



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

SAMI MYÖHÄNEN

**AJOTAIDON TUTKIMINEN JA ARVIOINTI MITTAUSTEN JA
SOM:IN AVULLA**

Diplomityö

Tarkastaja: professori Ari Visa
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Tieto- ja sähkötekniikan
tiedekuntaneuvoston kokouksessa
9.12.2009

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Tietoliikenne-elektroniikan koulutusohjelma

MYÖHÄNEN, SAMI: Ajotaidon tutkiminen ja arviointi mittausten ja SOM:in avulla

Diplomityö, 55 sivua

Kesäkuu 2010

Pääaine: Signaalinkäsittely

Tarkastaja: professori Ari Visa

Avainsanat: liikennepsykologia, liikenneturvallisuus, SOM

Kuljettajien koulutus on tärkeä osa liikenneturvallisuutta ja sitä on ollut vaikea seurata tähän asti. Teknologian kehityksen myötä erilaiset seurantajärjestelmät ovat tulleet ajankohtaisiksi ja kuluttajakohtaisesti on vain ajan kysymys, että saataville tulee monenlaisia ajotapaa seuraavaa ja ohjaavaa laitetta. Teknologiaa voisi hyödyntää kuitenkin jo aikaisemmassa vaiheessa, eli itse opetusvaiheessa, jossa sitä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi vertaisoppimisessa. Lahjomaton automaattinen arvostelujärjestelmä ei jättäisi selittelyille sijaa ja sitä voitaisiin vielä tarvittaessa tukea videokuvalla. Oikeat liikennetilanteet ja niiden videointi olisi loistava apu koulutuksessa. Hyvä ajotaito ja turvallinen ajoneuvo eivät takaa sitä, että niitä käytetään hyvin – myös asenteet ja psykologia ovat tärkeä osa liikennekäyttäytymistä ja meidän jokaisen tulisi ymmärtää vastuu itsestä ja muista liikennettä käyttävistä. Teknologia ja psykologia eivät sulje toisiaan pois, mutta niiden yhdistäminen on kieltämättä haasteellista. Tässä työssä käydään läpi raskasajoneuvojen kuljettajien koulutuksen apuvälineeksi suunniteltu sovellus ja sen toteutusvaiheet, sekä tarkastellaan teknologian ja psykologian osuutta, sovelluksen ja liikenneturvallisuuden kannalta.

Työ jakaantuu kahteen kirjallisuusosaan, joista ensimmäisessä käydään läpi liikenneturvallisuutta tilastojen ja säädösten kannalta; mitkä asiat ovat vaikuttaneet liikenneturvallisuuteen pitkällä aikavälillä ja voiko tilastoihin yleensäkin luottaa. Toisessa osassa paneudutaan liikennepsykologiaan ja ihmisen käyttäytymiseen. Pohditaan myös sovelluksen kannalta, että mihin voidaan yleensäkin ihmisen käyttäytymisessä vaikuttaa, ja että mitä kannattaisi mitata ajoneuvosta tai itse kuskista.

Mittauksia tehdessä huomattiin, että ajoneuvosta toiseen siirrettävä järjestelmä on erittäin vaikea saada kaikille ajoneuvoille sopivaksi. Eri ajoneuvoille täytyy mitä todennäköisimmin tehdä eri laitteistot tai ainakin profiloida ne jotenkin, kun laitetta siirretään. Suurin yksittäinen tekijä hyvän ja huonon ajosuorituksen välillä oli jarrutus. Hyvä kuski pystyi ennakoimaan ajoon ja saattoi itsensä vain harvoin tilanteeseen, jossa vain paniikkijarrutuksella voitaisiin säästyä onnettomuudelta.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Communication-Electronics

MYÖHÄNEN, SAMI: Analysing of driving skills with measurements and SOM

Master of Science Thesis, 55 pages

July 2010

Major: Signal processing

Examiner: Professor Ari Visa

Keywords: traffic psychology, traffic safety, SOM

Driver's education plays important role in traffic safety, and it has been hard to follow, until now. Due to the technological development, different kind of tracking and measurement systems are topical. And from a consumer's point of view, it is only a matter of time when there is variety of drive-tracking systems to choose from. Technology could and should be utilised already in driver's education, where it could be used in education groups. Automatic system with a video is incorruptible and real traffic recordings could be used for later education. Good driving skills and safe car doesn't mean that they are used to support traffic safety – attitudes and psychology play major roles in traffic safety. We all should be aware of our traffic responsibility to ourselves and to each other. Technology and psychology doesn't necessary exclude each other but they are quite hard to combine. In this thesis we discuss about heavy vehicle driver education and a system that was designed to help it. We discuss about the role of technology and psychology from traffic safety point of view - and how I tried to consider it in my implementation.

The thesis is divided into two literature parts. In the first literature part we study traffic statistics and constitution. We try to find out the big picture of traffic safety in a long term. In the second literature part we dive in to traffic-psychology and human behaviour. We try to find out that what is relevant to measure, both from a car and from a human, to get reliable result to grade if one is a good driver or not.

During the system implementation and measurements we found out that it is extremely hard to make a system that is portable and compatible with all types of cars. Most likely portable systems have to have some kind of vehicle-profiling, before the system can be started. We also found out that the most important element between good and bad driver is braking – good driver doesn't end up in situations where you have to brake fast and forcefully. He is capable of predictive driving.

ALKUSANAT

Tämä on työ on osa pitempiaikaista projektia ja se on tehty Jalasjärven Ammatillisen Koulutuskeskuksen (JAKK) Tampereen toimipisteessä. Työskentely tapahtui eri alojen ammattilaisten kanssa ja kesti noin yhdeksän kuukautta.

Haluan kiittää professori Pekka Toivasta, joka ohjasi työtäni alkuvaiheessa ja auttoi paljon työn teoriaosuuden kanssa. Hänen jälkeensä ohjaamista jatkoi professori Ari Visa, jota haluan kiittää kärsivällisestä ja tarkasta ohjauksesta, kun kävimme läpi työni kokonaiskuvaa ja kappaleiden rakennetta. Lisäksi haluan kiittää professori Seppo Pohjolaista, sekä kasvatustieteen maisteri Pekka Rantaa työni ohjauksesta ja hyvistä ideoista.

Suuri kiitos kuuluu JAKKin työkollegoilleni diplomi-insinööri Vesa Piipposelle, insinööri Markus Valtamolalle ja diplomi-insinööri Matti Heikkilälle, jotka olivat mukana mittauksissa ja järjestelmän suunnittelussa. Haluan kiittää myös laitteistotoimittaja Taipale Telematics Oy:n työntekijöitä yhteistyöstä ja neuvoista.

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	vii
2.	Liikenneturvallisuus	1
2.1.	Liikenneonnettomuustilastot	2
2.2.	Tutkimukset ja tuet	3
2.3.	Kuljettajien onnettomuusalttius	5
2.4.	Muuttuvat tekijät	6
2.4.1.	Alkoholi ja väsymys	6
2.4.2.	Keliolosuhteet	8
2.5.	Ajoneuvo	9
3.	Liikennekäyttäytyminen	12
3.1.	Havaitseminen liikenteessä	12
3.2.	Ratkaisunteko	13
3.3.	Yksilölliset erot	14
3.4.	Asenteet	16
3.5.	Koulutus ja oppiminen	16
3.6.	Muuttuvat tekijät; väsymys ja alkoholi	18
3.7.	Ihmisen mittaaminen	19
3.8.	Toimenpiteet	20
4.	Teoria	23
4.1.	SOM	23
4.1.1.	Algoritmi	24
4.1.2.	Komponenttitasot ja U-matriisi	26
4.2.	DATAN PROSESSOINTI	27
4.2.1.	MEAN JA MED	28
4.2.2.	Esiprosessointi	29
4.2.3.	Jälkianalyysi	30
5.	Mittaukset	32
5.1.	Laitteisto	32
5.2.	Ajosuoritukset	32
5.3.	Testaus	33
6.	Tulokset	34
6.1.	Kirjallisuustutkimus	34
6.2.	Mittaustulokset	36
6.3.	Työstä opittua	38
7.	yhteenvedo	41
7.1.	Tulevaisuus ja pohdinnat	42
	Lähteet	45

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

ABS	Antiblockiersystem, on järjestelmä joka estää ajoneuvojen renkaiden lukkiutumista jarrituksen aikana
AKE	Ajoneuvohallintokeskus
BKT	Bruttokansantuote
BMU	Best Matching Unit
CAN	Controller Area Network, on automaatioväylä, jota käytetään mm. ajoneuvoissa
ESP	Ajonvakautusjärjestelmä, joka korjaa kuljettajan ohjausvirheitä, kuten auton aliohjautumista
HILMO	Hoitoilmoitustietokanta
JAKK	Jalasjärven Ammatillinen Aikuiskoulutuskeskus
LVK	Vakuutusyhtiöiden liikennevahinkorekisteri
MEAN	Keskiarvosuodin
MED	Mediaanisuodin
PATJA	Poliisin tietojärjestelmä
SOM	Self-Organizing Map, eli itseorganisoituva kartta. Neuroverkkomenetelmä, joka perustuu ohjaamattomaan oppimiseen
SNR	Signal-to-noise ratio, signaalin ja kohinan suhdeluku. Mitä suurempi luku on, sitä paremmin signaali on säilynyt
TKK	Aalto-Yliopiston Teknillinen Korkeakoulu
TTY	Tampereen Teknillinen Yliopisto
$\alpha(t)$	Oppimisnopeuskerroin
$\sigma(t)$	Naapurusto
m_c	Voittajayksikköön liittyvä mallivektori
m_i	Neuroniin i liittyvä mallivektori
$\ \cdot\ $	Euklidisen etäisyyden notaatio

1. JOHDANTO

Tämä työ on osa JAKKin pitempiaikaista projektia, jossa pyritään parantamaan sen raskaiden ajoneuvojen kuljettajien koulutusta. Ajolaitteet ja tekniikka ovat menneet eteenpäin vuosien saatossa ja myös koulutus tulisi saattaa sen vaatimalle tasolle. Erilaiset automaattiset ajonarvostelujärjestelmät ovat jo nyt kuluttajien saatavilla, mutta koulutuksessa niitä ei vielä juurikaan hyödynnetä. Tässä työssä pohdittiin hyvän ja huonon kuskin välisiä eroja ja kehitettiin sovellus, joka on kouluttajan apuna arvioitaessa oppilaan ajoa.

Raskaiden ajoneuvojen kuljettajien koulutus on tärkeä osa liikenneturvallisuutta. Tapaturmissa, joissa toisena osapuolena on raskas ajoneuvo, puhutaan yleensä vakavista henkilö- tai materiaalivahingoista ja näiltä halutaan välttyä. Rahallisesti tilanne koskettaa etenkin kuljetusfirmoja ja vakuutusyhtiöitä. Turvallisen ajotavan noudattamisella onnettomuuksia voitaisiin vähentää merkittävästi ja joukkoliikenteen merkityksen kasvaessa, myös ennakoiva ajo ja asiakasmukavuus ovat tärkeissä rooleissa. Kuljettajien koulutus pyrkii huomioimaan näitä seikkoja, mutta tulosta on vaikea mitata tai seurata kattavasti pelkkien tilastojen ja kyselyiden perusteella. Nykytekniikan avulla on mahdollista mitata monia eri muuttujia ajon aikana ja kiinnostus automaattiseen kuljettajan seurantaan, sekä arviointiin on herättänyt kiinnostusta useissa eri tahoissa.

Euroopan yhteisöjen komissio on käynnistänyt ja rahoittanut useita poliittisia, strategisia ja teknisiä aloitteita, jotka tutkivat korkealla tasolla älykkään liikenteen järjestelmien tutkimista, kehittämistä, kokeilua ja näistä tiedottamista. Markkinoilla on jo monia erilaisia ratkaisuja; kaistavahti, mukautuva vakionopeudensäädin, estetunnistin tai hätätilanteissa toimivat turvavyön esikiristin ja hätäjarrutehostin. Ajoneuvoteollisuus ja komissio tiedottavat tutkimustuloksista konferensseissa, foorumeissa ja projektien tapahtumissa. Näitä seuraamalla on mahdollista saada ensisijaista tietoa tutkimuksista ja tuotteista. Komission suurimpia haasteita tällä vuosituhanella tulee olemaan älykkäät ja yhdessä toimivat järjestelmät. Nämä voidaan käsittää tietoa mittaavina, käsittelevinä ja sitä tuottavina sensorijärjestelminä, jotka pidentävät aikahorisonttia, jonka aikana kuljettajalla on mahdollisuus reagoida tilanteen vaatimalla tavalla. Mielenkiintoisia projekteja ovat muun muassa PREVENT, Safespot, Car-2-Car ja EuroFOT, joista viimeksi mainitussa rekisteröidään raskaiden ajoneuvojen ajossa eteen tulevia vaarallisia tilanteita mahdollisimman tarkasti, seurantateknologian avulla. Simulaattoreiden käyttö koulutuksessa on myös kasvussa ja ne ovatkin hyviä oppilaiden perustaitoja opetettaessa, tai tutkittaessa esimerkiksi vaarallisiin tilanteisiin reagoimista. Yksi koulutuksessa käytetty simulaattori on Team Simrac Finland Oy:n Volvon linja-

auton etuosasta rakentama simulaattori, joka on apuna D-luokan ajokortin koulutuksessa. Simulaattorit ovat kuitenkin vielä hyvin kalliita ja niitä ei voida käyttää itse ajotaidon todisteena tai ajokokeen sijasta. Ideaali järjestelmä olisi helposti liikuteltavissa ja ajoneuvosta toiseen vaihdettavissa oleva järjestelmä, joka seuraisi ajoa kaiken aikaa ja arvostelisi ajon - lahjomattomasti. Tässä on kuitenkin ongelmana se, että vaikka autovalmistajille on standardit tiedonsiirron ja väyläliikenteen toteuttamiseen, niin harva niitä noudattaa. CAN-väylästä lukeminen kyllä onnistuu, mutta saatava data eroaa suuresti valmistajien kesken.

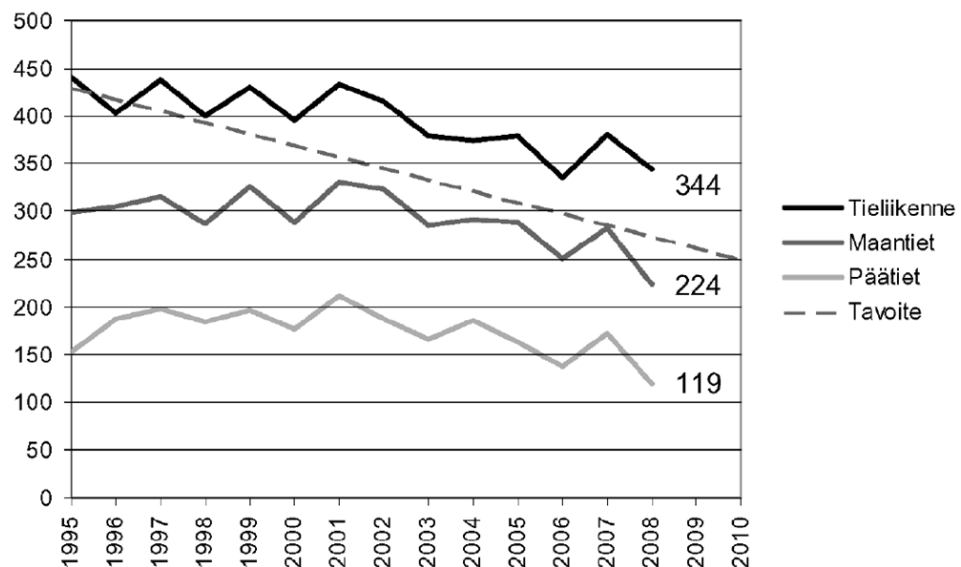
JAKK on Suomen merkittävimpiä aikuiskoulutuskeskuksia, jonka yksi pääpainoista on autoala. DriveCoach-projekti sai alkunsa jo vuonna 2005, jolloin tehtiin alustavia suunnitelmia. Diplomityön teko aloitettiin syksyllä 2006. Työhön vaadittava mittausdata kerättiin JAKKIn toimesta, Taipale Telematics Oy:n toimittamalla laitteistolla. Laitteistotoimittajalla itsellään oli sovellus, jonka avulla voitiin arvioida kuljettajan toimintoja, mutta haluttiin kehittää tarkemmin räätälöity sovellus juuri koulutukseen ja oppilaiden välisten erojen löytämiseen. Analysointimenetelmäksi päätettiin SOM-sovellus (*Self-Organizing Map*), joka sopii hyvin tiedon louhintaan, ryhmittelyyn ja visualisointiin. SOM, kuten muutkin neuroverkot, sopii hyvin suurien datamäärien käsittelyyn ja se voidaan suunnitella ongelmakohtaisesti. Neuroverkko-sovelluksissa on suuria kompleksisuuseroja, riippuen vaativuustasosta.

Luvussa kaksi käydään läpi liikenneturvallisuutta yleisellä tasolla, sekä sen kehitystä ja nykytilaa tilastojen valossa. Lisäksi luodaan katsaus, että mitä muissa alaan liittyvissä tutkimuksissa on saatu selville ja mitä ongelmia on esiintynyt. Luvussa kolme paneudutaan tarkemmin siihen, että miten ihminen käyttäytyy liikenteessä, liikennepsykologiselta kannalta. Kappaleessa tarkastellaan, että miten ihminen oppii ja käyttäytyy, ja että mitä kannattaisi mitata. Lisäksi perustellaan, että mitä tässä työssä mitattiin ja miksi, sekä käydään läpi laitteisto ja rajoitteet. Kappaleessa neljä käydään läpi teoria ja menetelmät, joita käytettiin sovelluksessa. Kappaleessa viisi esitetään, että miten työ ja siihen vaadittavat mittaukset käytännössä toteutettiin. Kappaleessa kuusi on yhteenveto ja johtopäätökset, sekä pohdinnat työn tuloksista.

2. LIKENNETURVALLISUUS

Vuonna 2006 valtioneuvosto asetti periaatepäätöksessään määrällisiä tavoitteita ja pitkän tähtäyksen ohjenuorana nolla-visio tavoitteen. Nolla-vision mukaan tieliikennejärjestelmä on suunniteltava, niin ettei kenenkään, joka noudattaa liikennesääntöjä, tarvitse loukkaantua tai kuolla liikenteessä. Nolla-visio juontaa juurensa siitä ajatuksesta, ettei ole eettisesti hyväksyttävää, että ihmisiä kuolee heidän käyttäessään liikkumistarpeita varten suunniteltua liikennejärjestelmää. Tiet, ajoneuvot ja liikennepalvelut on suunniteltava ja järjestettävä siten, ettei ylitetä sitä tasoa, jonka ihmiskeho sietää vammautumatta vakavasti. Kokouksen määrällisiksi tavoitteiksi asetettiin enintään 250 kuollutta vuonna 2010 ja enintään 100 kuollutta vuonna 2025 (ks. kuva 2.1).

Tieliikennekuolemat vuosina 1995-2008



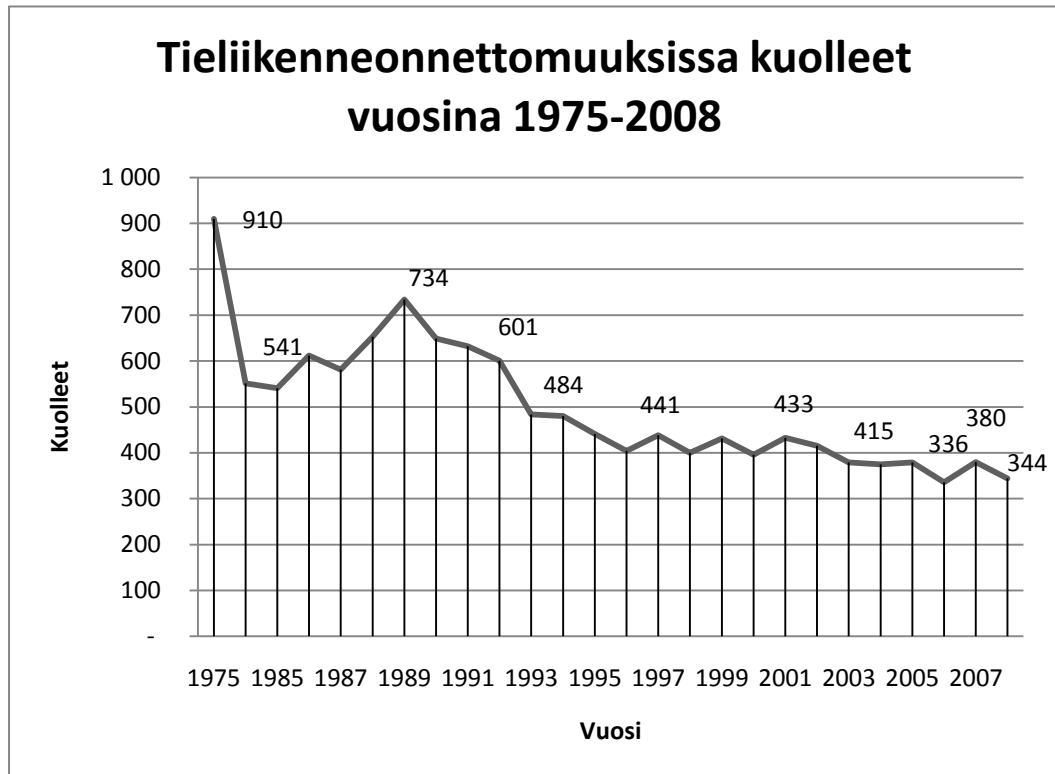
Vuodelle 2010 on asetettu tavoite, että liikennekuolemia tapahtuisi alle 250.

