



# Ajotavan analyysi CAP-jatkokoulutuksessa

Kirjoittajat:

Juha Kortelainen, Niina Sihvola, Pirkko Rämä, Jukka Laitinen

Raportin nimi Aiotavan analyysi CAP-jatkokoulutuksessa – projektin loppuraportti	
Projektin nimi Laitteisto tieliikennekuljettajien ammattipätevyyskoulutukseen	Projektin numero/lyhytnimi CAP
Raportin laatija(t) Juha Kortelainen, Niina Sihvola, Pirkko Rämä, Jukka Laitinen	Sivujen/liitesivujen 38/17
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työssä kehitettiin raskaan liikenteen ammattipätevyyskoulutuksen (CAP) paketti, joka perustuu kuljettajan ajokäyttäytymisen monitorointiin ja palautteeseen. Koulutuspakettia kehitettiin yhteistyössä Työtehoseuran kanssa, ja testiaineisto kerättiin heidän koulutusbussillaan projektissa tehdyillä tiedonkeruu- ja analyysimenetelmillä.</p> <p>Aineistoa kerättiin koulutusajon aikana sekä turvallisen että taloudellisen ajotavan arvioimiseksi. Laitteisto perustui ACEV Oy:n ajoneuvotietokoneeseen ja web-sovellukseen, jota käytetään kuljetusyrityksissä mm. taloudellisen ajotavan arviointiin. Uusina mittauksina tuotiin kamerapohjainen järjestelmä, joka mittaa etäisyyden edellä ajavaan ja kaistaviivojen paikat. Toinen uusi ominaisuus oli ylinopeuksien mittaaminen, jossa käytössä oleva nopeusrajoitus luettiin Tiehallinnon tierekisteritietokannasta GPS-paikannuksen perusteella.</p> <p>Työn tuloksena oli koulutussuunnitelma, joka sisälsi ehdotuksen koulutuksen rakenteesta ja sisällöstä sekä kuljettajille ja kouluttajalle annettavasta palautteesta. Tuloksiin kuului myös kuvaus kuljettajan ajokäyttäytymisen monitoroinnissa käytettävästä laitteistosta ja mittaustietojen käsittelystä.</p>	
Julkinen	
Tampereella 11.2.2009	
Jakelu Transpoint, Tapiola, Neste Oil, SKAL, Logistiikkayritysten keskusliitto, AC-Sähköautot, AKE, TTS Koulutus, VTT, Tekes	

## Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	3
1.1	Ammattipätevyysdirektiivi.....	3
1.2	Kuljettajan turvallinen ja taloudellinen toiminta sekä henkilökohtainen palaute ajosuorituksesta .....	4
1.3	Tavoite .....	5
2	Mitattavat asiat .....	5
2.1	Turvallinen ajo.....	6
2.1.1	Ajonopeus .....	6
2.1.2	Ajoetäisyys.....	6
2.1.3	Ajoneuvon kiihtyvyys.....	7
2.1.4	Kaistaviivan päällä käymiset ja kaistanvaihdot.....	7
2.2	Taloudellinen ajo.....	7
2.2.1	Moottorin kierrosluvut.....	7
2.2.2	Tyhjäkäynti.....	7
2.2.3	Jarrujen käyttökertojen lukumäärä .....	7
2.2.4	Polttoaineen kulutus.....	8
2.2.5	Nopeuden muutosten itseisarvojen summa .....	8
3	Laitteiston kehitys ja testaus.....	8
3.1	Panther-PC ja ajoneuvoliitännät.....	8
3.2	Tiehallinnon tierekisterin nopeusrajoitustiedot .....	9
3.2.1	Muuttuvien nopeusrajoitusten tunnistaminen .....	10
3.3	Kamerajärjestelmä .....	10
3.3.1	Ajoetäisyyden mittaus .....	11
3.3.2	Kaistaviivojen mittaus .....	14
3.4	Laitteiston testaus .....	16
4	Koulutuspaketti .....	17
4.1	Koulutuksen rakenne .....	17
4.1.1	Yksi koulutuspäivä vuodessa .....	17
4.1.2	Kolme koulutuspäivää vuodessa.....	17
4.2	Koulutuspaketin ulkoasu ja sisältö .....	19
5	Tulosten tarkastelu .....	33
6	Johtopäätökset .....	34
	Liitteet.....	35
	Lähdeviitteet .....	36

### CAP-projektin johtoryhmä

Pasi Muhonen (Transpoint), puheenjohtaja  
Kyösti Orre (Logistiikkayritysten Liitto)  
Markus Nieminen (Tapiola)  
Sakari Kaikkonen (AKE)  
Tuomo Heinonen (SKAL)  
Jukka Kataja (Neste Oil)  
Risto Veijola (TEKES)  
Tuomas Koskinen (AC-Sähköautot)  
Esa Ikäheimo (TTS koulutus)  
Pirkko Rämä (VTT)  
Jukka Laitinen, Projektin vastuullinen johtaja (VTT)

### Kiitokset:

Arto Arvola (TTS koulutus)  
Hannele Pulkkinen (TTS koulutus)  
Mikko Rautio (TTS koulutus)

### Työntekijät:

VTT  
Juha Kortelainen  
Niina Sihvola  
Mikko Kallio  
Katri Koskinen (maaliskuuhun 2007)

## 1 Johdanto

Tässä raportissa esitellään VTT:n CAP-projektin tulokset. Projekti tehtiin vuosina 2007–2008 Tekesin sekä yrityskumppanien rahoituksella. Projektin tavoitteena oli rakentaa raskaan liikenteen CAP-ammattikoulutusta varten kuljettajan ajotapaa seuraava tiedonkeruu, sekä tietojen tilastolliseen analyysiin perustuva koulutuspaketti. Tiedonkeruu tehtiin yhteistyössä ACEV Oy:n kanssa ja se perustui heidän ajoneuvotietokoneellensa. Keruu sisälsi sekä taloudellisen että turvallisen ajon mittareita. Tärkeimmät uudet mittaukset olivat kamerapohjainen ajoetäisyyden ja kaistaviivojen tunnistus, sekä tietokantaan perustuva nopeusrajoitusten käyttö. Testiaineisto kerättiin Työtehoseuran (TTS) koulutusbussilla ja koulutuspaketti suunniteltiin yhteistyössä TTS:n kouluttajien kanssa.

Tässä kappaleessa esitellään CAP-koulutuksen tausta ja tavoitteet. Seuraavissa kappaleissa esitellään mitattavat asiat, tiedonkeruun toteutus, ehdotettu koulutuspaketti sekä tulosten analyysi.

### 1.1 Ammattipätevyysdirektiivi

Ammattipätevyyskoulutus liittyy EU:n direktiiviin **2003/59/EY, maanteiden tavana- ja henkilöliikenteeseen tarkoitettujen tiettyjen ajoneuvojen kuljettajien perustason ammattipätevyydestä ja jatkokoulutuksesta** (jatkossa ammattipätevyysdirektiivi). Maantieliikenteen kuljettajien ammattipätevyysdirektiivin myötä perustason ammattipätevyys on ammatin harjoittamisen edellytys ja sitä tulee jatkokoulutuksen avulla pitää ajan tasalla. Direktiivin vaatimukset kohdistuvat pelkästään kuljettajan ammattipätevyyskoulutukseen ja osaamiseen, ei ajokorttikoulutukseen.

Suomessa laki kuorma- ja linja-auton kuljettajien ammattipätevyydestä (273/2007) astui voimaan 1.8.2007. Vaatimus ammattipätevyydestä koskee 10.9.2008 lukien linja-auton ajokortin ja 10.9.2009 lukien kuorma-auton ajokortin suorittavia ja alalle ryhtyviä kuljettajia. Tätä ennen ajokorttinsa saaneilta ei vaadita perustason ammattipätevyyskoulutusta. Pakollisesta perustason ammattipätevyyden hankkimisesta vapautetut kuljettajat osallistuvat ensimmäiseen jatkokoulutukseen viiden vuoden kuluessa säädösten soveltamispäivästä (Suomessa henkilöliikenteessä viimeistään 10.9.2013 mennessä ja tavaraliikenteessä 10.9.2014 mennessä).

Uusien sääntöjen tarkoituksena on koulutuksen avulla varmistaa kuljettajan ammattitaito sekä ammattiin pääsemisen että sen jatkuvan harjoittamisen osalta. Säännöt koskevat kaikkia kuljettajia riippumatta siitä, harjoittavatko he ammattiaan omaan tai toisen lukuun itsenäisinä ammatinharjoittajina tai työntekijöinä. Suomessa direktiivin velvoitteet koskevat noin 80 000–90 000 ammatikseen raskaan kaluston kuljettajina toimivaa henkilöä.

Valtaenemmistö ammattikuljettajista harjoittaa Suomessa ammattiaan pelkän ajokortin turvin. Direktiivin valmistelussa katsottiin, että kuljettajan ammatin nykyisin asettamat vaatimukset edellyttävät vankkaa ammatillista perus- ja jatkokoulutusta. Tällainen koulutus parantaa osaltaan turvallisuutta liikenteessä ja sen ulkopuolella sekä palvelun laatua.

Direktiivin mukaisesti jatkokoulutus muodostuu koulutuksesta, jossa kuljettajat voivat täydentää ammattinsa keskeistä osaamista ja jossa kiinnitetään erityistä huomiota tieturvallisuuteen ja polttoainekulutuksen vähentämiseen. Ammattipätevyysdirektiivi ei erottele jatkokoulutuksen sisältöjä henkilöliikenteeseen tai tavaraliikenteeseen. Koulutuksen järjestää hyväksytty koulutuskeskus. Jatkokoulutuksen keston on oltava 35 tuntia joka viides vuosi, ja se järjestetään jaksoissa, joiden kunkin kesto on vähintään 7 tuntia. Osa jatkokoulutuksesta voidaan toteuttaa korkeatasoisissa simulaattoreissa. Jatkokoulutuksen sisällöt on määritelty direktiivissä suhteellisen väljästi. Tämä antaa mahdollisuuden räätälöidä koulutussisältöjä kuljettajien ja kuljetusyritysten tarpeiden mukaan.

## 1.2 Kuljettajan turvallinen ja taloudellinen toiminta sekä henkilökohtainen palaute ajosuorituksesta

EU-direktiivin mukaisen jatkokoulutuksen tavoitteena on parantaa tieliikenteen turvallisuutta ja edistää taloudellista ajotapaa. Nämä kaksi tavoitetta olivat myös tässä esiteltävän hankkeen päätavoitteita. Yleensä näiden kahden tavoitteen saavuttaminen toteutuu yhtä aikaa. Mikäli tavoitteet olivat ristiriidassa, priorisoitiin liikenteen turvallisuutta edistävää käyttäytymistä.

Koulutuksen tavoitteet ilmaistaan usein kolmeen alueeseen kohdistuneina: tiedot, taidot ja asenteet. Oppimisprosessin etenemiselle on olennaista käyttäytymisestä saatu palaute, sekä myönteisen että kielteisen palautteen on todettu edistävän oppimista.

Kuljettajan toimintaa ja päätöksentekoa voidaan tarkastella viidellä tasolla, jotka ovat (mm. Michon 1985, Molen ja Botticher 1987, Ranney 1994, Keskinen 1996, Anund 2006):

- Säädökset ja organisaatio (1)
- Ammatin ja elämäntaitojen hallinta (2)
  - terveydestä, tasapainosta, ajokunnosta huolehtiminen
- Strateginen taso (3)
  - matkan suunnittelu, matka-ajan minimointi, reitin valinta
- Taktinen taso (4)
  - vuorovaikutus, nopeuden valinta, etäisyys
- Operationaalinen taso (5)
  - ajoneuvon käsittely, ohjaus, jarruttaminen

Ylimmät päätöksentekotasot liittyvät kuljettajan kykyyn hallita elämäntilannettaan yleensä, esimerkiksi huolehtia riittävästä levosta ja henkilökohtaisesta hyvinvoinnistaan sekä kuljetusammattissa tarvittavista tiedoista ja taidoista. Esimerkkejä strategisen tason päätöksen teosta ovat matkan suunnittelu, kulkumuodon valinta, reitin valinta, matkan ajankohdan valinta, matka-ajan ja suorituksen minimointi. Taktisen tason päätöksenteko liittyy erityisesti vuorovaikutukseen toisten tienkäyttäjien ja ympäristön kanssa. Päätöksenteko perustuu toisten tienkäyttäjien ja ajoneuvojen havainnointiin, eri osapuolten toiminnan arviointiin sekä liikennetilanteiden ennakkointiin. Näitä päätöksiä ovat nopeuden valinta, ajojärjestyksen valinta risteyksissä, ohitukset, etäisyys toisiin tienkäyttäjiin, hyväksytyt aikavälit jne. Operationaalisen tason toimintoja ovat mm. ajoneuvon pitäminen ajoradalla tai kaistalla, ohjauspyörän ja jarrujen käsittely.

Tässä työssä keskeinen opetusmenetelmällinen ajatus oli tarjota koulutettaville palautetta heidän omasta ajosuorituksestaan koulutuksessa käsiteltävien asiasisältöjen tueksi. Palautetietoa voidaan käytännössä helpoimmin kerätä opetukseen kuuluvien koulutusajojen aikana oppilaitoksen ajoneuvoihin asennetuilla laitteilla. Arvokasta olisi järjestää palautetiedon keruu myös koulutuspäivien välisille normaaleille työvuoroille ja antaa näiltä jaksoilta henkilökohtaista palautetta sekä suunnitella kuljettaja- tai kuljettajaryhmäkohtaisesti räätälöityä koulutusta. Lähestymistavan arvioitiin olevan erityisen sovelias ja motivoiva ammattiautoilijoille, joiden tietotaso yleisistä liikenneasioista voi olla hyvä

Koska kyseessä oli kuljettajan monitorointiin perustuva hanke, opetus painottuu kuljettajan nk. taktisen ja operationaalisen tason toimintaan. Koulutuksessa ylemmän tason päätöksentekoon liittyviä asioita ei kuitenkaan ole tarkoitus jättää opetuksen ulkopuolelle. Koulutuksellisia tavoitteita voidaan asettaa kaikille kuljettajan päätöksentekotasolle. Monitoroinnin ulkopuolelle jääviä asioita voidaan käsitellä opetuksessa keskustelun, kyselylomakkeiden ja muiden aineistojen pohjalta.

### 1.3 Tavoite

Työn tavoitteena oli tuottaa kuljettajan ajokäyttäytymisen monitorointiin ja palautteeseen perustuva koulutuspaketti ammattipätevyyskoulutukseen. Palaute keskeisistä turvallisen ja taloudellisen ajon indikaattoreista annetaan ajon jälkeen järjestettävässä koulutustilaisuudessa, ei ajon aikana. Henkilökohtaisen palautteen avulla on tavoitteena parantaa koulutuksen vaikuttavuutta ja sitä, että koulutukseen käytetty aika hyödynnetään mahdollisimman tehokkaasti.

Kuljettajakäyttäytymisen monitorointia varten hankkeen tavoitteena oli kehittää tiedonkeruulaitteistoa ja analyysimenetelmiä raskaan liikenteen kuljettajien ajokäyttäytymisen kuvaamiseen. Mittauslaitteistoa testattiin ja testiaineisto kerättiin Työtehoseuran koulutusbussilla.

Työn tuloksena esitettiin koulutussuunnitelma, joka sisälsi ehdotuksen koulutuksen rakenteesta, sisällöstä sekä kuljettajille ja kouluttajalle annettavasta palautteesta. Tuloksiin kuului myös kuvaus kuljettajan ajokäyttäytymisen monitoroinnissa käytettävästä laitteistosta ja mittautustietojen käsittelystä.

Tämän koulutushankkeen tarkoituksena on toteuttaa ainakin osin direktiivin edellyttämä viiden vuoden välein toistuva 35 tunnin koulutus turvallisen että taloudellisen ajotavan edistämiseksi.

## 2 Mitattavat asiat

Seuraavissa kappaleissa luetellaan ajon aikana mitattavat asiat. Mittaukset on jaettu kahteen koulutustavoitteeseen; turvallinen ajo (luku 2.1) ja taloudellinen ajo (luku 2.2). Mitattavat asiat sekä turvallisuuden ja taloudellisuuden kannalta kriittiset arvot määriteltiin ja perusteltiin aikaisempien tutkimusten, kirjallisuuden sekä asiantuntija-arvion perusteella. Osa mitattavista asioista voi olla kiinnostavia sellaisenaan, mutta suuri osa vasta jossain tietyssä kontekstissa, esimerkiksi ajonopeuden valintaa tarkastellaan suhteessa vallitsevaan nopeusrajoitukseen.

Joissain tapauksissa yksittäisistä muuttujista tuotetaan myös yhdistettyjä muuttujia (esim. nopeus + etäisyys).

Työn alussa laadittiin pitkä lista kiinnostavista muuttujista ja priorisoitiin mittaustarve. Tässä luvussa kuvataan miten lopulliseen sovellukseen valittuja asioita mitattiin. Valintaperusteena olivat paitsi asian tärkeys turvallisuuden ja taloudellisuuden näkökulmasta myös mahdollisuudet teknisesti toteuttaa monitorointi. Liitteessä 1 on listattu asioita, joita tämän projektin mittausmahdollisuuksien puitteissa ei pystytty monitoroimaan.

Koska palautetta ei anneta ajon aikana vaan palaute perustuu monitorointiajon jälkeen näytettävään yhteenvetoon, kaikkia tilanteita ei tarvitse saada tallennettua ja tunnistettua. Näytteen pitää kuitenkin olla riittävän edustava ja tavoitteena on, että epäselvät tilanteet puhdistetaan aineistosta automaattisesti.

## 2.1 Turvallinen ajo

### 2.1.1 Ajonopeus

Ajonopeudesta tallennetaan ja tulostetaan seuraavat asiat:

Ylinopeuden yleisyys, joka kertoo suhteellisena osuutena (% kokonaissuoritteesta) ylinopeudella ajatun ajomäärän.

Keskimääräinen ylinopeus, joka lasketaan todettujen ylinopeushavaintojen keskiarvona.

Ajonopeus mitattiin ajoneuvoväylästä ja sitä verrattiin paikannus- ja digikarttatiedon (Tiehallinnon tierekisteri) avulla kussakin paikassa vallinneeseen nopeusrajoitukseen. Tierekisteri kattaa Tiehallinnon alaisen tieverkon, mutta sen heikkoutena on päivityksen viive sekä puuttuvat nopeustiedot osasta teitä. Aineisto ei myöskään kata vaihtuvia nopeusrajoituksia tai tietyön takia alennettuja nopeusrajoituksia. Nopeusrajoituksia voidaan tunnistaa myös konenäön avulla esimerkiksi muuttuvien rajoituskilpien osalta. Nopeusrajoitusten tunnistamista kameralla testattiin CAP-projektissa, ja tuloksia esitetään liitteessä 2, mutta tätä sovellusta ei saatu vielä käyttöön loppusovelluksessa.

Tiehallinnon tierekisteriä laajempi aineisto olisi olemassa Digiroad-tietokannassa. Koska Digiroadin nopeusrajoitustiedoissa havaittiin projektin aikana kuitenkin paljon virheitä, tierekisteri todettiin soveltuvan Digiroadia paremmin koulutustietojen keruuseen, jossa kattavuuden ei tarvitse olla täydellinen, mutta aineiston pitää olla luotettavaa.

### 2.1.2 Ajoetäisyys

Monitoroinnissa tallennettiin ja tulostetaan kuljettajan ajoetäisyys ja aikaväli edellä ajavaan eri ajonopeuksilla. Tulosten tulkinnassa otettiin huomioon ajonopeus.

Etäisyys edellä ajavaan mitattiin kaupallisella kameraan perustuvalla konenäköjärjestelmällä. Ajoneuvojen välisen etäisyyden (metrejä) lisäksi saatiin tieto aikavälistä (sekunteja). Ajoneuvovalmistajat käyttävät yleensä etäisyyden mittaamiseen mikroaalto- tai lasertutkaa (radar/lidar), ja kappaleessa 3.3.1 (sivu 11) esitellään vertailu kamera- ja tutkamenetelmien välillä.



