

Simulaattorien hyödyntäminen ajo-opetuksessa ja kuljettajatutkinnossa

Valde Mikkonen

Simulaattorien hyödyntäminen ajo- opetuksessa ja kuljettajatutkinnossa

Valde Mikkonen, Valmixa Oy

ALKUSANAT

Tutkimuksessa kartoitettiin ajosimulaattoreiden opetuskäyttöä Suomessa, Alankomaissa, Britanniassa, Ranskassa, Ruotsissa ja Saksassa. Ammattikulttuurin koulutukseen kiinnitettiin erityisesti huomiota, mutta myös muusta opetus- ja tutkimuskäytöstä haettiin ideoita alan kehittämistoimille.

Tutkimus on tehty AKEn toimeksiannosta ja sen on toteuttanut Valde Mikkonen Valmixa Oy:stä.

Tutkimus kuuluu AKEn vuoden 2008 tutkimussuunnitelman mukaisiin tutkimuksiin.

Helsingissä, 20. huhtikuuta 2009

Ari Herrala

yksikönpäällikkö
Ajoneuvohallintokeskus AKE

FÖRORD

Undersökningen kartlade användningen av körsimulatorer i undervisningen i Finland, Nederländerna, Storbritannien, Frankrike, Sverige och Tyskland. Undersökningen fokuserade särskilt på utbildningen av yrkesförare, men man sökte också efter idéer från annan undervisnings- och forskningsanvändning för att hitta utvecklingsåtgärder för branschen.

Undersökningen utfördes på uppdrag av Fordonsförvaltningscentralen AKE och genomfördes av Valde Mikkonen vid Valmixa Oy.

Undersökningen ingick i AKEs forskningsplan för 2008.

Helsingfors, den 20 april 2009

Ari Herrala

enhetschef
Fordonsförvaltningscentralen AKE

FOREWORD

The study reviewed the use of driving simulators for instructional purposes in Finland, the Netherlands, Great Britain, France, Sweden and Germany. Particular attention was paid to the instruction of professional drivers, but other kinds of instruction and research use were also reviewed to possibly inspire further development in the industry.

This study was commissioned by the Finnish Vehicle Administration, AKE, and carried out by Valde Mikkonen from Valmixa Oy.

The study is part of AKE's research in compliance with its 2008 research plan.

Helsinki, 20 April 2009

Ari Herrala

Head of Unit
Vehicle Administration AKE

Sisällysluettelo

Index

Tiivistelmä

Sammanfattning

Abstract

1	Tutkimuksen tavoite ja tehtävän rajausta.....	1
2	Menetelmät.....	2
3	Katsaus ajosimulaattoreiden käytöstä Suomessa	2
3.1	Viranomaisluvan saaneet ajosimulaattorit	2
3.1.1	Työtehoseuran bussisimulaattori	3
3.1.2	Työtehoseuran kuorma-autosimulaattori	4
3.1.3	Etelä-Karjalan aikuisopiston rekkasimulaattori	5
3.1.4	Suomen Autokoululiiton pimeäajon simulaattori	6
3.2	Muut ajosimulaattorit Suomessa	7
3.2.1	Heurekan älykäs ajosimulaattori	7
3.2.2	Simrac rallisimulaattori.....	8
3.2.3	Ajosimulaattoreita tutkimuskäytössä	9
3.3	Kokoava tilannekuva Suomesta	10
4	Kehityksen kärkeä Euroopasta	11
4.1	Alankomaiden ajosimulaattoreita	11
4.1.1	Groningen	
4.1.2	TNO (The Dutch Research Institute)	12
4.1.3	DriveZone Autokoulu	13
4.1.4	Green Dino ajosimulaattori.....	14
4.1.5	Lumo Drive ajosimulaattorit	14
4.2	Britannian ajosimulaattorihankkeita.....	15
4.2.1	Cranfield	
4.2.2	Leeds	
4.2.3	Nottingham	
4.2.4	TRL ajosimulaattorit.....	16
4.2.5	Scotsim ajosimulaattorit	17
4.2.6	XPI simulaattorit	18
4.3	Ranskan ajosimulaattorit.....	18
4.3.1	Inrets simulaattorit	18
4.3.2	Valenciennes	
4.3.3	Faros ajosimulaattorit	19
4.3.4	Scaner ajosimulaattorit ja ohjelmistot	20
4.4	Ajosimulaattoreita Ruotsissa	20
4.4.1	Linköping	
4.4.2	VTI simulaattorit	21
4.5	Saksalaisia simulaattorihankkeita	22
4.5.1	Frauenhofer instituutti	22
4.5.2	Münchenin teknillinen korkeakoulu	24
4.5.3	Saksan armeijan yliopisto Hampurissa	24
4.5.4	Würzburgin WIVW	25
4.5.5	Dr.-Ing. Foerst	
4.5.6	Daimler, Rheinmetall ja Simutech	26
4.6	Kokoava tilannekuva Euroopasta.....	28
5	Suuntauksia ajosimulaattoreiden hyödyntämisessä.....	29
6	Vastauksia valikoituihin kysymyksiin	31
6.1	Tarjoaako ajosimulaattori pedagogisia etuja kuljettajaopetukseen?	31
6.2	Kävisikö simulaattori liikenneturvallisuusosaamisen määrittelyyn?	31

6.3	Voitaisiinko ajokoe ja kuljettajatutkinto hoitaa simulaattorilla?	32
6.4	Opitaanko simulaattorissa taloudellista ajotapaa?	33
6.5	Sopiiko simulaattori jatko- ja täydennyskoulutukseen?	33
6.6	Millä ehdoilla simulaattorin käyttö on taloudellisesti perusteltua?	34
6.7	Miten simulaattori tulisi integroida muuhun opetukseen?	35
6.8	Miten simulaattorisairaus on hallittavissa?	35
6.9	Onko simulaattoreilla tutkimuskäyttöä Suomessa?	35
6.10	Voidaanko simulaattoreita käyttää myös yksityiskuljettajien opetuksessa?	36
7	Ehdotuksia uusiksi käyttökohteiksi ja kehittämishankkeiksi	36
8	Lähdeluettelo	38

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa kartoitettiin ajosimulaattoreiden opetuskäyttöä Suomessa, Alankomaissa, Britanniassa, Ranskassa, Ruotsissa ja Saksassa. Ammattikuljettajien koulutukseen kiinnitettiin erityisesti huomiota, mutta myös muusta opetus- ja tutkimuskäytöstä haettiin ideoita alan kehittämistoimille.

Liikenneturvallisuusosaamisen parantaminen on simulaattoreiden käytön yleisiä tavoitteita. Simulaattorissa voidaan harjoitella vaaratilanteiden hallintaa ja vaikeissa olosuhteissa selviytymistä edustavammin kuin muilla keinoilla. Mahdollisuuksia arvioidaan olevan myös siihen, että simulaattoriajoa käytettäisiin mittavälineenä kuljettajien ajotaitoon sisältyvän turvallisuusosaamisen tasoja määriteltäessä.

Simulaattoreiden koulutuskäyttö on vahvassa kasvussa, käyttöalueet monipuolistuvat ja käyttäjäryhmät lisääntyvät. Ajoneuvon käsittelyn ja liikenteen perustaitojen sekä turvallisuusosaamisen rinnalle ovat tulleet harjoitukset vaihtelevissa olosuhteissa ja ympäristöissä. Laajimmillaan simulaattoriajot voivat kattaa koko opetusohjelman ja todellisessa liikenteessä tarvitaan vain näyttö saavutettujen valmiuksien siirtymisestä aitoon ympäristöön. Ammattikuljettajien koulutuksessa painottuvat lisäksi vaativat erityistilanteet, kuten tarkkuutta vaativa ajo lastaus- ja purkauspaikoilla sekä vaihtelevan kuormauksen vaikutusten tunnistaminen. Simulaattoriopetus on pitkälle itseohjaavaa, kun opastusta, suorituksen arviointia ja palautteita on sisällytetty ohjelmiin. Simulaattoreilla voidaan parhaimmillaan saavuttaa merkittäviä pedagogisia, taloudellisia ja ekologisia etuja perinteiseen ajo-opetukseen verrattuna.

Tutkinnon edustavuuden parantaminen on periaatteessa mahdollista simulaattoreita hyödyntäen, mutta käytännön sovellukset ovat vähäisiä. Tutkintoja säädellään kaikissa maissa tiukemmin kuin opetusta, ja tarjolla olevat innovaatiot toteutuvat hitaasti. Ajosuorituksen arviointi on simulaattorissa kuitenkin mahdollista tarkasti ja objektiivisesti sekä täysin tasapuolisesti ja sitä tehdään palautteiden tuottamiseksi harjoitusohjelmissa. Simulaattorissa olisi mahdollista jopa integroida perinteinen teoria- ja ajokoe yhdeksi kokeeksi. Lisäksi simulaattori sopii todellista ajokoea paremmin tutkintovälineeksi, kun on selvitettävä eri tavoin vajeakuntoisten edellytyksiä ajokortin hankintaan tai säilyttämiseen.

Taloudellisen ajotavan edistäminen sopii simulaattoreille erinomaisesti. Sekä perusopetuksessa että kokeneiden kuljettajien jatkokoulutuksessa voidaan ajosuorituksen aikaista kulutusta mitata ja antaa kuljettajalle tarkka diagnoosi siitä, miten hän voisi parantaa ajotapansa taloudellisuutta.

SAMMANFATTNING

Undersökningen kartlade användningen av körsimulatorer i undervisningen i Finland, Nederländerna, Storbritannien, Frankrike, Sverige och Tyskland. Undersökningen fokuserade särskilt på utbildningen av yrkesförare, men man sökte också efter idéer från annan undervisnings- och forskningsanvändning för att hitta utvecklingsåtgärder för branschen.

Ett av de vanligaste målen med användningen av simulatorer är att förbättra kunskaper inom trafiksäkerhet. I simulator kan man på ett mer representativt sätt än med andra metoder öva hanteringen av farliga situationer och svåra förhållanden. Det anses också tänkbart att simulatorkörning kunde användas som mätinstrument för att fastställa nivån på det säkerhetskunnande som ingår i förarnas körskicklighet.

Simulatorer används allt mer inom undervisningen, och användningen blir mångsidigare och användargrupperna fler. Vid sidan av hanteringen av fordonet, baskunskaper om trafiken och säkerhetskunnandet ingår nu även övningar i varierande förhållanden och miljöer. Som mest kan simulatorkörning omfatta hela undervisningsprogrammet, och i verklig trafik behövs endast ett bevis på att man kan tillämpa de erhållna färdigheterna i genuin miljö. I utbildningen av yrkesförare fokuseras därtill på krävande situationsituationer, till exempel precisionskrävande körning på lastnings- och lossningsställen, och på kunskaper om effekterna av varierande belastning. Simulatorundervisning är i stor utsträckning självstyrande, då guidning, bedömning av prestationer och återkoppling ingår i programmen. Med simulatorer kan man i bästa fall uppnå betydande pedagogiska, ekonomiska och ekologiska fördelar jämfört med traditionell körundervisning.

Det är i princip möjligt att förbättra representativiteten hos examen med simulatorer, men det finns få praktiska tillämpningar. Examen är i alla länder striktare reglerad än undervisningen, och befintliga innovationer införs långsamt. Det är dock möjligt att exakt, objektivt och fullständigt opartiskt bedöma körprestationen i simulator, och detta görs i övningsprogram för att producera feedback. I simulator skulle det rentav vara möjligt att integrera det traditionella teori- och körprovet till ett prov. Dessutom lämpar sig simulatören bättre än ett verkligt körprov som examensinstrument när det gäller att utreda vilka förutsättningar människor med olika handikapp har att skaffa eller behålla körkortet.

Simulatorer lämpar sig utmärkt för att främja ekonomisk körning. Både i den grundläggande undervisningen och i den fortsatta undervisningen av erfarna förare kan man mäta förbrukningen under körning och ge föraren en exakt diagnos om hur han eller hon kunde göra körningen mer ekonomisk.

ABSTRACT

The study reviewed the use of driving simulators for instructional purposes in Finland, the Netherlands, Great Britain, France, Sweden and Germany. Particular attention was paid to the instruction of professional drivers, but other kinds of instruction and research use were also reviewed to possibly inspire further development in the industry.

Improved traffic safety competence is one of the key goals of simulator use. The simulator enables candidates to practice managing dangerous situations and coping in difficult conditions in a more comprehensive manner than other instruction methods. According to some estimates, it may also be possible to use simulator driving in measuring the driver candidate's safety competence as part of the overall driving skills.

The utilisation of simulators in driving instruction is rapidly increasing, and they are being used for more versatile purposes and by increasingly varying user groups. In addition to vehicle handling, basic traffic skills and safety competencies, exercises featuring varying conditions and environments have been introduced. In the most extensive cases, all driving exercises may be completed with the simulator, and driving in actual traffic is only needed to display how the learned skills are applied in the real environment. In addition, the instruction of professional drivers emphasises special situations, such as precision driving at loading and unloading sites and recognising the impacts of various cargo sizes. Simulator exercises are largely self-instructive with guidance, performance evaluation and feedback embedded in the programs. At best, simulators can help achieve significant pedagogical, financial and ecological benefits in comparison with traditional driving instruction methods.

In principle, simulator utilisation can help improve the representativeness of the examination, but practical applications are scarce. Driving examinations are more strictly regulated than the related instruction in all reviewed countries, and any available innovations are implemented slowly. However, simulators enable precise, objective and fully equal evaluation of the driving performance, and this is already being done for feedback purposes within exercise routines. It would even be possible to integrate the traditional theory and driving examination into one examination utilising the simulator. Furthermore, the simulator is a more suitable examination method than driving amongst real traffic in the case of assessing the prerequisites of people with different disabilities for acquiring or keeping a driving licence.

Simulators are excellent for promoting the economical driving style. Fuel consumption can be measured both in basic instruction and the further instruction of more experienced drivers, and the driver can get a precise diagnosis of how he/she could drive more economically.

1 Tutkimuksen tavoite ja tehtävän rajaus

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, millaisia entistä laajempia hyödyn-tämismahdollisuuksia ajosimulaattoreilla voisi olla ammattikuljettajien koulutuk-sessa ja tutkinnossa. Simulaattorit rajataan tieliikenteen välineisiin. Ulkopuolel-le jäävät esimerkiksi metsäkonosimulaattorit, joiden käytöstä on tarjolla tuore suomenkielinen analyysi (Salakari, 2007).

Simulaattoreiden nykyistä käyttöä, käynnissä olevia kokeiluja ja tulevaisuuden suunnitelmia analysoimalla pyritään avaamaan näköaloja käytön laajentamisel-le ammattikuljettajien ajo-opetuksessa ja tutkinnossa. Sen rinnalla arvioidaan myös mahdollisuuksia käytön laajentamiseen tutkimusrintamalla ja simulaatto-reiden käytön yleistämiseen myös yksityiskuljettajien opetuksessa.

Nykyistä simulaattoreiden käyttöä ja käyttäjien visioita katsastetaan paitsi Suomesta myös Euroopan johtavista simulaattoreiden käyttömaista. Alanko-maissa, Britanniassa, Ranskassa, Ruotsissa ja Saksassa on koko joukko tut-kimuskokonaisuuksia ja yrityksiä, joissa on simulaattoriopetuksen kehityshankkeita ja myös kaupallista koulutuspalveluiden tarjontaa. Suomen ripeä lähtö viime vuo-sina, erityisesti ammattikuljettajien koulutuksen saralla, tuottaa innovaatioita kansainväliseenkin vaihtoon. Tätä kehitystä pyritään tällä tutkimushankkeella osaltaan tukemaan.

Liikenneturvallisuus ja ajotavan taloudellisuus ovat ammattikuljettajien koulu-tuksessa priorisoituja tavoitteita. Ne korostuvat myös simulaattoreiden käyttö-mahdollisuuksien arvioinneissa. Lisäksi on huomattava, että tämä tutkimus liit-tyy kokonaisuuteen, jossa käsitellään ammattikuljettajien opetusta monelta nä-kökannalta. Niinpä simulaattorien avaamat mahdollisuudet opetuksen pedago-giseen kehittämiseen, taloudellisen ajotavan harjoitteluun ja tutkinnon edusta-vuuden parantamiseen sekä turvallisuusosaamisen kehittämiseen ovat erityi-sesti huomion kohteena.

Kehittämistä palveleva tutkimus etsii ja tuottaa jatkuvasti uusia ideoita ja ehdo-tuksia toimenpiteiksi ja ratkaisuksi. Ehdotuksista on useimmiten vielä pitkä matka käytännön toteutukseen, vaikka ehdotukset olisivat perusteltuja ja näyttö niiden toimivuudesta olisi vahvaa. Muutosten tekeminen vallitseviin järjestel-miin vie aikaa tyypillisesti 5–15 vuotta.

Tämä raportti kattaa yhden osan tutkimuskokonaisuutta ”Ammattikuljettajien kuljettajaopetuksen ja tutkinnon kehittäminen”. Toisessa osaraportissa (Ojala & Ahlgren, 2008) on mukana kyselytuloksia kouluttajien ja tutkinnon vastaanotta-jien käsityksistä simulaattoreiden käyttömahdollisuuksista. Ne eivät tuoneet li-säinformaatiota tämän raportin aineistoon, joka kattaa kaikki kotimaiset simu-laattoria hyödyntävät ammattikuljettajien koulutus- ja tutkimuslaitokset. Näissä on kertynyt jo melko mittava kokemus laitteiden käytöstä ja kokemuksiin perus-tuvia näkemyksiä simulaattoreiden kehittämistarpeista ja -mahdollisuuksista.

2 Menetelmät

Tutkimusmenetelmänä on ensinnäkin analysoida kriittisesti simulaattoreiden kehittäjien, käyttäjien, tutkijain ja kokeilijoiden tuottamia raportteja ja nettisivustoja sekä täydentää tietoja vastuuhenkilöitä haastattelemalla. Tällä pyritään saamaan ajantasainen ja jopa tulevaisuuttakin peilaava tietopohja simulaattoreiden kehitystyöstä, tutkimuksista, kokeiluista ja käytöstä erityisesti raskaan ajoneuvokaluston kuljettajaopetuksessa. Muusta simulaattoreiden käytöstä ja kehitystyöstä hankitaan tietoa valikoivasti hankkeen tavoitteiden suunnassa.

Hankittua tietopohjaa käytetään ideatuotantoon, jossa haetaan laajennuksia ja uusia mahdollisuuksia nykyiselle suomalaiselle simulaattorien opetuskäytölle. Tutkijan tuottamia ehdotuksia punnitaan tutkimuskokonaisuuden eri osatutkimusten tekijöiden työryhmässä. Sen jälkeen ehdotukset alistetaan vielä tutkimuskokonaisuutta ohjaavan ryhmän kritiikille. Ryhmäkäsittelyissä ehdotuksia voidaan jalostaa, karsia, laajentaa tai lisätä.

Kuvatulla työtavalla selvitetään simulaattoreiden käytön kehittämismahdollisuuksia Suomessa kahdesta suunnasta. Muiden maiden käytäntöjä selvittämällä etsitään hyvien käytäntöjen perusteita ja edellytyksiä käytölle Suomessa ja toisaalta Suomen tarpeista lähtien ideoidaan uusia näköaloja simulaattoreiden opetuskäytön kehittämiseen.

3 Ajosimulaattoreiden käyttö Suomessa

Suomessa on viime vuosina otettu käyttöön useita ajosimulaattoreita. Niistä osaa käytetään pakollisen ajokorttiin johtavan koulutuksen välineinä, kun taas osa on joko puhtaasti tutkimuskäytössä tai kaupallisen palvelutarjonnan välineinä. Edellisen ryhmän simulaattoreilla tulee olla Ajoneuvohallintokeskuksen hyväksyntä, kun taas jälkimmäiset toimivat ns. vapailla markkinoilla. Tätä luokittelua käytetään seuraavassa simulaattoreiden käytön kuvauksessa ja AKEn hyväksymien simulaattoreiden käyttöä eritellään muita yksilöidymmin. Niiden toimivuudesta on ennen hyväksyntää tehty myös oppimistuloksia vertaileva seurantatutkimus (Mikkonen, 2005 ja 2007).

3.1 Viranomaisluvan saaneet ajosimulaattorit

Suomessa on käytössä neljä viranomaisluvan saanutta simulaattoria. Niiden käyttöä rajaavat laitteiden ja tietokoneohjelmien tarjoamat mahdollisuudet, asetuksella annetut simulaattoriopetuksen enimmäismäärät ja viime kädessä kokemusten antama tuntuma oppimisen kannalta tuloksellisimmista käyttömääristä ja -tavoista. Seuraavassa esitellään kutakin neljää simulaattoria ja kuvataan niiden käyttöä, niistä saatuja kokemuksia ja tulevaisuuden näkymiä.