Kuva 2.1: Tieliikennekuolemat vuosina 1995-2008 [1, sivu 15].

Liikenneturvallisuustilanne Suomessa parani 90-luvulla odotettua nopeammin aina vuoteen 1996 saakka. Tänä aikana onnettomuudet vähenivät yli 600 kuolleesta 404 kuolleeseen. Tähän oli osasyynä lamasta johtuva liikenteen kasvun hidastuminen. Vuonna 1997 tehdyssä periaatepäätöksessä asetettiin, että vuonna 2005 turvallisuustaso

Suomessa tulisi olla sama, kuin se oli Ruotsissa ja Norjassa oli 1990-luvun loppupuolella – tähän tavoitteeseen päästiin.

Liikennekuolemat ovat vähentyneet vuosikymmenien kuluessa, vaikka itse liikennesuoritteet ovat lisääntyneet väestön kasvun myötä. 1970-luvulla voimaantulleet turvavyöpakko, tiekohtaiset nopeusrajoitukset, sekä promillelaki vähensivät liikenneonnettomuuksissa kuolleiden määrää merkittävästi (ks. 2.2).



Kuva 2.2: Tieliikenneonnettomuuksissa kuolleet vuosina 1975-2008.

”Liikenteen jatkuvasta kasvusta maksetaan kova hinta, sillä vuosittain Euroopassa tapahtuu 1 300 000 henkilövahinkoihin johtavaa tieliikenneonnettomuutta, joissa kuolee yli 40 000 ja loukkaantuu yli 1 700 000 ihmistä. Tämän joukkotuhon suoriksi tai välillisiksi kustannuksiksi on arvioitu 160 miljardia euroa eli 2 prosenttia Euroopan unionin BKT:stä.” [2, sivu 4] Tämä ei tietenkään ole suotavaa. Liikenneturvallisuutta pyritään parantamaan koko ajan ja sen kehitystä tutkitaan ja seurataan mm. tilastojen avulla. Liikenneturvallisuuden liittyvistä tutkimuksista ja tilastoista seuraavissa luvuissa hieman tarkemmin.

2.1. Liikenneonnettomuustilastot

Tietoa liikenneonnettomuuksista kerätään Suomessa kolmella taholla:

- poliisin tietojärjestelmä, PATJA
- vakuutusyhtiöiden liikennevahinkorekisteri, LVK
- sairaaloiden hoitoilmoitusrekisteri, HILMO

PATJA on Tilastokeskuksen ylläpitämän virallisen tilaston perusta, josta Tiehallinto saa liikenneonnettomuustiedot. Näistä kattavin on LVK, sillä kaikki onnettomuudet eivät tule poliisin rekisteriin. PATJA kattaa kaikki kuolemaan johtaneet onnettomuudet, noin 20% henkilövahinko-onnettomuuksista ja omaisuusvahinko-onnettomuuksissa jäädyään huomattavasti alle 20%. Esimerkkinä mainittakoon, että poliisin mukaan vuonna 2008 Helsingissä sattui 2600 liikenneonnettomuutta, kun taas vakuutusyhtiöt tilastoivat viisinkertaisen määrän, noin 13 000 liikenneonnettomuutta. [3]

Onnettomuudet koskettavat myös taloudellisesti, niin uhreja, vakuutusyhtiöitä kuin yhteiskuntaakin. Tiehallinto on käyttänyt laskuissaan yhteiskunnalliseen maksuhalukkuuteen perustuvaa menetelmää, jota on korjattu edustavuuskertoimella, eli juuri sillä ettei kaikkia onnettomuuksia tilastoida, ja Tiehallinto on päätenyt seuraaviin arvioihin: kuolemaan johtanut onnettomuus 2 205 000 €, loukkaantumiseen johtanut onnettomuus 330 000 € ja omaisuusvahinkoon johtanut onnettomuus 2700 €. Tiehallinnon mukaan henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien aiheuttamat kustannukset maanteilla vuonna 2008 olivat noin 1,6 mrd. €, josta kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien osuus oli 0,5 mrd. €.

2.2. Tutkimukset ja tuet

Eurooppalaisen älykkään liikenteen tutkimustoiminnan suurin rahoittaja on komissio, jonka puiteohjelmissa on vuodesta 1987 lähtien määritelty ja tutkittu liikenneturvallisuutta, sen toimivuutta ja käyttäjien tarpeita. Toinen suuri rahoittaja, ajoneuvoteollisuus, panostaa vahvasti sellaisiin järjestelmiin, jotka perustuvat ajoneuvon omiin järjestelmiin; ABS, ESP, kamerat jne. Tutkimuksia tarkasteltaessa saa vaikutelman, että ne menevät päällekkäin ja se johtuu siitä, että projektia jatketaan seuraavalla projektilla, jossa ajatusta ja tuotteistamista viedään pidemmälle. Lopputulokseen tähtäävä järjestelmä voi olla sama, mutta reitti jota siihen on kuljettu, voi olla hyvinkin erilainen, riippuen tahosta. Tutkimuksiin ja tuloksiin pohjautuvia ajoavustesovelluksia voidaan odottaa markkinoille aikaisintaan 5-8 vuoden päästä, tutkimushankkeiden päätyttyä. Viime kädessä markkinat, eli ajoneuvovalmistajat, jotka osarahoittavat suuren osan tutkimuksista, päättävät että mikä tuote tuodaan markkinoille, ja että milloin se tapahtuu. Sama pätee komponenttivalmistajien kanssa, jotka ovat riippuvaisia kysynnästä – kun toimitusmäärät kasvavat, materiaali- ja tuotantokustannukset laskevat ja tuote yleistyy ajoneuvomerkeissä- ja malleissa. [4]

Tutkimustuloksia tuotteistetaan, mutta tässä on oma viiveensä. Tutkimuksen [4] mukaan suuri syy on, että ajoneuvokanta uusiutuu trendejä mukailien, mutta laitteet ja järjestelmät nopeammin. Uuden teknologian tuominen ajoneuvoihin voi viedä jopa kymmenen vuotta. Tulevaisuudessa kuljettajaa tuetaan yhä enemmän ajoneuvojen pitkälle kehitettyjen tunnistimien avulla, jotka havainnoivat ympäristöä ja antavat palautetta kuljettajalla tai jollekin kolmannelle osapuolelle, kuten toisille ajoneuvoilla tai kuljetusfirmoille.

Mielenkiintoisia projekteja ovat muun muassa seuraavat; PReVENT, Safespot, EuroFOT ja Car-2-Car (C2C), joista viimeksi mainittu syntyi eurooppalaisten autovalmistajien toimesta. Mukana C2C-projektissa ovat suurimmat eurooppalaiset autovalmistajat Audi, BMW, Daimler, Fiat, Honda, Opel, Renault, Volkswagen ja Volvo. Projektin tavoitteena on parantaa turvallisuutta ajoneuvojen välisellä viestinnällä paikkatiedon avulla ja asettaa auto ”hälytystilaan”, eli aktivoida turvalaitteet, jos uhkaava tilanne lähestyy. Raskaissa ajoneuvoissa yksi mielenkiintoisista tutkimushankkeista on EuroFOT, jossa muun muassa Volvo on mukana. Projektissa rekisteröidään vaarallisia tilanteita mahdollisimman tarkasti seurantateknologian avulla. Varustukseen kuuluu mukautuva vakionopeudensäädin, kaistavahti, näkökentän kuolleen kulman havainnointi, polttoaineenkulutuksen seuranta ja neljä kameraa.

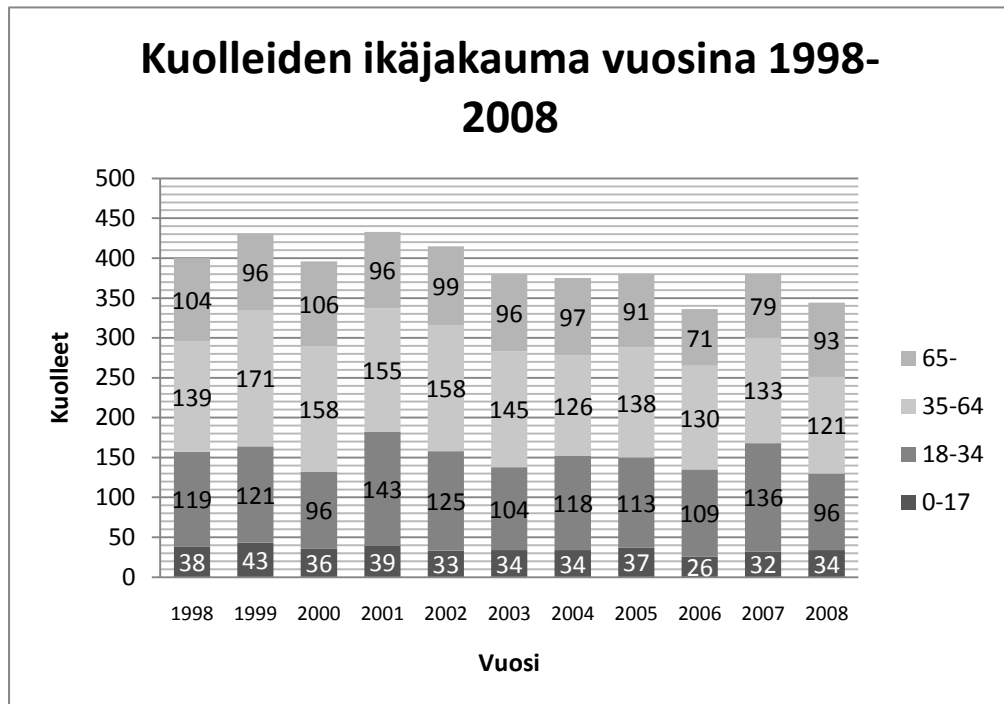
Tutkimuksissa ja mittauksissa saadun tiedon tutkimiseen ja analysointiin on monia menetelmiä. Mittaustekniikka on jo sillä tasolla, että mitattavia suureita voidaan kasvattaa lähes loputtomiin, joka taas tekee datan määrästä epämiellyttävän. Kilpailu tutkimusten ja projektien välillä käydäänkin analysointimenetelmien kesken; mitä saadaan mitattua ja mitä vielä tarvitaan, että analysointi olisi mahdollista. Tavoitteena on mahdollisimman yksinkertainen ja helppokäyttöinen arvostelujärjestelmä, joka käyttää minimaalisen määrän mittalaitteita.

Ennen analysointia mittausdata pitää esiprosessoida ja poimia siitä tehtäväkohtaisesti mielenkiintoiset tapahtumat. Datalle tuotetaan siis lisäarvoa, ennen kuin se analysoidaan. Neuroverkot ja sumea laskenta ovat tehokas ja joustava tapa suurien datamäärien analysointiin. Ne ovat levinneet laajalle ja kumpaakin tekniikkaa löytyy niin pesukoneista, kuin liikennevaloistakin. Huomattavasti monimutkaisempia ja raskaampia versioita käytetään esimerkiksi taloudellisissa sovelluksissa ja käyttäytymistä tai laitteistovikaa ennakoivissa järjestelmissä. SOM on hyvä myös esiprosessoinnissa, eli datan louhinnassa ja piirteiden löytämisessä, johon sitä TTY:n metsäkoneprojektissa ja TTY:n matematiikan opiskelijoiden kyselyssäkin käytettiin. Tässä diplomityössä käytin SOMia sekä esiprosessoinnissa, että luokittelijana.

Euroopan yhteisöjen komissio ja autovalmistajat rahoittavat erinäisiä tutkimuksia. Julkisten tutkimusten ja niiden tulosten siirtyminen kuluttajan tuotteeksi on kuitenkin hyvin hidasta. Suurin osa liikenneturvallisuuden tutkimuksesta ja kehityksestä käydään autovalmistajien suljettujen ovien takana, ja he tietenkään panostavat omien ajoneuvojensa tuotteisiin. Loppujen lopuksi on hyvin paljon kiinni kysynnästä ja tarjonnasta, että mikä tuote tai tekniikka tulee käyttäjille – jos autovalmistaja päättää tukea tiettyä tuotetta, sen yksikköhinta laskee ja tuote yleistyy entisestään. Tutkimuksissa onkin tämän takia paljon päällekkäisyyksiä ja laitteesta tai tekniikasta saattaa löytyä monta eri vaihtoehtoa.

2.3. Kuljettajien onnettomuusalttius

Väestön rakenne Suomessa muuttuu. Elinikä pitenee ja syntyvyys pienenee. 1940-luvun lopulla syntyneet, ns. suuret ikäluokat, tulevat eläkeikään 2010-luvulla ja vuonna 2030 Tilastokeskuksen ennustusten mukaan yli 65-vuotiaita on yli neljäsosa väestöstä. Väestörakenteen muutoksesta riippumatta kuolleiden ikäjakauma on pysynyt samana ja näin ollen seurannut ikärakenteen muutosta. Kuvasta 2.3 nähdään kuolleiden ikäjakauma vuosien 1998 ja 2008 väliseltä ajalta.



Kuva 2.3: Kuolleiden ikäjakauma vuosina 1998-2008.

Liikennesuoritteen määrä kuitenkin vaihtelee suuresti eri ikäluokkien välillä. Lintuprojektissa [5] tarkasteltiin liikenneonnettomuuksissa kuolleiden ikää suhteessa liikennesuoritteeseen ja väestöön. Tuloksena saadusta taulukosta (ks. kuva 2.4) nähdään, että eläkeläisten riski ns. aktiiviväestöön (15-65v) verrattuna on noin kaksinkertainen suhteessa väkilukuun ja jopa viisinkertainen suhteessa liikennesuoritteeseen.

Ikäryhmä	Osuus väestöstä %	Osuus suoritteesta %	Osuus kuolleista 1995-98 %	Suhteellinen riski ikään nähden	Suhteellinen riski suoritteeseen nähden
0-14 v.	18	12	6	0.4	0.7
15-64 v.	67	82	67	1	1
65- v.	15	6	27	1.8	5.5

Kuva 2.4: Ikä ja suhteellinen onnettomuusriski [5, sivu 18].

Miesten omistamien ajokorttien suhteellinen määrä on pysynyt lähes muuttumattomana viime vuosikymmenten ajan, kun taas naisilla vastaava luku on edelleen kasvussa. Mieskuljettajat aiheuttivat 71,5 % kaikista liikennevahingoista vuonna 2008. Kuljettajien suhteutettu onnettomuusriski pienenee jopa neljänneksen ajokortin viiden ensimmäisen voimassaolovuoden aikana. Alle 25-vuotiaiden osuus kaikista uhreista on viime vuosina ollut noin 38 %. Kuolleista miehiä oli 74,7 % ja naisia 25,3 %. [6] Sukupuolten välinen raja ei kuitenkaan ole niin yksiselitteinen; miesten liikennesuorite on huomattavasti suurempi, etenkin ammattikuljettajien keskuudessa, joka taas korreloi kuolleisuustilastojen kanssa; suurissa ja vaarallisissa onnettomuuksissa on usein osallisena raskasajoneuvo.

Myös ajotottumuksissa on eroja sukupuolten välillä. Laapotti toteaa väitöskirjassaan [7], että naiset ajavat usein jonkin syyn seurauksesta, kun miehillä esiintyy enemmän myös niin kutsuttua huviajelua. Suurimpana ongelmana naisilla pidetään ajoneuvon käsittelytaitoa ja miehillä riskihakuista ajokäyttäytymistä. Toisaalta, Lintu-projektissa [8] tultiin siihen tulokseen, että naisten heikko tekninen tietämys ja ajokokemuksen puute voivat olla juuri se ratkaiseva tekijä, kun joudutaan reagoimaan nopeasti, jotta välttyttäisiin onnettomuudelta. Samassa projektissa todettiin myös se, että naisten ajokorttien määrä kasvaa yhä ja todennäköisesti erot sukupuolten välillä tasoittuvat ajan myötä. Näin varmastikin on ja lisäksi voidaan todeta, että kun ikää karttuu, niin naisten kokemus ja ajotaito paranevat, samalla kun miesten huviajelu vähenee, eli kummallekin ominaiset riskit vähenevät ja ikääntyvän kuskin sukupuoli rupeaa menettämään merkityksensä.

2.4. Muuttuvat tekijät

Muuttuvilla ja vaihtelevilla tekijöillä käsitetään kuskin juuri sen hetkiseen toimintaan vaikuttavia tekijöitä, joita ovat esim. väsymys ja alkoholin vaikutus, sekä keliolosuhteet. Tarkkoja tilastoja muuttuvien tekijöiden vaikutuksista on vaikea esittää, koska esimerkiksi läheltä piti –tilanteita ei rekisteröidä mihinkään järjestelmään. Muuttuvien tekijöiden vaikutusta liikennekäyttäytymiseen tutkitaan muun muassa simulaattoreiden avulla, mutta toisaalta simulaattori on kontrolloitu tilanne, eikä se psykologiselta kannalta tarkasteltuna vastaa tosielämän tilannetta.

Muuttuvien tekijöiden vaikutusten seurannasta osa on poliisin vastuulla; jos kuski on poliisin arvostelukyvyn mukaan kykenemätön ajamaan, voivat he puuttua tilanteeseen. Poliisi ei kuitenkaan pysty valvomaan kaikkia kuljettajia ja jos kuskin tilaa voitaisiin seurata jatkuvasti jollakin järjestelmällä, niin välttyttäisiin monilta onnettomuuksilta.

2.4.1. Alkoholi ja väsymys

Alkoholin vaarallisuudesta liikenteessä ollaan yksimielisiä, mutta alkoholimäärien vaikutuksista ollaan eri mieltä. Euroopassa rattijuopumuksen veren alkoholipitoisuusmäärät vaihtelevat pääosin 0,5 ja 0,9 promillen välillä. Promillemäärä

mitataan alkometrilaitteella ja tarvittaessa verikokeella. Kuskin ajokykyä voidaan arvioida myös muilla keinoin, kuten USA:ssa käytetyllä kävelytestillä, mutta tämä ei ole niin luotettava kuin perinteinen puhallustesti. Tutkimuksissa alkoholin vaikutusta pyritään mittaamaan kokeellisesti ajotaitokokeilla, ajosimulaattoreilla ja erinäisillä laboratoriotutkimuksilla, kuten psykomotorisilla testeillä. Yksi tunnetuimmista ja suurimmista tutkimuksista lienee Borkensteinin jo vuonna 1963 Yhdysvalloissa tehty tutkimus [9], jossa tutkittiin sekä kuljettajien, että jalankulkijoiden käyttäytymistä alkoholin vaikutuksen alaisena. Yksi päätuloksista oli, että yli 0,8 promillen ylittävän ryhmän liikennekäyttäytyminen muuttui kiistatta huonommaksi, jopa vaaralliseksi. Tämä onkin monessa maassa asetettu rangaistusrajaksi. Sama tulos todettiin myös jalankulkijoilla, joilla muutos tapahtui hieman myöhemmin.

Väsytys ja alkoholi vaarantavat omaa ja muiden liikenneturvaa ja erittäin vaaralliseksi tekee niiden yhteisvaikutus. Yleinen käsitys siitä, että alle 0,5 promillen veren alkoholipitoisuus on sallittavaa, on harhaanjohtavaa, etenkin pitkällä matkoilla, jolloin ollaan alttiita väsymiselle. Tutkimuksessa [10] 0,3 promillea yhdistettynä pidennettyyn valveillaoloon, heikensi suoritusta simulaattorissa enemmän, kuin yli 0,5 promillea yksinään. Tutkimuksessa [11] vastaava raja oli 0,35 promillea. Tutkimuksissa on todistettu, että 24 tunnin valveillaolo vastaa noin yhden promillen veren alkoholipitoisuutta ja 36 tunnin valveillaolo noin puoltatoista promillea. ”VALTin tutkimuksen mukaan vuonna 2008 aiheuttajakuljettajista 10 % oli välittömänä riskitekijänä sairauskohtaus ja 5 % rattiin nukahtaminen.” [6, s. 41.] Vähintään 10 %, ehkä jopa 30 % kuolemaan johtaneista tieliikenneonnettomuuksista Suomessa liittyy väsymykseen.

