



Aloittavien kuljettajien silmänliikkeet ja ennakointitaitojen opettaminen

Seurantatutkimus autokouluopetuksessa

Heikki Summala, Otto Lappi, Jarkko Hietamäki, Teemu Itkonen, Esko Lehtonen, Jami Pekkanen, Fritjof Sahlström

Aloittavien kuljettajien silmänliikkeet ja ennakointitaitojen opettaminen

Seurantatutkimus autokouluopetuksessa

Heikki Summala, Otto Lappi, Jarkko Hietamäki, Teemu Itkonen, Esko Lehtonen,
Jami Pekkanen, Fritjof Sahlström

Helsingin yliopisto, Liikennetutkimusyksikkö

Psykologian, kognitiotieteen ja kasvatustieteen oppiaineet käyttäytymistieteiden laitoksessa

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi
Trafiksäkerhetsverket Trafi
Helsinki Helsingfors 2013

ISBN 978-952-5893-91-5
ISSN 1799-0157 (verkko)

ALKUSANAT

Tämä tutkimus liittyy hankkeeseen, jossa pyritään nopeuttamaan aloittavien kuljettajien ennakointitaitojen kehittymistä silmänliikemittausta ja ajonseurantamenetelmiä hyödyntävillä menetelmillä. Viiden ajo-oppilaan ajo- ja katsekäyttäytymistä sekä opettajan ja oppilaan kommunikaatiota rekisteröitiin yksityiskohtaisesti koko autokoulun ajan, ja aineistosta demonstroitiin silmänliiketutkimuksen ja vuorovaikutusanalyysin menetelmiä ja mahdollisuuksia.

Tämän pilottitutkimuksen toteutti Helsingin yliopiston käyttäytymistieteiden laitoksen liikennetutkimusyksikkö yhteistyössä Riihimäen Liikenneopiston kanssa, ja projektin ohjausryhmään kuuluivat Inkeri Parkkari (pj.) ja Elina Uusitalo Liikenteen turvallisuusvirasto Trafista ja Hanna Strömmer Helsingin kaupungin Kaupunkisuunnitteluvirastosta.

Liikenteen turvallisuusvirasto vastaa liikennejärjestelmän sääntely- ja valvontatehtävistä, kehittää aktiivisesti liikennejärjestelmän turvallisuutta ja edistää liikenteen ympäristöystävällisyyttä.

Helsingissä, 10. joulukuuta 2013

Elina Uusitalo
ylitarkastaja
Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi

FÖRORD

Denna studie ingår i ett projekt i vilket man strävar efter att åstadkomma en snabbare utveckling av ovana föräres förutseendefärdigheter, genom förfaranden som utnyttjar ögonrörelsemätning och metoder för observation av körningen. Fem körelevs kör- och blickbeteende samt kommunikationen mellan läraren och eleven registrerades i detalj under hela bilskoleundervisningens varaktighet, och med hjälp av materialet demonstrerade man metoder och möjligheter till ögonrörelsestudier och interaktivitetsanalyser.

Denna pilotundersökning genomfördes av trafikforskningsenheten vid Helsingfors universitets beteendevetenskapliga fakultet i samarbete med Riihimäen Liikenneopisto (Riihimäki trafikinstitut), och i projektets styrgrupp ingick Inkeri Parkkari (ordf.) och Elina Uusitalo från Trafiksäkerhetsverket Trafi och Hanna Strömmer från Helsingfors stads Stadsplaneringskontor.

Trafiksäkerhetsverket (Trafi) ansvarar för reglering och övervakning av trafiksystemet, utvecklar aktivt trafiksystemets säkerhet samt främjar en miljövänlig trafik.

Helsingfors den 10 december 2013

Elina Uusitalo
överinspektör
Trafiksäkerhetsverket Trafi

FOREWORD

This study is part of a project which aims to accelerate the development of the anticipation skills of novice drivers through methods utilising eye-movement tracking and a procedure for monitoring drivers. The eye contacts and driving habits of five driving school students were registered in detail during their entire driving school course. The same method was applied to communication between the instructor and the student. The methods and opportunities for eye movement study and interaction analysis were then demonstrated using the collected data.

This pilot study was carried out by the Traffic Research Unit of the Faculty of Behavioural Sciences at the University of Helsinki in cooperation with the Riihimäen Liikenneopisto Driving School. The project's steering group consisted of Inkeri Parkkari (Chairman) and Elina Uusitalo of TraFi, the Finnish Transport Safety Agency, and Hanna Strömmer of the Helsinki City Planning Department.

The Finnish Transport Safety Agency is responsible for the regulation and supervision of the transport system, actively improving its safety and promoting environmentally friendly traffic.

Helsinki, 10 December 2013

Elina Uusitalo
Research Director
Finnish Transport Safety Agency Trafi

Sisällysluettelo

Index

Tiivistelmä

Sammanfattning

Abstract

1	Tutkimuksen tarve ja tausta	1
1.1	Silmänliikkeet ja tilan ja tilanteen hallinta	2
1.2	Silmänliiketutkimusmenetelmistä	3
1.3	Ennakointitaitojen opettamisesta	4
1.3.1	Älykkäät apuvälineet	5
1.4	Pilottitutkimuksen tavoitteet	6
2	Tutkimusmenetelmät	8
2.1	Tutkimuslaitteisto ja silmänliikkeenanalyysimenetelmät	8
2.2	Tutkimuksen toteutus ja aikataulu	11
2.2.1	Koehenkilöt	11
2.2.2	Opetuksen kulku ja tutkimusympäristö	11
3	Tutkimuksen tulokset	14
3.1	Laadullinen silmänliikkeiden case-analyysi	14
3.1.1	Tilan hallinta paikka- ja tapahtumasidonnaisten silmänliikkeiden valossa	16
3.1.2	Tilanteen hallinta: esimerkkinä ennakointi ja oikea ajan jakaminen suojatietä lähestyessä	17
3.2	Silmänliikemittoihin perustuva määrällinen analyysi: ohjaavat katseet oppilailla ja kokeneilla kuljettajilla	21
3.3	Kommunikaatio ja vuorovaikutus	25
4	Yhteenveto	30
5	Lähdeluettelo	31

TIIVISTELMÄ

Tämä pilottitutkimus on osa tutkimushanketta, jossa pyritään kehittämään ajo-opetusta ennakointitaitojen oppimisen nopeuttamiseksi. Tavoitteena on kehittää uudenlaisiin älykkäisiin apuvälineisiin perustuvia palautteenantomenetelmiä, jotka hyödyntävät silmänliikemittausta ja moderneja ajonseurantamenetelmiä, automatisoituja visualisointityökaluja ja simulaattoriympäristöjä.

Silmänliikemittaus on tärkeä tekniikka tutkittaessa tulevien tapahtumien tehokasta ennakointia, ts. sitä mistä kuljettajat hakevat mahdollisten vaarojen viihkeitä, ja miten ja missä vaiheessa heidän tarkkaavaisuutensa kohdistuu kehittyvästä vaaratilanteesta kertoviin muutoksiin liikenneympäristössä. Erityisesti yhdistettynä liikenneympäristön ja kuljettajakäyttäytymisen laskennallisiin malleihin, silmänliiketutkimus avaa mahdollisuudet uudenlaisille innovatiivisille opetusmuodoille.

Tätä tavoitetta varten tutkittiin pilottitutkimuksena ajo-oppilaiden ennakointia ja opettajan ja oppilaan vuorovaikutusta. Viiden autokoululaisen ajokäyttäytymistä ja silmänliikkeitä sekä kommunikaatiota opettajan kanssa rekisteröitiin pitkittäistutkimuksena koko autokoulun ajan. Aineistosta suoritettiin laadullisia ja määrällisiä analyysejä, joilla demonstroitiin silmänliikemittauksen ja vuorovaikutusanalyysin mahdollisuuksia ennakkoinnin tutkimisessa ja palautejärjestelmien kehittämisessä.

Toistomittaukset samoilla reiteillä samoissa tien kohdissa ja tilanteissa osoittivat, että silmänliikemittaus paljastaa virheellisten rutiinien syntymisen, jota vieressä istuvan liikenneopettajan on mahdoton havaita. Oppilas voi esimerkiksi noudattaa kirjaimellisesti opettajan ohjetta ja kiinnittää katseensa yhteen vaaran lähteeseen (näköesteen rajapintaan) niin pitkäksi aikaa että jättää muut ilmeiset vaaran lähteet huomiotta. Tutkimuksessa sovellettiin myös uusia määrällisiä silmänliikeanalyysitekniikoita. Ne osoittivat, että aloittavilla kuljettajilla etenemistä ohjaavien, tiehen kohdistuvien katseiden osuus on suurempi kuin kokeineilla kontrollikuljettajilla. Opettajan ja oppilaan kommunikaatiota tutkittiin otoksella tois-tuvasta risteys- ja kaistanvaihtotilanteesta. Yksityiskohtainen toiminnan ja kommunikaation analyysi antaa mahdollisuuden tutkia tarkasti, miten tieto kehittyy ja välittyy opetuksessa, ja millä keinoin opettaja ja oppilas arvioivat ajamisen osaamista.

Tämän tutkimuksen kuluessa kehitettiin myös uuden sukupolven mittaus-, visualisointi- ja palautejärjestelmä. Se on kevyt, mihin tahansa autoon helposti asennettava, kustannuksiltaan erittäin kohtuullinen järjestelmä joka kerää monipuolisesti ajokäyttäytymistietoa ja mahdollistaa sen esittämisen palautteena eri tavoin, myös esim. verkossa oppilaiden omaehtoisessa opiskelussa.

SAMMANFATTNING

Denna pilotstudie utgör en del av ett forskningsprojekt, i vilket man strävar efter att utveckla körundervisningen för en snabbare inläring av förutseendefärdigheter. Målet är att utveckla feedbackmetoder som baseras på nya intelligenta hjälpmedel, som utnyttjar ögonrörelsemätning och moderna körobservationsmetoder, automatiserade visualiseringsverktyg och simulatormiljöer.

Ögonrörelsemätning är en viktig teknik vid undersökning av effektivt förutseende av kommande händelser, dvs. det varifrån förare hämtar eventuella antydningar om faror, och hur och i vilket skede deras uppmärksamhet riktas mot förändringar i trafikmiljön som berättar om en uppstående farosituation. I synnerhet i kombination med kalkylmodeller av trafikmiljön och förarbeteenden öppnar ögonrörelseforskning möjligheter till nya innovativa undervisningsformer.

För detta mål undersöktes körelevernas förutseende och interaktionen mellan lärare och elev i form av en pilotstudie. Fem bilskoleelevers körbeteende och ögonrörelser samt kommunikationen med läraren registrerades som en långtidsstudie under hela varaktigheten för bilskoleundervisningen. Ur materialet gjordes kvalitativa och kvantitativa analyser, med vilka man demonstrerade ögonrörelsemätningens och interaktionsanalysens möjligheter vid undersökning av förutseende och för utveckling av feedbacksystem.

Upprepade mätningar på samma rutter, vid samma punkter längs vägen och i samma situationer visade att ögonrörelsemätning avslöjar uppkomsten av felaktiga rutiner, som det är omöjligt att upptäcka för trafikläraren som sitter bredvid. Eleven kan till exempel följa lärarens instruktion bokstavligen och fästa blicken på en farokälla (gränssytan för ett synhinder) så länge att han/hon inte observerar andra uppenbara farokällor. Vid studien tillämpade man också nya kvantitativa tekniker för ögonrörelseanalyser. De visade att hos ovana förare är andelen blickar som riktas mot vägen och som styr framfärden större än hos erfarna kontrollförare. Kommunikationen mellan lärare och elev studerades genom urval vid en upprepad korsnings- och filbytessituation. En detaljerad analys av beteendet och kommunikationen ger en möjlighet till noggrann undersökning av hur informationen utvecklas och förmedlas vid undervisningen, och med vilka medel läraren och eleven bedömer körförmågan.

Medan studien pågick utvecklade man också en ny generation av mättings-, visualiserings- och feedbacksystem. Det är ett lätt system till rimlig kostnad som enkelt kan monteras var som helst i bilen, som på ett mångsidigt sätt samlar information om körbeteendet och möjliggör presentation av den i form av feedback på olika sätt, även t.ex. på webben vid frivillig undervisning som eleverna genomför på egen hand.

ABSTRACT

This pilot study is part of a research project which aims to develop driving school instruction with the objective of accelerating the learning of anticipation skills. The aim is to develop feedback methods based on new types of intelligent technology utilising eye-movement tracking and modern methods for the monitoring of driving habits, automated visualisation tools and simulated environments.

Eye-movement tracking is an important tool in the study of efficient anticipation of coming events, i.e., where drivers pick up clues for potential hazards, as well as how and at what stage their attention is focused on changes in the traffic environment signifying potentially hazardous situations. Eye-movement study opens up opportunities for new types of innovative instruction methods, especially when combined with computational models for the traffic environment and driver behaviour.

With this objective in mind, a pilot study was carried out on driving school students' anticipation skills and the interaction between the instructor and the student. The driving habits and eye movements of five driving school students, as well as their communication with the instructor, were registered in a longitudinal study that covered the entire driving school course. Qualitative and quantitative analyses were performed on the data with the objective of demonstrating the potential of eye-movement tracking and interaction analysis in the study of anticipation skills and the development of feedback systems.

Repeated measurements at certain points and in identical situations on the same routes showed that eye-movement tracking reveals the development of potentially dangerous routines which are impossible for the instructor to detect. The student may, for example, follow the instructor's directions literally and focus on a single source of hazard (the visual obstacle interface) for such a long time that he/she may ignore other obvious sources of hazard. New applications of quantitative eye-movement technology were also utilised in the study. These showed that with novice drivers, the proportion of glances cast on the road and guiding their driving was greater than with experienced drivers. The communication between the instructor and the student was studied through a sample of identical intersection and lane change situations. A detailed analysis of action and communication provides an opportunity to study, in detail, how information is developed and relayed during instruction and what methods the instructor and the student apply to evaluate driving skills.

A new-generation measurement, visualisation and feedback system was also developed in conjunction with the study. The system is lightweight, easily installed in any vehicle and very affordable. It provides a wide array of information on driving habits that is easy to present in various forms of feedback, also for driving school students studying independently online.

1 Tutkimuksen tarve ja tausta

Ennakointitaidot ovat keskeinen osa turvallista ja sujuvaa ajamista. Nämä taidot opitaan yleensä vähitellen, kokemuksen kautta. Tämän kokemuksen hinta voi olla kuitenkin kova – nuorten liikennekuoleman ja loukkaantumisen riski on suurimmillaan välittömästi ajokortin saamisen jälkeen, kun itsenäistä ajamista vasta opetellaan, ja taitojen oppiminen jatkuu liikenteessä useiden vuosien ajan. Mikäli liikennetilanteiden ennakointiin ja ennakoivaan ajamiseen liittyvät tiedot, taidot, ja niiden kehittyminen ymmärrettäisiin nykyistä paremmin, voitaisiin ennakointitaitojen opetusta autokoulussa kehittää siten että oppiminen olisi nopeampaa ja tehokkaampaa. Tuottamalla liikenteeseen valmiimpia uusia kuljettajia lisättäisiin liikenteen sujuvuutta ja turvallisuutta.

Ennakoinnilla tarkoitamme *tässä kokeneen kuljettajan kykyä havaita ja tunnistaa vihjeitä, jotka auttavat häntä varautumaan ja sopeutumaan muuttuviin liikennetilanteisiin ja olosuhteisiin ennen kuin tilanne vaatii nopeaa tai äkillistä toiminnan muuttamista tai keskeyttämistä.*

Ajamaan oppivan ihmisen toimintaa ei kuitenkaan tunneta vielä kovin hyvin, erityisesti kun on kysymys ennakoinnista ja tarkkaavaisuuden optimaalisesta suuntaamisesta tietyssä liikennetilanteessa, ja tämän keskeisen taidon oppimisesta.

Alan kirjallisuudessa on ajamaan oppimista pääasiallisesti tutkittu poikkileikkausotoksilla - vertaamalla aloittelijoita ja kokeneempia kuljettajia. Yksityiskohtaista ja kattavaa tutkimustietoa aloittavan kuljettajan *huomiokyvyn ja liikennetilanteen lukutaidon kehityksestä ja opettajan ja opetettavan vuorovaikutuksesta* ei juurikaan ole.