### 2.1.3 Ajoneuvon kiihtyvyys

Kiihtyvyys kuvaa kappaleen nopeuden muutosta tietyssä ajassa (yksikkö  $\text{m/s}^2$ ). Nopeuden muutos voi olla joko vauhdin kasvamista tai vähenemistä tai kappaleen suunnan muutosta. Fysiikassa nopeuden toinen derivaatta kuvaa kiihtyvyyden tai hidastuvuuden muutosta ( $\text{m/s}^3$ ) (englanniksi "jerk"). CAP-projektissa kiihtyvyys mitattiin ajoneuvon nopeustiedon muutoksesta.

Monitorointiajosta tallennettiin ja tulostettiin seuraavat asiat:

- liikenteen konfliktitilanteisiin liittyvien äkillisten, erittäin voimakkaiden, jarrutusten määrä suoritteessa (hidastuvuus yli  $2,5 \text{ m/s}^2$ )
- ennakoiva, sujuva ajotapa (ajomukavuus matkustajaliikenteessä) – voimakkaiden jarrutusten (hidastuvuus  $1,25\text{--}2,5 \text{ m/s}^2$ ) määrä suoritteessa, esimerkiksi eitaloudellisen ajotavan kuvaaminen
- ennakoiva, sujuva ajotapa – normaalien jarrutusten (hidastuvuus alle  $1,25 \text{ m/s}^2$ ) määrä suoritteessa.

### 2.1.4 Kaistaviivan päällä käymiset ja kaistanvaihdot

Monitorointiajossa seurattiin ajoneuvon sijaintia ajokaistalla sekä kaistanvaihtojen määrää konenäön avulla. Keruussa oli mukana myös vilkkusignaalit, jotta voitiin tallentaa liikenne rikkomukset kaistanylityksissä. Monitorointiajosta tallennettiin ja tulostettiin kaistaviivan päällä ajamisen ja kaistanvaihtojen määrä / 100 km.

## 2.2 Taloudellinen ajo

### 2.2.1 Moottorin kierrosluvut

Monitorointiajosta tallennettiin ajankäyttö (%) ajoneuvon moottorin eri kierroslukualueilla. Kuljettajalle esitetään ajon aikana käytetyt kierrosluvut jakaumana, jossa näytetään myös taloudellisen ajon kannalta suositeltava alue. Samalla voidaan esittää, millä kierroslukualueella on kulutettu eniten polttoainetta suhteessa ajettuihin kilometreihin. Tieto kierrosluvuista saatiin ajoneuvoväylästä.

Moottorijarrutuksen käyttö suhteessa jarrujen käyttökertoihin kertoo parhaiten ennakoivasta ajotavasta. Tähän voidaan yhdistää myös ajoetaisyyden mittaus, eli jos edellä ajavan perään on kiihdytetty turhan voimakkaasti ja jouduttu hidastamaan voimakkaasti.

### 2.2.2 Tyhjäkäynti

Seuranta-ajosta mitattiin tyhjäkäyntiaika (% kokonaisajosta). Tieto tyhjäkäynnistä saatiin ajoneuvoväylästä.

### 2.2.3 Jarrujen käyttökertojen lukumäärä

Seuranta-ajossa mitattiin jarrujen käyttökertojen määrää (kpl/100 km). Tieto jarrutusten lukumäärästä saatiin ajoneuvoväylästä.

### 2.2.4 Polttoaineen kulutus

Seuranta-ajosta tallennettiin ajoneuvon keskipolttokulutus (l/100 km) eri ajonopeusalueittain. Tieto polttoaineen kulutuksesta saatiin ajoneuvoväylästä.

### 2.2.5 Nopeuden muutosten itseisarvojen summa

Nopeuden muutosten itseisarvojen summa on ajamisen taloudellisuudesta ja tasaisuudesta kertova indeksi. Indeksi on sekunnin välein laskettujen nopeusmuutosten itseisarvojen summa, joka on jaettu kokonaismatkan pituudella. Se laskettiin erikseen 20–60 km/h ja yli 60 km/h nopeudella ajetuille osuuksille.

## 3 Laitteiston kehitys ja testaus

Laitteisto perustui ACEV Oy:n ajoneuvotietokoneeseen ja web-sovellukseen, jota käytetään kuljetusyrityksissä mm. taloudellisen ajotavan arviointiin. Uusina mittauksina tuotiin kamerapohjainen järjestelmä, joka mittaa etäisyyden edellä ajavaan ja kaistaviivojen paikat. Toinen uusi ominaisuus oli ylinopeuksien mittaaminen, jossa käytössä oleva nopeusrajoitus luettiin Tiehallinnon tierekisteritietokannasta GPS-paikannuksen perusteella.

### 3.1 Panther-PC ja ajoneuvoliitännät

Ajoneuvon tiedonkeruu ja mittaustulosten prosessointi tehtiin ACEV Panther-PC:llä (kuva 1). Siinä on Linux käyttöjärjestelmä X86-sarjan prosessorilla, sisäisellä Flash-muistilla ja CF-muistikorttipaikalla. Normaalit käyttäjän toiminnot voidaan tehdä kosketusnäytön kautta, kuten CAP-koulutuksen tiedonkeruussa kuljettajan tunnuskoodin antaminen. Panther-PC:n liitännät ovat USB, CAN, RS-232, RS-485 ja Ethernet, sekä lisäksi neljä digitaali ulostuloa ja analogia sisääntuloa. Laitteeseen kuuluu myös GPS-paikannin sekä nelitaajuusmodeemi GPRS-yhteyttä varten.



Kuva 1. Panther-PC ajoneuvokäyttöön ([www.acev.fi](http://www.acev.fi)).

Panther-PC liitettiin bussin FMS-väylään normaalisti CAN-liittymällä sekä lisäksi kamerajärjestelmään toisella CAN-liittymällä. ACEV:n web-sovellukseen liittyvä data siirrettiin GPRS:n kautta. Erilliskaapeloinnilla kerättiin vielä jarrusignaali, vilkkusignaalit sekä pyyhkijätieto kamerasovellusta varten.

### 3.2 Tiehallinnon tierekisterin nopeusrajoitustiedot

Nopeusrajoitukset määritettiin GPS-koordinaattien ja Tiehallinnon tierekisterin perusteella ([www.tiehallinto.fi/tierekisteri](http://www.tiehallinto.fi/tierekisteri)). Tierekisteriin kuuluvat tiet näkyvät kuvassa 2. Nopeusrajoitustiedot löytyvät suurimmalle osalle tierekisterin aineistosta.



*Kuva 2. Tierekisteriin kuuluvat tiet.*

Mitattujen GPS-koordinaattien perusteella valittiin tierekisteristä ne tieosat, jotka olivat alle 25 metrin etäisyydellä. Jos samalla kertaa löytyi useita vaihtoehtoja (esimerkiksi risteysalueet), valittiin oikea tieosa seuraamalla edellisten GPS-koordinaattien kulkurataa. Tiehallinnon toimittamassa tietokannassa on tieosanumerointiin pohjautuva rekisteri nopeusrajoituksista meno- ja paluusuuntaan. Tietokannassa on myös taajamatieto ja talvinopeusrajoitukset. Nopeusrajoitusalueen tarkka sijainti perustuu etäisyydelle kunkin tieosan alkupisteestä.

Teimme C-kielisen sovelluksen Panther-PC:n Linux-käyttöjärjestelmään, joka lukee GPS-koordinaatit ja ajonopeuden PC:n liitännöistä, seuraa ajoreittiä tierekisterin tienumeroinnin ja paikkatietojen perusteella, sekä lopuksi hakee sijaintia vastaavan nopeusrajoituksen ja tallentaa ylinopeustiedon tarvittaessa. Sovelluksen tehostamiseksi tehtiin tierekisteristä erillinen indeksitiedosto, jonka ansiosta PC:n prosessori ei kuormitu vaikka tietokanta sisältää koko Suomen alueen.

Nopeusrajoitustieto puuttui osasta aineistoa. Näille teille olisimme voineet käyttää sopivaa arvausta nopeusrajoituksesta, joka perustuisi joko:

- yleisrajoitukseen taajamatietoon perustuen
- vastaantulevan suunnan nopeusrajoitustietoon, jos se on olemassa
- edeltävän ja seuraavan tieosan nopeusrajoitustietoon, jos ne ovat olemassa.

Päättelimme kuitenkin että näin ei saada luotettavaa tulosta, ja virheellisten tietojen välttämiseksi luokittelimme nopeusrajoitukset vain siltä osin kuin ne on kirjattu tierekisteriin. Pitkän ajan tilastoinnissa saadaan tälläkin tavoin riittävän hyvä arvio kuljettajan ajotavasta.

### 3.2.1 Muuttuvien nopeusrajoitusten tunnistaminen

Tierekisteriin on tallennettu myös muuttuvien nopeusrajoituskilpien sijainti teknisinä pisteinä. Näiden yhdistäminen konenäöllä tehtävään rajoituksen suuruuden lukemiseen toisi lisäarvoa CAP-koulutusjärjestelmään. Tierekisteristä puuttuu kuitenkin muuttuvan nopeusrajoituskilven vaikutusalueen pituus, jonka päättelyminen muista tiedoista havaittiin epävarmaksi (esim. seuraava risteyskohta). Toisaalta kamerajärjestelmään perustuva kiinteiden nopeusrajoitusten lukeminen oli myös epävarmaa. Ongelmia aiheuttavat mm. erkanevien ramppien yhteydessä sijaitsevat nopeuskilvet, jotka eivät koske päätietä, aluerajoituksen päättyminen tien vasemmalla puolella olevaan erityismerkkiin, sekä taajamamerkin ja muiden erityiskilpien käyttö nopeusrajoitustietona. Liitteessä 2 esitetään esimerkkejä nopeusrajoitusten tunnistamisesta konenäöllä. Muuttuvien nopeusrajoitusten jaksot poistettiin aineistosta.

## 3.3 Kamerajärjestelmä

Ajoetäisyyden ja kaistaviivojen mittaukseen käytettiin kamerajärjestelmää. Kamera asennettiin bussissa tuulilasinalueen keskikohtaan (kuva 4). Laskenta tapahtuu kamerayksikköön integroidussa prosessorissa. Tulokset siirretään CAN-väylää myöten näyttöyksikölle sekä muille oheislaitteille.



Kuva 3. Kameran sijoitus bussin tuulilasinalueeseen.



*Kuva 4. Kameran sijoitus tuulilasin alareunaan.*

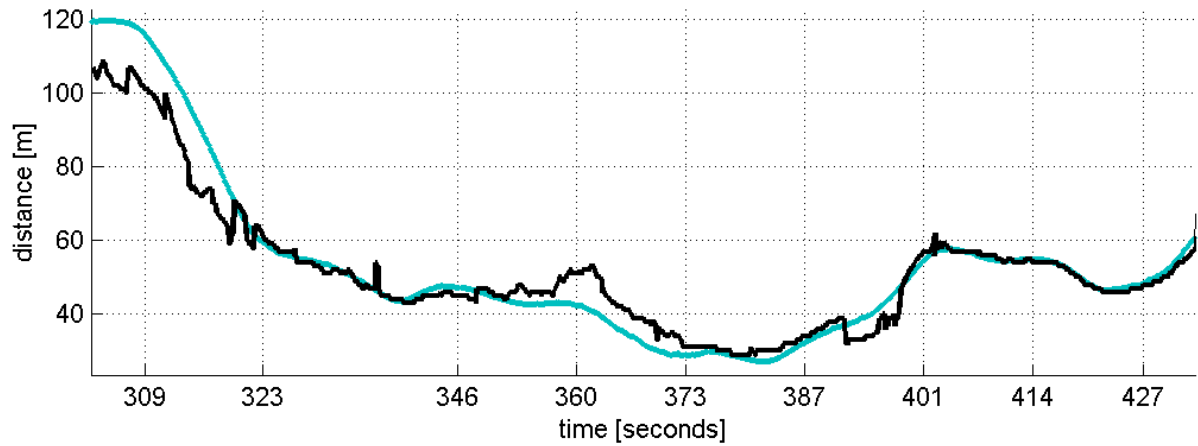
### 3.3.1 Ajoetäisyyden mittaus

Konenäköalgoritmi tunnistaa ajoradan kaventumisen näkökentässä sekä edellä menevän ajoneuvon sijainnin siinä, ja arvioi ajoetäisyyden metreinä tämän perusteella. Ajoetäisyyden mittausta testattiin useassa eri tilanteessa, ja todettiin, että mm. edellä ajavan ajoneuvon koko ei aiheuttanut merkittävää virhettä mittaukseen (henkilöauto, pakettiauto, bussi tai rekka, avolavallinen perävaunu).

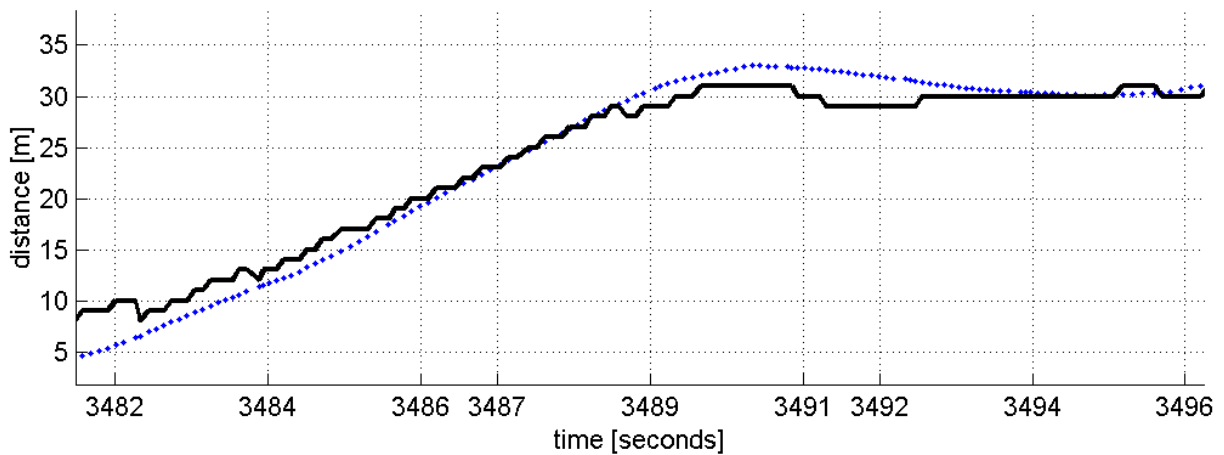
Seuraavissa kuvissa on tuloksia ajoetäisyyden mittauksista normaalissa liikenteessä. Vertailumittauksena kamerajärjestelmän etäisyysmittaukselle olemme käyttäneet Boschin mikroaaltotutkaa. Boschin tutka on käytössä mm. BMW henkilöautojen automaattisessa ajonopeuden säätimessä (ACC järjestelmä).

Kuvissa esitetään kamerajärjestelmän etäisyysmittaus mustalla viivalla ja Boschin tutkan etäisyysmittaus värillisellä viivalla. Käyrien alapuolella näytetään myös samanhetkisiä videokameran kuvia, jossa nähdään ajotilanne ja edellä ajava ajoneuvo.

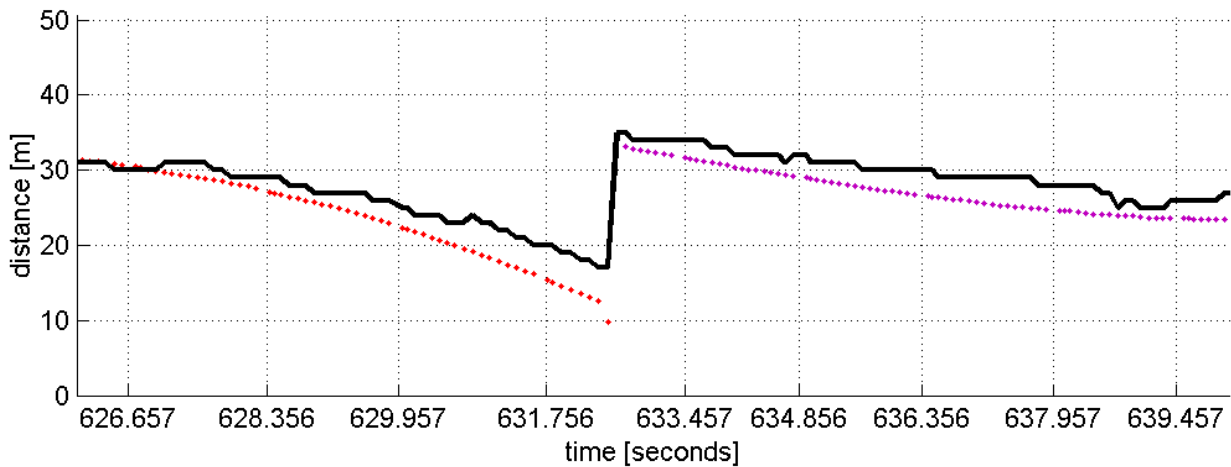
Ensimmäisessä kuvassa näytetään noin kahden minuutin ajanjakso, kun etäisyys on vaihdellut välillä 30 ... 120 metriä. Kamerajärjestelmän mittauksen hajonta on selvästi suurempi kuin mikroaaltotutkan.



Kuva 5. Etäisyyden mittausta 30 ... 100 metrin välimatkoille.



Kuva 6. Liikkeelle lähtö katuristeyksestä. Molemmat laitteet mittaavat etäisyyden samalla kaistalla ajavaan vaaleaan pakettiautoon huolimatta viereisten kaistojen tai kadun reunaan pysäköidyistä ajoneuvoista.



Kuva 7. Edellä ajavaa henkilöautoa lähestytään ensin noin 30 metristä alle 20 metrin etäisyydelle. Kuvasarjan keskivaiheilla vaihdetaan kaistaa vasemmalle, jossa seuraava auto on alussa noin 35 metrin etäisyydellä.

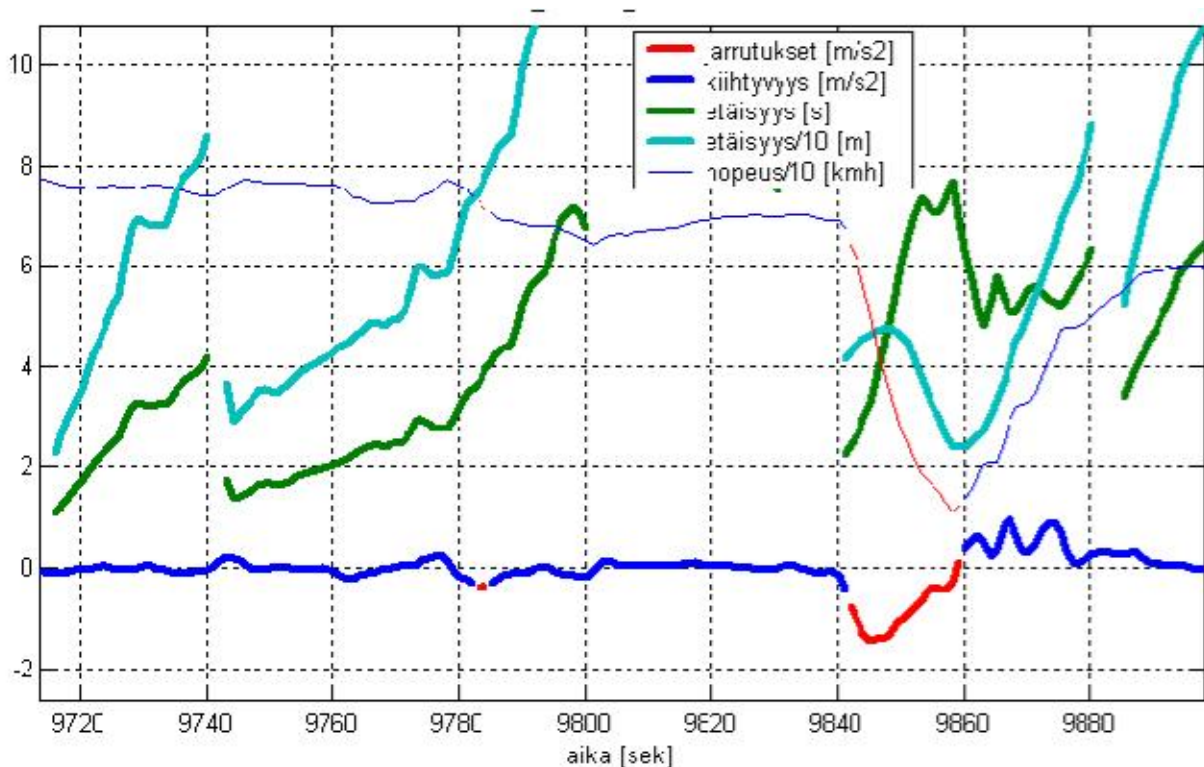
Lopputuloksia varten laskettiin etäisyysmittauksen ja oman ajonopeuden perusteella ajoväli sekunteina. Käyttämällä laskennassa myös edellä ajavan nopeutta saataisiin tarkempi arvio peräänajon riskille ja siten ajoturvallisuudelle. Arvio edellä ajavan nopeudesta ei kuitenkaan ollut riittävän luotettava tähän tarkoitukseen.