3.1.1 Työtehoseuran bussisimulaattori

Työtehoseuran aikuiskoulutuskeskuksen bussisimulaattorin rakenteellisenä perustana on aito Volvo-bussi, jonka korista on leikattu etuosa eli ohjaamo ja 11 matkustajapaikkaa simulaattoriksi. Laajakulmanäyttö avaa tie- tai katumaisemaa, peileistä näkyy taakse jäävä tieosa ja täyssimulaattorin edellyttämä liikevaikutelma on aikaansaatu paineilmalla säädeltävien sylintereiden avulla. Bussia voidaan ajaa joko käsi- tai automaattivaihteisena ja moottorivaihtoehtojakin on tarjolla. Ääniefektit ovat asianmukaiset ja ajotapahtumat tallentuvat tietokoneelle. Ajoa valvova liikenneopettaja voi säädellä tapahtumia joko autossa olevalta tietokoneelta tai ulkopuolelta simulaattorin ohjaamosta. Ajotapahtumia voidaan seurata useista näyttölaitteista simulaattorin ulkopuolella opetustilassa.

Simulaattori on kotimaista valmistetta (Team Simrac Finland Oy), samoin ohjelmisto on kotimaista tuotantoa. Opettajilla on käytössään editori, jonka avulla voidaan tuottaa ohjelmaversioita. Liikenneympäristöjen pohjana ei ole mikään todellinen paikkakunta tai tiestö, vaan ympäristö on luotu puhtaasti opetustarkoituksiin soveltuvaksi virtuaalikaupungiksi ja tiestöksi. Näissä ympäristöissä voidaan vaihdella ajo-olosuhteita laajasti, nimenomaan kaikki vaikeat olosuhteet ovat tarjolla. Muun liikenteen tuottamia yllätystilanteita voidaan luoda ajon aikana.

Simulaattoria käytetään D-luokan ajokorttiin johtavassa koulutuksessa kahden eri kurssiohjelman osana. Bussikuljettajan koulutus tähtää taajamien välisen liikenteen kuljetustehtäviin, kun taas citybussikuljettajan koulutus tähtää pääkaupunkiseudun, etenkin Helsingin bussikuljettajan tehtäviin. Jokaisella oppilaalla on henkilökohtainen opetussuunnitelma, joka ottaa huomioon paitsi yleiset oppimistavoitteet myös yksilöllisen lähtötason.

Simulaattoriharjoitteiden käyttöä määrää ratkaisevasti hyötytavoite: jokaisen harjoitteen on edistettävä opetussuunnitelman mukaista oppimista. Simulaattoria käytetään 6–8 ajotuntia, kun asetuksen määräämä maksimi voisi olla 15 ajotuntia. Simulaattoriharjoitteet tehdään lyhyinä 5–10 minuutin jaksoina, joiden aikana harjoitus on intensiivistä ja motivaatio säilyy hyvänä.

Kaikille yhteisinä harjoitteiden sisältönä ovat ongelmalliset liikennetilanteet kuten väistöt yllätystilanteissa, vaikeat olosuhteet, bussikuljettajan erikoistilanteet toimia paineenalaisena, liukkaat ajoradat pysäkeille tultaessa ja lähdeyttäessä sekä liukkaat mäkipaikat. Yksilökohtaisesti simulaattoria käytetään vaikeuksia tuottavien ajotehtävien harjoitteluun, kuten ajoneuvon käsittelyyn ja tilan hallintaan ahtaissa paikoissa.

Ajallisesti simulaattoriharjoitukset sijoitetaan opetusohjelmaan siten, että ne tukevat muilla keinoilla annettavaa samojen sisältöalojen opetusta. Esimerkiksi ennakoiva ajaminen simulaattorissa ja taloudellisen ajon harjoitus bussilla tulevat peräkkäin. Simulaattoriharjoitteet on siten integroitu opetusohjelmassa tukemaan muuta opetusta. Ajankäyttö simulaattorissa on tehokasta, koska tavoiteltu harjoitustilanne on heti tarjolla eikä siirtymiin mene aikaa.

Simulaattorin toimivuudessa ei ole ollut mainittavia ongelmia eikä simulaattorisairaus ole häirinnyt lyhyissä harjoitteissa. Jatkokoulutustilaisuuksissa osa vanhemmista kuljettajista väheksyy simulaattoriajon tarjoamia oppimiskokemuksia: "eihän se ajo simulaattorissa ole todellista".

Simulaattorin käytön taloudellista kannattavuutta ei ole arvioitu. Käyttöaste on alle 50 prosenttia maksimaalisesta, noin seitsemän tuntia päivässä. Taloudellisesti kannalta perusteltua olisi käyttää laitteita kahdessa työvuorossa, jolloin käyttöä voisi kertyä jopa 16 tuntia päivässä.

Tulevaisuuden suunnitelmissa on nostaa simulaattorin käyttöastetta lisäämällä erityisesti kuljettajien jatko- ja täydennyskoulutusta. Muita laajennusnäköaloja ei ole eikä tutkimushankkeita ole käynnissä. Simulaattorin käytöstä ajokokeen ja kuljettajatutkinnon välineenä on puhuttu vain leikkimielellä. Vähittäistä harjoitteiden kehitystyötä tehdään omin voimin ja yhteistyössä kaupallisia koulutuspalveluja yrityksille tarjoavan STC Simulator Training Oy:n kanssa. (www.tts.fi ja koulutuspäällikkö Esa Ikäheimon haastattelu).

3.1.2 Työtehoseuran kuorma-autosimulaattori

Kuorma-autosimulaattori on rakennettu Scanian ohjaamoon. Myös tämä laite on ns. täyssimulaattori, joka simuloi myös ajoneuvon liikedynamiikkaa. Laite on lisäksi multisimulaattori, jolla voidaan simuloida usean erilaisen kuorma-auton toimintaa. Pienimmillään se on tavallinen kuorma-auto, mutta akseleita voidaan ohjelmavalinnoin lisätä siten, että laitteesta saadaan puoliperävaunulla varustettu "rekka" ja edelleen myös täysperävaunullinen yhdistelmäajoneuvo. Näitä voidaan ajaa joko käsi- tai automaattivaihteisina ja kuormauksen vaihtelulla voidaan simuloida ajodynamiikaltaan hyvin erilaisia kuljetustehtäviä. Kuormauksella voidaan ajoneuvon painopiste esimerkiksi nostaa niin korkealle, että ajaminen käy todella haastavaksi, kun samalla olosuhteita voidaan vaikeuttaa, esim. liukkausta lisätä kitkattomuuteen saakka. Tässä simulaattorissa on paljon samoja rakenne- ja ohjelmisto-osia kuin bussisimulaattorissakin. Molemmat on suunnitellut ja rakentanut Team Simrac Finland Oy kiinteässä yhteistyössä TTS:n kanssa.

Simulaattoria käytetään CE-ajokorttiluokan koulutusohjelmassa. Käytön periaatteet ovat samoja kuin edellä kuvatussa bussisimulaattorissakin. Tieympäristöissä ajaminen vaihtelevissa olosuhteissa ja vaihtelevalla kuormauksella on vain osa harjoituksia, joissa korostuvat erikoistilanteet, kuten ajo terminaaleihin, purku- ja lastauslaitureihin, maa-ainesten kuormauspaikoille sekä kapeille teille ja kaduille. Yllätystilanteet sekä ennakoivan ja taloudellisen ajon harjoitteet kuuluvat ohjelmaan.

Simulaattoriharjoitteiden kokonaismäärä on tässäkin ohjelmassa 6–8 ajotuntia. Harjoitteet toteutetaan lyhyinä tuokioina ja niihin liittyvinä arviointi- ja keskustelujaksoina. Kaikille yhteisten harjoitteiden lisäksi annetaan tarvittaessa yksilöllistä harjoitusta oikeassa liikenteessä vaikeuksia tuottavissa ajotehtävissä.

Kuorma-autosimulaattoria ei voida käyttää C-luokan ajokortin koulutusohjelmassa, koska se ei sisälly simulaattorin käyttöluvan piiriin. Tämä sulkee pois simulaattorin kokeilemisen yksityiskuljettajien koulutuksessa, mitä muutoin pidetään mahdollisena.

Kaikki mitä edellä on todettu bussisimulaattorin yhteydessä käyttöasteista, tutkimus- ja kehityshankkeista sekä tulevaisuuden näköaloista pätee myös kuorma-autosimulaattoriin. Kapasiteettia on vapaana, ja tulevaisuudessa jatko- ja täydennyskoulutus sekä ammattipätevyyskoulutus tulevat lisäämään käyttöä. Kehitystyö on omatoimista harjoitteiden ja käytäntöjen hiomista ja kokemusten kartuttamista ilman erityisiä tutkimushankkeita. (Tietolähteet samat kuin yllä bussisimulaattorin yhteydessä).

3.1.3 Etelä-Karjalan aikuisopiston rekkasimulaattori

Etelä-Karjalan aikuisopisto Aktiva on hankkinut ranskalaisvalmisteisen Thales Trust 3000 kuorma-autosimulaattorin, joka on asennettu raskaan ajoneuvon alustalle ja simulaattorista on siten saatu liikuteltava ”rekkasimulaattori”. Ajatuksena on, että simulaattori ja sen ympärille pystytettävä telttarakenteinen luokkatila voidaan helposti siirtää kulloiseenkin käyttöpaikkaan, esim. kuljetusyrityksen pihaan. Tämä laajentaa laitteiston maantieteellistä käyttöalaa ja asiakaspohjaa.

Myös tämä laite on ns. täyssimulaattori, jossa ajotuntuma on pyritty tekemään todentuntuiseksi ajoneuvon liikedynamiikkaa myöten. Simulaattoria voidaan muunnella siten, että tavallisena kuorma-autona sen akselimäärää voidaan vaihdella ja siihen voidaan liittää puoli- tai täysperävaunu. Moottorivaihtoehtoja on useita ja vaihteistona on valittavissa joko automaattivälitys tai käsivälitteinen raskaan ajoneuvon vaihteisto.

Perusohjelmisto on laitevalmistajan tuottama ja kouluttaja on valmennettu käyttämään editoria, jolla voidaan tuottaa ohjelmaversioita ja muunnelmia. Erilaiset tietyypit, pienistä maanteistä kanta- ja valtateihin ovat käytössä ajoympäristöinä samoin taajama- ja terminaaliympäristöt. Olosuhteita voidaan vaihdella sekä näkyvyyden ja sääolojen että tien pinnan pidon osalta.

Simulaattoria käytetään CE-ajokorttia suorittavien kurssilaisten ohjelmassa sekä jatko- ja täydennyskoulutuksessa. Simulaattoriharjoitteet ovat vapaaehtoisia ja niiden sisältönä on ennakoiava ajaminen, taloudellinen ajotapa, liikeenergian tunnistaminen ja jarrutus erilaisissa olosuhteissa esim. tuulisella säällä ja liukkaalla ajoradalla. Yksilökohtaisesti voidaan antaa myös esim. käsitteilyharjoitteita niitä tarvitseville.

Simulaattoriopetuksen määrä on keskimäärin 2–4 tuntia oppilasta kohti CE-kurssilla ja muutamia lyhyitä jaksoja jatko- ja täydennyskoulutuksessa. Simulaattoriharjoitteet tehdään lyhyinä 5–15 minuutin jaksoina ja alkutututteluna on tavallisesti lyhyitä muutaman minuutin jaksoja.

Ongelmia simulaattorin käytössä ei ole esiintynyt alkuvaikeuksien jälkeen. Laitteisto huolletaan säännöllisesti Ranskassa ja simulaattorisairaus on hallinnas-

sa. Kokemusten mukaan noin kymmenellä prosentilla esiintyy aluksi lievää epämiellyttävyyttä, mikä kuvastuu siinä, ettei laitetta haluttaisi heti kokeilla uudelleen. Lyhyillä totutteluilla asia on hoidettavissa. Yleisesti ottaen simulaattori on uutena välineenä kiinnostava ja kokeilunhaluun innostava.

Käyttöaste laitteella on riittävä siihen, että se työllistää kokopäiväisesti (160 h/kk) yhden liikenneopettajan. Käyttö on välistä hyvin intensiivistä, mutta sitten on vastaavasti viikkoja, jolloin simulaattoria käytetään vähemmän ja aikaa jää esim. harjoitteiden modifiointiin. Periaatteessa käyttöä voitaisiin lisätä jopa kaksinkertaiseksi, jos haluttaisiin siirtyä kaksivuorotyöhön.

Taloudellisesti hanke on ollut perusteltu, koska rahoitus on tullut 75-prosenttisesti EU:n kehitysrahastoista. Muu rahoitus tulee aikuisopistoa ylläpitävältä kuntayhtymältä.

Yksityiskuljettajien C-ajokorttiin vaadittavaan koulutukseen simulaattoria voitaisiin käyttää, mutta toistaiseksi lupa siihen puuttuu. Samoin olisi mahdollista, että autokouluille tuotettaisiin palveluna esim. pimeäajon harjoitukset. Simulaattorin käyttöä tutkintovälineenä ei ole vakavasti suunniteltu, vaikka ajokortin uusijoille sellaista on pidetty mahdollisena. Kuljettajien ammattipätevyyskoulutukseen simulaattoria voidaan käyttää. Lupa on voimassa 1.1.2008 alkaen ja tämän käytön oletetaan laajenevan merkittävästi tulevaisuudessa.

Kehittämishankkeina on juuri käynnistynyt Suomen tyypillisiä liikenneympäristöjä mallintavan ohjelmiston tuottaminen. Tutkimushankkeena on tehty projektin imago- ja tunnettavuustutkimus. Näitä asioita on parantanut se, että Etelä-Suomen lääninhallitus on palkinnut hankkeen innovatiivisena kehitystyönä ja laitteistoa on esitelty mm. Eduskuntatalon edessä liikennevaliokunnan jäsenille. Nämä kokemukset ovat olleet projektille ja oppilaitokselle kannustavia sen jälkeen, kun alkuun oli suunnitelmien kanssa voitettava monia epäileviä ennakkoluuloja. (www.ek-aktiva.fi ja www.ekakk.fi/rekkasimulaattori sekä koulutuspäällikkö Janne Huittisen haastattelu).

3.1.4 Suomen Autokoululiiton pimeäajon simulaattori

Suomen Autokoululiitto on ollut aktiivisena tukijana, kun sen aluejärjestö hankki Merenkurkun Liikenneturvallisuuskeskukseen simulaattorin tarkoituksenaan kokeilla B-ajokorttiin vaadittavan ajoharjoittelun pimeäajo-osuutta simulaattorissa.

Laite on ranskalaisvalmisteinen Faros, henkilöauton hallintalaittein varustettu kiinteämallinen ns. puolisimulaattori, joka tuottaa liikevaikutelman kolmella monitorilla avautuvien tienäkymien vaihtumisen kautta. Ajoneuvon dynamiikkaa ei simuloida, mutta liikenteen näkemien avautuminen, näkemä peileistä taakse ja henkilöauton äänimaisema luovat ajovaikutelmaa, johon hallintalaitteiden käytöllä voi vaikuttaa kuten henkilöautossa konsanaan.

Pimeäajon ohjelmiston on kehittänyt Suomen Autokoululiiton siten, että se vastaa kahta B-ajokorttiin vaadittavaa ajoharjoitusta. Pimeäajon ohjelma on tyypiltään itseohjaava, joten harjoitus voidaan tehdä ilman opettajan läsnäoloa. Vai-

heittäinen eteneminen siten, että ohjelma antaa ensin opastusta laitteen käyttöön, ja antaa sitten harjoituksia valojen käytöstä kohtaamisessa, ohittamisessa, ohitettavana olemisessa, jalankulkijain ja vaaratilanteiden tunnistamisessa, pysäköinnissä pimeällä tiellä sekä lopuksi kaikkien pimeäajotoimintojen soveltamisessa. Harjoitus päättyy ohjelman antamaan palautteeseen suorituksesta. Vaiheesta toiseen voidaan edetä vain hyväksyttävän suorituksen kautta; ohjelma pakottaa toistamaan kutakin vaihetta, kunnes suoritus on hyväksyttävä.

Ennen laitteen hyväksymistä opetuskäyttöön tehtiin melko laaja kokeilu. Perinteiseen ajoradalla tapahtuvaan harjoitukseen verrattaessa simulaattoriharjoitus tuotti samantasoiset pimeäajon valmiudet ja laite voitiin hyväksyä vaihtoehtoiseksi menetelmäksi pimeäajon harjoituksiin.

Merkittävin pedagoginen hyöty simulaattorista on mahdollisuus kytkeä pimeäajon harjoitukset ajallisesti ja sisällöllisesti teoriaopetukseen ja muihin ajoharjoituksiin. Kun harjoituksia tehdään luonnonoloissa, kesäaikaan ei pimeäajon harjoituksia voida järjestää, jolloin ne tulevat irrallisina muusta opetuksesta. Ja mikä vielä pahempi, pimeäajon harjoitukset voivat siirtyä yli talven seuraavaan vuoteen. Tällöin uusi kuljettaja joutuu selviytymään pimeäajosta ilman opetusta ja harjoitusten tullessa jälkijättöisesti niihin motivoituminen on heikkoa. Simulaattorin hyöty on tässä tyypillisimmillään siinä, että sen avulla voidaan tuottaa oppimiskokemuksia oikea-aikaisesti sisällöistä, joita ei muuten voitaisi järjestää.

Pimeäajon simulaattorin käytössä ei ole esiintynyt ongelmia ja Suomeen on hankittu jo toinenkin samanlainen laite. Suunnitelmia simulaattoreiden hankintaan on monilla yksittäisillä autokouluillakin. Ensimmäinen laite hankittiin usean autokoulun yhteiskäyttöön, jolloin käyttöaste saadaan kohtuulliseksi, vaikka ajoharjoituksia oppilasta kohti on simulaattorissa vähän.

Saavutettavien pedagogisten hyötyjen ohella simulaattoreiden hankintaan kannustaa myös se, että työvoiman saanti autokouluissa on vaikeutumassa. Tällöin opetuksen järjestäminen pimeinä vuorokauden aikoina normaalin työpäivän jatkeena käy erityisen vaikeaksi.

Suunnitelmia simulaattorin käytön laajentamisesta muuhun kuin pimeäajon harjoitteluun ei ole vielä tehty, vaikka mahdollisuuksia kyllä nähdään olevan. Esimerkiksi alkuharjoittelu ennen autolla tehtäviä käsittelyharjoituksia voisi vähentää jännittyneisyyttä siitä kärsivillä ja sitä kautta parantaa ajoharjoitusten tehokkuutta. (www.autokoululiitto.fi ja toiminnanjohtaja Kaija Savolaisen haastattelu).

3.2 Muut ajosimulaattorit Suomessa

3.2.1 Heureka-älykäs ajosimulaattori

Osana näyttelyä "Älykäs liikenne" on Heurekassa tarjolla myös simulaattoria. Heureka-simulaattorissa on yksinkertainen henkilöauton hallintalaitteisto ja laite on kiinteämallinen ns. puolisisimulaattori, joka ei simuloi auton ajody-

namiikkaa. Tienäkymä on sen sijaan edustava ja olosuhteita voidaan vaihdella siten, että kaikkia säätiloja eri vuodenaikoina voidaan kokeilla. Tien pintarakenne vastaa hyvin eri keliolosuhteita ja kitkakertoimet vastaavat todellisia. Ajoneuvo käyttäytyy fysiikan lakien mukaisesti olosuhteiden vaihdellessa.

Varsinainen hienous ja ainutlaatuisuus tässä simulaattorissa on, että kuljettaja saa reaaliaikaista liikennetietoa reitin muusta liikenteestä ja voi siten suunnitella ajamistaan. Simulaattori mukailee tällä tavoin tulevaisuuden autoilua, jossa liikennetietopalvelu opastaa perille suunnitellulla reitillä ja välittää jatkuvasti tietoa sekä olosuhteiden vaihtelusta että liikennevirran poikkeavasta kulusta ja voi varoittaa vaikkapa ylinopeudesta, joka tunnistetaan gps-paikannuksen avulla.

Hienoutena voi pitää myös sitä, että liikenneympäristö vastaa aitoa tieosuutta. Tässä se on Tampereen läntinen kehätie VT 3:lla, josta simulaattorin virtuaalimallissa on tarjolla paitsi visuaalinen tiemaisema myös äänimaisema.