Suurin osa kokeneiden ja kokemattomien ennakointikyvyn vertailusta on lisäksi tehty *laboratoriotutkimuksissa*, jossa koehenkilöt esimerkiksi katsovat lyhyitä kuljettajan näkökulmasta kuvattuja videoleikkeitä liikennetilanteista. Tällainen laboratoriosuoritus ei kuitenkaan koskaan vastaa täysin todellista tilannetta: Todellinen liikenne ei jakaudu minuutin mittaisiin ”tapahtumiin” joiden välillä pidetään tauko, vaan jokainen liikennetilanne kehittyy dynaamisesti kuljettajan aiempien valintojen ja toisten tienkäyttäjien reaktioiden perusteella. Oikeassa liikenteessä kuljettajan ensisijainen tehtävä on huolehtia ajoneuvon turvallisesta etenemisestä ja perille pääsystä – ei arvioida tilanteen sisältämää ”riskiä”. Toisaalta uhkaavissakaan tilanteissa jotka koehenkilö vain katsoo videolta laboratorio-olosuhteissa ole koskaan todellista vaaraa, joten arvioitu riski ei tunnetasolla todennäköisesti ole vertailukelpoinen todelliseen ”läheltä piti” tilanteeseen nähden.

Tämä ei muodostu välttämättä ongelmaksi silloin kun laboratoriotehtävässä halutaan vertailla jo kokeneita kokemattomiin, eli *testataan* miten luonnollisessa toimintaympäristössä karttunut kokemus on muuttanut kokeneiden koehenkilöiden toimintaa. Jos taas sitä vastoin halutaan *opettaa* laboratorioympäristössä (mukaan lukien simulaattorit) kokemattomia kuljettajia toimimaan uudella tavalla, asettuvat (oppimis)tehtävän ja laboratorioon tuodun ympäristömallin realistisuudelle asetetut vaatimukset kokonaan toiselle tasolle.

Haasteena on myös osoittaa, että nopeasti yleistyvissä simulaattoreissa havaittu käyttäytyminen todella vastaa todellista käyttäytymistä aidossa ympäristössä. Simulaattoreilla saatuja tuloksia – kuten kaikkia muidenkin laboratorio-olosuhteissa teh-

tyjen kokeiden tuloksia - tulee aina verrata kenttätutkimuksissa havaittuun käyttäytymiseen todellisessa liikenteessä. Mikäli näin ei tehdä, joudutaan vetoamaan vain intuitioon siitä, että pelkistetty simulaattoritehtävä vastasi ”olennaisilta osiltaan” todellista - jolloin vahvimman simulaattorissa saadun tuloksen sovellusarvo perustuu viimekädessä yksinomaan tutkijan oletukselle siitä, että jos koehenkilöitä tutkitaisiin myös todellisessa ympäristössä, he käyttäytyisivät samalla tavalla.

Mittalaitteet ja signaalianalyysimenetelmät joilla kuljettajan käyttäytymistä ja fysiologiaa (esimerkiksi silmänliikkeitä) voidaan mitata kenttäolosuhteissa ovat kehittyneet niin että mittaaminen ajon aikaisesti ajosuoritusta häiritsemättä on mahdollista. Laskennallisten mallinnusmenetelmien kehittyminen ja tietokoneiden laskentatehon kasvu puolestaan tekevät mahdolliseksi kuljettajan toiminnan mallintamisen tarkkuudella johon vielä kymmenen vuotta sitten ei olisi ollut mahdollisuutta. **Silmänliikemittaus** on tärkeä tekniikka tutkittaessa tulevien tapahtumien tehokasta ennakoitua, ts. sitä mistä kuljettajat hakevat mahdollisten vaarojen vihjeitä, ja miten ja missä vaiheessa heidän tarkkaavaisuutensa kohdistuu kehittyvästä vaaratilanteesta kertoviin muutoksiin liikennenympäristössä. Erityisesti yhdistettynä liikennenympäristön ja kuljettajakäyttäytymisen laskennallisiin malleihin, silmänliiketutkimus avaa mahdollisuudet uudennaisille innovatiivisille digitaalisia aineistoja ja simulaattoriympäristöjä hyödyntäville opetusmuodoille.

1.1 Silmänliikkeet ja tilan ja tilanteen hallinta

Autonkuljettajan silmänliikkeet paljastavat sen miten hän hakee ajaessaan etenemissensä ja turvallisuuden kannalta olennaista informaatiota. Tämä toiminta on vahvasti paikka- ja aikasidonnaista. Katse ohjautuu välittömästi tehtävän sen hetkisen vaiheen ja välittömien päätösten kannalta olennaiseksi koettuun tietoon (esimerkiksi ajolinjaan, nopeusmittariin, kaistanvaihdossa kuolleeseen kulmaan, tai aloittelevilla kuljettajilla juuri ennen vaihteen vaihtamista vaihdekeppiin), tehden välillä ennakkoivia katseita ja tarkistuskatseita objekteihin ja paikkoihin jotka tulevat toiminnan kohteiksi hieman myöhemmin (esimerkiksi lähestyttäessä risteystä jossa on ryhmitäydäyttävä toiselle kaistalle voidaan tehdä tarkistuskatseita peileihin hyvissä ajoin ennen kaistanvaihtoa). Toisin sanoen katseen liikkuminen ympäristössä on vahvasti liikennetapahtumien, kuljettajan itsensä (kaiken aikaisemman oppimansa perusteella), sekä myös ajo-opettajan ohjeiden ja neuvojen muokkaamaa. Tämä katseen käytön monimuotoisuus tekee suurien silmänliikeaineistojen analysoinnista haastavaa. Toisaalta katseen käytön paikka- ja tilannesidonnaisuus saa kuitenkin aikaan myös sen, että jopa yksittäisille katseille (ns. fiksaatiot, joiden aikana katse pysyy suhteellisen kiinteästi yhdessä kohteessa tyypillisesti muutaman sekunnin kymmenesosan ajan) voidaan antaa funktionaalinen selitys ajotehtävän kannalta.

Suurimman osan aikaa katse on keskittynyt ohjaustehtävään. Sivuttaissijainnin säätelyn kaistalla ajatellaan tapahtuvan pitkälti ääreisnäön varassa. Kuljettajan katse on tiessä tai ajolinjassa, joitakin kymmeniä metrejä auton edessä. Kirjallisuudessa puhutaan ohjaavista katseista (*guiding fixation*). Ohjaava katse seurailee tien kaarteisuutta auton edessä (kuljettaja ”katsoo sinne mihin on menossa”). Välillä katse käy kauempana ajolinjalla, mahdollisesti ennakoiden tulevaa tien suuntausta ja ohjaustarvetta; tällöin puhutaan ennakoivista katseista (*look-ahead fixation*). Ennakoivat katseet kohdistuvat tielle, mutta ohjaavaa katsetta kauemmas. Sekä ohjaavat että ennakoivat katseet voidaan ymmärtää etenemistä ennakoivina prosesseina (Hayhoe ym. 2003, Lehtonen ym. 2013).

Tämän lisäksi kuljettajat oppivat lukemaan ja ennakoimaan toisten tienkäyttäjien toimintaa. Tässä yhteydessä voidaan erottaa toisaalta katseet näkyvissä oleviin toisiin tienkäyttäjiin (edellä ajava auto, vastaantulijat, kevyt liikenne), ja tarkistuskatseet paikkoihin joissa toisia tienkäyttäjiä voisi olla (esimerkiksi risteyksissä näkemäesteiden ja suojateiden edessä pysäköityjen autojen muodostamat okklusiopisteet). Tarkistuskatseet ovat luonnollisesti olennaisia potentiaalisten vaaratilanteiden havainnoinnin kannalta, ja keskeinen osa ennakointia.

Yhteisenä nimittäjänä nopeuden ja kaistasijainnin säätelystä (perifeerinen näkö), ohjaavista katseista, ja ennakoivista katseista voidaan puhua **tilan hallintana**, kun taas ennakoivissa tarkistuskatseissa, joissa katse kohdistetaan ”vaaranpaikkoihin” joissa ei kuitenkaan ole näkyvissä mitään uhkaavaa ärsykettä voidaan puhua **tilanteen hallinnasta**.

1.2 Silmänliiketutkimusmenetelmistä

Moderneilla silmänliikelaitteilla on mahdollista kuljettajaa häiritsemättä tutkia katseen suuntautumista tieympäristöön ajon aikana. Silmänliikemittaus perustuu kuljettajan silmän ja pään asennon määrittämiseen suhteessa autoon, joka toimii referenssikoordinaatistona. Kun lisäksi tunnetaan auton sijainti suhteessa ympäristöön, voidaan tieto kuljettajan katseen suuntauksesta suhteuttaa ympäristön kohteisiin, paikkoihin ja liikennetapahtumiin.

Silmänliikkeitä on mitattu jo kauan liikennekäyttäytymisen tutkimuksessa. Rockwellin tutkimusryhmä Ohiossa mittasi noviisien ja kokeneiden kuljettajien silmänliikkeitä maantieajossa jo 1960-luvun lopulla, ja mm. raportoi selvän eron ajokokemusryhmien välillä (esim. Whalen ym. 1968, Mourant ym 1972) . Kun noviisit kohdistavat katseensa usein tien reunaviivoihin lähelle autoa, kokeneiden katse suuntautuu kauemmaksi. Kokemuksen myötä kuljettajat oppivat pitämään auton kaistalla ääreisnäön varassa ja voivat suunnata tarkkaavaisuuttaan kauemmaksi ajassa ja matkassa ja ennakoida siten tulevia tilanteita paremmin, ja toisaalta turvallisemmin jakaa aikaa tien ja peilien tai mittariston välillä (esim. Summala ym. 1996, Wikman ym. 1998). Rockwell oppilaineen – samoin kuin käytännöllisesti katsoen kaikki liikenteessä suoritettu silmänliiketutkimus näihin päiviin saakka - on tehty tarkastelemalla silmänliikelaitteiston tuottamia fiksaatiopisteitä, jotka voidaan nähdä aiemmin filmi-, nyttemmin tai videokameran tallettamassa kuvassa (myös Cohen 1981, 1987, Luoma 1984). Analyysi on perustunut manuaaliseen aineiston tarkasteluun, mikä sinänsä on tehnyt mahdolliseksi yksityiskohtaisen tiedon saamisen siitä mihin kuljettaja katsoo, mutta suurien aineistojen analyysi on ollut aikaa vievää tai mahdotonta.

Laajemmista aineistoista tutkimustulokset on usein esitetty katseen kohdistuspisteiden jakautumina, ja näiden parametreinä (contours; esim. Victor ym. 2005) yli tietynpituisen ajan tai tietystä suhteellisen vakioisessa ympäristössä, jolloin ei tavoiteta havainnoinnin olennaista dynaamista luonnetta.

Nykytekniikalla on mahdollista myös määrittää laskennallisesti se mihin kuljettaja katsoo, ensin auton muodostamassa koordinaatistossa. Kun lisäksi tunnetaan auton tarkka sijainti suhteessa kiinnostuksen kohteena oleviin ympäristön objekteihin, voidaan tilannekohtaisesti määrittää se mihin kuljettaja katsoo ympäristössä (esim. Lehtonen ym., 2013). Keskeinen tavoite autonkuljettajan silmänliikemittauksessa seuraavien 5-10 vuoden sisällä on pystyä sijoittamaan kuljettajan näköakseli ja kohdistuspisteet mittatarkkaan kolmiulotteiseen ympäristömalliin, jossa myös katseen kohde on tunnettu.

Tällöin olisi mahdollista myös siirtää oikea ajo-opetusympäristö ajosimulaattoriin, testata havainnointi- ja ennakkointitaitojen kehittyminen sekä oikeassa liikenteessä etäsimulaattorissa, ja validoida simulaattoritehtävä asianmukaisesti. Tämä loisi perustan uudelle simulaattoriopetussukupolvelle, jonka vastaavuus todellisuuteen juuri opetettavien tehtävien ja vihjeiden osalta on asianmukaisesti todennettu. Laskennallisinkin voidaan myös käsitellä periaatteessa rutiininomaisesti suuriakin datamääriä kymmenien ja satojenkin tuntien aineistoista ja tunnistaa esimerkkejä tyypillisistä ja poikkeustilanteista, tai esimerkiksi tunnistaa havainnointivirheitä automaattisesti jolloin järjestelmä voi antaa oppijalle välittömän oikea-aikaisen palautteen.

Tämän tyyppisten menetelmien saattamiseen sovellusasteelle nostaa samalla esiin monia tutkimuksen ja tuotekehityksen haasteita. Menetelmät vaativat vahvaa signaalinkäsittelyn asiantuntemusta: siirtyminen perustutkimuksesta laajamittaisesti sovellettaviin ja helppokäyttöisiin sovellutuksiin vaatii kehitystyötä. Samanaikaisesti kun autoteollisuus kehittää älykästä tekniikkaa autonkuljettajan tueksi (esim. Volvon jalankulkijatunnistus) tai täysin itsenäisiä autoja (Bertozzi ym. 2000, Thomson 2012, Arthur 2013) suomalainen liikennetutkimus ja vahva tieto- ja opetustekninen osaaminen tekisivät mahdolliseksi sen, että suomalainen liikenneopetus ja liikenneturvatyö voisivat toimia edelläkävijöinä tällä älyliikenteen osa-alueella.

1.3 Ennakkointitaitojen opettamisesta

Ennakkointitaidot on selkeästi kirjattu B-luokan kuljettajaopetuksen opetussuunnitelman tavoitteisiin niin turvallisuuden, sujuvuuden, sosiaalisuuden kuin ekologisuudenkin osa-alueilla: Oppilaan tulisi

- "hallita auton sijainti, suunta ja nopeus" (toiminnan tasolla ennakoiva ajaminen näkyy nimenomaan siinä että välttää kriittisiltä tilanteilta, kuten äkkijarrutuksilta),
- "tunnistaa ja välttää liikenteen riskejä", "osata havainnoida ja ennakoida liikennetilanteiden kehittymistä" (piilevien tai vasta kehittymässä olevien riskitilanteiden tunnistaminen ajoissa on ennakkoinnin kognitiivinen perusta); ja
- "toimia ennakoitavasti ja ennakoida toisten tienkäyttäjien toimintaa".

Ennakkoinnin opettaminen, niin opettajien kuin opettajien koulutuksessa, perustuu perinteiseen jo Liikenneturvan aikoinaan lanseeraamaan ns. "Ennakoivan Ajon Kolmioon". Kolmeen osaan jaetun kolmion osien pinta-alojen ajatellaan kuvaavan kunkin osion merkitystä. Kolmion pinta-alaltaan suurin ja levein kantaosa kuvaa ennakkointia, riskien tunnistamista ja niiden välttämistä. Tässä normaalitilanteessa kuljettajalla on riittävästi tilaa ja aikaa toimia. Seuraavana hiukan pienempänä osana on toiminta hätätilanteessa, jossa on niukasti aikaa toimia, eikä se aina riitä onnettomuuden estämiseen. Näitä taitoja harjoitetaan strukturoidussa rataopetuksessa. EAK-kolmion kapeimpana huippuna on väistämättömän onnettomuuden seurausten lieventäminen. Tämä voi tapahtua esim. siten että onnettomuuteen varaudutaan etukäteen käyttämällä turvavarusteita ja -laitteita. Lisäksi onnettomuuden tapahtuessa luonnollisesti varoitetaan muita ja hälytetään apua.

Kun ennakkointia opetetaan tietopuolisessa opetuksessa, painotetaan sitä, että liikennettä tulee jatkuvasti tarkkailla, nopeus sovitaa tilanteen mukaan, ympärillä on pidettävä riittävästi tilaa, on nähtävä ja näyttävä (valojen käyttö), muita ei saa yllättää (oman toiminnan ennakoitavuus, merkinannot, ajolinjat, nopeudet), ja jätettävä olosuhteiden mukaan on jätettävä "kelivaraa".

Liikenneopettajan käytännön ajo-opetuksessa soveltamat menettelyt perustuvat paljolti työssäoppimispaikassa saatuun malliin. Uusi opettajakokelas seuraa työpaikkaohjaajansa omalla persoonallisella tavallaan omaksumia perinteisiä ajon suunnittelun ja ennakoimisen sisältöjä. Varttuneempien ohjaavien opettajien omaksumat toiminnot ovat luultavasti hyvin vakiintuneita eivätkä kovin helposti muuksi muutu.

Trafin asiantuntijatyöpajassa 2012 (ks. Kuikka ym. 2012) määriteltiin kuljettajaopetuksen kehittäminen, liikennekäyttäytymisen ennakointi ja simulaattoriopetus ensisijaisiksi tutkimustarpeiksi, ja tunnistettiin nuorten kuljettajien ja ajokoulutuksen osalta seuraavat haasteet:

- Miten tarkempi tieto oppilaan ajosuorituksesta muuttaa opetusta ja oppimista?
- Miten ennakkoinnin ja vaarojen tunnistamista voidaan opettaa ja nopeuttaa nuoren kuljettajan kehityksessä
- Voiko kuljettajan toiminnan parempi ymmärtäminen auttaa opetuksen suunnittelussa?