Ajovälit luokiteltiin kolmeen ryhmään raja-arvoilla 1,5 sekuntia ja 3 sekuntia. Ajettaessa 80 km/h nopeudella nämä luokat vastaavat ajoetäisyyksiä 33 ja 67 metriä. Kameraan perustuvan mittauksen vastaavuus Boschin etäisyystutkan kanssa oli riittävän hyvä alle 67 metrin etäisyyksillä, kun tuloksia käytetään ajokäyttäytymisen tilastointiin.

CAP-koulutuksen tilastoihin valittiin vain ne tilanteet, joissa etäisyys edellä ajavaan pysyi jatkuvasti suurin piirtein samana ainakin 10 sekunnin ajan, tai jos ajoetäisyys pieneni jatkuvasti. Hyvin olennaista oli karsia pois ajotilanteet, jossa bussin eteen tuli viereiseltä kaistalta auto, joka kuitenkin välittömästi etäännytti kauemmas suuremmalla ajonopeudella. Muuta liikennettä hitaammin ajava bussi- tai rekka-auto ei pysty välttymään hetkellisesti lyhyiltä ajoetäisyyksiltä, kun ohittavilla autoilla on usein käytäntönä palata takaisin samalle ajokaistalle liian lähelle ohitettavan eteen.

Kameraan perustuvan menetelmän mittaushajonta ei ole merkittävä ongelma CAP-koulutuksen keruusovelluksessa, koska etäisyysmittausta tilastoidaan usean sekunnin keskiarvona ja tilastot kootaan kokonaisuudessaan pitkiltä ajomatkoilta. Mittaustuloksen käyttökelpoisuutta edisti merkittävästi se, että laite tunnisti automaattisesti samalla kaistalla ajavan ajoneuvon, eikä erehtynyt mittaamaan etäisyyttä viereisille kaistoille esimerkiksi tien kaartuessa.

Seuraavassa kuvassa esitetään ajoetäisyyden mittaus sekä metreinä (vaalean sininen käyrä, jaettuna luvulla 10) että sekunteina (vihreä). Lisäksi näytetään ajonopeus ja kiihtyvyys sinisellä käyrällä sekä hidastuvuus punaisella käyrällä, kun jarrusignaali on päällä. Näiden perusteella haettiin erityyppisiä ajotilanteita ja luokiteltiin kuljettajan käyttäytymistä, kun ajetaan toisen ajoneuvon perässä. Kuvan esimerkissä etäisyys on ollut välillä jopa alle 1,5 sekunnin raja-arvon, mutta ajoneuvot ovat tällöin siirtyneet eteen toiselta ajoradalta ja välittömästi etääntyneet suuremmalla ajonopeudella kauemmaksi. Bussin kuljettajan ei ole tarvinnut hidastaa näiden vuoksi omaa ajonopeuttaan. Kuvan aikavälillä 9840–9860 sekuntia on kuitenkin hidastettu voimakkaasti, kun edessä ollut auto on miltei pysähtynyt luultavasti risteykseen tai ruuhkajonoon.



Kuva 8. Ajoetäisyyden, ajonopeuden, kiihtyvyyden ja jarrutustiedon integrointi.

### 3.3.2 Kaistaviivojen mittaus

Kaistaviivan tunnistuksen onnistuessa etäisyys mitataan suhteessa saman puolen renkaan sijaintiin. Kamerajärjestelmän asennuksen yhteydessä tehdään ajoneuvokohtainen kalibrointi, jossa määritellään ajoneuvon oma leveys sekä molempien sivujen suuntajanat kameran kuvauskentässä.

Oikean puolen etäisyys kaistaviivasta annetaan positiivisena lukuna ja tämän etumerkki kääntyy negatiiviseksi, kun kaistaviiva on ylitetty. Vasemman puolen etäisyys kaistaviivasta annetaan käänteisenä, ja ajokaistan koko leveys saadaan oikean ja vasemman puolen etäisyyksien erotuksesta lisättynä ajoneuvon leveydellä.

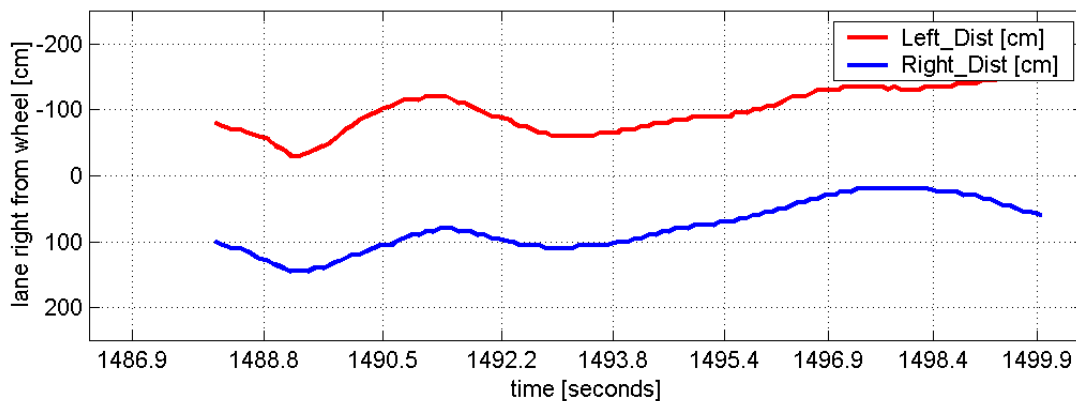
Tiedonkeruuseen lisättiin suuntavilkkujen käyttö, jotta voitiin tilastoida liikennesääntöjen noudattaminen, kun kaistaviiva ylitetään. Kuvankäsittely algoritmit myös tunnistavat



kaistaviivan tyypin (yhtenäinen tai katkoviiva), mutta tämän tiedon avulla emme voineet arvioida liikennesääntöjen noudattamista kaistaviivan ylitysten yhteydessä.

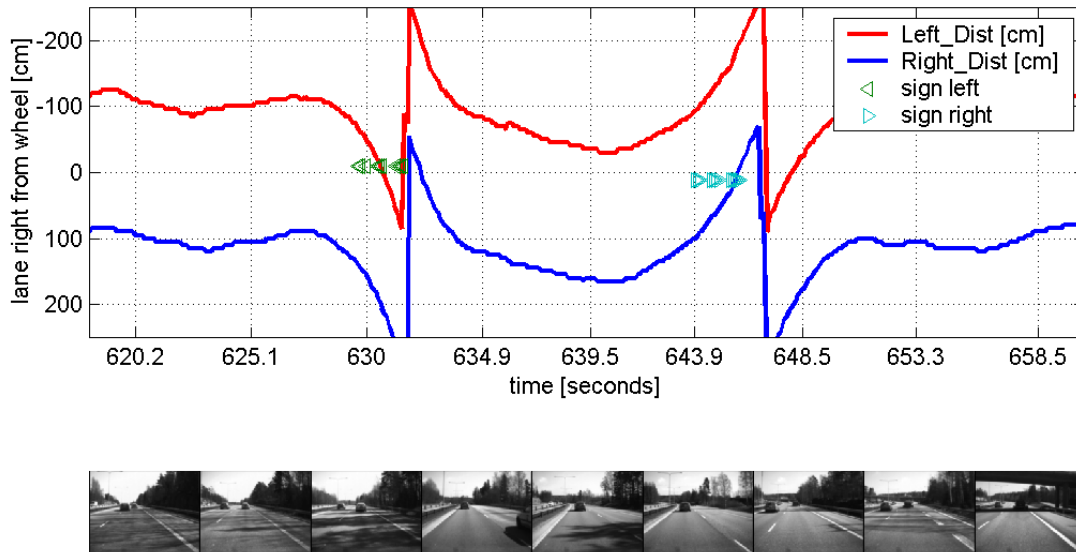
Tieto etäisyydestä molempien puolien kaistaviivoista voidaan laskea edelleen myös poikkeamaksi kaistan keskilinjalta. Tätä tietoa voidaan käyttää suoraan arviona ajolinjan vakauudesta jatkuvassa ajossa. Tällainen järjestelmä on käytössä esimerkiksi Volvolla, kun arvioidaan kuljettajan huomio- tai väsymystilaa.

Seuraavassa on esimerkkejä Kameraan perustuvasta kaistaviivan mittauksesta. Etäisyys vasemmalta kaistaviivalta näytetään ylempänä punaisella käyrällä ja etäisyys oikealta alempana sinisellä käyrällä. Ajoradan leveys saataisiin näiden erotuksena lisättynä testiauton (VW Golf) leveydellä 170 cm, eli ensimmäisessä kuvassa noin 370 cm.



*Kuva 9. Auton etäisyys kaistaviivoista, kun tie kaartuu ensin vasemmalle ja sitten oikealle.*

Seuraavassa kuvassa vaihdetaan kaistaa molempiin suuntiin. Vilkkujen käyttö näytetään kuvaajassa kolmion muotoisilla merkeillä.



Kuva 10. Kohdassa 630 sekuntia on kaistanvaihto vasemmalle vilkun kanssa ja 15 sekunnin kuluttua palataan oikealle kaistalle.

Kaistanvaihdot pystyttiin tunnistamaan varsin luotettavasti mitattujen etäisyyskäyrien muodon perusteella. Loppusovelluksessa merkittävin osa kaistanvaihtoista kuitenkin luokiteltiin pois siten, että valittiin vain jatkuvaan ajoon liittyvä tilanteet, ja esimerkiksi risteyksissä ryhmittymiset tai pysäkillä käynnit jätettiin pois aineistosta. Luokitteluperusteena tähän käytettiin ajoneuvon nopeustietoa, jonka täytyi pysyä jatkuvasti suurempana kuin 20 km/h.

Kaistaviivoja ei pystytä tunnistamaan, jos ne ovat erittäin kuluneet tai peittyneet lumesta. Aineistosta täytyy löytyä riittävä määrä luotettavia mittausjaksoja, jotta ajokäyttäytymistä voidaan tilastoida koulutusta varten. Koulutuksen koosteessa näytetään myös se ajokilometrimäärä, jonka aikana kaistaviivan mittaus on toiminut.

### 3.4 Laitteiston testaus

Projektin laitteet asennettiin TTS:n koulutusbussiin (Scania Scala manuaalivaihteistolla). Testiaineistoa kerättiin noin kuuden kuukauden ajan (27.6.–15.12.2008).

Testiaineistoa kertyi pääasiassa peruskurssia suorittavien oppilaiden sekä kouluttajien omasta ajosta. Kuljettajien identifiointi otettiin käyttöön viimeisen kahden testikuukauden ajaksi, jolloin opiskelijat tunnistettiin heidän opiskelijanumeroiden mukaisesti. Kaikille muille kuljettajille sekä kouluttajille käytettiin samaa yleistunnusta. Osa opiskelijoiden ajoista tallentui myös yleistunnukselle mm. järjestelmän käyttöönottovaikeuksien vuoksi.

Ajoetäisyyden ja kaistaviivojen mittaukseen käytettyä kamerajärjestelmää testattiin TTS:n bussin lisäksi myös VTT:n testiautolla (VW Golf henkilöauto).

Liitteessä 3 on kuvia tiedonkeruujaksolla ajaneiden kuljettajien suorituksista. Koska kuljettajien identifiointi opiskelijanumeron perusteella oli käytössä vain kahden viimeisen testikuukauden aikana, eniten ajoa kertyi ”tunnuksettomille kuljettajille”. Tälle yleistunnukselle kertyi myös kaikki kouluttajien ajot sekä teknisten vaikeuksien takia myös osa opiskelijoiden ajosta vielä tunnusten käyttöönoton jälkeen. Esimerkkeinä käytettävät

kuljettajat J ja G edustavat yksittäisten koulutettavien kuljettajien ajoja ja kuljettaja A yleistunnuksella 4.9.–23.10.2008 ajettuja ajoja. Esimerkkikuljettajat J ja G valittiin sen perusteella, että heille oli kertynyt eniten yksittäisten henkilöiden ajamia kilometrejä aineiston keruuajana.

Kuvia tulkitessa kannattaa huomioida, että kussakin kuvaajassa taustalla oleva aineiston määrä saattaa vaihdella. Esimerkiksi kuljettajalle A (*Driver A*) oli kertynyt ajoa yhteensä yli 2 000 km. Osalle esitettävistä mittaustilastoista ajomäärä on kuitenkin pienempi, sillä esimerkiksi tierekisterin nopeusrajoitustietoja löytyi vain 472 km matkalta. Mitattaessa ajoetäisyyttä edellä ajavaan huomioitiin vain aika, jolloin oli ajettu alle 7 sekunnin ajoetäisyydellä edellä ajavasta (noin 40 km). Lisäksi karsittiin pois tilanteet, jossa edellä ajavat ovat vaihtuneet usein, esimerkiksi, kun bussia ohitettiin jatkuvasti moottoritieellä ajettaessa.

## 4 Koulutuspaketti

### 4.1 Koulutuksen rakenne

#### 4.1.1 Yksi koulutuspäivä vuodessa

Käytännössä on osoittautunut, että ainakin toistaiseksi kuljetusyritykset lähettävät työntekijöitä koulutukseen yhdeksi päiväksi vuodessa. Tässä hankkeessa palauteaineisto suunniteltiin tällaiselle yhden päivän koulutukselle. Monitorointitieto kuljettajakäyttäytymisestä kerättäisiin koulutuspäivään kuuluvien testiajojen aikana oppilaitoksen ajoneuvoon asennetulla laitteistolla ja käsiteltäisiin lyhyesti koulutuspäivän kuluessa. Tähän tarkoitukseen suunnitellun palautteen on oltava tiivis ja helposti ymmärrettävä. Esimerkki kouluttajan käyttöliittymästä on kuvattu luvussa 4.2. Esimerkissä palaute on liitetty Työtehoseuran käytössä oleviin koulutusohjelmiin.

Mikäli yrityksellä olisi omat seurantalaitteet ajoneuvoissaan, kuljettajan ajotapaa voitaisiin monitoroida jo pidemmän aikaa ennen koulutusta ja näin ollen kohdistaa koulutus havaittuihin puutteisiin. Näin kuljettajan ajonäyte myös vastaisi enemmän hänen todellista ajotyyliään, koska näyte edustaisi normaalia ajotilannetta tutulla autolla. Palaute koulutettavan kuljettajan ajosta voitaisiin antaa samaan tapaan koulutuspäivän aikana.

#### 4.1.2 Kolme koulutuspäivää vuodessa

Toisessa mallissa koulutettava ei kävisi koulutuksessa joka vuosi vaan hän kävisi esimerkiksi yhden vuoden aikana useana eri päivänä koulutuksessa. Tässä mallissa kuljetusyrityksellä olisi ainakin joissain ajoneuvoissa monitorointilaitteisto, jolla voitaisiin kerätä aineistoa kuljettajien normaalien ajojen aikana. Koulutuksessa on ehdotuksen mukaan kolme ajamisen monitorointijaksoa: lähtötason mittausta, seurantamittaus 1 ja seurantamittaus 2 eli loppuarvio (ks. kuva 11). Tässä koulutusmallissa monitorointijaksojen kestot voivat vaihdella yhdestä useampaan päivään mm. sen mukaan, miten koulutusjaksoja on tarjolla. Kaikilla monitorointiajoilla tiedot tallennetaan ja niistä tulostetaan yhteenveto opetusta varten. Yhteenveto annetaan koulutettavalle, jotta hän voi siitä tarkastella omaa suoritustaan. Tietojen

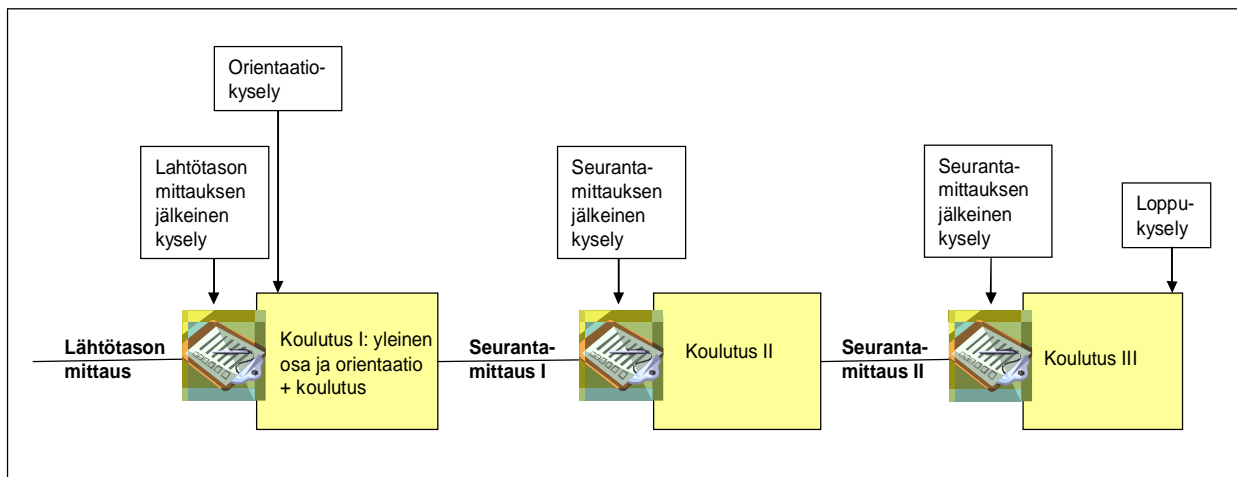
luottamuksellisuudesta ja anonymiteetistä huolehditaan esimerkiksi numerokoodauksen avulla.

Monitorointijaksosta saatua tulostetta hyödynnetään opetusryhmässä tapahtuvassa koulutuksessa, jossa tuloksia käydään läpi koosteen tai esimerkkitulosteiden avulla. Koulutettava voi oman monitorointitulostuksen perusteella arvioida omaa toimintaansa ja arvioida koulutusta suhteessa omaan toimintaansa. Koulutuksesta uskotaan tulevan näin henkilökohtaisempaa ja mielekkäämpää. Lisäksi monitorointitulosten perusteella samantyyppiset kuljettajat voidaan ottaa yhtä aikaa koulutukseen ja räätälöidä koulutuspaketti juuri tälle kohderyhmälle sopivaksi.

Yleisorientaation sekä monitorointien yhteydessä voidaan tehdä myös kysely kuljettajille. Yleisorientaation yhteydessä tehtävään kyselyyn liitetään muun muassa ammatin hallintaan (miten koulutettava kestää organisaation paineet, kuten kiireiset aikataulut jne.), väsyneenä ajamiseen sekä yleensä ajokuntoon liittyviä kysymyksiä.

Kuljettajien vastausten perusteella koulutuksessa voidaan painottaa kullekin ryhmälle tarpeellisia asioita. Esimerkiksi ajo- ja lepoaikojen noudattaminen voidaan perustaa paitsi opetusaineistoon, myös koulutuksen aikana tehdyssä kyselyssä esiin tulleisiin asioihin. Kokemuksen mukaan ajo- ja lepoaikojen noudattaminen on asia, josta kuljettajat keskustelevat mielellään, esimerkiksi työnantajan odotuksista. Kyselyiden lisäksi opetusmateriaalin tukena voidaan käyttää erilaisia laskelmia. Esimerkiksi taloudellisen ajon laskelmassa voidaan havainnollistaa kuinka paljon tietyllä matkalla kuluu aikaa ja polttoainetta sekä kuinka paljon kalusto, jarrut ja renkaat kuluvat ja ympäristö kuormittuu, jos a) Ajetaan koko matka rajoitinta vasten tai b) Ajetaan sama matka nopeusrajoitusten mukaan.

