 2040 tietämille, minkä jälkeen suoritteen määrä on pysynyt vakiotasolla. Kasvun taittumiseen ovat vaikuttaneet erityisesti energian hinta sekä virtuaaliyhteyksien merkittävä kehittyminen. Liikkumis- ja kuljetustarpeiden korvaamiseen soveltuvilla ratkaisuilla, kuten etätyö, virtuaalitapaamiset, etäläsnäolo ja sähköiset teknologiat, on siis ollut jonkin verran vaikutusta liikkumiskäyttäytymiseen (aika, paikka, etäisyydet, motiivi).

Kulikutapajakaumassa on vuoteen 2100 mennessä tapahtunut merkittäviä muutoksia. Henkilöliikenteessä liikkuminen on siirtynyt teiltä raiteille ja kevyeen liikenteeseen, kuljetuksissa teiltä raiteille (kuvat 7 ja 8).



Kuva 7. Kulkutapajakauma Suomen kotimaanliikenteessä 2010 (Metsäranta ym. 2010) ja 2100.



Kuva 8. Kuljetustapajakauma Suomen kotimaan kuljetuksissa 2010 (Metsäranta ym. 2010) ja 2100.

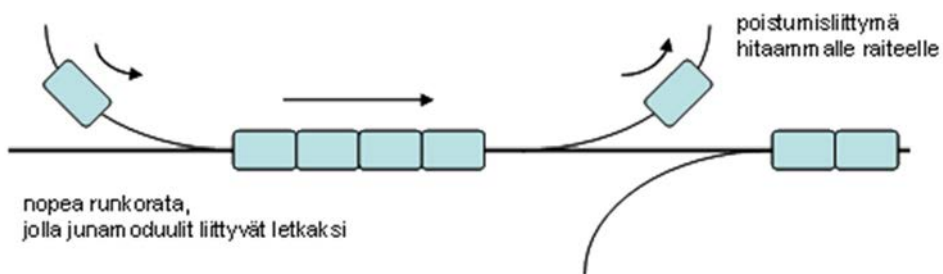
Henkilöliikenne

Vuoden 2100 liikennejärjestelmässä kulkuneuvon omistaminen tai ohjaaminen ja sen tuoma individualismi tai elämykset eivät enää ole vallitsevia ajatusmalleja.

4. Turvallinen liikennejärjestelmä 2100

Liikkumisen helppous, vaivattomuus ja puhtaus ovat nousseet liikkujan perusvaateiksi.

Erityisesti Suomen neljän **metropolin** (Helsinki, Turku, Tampere ja Oulu) alueilla liikkumisen luonne on muuttunut. urbaaniympäristön asukkaat eivät omista ajoneuvoa, vaan päivittäinen liikkuminen, myös työmatkat, tapahtuu julkisella liikenteellä. Matkoihin kuluva aika käytetään automaattiohjatussa liikenteessä muihin toimintoihin, kuten esimerkiksi työntekoon, yhteydenpitoon tai viihteen seuraamiseen. Pääasiallinen kulkutapa hyödyntää sekä raide- että katuverkkoa, ja se yhdistää uudella tavalla yksilö- ja joukkoliikenteen. Järjestelmän toiminta perustuu pieniin yksiköihin, palveluntuottajien omistamiin kaupunkimoduuleihin, jotka voivat liittyä vauhdissa pidemmiksi letkoiksi (kuva 9).



Kuva 9. Urbaaniympäristön raideliikenteen toimintaperiaate (Tuominen ym. 2010).

Metropolien liikenneinfrastruktuuri on jaettu kolmeen vyöhykkeeseen. Ydinkeskustassa moduuliletkat kulkevat maanalaisilla ja ydinkeskustan ulkopuolella maan päälläisillä raiteilla. Raideliikenteen etuja ovat nopeus, reittiverkon laajuus, aikataulun tiheys ja turvallisuus. Metropolien laitamilla yksittäiset moduulit voivat raideinfrastruktuurin harvennuttua poistua raiteilta ja jatkaa kulkuaan joustavasti pienemmällä nopeuksilla älykkäässä katuinfrastruktuurissa (vrt. pienemmät urbaanit keskittymät).

Pyöräily ja kävely ovat erittäin suosittuja kulkutapoja lyhyillä matkoilla, ja kaupunki- ja aluesuunnittelun toimin erilaiset kohteet on pyritty sijoittamaan nimenomaan kevyen liikenteen kannalta saavutettaviksi. Kevyt liikenne myös toimii sujuvana osana muuta kaupunki-infrastruktuuria. Risteämiset maanpäällisen raideliikenteen ja katuinfrastruktuurissa kulkevien moduulien kanssa ovat turvallisia, eikä onnettomuuksia juuri tapahdu infrastruktuuriin ja moduleihin integroitujen tutkasovellusten ansiosta. Myös polkupyörät sekä henkilökohtaiset asiointitilikortit (matkakortit) on varustettu tunnistimin, jotka varoittavat liikkujaa lähestyvistä kulkuneuvosta, mutta myös ajoneuvoa liikkujista. Raideliikenteen pysäkkejä ja vaihtopisteitä on kaupunki-infrastruktuurissa runsaasti ja siirtyminen kevyestä liikenteestä joukkoliikenteeseen tai yksittäisen moduulin kuljettajaksi on joustavaa.

Pienemmissä urbaaneissa keskittymissä, joita Suomessa on 2100-luvulla noin 15–20, eniten käytetty kulkutapa on katu- ja tieverkkoja hyödyntävällä, yhteis- tai yksityisomisteisella sähkökäyttöisellä liikennemoduulilla liikkuminen. Kulkuneu-

vojen vuokrauspalveluista on kehittynyt uudenlaista liiketoimintaa, jossa moduulit ovat tietyn rekisteröityneen käyttäjäryhmän yhteisomaisuutta. Kokonsa ja nopeutensa puolesta nämä kulkuneuvot muistuttavat nykyisiä mopoautoja. Myös kevyttä liikennettä käytetään runsaasti. Infrastruktuuriin ja kulkuneuvoihin sulautetun automatiikan ja hitaiden nopeuksien ansioista liikkuminen on turvallista ja kevyt liikenne voi kulkea samassa tasossa moottoriliikenteen kanssa.

Harvaan asutetuilla alueilla, joilla ei ole kaupunkiympäristöjen tasolle yltävää infrastruktuuria, liikkuminen painottuu suuremmilla yksityisomisteisilla sähkökulkuneuvoilla liikkumiseen kansainväliset standardit täyttävää tieverkostoa hyödyntäen. Tieverkoston kattavuudesta ja laatutasosta, turvallisuustekijät mukaan lukien, päättävät alueelliset organisaatiot, jotka koostuvat tien käyttäjistä, omistajista ja kunnossapitäjistä.

Liikkumisen hinta sekä keskuksissa, keskusten välillä ja ulkomaan matkoilla määräytyy tapauskohtaisesti paikkatietoon perustuvien automaattisten palvelujärjestelmien kautta. Matkan päätyttyä liikkujaa veloitetaan hänen henkilökohtaiselta asiointitililtään matkan hinta, joka kattaa myös ulkoiset kustannukset. Hinnoittelujärjestelmiä tarjoaa ja ylläpitää joukko kansallisia palveluntuottajia, joiden tarjoamista palveluista liikkujan on mahdollista valita itselleen sopivin.

Yleisellä tasolla metropolien ja pienempien urbaanien keskusten raide- ja katuinfrastruktuurissa liikkujan henkilökohtaiset vastuut ja vaikutusmahdollisuudet ovat matkan aikana pienet. Korkeatasoisen automatiikan, etäohjauksen ja älykkään infrastruktuurin ansiosta monien inhimillisten virheiden mahdollisuudet on poistettu, ja liikkumisen fyysinen turvallisuus on erittäin hyvä. Liikenteen informaatio, valvonta ja hinnoittelu toimivat kaikki samassa tietojärjestelmässä, jonka toimintaa liikenteen palveluntuottajat optimoivat ajantasaisesti. Vuonna 2100 liikennejärjestelmän turvallisuuden osa-alueissa tietojärjestelmien toimivuuteen ja käytövarmuuteen liittyvät seikat muodostavat suuren, mutta myös hyvin hallitun kokonaisuuden.

Pidemmillä matkoilla eri keskuksat ja Suomen muuhun Eurooppaan yhdistävän raideliikenteen suuri nopeus (250–350 km/h) oli aiemmin riskitekijä, jonka aiheuttamien mahdollisten vaaratilanteiden minimoimiseksi 2050-luvun paikkeilla tehtiin paljon työtä. 2100-luvulla raiteet, niihin liittyvä infrastruktuuri sekä junakalusto raportoivat ajantasaisesti tilastaan ja mahdollisista häiriöistä. Kunnossapito- ja huoltotoimintaa kuvaa ennakoiva, korkea varmuuskerroin.

Matkailu

Valtaosa vapaa-ajan matkailuliikenteestä, kuten myös liikematkustaminen, hyödyntää edellä kuvattuja henkilöliikenteen kulkutapoja eli pääasiassa raideliikennettä. Matkustelu ja lomamatkat ovat yleisiä virkistymistapoja, ja lähikohteiden houkuttelevuus erityisesti kotimaan sisällä on kasvanut. Ainoastaan suosioltaan hieman vähentyneessä kaukomatkailussa (yli 1 000 km) hyödynnetään sähkömoottorein toimivia lentokoneita. Toisaalta kaukokohteisiinkin toteutettavat, kiireettömät usean kohteen matkat ovat yleistyneet, ja tällaisilla monikohdelomilla välimatkat taitetaan raiteitse. Veneilyn ja risteilymatkailun osuudet ovat melko vaatimattomia,

mutta niihin kohdistuva kiinnostus on kasvamassa. Sähkömoottorien lisäksi vesiliikenteen matkailusovelluksissa hyödynnetään aurinko- ja tuulivoimaa.

Ylipäänsä matkailusta ja uusissa ympäristöissä liikkumisesta on tullut helppoa ja turvallista: eri alueiden, maiden ja maanosienkin liikennejärjestelmät ovat toimintaperiaatteiltaan hyvin samankaltaisia ja sekä fyysisten että virtuaalisten järjestelmien yhteentoimivuus on saumatonta. Älykkäät ratkaisut, palvelut ja informaatiovirrat tekevät liikkumisesta sujuvaa ja miellyttävää yhtä lailla junalla, kaupunkimoduulilla, lentokoneella kuin jalkaisinkin kulkevalle.

Tavaraliikenne

Vuonna 2100 pääosa Suomen tavarakuljetuksista on siirtynyt raiteille. Tämä on seurausta liikennejärjestelmän yksityisten ja julkisten toimijoiden pitkään jatkuneesta järjestelmällisestä yhteistyöstä infrastruktuurin ja kuljetusvälineiden ympäristöperusteisen hinnoittelun, väylästön rakenteellisen kehittämisen, lainsäädännön, standardoinnin ja asennekasvatuksen sarjoilla.