Älyteknologia, laskennallinen mallintaminen ja simulaattorien käyttöönottoaminen kuljettajaopetuksessa ovat tällä hetkellä suuren kiinnostuksen kohteita (esim. Caird & Horrey, 2011; Chan ym. 2010; Pradhan et al. 2009; Markelic ym, 2011 ja LINTU-muistio 16.5.2012). Liikenteen havainnointia ja vaarojen tunnistamista on opetettu yksinkertaisissa simulointitilanteissa (esim. Isler ym. 2009), ja saatu myönteisiä tuloksia uusien opetusmenetelmien vaikutuksista myös liikenteessä suoritetuissa koeteissa (esim. Chapman ym. 2002; Fisher et al 2006).

Se miten opetus autossa todellisuudessa tapahtuu liikenteessä - opettajan ja oppilaan kommunikaationa ja vuorovaikutuksena - on kuitenkin keskeinen, mutta käytännössä kovin vähän tutkittu osa ajo-opetusta. Tarkempi tutkimustieto olisi tarpeen simulaattorien ekologisen validiteetin varmistamiseksi.

Autossa tapahtuvan kommunikaation ja vuorovaikutuksen tutkimus on myös nouseva tutkimuskenttä (Haddington & Rauniomaa 2011, Laurier 2004, Nevile & Haddington 2010), jossa on yksityiskohtaisesti tutkittu esim. kuljettajan ja matkustajan ”yhdessäajoa”, puhetta ja eleitä joiden avulla esim. vakiintunut pariskunta kommunikoi suunnistaessaan yhdessä liikenteessä (esim. Haddington 2010). Viime aikoina tällaista analyysiä on sovellettu myös opetustilanteisiin, yhtälailla auton ajamisen kuin lentämisen opetuksessa (Cromdal 2012, Melander & Sahlström 2009). Tällaisessa tutkimuksessa on huomiota kiinnitetty muun muassa opettajien ohjeisiin ja opettajan ja oppijan vuorovaikutukseen niin sanotuissa korjaustilanteissa: kun toiminnassa syntyy pienempi tai isompi ongelma, johon on löydettävä nopea tilanteellisesti sopiva ratkaisu (mm. Martin & Sahlström, 2010). Tutkimuskohteena on ollut myös opettajan ja oppilaan kommunikaation muutos ja kehittyminen opetuksen aikana, kun samaa tilannetta toistetaan. Tässä pilottitutkimuksessa menetelmää kokeillaan opettajan ajo-oppilaiden kommunikaation analyysissä.

1.3.1 Älykkäät apuvälineet

Tällä hetkellä kehitetään sosiaaliseen kontrolliin perustuvia teknisiä palautejärjestelmiä nuorten kuljettajien itsenäisen ajamisen turvaksi (esim. Peltola ym. 2011). Samalla tavoin tulisi ottaa käyttöön sellaista uutta tekniikkaa ajo-opetusvaiheeseen, jolla voitaisiin nopeuttaa ennakointitaitojen ja turvallisten rutiinien kehittymistä.

Silmänliikkeet on keskeisimpiä ennakkoinnin indikaattoreita. Kuljettaja katsoo sinne missä jotain on kohta tapahtumaisillaan, ja silmänliikkeet kertovat siitä miten erityi-

sesti kokeneet kuljettajat hakevat mahdollisten vaarojen vihjeitä. Kokeneiden kuljettajien silmänliikekäyttäytymiseen sisältyy – eräin varauksin (ks. esim. Duncan ym. 1991) -myös malli opetuksessa käytettäväksi.

Voidaan tunnistaa ainakin neljä perusongelmaa, joihin silmänliikeaineistojen visualisointi ja niiden pohjalta suunniteltu palaute sekä simulaattoriympäristöt toisivat merkittävää lisäarvoa (i-iv).

(i) Vieressä istuvan ajo-opettajan on vaikea tietää, mitä ympäristön tapahtumia kuljettaja on havainnut ja mikä on jäänyt havainnoimatta - saati mitä hän ennakoi. Liikenneopettaja (ja tutkinnon vastaanottaja) kontrolloi yleensä ajokokelaan visuaalista havainnointia risteyksissä ja kaistanvaihdossa yksinkertaisesti pään liikkeitä tarkkailemalla, ja opetuksessa varmistaa, että ”pää kääntyy” oikeaan suuntaan, esimerkiksi tarkistamaan kuolleet kulmat. Hän ei kuitenkaan voi todeta sitä, miten kokelas ennakoi kauempana olevia mahdollisia vaaratekijöitä, esim. katsooko kokelas sinne mistä vaara voi uhata, kun sen voi tehdä päätä kääntämättä. Tällöin tuon mahdollisen vaaratekijän havainnoinnin puute paljastuu vasta kun vaara toteutuu, ja kokelas reagoi siihen myöhään – ts. ei toimi ennakoivasti vaan reagoi ärsykkeeseen vasta siten kun se (toinen tienkäyttäjä) on jo selvästi näkyvissä ja ilmeinen vaaratekijä. Jos lisäksi on kysymyksessä vain *potentiaalinen* vaaratilanne, jossa tilanne voisi kehittyä vaaralliseksi mutta uhka poistuu muiden tienkäyttäjien toiminnan johdosta eikä loppujen lopuksi edellytä minkäänlaista näkyvää reaktiota, se jää helposti (ainakin vähemmän aktiiviselta) opettajalta huomaamatta.

(ii) Neuvot ja palaute joudutaan antamaan verbaalisessa muodossa. Tämä on kognitiivisesti kuormittavaa, koska oppilaan on tulkittava verbaalinen ohje suhteessa pääosin visuaaliseen tilannemalliin, joka hänellä on liikennetilanteesta. Lisäksi verbaalisten ohjeiden täsmällinen merkitys ei välttämättä aina ole selvä. Liikenneopetuksessa opetetaan ”katsomaan kauas” - mitä tämä tarkoittaa? Joudutaan *kuvailemaan* verbaalisesti, ei voi *näyttää*. Ei myöskään tiedetä tarkasti, mihin aloitteleva kuljettaja katsoo silloin kun hän katsoo ”liian lähelle”.

(iii) Lisäksi verbaalinen palaute joudutaan antamaan ajotilanteessa, jossa kokematon kuljettaja joutuu samalla vastaamaan hallintalaitteiden käytöstä, mahdollisesti aikapaineen ja **emotionaalisen** kiihtymystilan vallitessa. Mikäli opettaja ja oppilas voisivat käydä yhdessä läpi kuljettajan toimintaa rauhassa ajon jälkeen, tämä olisi iso askel eteenpäin ajo-opetuksessa. Oppilas voisi reflektoida omaa toimintaansa (ja nähdä aineistosta miten hän tosiasiallisesti toimi – tämä ei suinkaan aina vastaa omaa muistikuvaa!), ja tämä tapahtuisi ilman aikapainetta ja epäonnistumisen riskin tuottamaa jännitystilaa.

(iv) Ajo-opetuksen aikana tulee vastaan vain pieni osa siitä tilanteiden kirjosta, jonka uusi kuljettaja kohtaa ensimmäisinä ajovuosinaan. Simulaattorissa voidaan luoda skenaarioita poikkeustilanteista, jossa voidaan harjoitella massiivisestikin. Periaatteessa simulaattori voisi myös antaa palautetta, jos opettajan palautteenantoperiaatteet voitaisiin koodata laskennalliseen muotoon. Voidaan myös visualisoida ja käydä läpi ”case”-tapauksia tyypillisistä virheistä ja malliesimerkkejä taitavien kuljettajien toiminnasta (ja miten se eroaa aloittelijasta).

1.4 Pilottitutkimuksen tavoitteet

Tämän pilottitutkimuksen tarkoituksena oli silmänliikemittausta käyttäen tutkia ensimmäistä kertaa pitkäjänteisotantana uuden kuljettajan ajamisen, erityisesti ennakoin-

nin kehittymistä autokoulun aloittamisesta koko autokoulun kestoajan ensimmäisestä ajotunnista lyhytaikaisen kortin saamiseen. Tutkimuksen oli määrä toimia pilottina laajemmalle hankkeelle, jossa on tarkoituksena kehittää menetelmiä simulaattoriopetukseen ja digitaaliseen aineistonkäsittelyyn perustuvien palautejärjestelmien kehittämiseksi.

Pilottitutkimukseen sisältyi seuraavia osatavoitteita

Ajo-opetukseen sisällytetään valikoituja katu- ja tiejaksoja, joilla tarkkaavaisuuden suuntaamista ja ennakointia voidaan kuvata kvantitatiivisesti ja toistuvasti, ja ennakkoinnin kehittymistä päästään tarkastelemaan opetuksen edetessä. Aineistosta suoritetaan silmänliikkeenanalyysijä, joiden avulla seurataan kokelaan edistymistä mm. oman ja toisten tienkäyttäjien toiminnan ennakoimisessa, liikennetilanteiden kehittämisessä ja potentiaalisten vaarojen (esim. näköesteet) tunnistamisessa. Koska tämä on pilottitutkimus, analysoitiin vain näytteenomaisesti muutamia kuhunkin analyysimenetelmään soveltuvimpia tiejaksoja.

Kokelaan ja opettajan toimintaa ja heidän keskinäistä kommunikaatiotaan analysoidaan aineiston visualisoinnin ja puheen avulla eri ajotilanteisiin ja oppimisvaiheeseen liittyen. Tässä pilottitutkimuksessa on kysymys yhden opettajan "taustatutkimuksesta".

Jotta reaali maailman oppimistehtävä voidaan siirtää simulaattoriin, kuljettajan toiminta on pystyttävä olennaisilta osiltaan mallintamaan kolmiulotteisessa mallissa. Tämän pilottitutkimuksen yhteydessä tutkitaan, soveltuuko Maanmittauslaitoksen avoin 3D-paikkatietoaineisto em. tarkoitukseen. Tavoitteena on kuvata ajo-opetuksessa käytetyt reitit (ja kuljettajan toiminta) 3D-maailmassa, joka voidaan jatkossa siirtää simulaattoriin. Tässä pilottitutkimuksessa oli kysymys ainoastaan toimivuusarvioinnista.

2 Tutkimusmenetelmät

2.1 Tutkimuslaitteisto ja silmänliikeanalyysimenetelmät

Ajokoulutus toteutettiin Liikennetutkimusyksikön tutkimusautolla (manuaalivaihteinen vm. 2007 Toyota Corolla sedan), joka on instrumentoitu tutkimuskäyttöön (kuva 1). Tutkimus tapahtui kokonaisuudessaan luonnollisessa ympäristössä katu- ja tieverkolla. Kaikki ajotunnit dokumentoitiin yksityiskohtaisesti videonauhoituksilla, ja auton hallintalaitteita (CAN-väylästä), ympäristöä (GPS-paikantimesta ja laserskannerista) ja kuljettajan silmänliikkeitä mittaamalla. Kaikki datavirratt synkronoitiin jatkokäsittelyä varten ja niistä suoritettiin laadullisia ja määrällisiä analyysejä.



Kuva 1. Ajokoulutuksessa käytetty tutkimusauto. Silmänliikemittaus tapahtuu kiinteisiin kameroihin perustuvalla SmartEyePro-järjestelmällä, jolloin silmänliikkeet voidaan kuvata auton koordinaatistossa. Data-analyysit tehdään yksikön omilla signaalinkäsittelyalgoritmeilla.

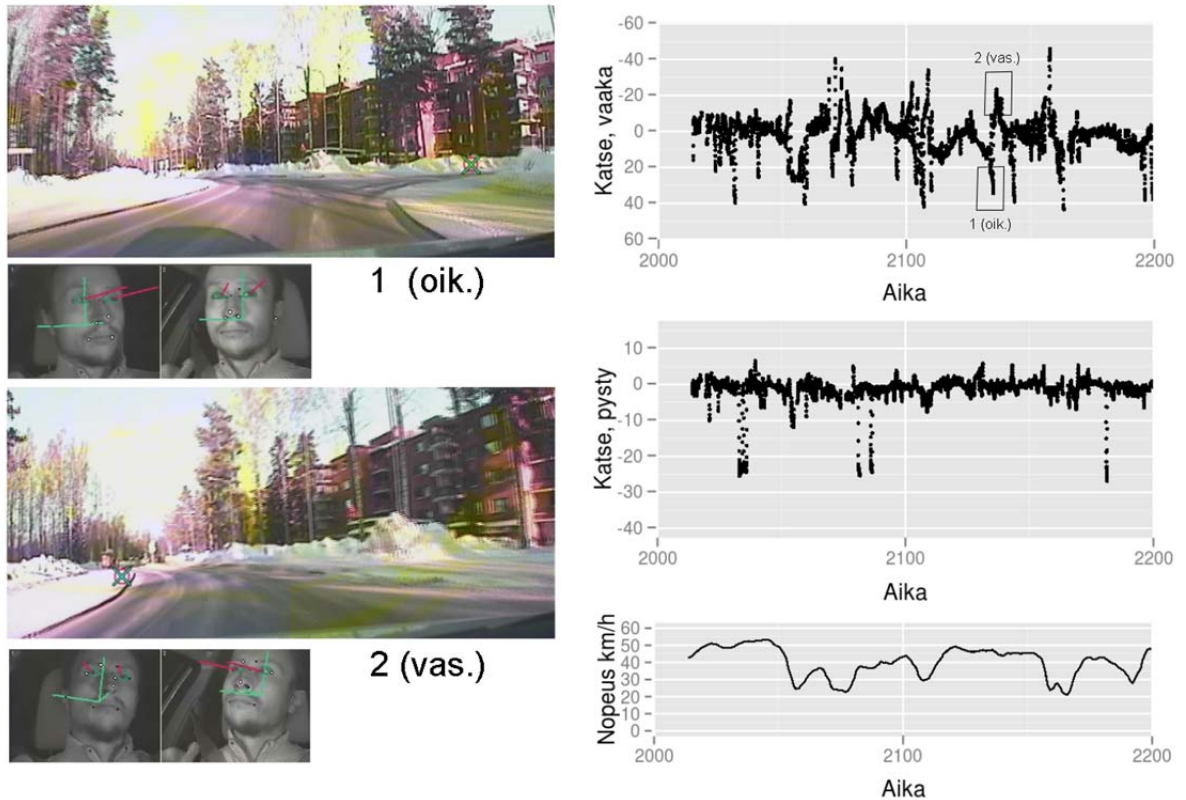
Silmänliikkeitä mitattiin Smart Eye Pro-järjestelmällä. Se perustuu kiinteisiin kojelaudan päälle kiinnitettyihin kameroihin, jotka mittaavat kuljettajan silmien asentoa korkealla näytteistystaajuudella. (Tässä tutkimuksessa käytetty laitteisto 60 kertaa sekunnissa). Tällainen laitteisto kalibroidaan siten, että katseen suunta voidaan määrittää suhteessa auton koordinaatteihin ja tietyissä rajoissa (etenkin horisontaalisesti) ulkomaailman koordinaatteihin, kun tiedetään auton sijainti ja suunta (esim. Lehtonen ym. 2013). Aineistoa voidaan analysoida ja visualisoida monin tavoin.

(1) Katseen hetkellinen sijaintipiste esitetään valmistajan (tai omassa laskennallisessa) visualisaatiossa projisoituna tienäkymää eteenpäin kuvaavan videokameran videokuvan päälle (vihreä risti kuvassa 2 vasemmalla). Tämä esitys sisältää videokuvan informaation tässä yksittäisessä liikennetilanteessa näkyvissä olleista kohteista (ei kuitenkaan peilien näkymää), jolloin käyttäjän on helppo todeta ”mihin tuolloin katsottiin” (ja siis myös mihin ei katsottu, tai mitä jäi mahdollisesti havainnoimatta). Tämä on tehokas tapa kuvata yksittäisen kuljettajan katsekäyttäytymistä esim. hidastettuna kuvavirtana tietyssä tilanteessa, mutta vertailuja eri kuljettajien tai kuljettajaryhmien (esim. kokeneet vs. kokemattomat) välillä ajan yli ei voi tehdä kovinkaan helposti. Suurten aineistomäärien analysointi esim. toisto- tai vertailuasetelmissa on vaivalloista.

(2) Katseen suuntaus ajan hetkinä (vaaka- ja pystykulma suhteessa autoon) voidaan esittää aikasarjana (kuva 2, oikealla, ja luku 3.1.2). Yhdistettynä videokuvasta saatavaan tietoon näkymästä kunakin ajan hetkenä, voi tutkija tällaisesta esityksestä tehdä päätelmiä kuljettajan visuaalisesta strategiasta ja yksilöllisistä eroista. Tämän tyyppinen aineiston tarkastelu on laadullista, jossain määrin subjektiivista, ja vaatii harjaantunutta ”silmää”, mikä on ongelmallista ajokoulutussovellusten ja analyysien automatisoinnin kannalta.