Heurekan näyttelyssä oleva ajosimulaattori on Tiehallinnon ja Destian yhteistuotantoa, johon ohjelmiston on tuottanut Vianova Oy. (www.heureka.fi ja kehittämispäällikkö Pirjo Lappalaisen haastattelu).

3.2.2 Simrac rallisimulaattori

Edellä esitellyt Työtehoseuran Aikuiskoulutuskeskuksen koulutussimulaattorit (bussi ja yhdistelmäajoneuvo) ovat tamperelaisen Team Simracin rakentamia. Osaamisensa ja teknologiansa simulaattoreiden rakentamisessa tämä yritys on kuitenkin luonut kehittämällä rallisimulaattoreita jo 1990-luvun alkupuolelta alkaen. Ensimmäisestä ”Heteka”-putkikehikosta päästiin vuonna 1996 oikeaan auton koriin (Nissan Micra) rakennettuun ja ralliajoa mukailevaan simulaattoriin. Siitä on jatkettu kehittyneemmillä versioilla (Volvo S40, 1998 ja Volkswagen Golf, 2000). Uusin, entistä kehittyneempi versio on rakenteilla aidon Ford Focus WRC-ralliauton pohjalle.

Rallisimulaattorin edustavuutta ja mielikuvaa parantaa ratkaisevasti sen ohjelma, joka tuottaa virtuaalisen pikataipaleen rallipiireissä kautta maailman hyvin tunnetusta Ouninpohjan vaativasta tieosuudesta. Myös muita ympäristöjä on rajoitetusti tarjolla. Ralliajon kokeilulla on tavallisille autoilijoille lähinnä viihdearvoa, mutta kilpailijoiden valmennuksessa simulaattorit ovat jo nykyisin kova sana ja tulevaisuudessa ehkä hyvinkin kysyttyjä. Simulaattorissa on esimerkiksi mahdollisuus harjoitella ajotavan vaihtamista, kun siirrytään takavetoisesta etu- tai nelivetoiseen autoon. Tämä muuntelu, samoin kuin moottoritehon vaihtelu on ohjelmaversioina tarjolla.

Rallisimulaattorille on ohjelmoitu myös kaupunkiympäristöä, jota on käytetty hälytysajoneuvojen kuljettajien jatkokoulutuksessa. Ohjelman vaihdolla siitä saadaan myös poliisin ”Mondeo”, jota voidaan käyttää hälytysajon harjoitteluun. Näissä yhteyksissä kiinnitetään huomiota myös ajon turvallisuuteen ja taloudellisuutta mitataan polttoaineen kulutuksella tarkasti.

Merkittävintä näissä hankkeissa on kuitenkin simulaattoriteknologian osaamisen kehittyminen yrityksen piirissä. Se on tuottanut koulutussimulaattoreita paitsi Suomeen myös jo vientiinkin, kun pari ostajan toivomusten mukaista bussisimulaattoria on valmistettu Belgiaan. (www.simrac.com ja toimitusjohtaja Hannu Koposen haastattelu).

3.2.3 Ajosimulaattoreita tutkimuskäytössä

Suomessa, Työterveyslaitoksella oli yksinkertainen ajosimulaattori soveltuvuustestien kehittämisessä ammattikuljettajien valintoja varten jo 1960-luvulla. Vaikka laitteiston kokeiluista ei ole jäänyt merkittäviä tuloksia, sillä oli kuitenkin osuutensa Sauli Häkkisen urauurtavassa tutkimustyössä kuljettajien soveltuvuuden ennustettavuudesta. Tuon ajan tekniikka ei tarjonnut halpaa ja tehokasta kapasiteettia liikenneympäristön virtuaalimallien luomiseen eikä varsinkaan sen reaaliaikaiseen vaihtumiseen ajoneuvon liikkeiden ja hallintalaitteiden käytön mukaan.

Ensimmäinen nykyaikainen ajosimulaattori tutkimuskäyttöön hankittiin Haagan Neurologiseen tutkimuskeskukseen (sittemmin Epilepsiasäätiön tutkimuskeskus) 1990-luvun alussa. Kiinteäalustaista henkilöauton koriin tehtyä simulaattoria on käytetty sekä ajokyvyn arviointeihin neurologisilla potilailla, aivovammoista toipuvilla ja ikääntyvillä kuljettajilla. Tutkimushankkeina ovat olleet edustettuina vireys- ja väsymyskokeet sekä lääkeaineiden vaikutusten mittaukset.

Perusohjelmana kuljettajien suoritustason mittauksessa on 11 km virtuaalireitti, johon sisältyy sekä maantie- että kaupunkiajoa. Muu liikenne muistuttaa normaalia, mutta kuljettajalle asetetaan lisätehtäviä ja yllättäviä tilanteita, joissa mitataan tarkkaavuuden jakamista, havaintojen tarkkuutta, reaktioaikaa sekä tietenkin itse ajotehtävän sujumista.

Tutkimuskeskus on ollut taloudellisissa vaikeuksissa ja se on asetettu konkursiin 28.4.2008, minkä jälkeen konkurssipesän toiminta päättyi 13.5.2008. Simulaattori lienee samalla tullut käyttöikänsä loppuun, joten tämä simulaattorin tutkimuskäyttö päättyy. (www.neuro.org).

Viime vuosien kehityshanke on Jyväskylän yliopiston Agora Centeriin rakennettu ajosimulaattori, jossa on vaihteittain päädytty laitteeseen, jossa henkilöauton runkoa ja kuorma-auton ohjaamoja rakenneosina käyttäen on pyritty todellisia ajotapahtumia mukailevaan ratkaisuun. Ohjelmiston erityispiirteenä on, että eteen tulevia tilanteita ja olosuhteita voidaan jatkuvasti muuttaa.

Käynnistyneissä tutkimus- ja kokeiluhankkeissa mitataan simulaattoriajon aikana vireystasoa ja rekisteröidään sen vaihteluja. Suomen Akatemian rahoittaman hankkeen yhtenä tavoitteena on selvittää kuljettajan vireystilan alentumisesta varoittavan järjestelmän mahdollisuutta. Erityisesti unihäiriöistä kärsivien ja ikääntyvien kuljettajien rattiin nukahtamisista aiheutuvien onnettomuuksien riskiä voitaisiin varoitusjärjestelmällä alentaa.

Ajotaidon arvioinnin kehittäminen on toisena tutkimuskohteena Jyväskylän simulaattorilla. Ajatuksena näyttää olevan, että simulaattori valitsee kuljettajalle

asteittain vaikeutuvia liikennetilanteita ja olosuhteita, joista selviytymistä laite rekisteröi. Tavoitteena ei ole vain taidon yleistason mittaaminen, vaan yksilöllisen ajotaitoprofiilin tuottaminen. Profiilista nähtäisiin mitkä ajotaidon osa-alueet ovat joko riittämättömästi harjoiteltuja tai kärsivät esim. aivotoiminnan häiriöistä.

Ammattikuljettajien työkykyarvioiden tekemiseen simulaattorin katsotaan niin ikään olevan hyödyllinen apuneuvo. Samoin kaavaillaan simulaattorin käyttöä tuotekehityshankkeisiin, joissa ajoneuvoihin asennetaan uusia laitteita esim. ikääntyvien kuljettajien tarpeisiin. (www.humantech.fi).

3.3 Kokoava tilannekuva Suomesta

Ajosimulaattoreiden käyttö Suomessa on alkuvaiheessa, mutta se on jo tuottanut arvokasta kokemusta jatkokehittämiseen. Simulaattoreiden käytölle antaa tukevan perustan se, että laitteita ja ohjelmia on tuotettu tai hankittu hyvin perusteltuihin tarpeisiin eikä vain innostuksesta uuteen teknologiaan. Tämä lähtökohta on luonut simulaattoreiden käyttöön myös omaleimaisuutta. Simulaattoreiden koulutuskäyttö on Suomessa alkanut ammattikuljettajien koulutuksesta, jossa meillä on oltu jopa edelläkävijöitä. Ja ralliajon simulaattoreille voi tuskin missään olla enemmän kysyntää kuin juuri Suomessa.

Laitekanta Suomessa on melko homogeeninen. Kotimaisen valmistajan tuotteilla on vahva asema (bussi, kuorma-auto, rallisimulaattori) ja koulutuskäyttöön on hankittu ranskalaisen Faros-konsernin laitteita (liikuteltava kuorma-auto simulaattori ja henkilöautosimulaattori pimeäajoon). Laitteiden huollon ja kehitystyön näkökulmasta on eduksi, jos laitekanta ei muodostu jatkossakaan kovin kirjavaksi. Kotimaisuus on laitteissa etu ja muutamaan merkkiin keskittyminen kannustaa perustamaan tuontilaitteille myynti- ja huoltoyrityksen Suomeen. Myös laitteiden arviointi ja viranomaishyväksyntä koulutuskäyttöön olisi sitä haasteellisempaa, mitä kirjavammaksi laitekanta muodostuu.

Ohjelmat simulaattoreiden koulutuskäytössä ovat olleet yksinomaan pelkistettyjä virtuaaliympäristöjä, joihin sijoitetaan liikennetapahtumia melko rajallisesti. Vain rallisimulaattorin ohjelmistossa on tarjolla myös aidon pikataipaleen mukailu. Ohjelmien osalta kehittämistarve Suomessa on ilmeinen. Kokemukset muista maista kannustavat tuottamaan ensinnäkin ohjelmia, joissa on edustettuina suomalainen tiestö ja liikenneympäristöt mahdollisimman kattavasti. Ohjelmissa tarjolla olevien ympäristöjen valikoima tulisi olla selvästi laajempi ja monipuolisempi kuin mitä autolla lähialueilla ajettaessa voidaan tavoittaa. Toiseksi ohjelmissa tulee muun liikenteen olla määrällisesti ja laadullisesti riittävää, jotta kaikenlaiset liikennetapahtumat tulevat ajoharjoituksissa vastaan. Pelkistetyt ympäristöt vähäisine liikenteineen sopivat lähinnä alkeisharjoituksiin.

Simulaattorihankinnoissa ja niiden mahdollisuuksien ennakoineissa on ollut laitepainotteisuutta siten, että ohjelmien kehittämistarpeet on huomattu vasta, kun laitteet ovat olleet jo asennettuina. Opetuskäytössä kuitenkin ohjelmien laatu ja laajuus ovat ratkaisevia ja juuri niiden tuottamisessa omaleimaiset rat-

kaisut ovat tarpeen, jotta opetussuunnitelmat ja osallistujien yksilölliset tarpeet tulisivat huomioiduiksi. Ohjelmien edustavuus tulee olla myös tärkeä peruste, kun simulaattoreiden hyväksynnästä opetuskäyttöön päätetään. Simulaattoreiden edustavuutta on arvioitu sen mukaan, miten hyvin niillä ajaminen mukailee vastaavalla autolla ajamista. Opetuskäytössä on kuitenkin perustellumpaa arvioida, miten hyvin ja monipuolisesti simulaattoriharjoitukset mukailevat hyvää ajo-opetusta ja se riippuu ennen muuta ohjelmien tasosta.

Simulaattoreiden käyttökohteet opetuksessa ovat Suomessa olleet ohjelmien rajaamia. Ajoharjoitukset ovat painottuneet perustaitojen hankintaan ja kokemusten tuottamiseen erilaisten vaaratilanteiden hallinnasta sekä muutamista vaikeista ympäristöistä ja olosuhteista. Pimeäajoharjoitukset on hyvä esimerkiksi suomalaisesta ohjelmainnovaatiosta, jota nyttemmin markkinoidaan globaalisti yöajoharjoituksena.

Kansallisena piirteenä Suomessa on melko yksityiskohtainen kuljettajakoulutuksen säädösperusta. Simulaattoreiden käyttö ajokorttiin johtavassa pakollisessa koulutuksessa on rajoitettua ja jokaiseen käyttökohteeseen on erikseen hankittava viranomaislupa. Erityispiirteenä voidaan pitää sitäkin, että ennen hyväksyntää on vaadittu näyttöä laitteiden ja ohjelmien toimivuudesta ja riittävästä oppimistuloksista. Tästä on se etu, että opetuksen laatu nousee simulaattoreiden käyttöönoton myötä tai ainakin pysyy entisellä tasolla. Haittana on aloitteisuuden kaventuminen ja pidättyvyys innovaatioiden tuottamiseen sekä tähän liittyvä simulaattoreiden käyttöasteen jääminen alhaiseksi.

4 Kehityksen kärkeä Euroopasta

Simulaattoreiden rakentelua ja niiden käyttökokeiluja on lähes kaikissa teollisuusmaissa. Jotta muualla tapahtuvasta kehityksestä saataisiin mahdollisimman yksityiskohtainen kuva, tarkastelun alaa on kohdennettava. Tällöin on valittu viisi Euroopan maata rajaukseksi: Alankomaat, Britannia, Ranska, Ruotsi ja Saksa. Näistä maista on pyritty löytämään ajosimulaattoreiden kehitystyön ja kuljettajakoulutussovellusten kärkihankkeita. Tavoitteenahan on löytää virikkeitä ja ideoita suomalaiselle simulaattoreiden käytön kehittämiseksi. Esittely etenee maittain ja hankkeittain.

4.1 Alankomaiden ajosimulaattoreita

4.1.1 Groningen

Groningenin bussisimulaattori rakennettiin tukemaan tuotekehityshanketta, jossa kaupunkien kuljetustarpeet pyritään hoitamaan ”kumipyörämetrolla”. Phileas-nimisen 24-metrinen kaksoisniveלבussin polttomoottoria käytetään sähköä tuottamiseen, ja jokaista neliakselisen ajoneuvon kahdeksaa pyörää vetää erillinen sähkömoottori. Suuri ajoneuvo on tätä kautta erittäin ketterä ahtaissa paikoissa. Suurin poikkeavuus normaaleista ajoneuvoista on kuitenkin Phileasin automaattiohjaus, metron tapaan. Tällöin bussi liikkuu vakioreitillään, jossa tiehen asennetut magneetit antavat sille informaation kaistan pitoon ja pysäkeille

ajoon. Omilla sensoreillaan laite tunnistaa muiden ajoneuvojen ja esteiden läsnäolon ja osaa sovittaa nopeuden liikennetilanteisiin.

Vakioreitillään bussi voi olla joko automaattisessa tai käsiohjauksessa, kun taas muualla sitä voidaan ajaa käsiohjauksella. Vakioreitillään bussi toimii kuten metro, sen ulkopuolella kuten linja-auto. Vakioreitillään automaattiohjaus pystyy pitämään hyväksyttävän välimatkan muihin ajoneuvoihin ja tienkäyttäjiiin, kaikkeen mikä noudattaa suurin piirtein liikennesääntöjä. Pysäkkimanöövrit automaatti hoitaa millintarkasti, kokeneenkin kuljettajan taidot ylittäen. Vaikeuksia saattaa tulla – ja kuljettajan toimia tarvitaan – jos reitillä joku toimii yllättävästi ja säännöistä poiketen.

Laitteesta rakennettu simulaattori mukailee tarkasti sekä laitteen toimintaa että vakioreitillä liikenneympäristönä, jossa on tavanomainen muu liikenne. Simulaattorikokeilussa siihen lisättiin kuitenkin yllättäviä tilanteita. Esimerkiksi polkupyöräilijä horjahtaa tai leikkaa äkillisesti bussin reitille. Kokeneet kuljettajat ajoivat simulaattorilla 20 minuutin aikataulun mukaista reittiä sekä käsiohjauksessa että automaattiohjausta valvoen ja hätätilanteissa ajamiseen puuttuen.

Merkittävä tulos simulaattorikokeilusta oli, että kuljettajat suhtautuivat ennen kokeilua hyvin epäluuloisesti automaattiohjaukseen ja koko ajoneuvoon, mutta kokeilun myötä suhtautuminen muuttui myönteiseksi. Kokeneidenkin kuljettajien asennoituminen muuttuu omien kokemusten myötä. On perusteltua olettaa, että jos kuljettajat koulutettaisiin alun perin Phileasin rattiin, suhtautuminen uuteen ajoneuvoon olisi vieläkin myönteisempi.

Simulaattorin käyttöä voitaisiin tuotekehityksessä viedä pitemmällekin: futuristisia ajoneuvo- tai liikenneratkaisuja kannattaisikin ensin rakentaa simulaattoreiksi ja kokeilla riittävästi. Uudentyyppisten ajoneuvojen tai liikenneympäristöjen rakentamiseen liittyvää epäonnistumisen ja taloudellisten menetysten riskiä voitaisiin pienentää olennaisesti simulaattorikokeiluilla. (www.rug.nl).

4.1.2 TNO (The Dutch Research Institute)

TNO on monialainen tutkimuslaitos, joka pyrkii tuottamaan ja välittämään tietoa yritysten käyttöön, iskulauseenaan ”Knowledge for business” (Tietoa liiketoimintaan). Simulointeja laitos käyttää maa-, vesi- ja lentoliikenteen tutkimushankkeissa. Mittavana hankkeena on viime vuosina kehitetty uusi liikealusta, jossa kulkuvälineiden liikedynamiikkaa voidaan mukailla entistä edustavammin. Vertailukohteena ovat tällöin perinteiset kuuden sylinterin varaan rakennetut simulaattorit, joissa esiintyy pientä epätarkkuutta ja epätahtisuutta visuaalisen ympäristön muutosten kanssa. Tämän seurauksena perinteiset simulaattorit aiheuttavat mm. simulaattorisairautena tunnettua pahoinvointia osalle niiden käyttäjistä. TNO:ssa katsotaan uuden teknologian ratkaisevan nuo ongelmat.

Simulaattoreita käytetään TNO:ssa välineinä monenlaisissa kehityshankkeissa. Esimerkkeinä laitos mainitsee infrastruktuurin suunnittelun, kuten tunneleiden rakentamisen ja kaistojen jakamisen ajoneuvoryhmittäin. Suunnitelmien toimivuutta kokeillaan ensin simulaattorissa, jonne virtuaaliympäristö ensin rakennetaan. Vastaavasti ajoneuvoihin kuljettajan tueksi kehitettyjä laitteita, kuten tör-

mäyksen esto, navigointi tai torkahtamisen valvonta kokeillaan ensin simulaattorissa. Simulaattorissa kokeiltavina ovat olleet myös moottoriteiden signaali-järjestelmät ja automatisoitu ajoneuvojen ohjaus.

Hankkeissa on kyse muille yrityksille tai laitoksille tuotetuista testaus- ja koe-stuspalveluista, minkä vuoksi niistä annetaan hyvin niukasti informaatiota. Huomattavaa osaa simulaattoreilla tuotetuista palveluista ei edes mainita TNO:n toimintaa kuvattaessa, koska kohteena ovat sotilaallisiin tarkoituksiin käytettävät laitteet ja järjestelmät. (www.tno.nl)

4.1.3 DriveZone Autokoulu

Alankomaissa ajokortin saamiseksi on läpäistävä virallinen ajotutkinto, mutta sitä edeltävää opetusta on säädelty hyvin vähän. Tämä on kannustanut autokouluja hankkimaan simulaattoreita. Kun kyse on kaupallisesta toiminnasta, useimmat laitteet ovat yksinkertaisia, kiinteäalustaisia henkilöauton ohjaamoja, joissa liikekokemus muodostuu yksinomaan näytöllä etenevien liikennetilanteiden ja ajoneuvon sekä liikkeen tuottamien äänten varassa. Näilläkin laitteilla on kokeiltu jo 1990-luvun puolivälissä ajo-opetusta henkilöille, jotka eivät ole koskaan ajaneet autolla eivätkä simulaattorillakaan. Yhdeksän tunnin (6 x 1,5 h) simulaattoriharjoittelulla ja puolen tunnin ajamisella todellisessa liikenteessä enemmistö oppilaista saavutti ajotaidon, jolla he olisivat selvinneet virallisesta ajokokeesta. Samalla kuitenkin havaittiin, ettei koulutus ole tehokkainta pelkän simulaattoriharjoittelun varassa, vaan sopivasti yhdistettynä harjoitteluun autolla liikenteessä.

Nykyisen DriveZone simulaattorin erikoisuutena on laaja, 270° näyttö liikenteestä. Kun tähän liitetään vielä taustapeilinäkymät, laite tarjoaa mahdollisuuden havaintojen tekoon paitsi edessä avautuvasta näkymästä myös tapahtumista sivuilla ja takana. Niinpä laitteelle voidaan ohjelmoida harjoituksia havaintojen teon strategiasta erilaisissa liikenneympäristöissä ja olosuhteissa. Simulaattoria käytetään perustaitojen opetukseen, koska se on oppimisen kannalta tuloksellista sekä ekologisesti ja taloudellisesti perusteltua.