Metropolien ja pienempien keskusten välille henkilö- ja tavaraliikenteelle on rakennettu omat, vierekkäin kulkevat maanpäälliset raiteistonsa. Metropoleissa jakeluliikenne hoidetaan henkilöliikenteen tavoin joustavasti tavarakuljetuksiin erikoistuneilla, sekä raide- että tieväylästä hyödyntävillä kaupunkimoduuleilla. Jakeluliikenteen operoinnista ja hallinnasta vastaavat samat palveluntuottajat kuin henkilöliikenteestäkin. Jakelun turvallisuus on henkilöliikenteen tavoin erittäin hyvä.

Metropolien reunamilla, pienemmissä urbaaneissa keskuksissa ja harvaan asutuilla alueilla tavaravirrat hoidetaan sähkökäyttöisillä kulkuneuvoilla.

Ulkomaan tavaraliikenne Eurooppaan hyödyntää runkoliikenteessä nopeaa raideverkkoa, jonka turvallisuus on automatiikan ja erilaisten älykkäiden ratkaisujen ansiosta hyvä. Kaukokuljetukset hoidetaan pääasiallisesti meriteitse. Merikuljetukset on jaettu kahteen luokkaan, kiireellisempiin, kalliimpiin kuljetuksiin sekä hitaampiin peruskuljetuksiin. Hitaammissa kuljetuksissa tuuli- ja aurinkoenergia toimivat alusten pääasiallisena käyttövoimana. Lisäksi pohjavirtausten hyödyntäminen hitaina merikuljetusreitteinä on yleistymässä. Arktiset meriväylät ovat merkittävä osa globaaleja kuljetusreittejä. Ympäristö-, henkilö- ja aineellisten vahinkojen mahdollisuus on meriliikenteessä minimaalinen puhtaan käyttövoiman ja globaalien, automatisoitujen ohjaus- ja valvontajärjestelmien ansiosta.

Lentoteitse kuljetuksia ei juuri tehdä. Kiireelliset pienet kuljetuserät voidaan kuitenkin erityistapauksissa hoitaa matkustajakoneilla.

Energian hinnan muutokset olivat 2050-luvulle asti nopeita, minkä seurauksena paikallisen tuotannon määrä kasvoi ja esti siten pitkän matkan kuljetusten lisääntymisen (myös raaka-aineiden kuljetukset). 2000-luvun viimeisinä vuosikymmeninä energian hinta on vakiintunut maltilliselle tasolle ja kuljetusten määrä on säilynyt vakiotasolla. Vuonna 2100 globaalien toimitusketjujen hallinta ja optimointi on erittäin tehokasta edistyneen informaatioteknologian sekä älykkäiden kuljetusvälineiden, infrastruktuurin ja terminaaliverkoston ansiosta. Kuljetuskapasiteetti on tehokkaasti käytössä ja pitkälle erikoistuneilla toimitusketjujen ja -kokonaisuuksien

integraattoreilla ja välittäjillä on globaalissa logistiikassa, myös kuljetusten turvallisuuden varmistamisessa, merkittävä rooli.

Tavarankuljetusyksiköiden käsittelyteknologiat ovat kehittyneet ja automatisoittuneet, ja ne mahdollistavat erittäin nopean ja riskittömän siirtymisen liikennemuodosta toiseen. Runkokuljetusten ja jakelun rajapinnan joustava terminaaliverkosto toimii henkilöliikenteen suurempien solmupisteiden yhteydessä.

Villi kortti: Meriliikenteen lakkauttaminen Itämerellä

Vaikutuksiltaan laaja ja mullistava vaihtoehtoinen kehityskulku on esimerkiksi ympäristönsuojeluyksistä perusteltu meriliikenteen lakkauttaminen Itämerellä tai jopa maailmanlaajuisesti. Suomen sijainnin kannalta tällainen tilanne olisi erityisen hankala varsinkin tavaraliikenteen ja sitä kautta elinkeinoelämän näkökulmasta.

Meriliikenteen korvaavia vaihtoehtoja matkailuun ja kuljetuksiin voidaan ainoastaan henkilöliikenteen ja pienten kevyiden mutta arvokkaiden tavaravirtojen osalta löytää ilmaliikenteestä. Pääosa tavaraliikenteestä Eurooppaan tarvitsisi siis uusia maaliikennettä hyödyntäviä reittejä. Mahdollisia ratkaisuja ovat etenkin Itämeren alitse louhittavat liikennetunnelit tai meren ylittävät sillat. Myös Euroopan liikenneväylä Karjalan kannaksen kautta voisi nousta keskeiseksi kuljetusreitiksi Eurooppaan.

Kaukoliikenteen suurten tavaravirtojen kannalta Itämeren meriliikenteen lakkauttaminen tarkoittaisi ainakin kuljetusten alkupään muutoksia. Jos meriliikenne olisi kokonaisuutena poissuljettu vaihtoehto, saattaisivat kaukokuljetukset rajoittua kustannusyistä ainoastaan Aasian mantereeseen alueelle, joka olisi saavutettavissa esimerkiksi raideliikenteen keinoin. Meriliikenteen lakkauttaminen voisikin johtaa kansainvälisen toimintaympäristön täysin uudenlaisten tuotantorakenteiden syntyyn ja markkina-aluejakoon.

4.4 Liikennejärjestelmään liittyvät teknologiat ja palvelut

Vuonna 2100 liikennejärjestelmän infrastruktuuri on metropoleissa ja soveltuvin osin myös muissa urbaaneissa ympäristöissä pitkälti integroitunut muuhun kaupunki- ja erityisesti tietoliikenneinfrastruktuuriin. Liikennepalvelut, liikenteeseen liittyvät palvelut, mutta myös aivan muut palvelut hyödyntävät yhteisiä teknologiaratkaisuja, ja esimerkiksi kaikki maksuliikenne hoituu saumattomasti yhdeltä asiointitililtä, johon voidaan liittää mitä tahansa palvelukokonaisuuksia.

Maaliikenteen väylästä koostuu neljästä erilaistuneesta komponentista, jotka ovat (1) metropolien maanalainen raiteisto (2) kaupunkiliikenteen ja pitkän matkan liikenteen maanpäällinen raiteisto (3) kaupunkiympäristöjen katuverkko ja (4) harvaan asuttujen seutujen tiestö. Väyläinfrastruktuuriin on upotettu erilaisia älykkäitä ratkaisuja, kuten automatiikan ja etäohjauksen mahdollistavat vuorovaihteiset rakenteet. Sekä liikenneväylä, kulkuneuvot että ohjausjärjestelmä ovat vuorovaiikutuksessa keskenään, joskin väylän rooli on pääasiassa passiivinen. Älykkäillä teknologioilla varmistetaan esimerkiksi riittävät turvavälit ja sopiva kulkunopeus. Kulkuneuvojen järjestelmiin on myös integroitu tutkasovelluksia, joiden avulla tunnistetaan kulkuväylällä ja sen ympäristössä havaittuja kohteita, kuten muita liikkuja, kulkuesteitä, jalankulkijoita tai vaikkapa eläimiä, ja reagoidaan niihin.

Kohteiden tunnistus liikenneympäristössä on erityisen tärkeässä roolissa väylästöillä, joita hyödyntävät yhdessä sekä kevyt että moottoroitu liikenne.

Sähkökäyttöisen liikenteen käyttövoima saadaan suoraan raiteistosta tai erityisistä latauspisteistä, joita on käytettävissä kaikkialla rakennetussa ympäristössä. Lataaminen tapahtuu molemmilla tavoin nopeasti, ja täyteen ladatun akun kapasiteetti riittää urbaanissa ympäristössä keskimäärin kahden viikon liikkumistarpeisiin. Lataus hoituu automaattisten järjestelmien ohjaamana sähköntuotannon ja -kulutuksen kannalta optimoituina ajanhetkenä.

Automaatiikka ja erilaiset älykkäät ratkaisut mahdollistavat liikennejärjestelmän fyysisen turvallisuuden, mutta ne ovat myös merkittävä riskitekijä. Erilaisten häiriötilanteiden synnyn estäminen sekä varautumisesta huolimatta kohdattavien häiriötilanteiden haittojen minimoiminen ja välittömästi tapahtuvat korjaustoimenpiteet ovat turvallisuuden ylläpidon avaintehtäviä. Pitkällisen kehitystyön tuloksena aikaan saatu turvallinen liikennejärjestelmä on toiminnaltaan erittäin luotettava, ja liikkujan näkökulmasta häiriötilanteet esimerkiksi automatiikan suhteen voivat tulla vastaan lähinnä erittäin harvinaisten, nopeasti purkautuvien pienten liikenneuhkien muodossa.

Kaikki sekä raiteilla että teillä kulkeva liikenne on liitetty automaattiohjauksen piiriin, jota hallitaan ensisijaisesti paikallisen palveluntuottajan ohjaamana. Liikennejärjestelmää ja sen ohjauksen verkkoa kuvaavia ominaisuuksia ovat itseohjautuvuus sekä hajautettu ja hierarkkinen hallinta. Itse kulkuneuvoja, jotka ovat automatiikan myötä vapautuneet ajamiseen liityvästä teknologiasta, on henkilöliikenteessä kolme eri päätyyppiä: pitkän matkan liikenteen junat (raide), kaupunkiympäristöjen kaupunkimoduulit (raide ja tie) sekä tieympäristöjen sähkökulkuneuvot (tie). Kulkuneuvot ovat sisätiloiltaan kuin pieniä huoneita, joissa liikkumiseen kuluva aika on mahdollisuus käyttää esimerkiksi työskennellen tai viihteen parissa. Tavaraliikenteellä on omat vastaavat kulkuneuvonsa, joiden sisätilat soveltuvat erilaisiin kuljetustarpeisiin.

Raide vai tie?

Vuoden 2100 kaupunkiympäristöissä hallitseva kulkuneuvo on sekä raide- että tieverkkoa hyödyntävä kaupunkimoduuli, jonka omistaa palveluntuottaja. Kahdella liikenneväylätyypillä kulkemisen yhdistäminen mahdollistaa uudella tavalla joustavan liikenteen, jossa yksilö- ja joukkoliikenne eivät ole enää erillisiä toimintoja, vaan erityisesti tiheään raideverkon alueella moduulikulkuneuvot linkittyvät toisiinsa muodostaen suurempia joukkoliikenneyksiköitä. Kuitenkin myös yksittäisen liikkujan on mahdollista saavuttaa raideinfran ulkopuolelle sijoittuva määränpäänsä ilman kulkuneuvon vaihtamista, kaupunkimoduuli vain irtoaa muun letkan reitistä oikeassa kohdassa ja jatkaa matkaansa itsenäisenä yksikkönä siirtyen saumattomasti katuväylästä. Matkaketjujen yksinkertaistamista sen eri vaiheosien sulautuessa toisiinsa voidaankin pitää yhtenä henkilöliikenteen kannalta keskeisimmistä muutoksista.