Vuoteen 2009 mennessä liikennekuolemien määrä rattijuopumustapauksissa on kasvanut 14 prosentilla viimeisen kymmenen vuoden aikana. Loukkaantuneiden määrä on kasvanut neljällä prosentilla vastaavana aikana. Kuolemantapauksista tämä on noin neljännes ja loukkaantuneista kymmenesosa kaikista onnettomuustapauksista. Miehiä menehtyneistä oli 86 prosenttia ja loukkaantuneista 78 prosenttia. [12] Tampereen aikuisväestöstä ositettuna satunnaisotantana valitussa otoksessa 15 % kuljettajista kertoi torkahtaneensa rattiin ja 1,3 % joutuneensa väsymykseen liittyvään liikenneonnettomuuteen [13]. Tämän tutkimuksen tulokset osoittivat 19,5 % (N=1121) kuljettajista nukahtaneensa rattiin jossain vaiheessa ajouraansa. Ajoaika yksinään ei tunnu olevan ratkaiseva tekijä, sillä 60 % kuolemaan johtaneista rattiin nukahtamiseen liittyvistä onnettomuuksista tapahtuu ensimmäisen ajotunnin aikana [14]. Tässä otoksessa rattiin nukahtamisesta ilmoittaneiden tapauksissa ajoaika oli 64,2 % alle 2 tuntia.

Alkoholi-onnettomuudet	v 2004		v 2005		v 2006		v 2007		v 2008		Yhteensä	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Yhteenajot	19	28	17	25	19	25	28	37	19	27	102	28
Yksittäisonnettom	50	72	52	75	57	75	47	63	51	73	257	72
Yhteensä	69	100	69	100	76	100	75	100	70	100	359	100

Kuva 2.5: Alkoholionnettomuudet vuosina 2004-2008 [15, sivu1].

Tutkijalautakunnat tutkivat vuonna 2008 yhteensä 258 kuolemaan johtanutta tieliikenteessä tapahtunutta moottoriajoneuvo-onnettomuutta, joista 27 % jollakin osallisella kuljettajalla oli veressään alkoholia vähintään 0,5 promillea. Alle 26-vuotiaat aiheuttavat 30 % alkoholionnettomuuksista. Viime vuosikymmenet poliisin tietoon tulleiden rattijuopumusten määrä on pysynyt lähes muuttumattomana. Vuodesta 1980 lähtien rattijuopumusten määrä on vaihdellut 20 000 ja 30 000 välillä - vuonna 2008 poliisi rekisteröi noin 26 000 rattijuopumustapausta. [6]

2.4.2. Keliolosuhteet

Väsytys ja humalatila ovat hyvin paljon samantyyllisiä tiloja, vaikka yleensä vain toinen on itseaiheutettu. Vaihteleviksi tekijöiksi voidaan laskea myös ympäristötekijät, kuten tie- ja keliolosuhteet, sekä valoisuus. Kyselyiden mukaan epämieluisimmat kelit ajaa ovat sade ja sumu, kun taas vuorokaudenajoista epämieluisin on yö. Tieolosuhteista epämieluisin, ehkä hiukan yllättäenkin, on suora ja yksitoikkoinen tie. Kaikki edellä mainitut vaikeuttavat havainnointia tai altistavat psyykkiselle väsymykselle [16]. Psyykkisellä väsymyksellä tarkoitetaan tilanteeseen tylsistymistä ja adaptoitumista, jolloin ei olla valmiita reagoimaan nopeasti, tästä tarkemmin luvussa kolme, Liikennekäyttäytyminen.

Vakuutusyhtiöiden liikennevakuutustilaston mukaan (ks. kuva 2.6), vuonna 2008 kaikista vahingoista 79 % ja henkilövahingoista 75,6 % tapahtui päivänvalolla. Saman tilaston mukaan vahingot jakautuivat keliolosuhteittain seuraavasti; kuiva keli 62,4 %, märkä keli 14,9 % ja luminen tai jäinen keli 22,7 %

Valoisuus ja valaistus	Liikennevahingot			Henkilö- vahingot	Uhrin		Uhreja / 100 vahinkoa
	N	%	muutos-%	N	N	%	N
Päivänvalo	71 038	79.0	-1.1	11 790	15 141	73.9	21
Hämärä	8 087	9.0	0.3	1 594	2 160	10.5	27
Pimeä, valaistu	8 150	9.1	0.5	1 428	2 010	9.8	25
Pimeä, ei valaistu	2 617	2.9	0.3	777	1 182	5.8	45
Yhteensä	89 892	100.0	0.0	15 589	20 493	100.0	23
Ei tiedossa	10 091	.	.	1 713	2 117	.	21
YHTEENSÄ	99 983	.	.	17 302	22 610	.	23

Kuva 2.6: Liikennevahingot ja valoisuus [6, sivu 47]

Kuukausista vahinkovilkkein oli maaliskuu ja viikonpäivistä perjantai – vahingot suhteessa uhrimäärään tarkasteltaessa tuhoisimmat viikonpäivät olivat lauantai ja sunnuntai. Kuukausissa eniten henkilövahinkoja tapahtui kesäkuukausina. Otettaessa mukaan myös touko-, syys- ja lokakuu, niin katetaan 57 % loukkaantuneista ja voidaan

todeta, että kesäaikaan tapahtuu enemmän onnettomuuksia. Kuolleisuustilastoissa tilanne ei ole aivan näin selkeä, vaan kuolemantapauksia tulee tasaisemmin koko vuoden läpi; vuonna 2008 heinä- ja lokakuussa tilastoitiin eniten kuolemantapauksia, heinäkuussa 11,9% ja lokakuussa 12,7%. Kuolemantapauksia, joissa oli taustalla rattijuopumus, rekisteröitiin eniten lokakuussa 21,9 %.



Kuva 2.7: Liikennevahingot ja valoisat kuukaudet.

VALTin kuolemankolareista keräämä aineisto osoitti vuodenaikojen vaihtelun liittyvän nukahtamisonnettomuuksiin. Niiden suhteellinen osuus oli selvästi korkeampi kesällä [17]. Tätä tuki myös Partisen raportti [18]. Terveystieteiden tutkimuskeskuksen mukaan Pohjoismaissa raportoidaan univaikeuksista enemmän kesällä, mutta tämä voi johtua osittain myös yleisistä elämäntapamuutoksista; kesällä juodaan alkoholia enemmän, ollaan pidempään ulkona ja ajomatkat pitenevät. Vaikka ajokelit ovat talvella huonommat, niin voitaneen sanoa, että se ei vaikuta onnettomuuksiin ehkä niin voimakkaasti, kuin voisi luulla.

2.5. Ajoneuvo

Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2008 Suomessa oli 2 700 000 rekisteröityä henkilöautoa, kuorma-autoja reilut 100 000 ja linja-autoja hieman päälle 12 000 kappaletta. Yhteensä ajoneuvoja, kun mukaan vielä lasketaan paketti- ja erikoisautot, oli 3 150 000 kappaletta. Ajoneuvoissa ja niiden käyttölaitteissa on suuria eroja, joten sellainen laitteisto, joka sopisi mihin tahansa ajoneuvoon, on hyvin vaikea toteuttaa. Tilanne helpottuu hieman, jos jätetään pois hallintalaitteet ja keskitytään ajoneuvon käyttäytymiseen, eli tarkastellaan ajoneuvoa ulkopuolisesti. Se, että hallintalaitteet ja kuski jätetään pois yhtälöstä, ei tarkoita sitä, ettei kuskiä voitaisi arvioida; esimerkiksi kiihtyvyydet ja ajon tasaisuus antavat jo hyvän lähtökohdan kuskin arviointiin. Sama ongelma kuitenkin säilyy, sillä ajoneuvot käyttäytyvät hyvin erilalla; henkilöauton normaalissa ajossa esiintyvät kiihtyvyydet, eli kiihdytykset ja jarrutukset, eivät ole turvallisia raskaille ajoneuvoille. Tarvitaan jonkinlainen ajoneuvon tunnistus, jotta järjestelmä olisi mahdollisimman globaali. Tässä työssä paneuduttiin linja-autojen ja

kuorma-autojen arviointiin, joiden välillä oli havaittavissa eroja ja kummallekin ajoneuvolle oli sovelluksesta oma versionsa.

Ajoneuvon tarkkailuun kuuluu kunnan havainnointi ja ennen ajovuoroja suoritettavat tekniset tarkastukset yhdessä ennakoivan huolto-ohjelman kanssa. AKE:n selvityksen mukaan monet tekniset viat, jotka ovat johtaneet onnettomuuksiin tai vaikuttaneet niihin, ovat olleet yksittäistapauksia, mutta koska nekin voivat aiheuttaa vakavia vaaratilanteita, tulisi myös niihin puuttua mahdollisimman tarkasti. Suurin yksittäinen puute kuorma-autoilla on ollut jarrujen huono kunto, jotka taas samalla listataan ajoneuvon tärkeimmäksi turvallisuusvarusteeksi. Tällä hetkellä jarrujen kunto varmennetaan dynamometrillä vuosittaisen katsastuksen yhteydessä ja AKE:n selvityksessä ehdotetaan, että vuositarkastusten välissä tulisi suorittaa erillinen jarrujen tarkastus ja todistus siitä tulisi pitää mukana ajoneuvossa koko ajan. Linja-autoissa suurin ongelma on ollut linja-autopalot ja sähköviat. Parannusehdotukseksi AKE ehdottaa määrääjain suoritettavia palotarkastuksia, joiden todistukset tulisi pitää ajossa mukana. [19] Kummassakin parannusehdotuksessa ehdotetaan lisätarkastuksia, joka taas on resurssikysymys, niin kuljetusfirmojen kuin viranomaistenkin taholta ja jää nähtäväksi, että tuleeeko tämä toteutumaan.

Liikennevakuutuksesta korvatut vahingot 2008. Aiheuttajan ajoneuvon laji.

Ajoneuvon laji	Liikennevahingot			Henkilö-	Uhrin		Uhreja /
	N	%	<i>muutos-%</i>	vahingot	N	%	100 vahinkoa
Henkilöauto	66 183	66.2	-2.0	10 009	14 081	62.3	21
Pakettiauto	8 298	8.3	-0.4	873	1 129	5.0	14
Kuorma-auto	7 999	8.0	-0.4	497	611	2.7	22
Linja-auto	2 074	2.1	-0.2	483	631	2.8	30
Moottoripyörä	2 345	2.3	0.0	1 850	2 003	8.9	85
Mopo	3 640	3.6	0.5	2 253	2 589	11.5	71
Traktori	2 678	2.7	0.2	138	159	0.7	6
Moottorityökone	2 416	2.4	0.3	65	70	0.3	3
Moottorikelkka	925	0.9	0.0	743	768	3.4	83
Perävaunu	583	0.6	0.0	32	35	0.2	6
Muu auto tai ajoneuvo	2 842	2.8	1.9	359	534	2.4	19
YHTEENSÄ	99 983	100.0	0.0	17 302	22 610	100.0	23

Kuva 2.8: Vahinkokorvaukset ajoneuvoittain 2008 [6, sivu 53].

Onnettomuusriski voidaan laskea eri kulkutapojen osuuksien mukaan henkilöiden keskimääräisestä päivittäisestä matkasuoritteesta. Vertailua varten asetetaan henkilöauton kuljettajan ja matkustajan riski yhtä suureksi. Näin ollen jalankulku, pyöräily ja moottoripyöräily ovat noin seitsenkertaisesti ja mopolla liikkuminen yli kaksikymmenkertaisesti niin vaarallista, kuin henkilöautolla liikkuminen. Kaikista turvallisista liikkumismuotoista on joukkoliikenne, jossa kuolemanriski on lähes olematon. [5]

Ajoneuvon ikä <i>Age of vehicle</i>	Kuljettajan ikä – <i>Age of passenger car driver</i>								Yhteensä <i>Total</i>
	18–20	21–24	25–34	35–44	45–54	55–64	65–74	75–	
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1–2	0	0	0	2	2	1	0	2	7
3–5	0	1	2	2	3	3	1	3	15
6–9	4	1	3	6	6	3	4	8	35
10–14	5	6	6	3	7	4	7	4	42
15–19	3	4	3	5	0	1	2	4	22
20 ja yli – <i>20 and more</i>	4	1	3	0	0	2	1	5	16
Ei tietoa – <i>Unknown</i>	0	1	1	0	2	0	1	0	5
Yhteensä – <i>Total</i>	16	14	18	18	20	15	16	26	143

Kuva 2.9: Ajoneuvon ja kuljettajan ikä onnettomuuksissa 2008 [20, sivu 58].

Lintu-projektin mukaan vuonna 2000 suomalaisen autokannan keski-ikä oli 10 vuotta. Käytöstä poistettavien autojen keski-ikä oli 18 vuotta (ks. kuva 2.9). Sen lisäksi, että uudet tekniikat ja turvajärjestelmät tulevat hitaasti autoihin, myös itse autokanta uusiutuu varsin verkkaisesti. Taulukosta nähdään, että vanhat autot ovat myös iäkkäiden ja nuorien suosiossa, jotka taas ovat riskialttiita kuskeja. Tämä ei ole kovin hyvä suunta, sillä jo ennestään riskialttiilla kuskeilla on riskialttiit ajoneuvot. Ajatellaan esimerkiksi eläkeläistä, jonka ajoneuvon hallintalaitteet saattavat olla kankeat – reaktioaika varmasti pitenee ja pienikin kolari voi koitua kohtalokkaaksi vanhalla autolla. Toinen ääripää on taas nuoret kuskit, jotka ovat usein vastuuttomia turvamääräysten suhteen ja hakevat ajoneuvonsa maksimisuoritusta. Ajoneuvon kuntotarkastukset saattavat jäädä heikolle huomiolle ja on vaikea ennustaa, että milloin jokin osa menee rikki – pienikin ohjausvirhe tai auton ennalta arvaamaton käyttäytyminen voi koitua kohtaloksi etenkin, jos vauhti on liian suuri.

3. LIIKENNEKÄYTTÄYTYMINEN

Tässä kappaleessa tarkastellaan kuljettajaa ja liikennekäyttäytymistä. Tarkastelunäkökohtana on liikennepsykologia, sekä siihen liittyvät tutkimukset sekä tilastot. Kappaleessa käydään myös läpi se, että mitä tässä työssä on mitattu ja miksi.

3.1. Havaitseminen liikenteessä

On olemassa lähes rajaton määrä informaatiota ja ärsykeitä, joista meidän on poimittava liikenteen kannalta oleellinen. Voidaan puhua tiedon suodattamisesta. Jos esimerkiksi kuuntelemme kahta yhtä voimakasta puhetta, emme saa selvää kummastakaan, mutta keskittymällä vain toiseen, saamme siitä selvää kohtuullisen hyvin. Signaalinkäsittelyssä käytetään termiä Signal-to-noise ratio (SNR), joka kuvaa halutun signaalin ja sitä häiritsevän kohinan välistä suhdetta. Mitä suurempi luku, sitä paremmin signaali on säilynyt, kohinasta riippumatta. Tätä voidaan verrata myös liikenteeseen; tavoitteena on, että liikenteen ohjaamiseen liittyvät merkit erottuvat mahdollisimman selkeästi, siihen kuulumattomien havaintoärsykkeiden seasta. Tähän vaikuttaa tietenkin myös kuskin tarkkaavaisuus.

Erotuskynnyksen suuruus noudattaa aistien normaalilla toiminta-alueella ns. Weberin lakia, eli muutoksen ja perusärsykkeen suhde on vakio. Tämä tarkoittaa sitä, että mitä suurempi on jatkuva ärsyke, esimerkiksi häikäisevä valo, sitä suurempi pitää olla myös ärsykkeen muutos, esimerkiksi jarruvalojen syttyminen, ettei häikäisevä valo peitä sitä. Liikenteessä tärkein aistimme on näköaisti, muut aistit ovat vain täydentäviä. Ajokortin saamiseksi on liikennelainsäädännössä määritelty näön vähimmäistarkkuudet; esimerkiksi A ja B luokan ajokorteille yhteisnäön pitää olla vähintään 0,5. Näkökyvyn puutteet ovat vaikuttamassa liikenneonnettomuuksiin muutamassa prosentissa tapauksista ja enintään viidessä prosentissa. [16] Näkökyvyn ja onnettomuusriskin riippuvuus ei kuitenkaan ole suoraviivainen. Havaitsemiseen liittyvillä tekijöillä on ratkaisevampi merkitys turvallisuuteen, kuin näkökyvyllä. Nykytekniikan avulla kuljettajaa autetaan myös äänimerkein, kuten peruutustutkassa. Äänimerkkejä voitaisiin hyödyntää enemmänkin, ärsykemäisesti, jolloin kuljettaja valveutuisi tilanteen vaatimalle tasolle.

Kuljettaja havaitsee pääosin näköaistillaan ja pienikin herpaantuminen saattaa aiheuttaa sen, että jokin tärkeä viesti, liikennemerkki, jää huomioimatta. Tilannetta voidaan helpottaa toistuvalla viestinnällä, jos vain mahdollista. Tällaisia merkkejä ovat esimerkiksi nopeusrajoitukset, ajokaistaviivat jne. Nämä ovat tärkeitä tilanteissa, joissa ajetaan pitkään suoraan ja samalla nopeudella. Ihminen turtuu helposti tilanteeseen, eikä suurikaan ajonopeus tunnu enää niin suurelta. Näin ollen tien muuttuessa, tullessa

kaarteeseen tai lähestyttäessä risteystä, pitää kuskille viestittää nopeuden alentamisesta, ettei tulisi virhearvioita ja pystyttäisiin reagoimaan mahdolliseen vaaratilanteeseen.

Etenkin ammattikuskeilla tämä uhka on todellinen ja jollei tilannetta pystytä turvaamaan ulkoisilla merkeillä, jonkinlainen kuskin seurantajärjestelmä olisi hyvä toteuttaa. Jos esimerkiksi pystyttäisiin vertaamaan kuskin sen hetkistä ajoa hänen aikaisempiin ajokertoihinsa ja huomattaisiin jotain poikkeavaa, voitaisiin olettaa, että kuski on väsynyt tai muuten kyvytön jatkamaan ajoa. Tämä viestitettäisiin joko kuskille itselleen, tai kuljetusfirmalle.

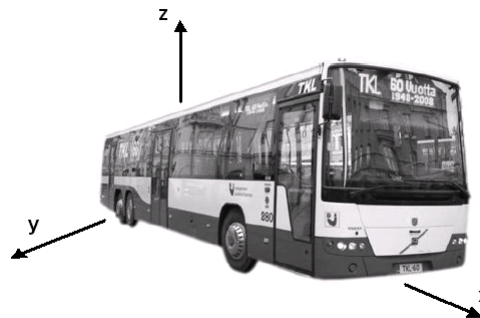
3.2. Ratkaisunteko

Liikenteessä etäisyyksiä yleensä yliarvioidaan ja nopeuksia, sekä niiden muutoksia aliarvioidaan. Pitkillä pätkillä sopeudutaan suureen nopeuteen, josta seurauksena liian suuri tilannenopeus ja esimerkiksi moottoritien rampista ulosajo. Mitä kauempana kohde on, sitä vaikeampi etäisyys on määritellä. Nopeuden kasvaessa vastaantulevan auton nopeudet aliarvioidaan voimakkaammin. Yllättävää Håkämiehen [16] tuloksissa oli se, että ajokokemus ei näyttänyt lisäävän arviointien luotettavuutta. Tämä puhuu osaltaan sen puolesta, että riskihakuisuus ja asenteet saattavat säilyä läpi elämän, ja juuri tähän jatkokoulutuksissa tulisi perehtyä tarkemmin. Tässä voisi olla apuna ajoseurantajärjestelmien mittausdata. Yli- ja aliarviointivirheet ovat erittäin vaarallisia, kun tehdään ohitusratkaisua.

Havainnointitutkimuksissa on todettu, että kun joudutaan ajamaan pitkään hiljaa liikkuvan ajoneuvon perässä, kuljettaja lähtee ohittamaan kriittisemmissä tilanteissa kuin tavanomaisesti. Edelleen, tehtyään ohitusratkaisun kuljettaja vain harvoin peräytyy ohitettavan taakse, vaikka toteaakin ratkaisun jälkeen tilanteen vaarallisuuden. Ohitustilanteeseen vaikuttavat kuskin havaitseman riskin ja hyväksyttävän riskin, eli subjektiivisen riskin, välinen suhde: Esimerkiksi ohitus- ja kohtaamistilanteessa ratkaisu vie sitä enemmän aikaa, mitä lähempänä tilanne on ns. kriittistä kynnyksarvoa, jossa puolet kuljettajista lähtee ohittamaan ja puolet luopuu siitä. [21]

Reaktionopeutta pidetään usein tärkeänä tekijänä liikennekäyttäytymisessä ja onnettomuuksien välttämiseksi. Reaktionopeuteen vaikuttavat ärsykkeen havaittavuus, selvyys ja yksikäsitteisyys. Yleisesti voidaan todeta, että oppiminen nopeuttaa reaktioaikoja etenkin monivalintatilanteissa, mutta väsymys kumoo oppimisen vaikutusta. Håkämies [16] huomauttaa, että reaktioajat riippuvat suuresti tilanteesta ja ärsykkeiden määrästä. Koehenkilöille tehdyissä kokeista Håkämies arvioi, että 1,2-1,3 sekunnin reaktioajat vastaavat parhaiten käytännön ajotilannetta. Monesti liikenne tuottaa tilanteita, joissa hyväkään reaktioaika ei voi pelastaa onnettomuudelta. Tilanteet ovat yleensä koetilanteita monimuotoisempia; tarvitaan mahdollisesti jarrutus, väistö ja vielä jotain muutakin. Tässä diplomityössä jarrutukset olivat tärkein tekijä hyvän ja huonon kuskin löytämisessä. Ne korreloivat havainnoinnin ja ratkaisunteon kanssa, sillä voidaan olettaa, että ennakoivalla ajolla vähennetään äkkijarrutuksia.