DriveZone autokoulu alkaa perustaitojen simulaattoriharjoituksilla, jossa seitsemän ajotuntia simulaattorissa ja niitä tukeva seitsemän teorian tunnin vuorottelu antaa valmiudet itsenäisen ajamisen harjoituksiin autolla liikenteessä. Teoriaopinnot tehdään tietokonepääätteellä, yksilölliseen tahtiin ja tarpeen mukaan kertailten. Myös simulaattoriharjoituksia voidaan toistaa yksilöllisten tarpeiden mukaan. (www.rijcenter.nl).

DriveZone autokoulun simulaattorikokeilut ovat tuottaneet aineistoa myös seuranta tutkimukseen, jota ulkopuolinen tutkimuslaitos SWOV on tehnyt (Vlakveld 2005). Tulokset vahvistavat näkemystä, että simulaattoreiden käytössä harjoitusohjelmat ovat ratkaisevan tärkeitä. Itse laitteet ovat jo kauan olleet riittävän kehittyneitä. Simulaattoreiden käytön pedagoginen kehittäminen on päässyt hyvään alkuun ja perustaidot kuten ajoneuvon käsittely, liikennetilanteiden hallinta ja ajamisen mukauttaminen vaihteleviin olosuhteisiin opitaan simulaattorissakin hyvin. Sen sijaan ei ole vahvaa näyttöä, että vaativampia valmiuksia, kuten ajamisen säätelyä oman taitotason mukaiseksi voitaisiin simulaattorihar-

joituksen kehittää. Ohjelmien kehitystyötä ja kokeiluja seurantatutkimuksineen tarvitaan jatkossakin.

4.1.4 Green Dino -ajosimulaattori

Laajimmin käytetty simulaattori Alankomaiden autokouluissa on Green Dino, kiinteäalustainen ja viidellä monitorilla varustettu henkilöauton simulaattori. Laitteita on käytössä noin sata ja niiden markkinoinnissa on ollut ratkaisevaa etua siitä, että vuoden 2004 valtiollinen tuotekehityspalkinto annettiin laitteelle ja maan suurin autokouluyhdistys (684 autokoulua) suosittelee sitä jäsenilleen. Suosituksena on, että joka neljäs kouluauto korvattaisiin simulaattorilla.

Sarjavalmisteen laite on halpa ja sen käytön katsotaan olevan – esittämättä laskelmia – opetusvälineenä selvästi kouluautoa edullisempaa.

Pedagogisena erikoisuutena Green Dinossa on, että se antaa jokaisesta harjoituksesta käyttäjälleen raportin, joka osoittaa ajosuorituksen vahvuuksia ja heikkouksia. Laite mittaa suorituksesta 13 eri piirrettä, antaa niille arvosanan ja laskee kokonaisarvosanan. Palaute tiivistetään vielä kolmen kohdan kannusteeksi. Arvioitavia yksityiskohtia ovat esimerkiksi kaasun, kytkimen ja vaihteen käyttö, ohjauksen tarkkuus ja parkkeeraus. Ajoneuvon käsittelyvalmiudet korostuvat arvioinnissa ja laitetta käytetäänkin hyvin yleisesti perustaitojen harjoitteluun. (www.rijsimulatie.nl).

4.1.5 Lumo Drive -ajosimulaattorit

Lumo Drive -simulaattorit muodostavat laitesarjan, jossa kolmessa mallissa on samanlainen kiinteä alusta, mutta näkymä ja ohjaamo vaihtelevat. Yksinkertaisimmassa mallissa näkymä on yhdellä monitorilla ja ohjaamona pelkkä istuin hallintalaitteineen. Välimallissa näyttöä on laajennettu kolmeen monitoriin, kun taas laajin malli on henkilöauto, jonka eteen avautuu 180° laaja liikennenäkömä. Oikean auton ympärille rakennettu mallikaan ei sisällä liikedynamiikkaa, mutta tuottaa muilta osin mahdollisimman aidon ajovaikutelman. Olosuhteita voidaan vaihdella kauniista säästä, sumuun sekä vesi- ja lumisateeseen.

Kutakin laitemallia voidaan käyttää niille soveltuviin harjoituksiin. Kaikki ohjelmat ovat itseohjaavia, joten harjoituksissa ei tarvita opettajaa, mutta oppilaan ja simulaattorin toimintaa voidaan seurata ulkopuoliselta näytöltä, joka osoittaa hallintalaitteiden käytön lisäksi myös kulutuksen ja kiihtyvyydet. Simulaattori rekisteröi ajotapahtumat ja antaa arvioivan palautteen suorituksesta.

Ohjelmisto kattaa kolmen liikenneympäristön virtuaalimallit: kaupunkiliikenne 38 km katuja ja 101 erilaista risteystä, maaseutuliikenne yhteensä 86 km teitä ja 27 risteysaluetta sekä moottoritie 77 km ja neljä liittymä/risteystä. Ohjelmisto kattaa kaikki Alankomaiden tyypilliset ympäristöt sekä risteys- ja liittymämuunnelmat. Simulaattoreita on käytössä yli 30 ja niillä on saa opetusta yli 8000 autokoululaista vuosittain. (www.re-lion.com).

4.2 Britannian ajosimulaattorihankkeita

4.2.1 Cranfield

Cranfieldin yliopiston ”Ajamisen tutkimusryhmä” (Driving Research Group) herättää mielenkiintoa sitä kautta, että se palkittiin maaliskuussa 2008 bussikuljettajien ja matkustajien turvallisuuden edistämisestä Britanniassa tavoitellulla ”Tiedon siirron kumppanuus” (Knowledge Transfer Partnership) -palkinnolla. Yliopistollinen tutkimusryhmä on onnistunut tiedon siirrossa kuljetuspalveluja tarjoavaan yritykseen ja saanut aikaan liikenneturvallisuuden parantumista.

Kyseessä oli nelivuotinen hanke, jossa oli tavoitteena liikenneturvallisuuden parantaminen yrityksen palveluksessa jo olevilla kuljettajilla, uusien kuljettajien koulutuksen kehittäminen simulaattorin avulla ja turvallisuuskulttuurin parantaminen varikkoalueella. Kohteena oli monikansallinen kuljetusyritys Arriva, jolla on yhteensä 37 000 työntekijää. Britannian liikenteessä toimiville työntekijöille tehtiin psykometrinen turvallisuustason arviointi (itsearviointiin rakentuva turvallisuusosaamisen testi). Uusien kuljettajien koulutukseen rakennettiin simulaattori (ensimmäinen bussisimulaattori Britanniassa). Muuta henkilöstöä valmennettiin yrityskohtaisesti räätälöityyn turvallisuusohjelmaan. Yrityksen vakuumenomeno alentui miljoona puntia per vuosi ja syyllisenä ajettujen vahinkojen määrä alentui 6,5 prosenttia. Kuljettajien vaihtuvuus ja poissaolot vähenivät.

Simulaattorin käyttöönoton osuudesta hyviin tuloksiin ei ole raportoitu, sillä hankkeessa oli pyrkimyksenä usean rinnakkaisen keinon integroitu käyttö eikä yksittäisten keinojen osuutta pyrittykään erikseen osoittamaan. On täysin mahdollista, jopa todennäköistä, että hyvät tulokset perustuvatkin pikemmin eri keinojen yhteisvaikutukseen kuin mihinkään erilliseen toimenpiteeseen.

Cranfieldin simulaattorikokeilun muista erottuva ja leimallinen piirre onkin simulaattoriopetuksen integroiminen perinteisiin liikenneturvallisuustyön keinoihin. Muissa yhteyksissä on pyritty simulaattoriopetus integroimaan muuhun kuljetajaopetukseen, mutta Cranfieldin kokeilussa on laaja-alaisempi ote ja ilmeisesti juuri sitä kautta hyvät tulokset. (www.cranfield.ac.uk).

4.2.2 Leeds

Leedsin yliopiston avaruusalausta muistuttava uusi ajosimulaattori on herättänyt paljon mielenkiintoa teknisillä hienouksillaan. Sisällä täysin eristyksissä olevan kuljettajan kokemusympäristöä voidaan säädellä hyvin tarkasti ja toistettavasti sekä näkymien, äänten että liiketuntemusten osalta. Nämä ominaisuudet ovat tärkeitä kokeellisessa tutkimustyössä, jota varten simulaattori on rakennettu.

Simulaattoria käytetäänkin monipuolisesti tutkimushankkeissa. Yhtenä tutkimuskohteena on ajamisen automatisointi, jolloin ajoneuvo säätelee ohjausta ja nopeutta ja kuljettajan rooli muuttuu valvojan rooliksi. Toisena hankkeena selvittämään vaihtoehtoja teiden suunnitteluun siten, että tieympäristö toimii nopeuksia hillitsevästi. Myös tiemerkintöjen ja signaalijärjestelmien ymmärrettävyyttä tutkitaan simulaattorissa. Leedsin pitkälle kehitetty täyssimulaattori tarjoaa

myös mahdollisuuden tutkia yksinkertaisten ja halvempien puolisisimulaattoreiden (ilman liikedyneamiikkaa) edustavuutta esimerkiksi ikääntyvien kuljettajien ajokyvyn testaamisessa.

Hankkeet suuntautuvat pikemminkin tulevaisuuden vaihtoehtojen rakenteluun virtuaaliympäristössä ja niiden toimivuuden kokeiluun kuin ajankohtaisiin käytännön ongelmiin. Koulutuskäyttöä Leedsin simulaattorille ei ole ajateltukaan. (www.its.leeds.ac.uk).

4.2.3 Nottingham

Nottinghamin yliopiston simulaattori on rakennettu tutkimuskäyttöön yhteistyössä Honda autotehtaan kanssa. Simulaattorin pohjana on aito Honda Civic 2001, jossa virtuaaliympäristö luodaan eteenpäin kolmella projektorilla ja erikseen sivuilla ja taakse yhdellä projektorilla suuntaansa. Näkymä on laaja (180°) ja aidon auton ohjaamo tuottaa edustavan ajotuntuman.

Erityistä huomiota on kiinnitetty siihen, että laite rekisteröi kaikki kuljettajan toiminnot ajon aikana. Ne myös välittyvät ulkopuoliselle monitorille, josta voidaan tuottaa haluttuja lisätapahtumia, esimerkiksi äkillisiä vaaratilanteita ajon aikana.

Tutkimushankkeet ovat keskittyneet ajoneuvotekniikkaan, erityisesti uusien laitteiden käyttöön autossa. Tyypillisiä kohteita ovat navigointilaitteiden kokeilut, liikenneympäristön tarjoamat opastusjärjestelyt, auton ohjaamossa olevien katkaisimien helppokäyttöisyys ja ajoneuvon laitteiden sokkokäyttömahdollisuudet kääntämättä katsetta liikenteestä laitteisiin.

Erityisenä ansiona Nottinghamin tutkimuksille on pidettävä sitä, että tulokset ja esitelmät ovat luettavissa laitoksen nettisivuilla, vaikka tutkimushankkeissa usein on kyse yhteistyöstä autotehtaan kanssa. Useimmissa muissa tutkimuslaitoksissa tällaista tarjontaa ei ole. (www.mrl.nott.ac.uk).

4.2.4 TRL ajosimulaattorit

Britannian suurin liikennealan tutkimuslaitos TRL (Transport Research Laboratory) on hankkinut käyttöönsä viime vuosina kaksi simulaattoria, joista toinen simuloi henkilöautoa ja toinen raskasta tavarakuljetusten ajoneuvoa. Jälkimmäistä mainostetaan Britannian ensimmäiseksi raskaan ajoneuvon simulaattoriksi.

Henkilöauton simulaattori on rakennettu aidon henkilöauton koriin, kun taas raskasta ajoneuvoa simuloi täysin suljettu, avaruuskapselia muistuttava laite. Sen sisällä on kuitenkin kuljettajan paikkana aitoa kuorma-auton ohjaamoa täydellisesti muistuttava istuin ja hallintalaitteisto. Liikennenäkymä eteen ja sivuille (210°) on tuotettu viidellä projektorilla ja peilinäkymä taakse kolmella projektorilla. Virtuaalinen liikenneympäristö (50 km) on Britannian tiestöä, jossa on edustava otos muuta liikennettä siten, että kerralla voi olla näkyvissä enintään 40 muuta ajoneuvoa sekä muita tienkäyttäjiä kuten pyöräilijöitä, jalankulkijoita, traktoreita ja moottoripyöräilijöitä.

Henkilöauton simulaattorilla on tutkittu energiajuoman vaikutuksia kuljettajan toimintaan, moottoritienäkymien ominaisuuksia, nopeuden hallintajärjestelmiä sekä autoon asennettujen näyttömonitorien vaikutusta muiden tienkäyttäjien huomaamiseen.

Raskaan ajoneuvon simulaattorin ensimmäinen kokeilu oli selvittää, miten ammattikuljettajat hyväksyvät ja kokevat simulaattoriajamisen. He saivat myös arvioida, mitä asioita simulaattorissa voitaisiin oppia, mihin sitä kannattaisi käyttää. Osallistujina oli 620 kokenutta kuljettajaa, C ja CE ajokortin haltijoita. Heistä osa oli suurten kuljetusliikkeiden palveluksessa, osa itsenäisiä autoilijayrittäjiä.

Kokeilun tulosten mukaan simulaattori sopii useaan asiaan jopa perinteisiä opetusmenetelmiä paremmin. Tällaisia ovat (1) taloudellinen ajaminen (polttoaineen kulutuksella mitattuna), (2) hätätilanteiden, kuten renkaan räjähtämisen hallinta, (3) toimintatapa vaikeissa olosuhteissa, kuten sumun tai liukkauden yllättäessä, ja (4) poikkeavan kuormauksen vaikutusten tunnistaminen kuorma-auton ajettavuuteen.

Yleisenä tuloksena oli osallistujien enemmistön innostuneisuus simulaattoriajasta. Samalla kuitenkin noin viisi prosenttia kokeeseen osallistuneista joutui keskeyttämään ajon pahoinvoinnin takia. Kokeen järjestäjät uskovat, että tätä osuutta voidaan olennaisesti pienentää, jos osallistujia voidaan opastaa valmistautumaan simulaattoriharjoitukseen säätelemällä ruokailua ja etenkin alkoholin käyttöä. (www.trl.co.uk).

4.2.5 Scotsim ajosimulaattorit

Skotlannin alueellisia raskaan ajoneuvokaluston kuljettajien koulutustarpeita varten hankittiin valtakunnallisen ”Rahtikuljetusten modernisaatiosäätiön” tuella vuonna 2005 kaksi ranskalaisvalmisteista Thales-simulaattoria. Niistä toinen on liikuteltava Trust 3000 malli (samanlainen kuin Suomessa Etelä-Karjalan Aikuiskoulutuskeskuksella) ja toinen paikalleen asennettava Trust 5000 -malli.

Ensimmäisen kokeiluvaiheen tavoitteena on kouluttaa 700 alueen ammattikuljettajaa kuljetusten turvallisuuden ja kannattavuuden parantamiseksi. Laitteissa käytetään ohjelmistoa, jossa on edustava otos tiestöä ja muuta liikennettä virtuaalisena ajoympäristönä sekä mahdollisuus vaihtaa sää- ja valaistusoloja laidasta laitaan. Lisäksi on mahdollista vaihdella ajoneuvon kuormausta ja tuottaa ajon aikana yllättäviä tilanteita.

Ensimmäinen kokeiluvaihe oli suunniteltu päättymään vuonna 2007, mutta tuloksia ei vielä ole raportoitu ulkopuolisille. Muutama kokeilun erityispiirre on kuitenkin huomionarvoinen ja tuottanut positiivista palautetta käyttökokemuksina.

Trust 5000 -mallissa on viereisessä huoneessa valvomo, josta kuljettajan suoritusta voidaan seurata. Tällainen järjestely on tavallista, mutta Scotsim-kokeilussa suoritus nauhoitetaan ja toistetaan siten, että kuljettaja voi seurata omaa suoritustaan ja liikenneopettaja samalla kommentoiden antaa palautetta.

Suoritukselle voidaan tehdä myös simulaattorin rekisteröinteihin perustuva arviointi, joka osoittaa kuinka hyvin ajosuoritus vastaa simulaattoriin ohjelmoitua ihannesuoritusta.

Saatuaan simulaattorin antaman vertailun ihannesuoritukseen kuljettaja voikin sitten lähteä autollaan mukailemaan – simuloimaan – ihannetta todelliseen liikenteeseen.

(www.scotsim.co.uk).

4.2.6 XPI-simulaattorit

XPI on englantilainen simulaattoreiden ja erityisesti niiden ohjelmien tuottaja, jonka tärkeimmät asiakkaat ovat puolustusvälineteollisuuden alalla. Siinä yhteydessä kehittyneen osaamisen sivutuotteina on joukko henkilöauton simulaattoreita ja ohjelmistoja.

Mallisto on laaja, ainakin kuusi erilaista simulaattoria yksinkertaisesta pöydällä käytettävästä liikennetilanteiden näytöstä laitteeseen, jossa aitoon henkilöautoon on asennettu tuulilasin eteen laajakuvanäyttö (180°) ja auton hallintalaitteet on valjastettu simulaattoriksi. Ajatuksena XPI-simulaattoreissa on, että jokaiselle käyttäjälle toimitetaan juuri hänen tarpeisiinsa räätälöity simulaattori eikä asiakkaiden tarvitse ostaa kalliimpia laitteita ja ohjelmistoja kuin käyttö edellyttää. Toisaalta XPI toimittaa myös hyvin kalliita simulaattoreita. Joukkoon mahtuu esimerkiksi F1-kilpa-autoluokka ja äskettäin (helmikuu 2008) yhtiö kertoo saaneensa tilauksen simulaattorista, jonka kustannusarvio on yli miljoona puntaa (noin 1,3 miljoonaa euroa).

Liikenneturvallisuus on keskeinen tavoite ohjelmistojen suunnittelussa. Ruutiinitilanteiden lisäksi ohjelmat tarjoavat mahdollisuuden harjoitella vaaratilanteiden tunnistamista ennalta, väistämistä tai muuta välttämistoimenpidettä vaaratilanteissa, ajoneuvon vioittumisen hallintaa, vaikeiden olosuhteiden (sumu, vesisade, lumisade, alhaalta paistavan auringon häikäisy) hallintaa, sekä keli- ja vaihteluun (kuiva, märkä, jäinen, luminen) mukautumista.

Käyttökokemuksia tai XPI-simulaattoreiden käyttäjien referenssejä ei ole tarjolla, vaikka XPI-simulaattoreita kerrotaan olevan käytössä suuri määrä eri puolilla maailmaa, esimerkiksi Kiinassa. (www.xpimulation.com).

4.3 Ranskan ajosimulaattorit

4.3.1 Inrets-simulaattorit

Inrets on suuri ranskalainen liikennealan tutkimuslaitos, jossa tieliikenne on yksi toimiala vesi-, ilma- ja raideliikenteen rinnalla. Simulaattoreiden kehitystyö ja käyttö tutkimushankkeissa kuuluu laitoksen toimenkuvaan. Käytössä on kaksi henkilöauton täysimallista simulaattoria, aitoihin Citroen Xantia ja Renault Espace -autoihin rakennettuina. Lisäksi on käytössä kuorma-auton ohjaamoon rakennettu simulaattori, jossa on ohjelmaa vaihtamalla mahdollisuus mukailla erilaisia raskaan ajoneuvon vaihtoehtoja.

Simulaattorit ovat yksinomaan tutkimuskäytössä ja palvelevat osaltaan tutkimuslaitoksen muita hankkeita, kuten teiden suunnittelua ja liikenneympäristön varustelua tai ajoneuvojen ergonomian ja laitteistojen suunnittelua ja koestamista.

Kuljettajan toimintaan liittyvinä tutkimuksina mainitaan havaintojen teon muutokset ajettaessa sumussa ja ikääntymisen tuomat muutokset ajokykyyn. Kuljettajakoulutukseen ja oppimiseen liittyvistä aiheista ei ole mainintoja Inrets'n tutkimusohjelmassa.

Inrets'n panos simulaattoreiden käytön yleistämisessä ja seurannassa on vahvimmitaan siinä, että laitos pitää päivitettyä luetteloa maailman kaikista simulaattoreiden valmistajista ja ohjelmien tuottajista sekä tutkimushankkeista. Tässä katsauksessa esiteltyt ulkomaiset simulaattoreiden valmistajat ja käyttäjät on poimittu juuri tästä tiedostosta (http://www.inrets.fr/ur/sara/Pg_simus_e.html).