Sekä raide- että tieverkolla kulkevan kaupunkimoduulin ansiosta on onnistuttu yhdistämään kahden aiemmin erillisen liikennemuodon etuja. Raideverkko on tiheimmissä kaupunkikeskuksissa sijoitettu maan alle, ja raideinfrastruktuuri mahdollistaa suuret kulkunopeudet, jouhevät nopeuden muutokset ja moduulien yhteenliittännät sekä erilaisten informaatio- ja energjavirtojen kulun. Suoraan raiteesta tapahtuva käyttövoiman syöttö ja lataus on erittäin nopeaa ja tehokasta, ja se voidaan ajoittaa energian tuotannon kannalta optimoidusti. Liikenteen automaatiohjaus, joka on sittemmin laajentunut koskemaan koko liikennejärjestelmää, esiteltiin aluksi nimenomaan raideverkkoalueella. Raideympäristöjä voidaan pitää liikennejärjestelmän kannalta turvallisimpana ratkaisuna.

Kaupunkimoduulin soveltuminen katu- ja tieverkolle poistaa yksinomaan raiteiden varaan rakennetun liikennemuodon kohde- ja reittirajoitteita. Rakenteiltaan tieinfrastruktuuri on monin tavoin kevyempää ja siten edullisempi toteuttaa. Palveluiltaan ja teknologioiltaan se jää raideympäristöön verrattuna vaatimattomammaksi, vastaten kuitenkin erinomaisesti väljempien kaupunki- ja taajama-alueiden tarpeisiin.

Liikennepalveluiden tuotannossa sekä järjestelmän ylläpidossa ja toimivuudessa viranomaisten ja yritysten perinteisinä pidetyt roolit ovat vuonna 2100 monilta osin sekoittuneet ja joko korvautuneet tai täydentyneet erilaisten poikkitaso yhteisöjen ja sosiaalisten verkostojen toiminnoilla. Tämän kehityssuunnan voimistumista edelsi kausi, jolloin viranomaisten rooli erityisesti valvovana tahona oli suuri liittyen liikenteen automaatiohjauksen siirtymävaiheeseen. Tuolloin luotiin perusta myös automaatiikkaan nojaavan liikennejärjestelmän turvallisuudelle, kun viranomaistahojen tarkkailun alla toteutettiin laajoja demonstraatioita erityisissä testiympäristöissä. sittemmin omaksutut, uudet verkostomaiset toimintamallit ovat parantaneet koko liikennejärjestelmän ketteryyttä ja joustavuutta niin palveluiden kehittymisenä ja monipuolisuutena kuin epäkohtiin puuttumisen nopeutena.

Liikennejärjestelmä on turvallinen ja saavutettavissa myös erityisryhmien, kuten lasten, ikääntyneiden ja liikuntarajoitteisten, näkökulmasta. Vaivattomuus ja automaatiohjaus sekä liikenneympäristön turvallisuus jalan tai pyörällä liikkuville ovat erityisen tärkeitä näille ryhmille. Yksilö- ja joukkoliikenteen ominaisuuksia yhdistävä automaatiohjaus kaupunkiliikenne saikin alkusysäyksensä juuri ikääntyvän väestön ja vanhusten liikkumistarpeista. Turvallisuudentunne liikenneympäristöissä ja niiden vaikutusalueilla on taattu kaikille yhteiskunnan jäsenille.

Tavaraliikenne on osa samaa palvelutuotanto- ja hallintajärjestelmää kuin henkilöliikenne, ja kuljetuspalvelut ovat informaatio- ja materiaalivirtojen kulun optimoinnin tuloksena erittäin tehokkaita. Reititys-, aikataulutus- ja seurantasovellukset yhdessä muiden toimintojen kanssa mahdollistavat tarkoituksenmukaisimman kuljetustavan valinnan ja toteutuksen, ja sama korkea palvelutaso on kaikenko-koisten toimijoiden saavutettavissa. Toimintaperiaatteet ovat yhteisiä paitsi kansallisessa ja kansainvälisessä maaliikenteessä myös meriliikenteessä, joka täydentää kuljetussektorin pitkän matkan palvelutarpeita.

4.5 Liikenne ja ympäristö

Vuoden 2100 suomalaisen liikennejärjestelmän kaikki liikennemuodot hyödyntävät moottorien käyttövoimana sähköä, joten liikenteestä ei aiheudu lainkaan käytönai-kaisia päästöjä ilmaan. Liikenteen välittömät haitalliset vaikutukset sekä ilmanlaadun kautta terveyteen että kasvihuonekaasuina ilmaston lämpenemiseen on muiden ilmanpäästöhaittojen ohella eliminoitu. Myöskään liikenteen kuluttaman sähkön tuotannosta ei aiheudu haitallisia ilmanpäästöjä, sillä energianlähteinä käytetään pääasiassa uusiutuvia lähteitä sekä ydinvoimaa, ja polttolaitostenkin päästövaikutukset kyetään neutraloimaan erilaisten polttoteknisten ja suodatus- ja erotusmenetelmien avulla. Sähkötoiminen liikenne on teknologiakehityksen ansiosta erittäin tehokasta sekä energian että muiden resurssien käytön suhteen. Liikennevälineet ja liikenteen infrastruktuuri toimivat osana resurssien ja materiaalien tehokkaan käytön ja kierrätyksen järjestelmää, joka kattaa kaikki yhteiskunnan sektorit ja jossa ratkaisut perustuvat elinkaariajatteluun.

Ilmastonmuutos: Vaikutukset ja merkitys

Vuoden 2100 yhteiskunta, liikennejärjestelmä mukaan lukien, on ilmastovaikutusten suhteen neutraali. Vallitsevissa ilmasto-olosuhteissa on kuitenkin tapahtunut muutoksia. Ihmisen toiminnasta johtuva ilmaston lämpeneminen jatkui aina 2050-luvulle asti, ja Suomessa erityisesti kesät ovat muuttuneet lämpimämmiksi ja kasvukausi siten pidemmäksi. Myös talvet ovat hieman leudompia, ja ilmaston muuttuminen näkyy esimerkiksi kevätsateiden lisääntymisenä. Liikennejärjestelmään muuttuneet ilmasto-olosuhteet ovat vaikuttaneet lähinnä myönteisesti, sillä kulku-
neuvoihin ja infrastruktuuriin kohdistuu vähemmän kylmiin talviin liittyviä erityisvaatimuksia. Toisaalta kevätsateet ja niiden aiheuttamat tulvat sekä roudattomat talvet ovat asettaneet uudenlaisia haasteita liikenteen infrastruktuurin rakenteille ja kunnossapidolle.

Vallitsevassa liikennejärjestelmässä ympäristöonnettomuuksien riski on erittäin pieni ja ympäristölle aiheutuvat vahingot ovat harvinaisia. Liikennevälineistä tai liikenneinfrastruktuurista ei nestemäisistä ja kaasumaisista polttoaineista luopumisen jälkeen enää aiheudu maaperään, vesistöön tai ilmaan merkittäviä päästöjä tai vuotoja. Myös ympäristölle tai terveydelle vaarallisten kuljetusten volyymi on vähentynyt erityisesti fossiilisten polttoaineiden kuljetustarpeiden häviämisen myötä. Jäljelle jääneet vaarallisten aineiden kuljetukset koostuvat lähinnä teollisuuden tavarakuljetuksista, ydinpolttoaineen tuonnista sekä pienen mittakaavan biopolttonesteiden ja -kaasujen jakelusta. Älykkään ja turvallisen liikennejärjestelmän sekä vaarallisten aineiden käsittelyyn liittyvän tiukan turvallisuuskulttuurin ansiosta liikenneonnettomuuksista tai muista syistä johtuvia ympäristövahinkoja tapahtuu todella harvoin.

Kaupunkiympäristöt ovat liikennejärjestelmässä tapahtuneen kehityksen ja erityisesti sähkökäyttöisyyteen siirtymisen myötä muuttuneet monin tavoin turvallisemmiksi, puhtaammiksi ja elinolosuhteiltaan miellyttävämmiksi. Yleistäen voidaan sanoa, että kaikki liikenne on joustavaa, päästötöntä, melutonta ja hajutonta ja että kaikki liikkuminen ja kuljettaminen on paitsi ruuhkatonta myös henkilövahinkojen, loukkaantumisten ja aineellisten vahinkojen suhteen riskitöntä. Kaupunkiympäristössä ja -rakenteessa liikennejärjestelmän suotuisa kehitys on mahdollistanut kevyen liikenteen ja muun liikenteen ristiriidattoman toimimisen rinnakkain. Yksi esimerkki alueiden käytön suunnittelussa tapahtuneista muutoksista on se, ettei asuinrakennuksia tai vaikkapa kouluja tarvitse enää terveys- tai turvallisuussyistä sijoittaa kauas vilkkaankaan liikenteen läheisyydestä. Tilankäyttöä on siten voitu tehostaa ja tiivistää, mikä on vähentänyt liikennemääriä ja toisaalta lisännyt vapaan tilan vyöhykkeiden eli vihreiden alueiden tarjontaa.

5. Pohdinta

5.1 Yhteenveto

Tutkimuksen tavoitteena oli kuvata yksi vaihtoehto Suomen liikennejärjestelmän tilaksi vuonna 2100. Keskeinen vaatimus oli, että työssä asetetut liikenteen turvallisuustavoitteet – suuriin henkilö-, esine- ja ympäristövahinkoihin johtavien onnettomuuksien nollavisio – toteutuvat. Myös turvallisuudentunteen ja tietoturvan nostaminen liikennejärjestelmän turvallisuuden mittareiksi oli keskeinen tavoite. Tutkimustyö toteutettiin Tuomisen ym. (2010) visiotyöprosessin menetelmäkokonaisuutta soveltaen. Kolmivaiheisen prosessin vaiheet ovat: (1) muutosvoimien kartoitus (2) tulevaisuustaulukko ja visio sekä (3) vision kuvaaminen.

Suomalaisten liikenteen asiantuntijoiden kanssa laadittiin Turvallinen liikennejärjestelmä 2100 -visio. Lähtökohdiksi, joiden tukemana vision kuvaama yhteiskunta ja liikennejärjestelmä toteuttavat edellä kuvatut turvallisuustavoitteet, muotoiltiin (1) hiilineutraali, kestävä energiantuotanto ja sähköintensiivisyys sekä liikenteessä että koko yhteiskunnassa ja (2) automatiikka- ja älysovellukset liikennevälineissä ja infrastruktuurissa, erityisesti liikenteen turvallisuuden instrumentteina.

Vision mukainen vuoden 2100 suomalainen liikennejärjestelmä perustuu ennen kaikkea sähkökäyttöiseen raideliikenteeseen, joka palvelee sekä pitkän matkan henkilö- ja tavaraliikennettä että Suomen metropolialueiden kaupunkiliikennettä ja jakelua. Urbaaneissa keskuksissa raidetta hyödyntävät moduulimaisista osista letkoiksi yhdistyvät kulkuneuvot (kaupunkimoduulit) voivat irtautua toisistaan ja erkaantua käyttämään tieverkkoa. Näin yhdistyvät paitsi eri liikennemuodot (tie- ja raideliikenne) myös eri kulkutavat (yksityis- ja joukkoliikenne). Harvempaan asutuille seuduilla sähkökulkuneuvot ovat pääasiallinen liikkumisen ja kuljettamisen väline.