Kunkin monitorointiajon jälkeen kuljettajat vastaavat kyseiseen matkaan ja ajosuoritukseen liittyviin kysymyksiin, kuten yleinen tuntemus ajosta, turvavyön käyttö ja ajonaikainen puhelimeen puhuminen. Taustatiedoiksi ajonopeustiedoille on hyvä selvittää myös ajon aikana vallinneita sää- ja keli olosuhteita sekä liikenteellisiä tilanteita. Pitää kuitenkin muistaa, että liukkauden tunnistaminen on yksilöllistä ja siinä voi tulla helposti virhearviointeja. Heti ajon jälkeen tehty itsearviointi edesauttaa oman ajon arviointia ja auttaa myös kuljettajaa palauttamaan mieleen ko. ajon myöhemmin opetusryhmässä tapahtuvassa koulutus- ja palauteosiossa.



Kuva 11. Kolme koulutuspäivää vuodessa -koulutuksen rakenne.

Koulutuksen lopuksi tehtävässä kyselyssä kuljettajaa pyydetään tekemään subjektiivinen arvio koulutuksen vaikutuksista ajotyyliin (aikooko hän muuttaa ajotyyliään kurssin perusteella ja miten?). Lisäksi loppukyselyssä voi antaa palautetta koulutuskokonaisuudesta.

## 4.2 Koulutuspaketin ulkoasu ja sisältö

Tässä luvussa esitetään kouluttajalle ja koulutettavalle ajon jälkeen näytettävä kuljettajakohtaisen palautteen ulkoasu ja sisältö. Erityisesti kouluttajaa varten sisältöön on liitetty myös perusteluja, miksi kutakin asiaa tarkkaillaan ja miten se vaikuttaa turvallisuuteen tai taloudellisuuteen. Lisäksi kunkin tarkkailtavan asian kohdalla on ehdotettu mihin kohtaan TTS:n nykyisiä ennakoivan ajon koulutuksia ja ajotapakoulutuksia kukin palaute sopisi. Kuvaajiin liittyvä tiedonkeruu on esitelty pääosaltaan kappaleessa 3.

Monitoroinnin tuloksia esittelevästä tulosteesta pyrittiin tekemään mahdollisimman selkeä ja havainnollinen. Apuna käytettiin esimerkiksi värikoodausta: vihreä = hyvää, punainen = huonoa / vielä kehitettävää. Kriteerit, joilla ajotapaa kuvaavaa mittausaineistoa luokiteltiin, saatiin aikaisemmista tutkimuksista sekä kirjallisuudesta. Koska tämän projektin puitteissa kerätyn aineiston määrä oli kuitenkin rajallinen ja kaikki aineisto kertyi koulutusajoista, kriteerit saattavat lisäaineiston myötä jatkossa tarkentua.

Ylinopeuksien paikat ja tierekisteristä luetut vastaavat nopeusrajoitukset näkyvät palautekoosteessa liitteessä 5 esitettyjen kuvien mukaisesti.

.....

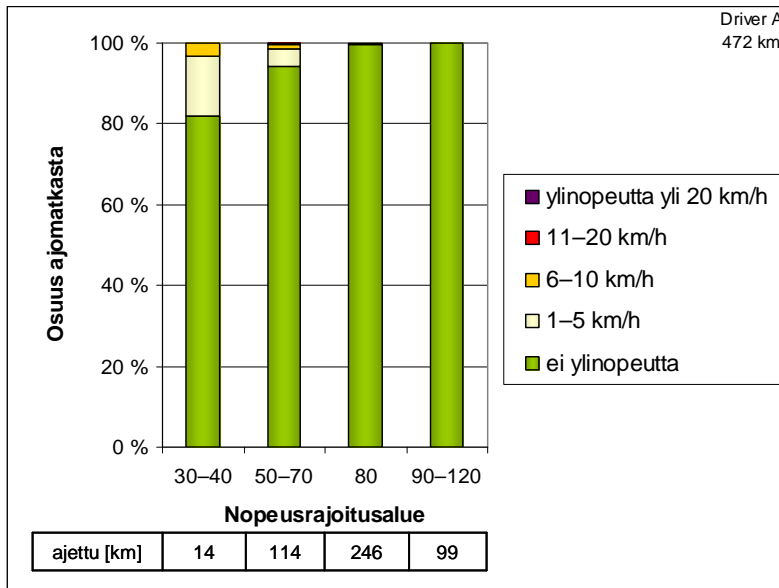
Opiskelijanumero \_\_\_\_\_  
Ajanjakso, jolta tiedot halutaan  
Päivä \_\_. \_\_. \_\_\_\_ - \_\_. \_\_. \_\_\_\_  
Kello \_\_: \_\_ - \_\_: \_\_

### 1) Ylinopeus nopeusrajoitusluokittain

#### Opiskelijan palaute serverillä / tulosteena

Kuvaaja kertoo, kuinka suuri osa ajomatkasta on ajettu

- nopeusrajoituksen mukaan,
- 1–5 km/h ylinopeutta,
- 6–10 km/h ylinopeutta,
- 11–20 km/h ylinopeutta tai
- yli 20 km/h ylinopeutta kullakin nopeusrajoitusalueella.



Katso kartalla:

- [yli 1 km/h ylinopeudet](#)
- [yli 5 km/h ylinopeudet](#)
- [yli 10 km/h ylinopeudet](#)
- [yli 20 km/h ylinopeudet](#)

(Esimerkkejä linkkien takaa aukeavista karttakuvista on liitteessä 5)

[Katso keskimääräinen ylinopeus nopeusrajoitusluokittain](#)

(Esimerkkikuvia keskimääräisestä ylinopeudesta nopeusrajoitusluokittain on esitetty liitteessä 3)

## Perusteluja kouluttajalle / opiskelijalle

### **Turvallisuus:**

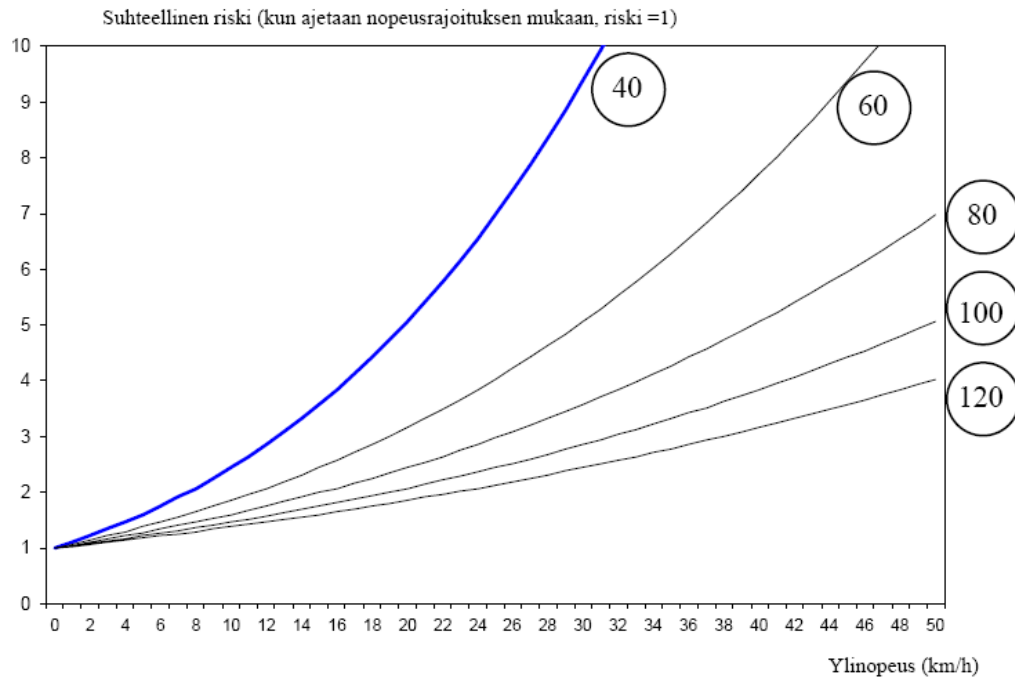
*Ajonopeus vaikuttaa kuljettajan käytettävissä olevaan havainnointiaikaan. Kun ajonopeus kasvaa, onnettomuuteen joutumisen todennäköisyys suurenee (onnettomuusriski kasvaa) ja onnettomuuden seuraukset muodostuvat vakavammiksi. Kun ajoneuvojen nopeudet alenevat, onnettomuuteen joutumisen todennäköisyys pienenee eivätkä onnettomuuksien seuraukset muodostu yhtä vakaviksi.*

*Ruotsissa on arvioitu, että pelkästään voimassa olevien nopeusrajoitusten tarkka noudattaminen vähentäisi liikennekuolemia 20–40 % (Vårhelyi 1996). Suomessa säästöt olisivat samaa luokkaa (Kallberg 2002). Pienten ylinopeuksien aiheuttama onnettomuusriskin kasvu on vain murto-osa suurten (yli 20 km/h) ylinopeuksien aiheuttamasta riskin kasvusta. Pienet ylinopeudet ovat kuitenkin niin paljon yleisempiä kuin suuret, että niistä aiheutuu enemmän onnettomuuksia kuin suurista, mutta suhteellisen harvinaisista nopeusrajoituksen ylityksistä. (Kallberg 2004.)*

*Ruotsalaisen laskentamallin mukaan henkilövahinko-onnettomuuksien lukumäärä kasvaa suhteessa liikennevirran keskinopeuden toiseen potenssiin ja kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien lukumäärä kasvaa suhteessa keskinopeuden neljanteen potenssiin (Andersson, Nilsson 1997). Ylinopeudesta saatu laskennallinen riskin kasvua kuvaava kerroin*

kertoo, kuinka paljon kuljettajan riski on koholla verrattuna siihen, että autolla ajettaisiin nopeusrajoituksen mukaisesti. Riskin kasvun laskenta perustuu ruotsalaiseen riskimalliin, jonka mukaan kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien lukumäärä kasvaa suhteessa liikennevirran keskinopeuden neljänteen potenssiin (Andersson & Nilsson 1997). Riskin kasvu suhteessa ylinopeuden suuruuteen eri nopeusrajoitusalueilla esitetään kuvassa 1. Riskin kasvua voidaan tarkastella kokonaisriskin kasvuna tai nopeusrajoitusalueittain.

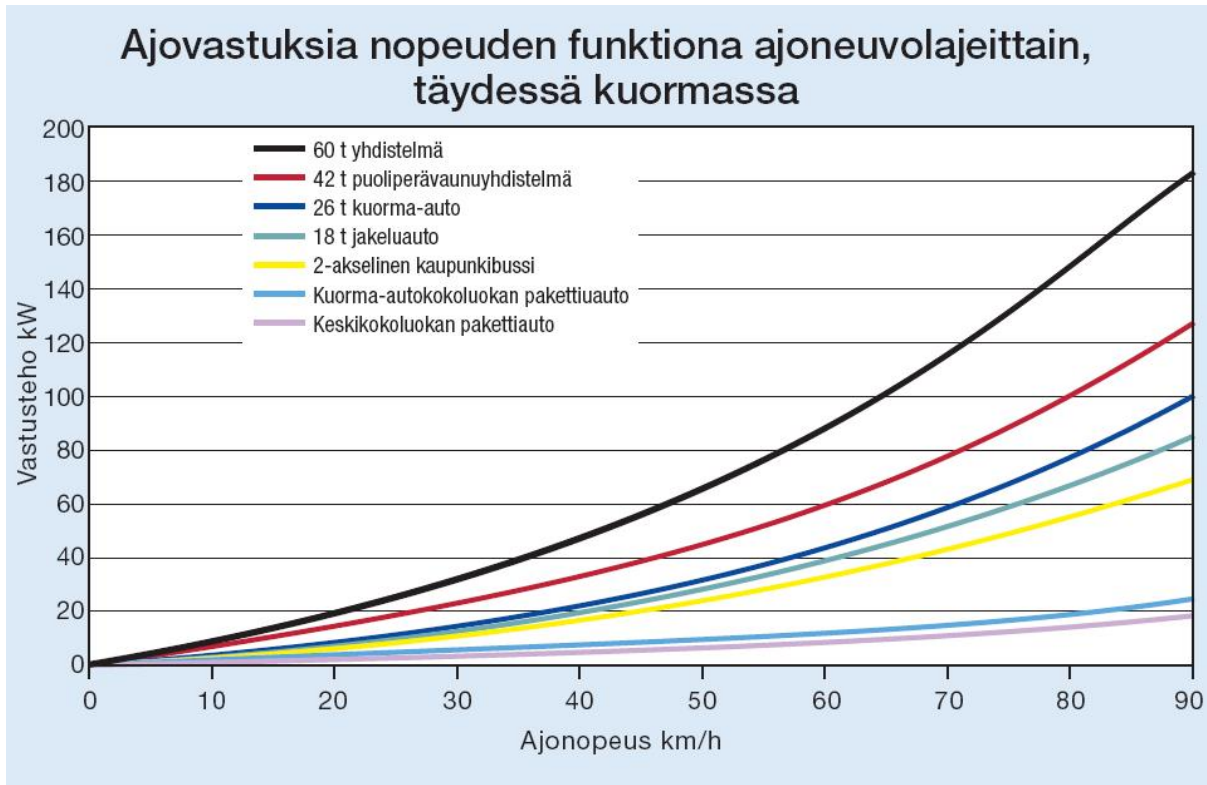
Kuolema-onnettomuuksien riskin kasvu ajettaessa ylinopeutta eri nopeusrajoituksilla



Kuva 1. Kuolemaan johtaneiden liikenneonnettomuuksien riskin kasvu eri nopeusrajoitusalueilla (Andersson, Nilsson 1997).

### Taloudellisuus:

Ajonopeus vaikuttaa myös taloudelliseen ajotapaan (kuva 2). Taloudellinen ajotapa säästää polttoainekustannuksia, vähentää ympäristöä rasittavia päästöjä, vähentää onnettomuuksia, parantaa ajomukavuutta, pienentää korjaus- ja rengaskustannuksia ja vähentää kuljettajan henkistä kuormitusta. Polttoaineenkulutuksen kannalta edullisin matkanopeus on 70–80 km/h (Liimatainen 2007). Ylinopeuksia ja nopeudenrajoitinta vasten ajamista tulisi välttää, sillä ajonopeuden lisäämisen myötä kasvavat kulkuvastukset lisäävät polttoaineen kulutusta. Raskailla ajoneuvoilla voidaan ajaa huomattavan pitkiä matkoja kuluttamatta lainkaan polttoainetta, kun ajoneuvon annetaan rullata omalla liike-energiallaan.



Kuva 2. Ajovastustehot eri ajoneuvotyypeille ajonopeuden suhteen (Nylund 2006).

Ylinopeuden yleisyys kertoo suoraan kilometreissä sekä suhteellisena osuutena (% kokonaissuoritteesta) kuinka yleistä on, että kuljettaja on ajanut yli sallitun nopeusrajoituksen. Ylinopeuden yleisyys esitetään nopeusrajoitusalueittain.

Keskimääräinen ylinopeus lasketaan todettujen ylinopeushavaintojen keskiarvona. Se kertoo, kuinka suurta ylinopeutta autolla keskimäärin ajetaan, kun ajetaan ylinopeutta. Keskimääräinen ylinopeus esitetään nopeusrajoitusalueittain.

## Paikka TTS-koulutusmateriaalissa

- Ennakoivan ajotavan koulutus
- Ajotapakoulutus

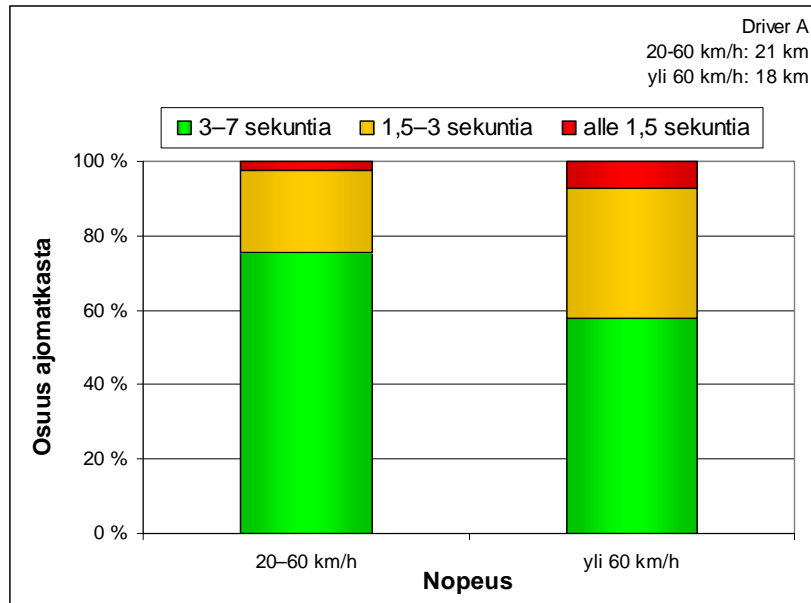


## 2) Ajoetäisyys edellä ajavaan

### Opiskelijan palaute serverillä / tulosteena

Kuvaaja kertoo, kuin suuri osa alle 7 sekunnin etäisyydellä edellä ajavasta ajetusta ajomatka on ajettu

- 3–7 sekunnin etäisyydellä,
- 1,5–3 sekunnin etäisyydellä tai
- alle 1,5 sekunnin etäisyydellä edellä ajavaan.



Katso kartalla:  
[Alle 1,5 sekunnin aikavälit](#)  
[Alle 3 sekunnin aikavälit](#)

### Perusteluja kouluttajalle / opiskelijalle

*Turvallisuus ja taloudellisuus: Oikein valittu ajoetäisyys vähentää onnettomuusriskiä ja edistää taloudellista ajoa, kun ajamisen kuormittavuus vähenee ja ennakoitavuus lisääntyy. Myös liittymätieltä tulot helpottuvat. Kaupunkiliikenteessä edellä kääntyjä haittaa vähemmän, ja kiertoliittymissä ”vetoketjuperiaate” toimii paremmin.*

### Paikka koulutusmateriaalissa

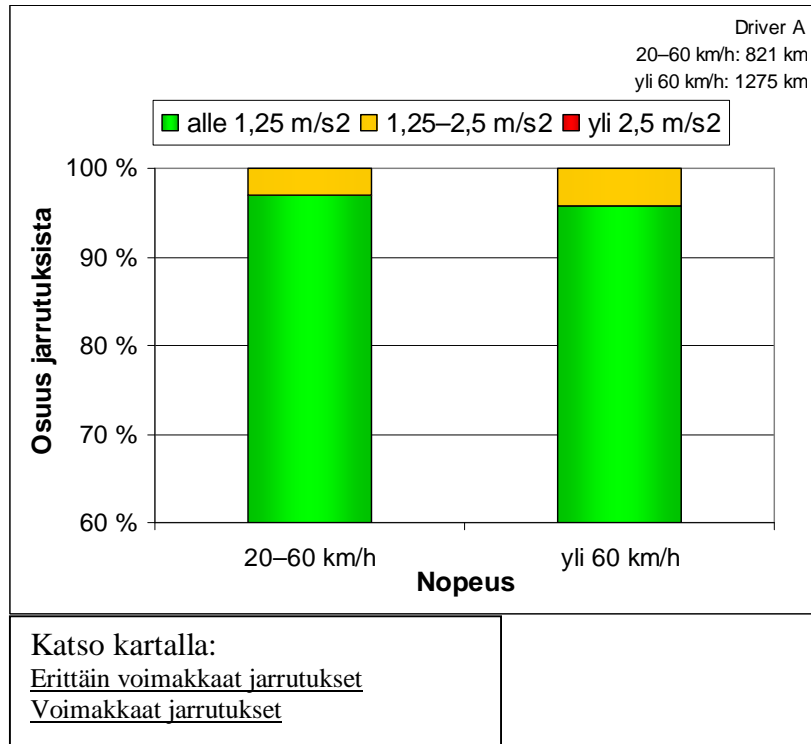
- Ennakoivan ajotavan koulutus

### 3) Jarrutusten voimakkuus

#### Opiskelijan palaute serverillä / tulosteena

Kuvaaja kertoo, kuinka suuri osa jarrutuksista on ollut voimakkuudeltaan

- normaaleja (alle  $1,25 \text{ m/s}^2$ ),
- voimakkaita ( $1,25\text{--}2,5 \text{ m/s}^2$ ) tai
- erittäin voimakkaita (yli  $2,5 \text{ m/s}^2$ ).