Väistäminen on jarrutuksen ohella tärkeimpiä onnettomuuden estoon vaikuttavia tekijöitä. Jos tilanne vaatii väistämistä, voidaan olettaa, että on jo aikaisemmin tehty virhe eikä tilannetta ole pystytty ennakoimaan. Väistäminen tuottaa suuria sivuttaiskiihtyvyyksiä ja mikäli näitä on jatkuvasti, voidaan olettaa, että kuski ei hallitse liikennettä. Tähän vaikuttaa voimakkaasti myös ajoympäristö. Kaupunkiliikenteessä väistöliikkeitä tapahtuu enemmän, kuin maantieajossa. Suuret positiiviset kiihtyvyydet ajosuuntaan (kiihdytykset) kertovat sen, ettei tilanteita osata ennakoida. Ei kiihdytetä mäkeä varten tai ajetaan samalla kaasulla jyrkkiä alamäkiä. Suuret negatiiviset kiihtyvyydet jarrutuksissa taas kertovat siitä, että ajetaan aggressiivisesti ja ajaudutaan tilanteisiin, jossa täytyy tehdä nopea jarrutus. Tällainen ajo kuluttaa ajoneuvoa ja yleensä myös polttoainekulutus on suurempi. Jarrutuksen loppukevennyksen puuttuminen vaikuttaa kiihtyvyyssarvoihin, joka näkyi diplomityön testiajoissa etenkin pystysuorassa kiihtyvyydessä eli auton ”nyökkäyksenä”. Tarkastelemalla suuria kiihtyvyyssarvoja ja niiden toistuvuutta ja jarrutuksia voidaan tehdä jo suhteellisen luotettavia arvioita kuskien välillä.



Kuva 3.1: Linja-auton x-, y- ja z-kiihtyvyydet.

Liikenteen valvonnalla pyritään vähentämään vaaratilanteiden syntymistä. Kuljettaja valveutuu, kun huomaa poliisiauton tai tietää, että alueella on liikennevalvontaa. Vaikka kyselyiden mukaan kuljettajat ovat salaista valvontaa vastaan, niin tämä on osoittautunut kuitenkin kaikkein tehokkaimmaksi. Kuljettajilla täytyy olla edes pieni riski kiinnijoutumisesta. [16] Tehokas valvontamuoto on nopeusvalvonta, jolla saadaan kiinni myös moniin muihin rikkomuksiin syyllistyneitä; rattijuoppoja, vaarallisia ohituksia tekeviä yms. Riskihakuiset kuskit ajavat usein ylinopeutta. Diplomityöni voidaan ajatella ajotavan valvontalaitteena. Koulutuksessa oleva kuski on tietoinen valvonnasta, mutta ammattiajossa olevat kuskit voisivat tulevaisuudessa olla myös tiedostamattomia valvontalaitteesta – tai siitä, että mikä ajoneuvo tai kuka kuskeista on valvonnan alla. Olisi vain tieto siitä, että ajotavan tehovalvonta kuljetusfirman sisällä on käynnissä.

3.3. Yksilölliset erot

Liikennepsykologia voidaan ajatella lähteneen liikkeelle juuri yksilöllisten erojen tarkastelusta. On haluttu tietää, että mitkä tekijät vaikuttavat liikennekäyttäytymiseen ja

että voidaanko niihin vaikuttaa. Yleisellä tasolla tekijät voidaan jakaa kolmeen pääryhmään; pysyviin tekijöihin, muuttuviin tekijöihin ja vaihteleviin tekijöihin. Pysyviin tekijöihin ei juurikaan voida vaikuttaa ja vaihtelevat tekijät ovat osaltaan seurausta pysyvistä ja muuttuvista tekijöistä. Näin ollen pääpaino liikennepsykologiselta kannalta onkin muuttuvissa tekijöissä, jotka pitävät sisällään ajokoulutuksen, kokemuksen, asenteet jne.

Häkämiehen kokeellisissa tutkimuksissa [16] saatiin hiukan yllättäviäkin tuloksia, suhteessa onnettomuustilastoihin. Tutkimusta varten muodostettiin 100 kuljettajan ryhmä, joista noin puolet oli autonkuljettajia ja puolet raitiovaununkuljettajia. Kaikkien kuljettajien laitoksessa oloaika oli vähintään kahdeksan vuotta. Tämän ryhmän onnettomuustilastoja verrattiin heille tehtyihin psykologisiin testeihin. Reaktioaika ei ollutkaan tärkein turvallisuustekijä, vaan parhaiten turvallisuutta korreloiva testi oli erilaisia tilanteenhallintoja mittaava testi. Toinen merkittävä tekijä oli koordinaatiota mittaava testi. Tutkimuksessa ilmeni, että pelkästään hyvän reaktioajan omaavat kuljettajat olivat alttiita tekemään hätäisiä päätöksiä ja toimimaan seurausta ajattelemattomalla tavalla. Usein myös ajoneuvon hallintalaitteita saatettiin käyttää väärin. Häkämies tiivistää tulokset seuraavasti: ”Liikenteessä hidas, mutta oikea ratkaisu on usein parempi kuin nopea, mutta väärä suoritus. Hyvä kuljettaja saattaa harvoin itsensä tilanteeseen, missä vain äärimmäisellä nopeudella – esimerkiksi hätäjarrutuksella voidaan välttää onnettomuus. Tapaturma-alttiin kuljettajatyypin huomiokyky ja tilanteenhallinta ovat rajoittuneita tai muulla tavoin puutteellisia. Hyvälle kuskille ei synny vastaavia tilanteita, eikä hän häiriinny helposti. Omaan itseensä ja ulospäin suuntautuva kontrolli auttavat häntä kaikissa tilanteissa sopeuttamaan ajotoimintansa omia kykyjään, taitoaan, vireyttään ja ulkoisia olosuhteita vastaaviksi”. Nämä taidot karttuvat tietenkin kokemuksen kautta, mutta myös yksilöllisiä eroja löytyy.

Yllä mainitussa kokeessa olleista kuskeista otettiin osa vielä seurantatutkimukseen, jossa tutkittiin onnettomuustilastoja 18,5 vuoden aikajaksolta. Kaikki kuskit eivät olleet koko aikajaksoa mukana, mutta kävi ilmi, että onnettomuudet pysyivät kuljettajakohtaisesti hyvin samanlaisina koko ajan. Hyvien ja keskitason kuljettajien onnettomuudet tasoittuivat, mutta huonoimman ryhmän onnettomuusalttius säilyi lähes samana koko tarkastelujakson. Häkämies toteaaakin, että onnettomuuskäyttäytyminen on erittäin pysyvää jopa yli 25 vuoden ajan ja yksilölliset erot merkitsevät tekijöitä, jotka on tulevaisuudessa otettava huomioon liikenneturvallisuustyössä. Tämä tukee myös komission päätöstä, että liikennejärjestelmä tulee saattaa kaikille turvalliseksi ja erittäin haastavaksi sen tekee juuri se, että onnettomuuskäyttäytymistä ei voida kitkeä kokonaan pois. Tulisi siis suunnitella järjestelmä, jossa yksilön onnettomuuskäyttäytyminen ei aiheuta hengenvaarallisia onnettomuuksia muille tienkäyttäjille.

3.4. Asenteet

Asenteet syntyvät monista eri tekijöistä. Tunteet, kasvatus ja ympäristö ovat suurimmat vaikuttajat ja kun asenne johonkin on luotu, sitä on vaikea muuttaa, mutta tähän liikennekoulutus pyrkii. Merkittävä muutos asenteessa voi johtua jostain dramaattisesta tapahtumasta, esim. onnettomuudesta, mutta yleisesti voidaan todeta, että asenteiden muuttaminen kouluttamalla on hyvin haasteellista. Asenteet voivat lisäksi olla erilaisia ”oikeassa elämässä” ja liikenteessä, joka voi vaikeuttaa vaarallisten kuskien huomaamista/löytämistä.

Asenteet ohjaavat kuljettajaa jokapäiväisissä tilanneratkaisuissa; muiden huomioon ottaminen, koetaanko edellä ajava kilpailijaksi, ovatko liikennesäännöt ajoani rajoittavia tekijöitä, tilanteen vaatima vireystila, alkoholi. Jos automainoksissa mainostetaan pelkästään tehoja ja kiihtyvyyttä – turvallisuuden, mukavuuden ja kulutuksen kustannuksella, ja ostajana on ensiauton ostaja - ei ole mikään ihme, että asenteet liikennesääntöjä kohtaan ovat huonot. Asenteet muodostuvat jo hyvin varhaisessa iässä ja niihin vaikuttaa koko elinympäristö, ne ilmenevät toiminnoissa ja viestinnässä, jonka vastaanottavana osapuolena taas on koko liikenneympäristö. Asenteita on helpompi luoda, kuin muuttaa. Asenteet vaikuttavat myös siihen, että miten asioita sisäistetään ja opitaan. Myös onnettomuustutkimuksissa vaikuttavat asenteet [16]:

- 90% onnettomuuteen joutuneista arvioi itsensä keskitasoa paremmaksi kuljettajaksi ja väitti noudattavansa liikennesääntöjä keskimääräistä paremmin
- 82% mielestä onnettomuuden syy oli toisissa tienkäyttäjissä

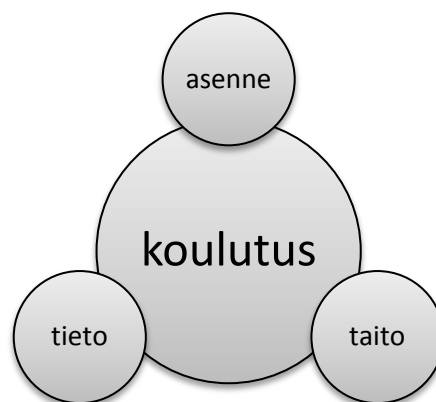
Ei siis mikään ihme, että onnettomuuden syyllisen löytäminen voi olla joskus vaikeaa. Siihen vaikuttavat osallisten asenteet; miten suhtaudutaan viranomaisiin ja miten oma osaaminen, liikennekäyttäytyminen ja vastuu ymmärretään. Teknisesti tämä olisi ratkaistavissa ns. mustan laatikon käyttöönötolla, joka kerää luotettavaa tietoa onnettomuustutkimusta varten.

3.5. Koulutus ja oppiminen

Liikennekoulutus ei voi olla erillinen eikä omatavoitteinen menetelmä, vaan sillä luodaan oppimistilanteita, joissa oppiminen pannaan alulle tai sitä tehostetaan. Oppimisprosessin jatkuvuutta kuvaa esimerkiksi se, että sekä iän että kokemuksen myötä liikennekäyttäytyminen näyttää jatkuvasti muuttuvan. Arviointien moniulotteisuus jää näennäiseksi, koska arviot edustavat vain muutamaa ajosuorituksen ominaisuutta eivätkä anna kokelaalle sitä monipuolista palautetta, jota arvioinneilla tavoitellaan. Arvioinnit eivät myöskään ennusta uusien kuljettajien onnettomuuksien tai liikennerikkomusten sattumista ensimmäisen ajovuoden aikana, vaikka arvioinnin kohteena on mm. riskien tunnistaminen ja välttäminen. Arviointijärjestelmä kaipaa tältä osin kehittämistä. [22] Toisaalta vaikka liikennekäyttäytyminen muuttuisikin,

onnettomuusalttius säilyy lähes muuttumattomana. [16] Arvioinnit arvioivat ajotaitoa, eivätkä pitkän aikavälin liikennekäyttäytymistä.

Koulutuksen tavoitteet voidaan ilmaista kolmella kohteella; tieto, taito ja asenne (ks. kuva 3.2). Pelkkä tieto ei riitä, sillä juuri ajokortin saaneille kuskeille sattuu enemmän onnettomuuksia, kuin kokeneille – vaikka jälkimmäisillä ei ole tietoa mahdollisista muutoksista säännöissä yms. Taito, tarkemmin ajotaito eli ajoneuvon hallitseminen, ei sinällään vielä riitä hyvän kuskin takeeksi. Liikennetilanteeseen sopeutuminen, tarkkailu, ennakointi ja oikeiden ratkaisujen teko on oleellinen osa liikennepsykologiaa ja liikennetaitoa. Hyvä ajotaito ei tarkoita, että ajotaitoa käytetään hyvin. Asenne voidaan tulkita tavaksi, jolla tietoja ja taitoja käytetään. Asennetta voidaan muokata koulutuksen avulla, muuttamalla ensin käyttäytymistä liikenteeseen; opetuksessa ja opettajan esimerkillä.



Kuva 3.2: Koulutuksen vaikutus.

Simulaattoreiden käyttö koulutuskäytössä on kasvussa. Simulaattoreilla voidaan kouluttaa perustaitoja, luoda vaarallisia tilanteita ja saada tarkka analyysi ajotiedoista, esimerkiksi polttoainekulutuksesta. Se voidaan myös räätälöidä tilanteen vaatimaksi, laajentaa mittauksia, jos tarvetta tai vaikka vaihtaa ajoneuvoa kesken opetuksen. Yksi koulutuksessa käytetty simulaattori on Team Simrac Finland Oy:n Volvon linja-auton etuosasta rakentama simulaattori, joka on apuna D-luokan ajokortin koulutuksessa. Kuljettajakoulutukseen simulaattoreita voidaan käyttää tuomaan lisäarvoa ja vaihtuvuutta opetukseen, mutta tutkintojen suorittaminen ei tule olemaan mahdollista pelkällä simulaattorilla – tähän vaikuttaa opetusta huomattavasti tarkemmat säädökset tutkintojen suhteen, joka pätee lähes kaikissa maissa. ”Tulevaisuuden suuntana on, että simulaattorit opastavat, arvioivat, osoittavat vahvuudet ja puutteet, sekä rohkaisevat ja kannustavat, eli simuloivat toiminnan ja liikenteen lisäksi myös itse ajo-opetusta. Suurin syy simulaattoreiden vähäisyyteen on niiden hinta.” [23] Etenkin yksittäiskappaleina ne ovat kalliita.

Linja-autoalalla ongelmana on kuljettajapula. Alalle tulo pitäisi saada jo nuorella iällä houkuttelevaksi, ja nuoret pitäisi saada pysymään alalla [24]. Oman lisänsä tuo myös ulkomailta tulevat kuljettajat, joiden ajotaidoista ei aina voi mennä takuuseen, vaikka vaadittava ajokortti löytyisikin. Tätä varten onkin hyvä, että linja-autojen ja

ajoneuvoyhdistelmien kuskiin ajotaidot todennetaan, ennen työhön ottamista – tämä on toisaalta turhaa lisätyötä kouluttajille.

Koulutus on vaativa osa yleistä liikenneturvallisuutta ja sitä on vaikea, lähes mahdoton mitata pitkällä aikajänteellä pelkkien tilastojen avulla. Säännöt ja säädökset muuttuvat ajan myötä, eikä pitkäaikaisia vaikutuksia tiettyjen asioiden suhteen pystytä näkemään. Lyhyemmän aikavälin muutoksen ja etenkin kuljettajakohtaisen muutoksen voisi todeta ajotapaseurannalla, automaattisella järjestelmällä. Kattava ajoseuranta mahdollistaisi myös sen, että voitaisiin kokeilla eri koulutusmetodeja ryhmäkohtaisesti ja seurata niiden vaikutusta – ja mahdollisesti kehittää ajokoulutusta.

3.6. Muuttuvat tekijät; väsymys ja alkoholi

Kokeellisilla ajotaitokokeilla voidaan todentaa alkoholin vaikutus kuskiin ja hallintalaitteiden käyttöön. Simulaattoreilla voidaan jäljitellä oikeita onnettomuustilanteita ja saada turvallisesti tietoa siitä, että miten alkoholi vaikuttaa ratkaisuihin ja ajotyyliin. Laboratoriokokeet, kuten kyselyt ja fysiologiset mittaukset, ovat helppoja ja halpoja ja niistä nähdään, että miten liikennekäyttäytyminen ja onnettomuusalttius muuttuvat alkoholin vaikutuksen alla. Kokeita ja kyselyitä yhdistelemällä saadaan jo suhteellisen kattava tietous alkoholin vaikutuksista kuljettajaan. Paras ja selvin tulos olisi kuitenkin nolla-tulos, eli kuljettaja ei saisi nauttia alkoholia lainkaan. EU:n valtioiden väliset promillerajat ja rangaistukset vaihtelevat ja keskustelun alla on ollut yhtenäinen ns. nollatoleranssin linja rattijuopumuksen suhteen.

Väsymyksen suhteen voidaan puhua fyysisestä ja psyykkisestä väsymyksestä. Fyysinen väsymys tarkoittaa esimerkiksi raskaan ruumiillisen työn jälkeistä väsymystä, joka ilmenee lihaksistossa ja hermostossa – ja tämä taas vaikuttaa ajosuoritukseen useammallakin tavalla. Psyykkisessä väsymyksessä on kyse tylsistymisestä ja tilanteeseen adaptoitumisesta. Jos joudutaan tekemään samaa asiaa pitkään, aistimme turtuvat tilanteeseen ja emme ole valppaimmiamme. Tällainen tilanne on esimerkiksi pitkään jatkuva suora tie. Puhuttaessa väsymyksestä yleisesti, tarkoitetaan fyysisen ja psyykkisen väsymyksen yhteisvaikutusta, ns. perusväsymystä, johon voidaan vaikuttaa ennakoivasti ja vähentävästi eri tavoin. [16] Fyysinen väsymys voi olla seurausta epäterveellisistä elämäntavoista ja psyykinen väsymys taas asenteesta ja henkilön elämäntilanteesta. Näihin kiinnittymällä jokainen voi vaikuttaa omaan väsymykseensä ja sitä kautta niin omaan, kuin toistenkin liikenneturvallisuuteen.



Kuva 3.3: Väsymyksen piirteet.

Väsymys ja lievä humalatila ilmenevät kumpikin kuskin epätasaisena suorituksena. Liikkeet saattavat hidastua ja tulla virheellisiksi, mutta etenkin kuskin suoritukset vaihtelevat enemmän, kuin tavallisesti. Kuljettajille tulee enemmän nopeita ja hitaita suorituksia. Lisäksi huomiokyky vähemmän tärkeisiin asioihin heikkenee. Näin ollen myös liikenteen kokonaiskuva suppenee. Tiettyihin ajotoimintoihin vaikuttavat hallintalaitteet jäävät vähemmälle käytölle, kuten valot ja kytkin, kun taas toisten, kuten jarrun ja äänimerkin käyttö lisääntyvät. [16] Nämä ovat vielä suhteellisen vaarattomia oireita, mutta näitä seuraavat jo liikennettä vaarantavat toimet, kuten nopeuden vaihtelu, epätarkat ajolinjat ja kuskin nuokahtelu. Etenkin jälkimmäiset oireet voidaan tunnistaa helposti automaattisella seurantajärjestelmällä, joka voisi tällöin ohjata kuskin lepotauolle ja viestittää tilanteesta kuljetusfirmalle.

3.7. Ihmisen mittaaminen

Kuljettajaa arvioitaessa halutaan mahdollisimman paljon tietoa hallintalaitteiden käytöstä, vireystilasta ja itse ajosta. Tämä voidaan toteuttaa erinäisillä laitteilla, mutta ongelmana on, että toisaalta halutaan myös mahdollisimman helposti liikuteltava ja asennettava järjestelmä, joka voidaan siirtää autosta toiseen. Autoissa itsessään on tietokoneet ja tieto hallintalaitteiden käytöstä liikkuu erinäisissä väylissä, mutta vaikka autovalmistajille on standardit näiden toteuttamiseen, harva niitä noudattaa. CAN-väylästä lukeminen onnistuu, mutta ulosannettava tieto on hyvin erilaista valmistajien kesken. Tieto saattaa olla jopa vaillinaista, jotta sitä voitaisiin hyödyntää. CAN-luku onnistuu, jos esimerkiksi kuljetusfirman kaikki autot ovat samanmerkkisiä, jolloin järjestelmän räätälöintiin voidaan panostaa, mutta henkilöautokuljettajille markkinoitava vaihtoehto täytyy olla yksinkertaisempi.