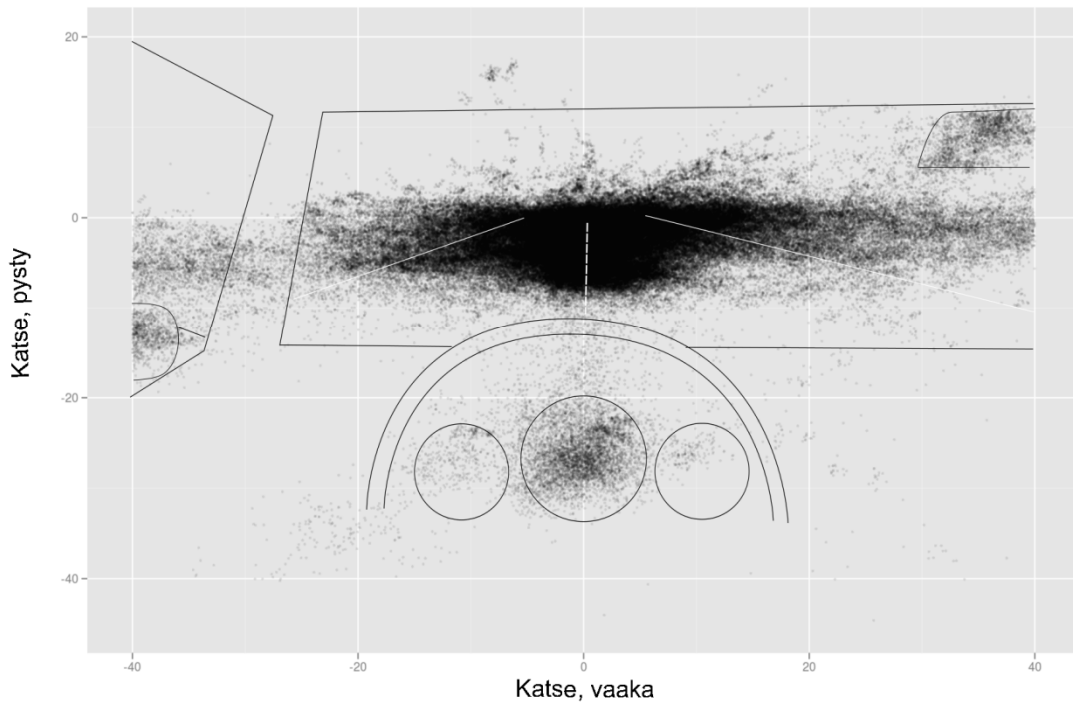
(3) Saman kuljettajan useista ajoista tai usean kuljettajan ajoista heidän ajettuaan saman tieosuuden voidaan esittää raakadatan 2-ulotteinen jakautuma aggregoituna yli ajan ja tehdä vertailuja esim. koetilanteiden tai koeryhmien välillä (ks. luku 3.2). Kuvassa 3 on kaikki havainnot katseen vaaka- ja pystykulmasta suhteessa autoon kuvattu yhtenä jakaumana, jonka parametrejä voidaan käyttää tiivistämään suuri määrä aineistoa. Esimerkiksi tyypillinen katseen kohdistussuunta voidaan arvioida jakauman mediaanina, jakauman muotoa kuvaavia parametrejä (esim. 90% contourin leveys – mille sektorille 90% katseista osuu) voidaan käyttää kuvaamaan visuaalista hakua. Tämänkaltaisen analyysi kuitenkin liikkuu hyvin karkealla tasolla, eikä välttämättä sovellu palautteen antamiseen yksittäisistä ajoista. Lisäksi liikennetilanteet yleensä muuttuvat melko nopeasti ajan ja paikan funktiona. Tämä dynaaminen luonne poistetaan aineistosta aggregoitaessa havainnot yli pitkien jaksojen.

(4) Määrällistä analyysiä kuljettajaryhmien (ajotavan, kuormituksen tms.) välillä tie- ja liikenneympäristön funktiona voidaan tehdä määrittämällä katseen suunnan referenssilinja ja vertaamalla ryhmiä referenssilinjan ja siitä poikkeavien katseiden suhteen (ks luku 3.2.)



Kuva 2. Vas. Silmänliikerekamerat mittaavat kuljettajan pään sijainnin asennon suhteessa autoon (vihreät koordinaattiakselit), jolloin silmän asento suhteessa päähän määrittää katseen suunnan (punaiset janat). Katseen hetkellinen kohdistumispiste voidaan tällöin esittää tienäkymässä, joka on kuvattu silmänliikelaitteistoon synkronoidulla videokameralla. Kuvaan on valittu kaksi videokuvaa jotka on otettu muutaman sekunnin välein toisistaan. Näemme että kuljettajan pää ja katse on ensin kääntynyt oikealle (risteävä tie) ja sen jälkeen vasemmalle (tien vasen reuna). Tällainen esitys sisältää videokuvan informaation tiettyssä yksittäisessä liikennetilanteessa näkyvissä olleista kohteista (ei kuitenkaan peilien näkymää), jolloin käyttäjän on helppo todeta ”mihin tuolloin katsottiin” (ja siis myös mitä jäi havainnoimatta). Tarkastelu on kuitenkin rajoittunut yhden henkilön yksittäiseen ajosuoritukseen, eikä vertailuja ajan yli, tai eri kuljettajien välillä (esim. kokeneet vs. kokemattomat) voi tehdä kovinkaan helposti.

Oik. Katseen suuntaus ajan hetkinä (vaaka- ja pysty kulma suhteessa autoon) aikasarjana. Alimmana kuljettajan ajonopeus kunakin ajan hetkenä. Vasemmalla olevien videokuvien tilannetta (vilkaisut oikealle ja vasempaan) vastaavat ajan hetket on merkitty laatikoin. Yhdistettynä videokuvasta saatavaan tietoon näkymästä kunakin ajan hetkenä, voi tutkija tällaisesta aikasarjasta tehdä päätelmiä kuljettajan visuaalisesta strategiasta ja yksilöllisistä eroista. Tämän tyyppinen aineiston luotettava tarkastelu edellyttää, että käytettävissä on hyvä visualisointimenetelmä, jolla liikennenympäristöä ja –tilannetta ja ympäristöön kuvattu- ja fiksaatioita, kuljettajan motoriikkaa ja auton telemetriatietoja voidaan yksityiskohtaisesti ja havainnollisesti seurata. Visualisointimenetelmä on myös tärkeä väline ajokoulutussovellutuksissa.



Kuva 3. Usean kuljettajan ajoista samalta tieosuudelta yhdistetty aineisto. Mittaristo ja peilit on hahmoteltu kuvaan summittaisesti tulkinnan helpottamiseksi. Kaikki havainnot katseen vaaka- ja pystykulmasta suhteessa autoon on tässä esityksessä kuvattu yhtenä jakaumana. Jakauman parametrejä voidaan käyttää tiivistämään suuri määrä aineistoa. Esimerkiksi tyypillinen katseen kohdistussuunta voidaan arvioida jakauman mediaanina, jakauman muotoa kuvaavia parametrejä (esim. 90% contourin leveys) voidaan käyttää kuvaamaan visuaalista hakua. Tämänkaltaisen analyysi kuitenkin liikkuu hyvin karkealla tasolla, eikä välttämättä sovellu palautteen antamiseen yksittäisistä ajoista. Lisäksi liikennetilanteet muuttuvat melko nopeasti ajan ja paikan funktiona. Tämä dynaaminen luonne poistetaan aineistosta aggregoitaessa havainnot yli pitkien jaksojen.

2.2 Tutkimuksen toteutus ja aikataulu

2.2.1 Koehenkilöt

Koehenkilöt rekrytoitiin yliopisto-opiskelijoista, jotta he olisivat käytettävissä ajo-opintoihin tiukan aikataulun mukaisesti syksyn 2012 aikana. Kriteerinä oli normaali tai piilolinssillä korjattu näkö, ja valittavilla ei saanut olla ollenkaan aikaisempaa ajokokemusta moottoriajoneuvolla.

Viisi koehenkilöä valittiin verkkoilmoitukseen vastanneista, 3 nais- ja 2 miespuolista, iältään 18-24 -vuotiaita. Yksi miespuolinen joutui keskeyttämään jo alkuvaiheessa, koska hän ei loppujen lopuksi pystynytään käyttämään piilolinssijä ajaessaan, mikä oli edellytyksenä hyvätasoisien silmänliikemittauksen takia. Hänet korvasi 22-vuotias naispuolinen koehenkilö.

2.2.2 Opetuksen kulku ja tutkimusympäristö

Opetus noudatti Liikenteen turvallisuusviraston hyväksymää B-luokan ajokortin opetusohjelmaa, sillä erotuksella, että ajotuntien osalta rekisteröitiin opetettavien silmänliikkeet ja talletettiin yhdessä auton telemetriatietojen, kolmen videokuvan ja joiltakin osin myös fysiologisten mittojen (syke, ihokonduktanssi) kanssa tiedostoon. Ennen jokaista oppituntia silmänliikelaitteisto kalibroitiin, ja joka kolmannella

ajokerralla (samanlaisina toistuvien vertailuajojen yhteydessä) myös tarkistettiin (tai tarvittaessa kalibroitiin uudelleen) kaksi kertaa matkan varrella Herttoniemessä.

Opetus alkoi opetussuunnitelman mukaisesti käsittelyharjoituksilla, kahtena päivänä Hietaniemen kentällä kaksi 25 min ajokertaa kumpanakin, ja edistymisen salliessa liikuttiin jo jonkin verran hiljaisille lähikaduille. Kolmantena päivänä oli jo vuorossa tarkalleen ennalta määritelty ajolenkki, joka aloitettiin Herttoniemestä kauppakeskus Megahertsin pysäköintipaikalta, joka toimi myös välikalibraatiopaikkana. Matka eteni Mekaanikonkatua Sahaajankadulle, Viilarintielle ja Kauppamyllyntien kautta Myllypuroa kiertävälle reitille (Ratasmyllyntie – Myllypadontie – Myllypurontie). Myllypurosta palattiin Kehä I:n kautta Itäkeskukseen, Turunlinnantietä ja Varikkotietä Sahaajankadulle ja Mekaanikonkatua takaisin Megahertsin pysäköintipaikalle kalibrointia varten.

Herttoniemestä reitti kulki Itäväylää Teollisuuskadulle ja Aleksis Kiven katua Alppilaan, jonka jälkeen Sturenkatua ja Wallininkatua Eläintarhankadulle ja lopuksi Pitkäsillan yli Liisankadulle ja ylös Siltavuorenpenkereelle.

Ajo-oppilaat vietiin siten heti aluksi hyvinkin vaativiin ympäristöihin. Keskeisiä analyysin kohteita olivat autoliikkeiden *Mekaanikonkatu*, jossa suhteellisen leveällä suoralla kadulla on jatkuvaa kadunvarsipysäköintiä ja liikennettä piha-alueille ja -alueilta, kiertoliittymä, ja lopuksi liikennevaloristeyks Sahaajankadulle vasemmalle.

Myllypuron kierros edustaa rauhallista katu ympäristöä, jossa leveähkön oikealle vaihteittain kääntyvän kadun katkaisevat toistuvat suojatiekavennukset ja risteykset. Kadulla on harvakseltaan vastaantulevaa liikennettä, ja kohtalaisesti jalankulkijoita ja pyöräilijöitä sekä katua reunustavilla kevyen liikenteen väylillä että katua ylittävillä suojateilla ja pyörätien jatkeilla.

Eläintarhantie (Ensi linjan ja Porthaninrinteen välillä) on kapeahko, autojen osittain reunustama, mutkainen vilkasliikenteinen väylä, jossa on vastaantulevia autoja ja kevyttä liikennettä omilla väylillään. Se alkaa pohjoisesta tultaessa leveähköllä vasemmalla kaarteella, jossa ajolinjan oikea valinta ei ole helppoa. Pysäköinti on sallittu vain jaksoittain eri puolilla katua, mutta niissä kohti tilan hallinta vastaantulevan liikenteen ja pysäköityjen autojen välillä on vaativaa. Tällä katuosuudella on myös useita suojateita, joiden suhteen pysäköidyt autot muodostavat näköesteitä.

Koko em. reitti toistettiin joka kolmantena ajopäivänä. Välipäivinä ajo-opetus tapahtui Kallion, Vallilan, Alppilan ja Töölön alueilla, mutta välipäivinäkin tavoitteena oli palata takaisin Siltavuorenpenkereelle Eläintarhantietä pitkin useiden toistomittausten saamiseksi.

Koska usein toistetuilla tarkastelukatuosuuksilla ei voitu erottaa toisistaan kahta päällekkäistä prosessia, ajamaan oppimista ja reitin oppimista. Kontrollin vuoksi kaikki kokelaat ajoivat ajokoulutuksen alku- ja loppuvaiheessa Töölössä ennalta määritellyn reitin, jolloin reitin tuttuus ei niin voimakkaasti pääse vaikuttamaan havainnoimiseen.

Liukkaan ajon harjoitus tehtiin 17. marraskuuta Riihimäen ajoharjoitteluradalla, jossa opetettavat myös osallistuivat tilan hallintaa koskevaan kokeeseen. Kokeessa osanottajat ajavat toistuvasti rataa kiertäessään kapean portin läpi, ja heidän nopeuden säätelyään ja fysiologisia reaktioitaan mitattiin. (Nämä tulokset raportoidaan toisessa yhteydessä.)

Pimeäajoharjoitus suoritettiin Trafin hyväksymässä simulaattorissa Riihimäen liikenneopistossa 4. joulukuuta. Maantieajoa on harjoitettu siirtymisissä Helsingistä Riihimäelle ja takaisin, jolloin myös mitattiin silmänliikkeitä.

Kaikki oppilaat ovat suorittaneet hyväksytysti ajotutkinnon ja saaneet ajo-oikeuden.

3 Tutkimuksen tulokset

3.1 Laadullinen silmänliikkeiden case-analyysi

Seuraavassa esitetään sarja yhä yksityiskohtaisempia esimerkkejä siitä, mitä ajo-opetuksen aikana jatkuvasti mitatut ajo-oppilaiden silmänliikkeet paljastavat yhdellä tutkimuskadulla, n. 600 metrin mittaisella Eläintarhantien osalla (kuva 4), jonka läpi he ajoivat toistuvasti eri päivinä.

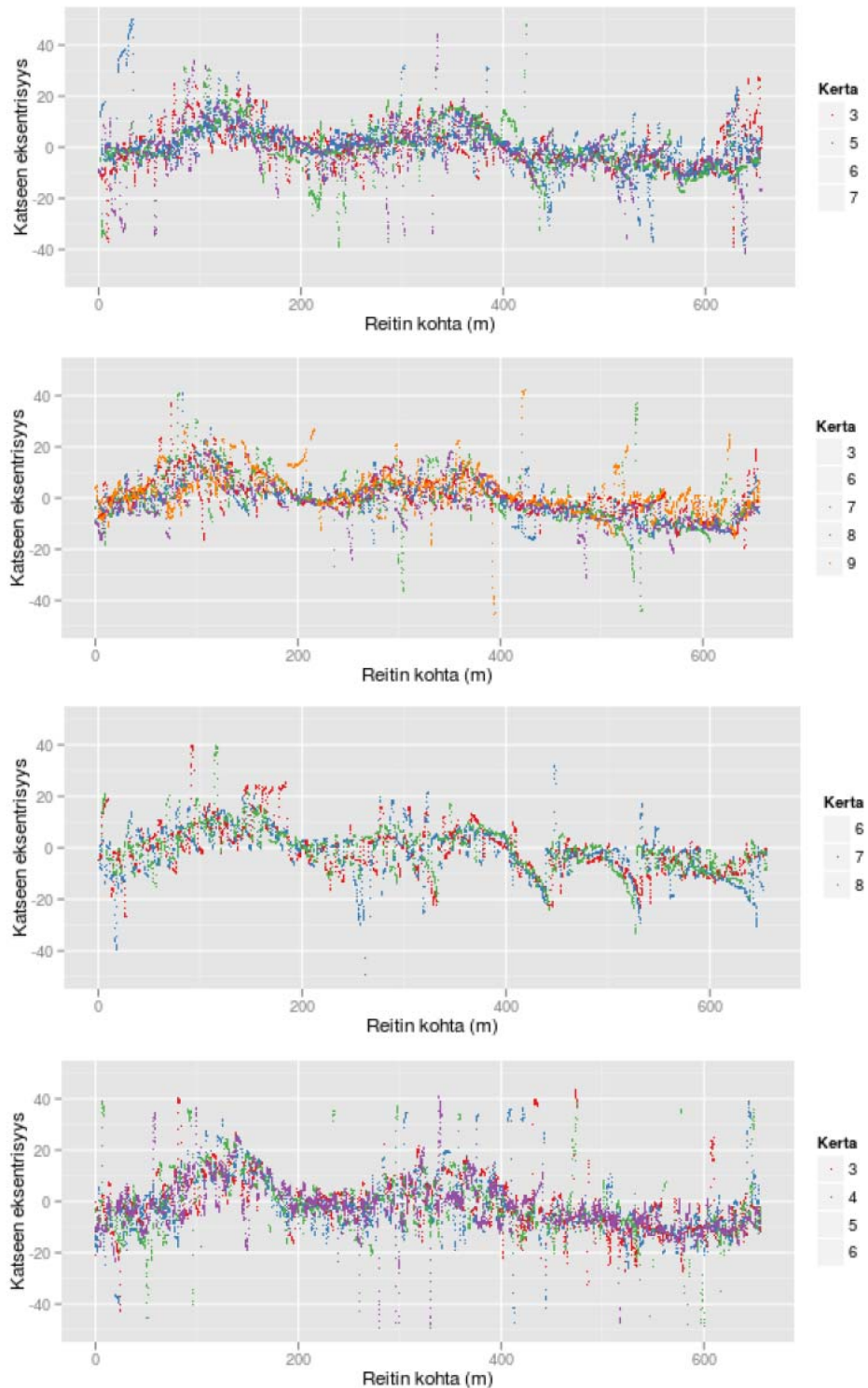


Kuva 4. Eläintarhantie, ajosuunta kohti Hakaniementoria.