#### Perusteluja kouluttajalle / opiskelijalle

##### **Turvallisuus:**

Aikaisempien tutkimusten perusteella erityisesti toistuvasti esiintyvillä voimakkailla jarrutuksilla on selvä yhteys liikenneturvallisuuteen. Voimakkaat jarrutukset kertovat huonosta ennakoinnista ja sivuttaissuuntainen korkea kiihtyvyys (kallistukset) liian kovasta tilannenopeudesta.

Aikaisemmissa tutkimuksissa (mm. Nygård 1999) vakaville liikennekonflikteille (lähes onnettomuus -tilanteet) on löytynyt yksi ominainen piirre – jarrutus alkaa äkillisesti ja voimakkaasti. Suurimmat hidastuvuuden derivaatan arvot liikenteen konfliktitilanteissa eroavat selvästi vastaavista arvoista sekä normaaleissa jarrutustilanteissa että potentiaalisissa konfliktitilanteissa. Kuljettajien väliset erot eri hidastuvuuksien käytössä (jarrutuksen voimakkuus) ovat yleensä huomattavia, mutta hidastuvuuden derivaatan ero vakavien konfliktien ja normaalien jarrutustilanteiden välillä on todettu olevan selkeästi suurempi. Näin ollen hidastuvuuden derivaatta on vähemmän kuljettajariippuvainen kuin hidastuvuuden suuruus eli itse jarrutuksen voimakkuus. (Nygård 1999.)

##### **Taloudellisuus:**

Taloudellinen ajon näkökulmasta jatkuvat kiihdytykset ja jarrutukset eivät ole toivottavia, sillä liikkeellelähtö ja kiihdyttäminen kuluttavat paljon polttoainetta. Taloudellisen ajotavan kannalta tähdätään tehokkaaseen kiihdytykseen tavoitenopeuteen, nopeuden säilyttämiseen mahdollisimman vähäisellä työllä sekä rauhalliseen jarruttamiseen. Pienimmät päästöt ja polttoaineenkulutus saavutetaan suhteellisen voimakkaalla (noin 60 % maksimitehosta) kiihdytyksellä. (Liimatainen 2007.)

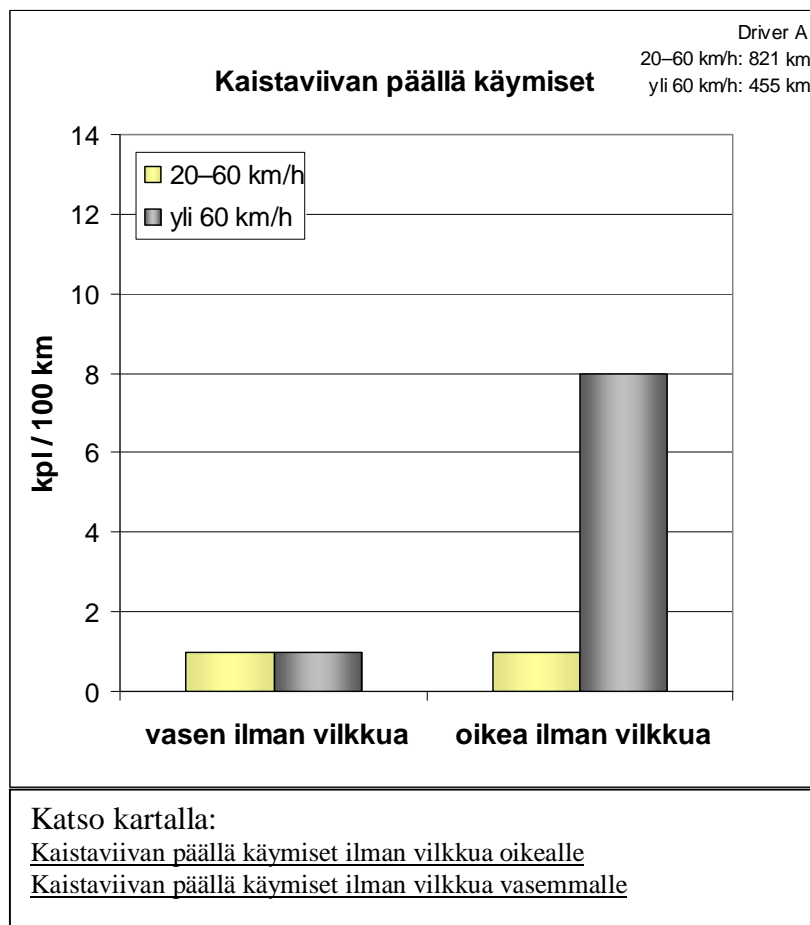
## Paikka koulutusmateriaalissa

- Ennakoivan ajotavan koulutus
- Ajotapakoulutus

## 4) Kaistaviivan päällä käymiset (vaihtamatta kaistaa)

### Opiskelijan palaute serverillä / tulosteena

Kuvaaja kertoo, kuinka monta kertaa kuljettaja on käynyt kaistaviivan päällä ilman vilkkua (kpl / 100 km).



## Perusteluja kouluttajalle / opiskelijalle

### *Turvallisuus:*

*Ajoneuvon sivuttaissuuntainen liike kaistalla voi kertoa väsymyksestä tai herpaantumisesta (ajokunnosta) tai jonkun toissijaisen tehtävän samanaikaisesta suorittamisesta (myös esimerkiksi kovasta tuulesta).*

*Väsyneenä ajaminen lisää onnettomuusriskiä liikenteessä, ja tätä riskiä vähentämään on raskaan kaluston kuljettajille asetettu omia säädöksiään ajo- ja lepoajoista. Ajo- ja lepoaika-asetus koskee sekä palkattuja kuljettajia että yrittäjäkuljettajia. Asetus säättää yksityiskohtaisesti sallitut ajo- ja lepoajat sekä pakolliset tauot. Ajo- ja lepoaikojen noudattamista kuorma-autoliikenteessä valvotaan pakollisella ajopiirturilla. Elokuusta 2004 lähtien uusiin yli 12 tonnin kuorma-autoihin on vaadittu EU:ssa digitaalinen ajonvalvontalaite. Työsuojeluviranomainen ja poliisi valvovat viranomaisina ajo- ja lepoaika määräysten noudattamista. EU-maiden tulee tarkistaa ja raportoida vuosittain vähintään yksi prosentti käytetyistä ajopiirturin levyistä. (SKAL 2003.)*

*Matkapuhelimen käyttö ajon aikana on liikenneturvallisuutta koskevissa tutkimuksissa noussut yhdeksi keskeiseksi riskitekijäksi. Puhuminen ajon aikana lisää onnettomuusriskin nelinkertaiseksi. Vaaratilanteisiin joutuu puhelimen käytön takia Suomessa kuukausittain yli 40 prosenttia puhelinta ajon aikana käyttävistä kuljettajista. Hands free estää ajoneuvon hallintalaitteiden käytön vaikeutumista, muttei poista kognitiivisen kuormittumisen aiheuttamaa keskittymisen häiriintymistä.*

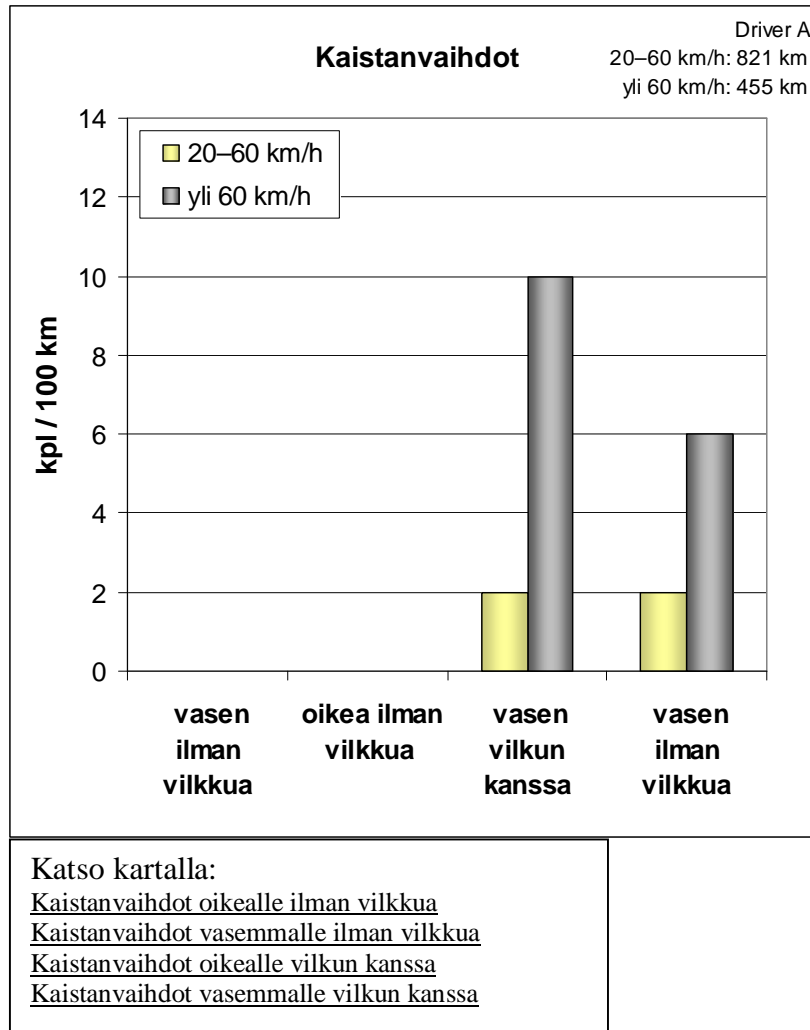
### **Paikka koulutusmateriaalissa**

- Ennakoivan ajotavan koulutus

## 5) Kaistanvaihdot

### Opiskelijan palaute serverillä / tulosteena

Kuvaaja kertoo, kuinka monta kertaa kuljettaja on vaihtanut kaistaa vilkun kanssa tai ilman vilkkua (kpl/100 km).



### Perusteluja kouluttajalle / opiskelijalle

**Turvallisuus:** Ajoneuvon sivuttaissuuntainen liike kaistalla voi kertoa väsymyksestä tai herpaantumisesta (ajokunnosta) tai jonkun toissijaisen tehtävän samanaikaisesta suorittamisesta (myös esimerkiksi kovasta tuulesta). Tarpeettomat kaistanvaihdot vaikuttavat liikenneturvallisuutta heikentävästi.

### Paikka koulutusmateriaalissa

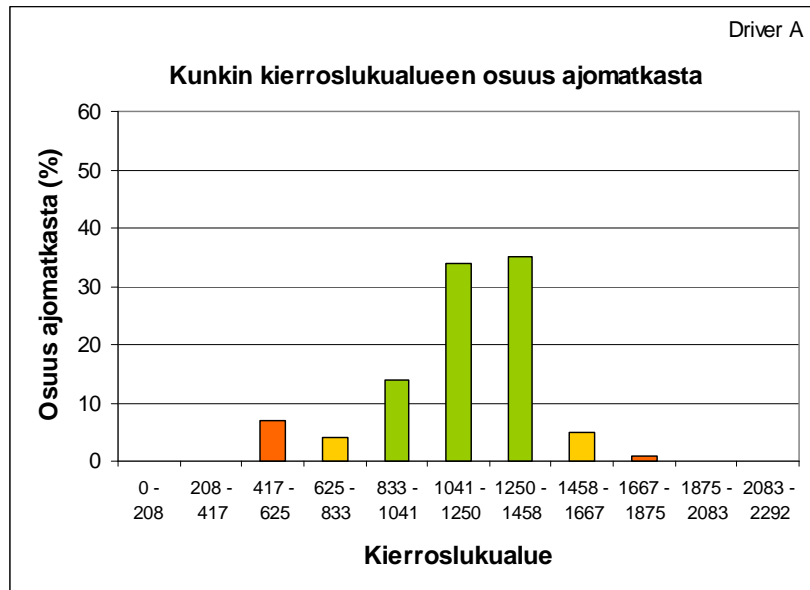
- Ennakoivan ajotavan koulutus
- Ajotapakoulutus

## TALOUDELLISEN AJAMISEN INDIKAATTOREITA:

### 6) Kierroslukualueiden käyttö

#### Opiskelijan palaute serverillä / tulosteena

Kuvaaja kertoo, kuinka suuren osan ajomatkasta kuljettaja on ajanut milläkin kierroslukualueella.



#### Perusteluja kouluttajalle / opiskelijalle

*Taloudellisuus:* Korkeiden kierroslukujen käytöllä on todettu olevan suora yhteys keskimääräistä suurempiin polttoainekulutusarvoihin (Liimatainen 2007).

#### Paikka koulutusmateriaalissa

- Ennakoivan ajotavan koulutus
- Ajotapakoulutus:

## 7) Tyhjäkäynti

### Opiskelijan palaute serverillä / tulosteena

<b>Driver A</b>	
Tyhjäkäyntiä	21 [%] ajoajasta

### Perusteluja kouluttajalle / opiskelijalle

*Taloudellisuus: Linja- ja kuorma-autot kuluttavat tyhjäkäynnillä noin 2,5–3,5 litraa polttoainetta tunnissa. Turhia tyhjäkäyntejä tulisi välttää ja moottori sammuttaa yli minuutin kestävien pysähdysten ajaksi, kuitenkin tilanteen mukaan liikenneturvallisuuksi vaarantamatta. (Liimatainen 2007.)*

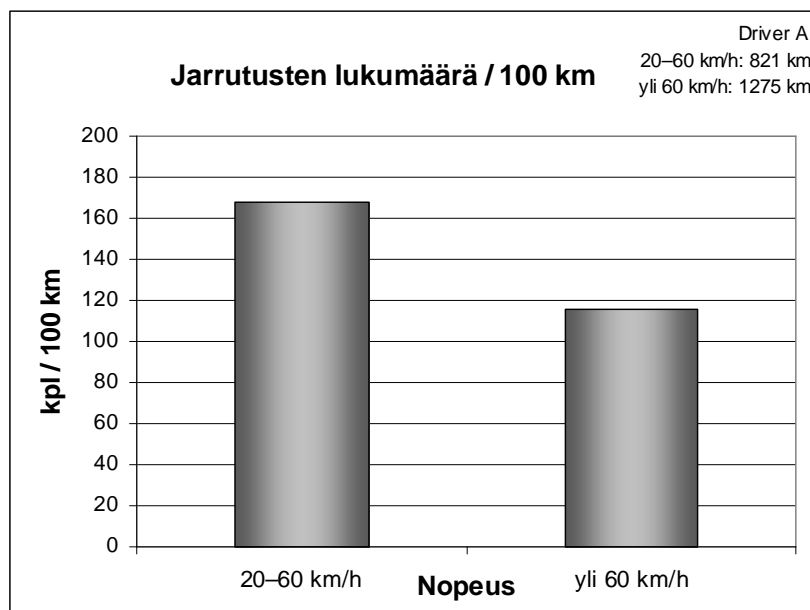
### Paikka koulutusmateriaalissa

- Ennakoivan ajotavan koulutus
- Ajotapakoulutus

## 8) Jarrujen käyttökertojen lukumäärä

### Opiskelijan palaute serverillä / tulosteena

Kuvaaja kertoo, kuinka monta kertaa kuljettaja on käyttänyt jarruja kpl / 100 km.



## Perusteluja kouluttajalle / opiskelijalle

*Taloudellisuus:* Jarrujen käyttökerroilla on todettu olevan suora yhteys korkeaan polttoaineenkulutukseen, jarrujen korjauskustannuksiin ja rengaskustannuksiin. Taloudellisen ajotavan periaatteiden mukaan jarrutuksissa vältetään jarrujen käyttöä ja käytetään sen sijaan mahdollisimman paljon moottorijarrutusta. Nykyaikaiset ajoneuvot eivät kuluta lainkaan tai kuluttavat vain vähän polttoainetta moottorijarrutuksen aikana. Näin myös jarrujen käyttöikä pitenee ja ajosta tulee tasaisempaa ja miellyttävämpää. Mikäli jarruja käytetään, tulisi jarrutuksen olla tasaista ja ennakoitua. Äkilliset ja voimakkaat jarrutukset ovat epämiellyttäviä matkustajille ja voivat vahingoittaa lastia. Lisäksi pysähdyksissä olevan auton kiihdyttäminen kuluttaa huomattavasti enemmän polttoainetta kuin esimerkiksi kävelyvauhtia liikkuvan. (Liimatainen 2007.)

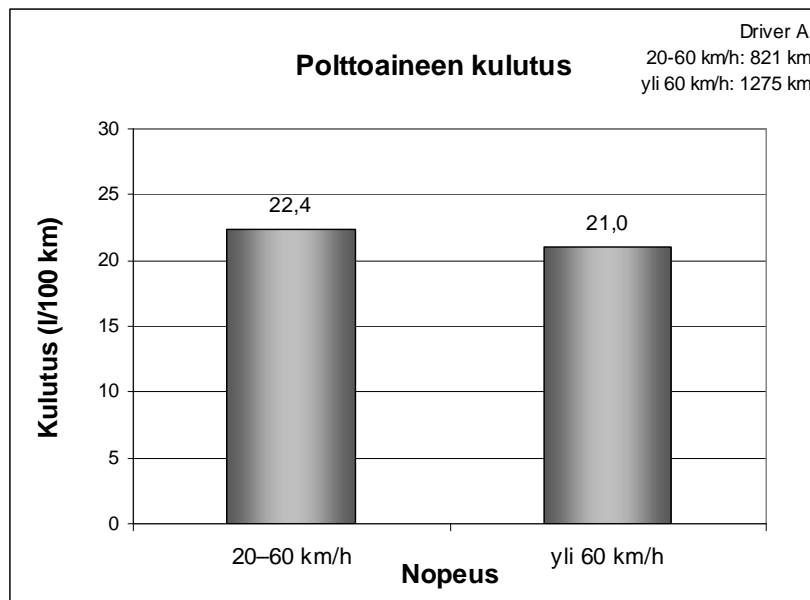
## Paikka koulutusmateriaalissa

- Ennakoivan ajotavan koulutus
- Ajotapakoulutus

## 9) Polttoaineen kulutus

### Opiskelijan palaute serverillä / tulosteena

Kuvaaja kertoo, kuinka paljon polttoainetta kuljettaja on käyttänyt (l / 100 km) ajaessaan nopeudella 20–60 km/h ja yli 60 km/h.