4.3.2 Valenciennes

Valenciennesin yliopiston ihminen-kone järjestelmiä tutkivan laboratorion LAMIHin (Laboratoire d'Automatique, de Mecanique et d'Informatique Industrielles et Humaines) simulaattori on rakennettu nostamalla aito Peugeot 2006 liikealustalle ja tuomalla tuulilasin eteen laajakuvanäyttö (180°) virtuaalisesta liikennemiljööstä. Peilit näyttävät liikennetapahtumia takana. Näin on saatu yhteistyössä autotehtaan kanssa edustava henkilöauton simulaattori, jolle on annettu nimeksi SHERPA ("Simulateur Hybride d'Etude et de Recherche de PSA pour l'Automobile). On haluttu tehdä hybridi autoalan opiskelua ja PSA-yhtiön tuotekehitystä varten.

Laitetta käytetään yksinomaan tutkimushankkeisiin, jotka puolestaan palvelevat erityisesti autoteollisuutta. Viime vuosien tutkimushankkeita ovat olleet kuljettajan käsien asennon vaikutus tilanteissa vahinkoja edeltävissä tilanteissa, kuljettajaa tukevan automaattiohjauksen kehittäminen, törmäystä edeltävät kuljettajan reaktiot vahinkotilanteissa, kuljettajan toiminnan muutokset tehtävän kuormittavuutta lisättäessä, ja autoilijoiden reaktiot oudoissa tunneliympäristöissä.

Kuljettajakoulutukseen tai ajotaidon oppimiseen viittaavia aiheita ei tutkimushankkeissa ole. (www.univ-valenciennes.fr).

4.3.3 Faros-ajosimulaattorit

Ranskalainen Faros-yhtiö on kapasiteetiltaan maailman suurimpia simulaattoreiden valmistajia. Nykyisin se kuuluu amerikkalaiseen ECA-konserniin, jonka SSI-ajosimulaattoreita (Simulator System Internationale) markkinoidaan USA:ssa ja Faros on tuotemerkkinä muualla maailmanlaajuisesti. Faros-ajosimulaattoreita ilmoitetaan olevan käytössä 6800 ja SSI-ajosimulaattoreita 6000.

Tieliikenteen ajosimulaattorit ovat Faroksen tuotannossa vain yksi sektori. Ilma- ja vesiliikenteen simulaattoreilla on vahvempi asema ja pitempi historia ja varsinkin emoyritys USA:ssa on suuntautunut sotilaallista koulutusta palveleviin laitteisiin ja ohjelmiin.

Faros-ajosimulaattoreiden valikoima on laaja. Henkilöautosta on kiinteäalustainen malli ja aidon auton koriin rakennettu, liikedynamiikkaakin simuloiva malli. Erikseen Faros

esittelee yöajosimulaattorin ja vammaisten ajokoulutukseen ja ajokyvyn arviointiin räätälöidyt versiot kiinteäalustaisesta simulaattorista. Yöajosimulaattorin ohjelmiston on kehittänyt Suomen Autokoululiitto suomalaista pimeäajoharjoittelua varten.

Kuorma-autosimulaattori on kiinteäalustainen malli, jossa liikenneympäristöä ja -tapahtumia näkyy viidellä monitorilla. Laitteen kerrotaan soveltuvan C-ajokortin perusopetukseen, mutta käyttökokemuksia tai linkkejä käyttäjiin ei ole tarjolla. Uutuutena esitellään moottoripyöräsimulaattori, joka sekin on kiinteäalustainen.

Faros-ajosimulaattoreihin on tarjolla 400 erilaista ohjelmaa; itse asiassa muunnelmia, joita kertyy vaihdettaessa olosuhteita ja ajoneuvoja samaan virtuaaliympäristöön, jota edustaa 70 km tiestöä. Kaikki erilaiset tiettyypit ja liikenneympäristöt kaupunkikeskustoista pieniin taajamiin ja maaseutuun ovat edustettuina. Kaiken kaikkiaan ohjelmia on kestoltaan yhteensä 36 tuntia. (www.faros.com).

4.3.4 Scanner-ajosimulaattorit ja ohjelmistot

Scanner on ranskalainen tuotemerkki, jolla markkinoidaan simulaattoreita sekä simulaattoreiden ohjelmistoja ja ohjelmapalveluja. Niitä tuottaa 130 hengen tiimi, joka on erikoistunut simulointitekniikkaan. Sovellusaloina ovat aseet ja asejärjestelmät, avaruustutkimus ja teollisuus, raideliikenne sekä tieliikenne. Tieliikenteen osuus on kolmannes yksikön liikevaihdosta.

Simulaattoreita on tarjolla moneen lähtöön. Yksinkertaisin henkilöauton simulaattori on pelkkä istuin ja ohjauspaneeli sekä yksi näyttöruutu. Renault-autotehtaan kanssa tehdävän yhteistyön tuloksena on kehitetty aidon ajoneuvon pohjalle henkilö- ja kuorma-auton simulaattorit, joissa ajoneuvo on kuitenkin kiinteällä alustalla. Mutta myös liikealusta on tarjolla täyssimulaattoriversioiden rakentamiseen. Erityistarpeisiin tuotetaan räätälöityjä ratkaisuja, kuten rengasvalmistaja Michelinille tehty Citroen C2 -pohjainen simulaattori, jolla voidaan tarkasti seurata ajoneuvon käyttäytymistä ja samalla myös rengasmelun vaihtelua erilaisella alustalla ja renkaan ilmanpaineen vaihdellessa.

Scannerin tuotannossa ohjelmistomodulit ja ohjelmointialusta ovat muilla simulaattorivalmistajille markkinoituja tuotteita. Tavanomaisten ohjelmamodulien, kuten erilaisten teiden ohella erillisinä voidaan hankkia esimerkiksi valoisuuden vaihtelun sekä valon ja varjojen esittäminen virtuaalisessa ympäristössä tai vastaavasti sumun vaikutusten esittäminen. Ohjelmistoalusta erilaisten kuljettajaa tukevien laitteiden ja näyttöjen vaikutusten tutkimiseen simulaattorissa on myös tarjolla.

Simulaattoreiden koulutuskäytön kannalta merkittävin ohjelmistotuote on editori, jolla opettaja voi muunnella käytettäviä simulaattoriharjoitteita tuomalla niihin esimerkiksi lisää muuta liikennettä, muuttamalla ympäristön liikennejärjestelyjä tai olosuhteita.

Scannerin tiimillä on runsaasti simulointitekniikkaan liittyviä julkaisuja, mutta simulaattoreiden koulutuskäyttöön liittyviä raportteja tai kokeiluja ei ole tarjolla. (www.scanner2.com).

4.4 Ajosimulaattoreita Ruotsissa

4.4.1 Linköping

Linköpingin yliopiston ajosimulaattori on osa virtuaalitodellisuuden laboratorion toimintaa, jossa pyritään yhteistyössä Saab-autotehtaan ja yliopiston laitoksen rinnalle perustetun konsulttiyrityksen (ACE Simulation AB) kanssa luomaan työkaluja simulaattoreiden rakentelua ja erityisesti niiden ohjelmointia varten.

Laboratorioon rakennettu ajosimulaattori on Saabin ohjaamon pohjalle rakennettu täyssimulaattori, jossa kuljettajan toimintaa voidaan seurata viereisen huoneen valvomasta. Rinnalla on lisäksi työpaja simulaattoritekniikan opiskelua ja kehitystyötä tekeville.

Ajosimulaattorin ohjelmisto kattaa kaikki tavanomaiset Ruotsin tietyypit ja liikenneympäristöt sekä sää- ja valoisuusvaihtelut. Simulaattoria käytetään pelkästään tutkimus- ja kehityshankkeiden työkaluna ja useimmat hankkeet palvelevat suoraan autoteollisuutta.

Monissa hankkeissa on selvitelty vuorovaikutusta kuljettajan ja ajoneuvon uusien näyttöjen ja muiden laitteiden välillä. Kuljettajan rooliin tulee lisää laitteiden valvontaa ja säätelyä, kun ajoneuvoon rakennetaan automaattiohjausta tai mukautuvaa nopeuden ylläpitoa. Kuljettajalle välitettävä informaatio voidaan tarjota visuaalisten näyttöjen asemesta muiden aistien kautta, ja kuljettajan reaktiot voidaan välittää perinteisten katkaisimien asemesta puhekäskyinä tai kosketusnäytön valintoina. Lopulta koko ohjaamo voi vaatia remonttia, jotta se vastaisi kuljettajan muuttunutta roolia. Kaikkia näitä tulevaisuuden mahdollisuuksia on selvitelty simulaattorikokein.

Liikenneturvallisuuden kannalta läheisempiä ovat Linköpingin simulaattoritutkimukset pimeänäkyvyyden parantamisesta tarjoamalla kuljettajalle infrapunasensoreiden välittämä tieto tiellä olevista esteistä ja tapahtumista, varoittamalla kaistalta poistumisesta sekä näyttämällä kaistanvaihdossa katvealueille jäävät tienkäyttäjät. Näissäkin hankkeissa kyse on ajoneuvotekniikan kehittämisestä. Simulaattoritutkimuksin pyritään selvittämään, missä määrin tällaisilla kuljettajaa palvelevilla laitteilla voisi olla myös haittavaikutuksia esimerkiksi siten, että ne johtavat ajonopeuden nostoon tai huolettomuuteen ja sitä kautta riskien lisääntymiseen. (www.iei.liu.se).

4.4.2 VTI-simulaattorit

Ruotsin suurin ja tunnetuin tieliikennealan tutkimuslaitos VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut) on käyttänyt ajosimulaattoreita tutkimushankkeissaan jo 1970-luvulta alkaen. Nykyinen ajosimulaattori (Simulator III, 2004) on laitoksen omaa tuotantoa sekä tekniikaltaan että ohjelmiltaan ja se edustaa kolmatta sukupolvea laitoksen simulaattorikehitelmissä.

Simulaattorista on pyritty tekemään mahdollisimman pitkälle todellisia ajoneuvoja mukaileva. Sen takia auton liikedynamiikkaa mukailevan alustan lisäksi laitteessa on vibraatioalusta, joka tuottaa tien pinnan renkaisiin aiheuttaman värinän. Tienäkymiä eteen ja sivuille tarjoaa kolme näyttöä ja erityistä huomiota on kiinnitetty näkymien edustavuuteen taaksepäin, jonne peilinäkymiä välittää kolme erillistä näyttöä.

Merkittävimpanä teknisenä hienoutena VTI:n simulaattorissa voitaneen pitää kuitenkin sen muunneltavuutta. Ohjaamoja ja ohjelmia vaihtamalla samaa järjestelmää voidaan käyttää sekä erilaisten henkilöautojen että kuorma-auton simulointiin. Laitetta on viime aikoina kehitetty edelleen siten, että simuloinnit ulottuvat myös raideliikenteen kulku-neuvoihin.

VTI:n tutkimushankkeissa uuden ajosimulaattorin käyttöä on vain vähän. Tyypillisiä hankkeita ovat olleet ajoneuvojen uuden tekniikan vaikutusten selvitykset. Laajasti referoitu on esimerkiksi VTI:n simulaattorikokeilu kännykän käytöstä joko kädessä pitäen

tai ns. kädet vapaina toimintoa käyttäen. Hieman yllättävästi näillä käyttötavoilla ei ollut eroja, vaan ajolinjojen vaihtelut ja nopeuden muutokset olivat samanlaisia, vaikka subjektiivisesti kuljettajat kokivat kädet vapaina -toiminnon helpottavan puhelimen käyttöä (Kircher et al. 2004).

VTI on mukana myös toisessa simulaattorihankkeessa, jolla on hieman harhaanjohtavasti nimenä HVS (Heavy Vehicle Simulator). Tämä Suomen Tiehallinnon ja VTI:n yhteishanke vuodelta 1997 simuloi kyllä raskasta ajoneuvoa (painoakin on 46 tonnia), mutta sitä voidaan käyttää vain teiden päällystetesteihin. Laitteella saadaan kunkin mittauskohteen päällysteen kulumisesta edustavaa tietoa noin 50 kertaa nopeammin kuin mitä raskaan liikenteen päällysteille aiheuttamien vaikutusten selvittäminen vie todellisissa olosuhteissa. Simulaattori mittaa siis viikossa koko vuoden kulutuksen.

Kuljettajakoulutukseen tai ajotaidon arviointiin liittyviä hankkeita ei VTI:n ohjelmassa ole. Aikaisemmin VTI on kuitenkin osallistunut simulaattorien käyttömahdollisuuksia kuljettajakoulutuksessa arvioivassa monikansallisessa TRAINER-hankkeessa (Greger- sen et al., 2001).

VTI:n esitteistä ja hankkeista paljastuu, että simulaattoreiden käyttöä opetusvälineenä ei Ruotsissa tätä nykyä tutkita. Muualta tiedetään, että tukholmalaisessa autokoulussa Globens Traifkpedagoger on käytössä samanlainen Faros-simulaattori, jota Suomessa käytetään pimeäajan harjoituksiin (Mikkonen, 2007). Ruotsissa simulaattoria ei kuitenkaan ole hyväksytty käytettäväksi virallisessa kuljettajaopetuksessa. Niinpä simulaattorin käyttäjiä ovat kuljettajakoulutusikä nuoremmat oppilaat, jotka voivat käydä läpi simulaattorissa vaikka koko opetusohjelman (20 x 30 min) ennen varsinaiseen opetukseen osallistumista. Simulaattoriharjoitukset voivat edistää oppimista, mutta ne eivät vähennä pakollisten teoria- ja ajotuntien määrää kuljettajaopetuksessa.

Ruotsissa oli raskaan ajoneuvon simulaattorikokeilu jo 1980-luvulla, jolloin silloisen VTI-simulaattorin rinnakkaislaite hankittiin ammattikuljettajien jatko- ja täydennyskoulutusta varten perustetulle yhtiölle. Hankkeen takana oli liikennevakuutusyhtiö, jossa raskaan liikenteen turvallisuuden parantaminen nähtiin tärkeäksi ja kuljettajien jatkokoulutusta simulaattorilla pidettiin hyvänä keinona. Yhtiö tarjosi koulutuspalveluja kaupallisin ehdoin, mutta sen menestys oli heikkoa. Hanke päättyi konkurssiin melko nopeasti, simulaattoriin tehty investointi oli huomattava eikä palvelusten kysyntä ilmeisesti kattanut edes käyttö kustannuksia.

4.5 Saksalaisia simulaattorihankkeita

4.5.1 Frauenhofer-instituutti

Stuttgardilainen Frauenhofer Institut on iso tuotantotalouden tutkimuslaitos, jossa on myös virtuaaliympäristöjen suunnitteluun ja ohjelmointiin suuntautunut yksikkö. Simulointiohjelmistoja tuotetaan hyvin monenlaisiin tarpeisiin, joita esiintyy yhä enemmän myös tuotesuunnittelussa. Niinpä esimerkiksi arkkitehdit voivat kokeilla virtuaalista asumista suunnittelemissaan asunnoissa ennen kuin ratkaisuja viedään todellisten asuntojen rakentamiseen.

Ajosimulaattorit ovat olleet Frauenhoferin tutkimusvälineinä jo kauan. Nykyisin on käytössä kaksi simulaattoria. Toinen on kiinteälustainen henkilöauton istuin ja kojelauta-koppi, jonka edessä on näyttö liikennetapahtumista, kun taas toinen on täyssimulaattori, joka on rakennettu aidon henkilöauton koriin ja alusta tuottaa ajodynamiikan sekä myös ajamisessa esiintyvän värinän. Liikennetapahtumien näyttö on 180° eteen ja kolmella projektorilla taustapeileihin.

Ohjelmat kattavat noin 300 km tiestöä. Kaikki tietyypit sekä liikenneympäristöt ovat edustettuina. Tutkimuskohteita ovat mm. kuljettajan ja ajoneuvon informaatiolaitteiden vuorovaikutus (AIDE), kuljettajaa avustava ja virheitäkin sietävä tie (IN-SAFETY), ja kuljettajaa vaaratilanteista varoittava, turvamarginaalien avustaja (SAFESPOT). Hankkeet ovat tyypillisesti laajahkoja ja monikansallisia, ja niihin osallistuu muitakin tutkimuslaitoksia.

Liikenneturvallisuus on vahvasti edustettuna hankkeissa siten, että tiestöä ja ajoneuvoja kehitetään entistä turvallisemmiksi ja kuljettajaa avustaviksi. Sen sijaan kuljettajien koulutukseen tai testaamiseen liittyviä hankkeita ei ajosimulaattoreiden tutkimuksissa esiinny. Aihepiiri ei ole kuitenkaan vieras Fraunhofer Institutissa: nosturisimulaattorilla kokeillaan erityistä vahinkojen välttämiskoulutusta. (www.ve.iao.fraunhofer.de).

4.5.2 Münchenin teknillinen korkeakoulu

Münchenin teknillisen korkeakoulun ajoneuvotekniikan tiedekunta on asettanut hyvin korkeat tavoitteet suunnittelemaansa ja rakentamalleen simulaattorille. Sen pitäisi vastata todellisia ajoneuvoja niin hyvin, että simulaattorilla voidaan ajaa vaikkapa pitkä päivä ilman laitteesta aiheutuvia lisävaikutuksia kuljettajaan. Samalla on lähtökohtana ollut, että samaa peruslaitteistoa voidaan käyttää monenlaisten henkilöautojen ja kuorma-auton simulaattorina, kun vain ohjaamo vaihdetaan ja kullekin ajoneuvolle räätälöity käyttöjärjestelmä valitaan ohjelmavalikosta. Liikenneympäristöä tulee olla nähtävissä kaikissa suunnissa ja sen tulee toisaalta olla täydellisesti säädeltävissä, mikä merkitsee, että kuljettaja on simulaattorissa täysin eristyksissä suorista havainnoista laitteen ulkopuoliseen ympäristöön. Kuljettajan toiminta rekisteröidään yksityiskohtaisesti ja sitä voidaan seurata ulkopuolisesta valvomosta. Simulaattoria käytetään välineenä tutkimushankkeissa.

Vaikka Münchenin simulaattorista on pyritty tekemään teknisesti muista poikkeava, sen avulla tutkittavat ongelmat ovat pitkälle samoja kuin muuallakin. Ajankohtaisia hankkeita ovat ajamista avustavat auton järjestelmät, mekaanisten järjestelmien korvaaminen elektronisilla auton hallintalaitteilla, innovaatiot ajoneuvon ja kuljettajan välisessä vuorovaikutuksessa, kuljettajan työskentelytilan variaatiot, ohjaamon sisustus ja välineistö, ja ajoneuvojen taloudellisuus. Vaikka tutkimushankkeiden nimikkeet vaihtelevat, niiden sisältö on hyvin samaa laitoksesta toiseen.

Münchenin yksikön julkaisuluettelo on mittava, mutta se kohdistuu yksinomaan ajoneuvo- ja simulaattoritekniikan ratkaisuihin. Käynnissä olevista hankkeista muutama liittyy kuljettajan toimintaan. Sellainen on esimerkiksi hanke, jossa käsitellään tarkkaavuuden säilymistä simuloitaessa ajoneuvoa, jossa kuljettajan avustaminen teknisillä välineillä on viety hyvin pitkälle. Kuljettajien koulutukseen, testaamiseen tai oppimiseen liittyviä aiheita ei tutkimusohjelmassa ole. (www.fahrzeugtechnik-muenchen.de).

4.5.3 Saksan armeijan yliopisto Hampurissa

Sotilaallisia tutkimus- ja koulutustarpeita palveleva Saksan armeijan yliopisto Hampurissa (Universität der Bundeswehr Hamburg) on rakennuttanut kaksi ajosimulaattoria, toisen puhtaasti tutkimuskäyttöön ja toisen koulutuskokeiluja varten.

Tutkimuskäytössä oleva ajosimulaattori on pyritty tekemään hyvin tarkasti todellisuutta vastaavaksi siten, että kuljettajalle välittyvä ajotuntuma on kaikkien aistien osalta samanlainen kuin aidolla henkilöautolla ajettaessa. Erikoisuutena laitteessa on siihen kytketty aitojen renkaiden testausyksikkö. Rengasyksikön integrointi on viety niin pitkälle, että renkaisiin välittyvät voimat ja niistä saatava informaatio välittyy kuljettajalle reaaliaikaisesti.