Polkimien seuraaminen on vielä suhteellisen helppoa; Taipale Telematics Oy käyttää helposti asennettavia antureita polkimien alla. Muiden hallintalaitteiden, kuten vilkun, ratin, vaihdekepin jne. seuranta ei taas olekaan niin yksinkertaista, eikä näitä yleensä seurata ulkoisesti asennettavilla laitteistoilla. Vireystilaa seurattaessa voidaan asentaa esimerkiksi kamera kuvaamaan kuljettajaa ajon aikana. Kameran tallentamaa kuvaa voidaan verrata aiempaan, samasta kuljettajasta tallennettuun kuvaan ja jos havaitaan muutos fyysisessä käyttäytymisessä, niin tilanne vaatii jatkotoimenpiteitä.

Kamera hidastaa järjestelmän asentamista ja kalibroimista, mutta voi olla hyödyllinen tietyissä tilanteissa, kuten ammattiliikenteessä. Itse ajon tai pikemminkin auton käyttäytymisen arviointiin riittää hyvin pelkkien x-, y- ja z-kihtiyyksien mittaaminen. Se miten auto käyttäytyy ulkopuolisen silmin, otettaessa kuski pois yhtälöstä, ei sulje pois sitä, että kuski voitaisiin arvioida; lisääntynyt määrä äkkijarrutuksissa tai sivuttaiskihtiyyksissä voi tarkoittaa, että kuski on väsynyt tai muuten estynyt liikenteen tarkkailuun. Tällöin järjestelmä voisi antaa jonkinlaisen varoituksen kuskille. Pelkkien kihtiyyksien mittaaminen olisi helppo toteuttaa ja asentaa, ja vaikka se ei olisi, niin tarkka kuin jotkut muut raskaammat järjestelmät, sillä olisi varmasti suurempi markkina-alue.

Laitteet ja tekniikka ajotavan ja -suoritusten mittaamiseen on jo olemassa. Laitteiden hinnat laskevat koko ajan tekniikan kehityksen myötä ja erilaiset ajonarvostelujärjestelmät tulevat ajankohtaisiksi. Järjestelmien ongelmaksi tulee yleensä datan suuri määrä; vertailtaessa kahta linja-autokuljettajaa, jotka ajavat samaa reittiä yhden työvuoron, kasvaa raakadata liian suureksi ihmiselle luettavaksi. Mitattavia suureita ei voi myöskään kasvattaa loputtomiin, joten järjestelmien välinen kilpailu tullaankin käymään erilaisten datan analysointimenetelmien kesken. Tässä työssä käytettyä SOM-sovellusta opetettiin JAKKIn ajoneuvoilla ajettulla mittausdatalla. Lopputuloksena oli SOM, joka kykeni kuljettajan luokitteluun jarrutusten ja kihtiyyksien avulla.

Tarvitaan enemmän liikennevalvontaa, ja nimenomaan avoimesti toteutettu valvonta on tehokasta. On syytä kiinnittää huomiota siihen, mitä kuljettajat pitävät oikeudenmukaisena, sillä ilman kuljettajien tukea jäävät toimenpiteet epäonnistuvat. Kuljettajat ovat valmiita hyväksymään liikenneturvallisuutta edistäviä rajoituksia, tämä tuki katoaa, jos toimenpiteitä pidetään enemmän keinoina tulojen lisäämiseksi kuin onnettomuuksien estämiseksi. Tästä syystä on tärkeää, että yleisölle tiedotetaan laajasti toimenpiteiden hyödyistä [25, sivu 30]. Tämä on hyvä pitää mielessä, sillä ihmistä mitattaessa on vaikea saada kunnollista mittausdataa, jos hän yrittää jatkuvasti vääristää sitä.

3.8. Toimenpiteet

Liikennesuoritteiden lisääntyessä on liian helposti hyväksytty, että myös onnettomuusluvut lisääntyvät. Vain liikennekatastrofit ja usean ihmisen kuolemaan johtavat liikenneonnettomuudet ylittävät valtakunnallisen uutiskynnyksen. Liikennettä pidetään selviönä, eikä siihen puututa tai sitä uutisoida, jos joitain parannuksia tai ehdotuksia yritetään ajaa läpi. Tavalliset henkilövahingot ja yksittäiset onnettomuudet pääsevät vain paikallisiin lehtiin, jos niihinkään, eikä syitä sen enempää käydä läpi. Vaaralliset risteykset tai ongelmapaikat eivät tule ihmisten tietoisuuteen. Ajatellaan, että onnettomuudet kuuluvat normaaliin liikenteeseen ja osittain tämä onkin totta, mutta silti asioista tulisi uutisoida ja informoida enemmän. Erään liikennekyselyn vastauksissa kuvastuu hyvin tämä ristiriita: ”Onnettomuuksia ei saisi tapahtua, mutta ne ajatellaan

osana liikennettä ja väistämättömänä pahana (yli neljännes vastaajista) – tähän kohtalonomaiseen ajatteluun ei tulisi alistua” [26, s. 18]. Tämän tiedon kehittämiseen tulisi Liikenne- ja viestintäministeriön puuttua tarkemmin. Myös muut vaikuttavat tahot, kuten Tielaitos ja Kuluttajavirasto saisivat olla aktiivisemmin mukana. Ihmisten tulisi olla kiinnostuneempia turvallisuuden tilanteesta ja hankkia siitä tietoa. Tällä hetkellä vain ammattikuskit ja liikenteen parissa työskentelevät seuraavat sen tilannetta ja kehitystä. Kansalaisten, ammattikuljettajien ja poliitikkojen mielipiteitä olisi hyvä verrata keskenään ja luoda mahdollisesti uusia kommunikointikanavia.

Suomessa etenkin kelien ja valoisan ajan määrän muuttuessa olisi hyvä tiedottaa vaarallisista teistä, risteyksistä jne. Monissa autoissa on nykyään navigaattori ja olisi hienoa, jos voitaisiin jo ennakkoon ilmoittaa kuskille, että saavutaan onnettomuusalttiille paikalle, tai että tilanne vaatii erityistä huomiota. Kuski ei joutuisi yllättävään tilanteeseen ja näin ollen säästyttäisiin paniikkiratkaisuilta, jotka usein johtavat onnettomuuksiin. Toisaalta, jos aina sama risteys tai sama ajankohta lisäävät onnettomuusalttiutta, voitaisiin asialle ehkä tehdä jotain kunnan tasolla, kuten alentamalla nopeusrajoitusta. Tämän tason ratkaisut eivät vielä ole ajankohtaisia, mutta lähitulevaisuudessa kyllä. Ei tulisi hyväksyä sitä, että liikenne sallii rikkomuksia ja onnettomuuksia. Niitä voidaan aina vähentää.

Viimeisten vuosikymmenien ajan suurimmat liikenneonnettomuuksia vähentävät uudistukset ovat olleet tiekohtaiset nopeusrajoitukset, turvavöiden käyttöpakko ja promillelaki. Näiden jälkeen uskottiin pitkään, että kaikki mahdollinen on tehty. Kuitenkin kuljettajakoulutuksen parantaminen ja autojen turvallisuus ovat vielä lisänneet turvallisuutta. Ympäristön turvallisuuden parantamisen jälkeen tulisi kiinnittää huomiota juuri näihin seikkoihin. Liikenne on monen tekijä summa. Ympäristön ja ajoneuvon turvallisuuden jälkeen tulee luonnollisesti kuski itse – kuljettajakoulutus ja kuljettajan käyttäytyminen liikenteessä. Näiden tutkimiseen ja mittaamiseen on jo monia eri mittauksia ja –laitteita. Onkin vain ajan ja hitaiden byrokratian rattaiden kysymys, että milloin ja millä tavalla kaikki kuskiin liittyvä mitattavissa oleva data tullaan hyödyntämään. Kustannusten täytyy tippua niin alas, että esimerkiksi autovalmistajat lähtevät mukaan mittalaitteiden integroimiseen ja siihen, että data on julkisessa käytössä. Myös ihmisen yksityisyssuojan säilyttäminen täytyy ottaa huomioon. Kuka tahansa ei saa tarkkailla kenen tahansa liikennekäyttäytymistä.

Yksi suuntaus on ollut myös liikenneturvallisuustyön paikallistaminen. Näin voidaan keskittyä konkreettisiin tavoitteisiin, kuten tiettyjen pienalueiden turvallisuuden parantamiseen. Paikallistaminen voidaan ajatella myös niin, että firmat itse haluavat parantaa omaa turvallisuuttaan. Tätä varten automaattinen järjestelmät olisi hyvä seuranta- ja todentamiskeino, niin lyhyellä kuin pitkälläkin aikavälillä. Turvallisuus jää usein taka-alalle, etenkin pienemmissä kuljetusfirmoissa. Tähän yksi pääsyy on siinä, että kuljetusreittien- ja vuorojen suunnittelu on lyhyen aikavälin toimintaa, jos verrataan esimerkiksi tehdastyöhön [24]. Ammattiliikenteessä puhutaan paljon ajoajan pituudesta. Viranomaiset haluaisivat säätää ajoaikoja lyhyemmiksi, jolloin lepo takaisi kuskin vireyden. Monissa firmoissa tämä tietäisi liian suuria taloudellisia menetyksiä

tehokkuudessa ja kuskeja, ehkä jopa lainvastaisestikin, kehoitetaan ajamaan pidempiä vuoroja. Asiaan ole yksinkertaista ratkaisua ja siitä kiistellään jatkuvasti – mikä sopiva ajoaika sitten onkaan, niin automaattinen järjestelmä voisi auttaa kuskia sen noudattamisessa sekä suunnittelussa ja virastoja tai firmoja sen tarkkailussa.

4. TEORIA

Seuraavaksi käydään läpi teoria, jota käytettiin sovelluksen suunnittelu- ja toteutusvaiheessa. Teoria on jaettu kahteen kappaleeseen. Ensimmäisenä käydään läpi professori Teuvo Kohosen esittelemä Self-Organizing Map, jota tässä työssä käytettiin suunnitteluvaiheessa datan louhimiseen ja lopullisessa versiossa luokitteluun. Toisessa kappaleessa käydään läpi esiprosessoinnissa ja jälkianalyyssissä käytetyt menetelmät. Kappaleiden ymmärtämiseksi lukijalla tulisi olla perustiedot joukko-opista, tilastomatematiikasta ja signaalinkäsittelystä.

Työn ongelma on moniulotteinen ja omaa suuren dimension. Tällaisiin datan visualisointiin, esikäsittelyyn ja luokitteluun sopivia menetelmiä ei ole monia. Muita käytössä olevia menetelmiä ovat muun muassa Sammonin kuvaus (*Sammon's mapping*) ja *Projection pursuit*. Näistä jälkimmäinen perustuu tilastollisesti kiinnostavien projektioiden löytämiseen. Sammonin kuvaus perustuu muuttujien välisten yhteyksien gradienttihakuun. Se muistuttaa hyvin paljon SOMia, mutta on laskennallisesti raskaampi. Menetelmiä voidaan ja pyritäänkin yhdistelemään, jotta saataisiin mahdollisimman tehokas luokittelija. Tässä työssä SOMin valintaan vaikutti saatavilla oleva helpokäyttöinen SOM Toolbox. Valintaa tukivat myös SOMin suhteellisen hyvä laskentateho ja yhteistyökumppaneiden positiiviset kokemukset aikaisemmista projekteista.

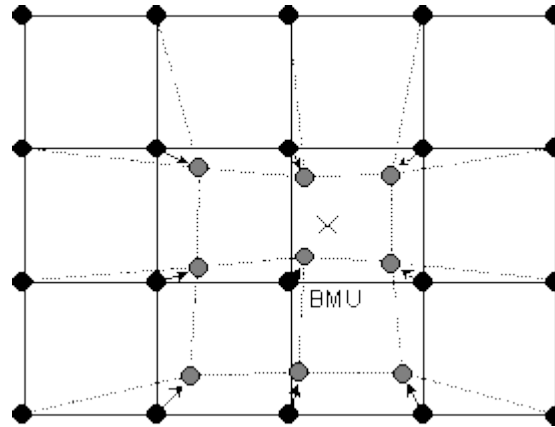
4.1. SOM

Self-Organizing Map on yksi suosituimmista neuroverkkotekniikoista, jota käytetään tiedonkeruu- ja luokittelutehtävissä. Se perustuu ohjaamattomaan oppimiseen (*unsupervised learning*) ja se esiteltiin suurelle yleisölle professori Teuvo Kohosen toimesta vuonna 1981.

SOM, kuten muutkin neuroverkot, on älykäs ja oppiva järjestelmä. Se mukautuu syötettyyn dataan ja se oppii käsittelemään sitä, niin että ulostulona on tieto, jolla on suurempi arvo. Ulostulona voi olla esimerkiksi yksinkertainen vastaus tai vastauksia esitettyyn kysymykseen tai prosessoitu data, joka taas voidaan syöttää johonkin toiseen järjestelmään. Neuroverkot voidaan suunnitella tehtäväkohtaisesti hyvinkin tarkasti ja näin ollen niissä on suuria eroja kompleksisuudessa. Mitä monimutkaisempi verkon rakenne on, sitä enemmän se vaatii laskentatehoa.

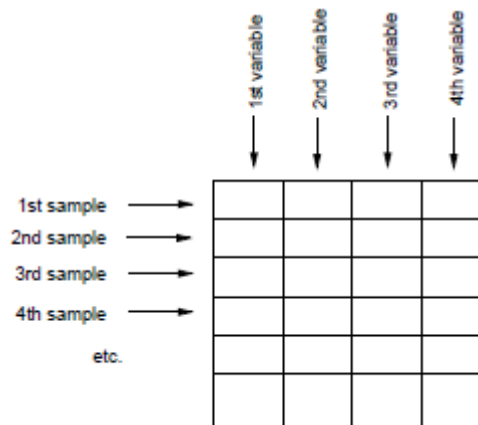
Suuri syy SOMin suosioon on, että sen muuttujien riippuvuudet voidaan piirtää komponenttitason 2D-kartaksi tai -kartoiksi ja näiden lisäksi voidaan piirtää myös ns. mallivektorien etäisyysmatriisi, eli U-matriisi. Karttojen avulla tulosta voidaan arvioida ja tarkastella visuaalisesti. Toinen eroavaisuus muihin neuroverkkoihin on

opetusvaiheen algoritmissa; SOMia opetettaessa päivitetään Best Matching Unitin (*BMU*) lisäksi myös sen naapurit. Mallivektorien päivittyessä verkko ikään kuin venyy kohti lopullista muotoaan, kunnes luokittelija on valmis (ks. kuva 4.1). Yleisimpiä käyttökohteita ovat erilaiset taloudelliset sovellukset, kyselyiden selvitykset, laitteiden tilantarkastelut jne.



Kuva 4.1: SOM ja BMU.

Opetusvaiheessa SOM:lle annetaan mallivektoreita m_1, m_2, \dots, m_n , jotka koostuvat numeroarvoista. Mallivektoreita on useita ja ne valitaan satunnaisesti. Tässä työssä käytetty Som Toolbox otti syötteenä annettavat mallivektorit matriisimuodossa, joka oli järjestetty kuvan 4.2 mukaisesti. Tätä ennen tarvitaan yleensä datan esiprosessointi, jossa data muutetaan numeroarvoiksi, normalisoidaan tai suoritetaan jokin muu vaadittava toimenpide.



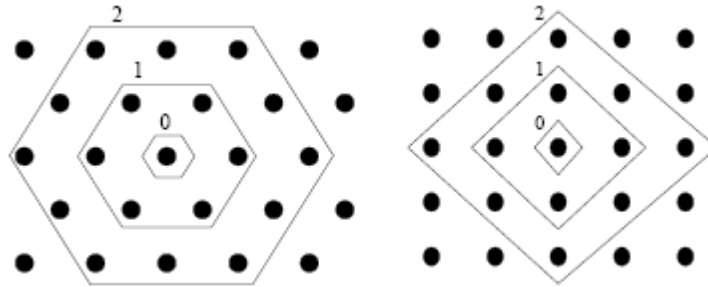
Kuva 4.2: Esimerkkisyöte [27, sivu 12].

4.1.1. Algoritmi

SOM koostuu neuroneista, jotka muodostavat säännöllisen muotoisen verkon. Visualisointisyistä johtuen käytetään yleensä 2D-verkkoa, mutta myös 1D- ja 3D-

verkkoja voidaan käyttää joissain erikoistapauksissa. Näitä korkeampien ulottuvuuksien verkot ovat sekavia ja epäkäytännöllisiä visualisoida.

Visualisoitavan kartan yksiköt \mathbf{n}_i , eli neuronit, ovat alusta asti kiinteillä paikoillaan. Jokainen neuroni i voidaan esittää mallivektorilla $\mathbf{m}_i = [m_{i1}, \dots, m_{id}]$, jossa d on syötettävän vektorin ulottuvuus. Neuroneilla on sekä naapurinsa että naapurustonsa – naapurustoja on eri muotoisia ja kokoisia, joista kaksi yleisintä esimerkkiä kuvassa 4.3. Nämä muodostavat kartan topologian, joka määrittää mm. sen, että mitkä arvot päivitetään, kun verkkoa opetetaan.



Kuva 4.3: Karttatopologiat [28, sivu 12].

SOM opetetaan iteratiivisesti. Yleisesti ajatellaan, että opetuskiertoja pitäisi olla noin 500-kertainen määrä suhteessa komponenttitasojen määrään, mutta vähempikin voi riittää. Jokaisella kierroksella valitaan satunnaisesti datavektori \mathbf{x} koko opetusdatasta, jonka jälkeen lasketaan etäisyydet sen ja mallivektorien välillä. Datavektorien tulee olla sekä keskenään, että mallivektorien kanssa samanpituisia, jotta opetus voidaan suorittaa. Se kartan neuroni, jonka mallivektori vastaa parhaiten datavektoria \mathbf{x} , on nimeltään Best-Matching Unit ja voidaan esittää seuraavasti:

$$\|\mathbf{x} - \mathbf{m}_c\| = \min_i \{\|\mathbf{x} - \mathbf{m}_i\|\} \quad (4.1)$$

jossa indeksi c viittaa BMU:hun ja notaatio $\|\cdot\|$ laskee etäisyyden, joista yleisimmin käytetty on euklidinen etäisyys. Kun BMU on löydetty, päivitetään kyseinen mallivektori ja topologian mukaiset naapurit seuraavasti:

$$\mathbf{m}_i(t+1) = \mathbf{m}_i(t) + \alpha(t)h_{ci}(t)[\mathbf{x}(t) - \mathbf{m}_i(t)] \quad (4.2)$$

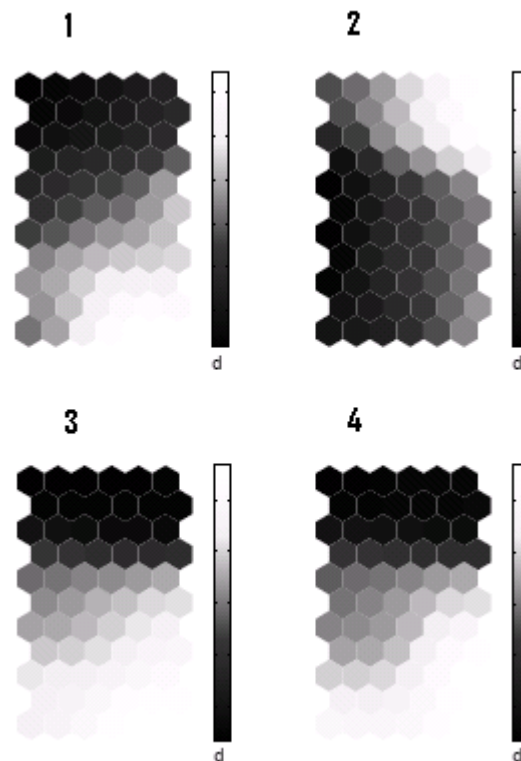
jossa t kuvaa aikamuuttujaa, $\alpha(t)$ on oppimisnopeuskerroin ja $h_{ci}(t)$ naapuruston funktio voittajayksikön c ympärillä. Naapurustofunktioita on useampia, joista yleisimmin käytetty on gaussinen naapurusto:

$$h_{ci}(t) = e^{-\frac{\|\mathbf{n}_c - \mathbf{n}_i\|^2}{2\sigma^2(t)}} \quad (4.3)$$

jossa $\sigma(t)$ määrittää naapuruston koon ja \mathbf{n}_c sekä \mathbf{n}_i ilmoittavat neuronien paikkaa SOM-kartassa. Oppimiskerroin $\alpha(t)$ ja naapurusto $\sigma(t)$ pienenevät ajan kuluessa; oppimiskerroin kohti nollaa ja naapurusto johonkin nolasta poikkeavaan, kuten arvoon yksi.