Kuvassa 5 on ensiksi esitetty oppilaiden silmänliikkeet matkan funktiona opetuksen alkuvaiheessa eri päivät eri väreillä esitettynä.

Saman oppilaan eri ajoja ja eri oppilaita verrattaessa voidaan nähdä huomattavaa samankaltaisuutta. Se aiheutuu ensiksikin siitä, että katujakso on varsin mutkainen, ja kun silmänliikkeet kuvataan auton koordinaatistossa, tien suuntaus näkyy selvästi. Aloittavakin kuljettaja ennakoi tien suuntaa kääntämällä katseensa sinne mihin tie vie.

Toiseksi tiellä ja tieympäristössä on yleensä sellaisia kohteita jotka syystä tai toisesta vetävät katseita puoleensa. Tällä katuosuudella on kaikkiaan viisi suojatietä, joita lähestyttäessä voidaan havaita katseen kääntyminen oikealle (kuvissa alaspäin). Lisäksi luonnollisessa liikenneympäristössä on muun autoliikenteen ja jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden aiheuttamaa vaihtelua.



Kuva 5. Neljän oppilaan silmänliikkeet Eläintarhantiellä eri ajopäivinä. Katseen eksentrisyys tässä tarkoittaa katseen vaakasuuntaa auton koordinaatistossa, jossa nol-lakohta on suoraan eteenpäin, negatiiviset arvot (kuvassa alaspäin) katseen poikkeamaa oikealle asteissa, positiiviset arvot vasemmalle.

Koehenkilöt kuitenkin poikkeavat paljonkin toisistaan. Katseen vaakasijainnin hajonta vaihtelee, toiset reagoivat hyvin samankaltaisesti eri ajokerroilla samoissa paikoissa, toisilla on enemmän kauas vasemmalle tai oikealle (ympäristöön ja sivupeileihin) suuntautuvia nopeita silmäyksiä, tai selvästi suurempi hajonta kaiken kaikkiaan.

3.1.1 Tilan hallinta paikka- ja tapahtumasidonnaisten silmänliikkeiden valossa

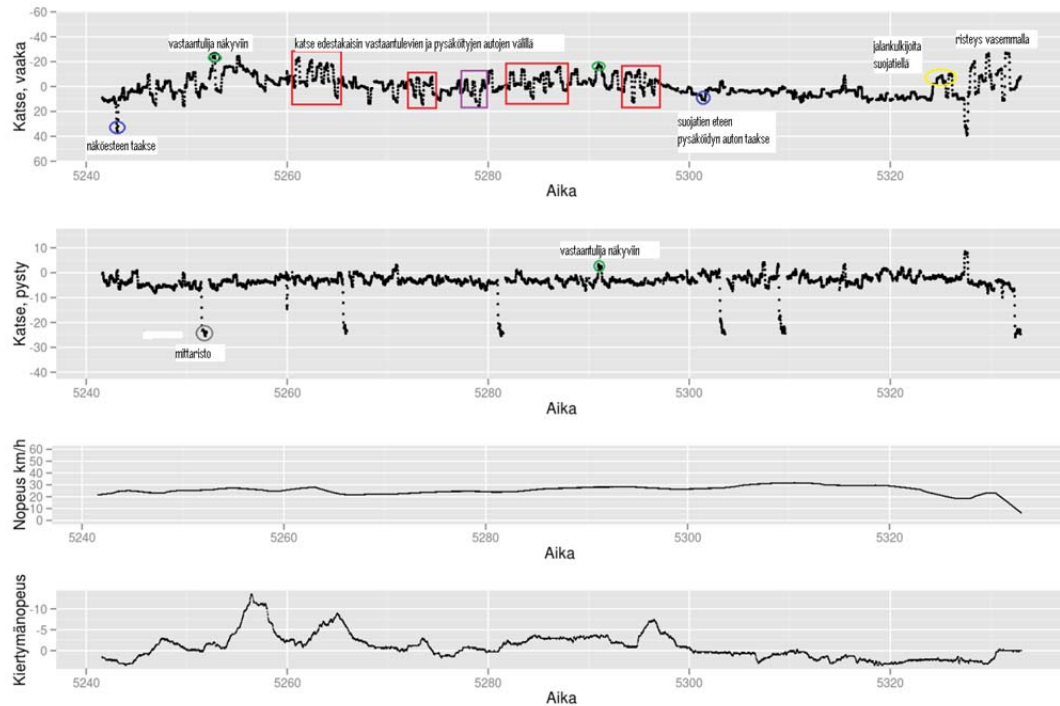
Kuva 6 esittää tarkemmin, mistä silmänliikkeiden vaihtelua mm. tällaisessa ympäristössä syntyy ja mitä se ilmaisee. Silmänliikkeet - sekä vaaka- että pystytasossa - on siinä kuvattu yhden ajon aikana Eläintarhantiellä (oppilas A:n ensimmäinen "kaupunkiajokerta"). Lisäksi kuvaan on merkitty auton pystykiertymänopeus, joka kuvaa tien (tai ajamisen) kaarteisuutta, tarkemmin nimenomaan sitä nopeutta, jolla auto muuttaa suuntaa. Vasen suunta on kuvissa ylöspäin ja oikea alaspäin, eli esim. ylintä katseen vaakakuvaa voidaan seurata ikään kuin oikealle ajosuuntaan.

Heti katujakson alussa oppilas katsoo jyrkästi oikealle näköesteen - pysäköidyn auton - taakse. Kohta sen jälkeen katujakson alkupäässä on leveä kohta, jossa katu alkaa kääntyä vasemmalle. Siinä syntyy paljon vaakatason vaihtelua, koska oppilaat seuraavat toisaalta kadun oikeaa reunaa (tai sinne mahdollisesti pysäköityjä autoja), toisaalta keskilinjaa tai vasenta reunaa, ja kun näkymä vasemmalle yli mutkan avautuu, on mahdollista myös ennakoida kadun suuntaa ja mahdollisia vastaantulijoita pitkällekin eteenpäin. Vastaantulevan auton valojen ilmestyminen näkyviin on tyyppillisesti sellainen silmiinpistävä ("salientti", "bottom-up") ärsyke, joka huomataan ja johon katse kääntyy (vihreät ympyrät).

Kohdan 5260 sekuntia (mittauksen alusta) jälkeen seuraa jakso, jossa on pysäköity autoja joko toiselle tai molemmin puolin katuja, ja ne tekevät kadusta varsin kapean. Oppimisen alkuvaiheessa oman tilan - auton ulottuvuuksien ja turvamarginaalien - hallinta vaatii tarkkaavaisuutta, ja kuvan laatikot osoittavat katseen siksak-liikkeen oikealla pysäköityjen autojen kylkien ja vastaantulevien (punaiset laatikot) tai vasemmalle pysäköityjen (violetti laatikko) välillä.

Kohdassa 5302 huomataan pieni katseen siirtymä oikealle suojatien edessä.

Pystysuunnassa puolestaan voidaan nähdä toistuvat katseet alas mittaristoon, ja vastaantulevan auton valojen ilmaantuminen kaukana edessä.



Kuva 6. Oppilas E:n silmänliikkeet (vaaka- ja pystysuunnat erikseen samassa aikaskaalassa) sekä nopeus ja auton pystykiertymänopeus. Ensimmäinen kerta Eläintarhantiellä ensimmäisen ”kaupunkiajopäivänä” (ks. teksti).

3.1.2 Tilanteen hallinta: esimerkkinä ennakointi ja oikea ajan jakamisen suojatietä lähestyttäessä

Tieliikennelaki (32§) velvoittaa suojatietä ajavan kuljettajan ajamaan ” sellaisella nopeudella, että hän voi tarvittaessa pysäyttää ennen suojatietä”, ja toisaalta ”suoja-tien eteen pysähtynyttä autoa ei saa ohittaa pysähtymättä”. Yleissääntönä voidaan suorastaan pitää sitä, että aina kun edessä on näköeste, jonka takana voi piillä vaara – ajoneuvo tai jalankulkija – kuljettajan on varmistauduttava että esteen takaa ei ku-kaan tule alle ja tarvittaessa hidastettava niin paljon että pystyy pysähtymään. Tämä on keskeisiä periaatteita kun opetellaan ja opetetaan lukemaan edessä olevaa ka-tunäkymää.

Mikäli suojatien eteen on pysäköity näkyvyyttä rajoittava ajoneuvo, liikenteen tur-vallisuus ja toisaalta sujuminen myös vaativat tyypillisesti monitehtäväsuoritusta: on toisaalta tarkkailtava että ketään ei ole tulossa eteen näköesteiden takaa, toisaalta huo-lehdittava siitä, että edessä ajolinjalla ei tapahdu mitään mikä edellyttäisi pikaista re-aktiota. Oikean havainnoinnin oppiminen ei ole itsestään selvää, eikä opettaja vält-tämättä pysty toteamaan onko oppilas omaksunut tehtävän oikein.

Seuraavassa kuvataan kahden oppilaan erilaisia strategioita (ja niiden taustaa) kun he lähestyvät suojatietä, jonka eteen on pysäköity autoja - henkilö- tai pakettiautoja (vrt. kuva 7).



Kuva 7. Suojatien eteen pysäköity auto muodostaa näköesteen. Oikealla näkyvän pakettiauton lokasuojan ja A-pilarin muodostama silhuetti muodostaa ns. okklusiorajan .

Oppilas I.

Kun oppilas I ajoi ensimmäistä kertaa (6. ajopäivänä¹) Eläintarhantietä, osuudella jossa on kaikkiaan kuusi suojatietä, opettaja oli juuri opastanut

*"nyt jos joku auto on pysähtynyt kii suojatiehen sä et sitä pysähtymättä ohita se on about viiden metrin sääntö mutta se on tärkeämpää se että onko se näköeste vai ei
sieltä voi joku lapsi pompata sun eteen
lapset on niin sinisilmäisiä resukoita siihen tulemiseen kun nimi on suojatie et se suojaa niitä jotenkin"*

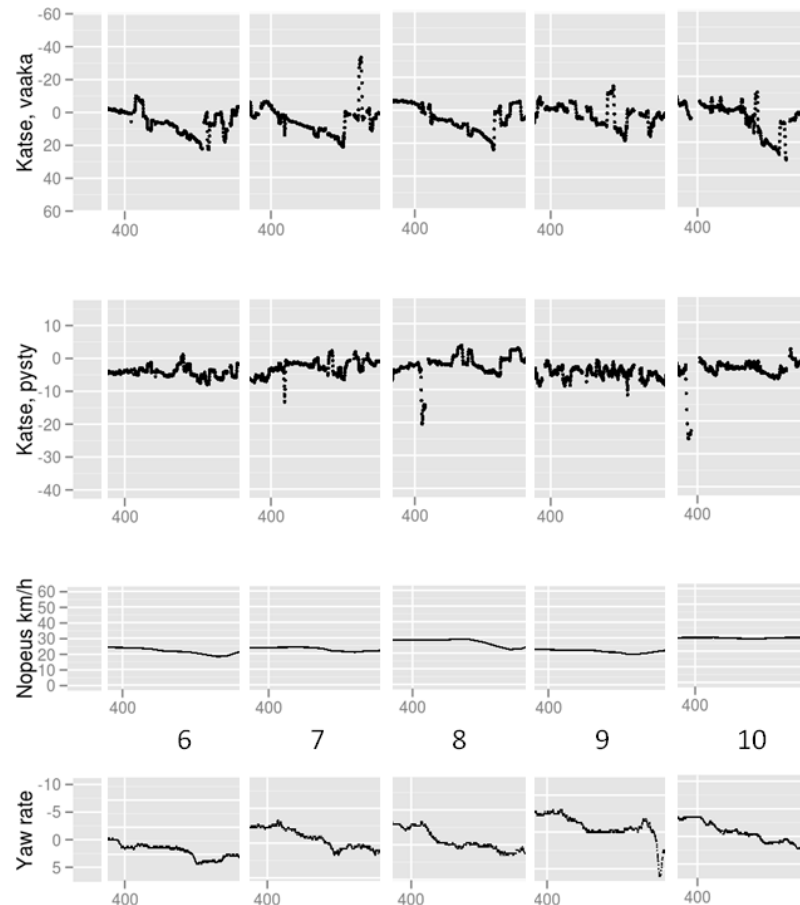
ja jatkoi juuri ennen neljättä suojatietä Kaupunginteatterin kohdalla.

"tuoss on taas kato tarkkaan, varmaan se viis metriä täyttyy nippa nappa mutta"

Kuvassa 8 on viidellä ajokerralla (ajopäivät 6-10) esitetty sama n. 50 metrin jakso ennen ja vähän jälkeen kyseisen neljännen suojatien. Siitä voidaan nähdä, että heti em. opastuksen jälkeen C vilkaisee hyvissä ajoin vasemmalle ja sen jälkeen siirtyy seuraa katseellaan oikealle pysäköityjen henkilöautojen yli ja rivin viimeisen auton kylkeen.

Seuraavalla kerralla, seitsemäntenä ajopäivänä hän muistaa opetuksen tässä paikassa (ja myös katuosuuden muilla suojateilla) hyvin, ehkä liiankin hyvin, koska katsoo tiukasti näköesteen reunaan oikealle 6,5 sekunnin ajan, niin että etäisyyden lyhentyessä katseen poikkeama ajolinjasta (katseen kulmapoikkeama suhteessa auton koor dinaatistoon) kasvaa noin 20 asteeseen. Tämä merkitsee sitä, että havaintokynnys suoraan edessä ajolinjalla tapahtuviin muutoksiin kasvaa, ja esim. edellä kauempanakin kulkevan auton jarruvalojen syttymistä ei enää havaita yhtä hyvin (Lamble ym 1999, Summala ym 1998). Vasemmalta suojatielle tulevat jalankulkijat ja pyöräilijät ovat erityisesti vaarassa.

¹ Kolmannen ajopäivän – ensimmäisen ”kaupunkiajopäivän” silmänliikemittaus on valitettavasti epäonnistunut laitteiston kalibrointiongelman takia.



Kuva 8. Oppilas I ohittaa viitenä eri ajopäivänä (6-10) saman suojatien, tien molemmiin puolin on pysäköityä autoja. Silmänliikkeet (vaaka- ja pystysuunnassa matkan funktiona), nopeus, alimaina auton pystykiertymänopeus. Kukin leike kuvaa n. 50 m:n matkaa ennen ja vähän jälkeen suojatien.

Tämä liian tiukka keskittyminen yhteen vaikkakin kriittiseen osatehtävään tehtävään toistuu kahdeksannella ajokerralla. Näkyvyyttä oikealle ennen suojatietä peittää tällä kertaa pakettiauton ja sen takana olevien kahden henkilöauton jono. Oppilas I ei tälläkään kertaa katso vasemmalle, sen sijaan vilkaisee alas mittaristoon, ja sen jälkeen katse on 5 sekunnin ajan keskittynyt oikealle, ja poikkeama ajolinjasta kasvaa jälleen jatkuvasti, kun katse on naulautunut lähestyvään näköesteen reunaan (okklusiorajaan).