Turvallisen liikennejärjestelmän visiossa kevyen liikenteen rooli on nykytilanteeseen verrattuna suurempi. Sen osuus kulkutapajakaumassa on kasvanut erityisesti liikenneympäristön turvallisuuden paranemisen kautta, mutta myös alue- ja yhdyskuntarakenteiden avulla. Lentoliikenteen merkitys on rajoittunut ainoastaan kaukomatkailun liikennemuodoksi, ja merenkulku on keskittynyt suuren volyymin kuljetuksiin pitkillä etäisyyksillä. Kokonaisuutena liikkuminen vuoden 2100 turvallisuudessa liikennejärjestelmässä on joustavaa ja helppoa.

Kaikki moottorikäyttöinen liikenne on vision kuvaamassa, palvelusuuntautuneessa liikennejärjestelmässä automatisoitua, ja koko liikennejärjestelmä infrastruktuureineen on saumaton osa kaupunki-, tietoliikenne- ja muita infrastruktuureja. Älykkäät sovellukset ovat tärkeä edellytys paitsi liikenteen turvallisuudelle myös liikenne- ja muiden palveluiden korkealle tasolle ja integraatiolle. Ympäristövaikutuksiltaan liikennejärjestelmä on saavuttanut tason, jossa liikenteestä ei aiheudu päästöjä ilmaan, maaperään tai veteen. Myös liikennevälineisiin ja infrastruktuuriin liittyvä materiaalien käyttö noudattaa läpi yhteiskunnan sektorien omaksuttua kestävää ja tehokasta, elinkaariajatteluun perustuvaa järjestelmää.

5.2 Päätelmät

Esiselvityksessä kehitetty visiotyöprosessin menetelmä tuki hyvin turvallisen liikennejärjestelmän vision luomista. Työskentelyä vaiheistavien menetelmällisten askeleiden ohjaava merkitys oli tärkeä, ja keinovalikoima eri asiantuntijoiden osallistamiseksi onnistunut.

Tarkasteluun valittiin erittäin pitkä, lähes sadan vuoden päähän ulottuva aikaväli, joka osoittautui esiselvitysvaiheen tapaan haasteelliseksi. Asiantuntijatyöpajoissa käsiteltiin vilkkaasti eroja esimerkiksi viidenkymmenen ja sadan vuoden päähän tähtäävän visioinnin välillä sekä jälkimmäisen vaihtoehdon sopivuutta tutkimukseen. Aiheeseen syventymisen ja aikajänteen valinnan selittämisen myötä kiinnitystä kohdevuoteen 2100 pidettiin kuitenkin perusteltuna, koska pitkän aikavälin ennakkoinneissa tarkastelu pyrkii helposti taantumaan kaukaisesta kohdevuodesta takaisin nykyhetkeä kohti. Pitkän aikajänteen valintaan liittyvät myös haasteet visioinnin jalkauttamiseksi konkreettiselle tasolle. Siirtyminen liikennejärjestelmän tasolta yksityiskohtaisemmalle ratkaisujen, palveluiden ja teknologioiden tasolle tuottaa hankaluuksia, ja kuten asiantuntijatyöpajojen tulokset osoittivat, eri tasoilla visioidut ajatukset voivat johtaa niitä yhdisteltäessä epä johdonmukaisuuksiin.

Visiotyöprosessin keskeinen ajatus on liikennejärjestelmään liittyvien sidosryhmien, kuten virkamiesten, päätöksentekijöiden, muiden asiantuntijoiden ja toimijoiden, osallistaminen. Näin mahdollistetaan laadittavan vision sisällön tarkoituksenmukaisuus ja innovatiivisuus sekä erityisesti sen hyödynnettävyys liikennejärjestelmän kehitystyössä. Visiotyöprosessiin sisältyviä kahta asiantuntijatyöpajaa voidaankin pitää jo sellaisenaan tärkeinä ajatusten jäsentäjinä. Useampien liikennesektorin toimijatahojen (esim. ministeriöt, liikenneoperaattorit) osallistuminen olisi tosin laajentanut tulosten hyödyntämisen potentiaalia liikennejärjestelmän strategisen suunnittelun välineenä.

Työpajoissa Suomen liikennejärjestelmä avattiin kenties ensimmäisen kerran täysin avoimelle keskustelulle näin kauas tulevaisuuteen sijoittuvassa aikaikkunassa. Työpajatyöskentely mahdollisti yhtä lailla mullistavien uusien ajatusten esilletuonnin, ajatuskirjon laajuuden tarkastelut ja ristiriitojen tunnistamisen. Tulosten perusteella mielenkiintoisia huomioita olivat esimerkiksi varsin systemaattisesti yhtä yhtenäistä visiota tukeva perusta sekä vaastaanottavuus liikennejärjestelmän automaattikkaa hyödyntäviä sovellusmahdollisuuksia kohtaan. Yllättävää oli

se, että teknologioihin liittyvät riskit, tietoturva mukaan lukien, nähtiin hallittavissa olevina pikkutekijöinä. Vaikka ongelmakohtia näissä teemoissa tunnistettiin, suhtautuminen niiden ratkaisemiseen oli luottavaisen optimistinen. Työpajatyöskentely oli hedelmällisintä liikennejärjestelmän yleistasolla, ja keskusteluissa syntyi uudenlaisia ajatuksia muun muassa liikenneturvallisuuden parantamiseksi ja joukkoliikenteen lisäämiseksi. Sen sijaan konkreettisella teknologia- ja ratkaisutasolla ideointi jäi konservatiivisemmalle asteelle, jopa ristiriitaiseksi liikennejärjestelmätason ajatuksiin verraten. Esimerkki tällaisesta ristiriidasta liittyy yksityisautoiluun. Liikennejärjestelmätason tarkasteluissa oltiin vahvasti sitä mieltä, että henkilöautoliikenne varsinkin kaupunkiympäristöissä loppuisi täysin ja korvautuisi kevyen liikenteen ja joukkoliikenteen ratkaisuilla. Teknologiatasolla erilaisiin turvallisuusteknologioihin ja kulkuvälinetyyppeihin liittyvä keskustelu pyrki kuitenkin ohjautumaan ainoastaan yksityisautoilun sovelluksiin. Ylipäänsä vapaa keskustelu painottui henkilöliikenteen kysymyksiin, joten työpajan kulun ohjaamisessa kokonaisvaltainen liikennejärjestelmän huomiointi, esimerkiksi kuljetuksiin liittyvien teemojen esiin nostaminen, on tärkeää.

5.3 Ehdotuksia jatkotutkimusta varten

Esiselvityksen, siinä laaditun koevision sekä tässä työssä laaditun ja esitellyn turvallisen liikennejärjestelmän vision perusteella visiotyöprosessia voidaan suositella hyödynnettäväksi myös jatkotutkimuksessa. Menetelmä soveltuu sekä yhden itsenäisen vision että useasta vaihtoehtoisesta visiosta muodostuvan kokonaisuuden rakentamiseen. Vision tai visioiden laajuutta voidaan myös säätää tarkoituksesta riippuen, ja visio voitaisiin rajata esimerkiksi kattamaan koko Euroopan liikennejärjestelmä tai keskittyä pienempään kokonaisuuteen, kuten nykyisen pääkaupunkiseudun liikennejärjestelmän tulevaisuudentila. Toisaalta tarkasteluun voitaisiin valita myös tietty liikennejärjestelmän osa, kuten tavaraliikenne tai yksityisliikenne.

Liikennejärjestelmän visioinnin jatkotyön kannalta ajankohtaisena ja kiinnostavana näkökulmana voidaan mainita ilmastonmuutoksen hillintään tähtäävä liikennejärjestelmävisio. Energia- ja ilmastopolitiikan aihepiirien tueksi ja hyödyksi voitaisiin laatia esimerkiksi henkilöliikenteeseen keskittyvä visiorypäs. Vaihtoehtoiset visiot voisivat edustaa erilaisia painotuksia, kuten vahvaa julkista joukkoliikennettä, ladattavien sähköajoneuvojen yksityisautoiluun perustuvaa järjestelmää ja vetytalousmahdollistamaa, polttokennoja hyödyntävää henkilöliikennettä. Pitkän aikavälin visiointia voidaan perustellusti suositella ilmastonmuutokseen liittyvän tutkimuksen työvälineeksi, sillä sekä varsinainen ympäristöongelma että siihen linkittyvät estämisen, hillinnän ja varautumisen toimenpiteet edellyttävät pitkäjänteistä sitoutumista ja riittävän kauas tulevaisuuteen kantavaa tarkastelua.

Toinen esimerkki esiin nousseista kiinnostavista jatkotutkimusaiheista on Suomen tavaraliikennejärjestelmä. Visiotyöprosessin avulla voitaisiin tarkastella sekä kotimaan että ulkomaan kuljetusliikennettä ja siihen liittyviä tulevaisuuden tavoitteita ja mahdollisuuksia. Pitkän aikavälin visiointi kaikkien kuljetusmuotojen osalta

täydentäisi mainiosti käynnissä olevia hankkeita tiekuljetusalan energiatehokkuuden ja hiilidioksidipäästöjen skenaarioista vuodelle 2030¹ sekä Suomen ja Venäjän välisten tavaravirtojen skenaarioista vuodelle 2030² ja vahvistaisi siten edelleen kuljetusten tulevaisuuden tietopohjaa. Tavaraliikennejärjestelmään keskittävään työhön liittyisi olennaisesti tulevaisuuden kuljetusten tarvekartoitus sekä teollisuuden ja tuotantorakenteiden kehityssuuntien hahmottelu vision lähtökohtien kiinnittämiseksi. Tarkastelu voisi toimia aiempaa pidemmälle suuntaavana, paitsi liikennejärjestelmän ja -politiikan myös elinkeinoelämän kannalta kiinnostavana keskustelunavauksena.

¹ Liikenteen tutkimuskeskus Vernen johtama KULJETUS-hanke (Tiekuljetusalan energiatehokkuuden ja hiilidioksidipäästöjen tulevaisuus).

² VTT:n koordinoima hanke Suomen ja Venäjän välisten tavaravirtojen skenaarioista vuoteen 2030 ja niiden vaikutukset liikenteeseen ja logistiikkaan.

Lähdeluettelo

- Energiateollisuus 2011. Sähkön hankinta energialähteittäin. Saatavilla:
<http://www.energia.fi/tilastot-ja-julkaisut/sahkotilastot/sahkontuotanto/sahkon-hankinta-energiالاhteittain>
[viitattu 20.9.2011].
- Euroopan komissio 2011a. Valkoinen kirja, Yhtenäistä Euroopan liikennealuetta koskeva etenemissuunnitelma – Kohti kilpailukykyistä ja resurssitehokasta liikennejärjestelmää. KOM(2011) 144 lopullinen. Bryssel.
- Euroopan komissio 2011b. Etenemissuunnitelma – siirtyminen kilpailukykyiseen vähähiiliseen talouteen vuonna 2050. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. KOM(2011) 112 lopullinen. Bryssel.
- Geels, F.W. 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy* 31, s.1257–1274.
- Hajkowicz, S. & Moody, J. 2010. Our future world. An analysis of global trends, shocks and scenarios. CSIRO, Canberra.
- Haukkala, T. (toim.) 2011. Monipaikkaisuus – ilmiö ja tulevaisuus. Sitran selvityksiä 54.
- Heinonen, S. 2011. Miten tulevaisuus meitä liikuttaa? Tekniikan Akatemian seminaariin 17.5.2011 "Kauas on pitkä matka – miten Suomi liikkuu tulevaisuudessa?" laadittu raportti. Liikennevirasto, Turun yliopisto ja Tulevaisuuden tutkimuskeskus. Helsinki. 21 s.
- Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan työjaosto 2010. Tieliikenteen turvallisuus. Liikenneturvallisuussuunnitelman 2011–2014 taustaraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 35/2010.
- Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunta 2011. Tieliikenteen turvallisuussuunnitelma 2011–2014. Luonnos 21.4.2011. Liikenne- ja viestintäministeriö.
- Metsäranta, H, Berg, I., Tuominen, A., Järvi, T., Tervonen, J., Kiiskilä, K., Seimelä, K. & Kautiala. C. 2010. Liikennejärjestelmän tilan kuvaus. Ehdotus sisällöstä ja pilotti 2010. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 24/2010.