Tutkimussimulaattorilla on selvitetty kuljettajan reaktioita ääritilanteissa, liikeinformaation vaikutusta kuljettajaan, stressiä tieliikenteessä, alkoholin vaikutuksia ajosuoritukseen, ajoneuvon automaattiohjauksen vaikutuksia, ja kuljettajan toimintavalmiuksien säilymistä avustavaa informaatiota teknisillä keinoin lisättäessä.

Kuljettajaopetukseen käytettävä simulaattori mukailee kuorma-autoa ohjaamoltaan, hallintalaitteiltaan ja ajoneuvon perusdynamiikaltaan. Tätäkään laitetta ei käytetä tavanomaiseen kuljettajaopetukseen, vaan osin opetusta palvelemaan tutkimukseen ja poikkeavien oppimiskokemusten tuottamiseen.

Simulaattoriajossa mitataan muun ohella kuljettajan fysiologisia reaktioita, kuten pulsia, verenpainetta, reaktioaikaa ja flikkerifuusiota (valolähteen värähdystaajuuden kynnysarvo, jossa nähdään yhtenäinen valo). Näiden mittaustulosten käyttötarkoitusta ei kuitenkaan kerrota. Sen sijaan simulaattorin käyttö opetuksen didaktisten periaatteiden määrittelyyn, simulaattorin liikealustan ominaisuuksien selvittämiseen, ajoneuvodynamiikan erojen tunnistamiseen tiellä ja maastossa ajettaessa, ja ajoneuvon heitteilehtimisen kokemiseen ovat hyvin ymmärrettäviä teemoja sotilaallisessa ajokoulutuksessa. (www2.hsu-hh.de).

4.5.4 Würzburgin WIVW

Würzburgin liikennetieteiden instituutti (Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften, WIVW) on kaupallinen yritys, jonka erikoisalana on simulaattoreiden ja niiden ohjelmistojen kehittäminen ja kaupallinen hyödyntäminen.

Laitoksen omassa käytössä on kaksi täyssimulaattoria, joissa on pyritty edustavaan ajodynamiikkaan sekä kaksi kiinteäalustaista simulaattoria. Lisäksi on ajosimulointiohjelmiä käyttäviä työpisteitä, joista muutamissa on myös auton istuin ja etupaneeli. Laitteissa on pyritty kustannustehokkaisiin ratkaisuihin eikä niissä ole erityisiä hienouksia.

WIVW tarjoaa simulaattoreiden käyttöön liittyviä palveluja, kuten neuvontaa simulaattoreiden kokoamiseen ja asennukseen, laitetoimituksia, SILAB ohjelmistopakettia, räätälöityjä ohjelmaversioita tutkimushankkeisiin, simulaattorikokeiden suunnittelua ja toteutusta, sekä erityisryhmien simulaattorisovelluksia.

Laitoksella on oma tutkimusohjelma, joka keskittyy inhimillisten tekijäin osuuteen liikenteessä. Tutkimuskohteina mainitaan joukko kysymyksiä, kuten millainen ohjaamoergonomian ja -laitteiston tulee olla, mitä informaatiota tien, muun liikenteen ja oman ajoneuvon tulee välittää kuljettajalle, miten erilaiset oheistoiminnot tulee liittää ajamiseen, miten kuljettajan vireystilan vaihtelut voidaan todeta ja hallita, miten ajamisen automatisointi vaikuttaa kuljettajan toimintaan, ja millainen tien linjaus (design) on turvallisin. Kysymykset ovat hyviä, mutta valitettavasti yhteenkään niistä ei ole tarjolla tulosraportteja tai tarkempia viitteitä. Laitos näyttää hankkivan tietoa vain omien asiantuntijoiden kaupallisia konsulttipalveluja varten.

Koulutuspalveluja simulaattoreilla on tarjolla poliiseille ja hälytysajoneuvojen kuljettajille. Muille tarjotaan koulutusohjelmien suunnittelua siten, että simulaattoriharjoitukset niveltyvät muuhun opetukseen sekä kouluttajien koulutusta. Tarjolla on myös pakettiratkaisuja kuljettajakoulutukseen, jolloin WIVW suunnittelee ohjelman ja myös toteuttaa sen asiakkaiden toivomusten mukaisesti. (www.wivw.de).

4.5.5 Dr.-Ing. Foerst

Dr.-Ing. Reiner Foerst perusti omalla nimellään yhtiön simulaattoreiden suunnittelua ja tuotantoa varten jo 1976. Nykyisin poika Kai on yhtiökumppanina ja vuosien saatossa yhtiö kertoo tehneensä yli 70 patenttihakemustakin simulaattoritekniikan alalta. Nykyisin Foerstilla on tarjolla simulaattoreita sekä henkilö- että kuorma-autosta (samalla myös bussi) ja lisäksi moottoripyörästä ja trukkikuormaajasta.

Erikoisuutena näissä laitteissa on moduulirakenne siten, että kukin laite voidaan hankkia joko kiinteällä alustalla tai liikealustalla ja samoin näyttöä voidaan laajentaa yhdestä näyttöruudusta laajakuvaan (180°). Henkilöautosta on peräti kuusi eri versiota, yksinkertaisesta istuinmallista (kuljettajan istuin + etupaneeli + yksi 40-tuumainen näyttöruutu) aina aidon auton (Renault Twingo) pohjalle tehtyyn simulaattoriin. Tarjolla on myös

opetusstudio, jossa viisi simulaattoria on saman opettajan valvonnassa yhteisen valvontapöydän avulla. Tämä ratkaisu on tarjolla sekä henkilö- että kuorma-auton simulaattoreille.

Simulaattoreiden ohjelmisto rakentuu saksalaisen autokoulun opetussuunnitelman mukaan siten täydennettynä, että simulaattoreissa on liikenneympäristöinä kaikki tietyypit aina vuoristoserpentiinejä myöten, kaiken kokoiset kaupungit ja valittavana kaikki sää- ja valoisuusolosuhteet. Samoin voidaan harjoituksiin liittää yllätysten mahdollisuus ja liikennetiheyttä voidaan vaihdella yksin ajelusta ruuhkassa mateluun saakka.

Ajoharjoituksien varaan on rakennettu myös kuljettajan kelpoisuustesti. Ajon aikaiset kuljettajan toiminnot rekisteröidään, niitä verrataan ihannesuoritukseen ja yhtäläisyyden perusteella määritellään kuljettajan kelpoisuus.

Erityisenä simulaattoriharjoituksena tarjotaan taloudellista ajoa (EcoDrive), jossa kuljettaja saa ohjeita ja palautetta ajotapansa taloudellisuudesta. Ja edelleen on mahdollisuus kokeilla alkoholin vaikutuksia ajosuoritukseen. Esitteestä on pääteltävissä, ettei tällöin ole pakko tyytyä virtuaalihumalaan, vaan voi kokeilla myös aidosti juopuneena ajamista.

Lisäansiona Dr.-Ing. Foerstin yritykselle on mainittava, että kaikista muista simulaattoreiden ja ohjelmien kehittäjistä ja markkinoijista poiketen tämä yritys julkaisee myös hinnaston moduuleilleen, jolloin niistä koottaville simulaattoreille voidaan laskea hinnat. Niihin sisältyy toimitus paikalleen asennettuna Saksassa ja myös saksalainen arvonnäköalavero. Esimerkiksi kiinteäalustainen henkilöauton simulaattori laajakuvanäytöin ja autokouluohjelmoin maksaa 25 460 euroa ja kuorma-auton vastaava simulaattori ammattikuljettajaohjelmoin 52 560 euroa. Liikealustan hankkiminen näihin tuo lisähintaa 18 800 euroa ja näyttöä voidaan edelleen laajentaa 5761 euroa maksavalla projektiopinalla. Autokouluohjelmaa pääsee halvimmillaan harjoittelemaan jo 12 680 euron hintaisella laitteella, kun taas ammattikuljettajien opetusohjelman saisi edustavalla täyssimulaattorilla harjoiteltavaksi hintaan 77 121 euroa (52560 + 18800 + 5761). (www.drfoerst.de).

4.5.6 Daimler, Rheinmetall ja Simutech

Saksassa on rakennettu ajosimulaattoreita jo kauan sitten joidenkin suuryritysten omaa tuotekehitystä varten (Daimler) ja sotilaallisiin tarpeisiin (Rheinmetall), mutta sittemmin myös tavallisia kuljettajakoulutuksen tarpeita varten (Simutech).

Daimler-yhtiö rakensi jo 1980-luvulla hyvin pitkälle kehitetyn simulaattorin omaa autosuunnittelua ja tuotekehitystä (Mercedes-Benz) palvelemaan. Teknologian kehittyttyä simulaattorista tehtiin edelleen parannettu versio vuonna 1994, mutta pian sen käyttö muuttui liikesalaisuudeksi. Simulaattorin tekniikkaa esiteltiin aluksi myös netissä, mutta 1997 sekin poistettiin. Vaikka vuosikymmenen takaiset esitteet ovat nyt vanhentuneita, niistä voi päätellä, että simulaattori vastasi jo silloin niitä tavoitteita, joita edelleenkin asetetaan korkeatasoisimmille laitteille. Simulaattoreiden käyttö autotekniikan ja ohjaamolaitteiden suunnittelussa on jatkuvasti lisääntynyt. Vaikka simulaattoreiden käyttöön perustuvia ulkopuolisia palveluja on runsaasti tarjolla (vrt. edellä monet laitokset), suuret autotehtaat ovat rakentaneet ja käyttävät omia simulaattoreitaan hankkeissa, joissa liikesalaisuuksien säilyttäminen on tärkeää. Tämä on johtanut siihen, ettei autotehtaiden simulaattoreista ja niiden ohjelmista enää saada suoraa tietoa julkisuuteen, vaikka sitä tihkuu muiden tahojen kautta. (www.cwhonors.org).

Rheinmetall on puolestaan hyvä esimerkki yrityksestä, jossa ajosimulaattoreita on tullut sivutuotteina, kun simulaattoritekniikkaa on kehitetty sotilaallisiin tarpeisiin. Yhtiö tuot-

taa aseita ja asejärjestelmiä sekä simulaattoreita niiden käytön harjoitteluun. Taistelut-lanteet maalla, ilmassa ja merillä ovat virtuaaliympäristöinä, joissa tankkeja, tykkejä, lentokoneita ja laivoja on harjoiteltava ohjaamaan ja niiden asejärjestelmiä käyttämään. Sivutuotteena on simuloinnin osaamista sovellettu myös tieliikenteen ajoneuvoihin. Henkilöauton simulaattori on suunniteltu erityisesti hälytysajoneuvojen kuljettajaope-tukseen ja kuorma-auton simulaattorille puolestaan on tehty harjoitusohjelmia sekä ajamiseen tieympäristössä että myös maastossa. Koulutusohjelmien yksityiskohtaista sisältöä tai opetusjärjestelyjä ei kerrota julkisesti, mutta ne ovat epäilemättä olleet mui-den ohjelmistotuottajien käytettävissä. Sitä kautta sotateollisuuden isoilla budjeteilla kehitetyt ratkaisut ovat kirittäneet myös siviilipuolen simulaattoriteknologian kehitystä. (www.rheinmetall-detec.com).

Simutech on saksalaisyritys, jolla on siviilipuolen monipuolisin simulaattoreiden ja oh-jelmien kaupallinen tarjonta. Välineitä on tarjolla kaikista liikennevälineistä ja henkilöau-tosta monen tasoisia, jolloin jo simulaattoreiden luettelo on pitkä:

- henkilöauton kuljettajan istuin ja auton etupaneeli ja näyttö kiinteällä alustalla,
- sama ratkaisu liikealustalla,
- henkilöauton etuosa (1/2 auto) ohjaamon täydellisin varustein kiinteällä alustalla,
- sama ratkaisu kuljettajan osalta (1/4 auto) liikealustalla,
- aito henkilöauto liikealustalla,
- kuorma-auton ohjaamo ja näyttö liikealustalla,
- sama ratkaisu rakennettuna siirrettävään kuljetusrekkaan simulaattoristudioksi,
- moottoripyörän simulaattori liikealustalla,
- polkupyörän simulaattori,
- autokilpailuradan simulaattori kilpahenkilöautoineen,
- formula 1 -auton simulaattori,
- lentosimulaattori (pienkoneella)
- ajoalusta ja näyttö, jossa voi omalla henkilöautolla ajaa virtuaaliympäristössä.

Simulaattoreiden käyttötarkoitusten oletetaan vaihtelevan autokoulujen perusopetuk-sesta ammattikuljettajien jatkokoulutukseen ja kuljettajaopetuksen lisäksi on tarjottava laitteita myös viihde- ja promotilaisuuksiin, koulujen liikenneopetukseen ja erilaisiin tes-taustilanteisiin. Ohjelmiakin tarjotaan vastaavasti suuri joukko:

- alkuopetus ja ajoharjoitukset autokoulussa, kaikki liikenneympäristöt edustettuina,
- kuorma-auton käyttöympäristöt,
- moottoripyörän ajoharjoitukset ja ympäristöt,
- ajosoveltuvuustesti,
- reaktioaikatesti,
- vaarantunnistusharjoitus (16 tilannetta ja liikennetapahtumaa),
- riskisimulointi (10 ympäristöä),
- ekologinen ajotapa, erikseen henkilö- ja kuorma-autoille,
- alkoholin vaikutusten simulointi (virtuaalijuopumus!)
- jarrudynamiikan simulaatio,
- polkupyöräilijän kaupunkiajo (44 näkymää)
- kuntoutusharjoitus

Ohjelmissa on periaatteena itseohjaavuus, jolloin esimerkiksi autokouluissa yksi opet-taja voi valvoa useamman oppilaan harjoituksia samanaikaisesti. Toinen periaate on suorituksen kertaaminen nauhoitteesta ja siihen liittyvät palautteet, keskustelut ja arvi-oinnit. Simulaattoreita ei markkinoida muuta ajo- tai liikenneopetusta korvaamaan, vaan tehostamaan oppimista ja laajentamaan oppimiskokemuksia (www.simutech.de).

4.6 Kokoava tilannekuva Euroopasta

Käytössä olevat välineet ovat kehittyneet monin tavoin ja sen seurauksena välineet ovat lisääntyvästi erikoistuneet käyttötarpeiden mukaan. Kun samalla välineiden valmistajien joukko laajentuu jatkuvasti, tuloksena on varsin kirjava valikoima mitä erilaisimpia ajosimulaattoreita. Välineiden kehityksessä voidaan kuitenkin osoittaa muutamia systemaattisia piirteitä.

Tutkimuskäyttöön tarkoitetut simulaattorit rakennetaan yksittäistuotteina, ne ovat kalliita ja niissä pyritään teknisiin hienouksiin, joita sitten kuvataan ainutkertaisiksi, innovatiivisiksi ja kaikki aikaisemmat saavutukset ylittäviksi. Simuloinnin tarkkuus todellisten ajoneuvojen eri ominaisuuksiin nähden on tällä tavoin jatkuvan parantelun kohteena. Pyrkimyksenä on, että kun kuljettaja eristetään kokonaan ulkoisesta ympäristöstä vain simulaattorin tarjoamaan, todellista liikennettä tarkasti muistuttavaan virtuaaliympäristöön. Simulaattoriajossa ei voi tunnistaa olevansa simulaattorissa. Vain kuljettajan tietoisuutta siitä, että ollaan simulaattorissa, ei ole toistaiseksi yritetty säädellä.

Opetuskäyttöön tarkoitetuissa välineissä kehityksen pääsuunta on toinen: rakennetaan mahdollisimman yksinkertaisia ja siten myös hinnaltaan edullisia laitteita, tavallisimmin kiinteälle alustalle. Valmistuksessa pyritään samalla teolliseen sarjatuotantoon, mikä osaltaan alentaa laitekohtaista hintaa. Eriytymistä laitteissa on kuitenkin siten, että ammattikuljettajien koulutukseen tarkoitetut raskaiden ajoneuvojen simulaattorit simuloivat myös liikedynamiikkaa. Ammattilaisen olisi vaikea saada simulaattorissa ajovaihtelua pelkästään visuaalisesta liikennetilanteiden etenemisestä, tarvitaan myös koko kehon ”perstuntumaa”. Välineet rakennetaan usein myös siten, että samoista rakennenosista saadaan pienin muutoksiin ja ohjelmia vaihtamalla monen erilaisen auton simulaattori.

Simulaattoreiden ohjelmat kehittyvät nopeasti tietokoneiden kapasiteetin kasvaessa ja näyttölaitteiden parantuessa. Uusille ohjelmille on leimallista, että ne edustavat yhä kattavammin todellisia liikenneympäristöjä ja liikennetilanteita, myös intensiivistä kaupunkiliikennettä. Jo pitkään on voitu säädellä sää- ja valaistusolosuhteita ajoharjoituksissa, mutta vähitellen myös ajoympäristöjen vaihtelu alkaa ohittaa ne mahdollisuudet, joita autolla ajettaessa olisi mahdollista tavoittaa. Samalla ohjelmiin sisällytetään yhä enemmän pedagogisia tavoitteita: ohjelmat opastavat, arvioivat, osoittavat suorituksen vahvuudet ja puutteet, sekä rohkaisevat ja kannustavat. Ne simuloivat lisääntyvästi ajo-opetusta, eivät ainoastaan ajoneuvon toimintaa ja liikennettä.

Käyttökohteet laajenevat ja monipuolistuvat nekin. Tutkimuskäytössä kuljettajan tilaan ja toimintaan liittyvien teemojen ohi ovat nousseet ajoneuvotekniikkaan ja liikenneympäristöön liittyvät kysymykset, esimerkiksi ohjaamon ja tieympäristön uusien laitteiden ja näyttöjen toimivuuden kokeilut. Opetuskäytössä suuntana on opetusohjelmiin sisältyvien ajoharjoitusten kattaminen mahdollisimman pitkälle simulaattoriharjoituksin, jolloin todellisessa liikenteessä harjoittelu jäisi suppeaksi ja siinä olisi lähinnä vain osoitettava, että simulaattorissa saavutetut valmiudet siirtyvät ajotaidoksi myös todellisessa liikenteessä. Uudeksi ja nopeasti kasvavaksi käyttökohteeksi on tullut simulaattoreiden viihdekäyttö. Simulaattoreissa voidaan tarjota vahvoja elämyksiä onnistumisesta hyvin vaativissa ajotehtävissä tai vaikkapa Formula 1 kilpa-autolla ajamisesta.

Erikoisuutena viimeaikaisessa simulaattoreiden tutkimuskäytössä voidaan pitää hankkeiden painottumista ajoneuvotekniikkaan ja siinä erityisesti kuljettajan ja ajoneuvon väliseen informaatiotekniikkaan. Perinteisestihän simulaattoreita on käytetty autojen ajo-ominaisuuksien kokeiluun ja optimointiin, mutta nyt painopiste on siirtynyt ohjaimon laitteisiin, järjestelmiin ja ergonomiaan. Mainintoja tällaisista tutkimus- ja kehityshankkeista esittävät monet tutkimuslaitokset: Alankomaissa TNO, Britanniassa Leeds ja Nottingham (Honda), Ranskassa Inrets (Citroen, Renault) ja Valenciennes (Peugeot), Ruotsissa Linköping (Saab) ja VTI, sekä Saksassa Fraunhofer, München ja Würzburg. (Tutkimuslaitosten paikan tai nimen perässä on automerkki, jos yhteistyöstä jonkin automerkin kanssa on kerrottu). Merkillä pantavaa on, että hankkeista on vain yleisluonteisia mainintoja, ei mitään yksityiskohtia saatikka tuloksia. Kyse lienee tutkimuslaitosten kaupallisista palveluista, joissa tekijöillä ei ole julkaisu-oikeuksia. Monet tutkimuslaitokset myös kilpailevat keskenään toimeksiannoista, mikä tekee tiedottamisen erityisen pidättyväksi. Mainittujen tutkimuslaitosten lisäksi autotehtailta itsellään tai niiden hallitsemilla tutkimusyksiköillä on mitä ilmeisimmin vastaavaa tutkimusta. Näillä tiedotus on erityisen niukkaa, kuten Daimlerin simulaattoriesitteiden poistaminen nettisivuilta osoittaa.

5 Suuntauksia ajosimulaattoreiden hyödyntämisessä

Esitetty katsaus ja perehtyminen sen taustana olevaan aineistoon antaa mahdollisuuden kuvata kehitystä muutamien yleispiirteiden avulla. Nämä ovat suuntauksia koko alan kehityksessä. Niitä on paikallaan listata ennen kuin käydään katsastamaan mahdollisuuksia ajosimulaattoreiden hyödyntämiseen niiden spesifien kysymysten suunnassa, joita tälle selvitykselle on asetettu. Kehityssuuntia ei voida panna tärkeysjärjestykseen, vaikka ne on seuraavassa numeroitu luettavuuden ja eroteltavuuden helpottamiseksi.