Yhdeksäntenä ajopäivänä (neljäs kerta samassa paikassa) on satanut lunta, myös ajorata on lumen peitossa. Katsekäyttäytyminen poikkeaa aikaisemmista kerroista. I näkee ensin että kauempaa on lähestymässä vastaantulija, hän vilkaisee vasemmalle pysäköityjä autoja, uudelleen vasemmalle pysäköityjä autoja ja vastaantulijaa, ja vielä juuri ennen kohtaamista jyrkästi uudelleen pysäköityjä autoja ja vastaantulijaa, kuitenkin koko ajan seuraten, tuleeko oikealta pysäköityjen autojen takaa mahdollisesti se "sinisilmäinen resukka". Tässä hän siis toimii oikeaoppisesti jakamalla tarkkaavaisuuttaan kahden tehtävän välillä.²

Yhdeksäntenä ajopäivänä ajosuunnassa suojatien jälkeen oli pysäköity pakettiauto, joka kavensi tilaa entisestään. Suojatien voidaankin nähdä äkillinen suunnan korjaus

² Tilan kontrollointi kohdattaessa kapeassa paikassa pysäköityjen autojen välissä lumisella kadulla on ajokokelaalle vaativa tehtävä, ja vielä vaativammaksi tämän tilanteen on varmasti tehnyt se, että vain joitakin minuutteja aikaisemmin C oli Wal-lininkadulla lipsauttanut auton hankeen kohtaamistilanteessa.

vasemmalle (ja takaisin oikealle), ja samanaikainen katse oikealle pakettiauton kylkeen.

Viimeinen tapaus sarjassa (10. ajopäivä) osoittaa, että suojatietarkistus on tällä kertaa selvästi viivästynyt. Tie on nyt sula, mutta on alkanut sataa, tuulilasin pyyhkijöiden säätäminen verottaa tarkkaavaisuutta. Vastaan tulee kaksi autoa, joihin katse lyhyesti kohdistuu (”piikit” ylöspäin vaakakatsekuvassa) ja vasta sen jälkeen katse alkaa kääntyä oikealle. Merkilläpantavaa on pieni vilkaisu vasemmalle pysäköityjen autojen välistä, todennäköisesti riittävä sieltä tulevien jalankulkijoiden havaitsemiseen. Tässä tutussa paikassa suojatien tarkistus oikealta ei unohdu – tosin opettaja oli muutamia minuutteja aikaisemmin vahvistanut muistikuvaa eteen tulevasta lapsesta, kun Wallininkadulla oli risteyksen eteen pysäköity pakettiauto – vaikka viivästykkin. Ja myös vasemman suunnan kontrolli toimii.

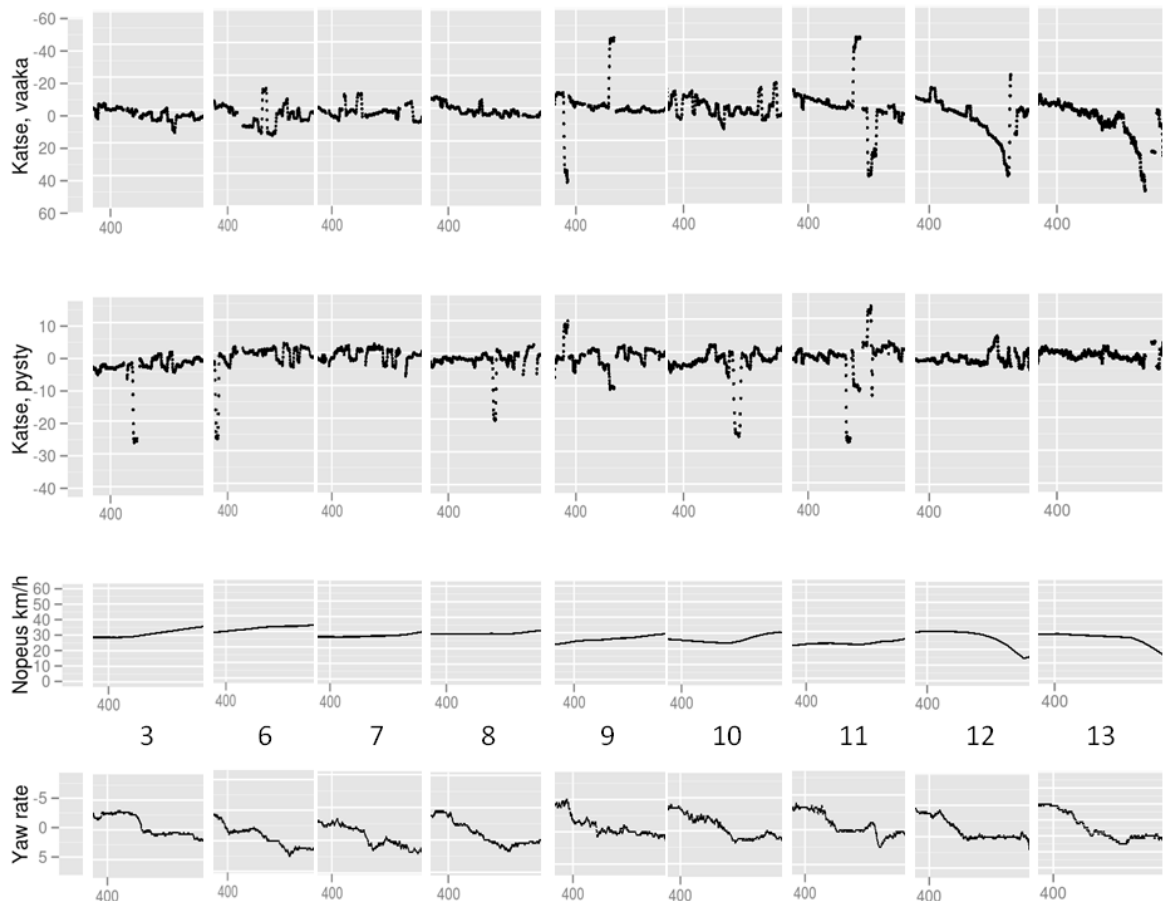
Oppilas N. Hyvin erilainen strategia voidaan nähdä oppilaalla N kuvassa 9.

Jo ensimmäisellä kerralla (3. ajopäivä) hän vilkaisee oikealle – henkilöauto on pysäköity kauas suojatiestä – toisella hän seuraa katseellaan oikealle henkilöautojen yli, mutta tarkistaa välillä vasemman suunnan. Kolmannella (7. ajopäivä) on hyvä näkyvyys harvassa henkilöautojonossa, ja vain varhainen katse oikealle. Seuraavaksi vastaan tulevat vievät huomiota, (ja mittaristo suojatien kohdalla). 11:ntenä ajopäivänä tie on märkä ja loskainen, ja edessä ajaa polkupyöräilijä. Korkea pakettiauto peittää näkyvyyden suojatielle, ja N seuraa pyöräilijää katseellaan, mutta vilkaisee juuri ennen suojatietä jyrkästi ensin vasemmalle ja sitten oikealle. Myös kahtena viimeisenä ajopäivänä sama pakettiauto peittää näkyvyyden, ja nyt N seuraa katseellaan näköesteen reunaa hyvinkin jyrkästi – aina 40 asteen kulmaan, mutta katsahtaa välillä keran suoraan eteenpäin. Kummallakin kerralla hän pudottaa nopeuden 30:sta 15:een kilometriin tunnissa.

Tulkinta erilaisille strategioille saattaisi olla seuraava. Oppilas I omaksui hyvin tiukan ja kirjaimellisen ”lapsisäännön” jonka mukaan aina seurataan tiukasti suojatien eteen pysäköidyn auton kylkeä – ns. okklusiorajaa –, oli auto ja näköeste minkä kokoinen tahansa, koska sen takaa voi juosta eteen pieni lapsi. Oppilas N:lle vain pakettiauton muodostama korkeampi näköeste oli diskriminatiivinen, oman tilan kontrollia uhkaava ärsyke, joka käynnisti visuaalisen hakureaktion, okklusiorajan seuraamisen ja hidastamisen. Pysäköidyt henkilöautot eivät muodostaneet uhkaa, koska niiden yli (ja välistä) voi havaita jo kaukaa mahdolliset täysikasvuiset jalankulkijat ja pyöräilijät. Tässä on kuitenkin huomattava, että sama pakettiauto oli kolmena ajopäivänä pysäköity tähän nimenomaiseen paikkaan, ja toisella kerralla opettaja kommentoi, että se oli rajatapaus viiden metrin säännön ja periaatteen suhteen.

Oppilas I totesi loppupalautteessa, että edellä oleva tulkinta hänen käyttäytymistään oli luultavasti oikea. Hän todella oli ajatellut mahdollisen lapsen tuloa auton takaa muissakin tällaisissa tilanteissa, ja huomautti että opettaja oli maininnut lapsen useampaan kertaan. Kysyttäessä, entä mitä jos aikuinen ihminen lähestyy suojatietä, hän spontaanisti vastasi, että sehän näkyy autojen yli.

Tämä analyysi on hyvä esimerkki tilanteesta, jossa opettaja ei ilman silmänliikietoa voi tietää, onko oppilas omaksunut toimintatavan, joka saattaakin olla turvallisuuden kannalta vahingollinen.



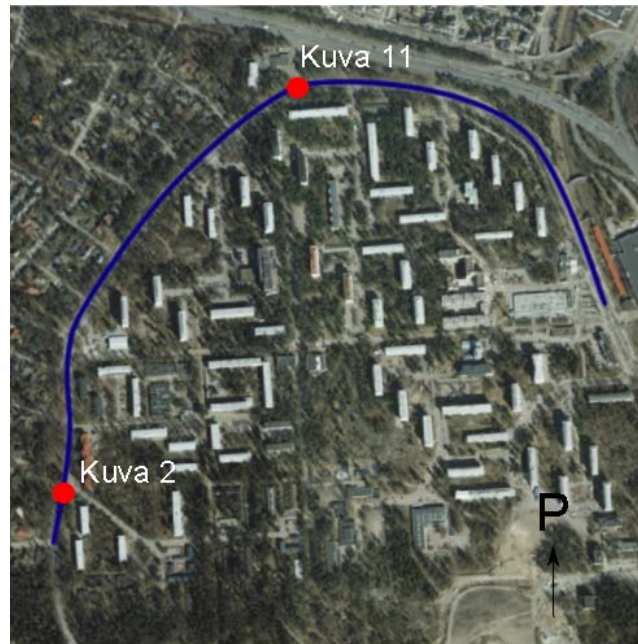
Kuva 9. Oppilas N ohittaa 9:nä eri ajopäivänä (ajotunnit 3-13) suojatien (sama kuin kuvassa 8), kun tien molemmilla puolella on pysäköityä autoja. Silmänliikkeet (vaaka- ja pystysuunnassa) matkan funktiona, nopeus, ja alimman auton pystykiertymänopeus.

3.2 Silmänliikemittoihin perustuva määrällinen analyysi: ohjaavat katseet oppilailla ja kokeneilla kuljettajilla

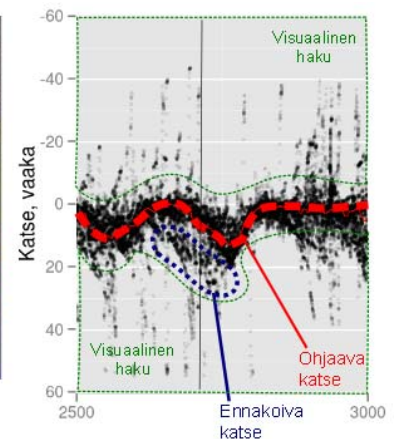
Esimerkkinä määrällisistä silmänliikkeenanalyysistä tutkittiin ohjaavien, tiehen suuntautuvien katseiden osuutta oppilailla ja kokeneilla kuljettajilla Myllypuron lenkillä (kuva 10). Se valittiin suhteellisen rauhallisen liikenteen (mahdollisimman vakioiset olosuhteet) ja toisaalta melko suuren risteysten määrän perusteella (tarvetta sivuttaissuuntaiseen skannaukseen okklusiopisteiden tarkistamiseksi).

Kuvassa 11 on selvennetty tältä reitiltä ohjaavien ja ennakoivien katseiden, ja toisaalta tilanteen hallintaan liittyvän visuaalisen haun luokittelua.

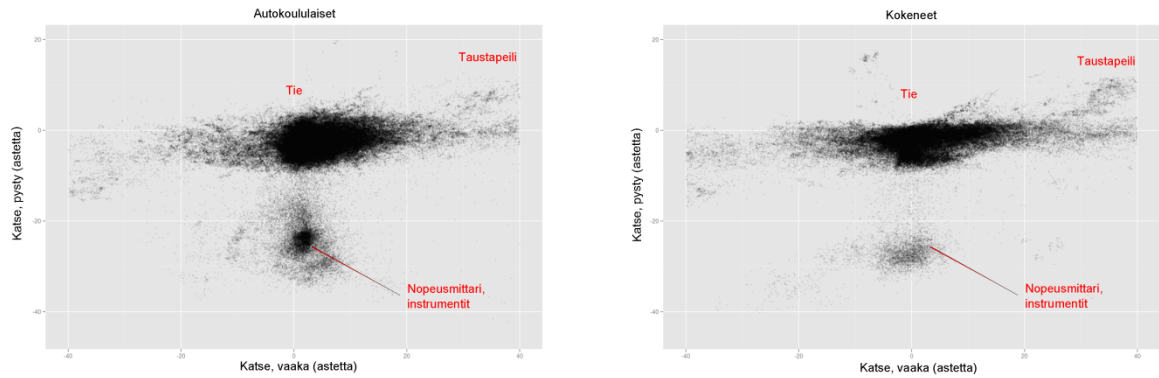
Kuva 12 antaa yleiskäsityksen katseen jakautumisesta tienäkymässä autokoululaisilla ja vastaavasti kokeneilla kuljettajilla. Tämän tyyppinen jakaumamitta antaa yleiskuvan visuaalisen haun laajuudesta. Katseen jakaumaparametreja onkin usein käytetty mittana tutkittaessa kokemuksen tai kognitiivisen kuormituksen aikaansaamia eroja katsekäyttäytymisessä.



Kuva 10. Myllypuron lenkki. P = pohjoinen, ajosuunta etelästä koilliseen, oikealle kaartaen. Kuvaan merkitty punaisin täplin risteys ja kaarre joista kuvien 2 ja 11 tilanteet on poimittu.

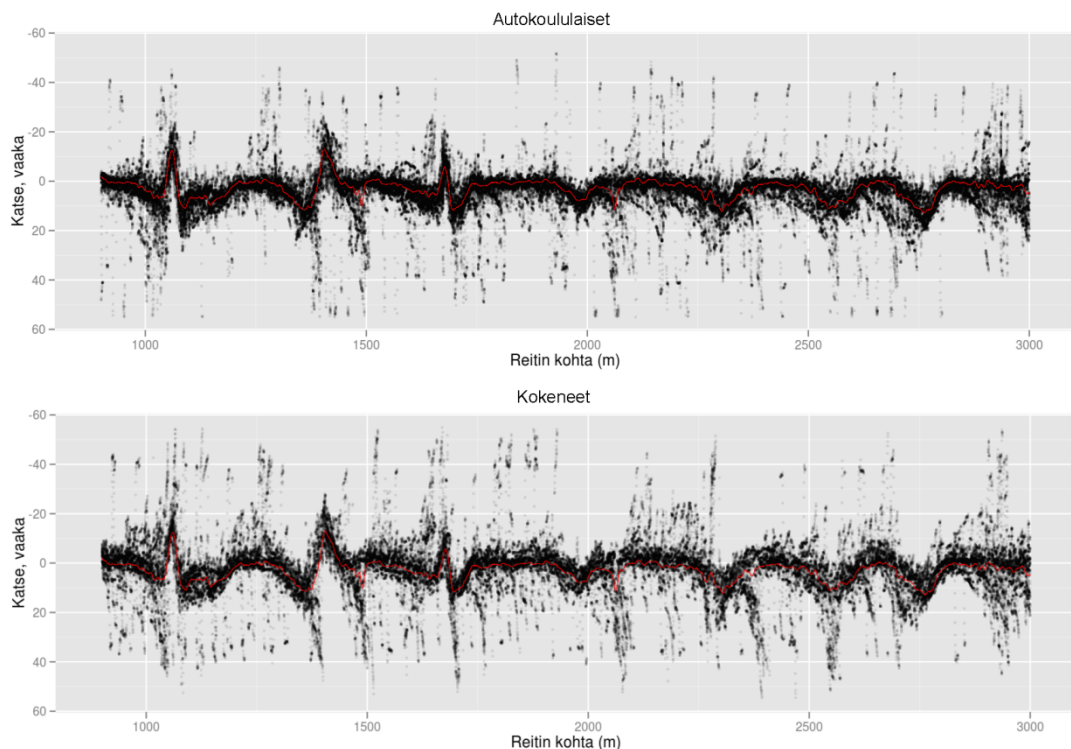


Kuva 11. Tilan hallintaan ja etenemisen säätelyyn liittyvät ohjaava ja ennakoiva katse, ja tilanteen hallintaan liittyvä visuaalinen haku kaavamaisesti esitettynä. Vas. Näkymä auton edessä yksittäisellä ajokerralla. Kuljettajan katse (vihreä risti) on ajolinjassa parikymmentä metriä auton edellä. Ohjaavan katseen, ennakoivan katseen ja visuaalisen haun sektorit on hahmoteltu kuvaan katkoviivoin. Ennakoivalla katseella tarkoitetaan mutkan ”yli” tiehen kohdistuvia vilkaisuja, visuaalisen haun puolestaan kohdistuessa ympäristöön tien molemmiin puolin. Oik. Kaikkien autokoululaisten silmänliikeaineisto samassa paikassa matkan funktiona. Musta pystyviiva osoittaa auton sijainnin vasemmassa kuvassa. Punainen katkoviiva: ohjaavan katseen vaakasuunta. (Merkityssä kohdassa n. kymmenen astetta auton keskilinjasta oikealle). Sininen alue: ennakoivan katseen sektori. Vihreä katkoviiva: sektori johon visuaalinen haku kohdistuu.