- Norwegian Ministry of Transport and Communications 2009. National Transport Plan 2010–2019. Englanninkielinen.
- RIL 2010. movE! 2040 – visiokilpailu tulevaisuuden infra- ja liikumisesta. Ideakilpailu, jonka järjestivät Teknologian ja innovaatioiden kehittämisskeskus Tekes, Helsingin seudun liikenne HSL sekä Maarakennusalan neuvottelukunta MANK ry. Kilpailun koordinoi ja toteutti Suomen Raken- nusinsinöörien Liitto RIL.
- Rouvinen, P., Vartia, P. & Ylä-Anttila, P. 2007. Seuraavat sata vuotta. Aikamatka maailmaan ja Suomeen 1907–2107. Taloustieto Oy.
- The Irish Academy of Engineering 2004. A Vision of Transport in Ireland in 2050. Dublin.
- The Royal Academy of Engineering 2005. Transport 2050: The route to sustaina- ble wealth creation. Lontoo.
- Tilastokeskus 2011. Suomen virallinen tilasto (SVT): Tieliikenneonnettomuustilas- to. Tilastokeskus. Saatavilla: <http://www.stat.fi/til/ton/tup.html> [viitattu: 11.3.2011].
- Tuominen, A., Auvinen, H., Kanner, H. & Ahlqvist, T. 2010. Liikennejärjestelmän visiot 2100. Esiselvitys. VTT Tiedotteita 2555. Espoo. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2555.pdf> [viitattu: 20.1.2012].
- Valtioneuvosto 2006. Valtioneuvoston periaatepäätös tieliikenteen turvallisuuden parantamisesta 9.3.2006. Saatavilla: <http://www.lvm.fi> [viitattu: 20.1.2012].
- Vägverket 2006. Safe Traffic. Vision Zero on the Move.
- Whitelegg, J., Haq, G. 2006. Vision Zero: Adopting a Target of Zero for Road Traffic Fatalities and Serious Injuries. Stockholm Environment Institute, Tukholma.
- WHO 2004. World Report on Road Traffic Injury Prevention. World Health Organi- zation. Geneva, Switzerland.

Liite A: Asiantuntijatyöpaja I, osallistujat

VTT:n sisäinen asiantuntijatyöpaja 4.3.2011: *Muutosvoimien kartoitus*

Askola Hanna
Auvinen Heidi
Kanner Heikki
Kulmala Risto
Lehtinen Jarkko
Nokkala Marko
Nylund Nils-Olof
Peltola Harri
Penttinen Merja
Tuominen Anu

Asiantuntijatyöpajan ennakkotehtävänä käytetyllä lomakepohjalla ideointiin osallistui lisäksi 23.3.2011:

Heikki Tuomenvirta, Ilmatieteen laitos

Liite B: Asiantuntijatyöpaja II, osallistujat

Sidosryhmät osallistava asiantuntijatyöpaja 27.5.2011: *Tulevaisuustaulukko*

Alppivuori Kari, Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi

Auvinen Heidi, VTT

Herneoja Anne, Liikennevirasto

Kanner Heikki, VTT

Kulmala Risto, VTT

Lehtinen Jarkko, VTT

Luoma Juha, VTT

Portin Markus, VTT

Puntanen Sini, Liikennevirasto

Tuominen Anu, VTT

Liite C: Muutosvoimien lista

1 TOIMINTAYMPÄRISTÖTASO

- Federaatiomallin mukainen yhteiskunta
- Eristäytyminen seuraavien blokkien sisällä: OECD-maat, BRIC, Aasia, Afrikka, Lat. Amerikka
- Suomen väestö 12 miljoonaa (joista 9 miljoonaa ns. kantaväestöä), muuttoliike peräisin Aasiasta
- Kiina ja Intia stabiloituneen talouden veturina, Suomi alihankkijana ympäristö- ja telekommunikaatioteknologioissa
- Luonnonvarojen niukkuus johtaa energiatehokkuuteen kaikilla osa-alueilla
- Globaali matkailu/liikkuminen vähenee
- Demokratia vallitsee
- Väestö on sekoittunut ja jakautunut uudella tavoin
- Väestö on pitkälle koulutettua
- Ympäristöä ja energiaa kulutetaan säästeliäästi
- Luonnonkatastrofit
- Sekä individualistisia että yhteisöllisiä suuntauksia/intressejä
- Tasa-arvoisuus, ympäristön arvostus ja etiikan ja moraalien rooli kasvavat
- Väestöllisesti keski-ikäinen on 100-vuotias, ikääntyvätkin aktiivisia
- Hyvinvointi ja vapaa-ajan määrä ovat kasvaneet, koneet tekevät työn
- Väestönkasvu
- Ympäristö- ja energiaongelmat on ratkaistu
- Aasia, Afrikka ja Etelä-Amerikka kasvattavat taloudellista merkitystään
- Ympäristötietoisuus korostuu Euroopassa ja Amerikassa, Aasiassa ei vielä olla yhtä pitkällä
- Eriarvoisuus on lisääntynyt, joskin äärimmäinen köyhyys ja kurjuus on poistettu
- Markkinatalous
- Teknologia on ratkaissut monia ongelmia
- Puhtaan veden ja ravinnon merkitys on suuri
- Moninaisuuden ja eriytymisen kasvu
- Yksilökeskeisyys hallitsee, yhteisön liima on heikko
- Öljy on loppunut
- Ydinvoima ja uusiutuvat energiat dominoivat
- EU:ta ei enää ole

Liite C: Muutosvoimien lista

- Pula vedestä, ravinnosta, energiasta
- Suomessa ei asutusta kehä III:n ulkopuolella vs. Suomi kauttaaltaan tiheään asuttu
- Arvomaailmassa korkealla: ympäristö, vapaa-ajan menot ja itserakennetut sosiaaliset yhteisöt kun taas laskussa: uskonto, isänmaallisuus, sukulaisuussuhteet?... Entä ydinperhe?
- Valvonta eri tasoilla ja tahoilla lisääntyy
- Väestö on globaalisti verkottunutta ja koulutettua
- Terrorismin uhkat (fossiiliset varannot ja muut syyt)
- Individualismin ja yhteisöllisyyden tasapainoilu
- Energiakysymykset (saatavuus, hinta, lähteet)
- Ilmastonmuutos, lämpötilan nousu (2–7 asteen nousu)
- Katastrofit
- Taluskehitys (kasvu, eriarvoisuus, kaupankäynti)
- Työnteko, työllisyys
- Kestävä kehitys (talous, ympäristö, ihmiset)
- Poliittinen ympäristö (säännöt, arvot, investoinnit)
- Luonnonilmiöt (ääri-ilmiöt)
- Globalisaatio
- Luonnonvarojen ja resurssien riittävyys
- Globaali- ja lähiturvallisuus
- Globaali moninapainen hallintojärjestelmä
- Nousevat talousmahdit (BRIC)
- Toimijoiden lukumäärän moninkertaistuminen
- Käyttäjakeskeisyys, sosiaalinen media
- Väestökehitys (määrä, ikärakenne, jakautuminen, muuttoliike)
- Vesikysymykset
- 2100 väestö: määrä vakioitunut 8–10 mrd, yli 60-vuotiaita 25–45 %, eliniän odotteet 85–90 ja 90–95 vuotta / Suomessa 5–6 miljoonaa, nettosiirtolaisuus 1 miljoona
- Digitalisoituminen, kolmas/uusi teollinen vallankumous, tehtävien ja toimintojen eriytyminen (ei vain tuotannon ja kulutuksen)
- Maiden välinen elintasoero supistuu (2000 oltiin jo ylitetty lakipiste)
- "Aasian vuosisata", ei silti tarkoita välttämättä Euroopan ja Yhdysvaltojen taantumista
- EU kohti liittovaltiojärjestelmää? Ylikansallinen päätöksenteko erityisesti ilmastoasioissa
- Ikääntyminen ja maahanmuutto haastavat Pohjoismaisen hyvinvointimallin ja sen merkitys vähenee
- 2100 Suomi: tulotaso 5–7 krt nykyinen, teknologisessa eturintamassa (aiemmin kiinnikuroja), uudet ja vaihtoehtoiset työuramallit
- 2100: fossiilisten osuus 20–30 % (nyt 80 %)

- Vetytalous: vetyä tuotetaan uusiutuvien (tuuli, aalto, aurinko) energialähteiden ja ydinvoiman avulla (vetyä voidaan varastoida), polttokennot. Aluksi hyödynnettiin maakaasua? Vetyputkistoinfra.
- Ilmastonmuutokseen sopeutuminen (vedenpinnan nousu, lämpötilan nousu, muuttoliike yms)
- Ilmaston osalta n. 4 asteen keskilämpötilan ja n. 15 % sademäärän kasvua (spatiaalinen analogia nykyinen Saksa/Ranska). Muutokset suurempia talvisin kuin kesäisin.