1. *Ajosimulaattorit opetusvälineinä yleistyvät kiihtyvää vauhtia.* Tämä näkyy paitsi niiden käyttönä yhä useammassa yhteydessä myös markkinoiden kehityksenä. Ajosimulaattoreiden ja niiden ohjelmistojen tuottamiseen ja markkinointiin erikoistuneita yrityksiä on perustettu moniin maihin ja markkinat kattavat koko teollistuneen maailman. Ala on samalla itsenäistynyt ja irtautunut aikaisemmasta kytkennästä autotehtaisiin ja puolustusvälineiteollisuuteen.
2. *Ajosimulaattoreiden laitekehitys on jakautunut kaksisuuntaiseksi.* Tutkimuskäyttöön rakennetaan yhä edustavampia laitteita niin, että ne tarjoavat mahdollisimman aidon ajokokemuksen kaikkien aistien kautta. Tämä tavoite ohjaa myös viihdekäyttöön, vahvojen elämysten ja aivan uusien oppimiskokemusten tuottamiseen tarkoitettujen ajosimulaattoreiden rakentelua. Opetuskäyttöön puolestaan pyritään rakentamaan rajattuja tarpeita tyydyttäviä ja kustannuksiltaan kohtuullisia laitteita. Alan näkemyksenä on, että hienouksista riisutuilla, pelkistetyillä laitteilla saavutetaan halutut oppimistulokset jopa paremmin kuin kalliimmilla, laitteiden hienouksia korostavilla simulaattoreilla.
3. *Kehitystyön painopiste on siirtynyt laitteista ohjelmistoihin, raudasta softaan.* Alan yrityksissä henkiset resurssit on uusallokoitu siten, että ohjelmistotuotanto on suurin ja arvostetuin yksikkö. Ohjelmiin luodaan liikenneympäristöjen, olosuhteiden, liikennemäärien ja liikennetapahtumien monipuolisuutta ja edustavuutta. Samalla ohjelmien kuvaaman tiestön laajuutta lisätään siten, että ne kattavat satoja kilometrejä tiestöä, jopa kokonaisen ajopäivän kestäviä virtuaalimatkoja varten. Ohjelmavaihi-

toehtojen avulla myös pitkälle samoista välinemoduuleista saadaan erilaisten autojen ajosimulaattoreita.

4. *Perinteisten henkilöautoa simuloivien laitteiden rinnalle ovat tulleet muut ajoneuvot.* Simulaattoreita kuorma-autoista, ajoneuvoyhdistelmistä, busseista, moottoripyöristä ja polkupyöristäkin on tarjolla. Näissä voidaan käyttää osin yhteisiä rakennemoduuleja ja ennen muuta yhteistä ohjelmistoa liikenneympäristöistä. Ammattikuljettajien koulutus on noussut jopa painopisteeeksi ajosimulaattoreiden käytössä.
5. *Simulaattoreiden rakentaminen opetusta varten edellyttää opetustapahtuman eikä vain ajoneuvon toiminnan simulointia.* Edustava opetussimulaattori mukailee opetusta: antaa ohjeet, valvoo, kirjaa tapahtumat, evaluoi, antaa palautetta, kannustaa ja toistaa harjoitusta tarpeen mukaan. Se on silti vain väline, joka ei korvaa opettajaa, koska oppimiselle merkityksellinen sosiaalinen vuorovaikutus puuttuu. Saattaa olla, että sitäkin opitaan simulaattoreille ohjelmoimaan, mutta nykyisellään simulaattorit eivät esimerkiksi hermostu pahimmastakaan töpeksinnästä harjoituksissa.
6. *Taloudelliset reunaehdot toimivat kehityksen ajureina ajosimulaattoreiden opetuskäytössä.* Kuljettajaopetus on kaupallista toimintaa, jonka tulee olla kannattavaa. Simulaattoreiden käytölläkin tavoitellaan myös taloudellista hyötyä. Laite- ja ohjelmistoinvestointien tulee olla kohtuullisia ja käytön edullista. Kannattavuutta voidaan parantaa opetusjärjestelyin siten, että opettaja valvoo useita simulaattoreita samanaikaisesti. Ohjelmaratkaisuun simulaattoreista voidaan tehdä pitkälle itseohjautuvia, mikä osaltaan vähentää henkilötöiden tarvetta. Simulaattoriharjoitusten tuottavuutta parantaa myös se, että käytettyyn aikaan nähden tavoiteltuja oppimiskokemuksia on simulaattorissa tarjolla enemmän kuin autolla liikenteessä ajeltaessa. Näitä hyötyjä voidaan kuitenkin saavuttaa vain, jos opetusta koskevat säädökset antavat vapauksia opetusjärjestelyille ja ohjelmaratkaisuille.
7. *Mitä väljemmät ovat säädökset kuljettajaopetuksesta, sitä vahvempaa on ajosimulaattoreiden hyödyntäminen.* Niissä maissa, joissa on vain vähän jos ollenkaan kuljettajaopetusta rajaavia säädöksiä, on ajosimulaattoreiden käyttö ja kehittäminen edistynyt ripeimmin. Alankomaat on tästä hyvä esimerkki. Pohjoismaiden perinne säädellä opetusta melko yksityiskohtaisesti on rajoittanut ajosimulaattoreiden yleistymistä opetuskäytössä. Ruotsi on hyvä esimerkki tästä äärilaidasta. Suomessa simulaattoreiden käyttöä on B-, CE- ja D-ajokorttiluokkien kuljettajaopetuksessa, mutta C-ajokorttiluokan osalta siihen ei ole toistaiseksi mahdollisuutta.
8. *Ajosimulaattoreiden käytön ekologiset perusteet vahvistuvat.* Ajoharjoitukset simulaattorilla ovat päästöttömiä, kouluautojen poistuminen liikenteestä lieventää ruuhkia taajamissa ja vähentää muuta liikennettä hitaammin ja arvaamattomammin liikuvien aloittelijoiden aiheuttamia haittoja. Nousevien polttoaine- ja päästökustannusten myötä näistä ekologisista eduista on tulossa entistä merkittävämpi peruste simulaattoreiden opetuskäytölle.
9. *Ajosimulaattoreiden käyttömahdollisuudet laajenevat jatkuvasti.* Toiminta vaaratilanteissa ja vaikeissa olosuhteissa on ollut alusta alkaen tyypillistä simulaattoriharjoitusten sisältöä. Mutta ohjelmien kehittämisen myötä aivan uusiakin mahdollisuuksia on keksittävässä. Sellaisia voisivat olla esimerkiksi yli koko yön kestävä ajovuoron ajaminen nukahtamisriskien tunnistamiseksi, liikenneympäristöihin tutustuminen siirryttäessä vieraille paikkakunnille tai vieraisiin maihin, vuosikymmenten ajamattomuuden aikana rapistuneen ajotaidon elvyttäminen, eläinvahinkojen riskin tunnistaminen ja välttämisen harjoittelu, hitaasti oppivien omaehtoiset lisäharjoitukset, ikääntymisen sekä sairauksien ja vammojen tuomien haittojen kompensoinnin kokeilut, ajopelkojen ja jännityksen lieventäminen omaehtoisilla esiharjoitteilla jne.

Simulaattori tarjoaa periaatteessa mahdollisuuksia milteipä kaikkien riskitekijöiden hallinnan harjoitteluun, kun vain asianmukaisia ohjelmia saadaan aikaan.

6 Vastauksia valikoituihin kysymyksiin

Esitetyt yleiset kehityssuunnat mitä ilmeisimmin jatkuvat siitä riippumatta, mitä esimerkiksi Suomessa haluttaisiin tehdä. Mutta ajosimulaattoreiden hyödyntämisen mahdollisuuksia haettiin myös vastauksina rajattuihin kysymyksiin. Näiden mahdollisuuksien toteuttaminen on suurelta osin oman aloitteisuuden varassa ja mahdollisuuksia ilmeni yllättävänkin paljon. Katsottakoon niitä kysymys kysymykseltä.

6.1 Tarjoaako ajosimulaattori pedagogisia etuja kuljettajaopetukseen?

Merkittävin etu on opetusohjelman kattavuuden parantuminen. Vain simulaattorissa voidaan harjoitella esimerkiksi vaaran tunnistusta ja välttämistä sekä ajamista vaikeissa olosuhteissa kaikkina vuodenaikoina. Toinen etu on ajankäytön tehostuminen, kun siirtymät jäävät pois ja ruuhkista välittämättä voidaan harjoitella kaikkina aikoina. Harjoitusaikaan voidaan sisällyttää autolla ajamiseen verrattuna moninkertainen määrä opittavina olevia sisältöjä, esimerkiksi risteysajoa. Kolmas etu on ajoharjoituksen kertaaminen onnistuneeseen suoritukseen asti ja sen läpikäynti nauhoitteesta, jolloin myös opettajan kommentteille ja arvioinneille on mahdollisuus. Neljäntenä voidaan mainita simulaattorin tarjoama objektiivinen palaute ajoharjoituksen onnistumisesta. Palaute voi parhaimmillaan sisältää tarkan, objektiivisen erittelyn ajosuorituksen vahvuuksista ja puutteista. Tämä merkitsee samalla mahdollisuutta opetuksen yksilöllistämiseen entistä tarkemmin.

Kokonaan uudelle laadulliselle tasolle kuljettajaopetus voitaisiin nostaa, jos simulaattoreita hyödynnettäisiin täysimittaisesti siten, että siirryttäisiin ajoneuvon kuljettajaopetuksesta liikennetaitojen opetukseen. Ajoneuvon kuljettajan ongelmana on, että vaikka hän hallitsisi oman välineensä liikenteessä, hän ei tunnista toisten ja toisenlaisten liikennevälineiden tuottamia riskejä. Tätä ongelmaa lievittäisi olennaisesti, jos koulutus sisältäisi ajamista kaikilla erilaisilla liikennevälineillä. Henkilöautolle korttia hankkiva joutuisi tarkkailemaan liikennettä, erityisesti sen riskitilanteita, myös kuorma-auton, bussin, moottoripyörän, mopon ja polkupyörän kuljettajana. Simulaattoreiden avulla tällainen ristikkäiskokemusten hankkiminen olisi mahdollista. Vaikka ajokortti edelleenkin annettaisiin vain tietyn tyyppiselle ajoneuvolle, laajemmasta kokemuspohjasta olisi hyötyä sekä liikenteen vaaratilanteiden tunnistukselle että yleisemminkin toisten tienkäyttäjien ongelmien ymmärtämiselle ja vastavuoroiselle arvostamiselle.

6.2 Kävisikö simulaattori liikenneturvallisuusosaamisen määrittelyyn?

Yksi tapa antaa konkreettinen sisältö käsitteille on kehittää niille mittaväline. Simulaattorille voidaan luontevasti ohjelmoida liikenneturvallisuusosaamista kuvaavan mittaustuloksen tuottaminen. Tämä mitta, ns. operationaalinen määrittely, liikenneturvallisuusosaamiselle olisi seuraava. Simulaattorille ohjelmoidaan vaativa ajotehtävä, jossa esiintyy runsaasti vaaratilanteita ja virhearviointien mahdollisuuksia. Tälle tehtävälle ohjelmoidaan myös ihanneratkaus, jossa vaarat ja virheet on vältetty mahdollisimman täy-

dellisesti. Kun koulutukseen osallistuva kuljettaja ajaa tehtävän, simulaattori rekisteröi kuinka hyvin suoritus vastaa ihannetta. Mitä pienempi ero on, sitä parempaa liikenneturvallisuusosaamista suoritus osoittaa.

Voitaneen huomauttaa, että pelkästään ajotavasta mitattu liikenneturvallisuusosaaminen ei kata käsitteen koko alaa. Saattaahan olla, että kuljettajalla on laajempi käsitys omista riskeistään ja niiden hallinnasta kuin mitä simulaattoriajoon osataan ohjelmoida. Mittausta voitaisiin helposti laajentaa esimerkiksi juuri omien henkilökohtaisten vahinkoriskien tuntemukseen. Vahinkotilastojen käyttöön on laadittu ohjelma, joka seuloo esiin laajasta aineistosta kunkin kuljettajan ominaisuuksia vastaavan vahinkojakauman (Mikkonen, 2006). Omien vahinkoriskien tuntemusta voidaan mitata panemalla kuljettaja ensin arvioimaan, millaiset vahingot hänen kaltaiselleen kuljettajalle ovat mahdollisia ja mihin järjestykseen ne todennäköisyydeltään asettuvat. Tätä voidaan sitten verrata vahinkotilastosta poimittuun vastaavan kuljettajatyypin jakaumaan. Mitä osuvammin kuljettaja tuntee omat vahinkoriskit, sitä parempana hänen liikenneturvallisuusosaamistaan voidaan pitää.

Simulaattoritestillä saadaan esiin kuljettajan ajotaitoon liittyvä turvallisuusosaaminen. Toisella testillä selvitetään tiedollista turvallisuusosaamista. Yhdessä nämä kattavat jo käsitteen alan melko laajasti ja ovat kumpikin objektiivisia mittoja. Tämän hankkeen tavoitteena on kuitenkin vielä laajempi turvallisuusosaamisen määrittely ilman, että sitä sidottaisiin suoraan mitattavuuteen.

6.3 Voitaisiinko ajokoe ja kuljettajatutkinto hoitaa simulaattorilla?

Simulaattori on monella tavoin ihanteellinen väline ajokokeen ja miksei myös laajemmin koko kuljettajatutkinnon edellyttämien mittaustulosten tuottamiseen. Simulaattoreille ohjelmoituina kokeet olisivat objektiivisia ja tarkoin tasapuolisia kaikilla paikkakunnilla ja kaikille kokeisiin osallistuvilla. Ja mikä vielä parempi, kokeissa voitaisiin mitata kuljettajan osaamista kaikenlaisissa liikenneympäristöissä sekä myös yllättävissä vaaratilanteissa ja vaikeissa olosuhteissa.

Liikennevalmiuksien mittaamiseen simulaattorilla on tarjolla ainakin kaksi eri luonteista menettelyä. Yksi keino on kokelaan ajosuorituksen vertailu ajetun reitin ihannesuoritukseen. Kokeessa laite arpoo reitin, joka on ajettava. Reitille on ohjelmoitu myös ihanne-ratkaisu, johon kokelaan suoritusta verrataan. Suorituksen poikkeamiselle ihanteesta annetaan raja-arvot, joiden sisällä erojen tulee olla, jotta suoritus olisi hyväksyttävä. Tämä menettely muistuttaa tavanomaista ”inssiajtoa”, jossa tutkinnon vastaanottaja vertaa kokelaan suoritusta omaan ihanteeseensa.

Toisenlainen menettely mittaamiseen olisi ohjelmoida simulaattorille sarja vaikeutuvia ajotehtäviä esimerkiksi siten, että liikennetapahtumien määrä ja tempo sekä erilaiset häiriötekijät lisääntyvät kierros kierrokselta. Hyväksyttävälle suoritukselle voidaan tässäkin asettaa raja, joka on ylitettävä hyväksyttävää suoritusta varten. Mutta vaativampankin suoritustasoon tarjotaan kokeessa mahdollisuus. Tämä ajokoemalli saattaisi soveltua esimerkiksi tilanteisiin, joissa on määriteltävä ajokyvyn riittävyys tapauksissa, joissa se on alentunut ikääntymisen, sairauksien tai vammautumisen takia.

Nykyisen teoriakokeen tehtävät voitaisiin simulaattorissa ohjelmoida tuntuvasti edustavammiksi, kun pysäytyskuvien asemesta tarjottaisiin liikennetilanteita tapahtumaketjuina. Simulaattori sopii näin sekä teoria- että ajokokeen välineeksi, eikä mahdotonta olisi kahden kokeen integroiminen yhdeksi kokeeksi.

Simulaattorissa osoitettujen valmiuksien siirtäminen myös todelliseen liikenteeseen on kuitenkin aito ongelma. Ajonäyte oikealla ajoneuvolla oikeassa liikenteessä on sen takia välttämätön, vaikka simulaattoria hyödynnettäisiinkin ajokokeen välineenä. Tulevaisuudessa voisi siten olla edelleen kaksi koetta, simulaattorikoe ja ajonäyte. Edellinen sisältäisi sekä nykyisen teoriakokeen että ajotehtävästä selviytymiseen. Jälkimmäinen osoittaisi, että kokelaan osaaminen ei rajoitu simulaattoriin.

6.4 Opitaanko simulaattorissa taloudellista ajotapaa?

Taloudellinen tai ekologinen ajotapa on ollut ajosimulaattoreiden käytössä yhtenä oppimistehtävänä jo vuosia ja sitä markkinoidaan usein suorastaan simulaattoreiden paratiit tuotteena. Polttoaineen kulutusta ja kulutuksen riippuvuutta ajotavasta osataan simuloida kokolailla edustavasti. Tämä mitta ajotavan ekologisuudesta on simulaattorissa tarjolla samaan tapaan kuin hyvillä mittalaitteilla varustetuissa todellisissa ajoneuvoissakin.

Kulutusmittauksen lisäksi asianmukaisesti ohjelmoitu simulaattori rekisteröi ajotavasta vahvuuksia ja puutteita, kun tavoitellaan maksimaalista taloudellisuutta. Näitä indikaattoreita voidaan käyttää palautteina joko simulaattoriajon aikana ja/tai sen jälkeen suorituksen purkuvaiheessa, jossa tapahtumat kerrataan ja arvioidaan joko opettajajohtoisesti tai vaikkapa koulutukseen osallistuvien ryhmäkeskustelussa. Simulaattori on hyvä ekologisen ajotavan harjoitusväline siinä, että osallistujien kesken muodostuu luonteva ja tasapuolinen vertailutilanne, kun ajotehtävä on kaikille tarkasti sama.

Mielenkiintoista ja arvokasta tietoa voisi tuottaa ajosimulaattorissa vertailu, jossa raskaiden ajoneuvojen nopeudet pidetään joko tarkasti 80 km/h rajoissa tai ajetaan maksimaalista rajoittimen sallimaa nopeutta. Simulaattorissa kokeilua voitaisiin laajentaa myös ryhmällä, jossa rajoittimia ei ole käytössä, vaan kuljettaja voi soveltaa omaa taktiikkaansa nopeuksien valintaan.

Polttoaineen kulutuksen vähentäminen koulutustavoitteena sopii simulaattoriympäristöön erinomaisesti jo senkin takia, että simulaattoriajo sinänsä – autolla ajamisen sijasta – on mitä suurimmassa määrin ympäristöystävällistä.

6.5 Sopiiko simulaattori jatko- ja täydennyskoulutukseen?

Viime vuosien lukuisat simulaattorihankinnat raskaille ajoneuvoille monissa maissa ovat saaneet virikkeen siitä, että EU-direktiivi (2003/59/EY, 15.7.2003) määrää ammatikulkijalle säännöllisesti toistuvan täydennyskoulutuksen ja että korkeatasoisia ajosimulaattoreita voidaan käyttää opetusvälineinä. Koulutusmarkkinoilla uskotaan muodostuvan kysyntää palveluille. Monet kuljetusyritykset ovat ryhtyneet jatkokoulutamaan kuljettajiaan myös oma-aloitteisesti.

Simulaattorin soveltuvuus jatkokoulutuksen tarpeisiin riippuu ratkaisevasti tarjolla olevien ohjelmien edustavuudesta. Direktiivin maininta ”korkeatasoisesta simulaattorista” on ehkä liiankin ahtaasti ajateltu viittaavan itse laitteen edustavuuteen. Sillä onkin merkitystä kokeneiden kuljettajien motivoitumiselle simulaattoriharjoitteluun. Silti varsinkin vanhemmat kuljettajat helposti väheksyvät simulaattoriajoa, jos tarjolla olevien harjoitusohjelmien sisältö ei ole edustava. Ohjelmien tulee tuottaa aidosti uusia oppimiskokemuksia, niiden tulee olla tarpeeksi haasteellisia ja sisällöltään edustaa sellaisia liikenne- ja asiakaspalvelutilanteita, joissa on aina parannettavaa.