Kuva 12. Katseen kohdistumisen jakauma Myllypurontiellä hajontakuviona esitettynä. Vasemmalla autokoululaiset, oikealla kokeneet autoilijat. Kuvasta nähdään selvästi, että autokoululaiset katsovat huomattavasti enemmän mittaristoa ja/tai suuntavilkun ja pyyhkimien ohjausviiksiä ohjauspyörän takana. Tielle kohdistuvien katseiden osalta jakauma on vaikea tulkita, koska pääasiallisesti hahmo muodostuu tien suuntauksesta aiheutuvasta katseen sivuttaissijainnin vaihtelusta (ohjaava katse).

Erot jakaumissa, silloinkin kun ne ovat tilastollisesti merkitseviä, ovat yleensä hyvin pieniä. Syynä on erityisesti se, että suurin osa havainnoista muodostuu tiehen auton eteen (ajolinjalle) lankeavista ohjaavista katseista, jotka kvalitatiivisella tasolla ovat olennaisesti samankaltaiset kokeneilla ja kokemattomilla. (Ks. kuva 13.)



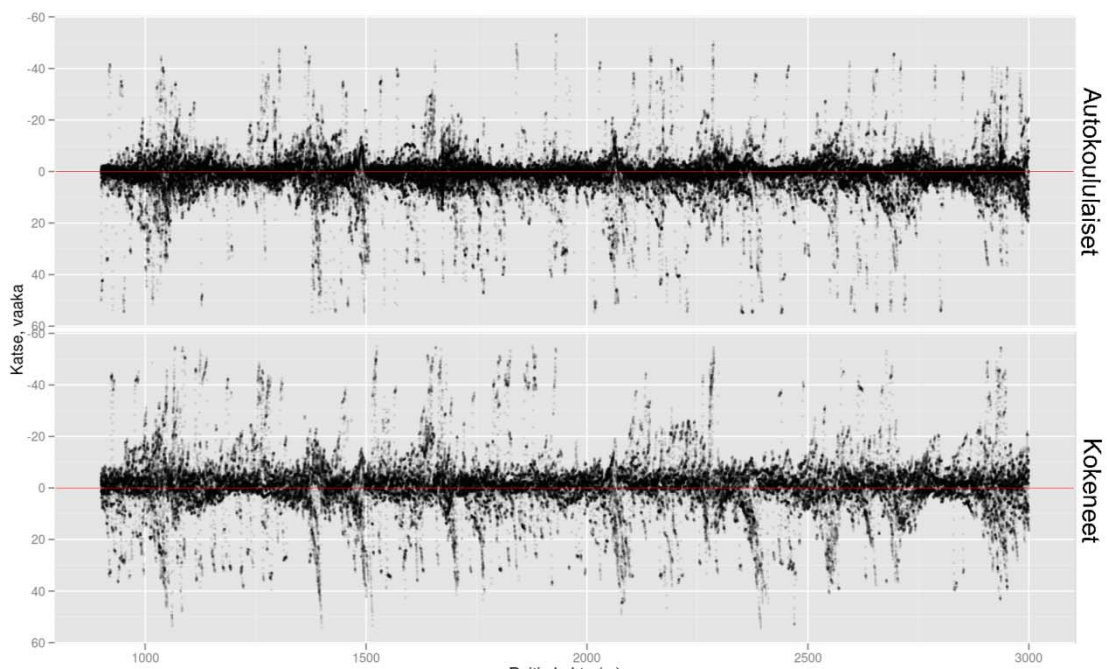
Kuva 13. Katseen sivuttaissijainti autoon nähden matkan funktiona. Autokoululaiset (ylh.), kokeneet (alh.). Punainen: koko aineistosta laskettu mediaani joka toimii ohjaavan katseen referenssisuuntana.

Kuvan perusteella nähdään selvästi myös, että pääosa katseen sivuttaisvaihtelusta suhteessa autoon syntyy niin ikään tien suuntauksen funktiona, ei ennakoivana visuaalisena hakuna "pois ajolinjalta". Mikäli ohjaavan katseen suunta kunakin ajan het-

kenä voitaisiin jollain tapaa estimoida ja siten tutkia katseita jotka poikkeavat pois tulevalta ajolinjalta, saataisiin muodostettua erottelevampi mitta, jolla autokoululaisten ja kokeneiden kuljettajien visuaalisen strategian erot saataisiin paremmin esiin. Liikennetutkimusyksikössä on kehitetty menetelmiä mm. juuri tämän ongelman ratkaisemiseen (Lehtonen ym. 2013).

Ideaalinen tilanne olisi se, että käytettävissä olisi 3D-malli ympäristöstä, johon auto, kuljettaja ja katse kunakin ajan hetkenä voitaisiin sijoittaa. Tällöin ajolinja ja vastaa- vasti poikkeamat siitä voitaisiin määritellä geometrisesti.

Koska tässä tutkimuksessa ei ollut käytettävissä tällaista mallia maailmasta, estimoi- tiin ohjaava katse suoraan katsedatasta. Tienäkymään kohdistuvat katseen erotettiin mittariston katsomisesta katseen pystysijainnin perusteella: mittaris- toon/instrumentteihin katsomiseksi tulkittiin kaikki vaakatasosta yli 15 astetta alas- päin kohdistuvat katseen, jotka poistettiin jatkoanalyysistä. Tämän jälkeen ohjaavak- si katseeksi tulkittiin kussakin matkapisteessä kyseiseen sijaintiin liitetyn katseja- kauman mediaanista korkeintaan kuusi astetta poikkeavat havainnot. Näin ollen tie- näkemän ja peilien visuaaliseksi skannaukseksi tulkittiin yli kuusi astetta ohjaavan katseen referenssisuunnasta oikealle tai vasempaan poikkeavat katsehavainnot.

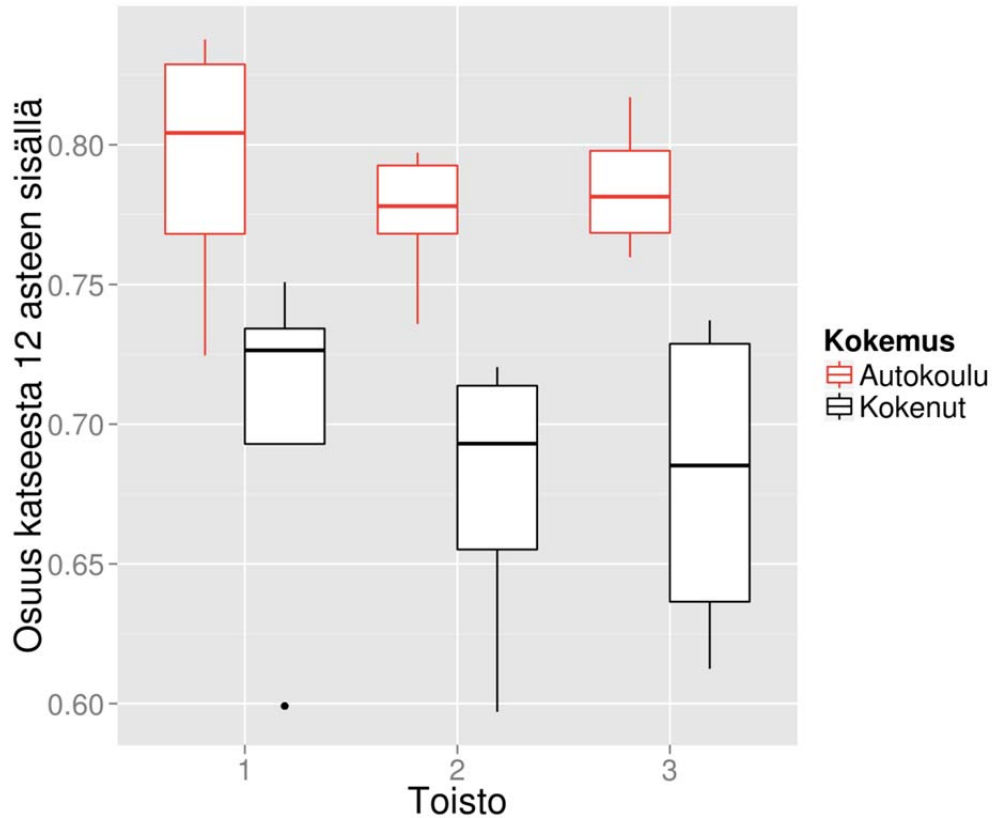


Kuva 14. Katseen sivuttaissijainti autoon nähden matkan funktion, kun tien suuntauksen aiheuttama varianssi poistettu. Autokoululaiset (ylh.), kokeneet (alh.). Punainen: koko aineis- tosta laskettu katseen referenssimediaani on tässä esitystavassa suora.

Tarkasteltaessa ohjaavan katseen suhteellista osuutta yli ajokertojen koehenkilöryh- mittäin (kuva 15) nähdään, että autokoululaiset keskittävät katseensa tiehen kokenei- ta kuljettajia enemmän. Autokoululaisten katseista kuuden asteen sisälle referenssi- suunnasta lankeaa noin 75%, kun kokeneilla kuljettajilla luku on n. 70%.³

³ Tämä vastaa aikaisempia videomateriaalilla tehtyjä laboratoriotutkimuksia

Tämä analyysi osoittaa systemaattisen eron ryhmien välillä, mutta ei oppimis- tai tottumisvaikutuksia. On kuitenkin huomattava, että ilman tarkempaa tietoa siitä *mihi* kokeneet kuljettajat katsovat silloin kun he eivät katso tietä eteenpäin, ei voida sanoa että heidän katsestrategiansa on automaattisesti paremmin tehtävään soveltuva.



Kuva 15. Suhteellinen osuus katseista 12 asteen sektorissa (jotka poikkeavat referenssisuunnasta enintään 6 astetta). Autokoululaisilla katse keskittyy enemmän ohjaamiseen.

3.3 Kommunikaatio ja vuorovaikutus

Tässä pilottitutkimuksessa kokeilimme myös alustavasti, miten pääsisimme optimaalisesti tutkimaan ja kehittämään opetusta ja oppimista ajokouluopetuksen vuorovaikutuksessa monipuolisessa ja laajassa aineistossa. Pilottianalyysiin valittiin kahden oppijan opetuskokemukset Mekaanikonkadun ja Sahaajankadun liikennevaloristeyksestä. Otokset olivat molempien oppilaiden kolmannelta, kuudennelta ja yhdeksänneltä opetuspäivältä. Toinen oppilaista, E, on mies, toinen, nimellä N on nainen. Aineistoista litteroitiin puhe, ja analyysissä hyödynnettiin myös sisäkuvakameralla tallennettua aineistoa (kuva 16)



Kuva 16. Kääntymistilanne risteyksessä. Näkymä eteen (jossa katseen suuntaa osoittava vihreä risti), ja auton sisään samalla hetkellä.

Litteroidussa aineistossa (n. 15000 lyöntiä) kohdennettiin kohta, missä opettaja ja oppilas kommunikoivat risteyksessä, sitä lähestyttäessä ja sen jälkeen. Liittymässä käännettiin liikennevaloissa vasemmalle. Heti risteyksen jälkeen on vaihdettava kaistaa vasemmalta oikealle. Käytännössä tutkittu puhe alkoi noin sata metriä ennen risteystä, ja loppui noin sata metriä sen jälkeen. Koska kyseessä on pilotti, litterointia ei tässä vaiheessa tehty keskusteluanalyttisella tarkkuudella, vaan pyrittiin tallentamaan puheen sisältöä.

Sekä N:n että E:n opetuksessa esiintyy liittymään orientoitunutta puhetta noin 1000-1500 lyöntiä/kerta. Tilanteet kestävät noin kaksi minuuttia. Puheesta yli 90 prosenttia on opettajan puhetta. Tämä osuus ei vaihdellut oleellisesti oppilaiden ja tilanteiden välillä.

Puheen rakenne ja sisältö kuitenkin kehittyivät huomattavasti ajan kuluessa. Ensimmäisissä tilanteissa molempien oppilaiden kohdalla puhe ja opetus kohdistuu auton hallintaan: kytkimen ja kaasupolkimen käyttöön, ja etäisyyteen edessä olevaan ajoneuvoon. Opettaja J ohjeistaa yksityiskohtaisesti auton sisällä tapahtuvista asioista eikä käsittele risteystä ja sen haasteita. Vuorot 1-6 alla ovat esimerkkejä ensimmäisten tuntien puheesta:

Esimerkit 1-6: Ensimmäisen risteysajon vuorovaikutusta.

1. J: nyt vasemmalle, vasen kaista, kytkin pohjaan, pysäytä auto
2. J: ykkösvaihde päälle oonks toi kolmonen, pistä ykkönen
3. J: Noin, peruskaasu, hidas kytkimen HIDAS kytkimen nosto, hidas hidas hidas hidas, vilkku vasemmalle, se unohtu
4. J: Sinne vaan, noin tonne ton auton perään
5. J: Kytkin pohjaan nyt, jarruta nyt. ja aina kun auto pysähtyy niin me teemme juuri näin me panemme ykkösvaihteen päälle
6. J: Vaihde vapaalle, auto käyntiin, kytkin pohjaan kytkin pohjaan ykkösvaihde peruskaasu hidas kytkimen nosto, paino sanalla hidas

Ensimmäisessä liittymäajossa huomio kohdistuu siis autoon eikä risteykseen. Oppilaiden virheet kaistan käytössä ei aiheuta vakavia huomautuksia, ja oppilas saa keskittyä auton hallintaan. Opettaja on aloitteellinen, ja huomauttaa virheistä (väärä vaihde), ja jopa korjaa virheet itse (N, vaihde).

Kun oppilaat saapuvat seuraavan kerran samaan Sahaajankadunkadun risteykseen, oppilailla on viisi opetuspäivää takanaan. Auton sisäisessä kommunikaatiossa on myös tapahtunut muutoksia. Erityisesti nämä muutokset koskevat puheen sisältöä. Nyt keskitytään risteysajoon ja oikean kaistan valitsemiseen. Suoraan auton hallintaan liittyvää puhetta ei esiinny enää samalla tavalla. Opettaja myös suoraan arvioi oppilaiden suorituksia, sekä myönteisesti että kriittisesti.

Esimerkit 7-12: Toisen risteysajon arviointi.

7. J: Oikee paikka mihin pysähdyit, nätti pehmeä jarrutus ja heti ykkönen silmään kun pysähdyt. monta monta tota papukaijamerkin arvoista hyvää suoritusta yksin teoin.
8. J: Noi nyt oli oikein nätti, semmonen sujuva ilman mitään tempovaa. Tää oli oikein nätti siirto.
9. J: Se oli ihan mukavan reipas liikkeellelähtö
10. J: Eli sä et tuu koskaan pystymään vaihtaa kaistaa jos sä et nyt ota sinne, äkkiä tänne nyt, tuonne vaan. Elikkä mut siis kaikista idioottimaisinta mitä voi olla, olla tehä on se et ku sä paat sen vilkun oikeelle niin sä pysähdyt, jäykistyt paikalles. Sun pitää ajaa samaa nopeutta ku se liikenne siellä toisella kaistalla jos sä haluat. Jos sä oot paikallas tai nyhräät viis kilsaa tunnissa et sä tuu koskaan pääsemään sille kaistalle.
11. J: Kun sä meet vasemmalle niin mihin kohtaan sä työnnät tän auton nokan? Vasemmalle vasemmalle vasemmalle! Vasemmast reunasta vasempaan reunaan oli ne lukemattomat animaatiot teoriatunneilla.
12. J: Nii. Mut ykkösen muistit laittaa hienosti, hyvä.