## **Perusteluja kouluttajalle / opiskelijalle**

### ***Taloudellisuus:***

*Polttoaineenkulutus on aina monen tekijän summa, joista kuljettajan ajotapa on yksi keskeisin tekijä. Usein kuljettajaa pidetään suurimpana yksittäisenä kulutukseen vaikuttavana tekijänä.*

*Taloudellisella ajotavalla optimoidaan ajoneuvon polttoainetalous ajon ulkopuolisilla ja ajon aikaisilla toimenpiteillä. Kuljettaja ei välttämättä pysty vaikuttamaan kaikkiin ajon ulkopuolisiin toimenpiteisiin, mutta ajon aikaiset toimenpiteet riippuvat täysin kuljettajasta, ja ovat polttoainetalouden kannalta merkittävimpiä. Ajon ulkopuolisia toimenpiteitä ovat mm. renkaiden ilmanpaineen tarkistaminen, kuorman lastaaminen, kylmäkäynnistysten välttäminen sekä reitin suunnittelu.*

*Polttoaineen kulutukseen vaikuttaa myös monia kuljettajan toimista riippumattomia ulkoisia tekijöitä. Ulkoisten tekijöiden, kuten liikennetilanteen, sään, tien geometrian ja auton kuormituksen, vaihtelut asettavat kuljettajat varsin epätasa-arvoiseen asemaan, jos näitä ei oteta huomioon esimerkiksi kuljettajien välistä polttoaineenkulutusta vertailtaessa. Jarrujen, vaihteiston, tyhjäkäynnin ja kierroslukujen käytöllä on kuitenkin todettu olevan selvä kuormapainosta riippumaton korrelaation kulutukseen (Rauhamäki ym. 2006).*

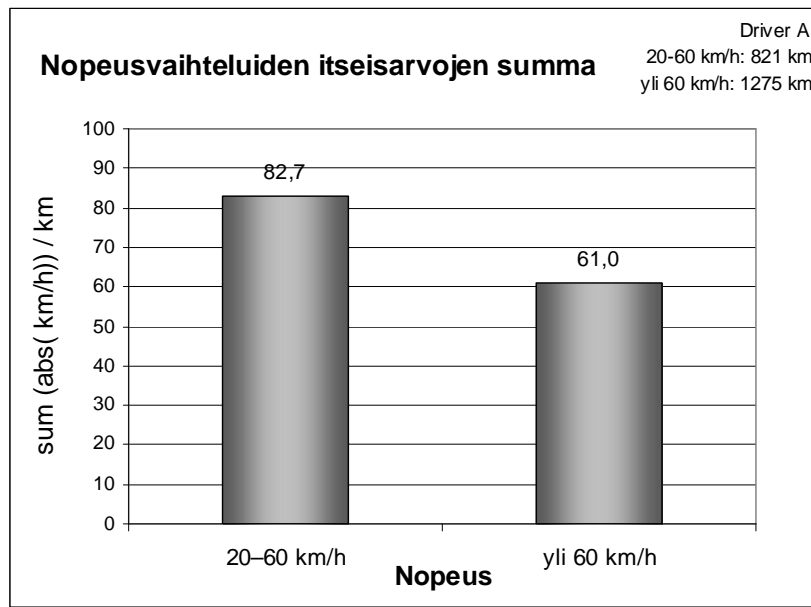
### **Paikka koulutusmateriaalissa**

- Ajotapakoulutus

## 10) Nopeuden muutosten itseisarvojen summa

### Opiskelijan palaute serverillä / tulosteena

Kuvaaja näyttää ajamisen taloudellisuudesta ja tasaisuudesta kertovan indeksin erikseen 20–60 km/h ja yli 60 km/h nopeudella ajetuille osuuksille. Indeksi on sekunnin välein laskettujen nopeusmuutosten itseisarvojen summa, joka on jaettu kokonaismatkan pituudella.



### Perusteluja kouluttajalle / opiskelijalle

**Taloudellisuus:** Taloudellinen ajon näkökulmasta jatkuvat kiihdytykset ja jarrutukset eivät ole toivottavia, sillä liikkeellelähtö ja kiihdyttäminen kuluttavat paljon polttoainetta.

### Paikka koulutusmateriaalissa

- Ennakoivan ajotavan koulutus
- Ajotapakoulutus

## 5 Tulosten tarkastelu

Projektissa kehitetyllä laitteistolla kerättiin tietoa yhteensä kuuden kuukauden ajalta vuoden 2008 loppupuolella. Kuljettajan tunnistus oli käytössä viimeisen kahden kuukauden ajan. Identifioitujen kuljettajien lukumäärä oli käytännössä kuusi, kun aineistosta jätettiin pois ne tunnistetut opiskelijat, joilta yleisille teille rekisteröityneet ajokilometrit olivat hyvin pienet. Opiskelijatunnuksen syöttämisessä oli alkuvaiheessa myös järjestelmästä johtuvia ongelmia. Kuljettajan tunnistamisen voisi jatkossa ohjata toimimaan myös automaattisemmin digipiirturin avulla, jos kyseessä olisi kuljetusyrityksen auto, ja kuljettajien vaihtuvuus olisi pienempi kuin koulutuslaitoksessa.

Tarkastelussa käytettiin erikseen myös neljää eri ajanjaksoa, joilta koottiin aineisto niiltä osin, kun kuljettajatunnistetta ei ollut syötetty järjestelmään. Tiedonkeruu jaksolla ajatut ajoreitit sijaitsivat lähinnä pääkaupunkiseudun alueella. Aineiston analyysi esitettiin kappaleessa 4. Lisäksi kuljettajakohtaista vertailua on tehty liitteessä 3.

Tunnistetuille kuljettajille yhteinen ajomäärä oli noin 4000 km (aineisto I) ja tunnistamattomille aikajaksoille yhteensä noin 8900 km (aineisto II). Tierekisterin tietokannasta löytyi nopeusrajoitustiedot yhteensä 1600 km matkalta aineistolle I ja 2400 km matkalta aineistolle II. Kaistaviivat tunnistettiin yhteensä 2600 km matkalta aineistolle I ja 5570 km matkalta aineistolle II. Etäisyys edellä olevaan ajoneuvoon tallennettiin yhteensä 89 km matkalta aineistolle I ja 184 km matkalta aineistolle II. Etäisyysmittauksista karsittiin pois merkittävä määrä aineistoa sillä perusteella, että bussin edelle oli tullut viereiseltä kaistalta auto, joka kiihdytti nopeasti kauemmaksi.

Tierekisterin nopeusrajoitustietoja löytyi siis noin kolmasosalle ajetuista kilometreistä. Puuttuville tiedoille ei käytetty mitään oletusta, kuten esimerkiksi yleisrajoitusta, vaan ne jätettiin kokonaan pois tarkastelusta. Tierekisteristä löytyneiden nopeusrajoitustietojen luotettavuudesta ei tehty kattavaa analyysiä, mutta oman arviomme mukaan virheiden osuus oli pieni. Myös käyttäjät voivat arvioida tietokannan todenmukaisuutta käyttämällä koulutuskoosteen toimintoa, jossa näytetään kartalla nopeusrajoitukset niille tieosuuksille, joilla oli ajettu ylinopeutta.

Osa tässä projektissa kerätyistä tiedoista löytyi jo valmiina ACEV Oy:n web-sovelluksesta. Tällaisia olivat mm. taloudelliseen ajamiseen liittyvät moottorin kierrosalueen jakauma sekä jarrutusten lukumäärä. CAP-projektissa uutena asiana tuotiin nopeusrajoitusten luku tierekisteristä sekä ajoetäisyys ja kaistaviivojen mittaus kamerajärjestelmällä. Nämä uudet mittaukset ovat erityisen keskeisiä liikenteen turvallisuuden kannalta.

Kamerajärjestelmä toimi kattavasti ja luotettavasti sekä kaistaviivojen tunnistamisessa että ajovälin mittauksessa. Saimme kuitenkin seuraavia kommentteja käyttäjiltä virhetilanteiden osalta:

- Kirkkaalla auringonpaisteella, kun tien yli näkyi voimakkaita varjoja sivuilla olevista puista, ei havaittu edellä mennyttä valkoista henkilöautoa.
- Kaistaviivoja ei tunnistettu, kun ne olivat peittyneet lumesta.

- Kamera sijaitsi tuulilasin alareunassa. Yhtenä päivänä edellä kamerakuvissa näkyi useaan otteeseen 'haamuauto', joka saattoi johtua siitä, että pyyhkijän sulan päällä oli luultavasti vesikerros, joka vilkkui kamerakuvassa. Etäisyyden hajonta oli kuitenkin suuri ja nämä tiedot eivät kertyneet CAP-koulutusaineistoon.

Tulosaineistoa tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon, että laitteistoa ei saatu "oikeaan käyttöön" ts. mitattua aineistoa kertyi vain peruskoulutusajosta, jossa kuljettajat olivat vasta ajokorttia ajavia ja jolloin kouluttaja oli jatkuvasti läsnä ja tarvittaessa ohjeisti koulutettavaa. Laite ei ollut jo ammatissa olevien kuljettajien normaalissa ajossa. Nyt kerätyssä aineistossa oli melko vähän liikennesääntöjen vastaista ajoa, kuten esimerkiksi ylinopeuksia. Toisaalta kaistaviivan päällä käymisiä saattoi olla taas enemmän kuin kokeneilla kuljettajilla. Tulokset olisivat siis olleet todennäköisesti erilaisia, jos laite olisi ollut pidempään jollain työkseen ajavalla kuljettajalla normaalijossa. Tämän vuoksi on tärkeää, että jatkokoulutuksessa kertyvää aineistoa tullaan käyttämään koulutuspaketin edelleen kehittämisessä. Toisaalta projektin aikana tehdyillä testeillä laitteiston toiminta voitiin kuitenkin testata ja varmentaa.

Kaiken kaikkiaan voimme arvioida, että saimme sisällytettyä tiedonkeruuseen keskeisimmät turvalliseen ja taloudelliseen ajoon liittyvät asiat. Liikenteen turvallisuuden kannalta tärkeimpiä jatkokehityshankkeita olisivat punaista liikennevaloa vasten ajamisen tunnistaminen sekä ajokelin huomioon ottaminen mittaustilanteissa. TTS:n kouluttajat olivat kiinnostuneita saamaan laitteistoon lisäksi mittauksen, joka näyttäisi, kuinka lähellä bussin peräosa käy jotain kohdetta (peruutustutka tai -kamera). Projektin alussa oli myös esillä laitteiston siirrettävyys, mutta kehittämämme järjestelmä ei tue helppoa siirrettävyyttä, koska ajoneuvotietokoneen ja kamerajärjestelmän asentaminen ja kalibrointi on liian työlästä. Toisaalta jatkuva kehittyminen ajoneuvojen anturoinnissa voi tulevaisuudessa tuoda ajoneuvoihin jo valmiiksi edellä olevien tietojen analysointiin ja mittaamiseen kykeneviä järjestelmiä.

## 6 Johtopäätökset

Raskaan liikenteen CAP-jatkokoulutusta varten kehitettiin kuljettajien ajotapaa seuraava tiedonkeruujärjestelmä. Tulosten tarkastelua varten luotiin tilastollisia jakaumanäyttöjä ja niistä koottiin ehdotus koulutuspaketiksi. Tiedonkeruu rakennettiin ACEV Oy:n ajoneuvotietokoneelle ja näytöt tehtiin heidän web-palvelun mukaisesti. Ehdotetussa koulutuspaketissa käytettiin taloudellisen ajon mittareita, joista merkittävä osa on jo web-palvelussa, sekä turvallisen ajotavan mittareita, johon uusina mittauksina tuotiin kameraan perustuvat ajovälin ja kaistaviivojen tunnistus, sekä Tiehallinnon tierekisteritietokannasta luettava nopeusrajoitustieto.

Tiedonkeruuseen ja loppusovellukseen valitut uudet mittaukset toimivat riittävän luotettavasti koulutusmateriaalin keruuta varten. Testiaineisto kerättiin TTS:n koulutusbussilla ja ajoa kertyi yhteensä noin 13 000 km. Merkittävin puute mittauksissa oli niiden huono kattavuus: nopeusrajoitukset koskevat vain Tiehallinnon teitä ja keräämässämme aineistossa löydettyjen nopeusrajoitusten kattavuus oli noin 30 %, kamera tunnisti riittäväällä luotettavuudella kaistaviivat noin 50 % kokonaisajomatkastasta, ja kameramittauksen perusteella pysyvä ajoväli luokiteltiin alle 7 sekunnin raja-arvon yhteensä 2 % osuudelle kokonaisajomatkastasta. Tämä

ajovälin pieni osuus selittyy sillä, että kuljettajat olivat peruskurssilaisia ja koulutusbussia ajettiin enimmäkseen muuta liikennettä hitaammalla nopeudella.

Projektissa kehitetty järjestelmä on tarkoitettu koulutukseen, jossa ajamista tulee enemmän kuin muutama tunti. Tosin se soveltuu myös sellaisiin koulutuksiin, jossa ajetaan tietty vakioireitti kahteen kertaan: ensin ennen koulutusta ja sitten koulutuksen jälkeen ja verrataan, mitä eroa ajoissa oli. Tällaisessa tapauksessa kouluttaja voisi ajaa myös mallilenkin pohjaksi, jotta saataisi vertailupohjaa. Kiinnostavinta ja hyödyllisintä olisi kuitenkin saada kerättyä useiden viikkojen aineisto, jolloin yksittäiset tilanteet eivät korostuisi aineistossa vaan päästäisiin arvioimaan ja kehittämään kuljettajan yleistä ajotapaa.

Testaukset osoittivat, että TTS voisi käyttää laitteistoa myös peruskoulutukseen tulevien oppilaiden opetuksessa. Peruskoulutettavat ajavat koulutuksen aikana useita kymmeniä tunteja; ajokorttia varten 30 h ja jos samassa ajetaan ammattipätevyys, ajetaan lisäksi 17 h tai 27 h riippuen kuljettajan iästä. Nykyisessä jatkokoulutuksessa taas ajomäärät saattavat liittyä pääosin testiradoille, jolloin aineistoa ei kerry normaaliliikenteestä.

Ajonaikaisella tiedonkeruulla on etuja verrattuna pelkkään luokkakoulutukseen tai ajosimulaattorissa tehtävään koulutukseen, koska analyysi ja koulutus voidaan kohdistaa kuljettajan toimintaan oikeassa työympäristössä. Lisäksi saadaan aikaa syventyä palautteen tarkasteluun ja hyödyntää palaute perusteellisesti koulutuksessa.

Ajotavasta kerättyä tietoa voitaisiin hyödyntää myös kuljetusyritysten jokapäiväisessä kouluttamisessa, jotta voitaisiin kehittää liikenneturvallisuutta edistävää ajotapaa. Tiedot kertyvät automaattisesti ja ne on nähtävissä annetuilla tunnuksilla netistä, jolloin sitä voidaan käyttää oman kehityksen seurannassa. Pitkän ajan seuranta ja vertailua varten kannattaisi eri mittaukset koota myös yhdeksi ajotapaindeksiksi.

## Liitteet

Liite 1: Lisämittauksia, joita ei tässä yhteydessä toteutettu

Liite 2. Nopeusrajoitusten tunnistaminen konenäöllä

Liite 3: Esimerkkikuvia tiedonkeruujaksolla ajaneiden kuljettajien ajoista

Liite 4: Esimerkkikuvia ylinopeusnäytöistä

## Lähdeviitteet

- Andersson G. & Nilsson G. (1997). Speed management in Sweden, speed, speed limits and safety. Swedish National Road and Transport Research Institute. Linköping. 1997.
- Anund A. (2006). Esitys Liikenneturvan seminaarissa 05/2007.
- EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI 2003/59/EY (2003)
- Kallberg V-P. (2002). Nopeusvalvonta – Liikenneturvallisustyötä käsijarru päällä? YTV:n Liikenneosaston seminaari Automaattinen nopeusvalvonta – tie turvalliseen liikenteeseen? Helsinki, 2002.
- Kallberg V-P. (2004). Pienten ylinopeuksien vaikutus liikenneonnettomuuksiin. Väylät & Liikenne 2004, Jyväskylä Paviljonki 13.–14.10.2004. Esitelmät. Suomen Tieyhdistys. Helsinki (2004), 404–409.
- Keskinen E. (1996). Why do young drivers have more accidents? In Junge Fahrer und Fahrerinnen. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M 52. Bergisch, Gladbach, Germany.
- Liimatainen H. (2007). Taloudelliseen ajotapaan kannustavat järjestelmät kuljetusyrityksissä. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto.
- Michon J.A. (1985). A critical view of driver behaviour models. What do we know, what should we do? In: L., Evans and R., Schwing (eds.) Human behaviour and traffic safety. New York: Plenum Press.
- Molen H.H. van der & Botticher A.M.T. (1987). Risk models for traffic participants: A concerted effort for theoretical operationalizations: In J.A., Rothengatter and R.A., de Bruin (eds.) Road users and traffic safety. Assen, The Netherlands: Van Gorcum.
- Nygård M. (1999). A method for analysing traffic safety with help of speed profiles. Tampere University of Technology. Department of Civil Engineering, Transport Engineering.
- Nylund Nils-Olof (2006). Raskaan ajoneuvokaluston energiankäytön tehostaminen – Yhteenvetoraportti 2003–2005.
- Ranney T.A. (1994). Models of driving behavior: A review of their evolution. Accident Analysis and Prevention, 26 (6), s. 733–750.
- Rauhämäki H., Viitanen L. & Liedes M. (2006). Raskaiden ajoneuvojen polttoaineenkulutuksen seurantajärjestelmien kehittäminen. Tutkimusraportti 63. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenne- ja kuljetustekniikan laitos.
- Suomen kuorma-autoliitto SKAL (2003). Sata askelta turvalliseen kuorma-autoliikenteeseen. Suomen kuorma-autoliiton Liikenneturvallisuus ohjelma. Helsinki 2003. <http://www.skal.fi/files/42/Liikenneturvallisuusohjelma.pdf> [viitattu 25.5.2007].
- Várhelyi A. (1996). Dynamic speed adaptation based on information technology: a theoretical background. Bulletin 142. Department of traffic planning and engineering, Lund University, 1996.

## **Liite 1. Lisämittauksia, joita ei tässä yhteydessä toteutettu**

### Punaisia liikennevaloja päin ajaminen

- Tunnistettava risteystyyppi ja liikennevalojen väri

### Olosuhteiden toteaminen

- Liukkaus: Luiston tunnistus esim. eri pyörien pyörimisnopeuksia tarkkailemalla -> ajonopeus suhteessa vallitseviin olosuhteisiin
- Näkyvyys: Sumun tiheyden mittausta -> ajonopeus suhteessa vallitseviin olosuhteisiin
- Ruuhkatilanteiden tunnistus

### Vaihtuvien nopeusrajoitusten noudattaminen

- Tieto vaihtuvan nopeusrajoitusmerkin näyttämästä nopeudesta ja vaikutusalueesta

### STOP-merkkien noudattaminen

- Tunnistettava monitoroitavaa kuljettajaa koskevat STOP-merkit

### Suuntavilkun käyttö

- Tunnistettava suuntavilkun käyttö ja paikat, joissa vilkkua pitäisi käyttää, toteutettiin kaistanvaihtojen osalta

### Lähestymisnopeus (ajonopeus esimerkiksi risteystä tai suojatietä lähestyessä)

- Tunnistettava suojatiet ja se onko suojatiellä tai sen läheisyydessä jalankulkija tai pyöräilijä ts. olisiko autoilijan syytä hiljentää. Edelleen olisi tunnistettava, että jalankulkija tai pyöräilijä on aikeissa ylittää tien eikä vain muuten vaan seisoskele suojatien läheisyydessä.

### Pysähtyminen suojatien eteen pysähtyneen auton viereen

- Tunnistettava suojatiet ja se onko auto pysähtynyt vai pysäköity
- Huomioitava kaistat ja mahdolliset liikennevalot

### Sivuttaiskiikkyvyys

- Sivuttaissuuntaisen kiihtyvyyden mittausta
- Matkustusmukavuus ja ajoneuvon kaatumisen riski

### Turvavyön käyttö

- Kuljettajan kuvaaminen tai tieto turvavyöhälyttimestä

### Matkapuhelimen käyttö ajon aikana

- Kuljettajan kuvaaminen

### Oikea ajoasento

- Kuljettajan kuvaaminen

### Konfliktitilanteiden analyysi

- Äkkijarrutustilanteiden tunnistaminen ja kuvaaminen

### Pitkien ajovalojen käyttö suhteessa ympäristön valaistukseen

- Tunnistettava, milloin pitkät ajovalot ovat päällä, mitattava valoisuus (valaistus) automaattisesti
- Valojen suuntaaminen on oltava kunnossa

Ajaminen ilman ajovaloja

- Tunnistettava, milloin ajovalot ovat päällä

Kuorman sidontaVakionopeudensäätimen käyttäminen

- Tunnistettava, milloin vakionopeudensäädin on päällä

Rullauksen osuus (kaasu ylhäällä)

- Tunnistettava, milloin rullataan

Kytkimen käyttö

- Tieto kytkimen käytöstä

Moottorijarrutus, pakokaasujarru tai muu hidastin

- Tunnistettava, milloin käytetään Moottorijarrutusta, pakokaasujarrua tai muu hidastinta

Tuulikuorma

- Tuulenopeuden mittaaminen



## Liite 2. Nopeusrajoitusten tunnistaminen konenäöllä

Näissä mittauksissa käytettiin kameraa IDS UI-1225LE-M, joka kytkettiin kannettavaan PC:hen USB liitännällä. Kamerassa on harmaasävy CMOS kenno kooltaan WVGA (752x480 pikseliä).