4.1.2. Komponenttitasot ja U-matriisi

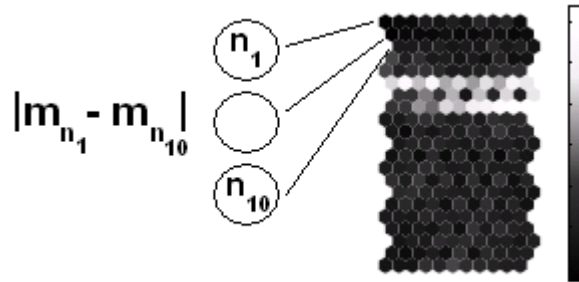
Visualisointi tapahtuu piirtämällä komponenttitasot ja U-matriisi. Komponenttitasoja on yhteensä niin monta, kuin muuttujiakin ja ne kaikki voidaan piirtää. Aina ei ole välttämätöntä piirtää niitä kaikkia, etenkin silloin jos komponenttitasoja on paljon, eivätkä ne anna visuaalista lisäarvoa. Piirtotarkoitukseen löytyy helppokäyttöinen Som Toolbox, joka on ladattavissa ilmaiseksi TKK:n sivuilta. Piirtotekniikoita on useita, joista yksi yleisimmin käytetty on kuusikulma-naapurustoon ja väriskaalaan perustuva tekniikka (ks. kuva 4.4). Tässä jokainen kuusikulmainen yksikkö vastaa mallivektoreilla opetettua neuronin numeroarvoa. Väriskaalan musta ja valkoinen vastaavat komponenttitason neuronien ääriarvoja, riippuen piirtotekniikasta joko suurinta tai pienintä. Muita naapurustoja ja piirtotekniikoita voi tarkastella vaikka lähteestä [28].



Kuva 4.4: Komponenttitasot.

Kuvasta 4.4 nähdään, että komponenttitasot 3 ja 4 korreloivat voimakkaasti keskenään. Kuvasta voidaan nähdä myös vaikka se, että oikeassa yläkulmassa olevilla neuroneilla on pienet arvot komponenttitasoissa 1, 3, 4 ja suuret arvot komponenttitasossa 2. Tästä voidaan jo mahdollisesti tehdä jotain päätelmiä ja erottaa luokka tai ominaisuus.

U-matriisi, eli etäisyysmatriisi, havainnollistaa mallivektorien välisiä etäisyyksiä. Tätä tarkastelemalla voidaan nähdä, että syntykö klustereita, eli ryhmittymiä, jossa mallivektorien arvot ovat lähellä toisiaan. Tämä on hyvin hyödyllinen tieto etenkin uuden datan louhintavaiheessa, jolloin yritetään löytää riippuvaisuuksia muuttujien kesken. Verrattuna komponenttitasoon, U-matriisissa jokaisen neuronin välille on piirretty yksi neuroni lisää; neuronin n_1 ja n_{10} välillä on uusi kuusikulmio. Tämä neuroni kertoo neuronien n_1 ja n_{10} välisen etäisyyden. [29]



Kuva 4.5: U-matriisi.

Kuvasta 4.5 nähdään, että yläosassa on selvä ryhmittymä. Tässäkin kartassa väri vastaa numeroarvoa ja jokainen mallivektoria esittävä neuroni ja niiden väliin jäävät neuronit on värjätty. Etäisyyttä esittävät neuronit saavat arvonsa suoraan naapurustonsa, eli mallivektorien välisistä etäisyyksistä. Mallivektorien arvot lasketaan oletuksena mediaanin avulla sen naapureista – laskutavan voi valita Som Toolboxin asetuksista.

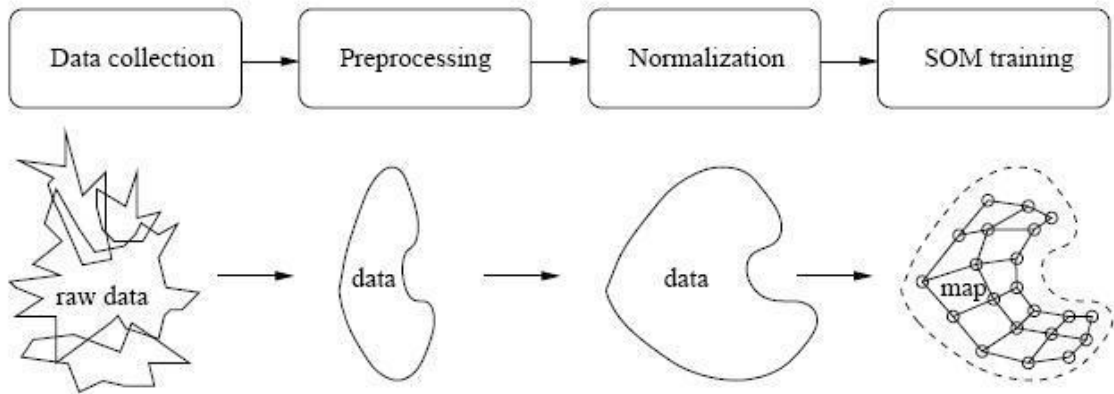
4.2. DATAN PROSESSOINTI

Yleisellä tasolla esiprosessointi on yksi tärkeimmistä tehtävistä signaalinkäsittelyssä. Mitattu data on vain harvoin siinä muodossa, ettei sitä tarvitsisi jollain tavalla suodattaa tai esikäsitellä, ennen kuin sitä analysoidaan. Data halutaan mahdollisimman selkeäksi ja helposti käsiteltäväksi. Toisaalta data täytyy pitää mahdollisimman muuttumattomana informatiiviselta kannalta, eli siitä ei saa kadota mitään tärkeää – voihan olla, että vasta jälkepäin huomataan, että datasta halutaan vielä jotain muutakin, kuin alun perin oli tarkoitus. Yksinkertaisimmillaan esiprosessointi voi olla pelkkä suodatus, mutta tässä tapauksessa se rajattiin kattamaan kaikki se mitä tehtiin ennen, kuin data syötettiin SOMille.

Datan esiprosessointia lähdettiin rakentamaan empiirisesti. Mittalaitteiston fyysiset ominaisuudet ja rajoitteet olivat tiedossa, mutta varsinaista mittaustietoa ei ollut saatavilla. Ensimmäisten mittausten jälkeen dataa tarkasteltiin ja tehtiin joitakin esiprosessointikokeiluja samalla, kun suoritettiin lisää mittauksia. Heti alkuvaiheessa huomattiin, että MEAN- ja MED-suotimet saattaisivat toimia hyvin ja näitä käytettiin myös lopullisessa versiossa. Esiprosessointia olisi voitu parantaa vielä tehokkaammaksikin, mutta tärkeämpää oli saada toimiva kokonaisuus.

Tilannetta kuvaa hyvin kuva 4.6, jossa siis raakadata on ajosta saatua mittaustietoa ja esiprosessointi kattaa tapahtumien haun, niiden suodatuksen ja vektorimuotoon

saattamisen. Esiprosessoinnista ja SOMin ulostulon analysoinnista seuraavissa alakappaleissa.



Kuva 4.6: Esiprosessointi [28, sivu 3].

4.2.1. MEAN JA MED

MEAN- ja MED-suotimet ovat ehkä kaksi yleisintä ja yksinkertaisinta suodintyyppiä, joita käytetään signaalinkäsittelyssä. MEAN on lineaarinen suodin ja MED on epälineaarinen. Kummallakin on omat hyvät puolensa ja sopivat jo sellaisenaan hyvin signaalien kohinan poistoon. Näistä on kehitetty myös paljon monimutkaisempia versioita.

Tässä työssä syy suodattamiseen oli se, että datasta voitiin luotettavasti poimia esimerkiksi jarrutukset. Suurien impulssien takia kiihtyvyydet saattoivat välillä ylittää asetetut raja-arvot, vaikka kyseessä ei ollut etsitty tapahtuma. Tähän saattoi vaikuttaa esimerkiksi mukulakivetyksellä ajaminen tai pieni kuoppa, joka ihmisestä ei tunnu epämiellyttävältä, mutta näkyy suurena arvona mittaustuloksissa.

MEAN-suodin, eli keskiarvosuodin tai keskiarvoistaminen on yleinen termi signaalinkäsittelyssä. Sillä pyritään tasoittamaan signaaleita ja poistamaan korkeataajuisia kohinaa, joka voi olla mittausepäätarkkuutta, epäolennaista tietoa tai laitteistovika. MEAN-suotimet poistavat erittäin hyvin tasaisesti jakautuvaa ns. Gaussista kohinaa, joka esiintyy usein reaali maailman mittaustuloksissa. MEAN-suodin laskee keskiarvon sille syötetyistä näytteistä. Tässä työssä käytettiin ikkunointimenetelmää, eli alkuperäisestä signaalista otettiin tietty määrä näytteitä, joista laskettiin keskiarvo. Tämän jälkeen ikkunaa siirrettiin näytteen verran eteenpäin ja laskettiin keskiarvo uudestaan. Ikkunan pituuden ollessa pariton se voidaan esittää seuraavasti $N=2k+1$, jossa k on positiivinen kokonaisluku. Näin ollen MEAN-suotimelle saadaan seuraava esitystapa:

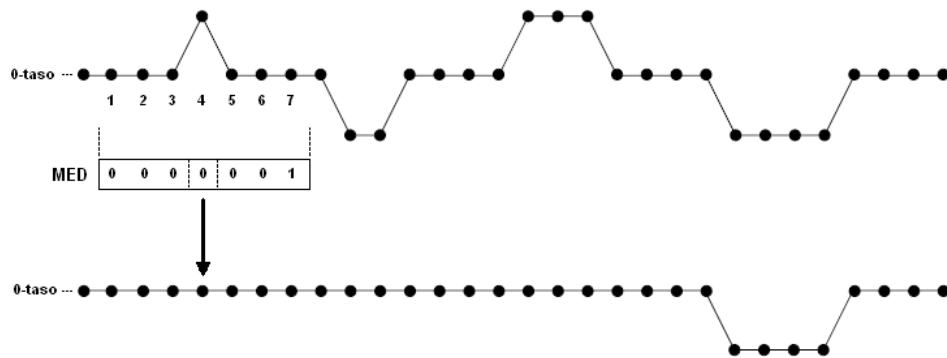
$$y(i) = \frac{1}{2k+1} \sum_{j=-k}^k x(i+j) \quad (4.4)$$

jossa i on senhetkinen ulostulo. Ikkunan pituus määritellään tehtäväkohtaisesti ja se onkin yleensä vaikein osuus suotimen valitsemisessa.

MED-suodin, eli mediaani-suodin laskee näytteiden mediaanin. MED-suodin saa syötteen aikajärjestyksessä, jonka jälkeen se asettelee ne suuruusjärjestykseen. Ulostulo on keskimmäisin näyte järjestettyjen syötteiden joukosta. MED-suotimelle ei ole yhtä globaalia esitystapaa, kuin MEAN-suotimelle, mutta se esitetään usein MED-operaattorin avulla seuraavasti:

$$y(i) = \text{MED}\{x(i-k), x(i-k+1), \dots, x(i), \dots, x(i+k-1), x(i+k)\} \quad (4.5)$$

jossa indeksi i vastaa nykyhetkeä. Ikkunan pituus on $N=2k+1$. Mediaani-suodin sopii hyvin impulssien poistoon; jos katsotaan vakio-signaalia, jossa on suuri yksittäinen impulssi, niin voidaan esittää, että kaikki impulssit jotka ovat pituudeltaan alle arvon $k+1$, suodattuvat kokonaan pois.



Kuva 4.7: Mediaani-suodin.

Kuvast 4.7 nähdään, että kun ikkunan pituus $N = 7$, niin kaikki alle neljän pituiset impulssit suodattuvat pois. MEAN-suotimessa, jokaisen impulssin arvo olisi ”vuotanut” myös ulostulon viereisille näytteille.

MEAN-suodin poistaa hyvin Gaussista kohinaa ja säilyttää alkuperäisen signaalin muodon. MED-suodin sopii impulssien poistoon, jos ikkunan pituus valitaan oikein. Tässä työssä käytettiin kumpaankin. Impulssista haluttiin eroon, mutta joissakin kohdissa signaalin muoto oli tärkeämpi.

4.2.2. Esiprosessointi

SOM saa syötteenä numeroarvoja. Nämä numeroarvot tulee syöttää vektoreina, joista taas muodostuu matriisi. Vektori on joukko alkioita ja mikäli joukko on järjestetty, se voidaan esittää muodossa:

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

Kaikki kiihtyvyydet käsiteltiin ja tallennettiin omina signaaleinaan. Opetusvaiheessa mielenkiintoiset tapahtumat oli merkitty nappia painamalla, joka helpotti niiden löytämistä raaka-datasta. Tapahtumia tarkastelemalla voitiin reaali maailman dataan perustuen asettaa luotettavat raja-arvot eriarvoisten suoritusten välille. Samalla järjestelmää ja esiprosessointia kehitettiin sellaiseksi, että jatkossa se löytäisi ja tunnistaisi mielenkiintoiset tapahtumat automaattisesti. Pelkkien kiihtyvyyksien kanssa tietyt raja-arvot ja niiden aikamääreet riittivät, mutta esimerkiksi jarrutusten löytämiseksi huomattiin, että kiihtyvyyksien kombinaatiot olivat luotettavin tapa varmistaa jarrutustapahtuma – lisäksi jarrutuksia varten suoritettiin lisäsuodatus, jotta ne saatiin luotettavimmiksi. Tämän lisäksi tuli huomioida se, että jarrutus saattaa olla monivaiheinen; jarrutus saattoi loppua hetkellisesti, mutta alkaa uudestaan. Tässä tilanteessa se tulkittiin yhdeksi ainoaksi jarrutukseksi. Nämä kaikki tapahtumat saatettiin vektorimuotoon, jotka siis opetusvaiheessa toimivat mallivektoreina SOMille.

Kiihtyvyyksistä ja jarrutuksista haettiin minimi- ja maksimiarvot, ja nämä normalisoitiin. Yleensä normalisoinnissa arvot skaalataan välille [0, 1], mutta koska mittauksissa oli myös negatiivisia arvoja, skaalattiin näytteet välille [-1, 1]. Normalisointi tehdään jakamalla arvot maksimiarvolla, jolloin suurin arvo saa arvon yksi. Tätä ennen täytyi suodattaa suuret impulssit – jotka tulkittiin virheiksi - pois mittausdatasta, jotta ne eivät vaikuttaisi skaalaukseen ja näin ollen myös luokitteluun.

4.2.3. Jälkianalyysi

Opetettu SOM jätettiin kiinteäksi ja käytettiin sellaisenaan luokittelijana. Ulostulona oli siis karttakuvat, joihin piirrettiin osumat tiettyihin kartan neuroneihin. Osumaa kuvaava pallo oli sitä isompi, mitä enemmän osumia kyseiseen neuroniin oli tullut.

Opetettaessa SOMia tiedettiin empiiristen mittausten avulla, että mitkä olivat hyviä ja huonoja suorituksia. Näin ollen voitiin vetää myös tarkat rajat komponenttitason kartoille, että minkä arvosanan mikäkin suoritus ansaitsi. Tämän lisäksi piirrettiin kertymäfunctiot, histogrammit, suoritusten jakaumasta. Tässä tapauksessa histogrammit kuvasivat siis suoritusten kappalemääriä.

Loppuarvosanaa laskettaessa käytettiin painotettua keskiarvoa (ks. kaava 4.7), jossa siis painotetaan joitakin arvoja enemmän kuin toisia. Tässä työssä erittäin huonoja arvosanoja painotettiin suuresti, koska nämä vastasivat niin suuria kiihtyvyyksiä, että niitä ei pitäisi esiintyä lainkaan. Oikeat painoarvot löydettiin säätämällä niitä oikeiden mittaustulosten ja testiajojen kanssa.

$$\bar{x} = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^n w_i x_i \quad (4.7)$$

Loppuarvosanan lisäksi tulostettiin myös ilmoitus, jos kuskin jarrutuksissa ja kiihtyvyyksissä oli suurta vaihtelua. Suurta vaihtelua suorituksissa voidaan pitää riskitekijänä, sillä tämä voi kieliä siitä, että kuski on jostain syystä estynyt tasaiseen ajoon, eli tarkemmin ennakoivaan ajoon. Tämä taas voi johtua monestakin eri tekijästä, kuten esimerkiksi väsymyksestä. Jarrutuksien väliset erot laskettiin komponenttitason osuimien välisistä etäisyyksistä euklidisen etäisyyden avulla.

$$d_e = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (4.8)$$

5. MITTAUKSET

Järjestelmän kehittämiseen käytetty aineisto kerättiin aikavälillä syksy 2006 ja kesä 2007. Ajoja tehtiin resurssien mukaan ajoneuvojen ollessa vapaana ja työvuorojen sekä säiden salliessa. Kuskina toimi JAKKIn kouluttaja Markus Valtamo ja yksi ajokerta kesti yleensä noin kolme tuntia.

5.1. Laitteisto

Mittauksissa käytettiin JAKKIn omia ajoneuvoina; paikallisliikenteen linja-autoa ja lavallista kuorma-autoa. Ajosuoritusten mittaaminen suoritettiin Taipale Telematics Oy:n ja Avecon Oy Ab:n kehittämällä laitteistolla. Järjestelmän ulostulona saatiin x-, y- ja z-kiihtyvyydet, polkimien asennot, nopeus ja polttoaineen hetkelliskulutus. Ajoista saatiin myös videokuvaa neljän eri kameran välityksellä, mutta sitä ei hyödynnetty vielä järjestelmän tässä versiossa. Kiihtyvyydet ja polkimien asennot saatiin antureilla, nopeus ja polttoaineen kulutus luettiin suoraan ajoneuvon CAN-väylästä. Tulokset tallennettiin tekstitiedostona laitteiston kovalevylle, josta ne voitiin siirtää USB-liitännän avulla muistitikulle. Käyttöjärjestelmänä ajoneuvossa toimi Windows PC ja kosketusnäyttö.

Data siirrettiin JAKKIn Tampereen konttorin Windows käyttöjärjestelmän PC:lle, jossa se käsiteltiin Matlabilla. Suurena apuna toimi SOM-Toolbox. Tämän avulla SOM-karttojen visualisointi hoitui helposti ja työn pääpaino olikin sovelluksen muissa alueissa; mittausten suunnittelussa, esiprosessoinnissa, jälkianalyyssissä, parametrien säädöissä ja ohjelmiston yleisessä suunnittelussa.

Mittauslaitteisto oli prototyyppi ja suunniteltu nimenomaan JAKKIn käyttöön. Tästä johtuen laitteistoon tehtiin aika ajoin päivityksiä ja se oli jatkuvan kehityksen alla, mutta tämä ei kuitenkaan haitannut itse mittauksia tai sovelluksen kehittämistä. Aikaisemmillä versioilla mitatut tulokset olivat yhtä käyttökelpoisia, kuin myöhemmillä versioilla mitatut tulokset.

5.2. Ajosuoritukset

Mukana kaikissa mittauksissa olivat minä ja kuski, mutta välillä muitakin. Ajosuoritukset toteutettiin pääosin Tampereen Hakametsän jäähallin ja Pirkkahallin parkkialueilla, sekä Varuskunnantiellä. Ajot toteutettiin niin, että tutkittava suoritus, esimerkiksi jarrutus, merkittiin nappia painamalla. Tämä tallentui tekstitiedostoon numeroarvona, joka helpotti olennaisesti tapahtumien löytämistä jälkeenpäin. Ajot aloitettiin linja-autolla ja projektin edetessä suoritettiin ajoja myös kuorma-autolla.

Kaikki tapahtumat ajettiin yksinkertaisessa ympäristössä, jonka määrittelimme niin, että ajoympäristö on tasainen ja kuiva. Tämä perusteltiin sillä, että työn ensimmäinen kevyt versio tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen ja tutkimuspainotteinen, ja mahdollinen laajennus monimutkaisempiin ympäristöihin tehtäisiin myöhemmin. Muuttuva kitka ja mäet hankaloittavat luokittelua, koska raja-arvot hyviin ja huonoihin suorituksiin muuttuvat keliolosuhteiden ja maaston mukaan. SOMia jouduttaisiin mahdollisesti jopa vaihtamaan automaattisesti kesken ajon, riippuen ajoympäristöstä. Ongelmaan ei paneuduttu vielä työn tässä versiossa.

Yksi ajokerta muodostui erinäisistä tapahtumista ja mitään tiettyä yksityiskohtaista ajosuunnitelmaa ei ollut. Suorituksia toistettiin tilanteen mukaan, kunnes saatiin haluttu määrä tietystä tapahtumasta. Mitattavia suureita oli yhteensä kahdeksan ja keskityimme kaikista yksinkertaisimpiin tapahtumiin ja niiden raja-arvojen löytämiseen. Ajoimme eri nopeuksilla eritasoisia jarrutuksia, kiihdytyksiä ja kaarreaajoja, jotta löytäisimme polkimien ja kiihtyvyyksien raja-arvot luokittelua ja piirreirrotusta varten. Lisäksi ajoimme noin 500 metrin pätkiä Varuskunnantiellä, joiden aikana vaihtelimme nopeuksia ja kierroslukuja – näin löysimme polttoainekulutukset ja niiden mukaiset nopeudet, mutta niitä ei hyödynnetty vielä tässä työssä. Koska kuski oli sama kaikissa ajoissa, pyrimme tietoisesti saamaan mahdollisimman eritasoisia suorituksia.

5.3. Testaus

Sovellus kehitettiin ja testattiin sellaiseksi, että se osasi antaa virheilmoitukset yleisimmistä virhetapahtumista, kuten siitä ettei suorituksia ollut riittävää kappalemäärää, jotta analyysi voitaisiin tehdä.