Huonoilla teillä, rakennuskohteissa, ahtaissa paikoissa ja vaikeissa olosuhteissa selviäminen on kokeneellekin kuljettajalle haaste. Jos simulaattorin harjoitusohjelma tarjoaa keinoja näiden hallintaan, sitä voidaan käyttää jatkokoulutuksessa. Lisäksi liikenneturvallisuusosaamisen ja taloudellisen ajotavan ohjelmat sopivat myös jatkokoulutuk-

seen. Osalle kuljettajista simulaattori sopii vaikeiden ajotehtävien harjoitteluun siitäkin syystä, että sosiaaliset paineet kollegojen tarkkaillessa suoritusta voivat olla jatkokoulutustilaisuuksissa ahdistavia.

6.6 Millä ehdoilla simulaattorin käyttö on taloudellisesti perusteltua?

Edellä on jo todettu, että simulaattoreiden käytön tulee olla taloudellisesti kannattavaa, jotta ne yleistyisivät. Kannattavuutta voidaan parantaa monin tavoin. Laite- ja ohjelmistoinvestoinnit alenevat, kun valmistussarjat pitenevät ja varsinkin tietokonekapasiteettia on tarjolla jatkuvasti alenevaan hintaan. Uniikkikappaleina rakenneltavista simulaattoreista ja niiden ohjelmista tulisi sen takia pyrkiä sarjavalmisteteisiin tuotteisiin. Käyttökustannukset harjoitustuntia kohti puolestaan alenevat käyttöasteen lisääntyessä. Mutta niitä voidaan alentaa myös, jos opetusjärjestelyt voidaan tehdä rationaalisesti siten, että yhdellä opettajalla voi olla useita ajosimulaattoreita valvottavana samanaikaisesti, tai että ajoharjoituksen kestoa voidaan lyhentää simulaattorin tarjotessa oppimistilanteita tiiviissä tahdissa, tai että itse simulaattoriajon lisäksi ajoharjoitukseen lasketaan mukaan myös jälkikäsitely, ajotapahtumien purkuvaihe. Erityisen edullista simulaattoreiden käyttö on tietenkin silloin, jos ne voidaan ohjelmoida täysin itseohjauviksi ja opettajien työpanos voidaan käyttää ohjelmointi-, markkinointi- ja järjestelytehtäviin.

Suomessa on vielä pitkä matka yllä kuvattujen keinojen käyttöön simulaattoriopetuksessa. Vain käyttöasteen pitäminen korkeana on luovallista, mutta siihenkään ei aina ole mahdollisuuksia. Yksinkertainen laskelma osoittaa, että simulaattoreiden käyttö on nykyisellään melko kallista eikä se ole kustannuksiltaan kilpailukykyinen perinteisten koulujoneuvojen käytön kanssa.

Koko lailla realistisina oletuksina voidaan pitää, että raskaan ajoneuvon simulaattorin ja perusohjelmistoon on investoitava vähintään 70 000 euroa, josta vuotuisena poistona katoaa 20 % eli 14 000 euroa. Käyttö sitoo yhden opettajan työpanoksen, vuotuinen kustannus 50 000 euroa. Laitteen huolto ja korjaukset maksavat 500 euroa/kk eli 6 000 euroa vuodessa. Tilaa laite käyttöympäristöineen tarvitsee 40 m² á 10 euroa/kk, 4 800 euroa/v. Energiaa kuluu 1 000 eurolla vuodessa. Vuosikustannukset yhteensä ovat näillä oletuksilla 75 800 euroa. Jos laitetta käytetään 6 h/pv, käyttötunteja kertyy, huolto- ja loma-ajat pois lukien, noin 1500 vuodessa. Tuntikustannus on tällöin 50,53 euroa. Kun tähän lisätään yrittäjän katteeksi 20 %, veloitus hinta tulisi olla noin 60 euroa/h, jotta toiminta olisi kannattavaa. Yllättäviin menoihin ei vielä tällöinkään ole varauduttu.

Vaikka henkilöauton simulaattorissa kustannukset jäävät hieman pienemmiksi, ne ylittävät joka tapauksessa ajokerran hinnan autolla liikenteessä (vuonna 2007 keskimäärin 26,80 euroa). Vain kalliiden pimeäajoharjoitusten siirtäminen simulaattorille on kannattavaa ja tällöinkin simulaattorin käyttöasteen saaminen riittäväksi vaatii autokouluilta yhteishankintoja tai palvelun keskittämistä muutamiin autokouluihin.

Jos simulaattoreiden käytön halutaan yleistyvän, niiden hankintaa ja käyttöä on subventoitava muista tulolähteistä tai sitten pitäisi ottaa oppia Alankomaista opetusjärjestelyjen rationalisoinnissa. Siirtyminen simulaattoreiden käyttöön ei nykyisillä ehdoilla ole Suomessa liiketaloudellisesti kannattavaa, vaikka se yhteiskuntataloudellisesti voisi hyvinkin olla perusteltua. Yhteiskunnalle hyötyjä tulee simulaattoriajosten päästöttömyydestä sekä muulle liikenteelle koituvien haittojen ja vahinkoriskien vähenemisestä, vaikka ne eivät näy tuottoina yrityksissä.

6.7 Miten simulaattori tulisi integroida muuhun opetukseen?

Yleisesti hyväksytty näkemys simulaattoreiden käytöstä on, ettei kuljettajaopetusta – ainakaan ajokorttiin johtavaa perusopetusta – voida kokonaan siirtää simulaattoreille. Ajoharjoituksin todellisessa liikenteessä on varmistettava, että simulaattorissa opitut taidot ja valmiudet siirtyvät myös liikenteessä ajamiseen. Kokemus näyttää osoittavan myös, että inhimilliset kontaktit edistävät oppimista, kun niitä yhdistetään simulaattoriharjoituksiin joko opettajan kanssa käytävinä palautekeskusteluina ja/tai opetusryhmän sisäisenä kokemusten vaihtona ja arviointina.

Simulaattoriohjelmien kattavuus ratkaisee, mitä harjoituksia kannattaa siirtää simulaattorille. Tyypillistä on, että ensi vaiheessa käytössä on ohjelmia, joilla voidaan harjoitella ajoneuvon tuntemusta ja käsittelyä ja yksinkertaisia liikennetilanteita sekä toisaalta vaaratilanteiden tunnistamista ja toimintamalleja niissä. Vaikeiden olosuhteiden harjoitukset sekä taloudellinen ajaminen ovat myös yleisesti tarjolla. Hitaammin ovat kehittyneet ja yleistyneet ohjelmat, joissa voidaan harjoitella ajamista vilkkaassa ja vaihtelevassa kaupunkiliikenteessä. Yleisenä ohjeena voidaan pitää, että simulaattorille siirretään vain sellaisia harjoituksia, joista on käytettävissä harjoituksen kannalta edustava virtuaaliympäristö.

Lupaavalta vaikuttava järjestely simulaattorin käytössä on yksilöllisesti päätettävä harjoittelu sellaisten taitojen hiomiseksi, jotka tuottavat vaikeuksia todellisessa liikenteessä. Aloite simulaattorin käyttöön tulee tällöin oppilaalta, mikä on oppimisen kannalta suotuisa lähtökohta.

6.8 Miten simulaattorisairaus on hallittavissa?

Simulaattoriteknologian kehittyessä sekä näyttöjen, liikealustain että virtuaaliympäristöjen osalta yhä enemmän todellisuutta mukaileviksi simulaattorisairauden esiintyminen on vähentynyt. Opetustarkoituksiin käytettävissä laitteissa siitä ei kuitenkaan ole päästy kokonaan eroon, vaan ainakin noin viisi prosenttia ihmisistä kokee simulaattorissa jonkin asteista pahoinvointia, jos harjoitus kestää varttituntia pitempään. Kiinteäalustaisissa laitteissa pahoinvointi on harvinaisempaa, mutta ei tuntematonta. Arkikokemukses-tahan tiedetään, että joillakin herkillä ihmisillä tulee pahoinvointia myös automaatioilla ja veneessä merenkäynti aiheuttaa aika monille merisairautta. Tunnettua on sekin, että pahoinvointi ei liikennevälineissä – eikä simulaattorissa – katoa, jos sitä on jo sisään astuttaessa kokonaan muista syistä.

Suomessa ratkaisuna simulaattorisairauden hallintaan on ollut paitsi olosuhteiden järjestely ja laitteiden kehittäminen myös vähittäinen totuttelu laitteisiin ja harjoitusten jak-sottelu lyhyiksi, enintään varttitunnin tuokioiksi. Muissa maissa näyttää suosittavan kiinteäalustaisia simulaattoreita kaikissa sellaisissa harjoitteissa, joissa ajoneuvon lii-kedynamiikka ei ole tarpeellista. Huomattava osa perusopetukseen kuuluvista harjoi-tuksista oppia ajamaan erilaisissa liikenneympäristöissä voidaan tehdä myös kiinteä-alustaisilla simulaattoreilla, kun vain ympäristöjen ja tapahtumien näyttö on edustava.

6.9 Onko simulaattoreilla tutkimuskäyttöä Suomessa?

Simulaattoreiden tutkimuskäyttö on viime vuosina selvästi eriytynyt opetuskäytöstä. Tutkittavia ongelmia riittää ja erityisesti autotekniikan kehitys ja uusien lisälaitteiden tuonti ohjaamoon sekä kuljettajalle tarkoitetun tieinformaation lisääminen on tuottanut tutkittavia ongelmia. Entistä tarkemmin halutaan tuntea myös kuljettajan ajokunnon sekä fyysisen ja psyykkisen tilan vaihtelut ja vaikutukset ajon aikana. On perusteltua olettaa, että näissä tutkimuksissa saadut tulokset ovat pitkälle yleistettäviä myös Suo-meen eikä meillä kannata panostaa samojen ongelmien tutkimuksiin.

Kannattavaa ja jopa välttämätöntä olisi Suomessa panostaa omien opetussuunnitelmien mukaisten simulaattoriohjelmien tuottamiseen ja opetuskokeiluihin. Hyödyllisiä tutkimusluonteisen kehittämistyön kohteita olisivat myös liikenneturvallisuusosaamisen ja ajotaidon mittaamiseen tarvittavat ohjelmat. Ja simulaattoriopetuksessa sekä välittömät tulokset että oppimistulosten säilyminen ovat vain vähän tutkittuja aiheita, vaikka niillä tulisi olla ratkaiseva asema, kun on päätettävä simulaattoreiden käytön edistämisestä tai jarruttelusta.

Opetusta ja oppimista sivuavien tutkimustehtävien lisäksi simulaattoreita kannattaisi hyödyntää liikenneympäristön suunnittelussa ja uusien ratkaisujen ensikokeiluissa. Nykyisin on tapana hypätä piirustuspöydältä suoraan käytännön toteutukseen ja arvioida ratkaisujen toimivuutta muutamien vuosien kokemusten perusteella. Ratkaisujen kokeilu virtuaaliympäristössä ennen todellisen ympäristön rakentamista antaisi mahdollisuuden rohkeampiin kokeiluihin ja säästäisi epäonnistumisilta.

6.10 Voidaanko simulaattoreita käyttää myös yksityiskuljettajien opetuksessa?

Suomessa simulaattoreiden käyttö raskaiden ajoneuvojen kuljettajien koulutuksessa on käynnistynyt ammattikuljettajien opetusohjelmissa (CE- ja D-ajokorttiluokat) ja näiden jatkokoulutuksessa. Tämän tutkimuksen yhteydessä ei ole tullut esiin mitään sellaisia seikkoja, jotka olisivat esteenä simulaattoreiden käytön laajentamiselle C-ajokorttiluokan kuljettajaopetukseen.

Britanniasta, Ranskasta ja Saksasta saatujen kokemusten perusteella simulaattorin käyttöä voidaan jopa suositella. Simulaattoriharjoituksilla voidaan lyhentää harjoitusaiakaa, joka tarvitaan todellisessa liikenteessä ajamiseen. Simulaattori soveltuu ainakin alkuvaiheeseen, ajamisen perusvalmiuksien hankkimiseen ennen todelliseen liikenteeseen menoa ja toisaalta loppuvaiheeseen, kun halutaan harjoitella vaaratilanteiden tunnistamista ja välttämistä sekä ajamista vaikeissa olosuhteissa. Ohjelmien kehittyneisyys ratkaisee, kuinka pitkälle itsenäistä ajamista vaihtelevissa tie- ja liikenneolosuhteissa voidaan siirtää simulaattorille.

Järkevä järjestely – myös kannattavuuden kannalta – olisi esimerkiksi sellainen, että simulaattoreita ammattikuljettajien koulutukseen käyttävät oppilaitokset voisivat myydä koulutuspalveluja autokouluihin C-ajokorttia suorittaville. Toinen mahdollisuus olisi kuorma-autosimulaattoreiden hankinta usean autokoulun yhteiskäyttöön liikenneturvallisuuskeskuksiin, joita on perustettu alueellisten ajoratojen yhteyteen. Suomalaista C-opetussuunnitelmaa vastaavien ohjelmien tuottaminen olisi kaikissa järjestelyissä ensimmäinen tehtävä.

7 Ehdotuksia uusiksi käyttökohteiksi ja kehittämissankkeiksi

Edellä on jo avautunut näköaloja simulaattorien opetuskäytön laajentamiseen ja monipuolistamiseen. Niitä on paikallaan tiivistää vielä toimenpide-ehdotuksiksi, joissa nimenomaan uudet käyttökohteet ja tarvittavat kehittämissankkeet nostetaan esiin.

Perustan simulaattoreiden käytön yleistymiselle muodostaa kuljettajaopetuksen ja tutkinnon säädöspohja. EY-direktiivi antaa mahdollisuuden simulaattorin käyttöön. Kansalliset säädökset ovat ajalta, jolloin simulaattoreiden käyttöä ei ollut tarjolla vaihtoehdoksi opetus- ja tutkintomenetelmiin. Käyttökohteet käsitellään ja arvioidaan tapaus-

kohtaisesti ja aivan uusien mahdollisuuksien ideoinnista ja kokeiluista alan pioneerit pidättäytyvät jo ennakoivasti, koska sellaiseen panostaminen oletetaan olevan ajan ja resurssien tuhlausta. Kehityksen kannalta kuitenkin uutta kokeileva ja epäonnistumisenkin riskejä sietävä järjestely olisi suotuisaa. Ensimmäinen tehtävä olisi sen takia säädöspohjan päivittäminen simulaattoriaikaan siten, että se pikemminkin kannustaa kokeiluihin kuin ehkäisee niitä.

Toinen tehtävä on resurssien suuntaaminen simulaattorihjelmistojen kehittämiseen. Suomen tie- ja liikenneympäristöjä kattavasti edustavan ohjelmiston tuottaminen luo perustan simulaattoreiden hyödyntämiselle kaikissa ajokorttiryhmissä. Olosuhteiden vaihtelu eri liikenneympäristöissä antaa ympärivuotisen mahdollisuuden harjoitella myös vaikeiden olosuhteiden hallintaa. Jatkokoulutukseen tarvitaan lisäksi vaativien erikoistilanteiden ja esimerkiksi kansainvälisten ajoreittien ohjelmia. Ohjelmien pedagogiseen edustavuuteen on panostettava: ajoneuvon ja ajamisen simulointi ei riitä, vaan ohjelmien on myös arvioitava ajosuorituksia ja annettava diagnostista palautetta onnistumisesta sekä ajotavan turvallisuudesta ja taloudellisuudesta, kulloistenkin opimistavoitteiden saavuttamiseksi.

Pitemmälle tähtäävinä hankkeina tulisi käynnistää ajokokeen ja laajemminkin kuljettaja-tutkinnon tason nostaminen simulaattoria hyödyntämällä. Tutkintojen tarkka yhtäläisyys koko maassa ja kaikille osallistujille sekä täysi riippumattomuus arvioijasta sekä yksityiskohtainen perustelu tuloksille ovat arvokkaita tavoitteita ja simulaattori tarjoaa mahdollisuuden niiden toteuttamiseen.

Opetuksen kehittämisessä puolestaan ajoharjoitusten monipuolistaminen siten, että kussakin ajokorttiluokassa hankitaan tuntumaa ajamisesta myös muiden korttiluokkien ajoneuvoilla, olisi merkittävä uudistus. Se parantaisi kuljettajaryhmien välistä ymmärrystä ja liikenteen ilmapiiriä ja ennen kaikkea loisi nykyistä paremman perustan liikenneturvallisuusosaamiselle.

Suomessa omaksuttu tutkimusluonteinen simulaattoreiden toimivuuden seuranta niiden uusissa käyttökohteissa on arvokas perinne jatkettavaksi. Sitä kautta parhaat käytännöt seuloutuvat esiin ja yleistyvät vähitellen. Seurantatutkimusten tulokset luovat perustaa myös laitteiden ja ohjelmistojen markkinointiin, vientituotteinakin.

Resurssien kanavoimiseksi simulaattoreiden hyödyntämiseen ja kehittämishankkeiden priorisoimiseksi olisi paikallaan laatia kehysohjelma, simulaattoripolitiikka lähivuosille. Virtuaalitodellisuuden tutkimus etenee monissa maissa harppauksin ja uusia sovellusmahdollisuuksia löydetään jatkuvasti. Koulutussovellusten rinnalle ovat ajosimulaattoreissa tulleet auton uusien varusteiden koestus sekä tiestö- ja ympäristöratkaisujen kokeilu. Simulaattoreiden rinnakkaiskäyttö monenlaisiin tarkoituksiin nostaisi niiden käyttöastetta ja parantaisi hankintojen taloudellista kannattavuutta.

8 Lähdeluettelo

Gregersen, N. P., Falkmer, T., Dols, J. & Pardo, J. (2001). Driving simulator scenarios and requirements. TRAINER-report, D.4.1.

EU Parlamentin ja Neuvoston direktiivi 2003/59/EY. Euroopan unionin virallinen lehti L 226/4, 10.9.2003.

Kircher, A., Vogel, K., Törnros, J., Bolling, A., Nilsson, L., Patten, C., Malmström, T. & Ceci, R. (2004). Mobile telephone simulator study. VTI meddelande 969A.

Mikkonen, V. (2005) Linja-autosimulaattorin soveltuvuus koulutusvälineeksi. Raportti Työtehoseuran Aikuiskoulutuskeskuksen kokeilusta. Ajoneuvohallintokeskus, Tutkimuksia ja selvityksiä Nro 1/2005.

Mikkonen, V. (2005) Autoilijoiden henkilökohtaiset turvallisuusohjelmat. LINTU-ohjelman hanke. Järjestelmä on käytettävissä nimellä VAHINKOVAAKA nettisivuilla www.liikenneturva.fi tai www.vakes.fi

Mikkonen, V. (2007) Simulaattori kuljettajaopetuksen pimeäajoharjoituksissa. Kokeilun seurantaraportti. Ajoneuvohallintokeskus, Tutkimuksia ja selvityksiä Nro 1/2007.

Ojala, T. & Ahlgren, P. (2008) Raskaan liikenteen kuljettajatutkinnon kehittäminen. Ajoneuvohallintokeskus, Tutkimuksia ja selvityksiä Nro x/2008.

Salakari, H. (2007) Taitojen opetus. Saarijärvi: Eduskills Consulting.

Vlakvelt, W. P. (2005) The use of simulators in basic driver training. Proceedings of the Humanist Workshop in Brno, Tzech.

Nettisivustoja päivitetyn ajankohtaistiedon saamiseen esitellyistä simulaattoreista:

Etelä-Karjalan Aikuisopiston simulaattori
www.ek-aktiva.fi ja www.ekakk.fi/rekkasimulaattori

Heureka ajosimulaattori
http://www.heureka.fi/portal/suomi/nayttelyt/alykasta_liikennetta/ajosimulaattori

Simrac rallisimulaattori
<http://www.simrac.com>

Suomen Autokoululiiton pimeäajon simulaattori
<http://www.autokoululiitto.fi/sivu.php?uid=59&id=10>

Työtehoseuran Aikuiskoulutuskeskus, TTS Koulutus/Simulaattorikeskus
http://www.tts.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=171&Itemid=181

Muiden maiden simulaattorivalmistajien ja käyttäjien domain-osoitteet on mainittu tekstissä ja ne saa keskitetysti ranskalaisen Inrets'n ylläpitämältä ja päivittämältä linkkisivulta
http://www.inrets.fr/ur/sara/Pg_simus_e.html

Haastateltuja asiantuntijoita:

Huittinen, Janne. Koulutuspäällikkö, Etelä-Karjalan Aikuisopisto

Ikäheimo, Esa. Koulutuspäällikkö, TTS Koulutus
Kosonen, Hannu. Toimitusjohtaja, Team Simrac
Lappalainen, Pirjo. Kehittämispäällikkö, Destia
Savolainen, Kaija. Toiminnanjohtaja, Suomen Autokoululiitto