Kamera asennettiin VTT:n testiautoon (Opel Zafira) kuvaamaan tuulilasin läpi ja kuvasarjat kerättiin kannettavalle tietokoneelle. Liikennemerkkejä kuvattiin normaalilla ajonopeuksilla erityyppisillä teillä sekä päivänvalossa että pimeällä. Kuvaus tehtiin 30 fps taajuudella ja kuvasarjat myös tallennettiin tarkastusta varten automaattisesti nopeusrajoitusmerkkien kohdalta.

Objektiivina käytettiin sekä 8.0 mm että 6.5 mm polttovälillä olevia. Objektiivin aukko säädettiin mahdollisimman suureksi (noin F2.0), jotta valotusaika saataisiin lyhyeksi pimeälläkin kuvattaessa, tosin suurella aukolla ongelmana on kuvan terävyyden huonontuminen esim. voimakkaista sivuheijastuksista.

Ensimmäinen on-line sovellus tehtiin Windows Visual C++ 2005 ympäristössä, jolla päästiin reaaliaikaiseen laskentaan eli laskenta on nopeampaa kuin 50 millisekuntia kuvaa kohti. Ajettaessa 120 km/h nopeutta 50 millisekuntia vastaa 1,7 metrin siirtymistä kuvien välillä. Sovellus on siirretty myös Linux ympäristöön ja on testattu ACEVin Panther-PC ajoneuvotietokoneessa.

Nopeusrajoitusten havaitsemisen luotettavuudeksi todettiin noin 95 %. Aineisto oli kerätty syksyllä sekä päivä- että yöaikaan kuvattaessa. Tähän luotettavuuteen ei kuitenkaan päästä huonoissa olosuhteissa, kuten esimerkiksi talvella, kun lumi peittää osaa merkeistä.

Hyvissäkin kuvaolosuhteissa luotettavuutta huonontaa merkittävästi nopeusrajoituksen vaikutusalueen vaikea tulkinta. Päättävä rajoitus voidaan ilmoittaa poikkeavalla merkillä ja monesti vasemmalla puolen ajokaistaa. Toinen ongelma on erkanevan rampin nopeusrajoitus, jonka havaitsemisen yhteydessä täytyisi pystyä pääättelemään myös se ajokaista, jota pitkin jatketaan. Kuva-alue ei myöskään ollut aina riittävä laaja, kun käännetään jyrkästi risteyksissä ja uusi nopeusrajoituskilpi sijaitsee heti risteyksen kohdalla. Toisaalta kuva-alueen laajentaminen olisi huonontanut kuvan resoluutiota, jolloin kaukana olevia rajoituskilpiä ei olisi havaittu.

Näiden seikkojen johdosta arvioimme, että kamerapohjainen nopeusrajoitusten mittaus soveltuisi parhaiten muuttuvien valokilpien lukemiseen täydentämään tietokantaan perustuvaa nopeusrajoitusaineistoa. Muuttuvat rajoituskilvet sijaitsevat yleensä hyvällä näkyvyydellä ja suorilla tieosuuksilla, jolloin kuva-aluetta voitaisiin kaventaa ja kamera kohdistaa paremmin oletettuun rajoitusmerkin paikkaan. Niiden sijainti on myös merkitty Tiehallinnon tierekisteriin, jota voisi käyttää varmistustietona.

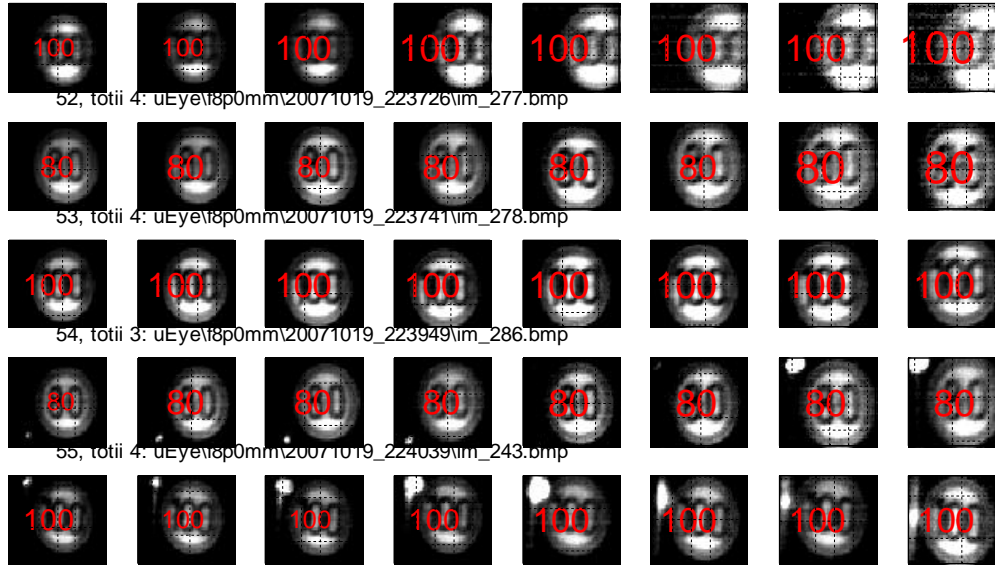


*Nopeusrajoitusmerkin kuvaamisessa käytetty koko kuva-alue. Seuraavissa kuvissa näytetään kuvasarjoja, jossa tunnistusalgoritmi on rajannut löytämänsä merkin alueen sekä tunnistanut nopeusrajoituksen.*

Seuraavissa kuvissa on esimerkkejä nopeusrajoitusmerkkien tunnistamisesta. Kullakin rivillä on sarja saman merkin peräkkäisistä kuvista ajettaessa sen ohi normaali nopeudella. Koko kuva-alue on huomattavasti laajempi, ja esimerkkeihin määritetty kuvan rajaus on tehty automaattisesti rajoitusmerkkiä tulkitsevalle sovelluksella (rajaus vaihtelee kuvakohtaisesti).



Nopeusrajoitusmerkkejä päivänvalossa. Kullakin rivillä on yksittäisen nopeusmerkin kuvasarjan tulokset peräkkäisistä kuvista. Tunnistusalgoritmin tulos näytetään punaisella numerolla.



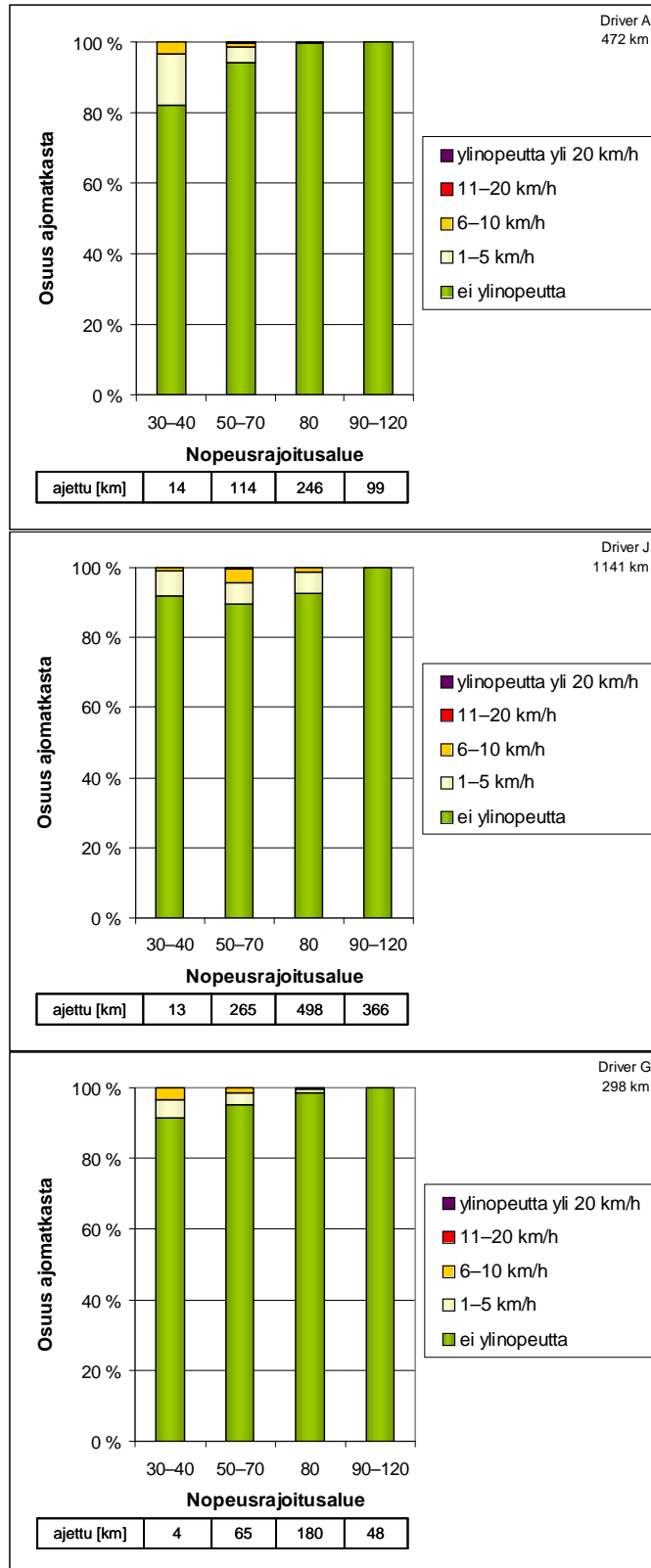
*Nopeusrajoituskilpiä yöaikaan kuvattuna.*



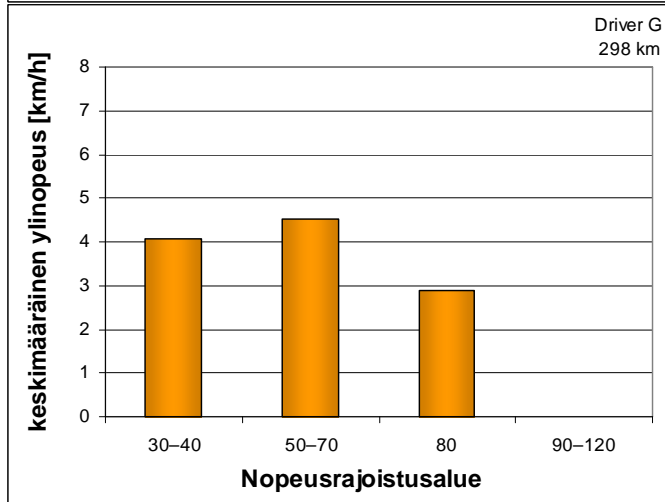
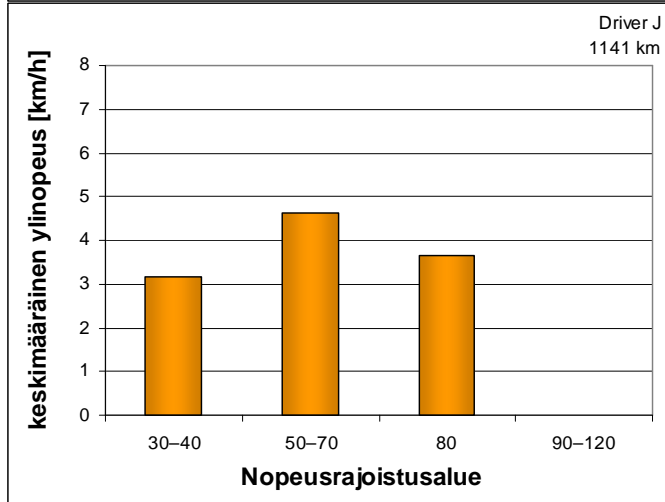
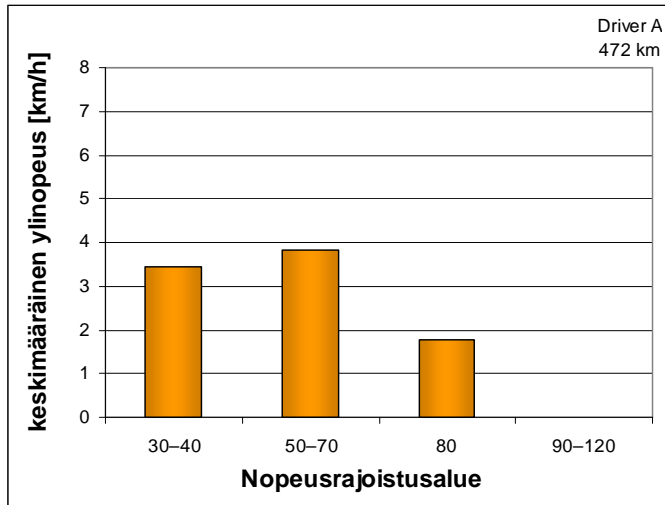
*Esimerkki koko kuva-alueelta yöaikaan, kun vastaantulevan ajoneuvon valot heijastavat. Oikealla etualalla näkyvä 80 rajoituskilpi pystyttiin tässä tapauksessa tunnistamaan on-line sovelluksella.*

## Liite 3: Esimerkkikuvia tiedonkeruujaksolla ajaneiden kuljettajien ajoista

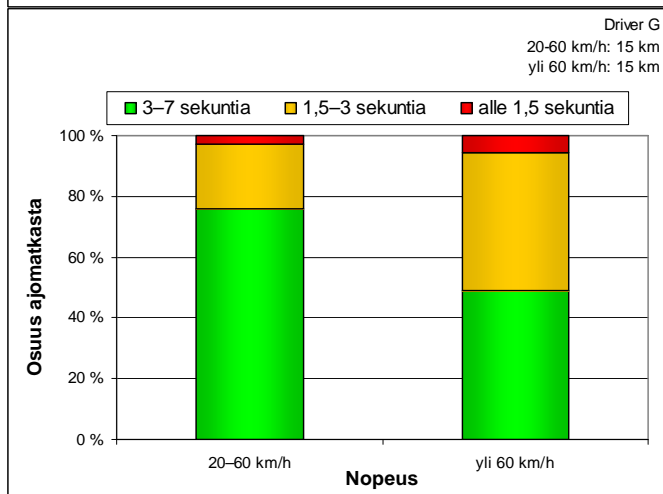
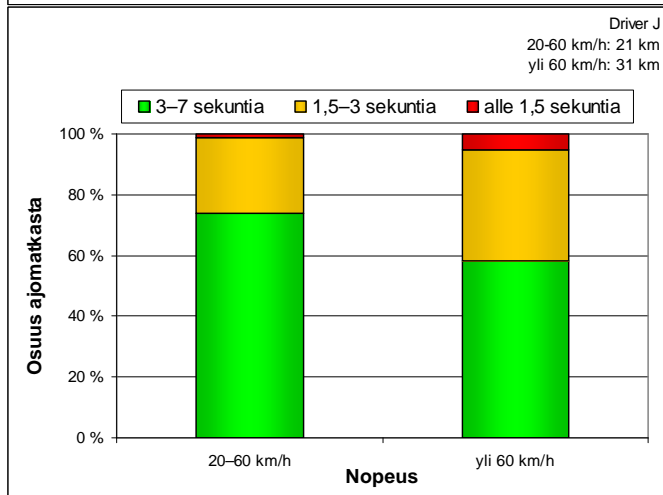
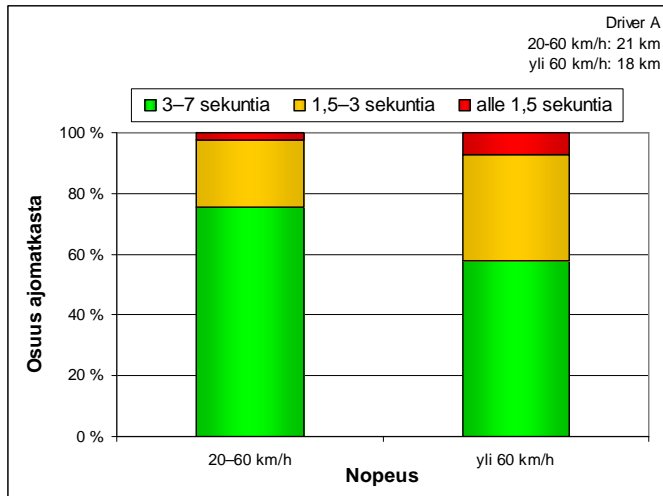
Ylinopeus nopeusrajoitusluokittain



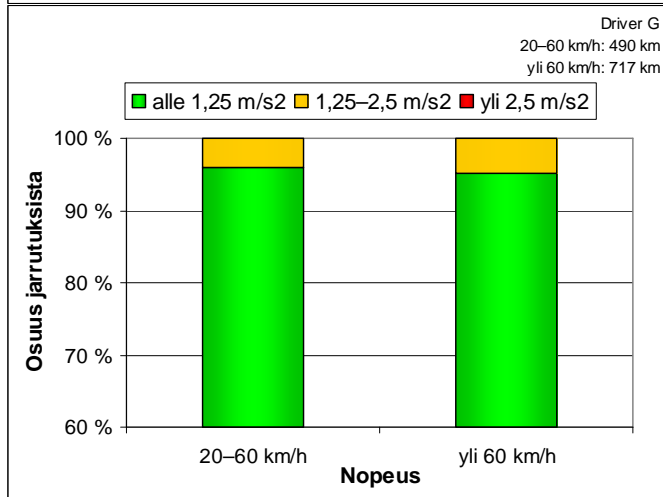
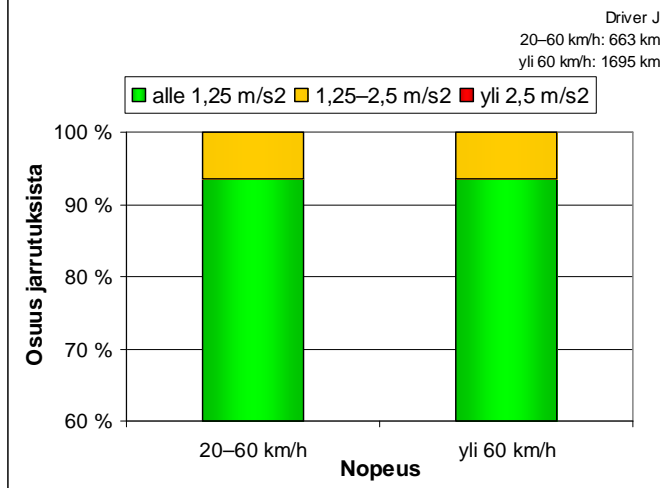
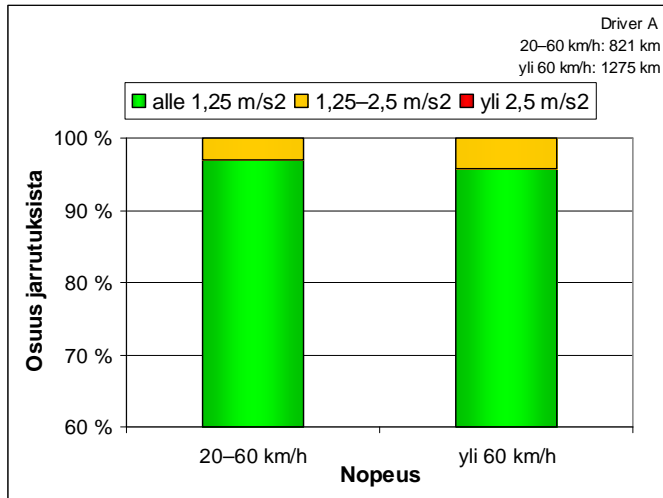
## Keskimääräinen ylinopeus nopeusrajoitusalueittain