Testasimme järjestelmää ajamalla kolme kaupunkiajoa. Kaikissa näissä oli kuskina JAKKin kouluttaja. Ajot kestivät muutaman tunnin ja niissä pyrittiin jäljittelemään hyvää ja huonoa kuskia, sekä kolmantena profiilina muuten hyvää ajoa, mutta jossa olisi yksi vaarallinen jarrutustapahtuma. Järjestelmä toimi halutulla tavalla ja pystyi erottelemaan kuskit.

Tulevaisuuden kannalta testasimme järjestelmää myös pidemmän aikavälin analysointia silmällä pitäen. Tätä varten saimme asentaa mittausjärjestelmän TKL:n paikallisliikenteen linja-autoon viikon ajaksi. Viikon aikana kuskit vaihtuivat ja saimme tietää, että milloin tietty kuski ajoi linja-autoa, mutta emme hänen nimeään. Laitteisto toimi hyvin koko viikon ajan ja myös sovellus toimi halutulla tavalla; mittausdata piti tosin pilkkoa kuskikohtaiseksi manuaaliseksi, ennen analysointia.

6. TULOKSET

Tässä kappaleessa käydään läpi työn tuloksia ja pohditaan niitä. Työn pääpaino oli tutkimuksessa ja kehityksessä. Lopputuloksena oli suoraan JAKKin käyttöä varten profiloitu koulutuksen apuväline, joka oli vasta ensimmäinen versio pitkän tähtäimen kehitysprojektista. Tulokset on jaettu kolmeen kappaleeseen, kirjallisuus- ja mittaustuloksiin, sekä viimeisenä olevaan kappaleeseen, jossa käydään läpi työn aikana opittuja yleisiä asioita ja pohditaan tulevaisuutta.

6.1. Kirjallisuustutkimus

Kirjallisuustutkimuksen ensimmäisenä osana olivat erilaiset liikennetilastot ja niiden tarkastelu. Näistä saatiinkin hyvin tietoa liikenteeseen liittyvien tahojen internet-sivuilta, sekä alan kirjoista. Tuloksena voidaan sanoa, että erilaisia liikennetilastoja tarkastelemalla voidaan saada tietoa siitä, että miten liikenneonnettomuudet ovat kehittyneet vuosien saatossa, mutta vain yleisellä tasolla. Onnettomuustilastoja ja niiden takana olevia syitä voidaan tutkia erilaisten kyselyiden avulla, mutta kaikkia taustavaikuttajia ei voida seurata pelkästään kyselyillä. Lisäksi voidaan esittää kysymys, että onko lähde, tilasto tai kysely luotettava.

Liikennejärjestelmä muuttuu jatkuvasti, eikä voida varmuudella sanoa, että kyselyt tänä päivänä ovat suoraan verrannollisia aikaisempiin, eli niiden pysyvyys ei välttämättä ole kovin luotettava. Myös itse liikenneympäristö ja –säädöksen muuttuvat ajan myötä, ja siksi erilaisia tilastoja tulisikin yhdistää, etenkin pitkän aikavälin tarkastelussa. Esimerkiksi koulutusjärjestelmän muutokset eivät välttämättä näy suorina vaikutuksina onnettomuustilastoissa. Pelkät onnettomuustilastot sellaisenaan eivät ole luotettavia päätelmien tekoon. Toisaalta esimerkiksi ikärakenteen ja liikennesuoritteiden vertaaminen onnettomuuksiin on hyvin havainnoivaa. Suuret ikäluokat tulevat pian eläkeikään ja väestön rakenne on muuttunut ajan kuluessa; syntyvyys on pienentynyt ja elinikä odote on entistä korkeampi. Tilastokeskuksen ennustusten mukaan yli 65-vuotiaiden osuus tulee olemaan yli neljäsosan väestöstä 2030-luvulla ja tämä täytyy ottaa huomioon liikennejärjestelmiä suunniteltaessa. Liikennejärjestelmä tulee säilyttää turvallisena kaikille sen käyttäjille, ei pelkästään hyvän ajotaidon omaaville.

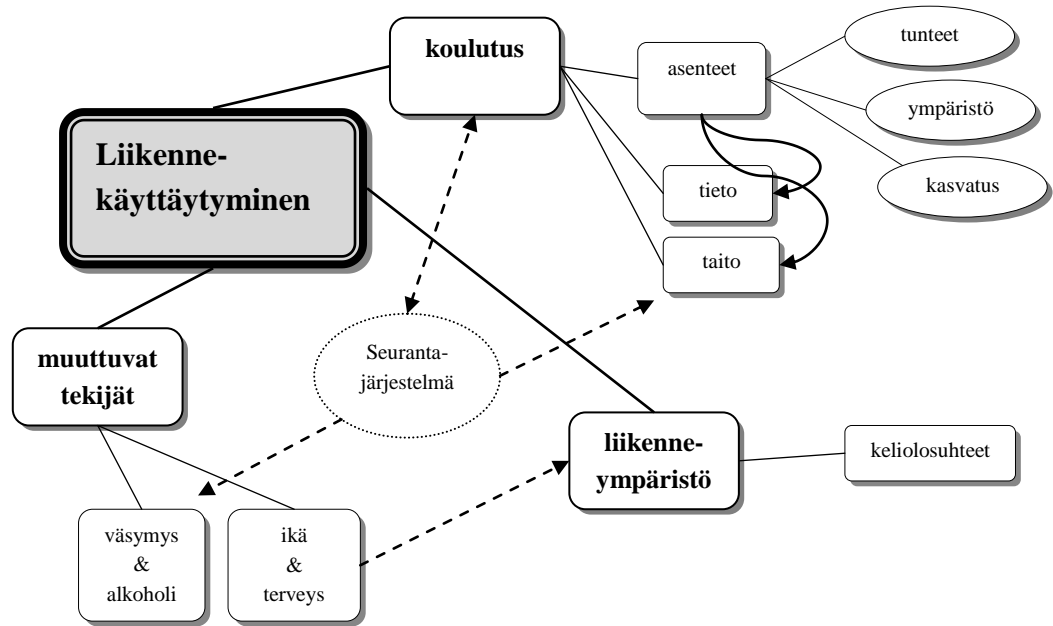
Toinen merkittävä tekijä on se, että miten paljon onnettomuuksista oikeasti katetaan tilastojen avulla; ns. läheltä piti –tilanteet eivät rekisteröidy minnekään ja osa onnettomuuksista sovitaan asianomaisten kesken, ilman poliisia tai vakuutusyhtiöitä. Ainut luotettava tilasto on kuolleisuustilasto, jota valvoo poliisi. Onnettomuustilastoista kattavimmat ovat vakuutusyhtiöiden tilastot.

Kirjallisuustutkimuksen toisena osa-alueena oli Liikennepsykologia, tarkemmin ihmisen käyttäytyminen liikenteessä, osana liikennejärjestelmää. Tästä tehtiin oma kappale tätä työtä varten, koska haluttiin tehdä ero pelkästään tilastoihin pohjautuvaan tarkasteluun, sekä psykologiseen ja kognitiiviseen tarkastelutapaan, joka on enemmän tulkinnanvarainen lähestymistapa ja vaikeammin todennettavissa. Kappaleessa tutkittiin ja pohdittiin, että miten ihmistä tulisi mitata ja että mitkä asiat voivat vaikuttaa mittaustuloksiin – ja miten näihin voitaisiin vaikuttaa. Vaikka lähdeos [16] oli jo suhteellisen vanha, jo vuodelta 1990, niin ihmisen liikennekäyttäytyminen psykologiselta kannalta ei ole juurikaan muuttunut sen jälkeen. Yksi merkittävä havainto oli, että ymmärretään erottaa hyvä ajotaito ja asenteet toisistaan. Asenteet ohjaavat ja rajoittavat ihmisen käyttäytymistä, ja tarkemmin tässä tapauksessa; ohjaavat oppimisprosessia ja opitun hyödyntämistä liikenteessä. Asenteet määräävät sen, että miten liikenteessä käyttäydytään, sillä hyvä ajotaito ei merkitse sitä, että sitä käytetään hyvin. Asenteet liikennettä ja liikennesääntöjä kohtaan tulisi pitää mahdollisimman myönteisinä ja käsittää ne turvallisuutta edistävinä, sillä jokaisella liikenteeseen osallistuvalla on vastuu, niin omasta kuin toisenkin turvallisuudesta.

Asenteisiin voidaan liittää myös väsymys ja alkoholi; miten oma vastuu liikennekäyttäytymisestä ymmärretään. Etenkin ammattikuljettajilla väsymys on todellinen riskitekijä. Alkoholin käyttö on kaikkien liikennekäyttäjien asenteellinen ongelma, johon pyritään puuttumaan mm. tehotarkastuksilla ja ajoneuvojen alkolukoilla. Etenkin alkoholin ja väsymyksen yhteisvaikutus on paljon vaarallisempi, kuin mitä yleisesti oletetaan; tutkimuksissa [10, 11] ilmeni, että esimerkiksi 0,3 promillea yhdistettynä väsymykseen on vaarallisempi yhdistelmä, kuin Suomen rattijuopumusrajan 0,5 promillen humalatila yksinään.

Kaikki asenteisiin liittyvät ongelmat saavat alkunsa jo kasvatuksesta ja opetuksesta, ja jonka vaikutuksia ajamiseen on ollut erittäin vaikea seurata. Seurantajärjestelmät ovat kuitenkin jo sillä tasolla, että lyhyen ja pitkän aikavälin kehitystä voitaisiin tarkastella ja tätä varten onkin käynnistetty erinäisiä projekteja EU:n sisäisesti. Ajoneuvojen turvallisuus on jo hyvällä tasolla ja näin ollen tulisikin kiinnittää yhä enemmän huomiota liikennejärjestelmään ja siihen liittyviin tekijöihin, kuten opetukseen ja asenteisiin – näiden vaikutusten seurantaan olisi hyvä saada automaattisia järjestelmiä.

Liikennekäyttäytymistä voidaan siis kehittää koulutuksen avulla ja siinä erilaiset seurantajärjestelmät voivat olla kouluttajan apuna. Ihmisen oppimisen seuraaminen on kuitenkin haastava tehtävä ja se on monen tekijä summa. Tekijöitä voidaan pilkkoa pienempiin osiin ja koittaa ratkaista ongelmaa niiden avulla ja tätä selventää kuva 6.1. Asenteet vaikuttavat periaatteessa kaikkeen liikennekäyttäytymiseen liittyvään, mutta kuvassa on piirretty yhteys vain oleellisimpaan. Koulutus pyrkii vaikuttamaan kuljettajan tieto- ja taitotasoon, sekä asenteisiin, sillä hyvä liikennekäyttäytyminen muodostuu näistä kaikista. Asenteet ovat muodostuneet jo varhaisessa vaiheessa elämää ja kuten Häkkinen toteaa [16], niin on helpompi luoda uusia asenteita, kuin muuttaa vanhoja.



Kuva 6.1: Liikennekäyttäytyminen ja seurantajärjestelmä.

Liikenteessä on myös paljon muuttuvia tekijöitä, joista kuvaan on piirretty pelkästään kuljettajan käyttäytymiseen vaikuttavat. Lisäksi on haluttu korostaa, että ikä ja terveys vaikuttavat liikenneympäristöön siinä mielessä, että se tulisi huomioida tulevaisuudessa. Muuttuviin tekijöihin kuuluvat myös esimerkiksi keliolosuhteet, jotka vaikuttavat kuseihin eri tavalla, riippuen asenteista; liukas keli saattaa yllyttää riskialttiiseen huviajeluun tai liikaa varovaan hidasteluun. Väsymys ja alkoholi ovat lähes poikkeuksetta kuskin itsensä aiheuttamia tiloja, jonka tapahtumaketjuun vaikuttavat asenteet.

Tällä hetkellä seurantajärjestelmät pystyvät seuraamaan ajoneuvoa tai kuskaa vain ulkoisen tarkkailijan asemasta, eli seuraamaan ajosuoritusta tai ajotaitoa ja sen mahdollista vaihtelevuutta. – joka taas riippuu vireystilasta. Seurantajärjestelmä on suorassa yhteydessä koulutukseen, vuorovaikutteisesti. Järjestelmä voisi auttaa kouluttajaa suoritusten arvioinnissa tai esimerkiksi opintosuunnitelmien suunnittelussa ja vastaavasti kouluttaja voisi säätää järjestelmää mieleisekseen. Ikää ja terveyttä ei pystytä seuraamaan ulkoisella tarkkailulla, mutta sen yhdistäminen tilastoihin ja kuskiin mahdollinen tunnistaminen ennen ajoon lähtöä olisi hyödyllistä. Myös ihmisen instrumentointi on mennyt huomattavasti eteenpäin ja jossain vaiheessa, myös ihmisen mittaaminen tulee kysymykseen, mutta siihen ei kiinnitetty huomiota vielä tässä työssä.

6.2. Mittaustulokset

Tässä työssä tehdyt mittaukset ja käytetyt analysointimenetelmät osoittivat, että tekniikka on jo sillä tasolla, että ajoneuvoja ja ajosuorituksia voidaan mitata hyvinkin luotettavalla tasolla. Tässä työssä käytetty ulkoisesti asennettava laitteisto oli hyvin yksinkertainen versio ja se mittasi vain kiihtyvyyksiä sekä polkimien asentoja.

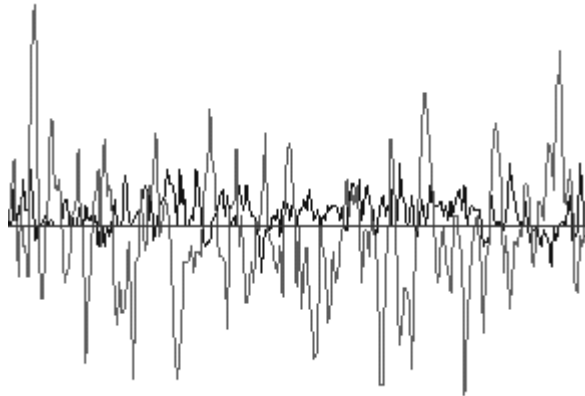
Pelkästään kiihtyvyyksien avulla pystyttiin toteuttamaan järjestelmä, joka kykeni ajosuoritusten arviointiin. Tämäkin puoltaa sitä, että pian voidaan odottaa myös kuluttajien käyttöön tulevien arviointijärjestelmien yleistymistä. Edelleen voidaan todeta, että jos halutaan kehittää todella tarkka seurantajärjestelmä, niin tämä on mahdollista – lisätään vain mitattavia suureita. Tämä on tietenkin myös kustannuskysymys, mutta esimerkiksi kuljetusfirmoilla voisi olettaa olevan kiinnostusta kokonaisvaltaiseen lastin, ajoneuvojen ja kuskien seurantaan. Toisaalta ei myöskään ole suotavaa kasvattaa mitattavia suureita loputtomiin, sillä mitä vähemmän laitteessa on liikkuvia osia, sen helpompi sitä on käyttää ja siirtää toisiin ajoneuvoihin. Kehitys täytyy tehdä anturitekniikan ja analysointimenetelmien yhteistyönä. Vähästä määrästä suureita tulisi saada mahdollisimman paljon tietoa.

Analysointimenetelmänä neuroverkot ovat mitä sopivin vaihtoehto, etenkin suunnitteluvaiheessa, kun dataa tulee louhia ja tuottaa sille lisäarvoa – eikä ole tiedossa, että kuinka paljon dataa tulee tai muuttuuko mittavien suureiden määrä, suunnitteluvaiheen edetessä. Neuroverkot ovat hyvin joustavia ja ne voidaan räätälöidä tilanteen mukaan ja niitä löytyykin nykyään lähes jokaisesta automaattisesta järjestelmästä, kuten esimerkiksi liikennevaloista ja pesukoneista. Tässä työssä käytetty SOM sovittiin käytettäväksi menetelmäksi jo työn alkuvaiheessa, koska yhteistyökumppaneilla oli hyviä kokemuksia sen käytöstä aikaisemmissa projekteissa. Ajoneuvoista saatua mittausdataa piti käsitellä ja louhia työn alkuvaiheessa ja tähän SOM:n mahdollistamat 2D-komponenttikartat ja niiden tarkastelu sopivatkin hyvin. Lopputuloksena saatua järjestelmää yksinkertaistettiin mahdollisimman pitkälle. Järjestelmä hyödynsi signaalinkäsittelyä ja yleisiä matemaattisia menetelmiä, sekä SOM:n komponenttikarttoja. Voidaan todeta, että suunnitteluvaiheessa SOM osoittautui hyväksi tavaksi lähestyä ongelmaa ja saattaa data havainnollisempaan muotoon, esimerkiksi yhteistyökumppaneita varten.

Mittauksia tehtäessä ajosuorituksia lähdettiin tekemään intuitiivisesti ja tähän sain apua raskasajoneuvojen kouluttajilta. Testitapauksia kehitettiin ajojen aikana, mutta loppujen lopuksi tärkeimmäksi tehtäväksi osoittautui raja-arvojen löytäminen, hyvien ja huonojen suoritusten välillä. Sekä opetuksen kannalta erittäin tärkeät hyvien ja huonojen suoritusten väliin jäävät suoritukset, joiden avulla saadaan tehtyä eroa koulutettavien välille. Nämä ”kelvolliset” ja ”tyydyttävät” suoritukset olisivat myös erittäin tärkeitä, jos toteutettaisiin pitkän aikavälin seurantajärjestelmä, sillä ajotaito kehittyy ajan myötä, eikä se heti hyppää huonosta hyvään, vaan kehitys tapahtuu asteittain.

Tärkein yksittäinen arvosteluun vaikuttava tekijä oli jarrutus ja tämä tuki myös kirjallisuustutkimusta, sillä etenkin liikennepsykologian lähdeoteoksissa [16, 30] mainittiin, että jarrutukset ja niiden määrä korreloi ennakoivan ajon kanssa – hyvä kuski ei saata itseään tilanteeseen, jossa vain hätäjarrutuksella voidaan estää onnettomuus. Jarrutusten lisäksi haettiin raja-arvot myös kiihtyvyyksille; kaarreajolle, kiihdytykselle ja hidastuvuudelle, sekä pystysuuntaiselle kiihtyvyydelle. Pystysuuntaisesta kiihtyvyydestä huomattiin, että vaikka asetettu raja-arvo ylittyisikin, niin mikäli se on

erittäin lyhytaikainen, niin esimerkiksi linja-autossa matkaava ei koe sitä häiritsevänä – tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi pienet töyssyt tai mukulakivetyksellä ajaminen. Kuvassa 6.2 on piirrettynä menosuuntainen x-kiiihtyvyyys ja z-suuntainen pystykiiihtyvyyys, nolllatason päälle. Kuva käsittää noin 40 sekunnin pätkän linja-autolla ajetusta raakadatasta Hämeenkadulla. Z-kiiihtyvyyys saa koko ajan huomattavasti suurempia arvoja. Ei-toivottuja raja-arvoylityksiä tuli noin joka toinen sekunti, joista osa pitempiaikaisia ja osa lyhytaikaisempia. Yksikään näistä raja-arvoylityksistä ei kuitenkaan ollut huono jarrutus, vaikka järjestelmä sen sellaiseksi rekisteröikin. Voidaan siis todeta, että pelkän z-kiiihtyvyyteen perustuva jarrutuksen arviointi ei onnistu tässä tapauksessa. Tämä olisi saattanut jäädä huomaamatta, jollei olisi ollut mahdollisuutta empiiriseen mittausdataan ja olla mukana mittauksissa.



Kuva 6.2: Data ja raja-arvoylitykset.

Toinen merkittävä jarrutuksiin ja kiihtyvyyksiin liittyvä tekijä, oli niiden vaihtelevuus. Jos kuskin huomattiin aiheuttavan hyvin erilaisia jarrutuksia, niin voitiin olettaa, ettei kuski pysty ennakoivaan ajoon ja tästä mainittiin loppupalautteessa. Yleensä käy niin, että ajovuoron edetessä valvutuneisuus huononee ja ajaudutaan yhä useammin vaarallisiin tilanteisiin, vaikka reitti pysyisikin saman. Tähän liittyen olisikin hyvä, että kuski tai vaihtoehtoisesti kuljetusfirma saisi ilmoituksen tästä ja kuski voitaisiin ohjeistaa lepotauolle.