2 LIIKENNEJÄRJESTELMÄTASO

A Poliittiset

- Kansainväliset ja globaalit järjestöt, moderoivat tahot ja organisaatiot vahvistuvat (YK?, WTO?)
- Varautuminen järjestelmähäiriöihin, kun keskusohjauksen, automatiikan ja viranomaisvalvonnan merkitys on kasvanut
- Liikennejärjestelmien ohjaus paikallista, kansallista vai globaalia? Ohjaus tapahtuu Intiasta?
- Tiedonvapaus, tietosuojat
- Globaalin liikennejärjestelmän haavoittuvuus
- Liikkuminen paikallista vs. globaalia
- Julkisten ja yksityisten toimijoiden työnjako liikennejärjestelmässä
- Jakautunut toimintaympäristö, two-speed world

B Sosiaaliset

- Kaupungistuminen vs. oma rauha
- Liikkumisen tarve on vähentynyt (virtuaaliratkaisut)
- Kaikki päivittäinen liikkuminen tapahtuu kevyen liikenteen ja joukkoliikenteen keinoin
- Jonottaminen ja ruuhka ovat historiallisia käsitteitä
- Päivittäinen liikkuminen ei ole työ- ja kauppamatkoja vaan harrastuksiin ja sosiaalisiin menoihin siirtymistä ja liikuntaa
- Koulutus siirtyy hyödyntämään etäläsnäoloa
- "Takaisin luontoon" -suuntaus (parvekepuutarhat, lähiruoka, jne.)
- Kaupungeissa kehittyneemmät ratkaisut älyinfroineen, ulkopuolella konventionaalisemmat ratkaisut
- Off-grid -ihmiset, vaihtoehtoiset elämäntavat, teknologiasta irtautuminen (kokonaan tai hetkittäin)
- Ei enää työ- tai kokousmatkoja
- Ajankäyttö liikkussa erilaista, uudet mahdollisuudet
- Tiivis yhdyskuntarakenne (systemaattisin ohjauskeinoin aikaansaaton?)
- Onko liikkuminen kiireetöntä vai tarvitaanko pikaratkaisuja?
- Hyvinvointi, yksilönvapaus
- Liikkumisen tarpeet/kysyntä (henkilöt, tavarat)

- Käyttäjien muovaama liikennejärjestelmä "social traffic"
- Yksityisliikenne vs. massaliikenne
- Asenneilmasto (ympäristö, yksilönvapaus, ICT, työnteko...)
- Ajankäyttö arjessa, vapaa-ajan määrä
- Liikenteen palvelutaso
- Liikenteen turvallisuustaso
- Nykyistä perheyksikköä suuremmat asuinyhteisöt (co-housing)
- Työpaikat kävelyetäisyydellä kodista + etätö

C Ekonomiset

- Kuljetukset: tuotanto erikoistuu alueellisesti edullisuusperiaatteen mukaisesti, eli kuljetusarpeet säilyvät
- Pitkän matkan kuljetusten tarve vähentynyt (ml. raaka-aineiden kuljetukset)
- Pakkauskoost ja kuljetustarpeet vähenevät (paikallinen tuotanto)
- Liikkumisen hinta pieni vai suuri?
- Globaali liikennejärjestelmä
- Uudet globaalit kuljetusreitit, konfliktit, security
- Matkailu/työmatkat/virtuaalimatkat
- Liikkumisen ja kuljettamisen hinta ja hinnoittelu

D Ekologiset

- Käyttövoimana sähkö (fissio)
- Uusiutuvat energialähteet liikenteen käyttövoimanlähteinä
- Energia- ja päästöasiat ovat muokanneet uusiksi yhteiskunnan rakenteet ja siten myös liikkumistarpeet
- Luonnonkatastrofit, onko vaikutusta liikennejärjestelmään?
- Luonnonvarojen käyttö liikennejärjestelmässä, kestävä liikennejärjestelmä
- Energiakysymykset (saatavuus, hinta, lähteet)
- Öljytön ja kaasuton liikennejärjestelmä
- Fuusioydinvoima
- Urban/rural-jakauma, kaupunkirakenne
- Maankäytön ja liikennesuunnittelun yhdistäminen
- Liikennemuotojen työnjako
- Riippuvuus fossiilisista polttoaineista

*** Liikennejärjestelmä, liikennemuodot**

- Kevyen liikenteen rooli kasvaa
- Kaupungeissa vain kevyttä liikennettä ja joukkoliikennettä (ei henkilöautoja tms.)
- Merenkulku keskittyy suuren volyymin kuljetuksiin, muu vähenee
- Ilmailun volyymi pienenee, hyödynnetään vain erikoissovelluksissa
- Raideliikenne vastaa runkokuljetuksista

- Liikennejärjestelmää eniten muokannut tekijä on ollut energia (sivuhuödyt ympäristölle)
- Joukko- ja yksilöliikenteen hybridiratkaisut (runkolinja ja eriytyvät moduulit)
- Uusi liikennemuoto: bittiavaruus (beam me up)
- Raideliikenne dominoi
- Joukkoliikenne dominoi
- Kiireellinen ja ei-kiireellinen liikenne on eroteltu.
- Liikenneympäristön turvalliseksi tekeminen: väylät eriytetään muusta kaupunkiympäristöstä (putket, maanalaisuus...), valvonta ja kontrolli myös terrorismin ja itsetuhoisten tekojen ehkäisemiseksi
- Tavara- ja henkilöliikenne erillään
- Onko enää yksilöliikennettä (pl.jalankulku ja kevyt liikenne)
- Fyysisesti liikenneväylät eivät risteä toistensa tai muun elämisen infrastruktuurin kanssa (fyysiset rajapinnat poistettu)
- Matkailuliikenne häviää? Vai kasvaa dominoivaksi liikkumiseksi? Turvatonta?
- Mitä liikennemäärille tapahtuu kokonaisuudessaan? Voiko (summana) pienentyä, voivatko sekä päivittäinen henkilöliikenne, matkailu että tavaraliikenne kutistua. Jos työntekoon (ja kulkemisiin) kuluu vähemmän aikaa, mihin vapaa-aikaa oikeastaan sitten käytetään?

3 TEKNOLOGIA-/RATKAISUTASO

- Kumipyöräliikenne on historiaa
- Reppuliitimet
- Matalalla lentävät lentoautot (1-8 hlöä)
- Jaetut (ei itseomistetut) kulkuvälineet/kuljettimet
- Sähköinen etäläsnäolo
- Automaattikka: (keskitetty etä-) ohjaus, valvonta, monitorointi, etäyhteydet
- Viranomaisten rooli korostuu, valvonta lisääntyy
- Tavaraliikenne aikataulutetaan henkilöliikenteen ehdoilla
- Tavaraliikenne ja henkilöliikenne eriytetään
- Just on time -kuljetukset
- Liikenneputket (autot/raiteet/liukuhihnat/letkat)
- Tulevaisuuden eCall
- Energiantuotanto integroitu kulkuneuvon
- Aurinkovoima käyttövoimana
- Kaikkien aistien virtuaaliratkaisut (työ, vapaa-aika, huvi)
- Kävelyyn ja pyöräilyyn liittyviä helpottavia ratkaisuja
- Paikannusteknologiat (GPS) erehtymättömiä ja käytössä kaikissa sovelluksissa
- Toimitusketjujen uudenlainen suunnittelu (kokonaistasolla, ei vain yksittäisessä yrityksessä)
- Liikenteen ohjaus tehostuu, uusia ratkaisuja ja sovelluksia
- Ei öljytuotteita

Liite C: Muutosvoimien lista

- Kevyet kulkuneuvot yksilöliikenteessä
- Ei rekkoja
- Vety- ja hybridivoimantuotto
- Kulkuneuvojonot maassa ja merellä
- Esteettömyys isossa roolissa joukkoliikenteessä
- Ei yksityisomisteisia kulkuvälineitä
- Infran ja kulkuneuvon kommunikaatio
- Etäläsnäolo
- ICT
- Tavaroiden siirto "säteilyttämällä"
- Infotainment (viihtyisä + älykäs), liikkussa ajankäyttö erilaista kuin nyt
- Vakioreitit ja väylät automaattiohjauksessa
- Tavaraliikenne maan alla, automatisoitu
- Ihmisen vaikutusmahdollisuudet on eliminoitu samalla kun inhimilliset virheetkin
- Älyinfrat
- Liikkujan rooli on olla matkustaja (ei kuljettaja) -> passivoituminen (ei ohjata, ei omisteta, ei huolleta, ei tankata)
- Kulkuneuvolle esitetään vain toive/määränpää, ratkaisu on optimointikysymys
- Yksilön vapausasteet (myös virheisiin johtavien valintojen suhteen) vähenevät (tietyin osin kasvavat)
- Kevyet rakenteet, joustavat materiaalit, törmäysturvallisuus kulkuneuvoissa
- Infran ja väylien suojaus ja turvaaminen (sääilmiöt, terrorismi...)
- Hinnoittelu (käytön mukaan, automaattinen laskutus)
- Kennomaiset liikennevälineet
- Liikuntasimulaattorit
- Pohjavirtauskuljetukset meriliikenteessä.
- Ei erillisiä tankkaus- tai latausoperaatioita, kulkuneuvo tuottaa energian itse-näisesti tai imee sen infrasta (induktiivinen lataus)
- Ydinvoima mikrosovelluksissa
- Henkilökohtaiset turvalaitteet, human OBD
- Toiminnoiltaan liikenneinfrastruktuuri sulautuu muuhun eikä ole enää "erikoistunut, irrallinen infrastruktuurirakenneseosa", mutta fyysisessä mielessä se eristyy entisestään (putket, maanalaisuus, menosuuntien eristäminen, risteysien poistaminen...)
- ICT-sovellukset, muut kuin suorat ITS-ratkaisut esim. social traffic
- Biopolttoaineet
- Hiilidioksidin talteenotto
- Energiatehokkuus
- ITS-ratkaisut, mm. paikannus
- Sähköajoneuvot
- Polttokennoajoneuvot
- Vetytalous

- Automatiikka robotteineen
- Robotit
- Uudenlaiset ajoneuvot (materiaalit, rakenne, toiminta)
- Uudet liikkumisen konseptit/liiketoimintamallit (jaetut ajoneuvot)
- Kansalaisen päästöoikeus
- Liikkumisen/liikenteen suunnittelumenetelmät/optimointi
- Verot, maksut, tienkäyttömaksut
- Virtuaaliliikkuminen/-matkailu/-tapaamiset
- Jokapaikan tietotekniikka (engl. ubiquitous computing), ml. ITS ratkaisut
- Energian varastointitekniikka
- Infrastruktuuri (tarjoama, täysin uudet rakenteet, yhteentoimivuus)
- Verkostoituneet toiminnot
- Miehitämätön joukkoliikenne, ohjelmistotuotanto ja järjestelmän valvonta voidaan tilata vaikka Mumbaista
- Kevyet, vetykäyttöiset (polttokennot) henkilöautot.
- Automatisoidut moottoritiet (muutoin normi)
- Vetypolttokennoja hyödyntävä raideliikenne
- Kasvava aluskoko meriliikenteessä.
- Konkreettisten uusien infraratkaisujen kuvaus ja osoittaminen kartalla (moottoritiet, satamat, raiteet, tunnelit, solmukohtat, liikennöinti lentokentälle yms.)
- Uudet tienpäälysteteknologiat (automatiikka, puolivalmisteet)
- Aika- ja paikkariippuvaiset väylämaksut tieliikenteessä
- TIM traffic information manager, EVI electronic vehicle identification (no chip, no travel)
- Henkilökohtaiset rannekommunikaattorit (samalla kello, kännykkä, jne.), life chips
- Vaarallisten aineiden tunnistus asemilla yms.
- Signaali- ja kommunikaatiojärjestelmät raideliikenteessä: sääntely, standardit, yhdenmukaisuus...
- Personal Rapid Transit (PRT) / Podcars
- Travel belt bubbles (the road/belt moves, the cars/bubbles stay still, one can eat, sleep socialice... while travelling)

Liite D: Tulevaisuustaulukko

TEEMATASOT		Vaihtoehtoiset tulevaisuudentilat				
Muutosvoimat						
1 TOIMINTAYMPÄRISTÖ						
Maailmantalous ja -politiikka, valtasuhteet	Gloobaalien toimintaverkkojen sijaan on eristäydystä noin viiteen blokkiin, joita yhdistää vain kaupankäynti. Johtavat blokit löytyvät Aasiasta ja Etelä-Amerikasta.	Kansainvälisen hallintojärjestelmän ja kv. instituutioiden rooli on heikko, on palattu takaisin kansallishallintoon ja kansallisen talouskehityksen hallintaan.	EU:n tai muun vastaavan yhteisön johtava rooli on vahva, ja siitä on muodostunut muita maanosia pehmeämmän politiikan ansiosta "lifestyle superpower".	Perinteiset kansainväliset ja globaalit organisaatiot (YK, WTO) ovat vahvistuneet (tai on syntynyt uusia instituutioita?)	"Parlamenttien sosiaalinen media / yhteisö" määrävänä voimana kaiken takana. "Ateenalaisuus"	Afrikka ja Saudi-Arabia tyhjenevät ja väestö vähenee ja muualla väestömäärä kasvaa.
Energia ja ilmast	Energiantuotannosta ei aiheudu fossiilisia hiilidioksidipäästöjä. Uusi hiilineutraali teknologia, uusiuutuvat, suodattimet.	Energian tuotanto noudattelee perinteistä uraatihiilidioksidipäästöjä. Uusi hiilineutraali teknologia, jatkaneet kasvusuodattimet.	Koko yhteiskunnan ensisijainen käyttövoima on sähkö, jota tuotetaan kullakin alueella edullisimmalla tavalla	Ydinvoima, fuusio.	Viitteitä tulevaisuudesta.	Aurinkovoiman hyödyntäminen, m. m. Ener-tuuli. Energiapielit avaruuteen aurinkoenergian keräämiseen.
						Energiantarve ja kulutus vähenevät "pakon kautta". Viimeiset kalliit fossiiliset varannot jäävät käyttämättä.