Verrattuna ensimmäiseen kertaan, opettaja vaatii enemmän. Hän arvioi myönteisesti onnistunutta auton hallintaa, mutta suhtautuu varsin kriittisesti risteysajoon, erityisesti siihen, missä kuuluu ajaa ja missä ei. Vaikka virheet ovat pienemmät kuin ensimmäisellä kerralla, palaute on jyrkempi.

Auton kommunikaatiossa on myös tapahtunut muutosta siten, että opettajalla on tässä vaiheessa mahdollisuus viitata aikaisempiin ajopäiviin ja niiden muistamiseen. Kaksi esimerkkiä tästä näkyvät alla, missä molemmissa oppilaan oletetaan osaavan päättää kaistan valinnasta (esimerkit 13 ja 14).

Esimerkki 13. Oppilaan toimijuus.

13. J: Me jatketaan vasemmalle tonne suuntaan Viikki Roihupelto. Minkä kais-
tan otat?
N: Va (.) sen
J: Kerrotko muillekin mitä aiot tehdä? Ja heti alusta sisään alkavalle kaistal-
le. Miksi?
N: No ettei joku tuu siihen...
J: Kyllä, vierelle.
N: Vierelle, niin.

Esimerkki 14. Oppilaan toimijuus.

14. J: Nyt sun pitää ottaa tuo oikeanpuoleinen kaista, miten se tapahtuu?

Kolmansina kertoina samassa risteyksessä (yhdeksäntenä ajopäivänä) sama kehitys jatkuu. Opettaja olettaa että oppilas osaa ja muistaa. Näin he myös tekevät, ja saavat tästä myönteistä palautetta. Kommunikaation fokuksessa ovat edelleen kaistat ja au-
ton sijainti, mutta suorat ohjeistukset ja korjaukset ovat muuttuneet kysymyksiksi ja
pohdintoiksi. Lumen tulo on lisännyt haasteellisuutta, mikä näkyy erityisesti E:n
ajossa. Alla löytyy yhdeksänneltä ajopäivältä tyypilliset puhevuorot.

Esimerkit 20-21. Muistaminen ja perustelu.

20. J: Ja sitten mennään muistatko kun lähetään liikennevaloista vasemmalle
meiän on tarkoitus ottaa semmonen kaista mitä varmana voidaan ajaa
suoraan eteenpäin. Jos et muista mikä kaista se on niin apu tulee ylhääl-
tä, mut et valoista vasemmalle on selkee jatketaan suoraan. Semmosta
kaistaa mitä saa mennä suoraan.
21. J: Se oli syy miks me tää kaista vaihdettiin koska tosta naapurikaistasta
joutuu kääntymään vasemmalle, minne toi menee toi toinen kouluajo-
neuvo. Niin tää oli se meidän kaistanvaihdon syy.

Verrattuna ensimmäiseen kertaan risteyksessä, vuorovaikutuksessa on tapahtunut
merkitseviä muutoksia. Ne eivät ole yllättäviä, päinvastoin jopa ennusteltavissa,
mutta ei kovin paljon ennen tutkittuja. Keskeisimmät havainnot koskevat (a) vuoro-
vaikutuksessa tapahtuvaa toimijuuden siirtoa opettajalta, (b) korkeampia odotuksia
oppilaan osaamisesta, ja (c) huomion laajentamista auton hallinnasta liikenteeseen.

Yllä olevat havainnot ovat vain havaintoja. Niistä puuttuu puheen paikantaminen
liikkuvaan ja muuttuvaan ympäristöön ja oppilaan ja opettajan toimintaan, sekä kat-
seen, eleiden ja puheäänien laadun analyysi. Otanta on hyvin pieni, ja olemme keskit-
tyneet ainoastaan yhteen kohtaan. Pilotoinnin kannalta havainnot ovat kuitenkin hy-
vinkin lupaavia. On todennäköistä että varsinainen analyysi pystyisi paikantamaan
oppilaiden oppimisen varsin tarkasti. Jo pienenkin aineiston perusteella vaikuttaa
myös olevan mahdollista tarkasti tutkia miten tieto kehittyy ja välittyy opetuksessa,
ja millä keinoin opettaja ja oppilas arvioivat ajamisen osaamista.

Pilotoinnin perusteella ei ole vielä mahdollista ehdottaa muutoksia ja parannuksia
ajo-opetukseen. Kuitenkin tehdyt havainnot ennustavat hyviä mahdollisuuksia tällai-
seen analyysin seuraavassa vaiheessa. Kuten jo pienestä otoksesta käy ilmi, opetus
muuttuu. Ensimmäisen kerran ajoneuvon hallintaa koskevat neuvot muuttuvat lo-
pussa kysymyksiin ja ennakkointiin liittymän erityispiirteistä. Syy tähän on yksinker-

tainen: ensimmäisen oppitunnin aikana oppilas keskittyy auton liikkeelle saamiseen, eikä kykene ennakoimaan liittymän mahdollisia haasteita. Taitojen kehittyessä tämä muuttuu, mikä myös näkyy opetuksessa. Kokenut opettaja osaa siis tässä tapauksessa taitavasti sopeutua oppijan tilannekohtaiseen osaamiseen. Mahdollisesti opettaja voisi vieläkin systemaattisemmin kiinnittää huomiota oppilaan osaamisen tasoon ja siihen, mihin tutkitussa tilanteessa on tietyssä vaiheessa realistista kiinnittää huomiota. Tutkimuksemme seuraavassa vaiheessa, tavoitteena on systemaattisemmin paikantaa oppilaan ajankohtainen osaaminen, ja miten sen perusteella kannattaa edetä opetuksessa, jotta oppilas kehittyisi mahdollisimman nopeasti.

4 Yhteenveto

Tässä pilottitutkimuksessa testattiin menettelytapoja ja menetelmiä, joilla voidaan tuottaa ajo-opetuksen kehittämisen pohjaksi silmänliike- ja ajokäyttäytymistietoa sekä kuvata opettajan ja oppilaan ja opettajan kommunikaatiota opetusprosessissa, joka alkaa aivan alusta ja jatkuu koko autokoulun ajan.

”Tutkimuspainotteinen autokoulu” käyttäytymistieteiden laitoksessa onnistui hyvin kumppaniautokoulun avulla. Kaikki oppilaat suorittivat vaadittavat teoria- ja ajotunnit, läpäisivät teoriakokeen ja ajokokeen. Vaativatkin mittaukset monine toistoinen pystyttiin integroimaan osaksi opetusta.

Silmänliikeaineistosta ja opettajan ja oppilaan kommunikaatiosta tuotettiin sekä laadullisia että määrällisiä analyyskejä. Vahvoja tuloksia opetuksen kestäessä tapahtuvasta kehityksestä ei kuitenkaan vielä saatu. Opetuksen ajoittaminen myöhäiseen syksyyn ja varhainen talven tulo aiheuttivat sen, että huomattava osa opetuksesta annettiin talviolosuhteissa. Vaikka tämä oli oppilaiden kannalta varmasti hyödyllistä, tarkan tutkimusseurannan kannalta se merkitsi monella tavalla muuttuneita olosuhteita, mikä aiheutti ylimääräistä vaihtelua ja vaikeutti oppimisen mittaamista jo sinänsä pienessä otoksessa, jossa myös esiintyy paljon yksilöiden välistä vaihtelua. Siksi tämän pilottitutkimuksen tulokset ovat välttämättä enemmänkin kuvailevia ja esimerkinomaisia kuin lainalaisuuksia osoittavia.

Sen sijaan voidaan todeta, että infrastruktuuri, työkalut ja menetelmät hankkeen eteenpäin viemiseksi ovat olemassa ja toimivat. Tämän pilottitutkimuksen kuluessa kehitettiin myös uuden sukupolven mittaus-, visualisointi- ja palautejärjestelmä, joka sai nimen TRUas. Ajatuksena oli, että sen tulisi olla kevyt, mihin tahansa autoon helposti asennettava, kustannuksiltaan erittäin kohtuullinen järjestelmä joka kerää ajotietoa ja mahdollistaa sen esittämisen palautteena eri tavoin, myös esim. verkon yli oppilaiden omaehtoisessa opiskelussa. Järjestelmä on rakennettu kannettavan tietokoneen ja älypuhelimien perustalle, ja siihen voidaan liittää lisäkameroita, fysiologisia mittareita, silmänliikelaitteistoja yms. Laitteisto on jo testattu kokeellisessa tutkimuksessa radalla. Laitteistossa on käytössä Maanmittauslaitoksen paikkatieto-ohjelma. Laitoksen avoin laserkeilattu 3D-aineisto on kuitenkin vain pistepilvenä, eikä se tarkkuudeltaan riitä kuljettajamallin pohjaksi, vaan siihen tarvitaan tiekohtaisia laserkeilaukseen ja videokuvaukseen perustuvia malleja.

Kiitokset. Kiitämme Riihimäen Liikenneopistoa ja johtaja Toivo Ikosta hyvästä yhteistyöstä, autokoululaisia Erikiä, Hetaa, Iidaa, Kristiinaa ja Nooraa osallistumisesta tavallista perusteellisempaan työskentelyyn, ja Aureaa avusta aineiston analyysissä.

5 Lähdeluettelo

- Arthur, C. (2013) New self-driving car system tested on UK roads.
<http://www.guardian.co.uk/technology/2013/feb/14/self-driving-car-system-uk>
- Bertozzi, M., Broggi, A., & Fascioli, A. (2000). Vision-based intelligent vehicles: State of the art and perspectives. *Robotics and Autonomous Systems*, 32, 1-16.
- Caird, J. K. & Horrey, W. J. (2011) Twelve practical and useful questions about driving simulation. In D. L. Fisher, M. Rizzo, J. K. Caird, J. D. Lee (Eds.) *Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology*. CRC Press, 2011.
- Chan E., Pradhan A. K., Pollatsek A., Knodler, M.A., Fisher, D.L. (2010) Are driving simulators effective tools for evaluating novice drivers' hazard anticipation, speed management, and attention maintenance skills? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 13, 343-353.
- Chapman, P., Underwood, G. & Roberts, K. (2002) Visual search patterns in trained and untrained novices. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5, 157-167.
- Cohen, A.S. (1981). Car drivers' pattern of eye fixations on the road and in the laboratory. *Perceptual and Motor Skills*, 52, 515-522.
- Cohen, A.S. (1987). Blickverhalten und Informationsaufnahme von Kraftfahrern. Bundesanstalt für Strassenwesen Bereich Unfallforschung.
- Cromdal, J. (2012) Förarutbildning i praktiken En studie av lärande i trafikförankrad interaktion. Vetenskapsrådets projektdatabas.
<http://vr.se/forskningvistodjer/projektdatabasen.4.14f1901d125640ed5ab80003173.html>
- Duncan, J., Williams, P., & Brown, I. (1991). Components of driving skill: experience does not mean expertise. *Ergonomics*, 34, 919-937.
- Fisher, D. L., Pollatsek, A. P. & Pradhan, A. (2006) Can novice drivers be trained to scan for information that will reduce their likelihood of a crash? *Injury Prevention*, 12, S1, 25-29.
- Haddington, P. 2010. Turn-taking for turntaking: mobility, time, and action in the sequential organization of junction negotiations in cars. *Research on Language and Social Interaction* 43 (4), 372-400.
- Haddington, P. & Rauniomaa, M. (2011) Technologies, multitasking, and driving: Attending to and preparing for a mobile phone conversation in a car. *Human Communication Research*, 37(2), 223-+ DOI: 10.1111/j.1468-2958.2010.01400.x
- Hayhoe, M. M., Shrivastava, A., Mruczek, R., & Pelz, J. B. (2003). Visual memory and motor planning in a natural task. *Journal of Vision*, 3(1), 49-63. doi: 10.1167/3.1.6
- Isler, R. B., Starkey, N. J. & Williamson, A. R. (2009) Video-based road commentary training improves hazard perception of young drivers in a dual task. *Accident Analysis & Prevention*, 2009, 41, 445-452.

- Kuikka, P., Lappi, O., Sallinen, M., Summala, H. (2012) Kuljettajakäyttämisen tutkimus-tarpeet: katsaus alan toimijoihin ja tulevaisuuteen LINTU-ohjelman päättyessä. LINTU-muistio 16.5.2012. http://www.lintu.info/LINTU_muistio_KULKAYT.pdf
- Lamble, D., Laakso, M. & Summala, H. (1999) Detection thresholds in car following situa-tions and peripheral vision: Implications for positioning of visually demanding in-car dis-plays. *Ergonomics*, 42, 807-815.
- Laurier, E. (2004) Doing office work on the motorway. *Theory, Culture & Society* 21(4/5), 261-277.
- Lehtonen, E., Lappi, O. & Summala, H. (2012) Anticipatory eye movements when ap-proaching a curve on a rural road depend on working memory load. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 15(3), 369-377, DOI: 10.1016/j.trf.2011.08.007
- Lehtonen, E., Lappi, O., Kotkanen, H. & Summala, H. (2013). Look-ahead fixations in curve driving. *Ergonomics*, 56, 34-44. DOI:10.1080/00140139.2012.739205
- Luoma, J. (1984). Autonkuljettajan visuaalisen informaation hankinta: merkityksellisen ja merkityksettömän informaation vuorovaikutus. Liikenneturvan julkaisuja 64/84..
- Markelic, I., Kjaer-Nielsen, A., Pauwels, K. ym. (2011) The driving school system: learning basic driving skills from a teacher in a real car. *IEEE Transactions on Intelligent Transpor-tation Systems*, 12, 1135-1146.
- Martin, C. & Sahlström, F. (2010). Learning as Longitudinal Interactional Change: From *Other*-repair to *Self*-repair in Physiotherapy Treatment. *Discourse Processes*, 47, 1–30.
- Melander, H. & Sahlström, F. (2009) Learning to fly: The progressive development of situa-tion awareness. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 53(2), 151-166. DOI: 10.1080/00313830902757576
- Mourant, R.R., & Rockwell, T.H. (1972). Strategies of visual search by novice and experi-enced drivers. *Human Factors*, 14, 325-335.
- Mourant, R.R., & Rockwell, T.H. (1970). Mapping eye-movement patterns to the visual sce-ne in driving: An exploratory study. *Human Factors*, 12, 81-87.
- Nevile, M. & Haddington, P. (2010) In-car distractions and their impact on driving activities. Report RSGR 2010-001, Department of Infrastructure and Transport, Canberra.
- Peltola, H., Tarkiainen, T., Koskinen, S., Salenius, S. & Wuolijoki, A., (2011). Ajotapa-palaute turvallisuuden parantamiseksi. Testit ja kehitystyö vuosina 2010—2011. *LINTU-julkaisuja* 6/2012.
- Pradhan, A.K., Pollatsek, A., Knodler, M., Fisher, D.L. (2009) Can younger drivers be trained to scan for information that will reduce their risk in roadway traffic scenarios that are hard to identify as hazardous? *Ergonomics*, 52, 657-
- Summala, H., Nieminen, T., & Punto, M. (1996). Maintaining lane position with peripheral vision during in-vehicle tasks. *Human Factors*, 38, 442-451.

Summala, H., Lamble, D. & Laakso, M. (1998) Driving experience and perception of the lead car's braking when looking at in-car targets. *Accident Analysis & Prevention*, 30, 401-407.

Thomson, I. (2012) Google promises autonomous cars for all within five years. http://www.theregister.co.uk/2012/09/25/google_automatic_cars_legal/

Underwood, G., Chapman, P., Bowden, K. & Crundall, D. (2002). Visual search while driving: skill and awareness during inspection of the scene. *Transportation Research Part F-Traffic Psychology and Behaviour*, 5, 87-97.

Victor, T.W., Harbluk, J.L., & Engström, J.A. (2005). Sensitivity of eye-movement measures to in-vehicle task difficulty. *Transportation Research Part F-Traffic Psychology and Behaviour*, 8, 167-190.

Volvo Cars (2009) A Revolution in Pedestrian Safety - Volvo's automatic braking system now reacts to people as well as vehicles. <http://www.volvocars.com/za/top/about/news-events/pages/default.aspx?itemid=24>

Whalen, J.T., Rockwell, T.H., & Mourant, R.R. (1968). A pilot study of drivers' eye movements. Systems Research Group Department of Industrial Engineering, The Ohio University, Columbus.

Wikman, A.S., Nieminen, T., & Summala, H. (1998). Driving experience and time-sharing during in-car tasks on roads of different width. *Ergonomics*, 41, 358-372.