6.3. Työstä opittua

Järjestelmää suunniteltaessa tulisi heti alusta asti mitata sellaisia tapahtumia, jotka säilyvät melko suurella varmuudella myös jatkossa, vaikka mitattavia suureita saataisiinkin lisää. Mittauksien suorittamiseksi oli ainutlaatuinen tilaisuus käyttää linja-autoa ja ammattilaisten arvioita, esimerkiksi kiihtyvyyksien raja-arvojen löytämiseksi. Ajoja tuli paljon alun perin suunniteltua kappalemäärää enemmän, mutta se ei onneksi ollut mikään ongelma. On hyvä olla mittausdataa mahdollisimman pitkältä aikaväliltä. Ajoja oli mahdollisuus suorittaa aina resurssien mukaan, ja mieluummin niitä tulisikin ajaa liikaa, kuin liian vähän. Mittausajot sujuivat ongelmitta ja tukivat hyvin toisiaan – näin ei välttämättä ole kaikissa tutkimuspainotteisissa projekteissa. Kaikissa ajoissa

saatua dataa voitiin käyttää järjestelmää suunniteltaessa. Jatkossa mittauksia tulisi suorittaa erilaisissa keliolosuhteissa ja tarkastella, että kuinka paljon esimerkiksi liukkaan ja kuivan kelin tulokset eroavat toisistaan. Tulisi huomioida myös erilaisia ympäristöjä ja ajoalustoja, sillä ne voivat vaikuttaa väärin tavalla ajotapahtumien löytämiseen, kuten mukulakivetyksellä ajaminen – etenkin, jos tapahtumien löytäminen perustuu pelkästään raja-arvoihin. Tapahtumien haku olisi hyvä tehdä sellaiseksi, että ne on mahdollista löytää vain muutamalla suurella, sekä useamman suureen kombinaationa. Näin voitaisiin pitää järjestelmää vikasietoisena ja luotettavana, vaikka kaikista suureista ei saataisikaan mittausdataa jatkuvasti.

Ideaali tapaus olisi, että pystyttäisiin tunnistamaan kuski, ajoneuvo ja keli. Näin ollen voitaisiin asettaa järjestelmä ”oikeaan tilaan”, sillä esimerkiksi ensimmäistä kuorma-autoajokorttiaan ajava eläkeläinen, kevättalven iltana, ajaa eri tavalla kuin terve ja kokenut kesällä jatkokoulutukseen tullut ammattikuski. Vaikka järjestelmän yksi tärkeimmistä ominaisuuksista olisikin eroavaisuuksien löytäminen kuskien välillä, niin ei voida olettaa, että laitteisto olisi globaali kaikkien ajoneuvojen tai kuskien kesken. Järjestelmän tulee tietää, että onko kyseessä opetus- vai valvontatilanne. Jos mietitään kuluttajille päätyvää henkilöautoversiota, niin kuskin henkilökohtainen tunnistaminen ei ole välttämätöntä, mutta se mahdollistaisi myös aikaisemmin ajetun datan vertailun – tämä vertailu suoritettaisiin joko kuluttajan omalla koneella tai netin välityksellä laitteistotoimittajan sovelluksella. Opetustilanteessa ja jatkokoulutuksessa henkilökohtainen tunnistaminen olisi suotavaa, jotta nähtäisiin mahdollinen ajotaidon kehitys, mutta tässä työssä siihen ei vielä panostettu.

Testimittausten lisäksi huolellinen järjestelmän testaus todellisessa ajoympäristössä ja ajosuorituksissa on tärkeää. Tässä järjestelmässä tuli yllätyksenä mm. se, että laitteiston ollessa kiinni vuorokausia, data piti pilkkoa pienempiin osiin, jotta se voitiin syöttää analysoitavaksi. Toinen yllätys oli, että tapahtumien löytäminen raakadatasta oli työlästä, mutta tämä paikattiin heti toisella mittauskerralla erillisellä napilla, jolla merkattiin kiinnostavat tapahtumat. Kehitysprojekteissa tulee aina eteen uusia ja ennalta arvaamattomia ongelmia ja siksi projektia ei tulisi aikatauluttaa minuutilleen. Myös järjestelmän nopeuden optimointi oli tärkeä osa suunnittelua, kuin myös sen yksinkertaistaminen ja oleellisen esiin tuominen; liian suuri määrä turhaa tilastoa ajosuorituksen loppupalautteessa saattaa vain sekoittaa arviointitulosta.

Työ oli osa pitempiaikaista projektia ja oli tärkeää saada mahdollisimman paljon tietoa yhteistyökumppaneilta – tässä tapauksessa laitteistotoimittajalta ja TTY:ltä – sekä tutkimuksista, että mitä muualla on tehty ja miten ongelmaa tulisi lähestyä. TTY:ltä sain hyvää tutkimusaineistoa, ja laitteistotoimittajalta vinkkejä toteutukseen, koska he kehittivät omaa järjestelmäänsä samanaikaisesti. Yhteistyötyökumppaneita kartoittaessa tapasimme myös monia muita liikenteen alalla työskenteleviä tahoja ja heiltä tuli paljon ideoita ja toiveita järjestelmään liittyen.

Uutta järjestelmää suunniteltaessa on hyvä tehdä tarkat ja realistiset aikataulut, sekä asettaa pieni ”puskuri”, ennalta odottamattomien tilanteiden varalta. Harvemmin useamman järjestelmän yhteensovittaminen sujuu ongelmitta, vaikka ohjelmisto näin

lupaisikin; dataa voidaan joutua muuttamaan tai käsittelemään jotenkin, tai käyttöjärjestelmien versiot eivät olekaan yhteensopivia ja niin edelleen. Asiakkaita ja yhteistyökumppaneita varten olisi hyvä tehdä ensimmäisestä versiosta mahdollisimman yksinkertainen, mutta samaan aikaan havainnollistava; näin pystyttäisiin jo projektin alkuvaiheessa konkreettisesti näyttämään, että minkälaista järjestelmää olisi tarkoitus kehittää. Yhteistyökumppaneita haettaessa on hyvä kartoittaa kaikki alan tekijät, sillä jos mahdollinen asiakas huomaa, että järjestelmä kiinnostaa muitakin, mahdollisesti jopa hänen kilpakumppaneitaan, niin se voi olla ratkaiseva tekijä sopimuksen allekirjoittamiseksi. Monen yhteistyökumppanin etu on myös se, että alkuvaiheessa sijoitettava summa pysyy kohtuullisempana.

Ensimmäisen version tulisi olla myös siinä mielessä tarkkaan suunniteltu, ettei jatkossa tarvitse tehdä suuria muutoksia, jos järjestelmää ruvetaan kehittämään eteenpäin. Mitä perustavampaa laatua haluttu muutos on, sitä vaikeampi sitä on tehdä. Mieluummin yksinkertainen ja toimiva, kuin liian monimutkainen ja kunnianhimoinen ensimmäinen versio.

7. YHTEENVETO

Raskas-ajoneuvojen koulutus on ollut muutoksen alla EU:n yhteisen lainsäädännön johdosta. JAKK halusi kehittää ja tehostaa omaa koulutustaan ja tähän tarkoitukseen päätettiin kehittää sovellus, joka antaisi lisäarvoa oppilaiden koulutuksessa. Tarkoituksena oli pitkäaikainen projekti, jossa olisi kehitetty järjestelmää mahdollisimman kattavaksi, samalla kun aikaisemmat versiot sovelluksesta olisivat kouluttajien käytössä. Tämä ei kuitenkaan toteutunut rahoitusvaikeuksien takia, vaan tulokseksi jäi diplomityön ensimmäinen versio sovelluksesta, joka suoritti kuljettajan ajon arvioinnin pelkästään kiihtyvyyssantureiden antaman mittausdatan avulla. Tällä saatiin jo lupaavia tuloksia oppilaiden kesken, mutta ideana oli, että tähän olisi lisätty vielä videokuva ja hallintalaitteiden käyttö – nämä olisivat varmasti antaneet lisäinformaatiota kuljettajan käyttäytymisestä.

Mittaukset suoritettiin Taipale Telematics Oy:n laitteistolla, jonka tallentama mittausdata siirrettiin JAKKin Tampereen toimipisteessä SOM (Self-Organizing Map) sovelluksen analysoitavaksi. Sovelluksen suunnitteluvaiheessa tehdyt mittaukset, joissa haettiin raja-arvoja kiihtyvyyksille, suoritettiin Pirkkahallin ja Hakametsän jäähallin parkkipaikoilla, Tampereella. Testivaiheessa suoritettiin muutaman tunnin testiajot kaupunkiympäristössä ja pidemmän aikavälin testaamiseksi laitteisto kiinnitettiin TKL:n linja-autoon viikon ajaksi.

SOMia suunniteltaessa työkaluina olivat Matlab ja Neural Network Toolbox, sekä TKK:n sivuilta ladattavissa oleva SOM Toolbox. Työn alkuvaiheessa SOMia käytettiin datan louhintaan ja piirteiden erottamiseen. Työn edetessä saatu luokittelija lukittiin ja SOMia käytettiin vain luokitteluun ja visualisointiin. Ajallisesti suuren osan diplomityöstä vei mittauksen suunnittelu, datan esiprosessointi ja jälkianalyysi. Näihin käytettiin perinteisiä signaalinkäsittelymenetelmiä, kuten mediaani- ja keskiarvosuotimia.

Mittauksen edetessä kävi ilmi, että kiihtyvyyksien kannalta tarkasteltuna, ulkoisen tarkkailijan asemasta, suurin yksittäinen tekijä hyvän ja huonon kuskin välillä on jarrutus. Jarrutuksen loppukevennyksen puuttuessa auto pysähtyy äkillisesti ja ”nyökkää”, tämä näkyy pystysuuntaisena kiihtyvyytenä. Myös jarrutuksen erittäin voimakas aloittaminen tuntui matkustajista epämiellyttävältä. Nämä kertovat siitä, että kuljettaja ei osaa ennakoida tilannetta, tai että hänellä ei ole kunnon tuntumaa ajoneuvoon. Toinen merkittävä tekijä oli suoritusten vaihtelevuus; jos jarrutukset tai pelkät kiihtyvyydet saivat jatkuvasti hyvin erilaisia arvoja, matkustaminen tuntui epämiellyttävältä. Tämä tukee Häkämiehen [16] tulkintaa, että huonot kuljettajat eivät

osaa ennakoida ajoaan ja että he ajautuvat tilanteisiin, joissa vain nopea paniikkireaktio voi säästää onnettomuudelta.

7.1. Tulevaisuus ja pohdinnat

Liikenneturvallisuutta tutkitaan Euroopan komission ja ajoneuvoteollisuuden rahoittamilla tutkimushankkeilla. Tutkimuskohteita ovat ajoneuvot, ajon seuranta, liikenneympäristö, liikennekoulutus, sekä ihmiset ja heidän liikennekäyttäytyminen. Suomessa tähän asti merkittävimmät parannukset ympäristön ja ajoneuvojen suhteen ovat olleet tiekohtaiset nopeusrajoitukset ja turvavyöpakko. Näillä vähennettiin merkittävästi liikenneonnettomuuksissa kuolleiden määrää 1970-luvulla. Tämän jälkeen tutkimusten kohteina ovat olleet pääasiassa ajoneuvot ja niiden turvallisuuden parantaminen – jossa on menty jatkuvasti eteenpäin. Nyt mielenkiinto on kohdistumassa myös koulutukseen ja ihmisen sekä ajoneuvon seurantaan. Nämä kaikki kolme tukevat toisiaan, sillä pitkään on ollut ongelmana seurata ja todentaa koulutuksen vaikutusta, mutta nykytekniikalla se on mahdollista. Suurin ongelma seurantajärjestelmien kehittämisessä on se, että ajoneuvot eroavat suuresti toisistaan, niin hallintalaitteiden, kuin käyttäytymisensä puolesta. Henkilöauton ajonaikaiset kiihtyvyydet ovat huomattavasti suuremmat verrattuna kuorma-autoon.

Simulaattorit sopivat hyvin erilaisiin tutkimuksiin, mutta koska se on psykologiselta kannalta kontrolloitu tilanne, se ei vastaa oikeaa liikennetilannetta. Simulaattoreita voidaan käyttää kuljettajakoulutuksen apuna, opettaessa perustaitoja tai vaaratilanteissa käyttäytymistä, mutta niillä ei voi todentaa kuskin ajotaitoa. Liikenneturvallisuuden parantamiseksi tulisi keskittyä liikenneympäristön suunnitteluun ja kuskin ajokyvyn seuraamiseen. Ajankohtaiseksi tämä tulee jo 2010-luvulla, kun Suomen suuret ikäluokat tulevat eläkeikään. Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2030 jo yli neljäsosa väestöstä on yli 65-vuotiaita. Tämä täytyy huomioida jotenkin liikennesuunnittelussa; eritasoisten kuskien tulee pystyä käyttämään liikennejärjestelmää turvallisesti.

Ajoa seuraavaa järjestelmää voisi hyödyntää monin eri tavoin. Koulutuksessa voitaisiin kokeilla erilaisia lähestymistapoja ja automaattinen järjestelmä toimisi kouluttajan apuna, lahjomattomana palautteen antajana. Jos olisi mahdollista seurata esimerkiksi jonkin kuljettajaryhmän jatkokoulutuksen jälkeistä ajoa pitkältä aikaväliltä, niin voitaisiin tutkia, että oliko koulutuksesta mitään hyötyä – ja jollei ollut, niin voitaisiin kokeilun kautta testata, että miten sitä voitaisiin tehostaa. Järjestelmä mahdollistaisi myös ryhmässä oppimisen luokkatilassa, mikäli olisi mahdollisuus katsella videolta muiden hyviä suorituksia tai vastaavasti omia huonoja suorituksia. Voitaisiin hyödyntää vertaisoppimista; yhden opettajan sijaan olisi monta omalla esimerkillään havainnollistavaa opettajaa ja etenkin omien virheidensä ymmärtäminen varmasti tehostuisi, jos voitaisiin näyttää videolta jokin itse aiheutettu vaaratilanne. Voitaisiin myös luoda ns. videoarkisto erilaisista tapahtumista, pidemmältäkin aikaväliltä ja käyttää tätä opetuksessa. Yksi esimerkki videokuvasta on kuvassa 7.1,

jossa neljä kameraa on yhdistetty yhdeksi kuvaksi; kaksi kameraa kuvaavat liikennettä eteenpäin kuskin kuvakulmasta, kolmas kuvaa kuskia ja neljäs linja-auton matkustamoaa.



Kuva 7.1: Esimerkkikuva kamerajärjestelmästä.

Kuljetusfirmoissa on jo nyt seurantalaitteita käytössä, mutta ei tarpeeksi. Kuljetusfirmoille olisi tärkeää tietää, että miten kuljettajat ajavat ja karsia mahdolliset riskitapaukset pois listoiltaan. Vastaavasti esimerkiksi taloudellisesti ajavia kuskeja voitaisiin palkita. Turvallisuuden kannalta suurin tarve on ammattikuljettajia vaivaavan työuupumuksen ja rattiin nukahtamisen estäminen. Tarvitaan järjestelmä, joka tarkkailee kuskin vireystilaa ja tarvittaessa ohjeistaa pitämään tauon, jos ajo alkaa vaikuttaa vaaralliselta. Tätä varten on kehitteillä muutama lupaava järjestelmä.

Keskivertokuluttajalle seurantajärjestelmää voidaan käyttää enemmänkin ajoa opastavana ja ohjaavana. Järjestelmä voisi ilmoittaa kuskillle suurista kiihtyvyyksistä tai hallintalaitteiden puutteellisesta käytöstä. Tai jos lähitulevaisuudessa olisi mahdollista synkronoida laitteisto karttatietoon ja reaaliaikaiseen liikennetietoon, niin mahdollisuudet olisivat lähes rajattomat; onnettomuuksien tiedottaminen, kelitiedot, onnettomuusherät alueet jne.

Ajonseurantajärjestelmien yleistymisen kestää vielä vuosia ja vie aikansa, ennen kuin niitä osataan hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla. Järjestelmän tulisi opastaa kuskeja, mutta ei olla rajoittava tai häiritsevä tekijä. Seurantajärjestelmien lisäksi, myös liikenneympäristö on jatkuvan muutoksen alla – ei tulisi hyväksyä sitä, että onnettomuuksia tapahtuu, niitä voidaan aina vähentää. Suurin vaikuttaja kuitenkin pysyy ratin ja penkin välissä, ja tätä tutkii liikennepsykologia; asenteet liikennettä kohtaan pitäisi saada kuntoon jo koulutusvaiheessa, sillä hyvä liikennetietämys ja ajotaito eivät takaa sitä, että niitä käytetään hyvin. On tärkeää, että kuljettajat ymmärtävät oman vastuunsa, ja sen että liikennesäännöt ja seurantajärjestelmät ovat turvallisuuden parantamiseksi. Väsymys on yksi yleisimmistä vakavien

onnettomuuksien aiheuttajista, ja itseään tarkkailemalla sekä muut liikenteessä huomioonottamalla voi vaikuttaa, niin omaan, kuin toistenkin liikenneturvallisuuteen. Jokaisella kuskilla on vastuu toisesta.

LÄHTEET

- [1] Liikenneonnettomuudet maanteillä 2008. Tiehallinnon tilastoja 3/2009, Helsinki 2009.
- [2] Tieliikenneturvallisuuden eurooppalainen toimintaohjelma. Euroopan Yhteisöjen komission tiedonanto, Bryssel 2003.
- [3] Nieminen K. Liikenneonnettomuudet Helsingissä vuonna 2008. Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto, Helsinki 2009.
- [4] Lumiaho A. Kuljettaja ja uusi teknologia. AKE, Helsinki 2009.
- [5] Liikenneturvallisuuden pitkän aikavälin tutkimus- ja kehittämisohjelma: Lintu-projektin yhteenvetoraportti. Liikenne- ja viestintäministeriö, Helsinki 2000.
- [6] Rätty E. & Nystén E. Vakuutusyhtiöiden liikennevahinkotilasto 2008. VALT, Espoo 2009
- [7] Laapotti S. What are young female drivers made of. Turun Yliopisto, Turku 2003.
- [8] Järvi-Nykänen T., Räsänen J. & Britschgi V. Liikennejärjestelmää kuvaavat tunnusluvut ja muut kansalliset erityispiirteet: Lintu-projektin osaraportti 2. VTT, Espoo 2000.
- [9] Borkenstein R. Alcoholism and Law Enforcement. Indiana 1963.
- [10] Howard M., Jackson M., Kennedy G., Swan P., Barnes M. & Pierce R. The interactive effects of extended wakefulness and low-dose alcohol on simulated driving and vigilance. 2007.
- [11] Radun I. & Radun J. Väsyneenä ajaminen – Mikä on tilanne Suomessa? Liikenneturva, Helsinki 2008.
- [12] Henkilövahingot rattijuopumustapauksissa. Liikenneturvan Tilastokatsaus, Helsinki 2009.
- [13] Martikainen K., Hasan J., Urponen H., Vuori I. & Partinen M. Daytime sleepiness – a risk factor in community life. 1992.

- [14] Summala H. & Mikkola T. Fatal accidents among car and truck drivers. 1994
- [15] Sulander P. & Holopainen A. Ennakkotiedot alkoholionnettomuuksista 2008. VALT, Espoo 2009.
- [16] Häkkinen S., Luoma J. Liikennepsykologia. Espoo 1990.
- [17] Summala H., Karola J., Radun I. & Couyoumdjian A. Kohtaamisonnettomuudet päätieverkolla – kehitys ja syyt. Tiehallinto, Helsinki 2003.
- [18] Partinen M. Väsymys ja nukahtaminen kuolemaan johtaneissa liikenneonnettomuuksissa. Liikennevakuutuskeskus, Helsinki 2004.
- [19] Raskaiden ajoneuvojen kunnon ja kuorman vaikutus liikenneturvallisuuteen. AKE, LVK ja Metropolia AMK, Helsinki 2009.
- [20] Tieliikenneonnettomuudet 2008. Liikenneturva ja Tilastokeskus, Helsinki 2009.
- [21] Crawford A. The overtaking driver. 1963
- [22] Laamanen V. Hakkuukoneenkuljettajan hiljaisen tiedon näkyväksi tekeminen simulaattorin ja matemaattisten menetelmien avulla. TTY, Tampere 2004.
- [23] Mikkonen V. Simulaattorien hyödyntäminen ajo-opetuksessa ja kuljettajatutkimuksessa. AKE ja Valmixa Oy, Helsinki 2009.
- [24] Suutari U. & Permala A. Ammattiliikenteen turvallisuuden kehittäminen: Lintu-projektin osaraportti 12. VTT, Espoo 2000.
- [25] Tieliikenne turvallisemmaksi – Valikoituja tuloksia eurooppalaisesta haastattelututkimuksesta. SARTRE-ryhmä, 2004.
- [26] Vehmas A., Kautiala C., & Vaahtera H. Kansalaisten mielipide liikkumisesta ja turvallisuudesta: Lintu-projektin osaraportti 9. VTT ja Tampereen Viatek Oy, Espoo 2000.
- [27] Vesanto J., Himberg J., Alhoniemi E. & Parhankangas J. SOM Toolbox for Matlab 5. TKK, Helsinki 2000.
- [28] Vesanto J. Data Exploration Process Based on the Self-Organizing Map. TKK, Espoo 2002.

[29] Honkiniemi M. Teknillisen Yliopiston perusmatematiikan opiskelijoiden opiskeluorientaatioiden ja opintomenestyksen tutkiminen itseorganisoituvien kartojen avulla. TTY, Tampere 2003.

[30] Rautiainen J. Liikennepsykologia, liikenneasenteet ja ihmisten asenteisiin vaikuttaminen. TTY ja Tiehallinto, Tampere 2007.