Liite D: Tulevaisuustaulukko

Luonnonvarat	Luonnonvarojen niukkuus on ohjaava tekijä energia- ja tietoyli-teollisuuden sektoreilla.	Luonnonvarojen tuhlauksen jatku- nut, maapallon kestävyys alkaa olla äärrajalla.	Luonnonvarojen kulutus on ollut kahtiajakoista. Osa maapallon resursseista tuhottu, osaa käytetty kestävä- lä tavalla.	Kulutus ei- laske, mutta materiaalit ovat kattavasti uusiokäytössä.	Luonnonvaro- jen kestävä kulutus.		
Väestö ja sosiaalinen hyvinvointi	Maapallon väes- tön hyvinvointi ja vauraus kasva- vat, äärimmäinen köyhyys on pois- tettu.	Väestön keski-ikä on noussut hui- masti elinajan- odotteen nousua reilusti yli sadan. Hyvinvointi ja muut vaikutuk- set?	Eriarvoisuus on lisääntynyt edel- leen, osa väes- töstä asuu hyvin- voinnin saarek- keilla, osa ää- rimmäisessä köyhyydessä.	Eriarvoisuutta esiintyy jossakin määrin.			
Safety & security, tietoturva	Terrorismi on keskeinen turval- lisuusuhka (taus- talla luonnonvarat / vesi / ravinto / poliittiset tekijät).	Yhteiskunnan eriarvoisuus aiheuttaa jatkuvia konflikteja köy- himmillä alueilla.	Rajat äärisäälimi- öt ovat merkittävä turvallisuusriski sekä ihmisille, infrastruktuurille että tietojärjes- telmille ympäri maapalloa.	Tietojärjestel- mien haavoittu- vuus kaikessa toiminnassa on suuri.	Security- ja tietoturvaon- gelmat on ratkaistu ja uusi ajattelutapa on vallalla, ongel- mat on pois- tettu.		

2 LIIKENNEJÄRJESTELMÄTASO						
A Poliittiset tekijät						
Julkisen ja yksityisen sektorin työnjako	Viranomaisvalvonnan rooli ja merkitys kasvavien erityisesti liikenteen automaattisointiin ja ohjaukseen liittyen.	Liikennejärjestelmä toimii lähestulkoon täysin markkinavetoisesti (julkisen rooli minimaalinen, palvelutaso/tarjoama/hinta yms. määrättyvät markkinan mukaan).	Viranomaiset, kaupalliset yritykset ja liikenteen loppukäyttäjät toimivat tasavertaisina liikennejärjestelmän kehittäjinä.	Sosiaaliset verkostot ja yhteisöt palvelujen tuottamisessa, järjestelmän ylläpidossa ja toimivuudessa (viranomais-ten ja yritysten perinteisiä toimintoja korvaten). Joustavuus!	Viranomaistehäviön kuuluu edelleen sääntely ja jossakin määrin infrastruktuurista vastaaminen? Viranomaisen minimirooli? Väyjäinfrastruktuuri yksityisomistukseen?	Runkoväylästä: yksityiset, häntäverkkoko. julkiset?
Järjestelmän hallinnan ja ohjauksen taso	Liikennejärjestelmää ohjataan ja hallitaan kansallisella tasolla.	Liikennejärjestelmää ohjataan ja hallitaan globaalilla tasolla.	Alueellisia liikennejärjestelmiä ohjataan ja hallitaan paikallisesti.	Hajautettu ja hierarkkinen hallinnan ja ohjauksen verkko. Liikennemuodoissa eroja.	Itseohjautuva liikennejärjestelmä (koskee kaikkia liikennemuotoja)	

B Ekonomiset tekijät						
Liikkumisen hinta	Ulkoiset kustannukset sisältävät liikkumisen hinnoittelumei-lumekanismiin ohjaten tarkoituksen mukaisiin liik-kumis-, kuljetus- ja liikennemuotovalintoihin.	Liikkumisen hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan mukaan, täysin markkina-perusteisesti, vaihtelu on suurta.	Julkisesta joukko-liikenteestä ei peritä käyttömak-sua vaan tämä kansalaisen peruspalvelu rahoitetaan suoraan verovaroin.	"Liikenneprofiilit, liikennetilit" (esim. päästö-oikeustilit).	Liikkuminen kustannuserä-nä? Sen osuus voi olla suu-rempi kuin nykyään (riip-puen erityisesti energiaratkai-suista).	Liikkumisel-la ei ole hintaa sinänsä, vaan hinta on auto-maattisesti mukana tuotteessa tai palvelu-sssa (esim. elokuva-lippu).
Kuljetustarpeet (tuotannon sijoittuminen)	Kuljetustarpeet vähenevät merkittävästi tuotanto-keskeisyyden heikentymisen myötä ja jäljelle jäävien tuotanto-tarpeiden paikallisen luonteen vuoksi.	Toimitusketjujen hallinta kokonais-tasolla, ei vain kuljetus- tai yrityskohtaisesti.	Kuljetusteknologiat ja hintataso mahdollistavat tilanteen, jossa on lähes yhden-keväää tilataan-ko tuote naapurista vai toiselta puolelta maapal-loa.	Täysi kierrätystalous. Kaikki tuotetaan kierratetystä materiaaleista.	Energiahinta ja globalisaatio ohjaavat tuotantoa ja liittyy-vää kuljetustarvetta (työvoiman hinta) ns. eri suunnista. Vaikutuskeiju sykliittäinen.	
Kuljetusreitit (erit. ulkomaan kuljetukset)	Merikuljetusten (erityisesti arkiset) rooli on vahva.	Transito-Suomi muutta muotoaan nykyisestä. Kuljetuksia joka suuntaan.	Raidekuljetuksiin Eurooppaan, pitkät matkat meritse.	Kuljetukset eivät ole olennainen asia, tavarat voidaan esim. tulos-taa.	Ilmaston vaikutukset reitteihin: uudet mahdollisuudet.	Tavarankul-jetukset putkissa tai muu uusi ratkaisu (avaruus-kuljetuk-set?).

<p>C Sosiaaliset tekijät</p> <p>Liikkumisen tarpeet</p>	<p>Liikkuminen on kiireetöntä ja automatiikka mahdollistaa liikkumisen kuluvan ajan käyttämisen hyöty- tai huvitaroituksiin.</p>	<p>Radikaalit muutokset matkailuliikenteessä (kasvu tai loppuminen). Kaukomatkat voivat osin muunnella lähiliikenteeksi ja -kokemuksilla (taustalla esim. kaukomatkat uhaava terrorismi).</p>	<p>Hyvin erilaiset ratkaisut esim. työmatka- ja muussa liikkumisessa: työmatkaliikenteessä joukkoratkaisut. Lentoliikennettä hyödynnetään vain henkilöiden kaukoliikumisessa.</p>	<p>Liikkumistarpeet kohdistuvat myös pitkille etäisyyksille ja kysyntää on erityisesti huippunopealle liikenteelle. Ihmisen tulee päästä tunnistamaan minne tahansa maailmassa.</p>	<p>Energia- ja ilmastokysymykset ovat muokanneet yhteiskunnan rakenteet ja liikumistarpeet uudelleen. Liikkumisen määrää säännellään.</p>	<p>Monipaikkaisuuden liikkumistarpeet (työpaikka, vapaa-ajan asunnot, perheyksien useat asunnot). TAI Päivittäisten liikkumistarpeiden painopiste työ- ja kauppa- matkoista harrastuksiin ja sosiaalisiin menoihin.</p>	<p>Lähi liikumisen suhteellinen osuus / määrä kasvaa. Liikkumisen tarve vähenee. (kauas) asiat hoidetaan toisin.</p>
<p>Liikkumiseen ja kuljettamiseen liittyvät arvot ja elämäntapa</p>	<p>Lähtökortana ympäristömyönteisyys.</p>	<p>City-elämäntapa, "urbaani syke". Yksilöllisyyden edelleen kasvavat vaateet.</p>	<p>Lähtökortana teknologiapainotteisuus.</p>	<p>Off-grid -ihmiset, vaihtoehdot elämäntavat muutoin teknologiapainotteisessa yhteiskunnassa.</p>	<p>Korkealla: tasarvo, ympäristö, etiikka, sosiaaliset verkostot, vapaa-aika. Laskussa: uskonto, isänmaallisuus, sukulaisuusuhheet (pi. lähiomaiset).</p>	<p>Liikkuminen ja elämäykset? Haetaan ko liikkumista enää elämäykseksi?</p>	

Liikenne- ja liikenteen turvallisuus-kulttuuri	Vastuu/vaikutusmahdollisuudet liikenneturvallisuuden osalta siirtyvät liikkujalta palveluntuottajalle tms. (automaattikka, joukko-liikenne, etäohjaus, jne.).	Kevyen liikenteen kasvun myötä on omaksuttu uudenlainen, yksityiskohtainen kevyen liikenteen säännöstö.	Turvallisuuskulttuuri huononee, muut asiat ja halut ajavat edelle.	Liikenneturvallisuus ei ole enää tavoite.	Ajoneuvo ja ajotapa eivät enää ole liikumisessa "se juttu" (imago tms.).		
D Ekologiset tekijät							
Liikenteen käyttövoima	Aurinkovoima ensiksi laivoissa.	Fossiilista polttoaineista vapaa liikennejärjestelmä.	Fossiiliset polttoaineet ovat edelleen osa polttoainevaihtoa, hintataso on korkea.	Fuusioydinvoima? Vetytalous?	Sähköliikenne (ympäristöystävällinen tuotanto). Hybridit kaksissa liikennemuodoissa (kulta-aikaa). Aurinkosähkö.	Ei-motorisoidun liikenteen merkitys kasvaa.	
Yhdyskunta- ja kaupunkirakenne	Tiivis yhdyskuntarakenne urbaaniloissa (kehittyneet liikenne- ja tietokäytön infrastruktuureineen), systemaattisen ohjauksen tulos. Muualla konventionaalisemmat ratkaisut.	Vahvat urbaanit keskukset sekä maaseutukeskukset hyvillä liikenne- ja tietoliikenneyhteyksillä. Mahdollisesti myös suuria "asumattomia" saarekkeita.	Suomessa muuttamia suuria kaupunkikeskustuksia hyvillä keskinäisillä kulkuyhteyksillä.	Täysin autoton, järjestelmä, suunnitellaan kokonaisuuksissa uudessa kevyen liikenteen infraan panostetaan.	Isot marketit häviävät, kaikki kuljetaan suoraan kotiin.	Yhdyskuntarakenteen muutokset ovat hyvin pieniä.	Nykyiset kaupunkit muuttavat nähtävyyksiksi, uudet rakentuvat niiden viereen.