### Ajoetäisyys edellä ajavaan

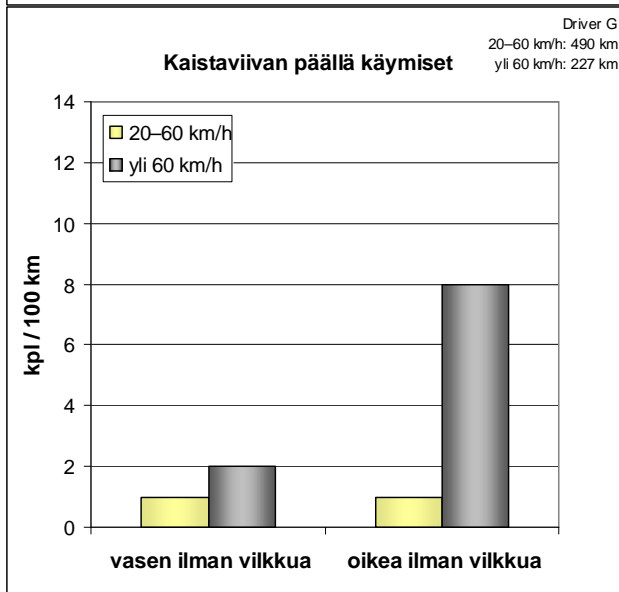
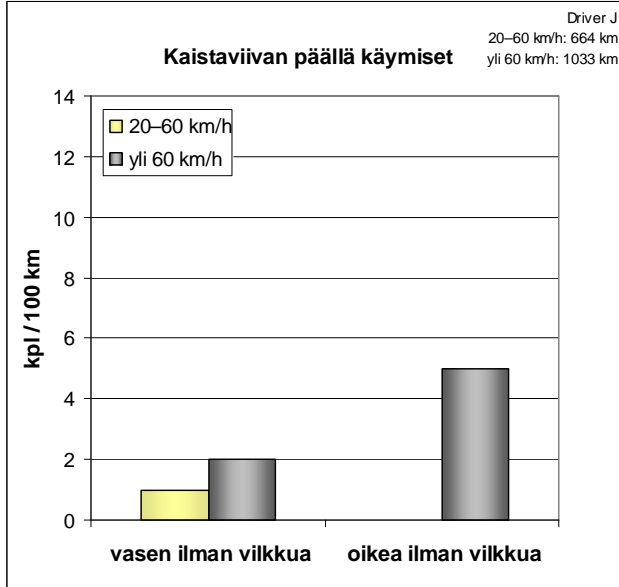
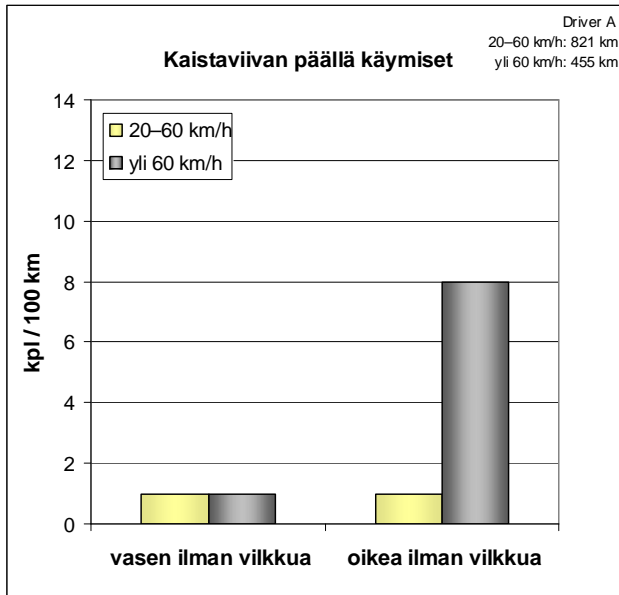


## Jarrutusten voimakkuus

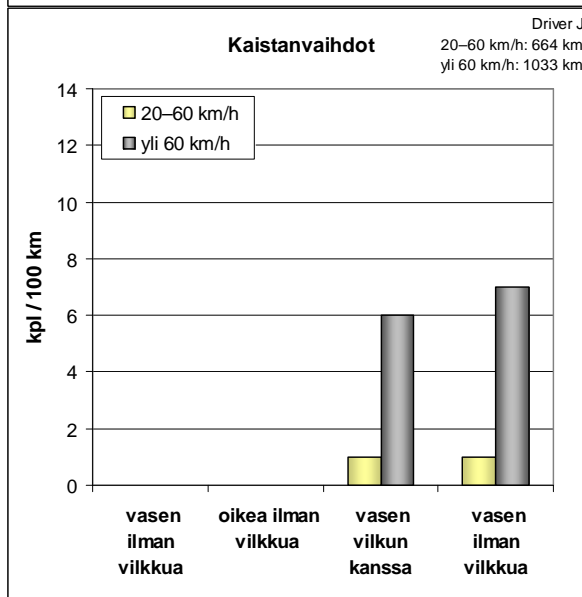
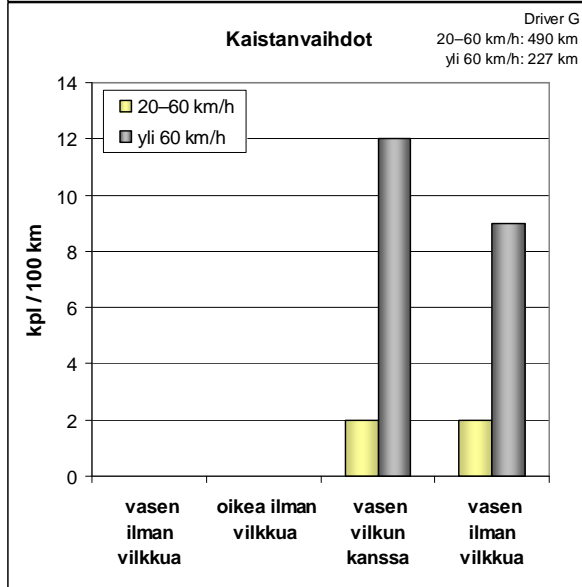
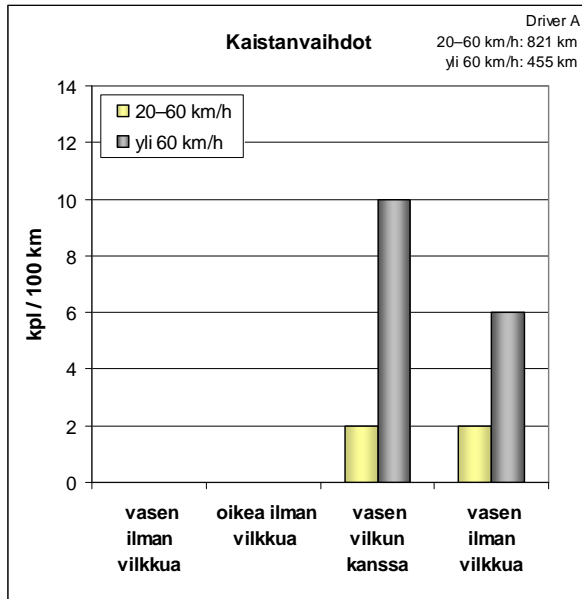




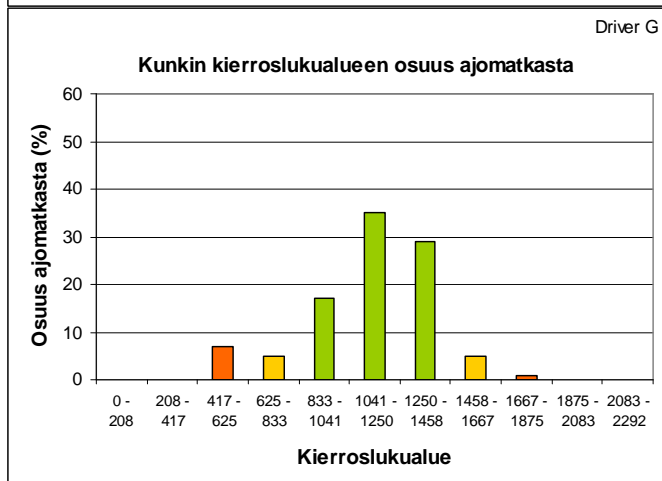
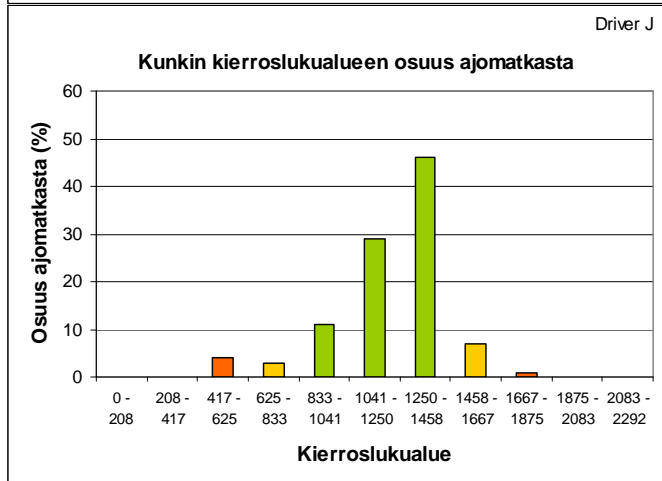
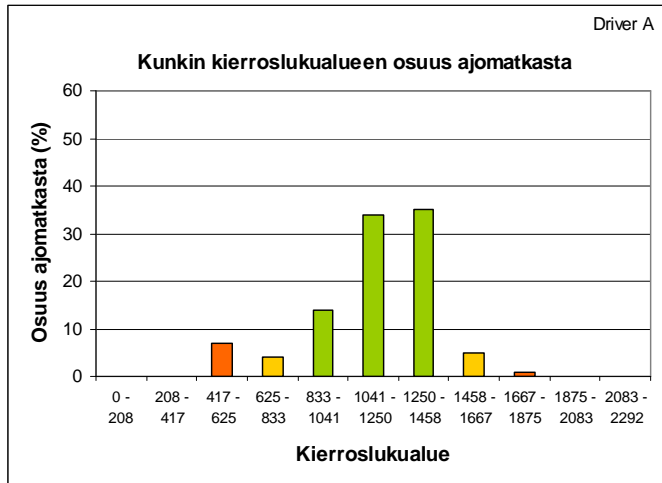
## Kaistaviivan päällä käymiset (vaihtamatta kaistaa)



## Kaistanvaihdot



## Kierroslukualueiden käyttö



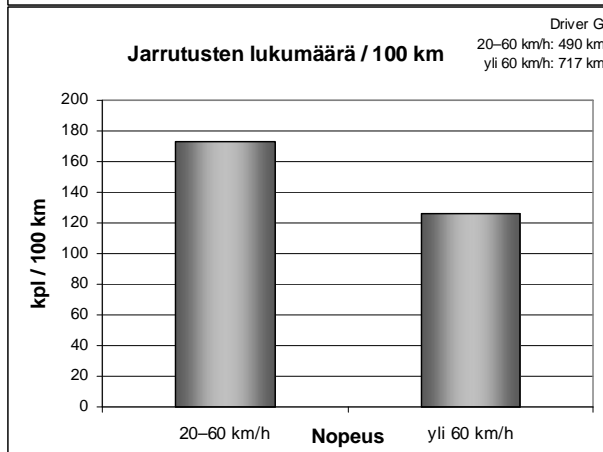
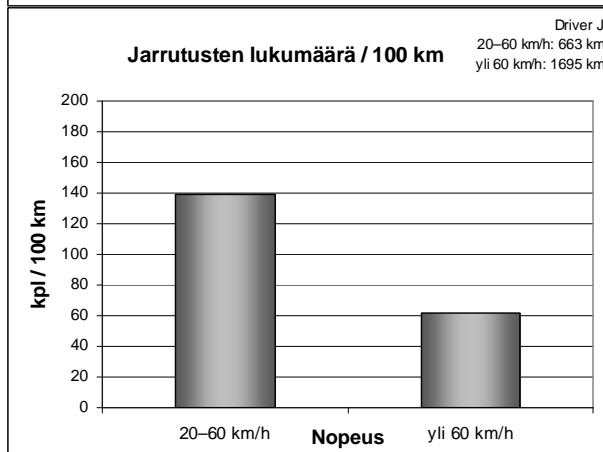
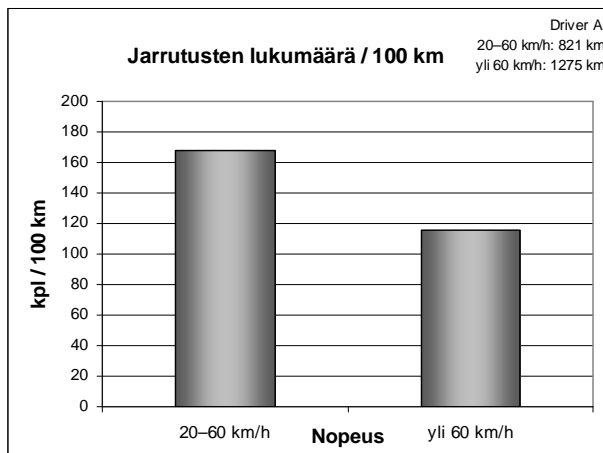
## Tyhjäkäynti

<b>Driver A</b>	
Tyhjäkäyntiä	21 [%] ajoajasta

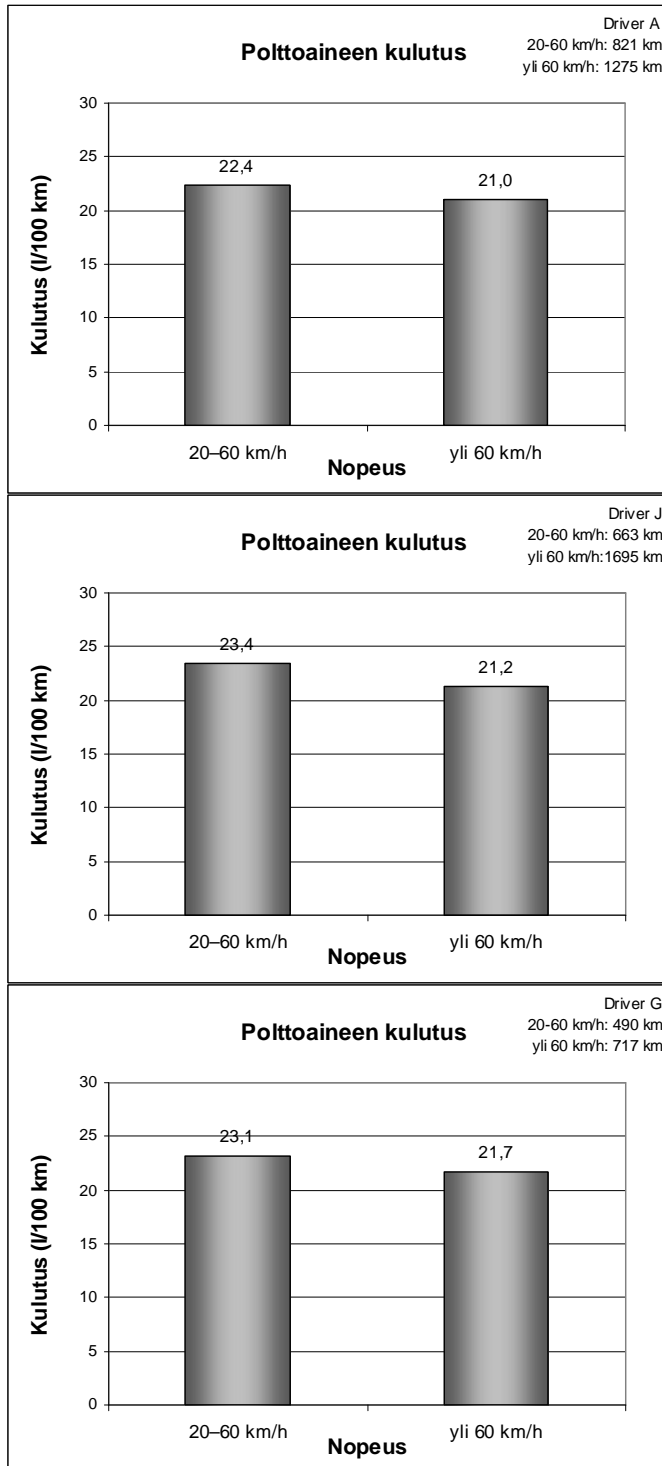
<b>Driver J</b>	
Tyhjäkäyntiä	26 [%] ajoajasta

<b>Driver G</b>	
Tyhjäkäyntiä	19 [%] ajoajasta

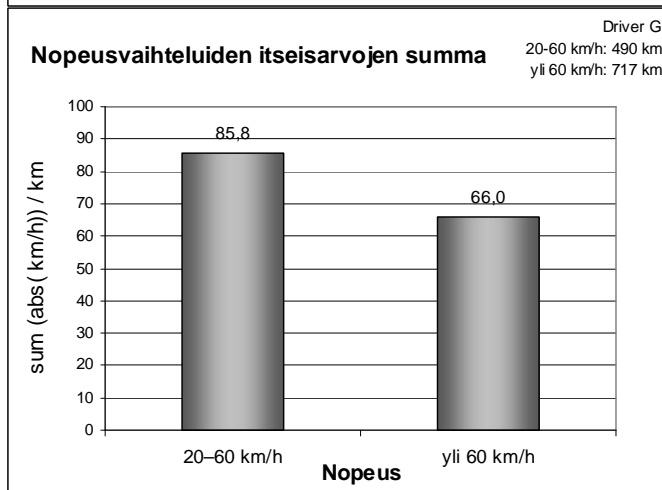
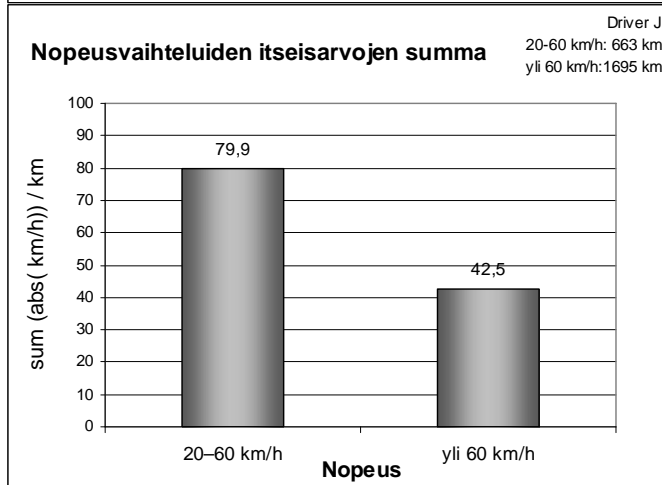
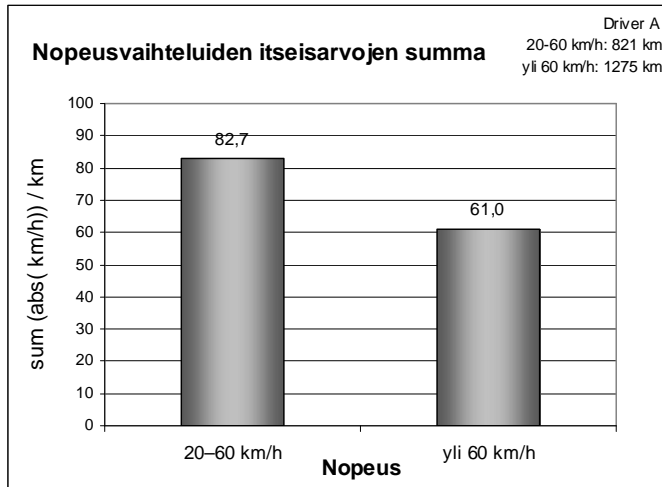
## Jarrujen käyttökertojen lukumäärä



## Polttoaineen kulutus



## Nopeuden muutosten itseisarvojen summa



## Liite 4: Esimerkkikuvia ylinopeusnäytöistä

Ylinopeuksien paikat ja tierekisteristä luetut vastaavat nopeusrajoitukset näkyvät palautekoosteesta oheisten kuvien mukaisesti. Tässä ylinopeudet on koottu koko puolen vuoden tiedonkeruujaksolta, koulutuksessa aineisto voidaan valita kuljettajakohtaisesti.