3 TEKNOLOGIAT, RATKAISUT							
Turvallisuusteknologiat ja -ratkaisut	Kehittynyt eCall-järjestelmä ja muut tarkkaa paikannusta hyödyntävät sovellukset.	Adaptoitava infrastruktuuri, joka suojaa onnettomuuksilta (kevyet rakenteet, joustavat materiaalit, jne.)	Varautuminen muuttuneen ilmaston/säätyypin ja luonnonkatastrofien vaikutuksiin liikennejärjestelmissä (materiaalit, rakenteet, jne.)	Talviturvallisuus: Liikkudentorjuntateknologiat? Kitkanhallinta. "Nanoa renkaassa vai älyä päällysteessä?"	Ajoneuvoletkat. Kuljettimet, uudenlaiset kevyen liikenteen ratkaisut.	Automaatiikka (estää törmäykset), paikallinen ohjaus, kulkuneuvot yms. keskuksellavat keskenään.	Tarkka paikannus (senttitarkuus): mahdollistaa automaatiikan kanssa erilaisia sovelluksia mm. kuljetusliikenteessä.
Infrastruktuurien teknologiat	Toiminnoltaan muuhun yhteiskunnan infrastruktuuriin sulautunut älykäs liikenneinfrastruktuuri.	Muusta infrastruktuurista fyysisesti eriytynyt liikenneinfrastruktuuri (putket, tunnelit, maanalainen liikenne).	Ei enää tankkaus- tai latausoperaatioita, kulkuneuvo tai infrastruktuuri tuottaa energiaa (induktiivinen lataus).	Vain muutama päärata. Kotimaan lentoliikenne loppuu.	Turvallisuusratkaisut ennemmin ajoneuvoisena/liikennevälineissä kuin infrastruktuurissa.	"Äly hajautettu, data pilvessä". Älyä ajoneuvossa, toisenlaisia älyä infrassa.	

Liite D: Tulevaisuustaulukko

<p>Uudet liik- kumisen konseptit</p>	<p>Joukko- ja yksilö- liikennettä yhdis- tävät hybridirat- kaisut.</p>	<p>Yhteiskäyttöiset yksilöliikenteen kulkuvälineet (vrt. kaupunkipyörät).</p>	<p>Liikkujan rooli on olla vain matkus- taja (ei kuljettaja), joka kertoo määr- ränpään. Järjes- telmä optimoi kuljetusratkaisun.</p>	<p>Eiäläsnäolo, bittiavaruus, virtuaalirat- kaisut.</p>	<p>Automaatiikka: etäohjaus, valvonta, moni- torointi, etäyh- teydet.</p>	<p>Kulkuneu- von omis- tamisessa ei enää hohtoa, se nähdään rasitteena.</p>	<p>Liikkumista vähentävät ratkaisut vs. kohtaamiset, kokemukset yms. (netistä tilaaminen vs. kaupassa- käynti). Ostokäyt- täytymiseen erilaisia mal- leja.</p>
<p>Uudet kuljetus- konseptit</p>	<p>Suurivolyymiset, tehokkaat merikuljetukset.</p>	<p>Just in ti- me -kuljetukset ovat "normi".</p>	<p>Kuljetukset "säteilyttämällä".</p>	<p>Kuljetusten järjestely ja yhdistely te- hokkaammin ja/tai joustaa- vammin. Eri- tyisesti jakelu- liikenne ja kaupunkimaiset alueet.</p>	<p>Terminaaliver- koston uudet ratkaisut ja mallit.</p>	<p>Teleport- taus bulk- kiraaka- ainekulje- tuksissa.</p>	

Liikennemuodot ja kulkutavat						
Henkilöliikenne	Kevyen liikenteen rooli kasvaa, kaupunki- ja yhdyskuntarakennetukevat sitä.	Kaikki kulkuneuvoilla tapahtuva liikkuminen (työmatkat, lähiliikuminen) kaukumainen) kaupunkiympäristössä on joukko- tai julkista liikennettä. Keskusten välinen liikenne tapahtuu raitteilla.	Radikaalit muutokset ilmailuliikenteessä (kasvu tai loppuminen).	Henkilö- ja tavaraliikenne on erotettu toisistaan.	Hybridit kaikissa liikenne- muodoissa.	Täysin uusia liikumisen malleja.
Kuljetukset	Raide- ja meriliikenne tehokkaina runkokuljetusreitteinä.	Ei lainkaan (maan)tieläisiä (rekkoja).	Automatisoidut kuljetukset maan alla.			

Nimeke	Turvallinen liikennejärjestelmä 2100 Visio
Tekijä(t)	Heidi Auvinen & Anu Tuominen
Tiivistelmä	<p>Tutkimuksen tavoitteena oli kuvata vuodelle 2100 yksi mahdollinen tulevaisuudentila turvallisesta suomalaisesta liikennejärjestelmästä, jossa ei aiheudu merkittäviin henkilö-, esine- tai ympäristövahinkoihin johtavia onnettomuuksia. Kuvatussa liikennejärjestelmässä painottuvat lisäksi turvallisuudentunne ja tietoturva. Tutkimus toteutettiin soveltaen visiotyöprosessia, johon kuuluu kolme vaihetta: (1) muutosvoimien kartoitus (2) tulevaisuustaulukko ja visio sekä (3) vision kuvaaminen. Pääasiallisina tutkimusmenetelminä hyödynnettiin kirjallisuuskatsausta ja asiantuntijatyöpajoja. Visio rakennettiin yhteistyössä VTT:n tutkijoiden sekä Liikenneviraston ja Liikenteen turvallisuusvirasto Trafin virkamiesten kanssa.</p> <p>Työn lopputuloksena on Turvallinen liikennejärjestelmä 2100 -visio, jossa suomalainen yhteiskunta ja liikennejärjestelmä rakentuvat kahdesta peruslähtökohdasta: (1) hiilineutraali, kestävä energiantuotanto ja sähköintensiivisyys sekä liikenteessä että koko yhteiskunnassa sekä (2) automatiikka- ja älysovellukset liikennevälineissä ja infrastruktuurissa, erityisesti liikenteen turvallisuuden instrumentteina.</p>
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38-7614-2 (nid.) ISSN 2242-1211 (nid.) ISBN 978-951-38-7615-9 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN 2242-122X (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)
Julkaisu-aika	Tammikuu 2012
Kieli	Suomi, engl.abstr.
Sivumäärä	43 s. + liitt. 18 s.
Avainsanat	Long-term transport system vision, future studies, foresight
Julkaisija	VTT PL 1000, 02044 VTT, Puh. 020 722 111

Title	Safe and secure transport system 2100 Vision
Author(s)	Heidi Auvinen & Anu Tuominen
Abstract	<p>The objective with this study was to envision one possible image of the Finnish future transport system in 2100 that would meet given transport safety and security targets: no serious accidents leading to injuries, fatalities or damage to property or the environment. This vision was created using the tailor-made vision building process, structured of three consecutive steps: (1) environmental scanning, (2) constructing futures tables and visions and (3) describing visions. The main research methods were literature survey and expert workshops. The vision is a result of collaboration between transport experts from VTT Technical Research Centre of Finland, the Finnish Transport Agency and the Finnish Transport Safety Agency Trafi.</p> <p>The outcome of the work is a vision of a safe and secure Finnish transport system in 2100, based on a two-piece foundation: (1) sustainable and carbon neutral energy production for the electricity intensive society and its transport system and (2) an array of advanced automatics and intelligent applications as the means to fulfill the transport safety ambitions.</p>
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38-7614-2 (soft back ed.) ISSN 2242-1211 (soft back ed.) ISBN 978-951-38-7615-9 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN 2242-122X (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)
Date	January 2012
Language	Finnish, Engl. abstr.
Pages	43 p. + app. 18 p.
Keywords	Long-term transport system vision, future studies, foresight
Publisher	VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland, Tel. 020 722 111

VTT Technical Research Centre of Finland is a globally networked multitechnological contract research organization. VTT provides high-end technology solutions, research and innovation services. We enhance our customers' competitiveness, thereby creating prerequisites for society's sustainable development, employment, and wellbeing.

Turnover: EUR 290 million

Personnel: 3,100

VTT publications

VTT employees publish their research results in Finnish and foreign scientific journals, trade periodicals and publication series, in books, in conference papers, in patents and in VTT's own publication series. The VTT publication series are VTT Visions, VTT Science, VTT Technology and VTT Research Highlights. About 100 high-quality scientific and professional publications are released in these series each year. All the publications are released in electronic format and most of them also in print.

VTT Visions

This series contains future visions and foresights on technological, societal and business topics that VTT considers important. It is aimed primarily at decision-makers and experts in companies and in public administration.

VTT Science

This series showcases VTT's scientific expertise and features doctoral dissertations and other peer-reviewed publications. It is aimed primarily at researchers and the scientific community.

VTT Technology

This series features the outcomes of public research projects, technology and market reviews, literature reviews, manuals and papers from conferences organised by VTT. It is aimed at professionals, developers and practical users.

VTT Research Highlights

This series presents summaries of recent research results, solutions and impacts in selected VTT research areas. Its target group consists of customers, decision-makers and collaborators.

Turvallinen liikennejärjestelmä 2100. Visio

Julkaisussa kuvataan yksi mahdollinen vuoden 2100 tulevaisuudentila turvallisesta suomalaisesta liikennejärjestelmästä, jossa ei aiheudu merkittäviin henkilö-, esine- tai ympäristövahinkoihin johtavia onnettomuuksia. Tämä visio rakennettiin yhteistyössä VTT:n tutkijoiden sekä Liikenneviraston ja Liikenteen turvallisuusvirasto Trafin virkamiesten kanssa. Tutkimus toteutettiin soveltaen visiotyöprosessia, johon kuuluu kolme vaihetta: (1) muutosvoimien kartoitus, (2) tulevaisuustaulukko ja visio sekä (3) vision kuvaaminen. Pääasiallisina tutkimusmenetelminä hyödynnettiin kirjallisuuskatsausta ja asiantuntijatyöpajoja.

ISBN 978-951-38-7614-2 (soft back ed.)

ISBN 978-951-38-7615-9 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

ISSN 2242-1211 (soft back ed.)

ISSN 2242-122X (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

