

Joni Moilanen

Törmäystiedon tallentimet ja niiden käyttö autoteollisuudessa

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Tekniikan yksikkö

Auto- ja työkonetekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Kone ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja kuljetusalan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Joni Moilanen

Työn nimi: Törmäystiedon tallentimet ja niiden käyttö autoteollisuudessa

Ohjaaja: Mika Kumara

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 42

Tässä opinnäytetyössä käsitellään autoihin asennettavaa tiedonkeruujärjestelmää, "Event data recorderia"

Työssä käydään läpi laitteen toimintaa, teknisiä ratkaisuja ja sitä, kuinka laitetta voisi kehittää ja kuinka sitä käytetään nykyisellään onnettomuustutinnan apuvälineenä. Kyseinen laite on jo asennettu tehtaalla moneen amerikkalaiseen ajoneuvoon mutta, ei ole vielä pakollinen Euroopassa. Esimerkiksi Ford ja General Motors varustavat uudet autonsa tämänkaltaisella järjestelmällä. Työssä käydään läpi amerikkalaisen General Motorsin järjestelmä tarkemmin läpi ja tehdään suppeampi läpikäynti muiden valmistajien järjestelmiin.

Asiasanat: Autoilu, Tieliikenne, Henkilöautot, Autotekniikka

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automotive and Transportation Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Joni Moilanen

Title of the thesis: Event data recorder and its usage in the automotive industry

Supervisor: Mika Kumara

Year: 2010 Number of pages:42

This thesis deals with the event data recorder, commonly known as a black box. It is a data recording system installed in cars. It records the crash data.

In this thesis I will go through the operation of the system, technical innovations how it could be improved and how it is used as a tool by the accident investigators. Today it is installed in many American cars like Ford and General Motors. The main focus will be in the General Motors system because it is the most sophisticated. I will also go through the other systems, but not so widely

Keywords: motoring, highway traffic, passenger cars, automotive engineering

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

1 JOHDANTO.....	8
2 GENERAL MOTORSIN KÄYTTÄMÄ JÄRJESTELMÄ.....	10
2.1 Historia ja kehitys	10
2.2 Toiminta	13
2.3 Tietojen oikeellisuus ja virhemarginaalit.....	18
3 MUIDEN VALMISTAJIEN JÄRJESTELMIÄ.....	21
3.1 Ford.....	21
3.2 Daimler-Chrysler	23
3.3 Muut henkilöautot.....	24
3.4 Raskas kalusto.....	26
4 DATAN KERÄYS JA PURKU	29
4.1 Datan keräys	29
4.2 Datan purkaminen.....	29
4.3 Datan kerääminen GM:n järjestelmästä	30
5 PARANNUSEHDOTUKSIA	34
6 STANDARDOINTI	37
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	39
LÄHTEET.....	41

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

EDR-järjestelmä *Event data recorder (EDR) kerää tietoja ajoneuvosta ja sen toiminnasta. Laitteita on useita erilaisia, jotka keräävät erinäisen määrän tietoa. Perusversiot keräävät vain ajoneuvon kiihtyvyydestä (joko positiivisen tai negatiivisen), kun taas kehittyneemmät versiot keräävät tämän lisäksi myös kuljettajan hallinnassa olevia parametrejä, kuten jarrun sekä kaasun käyttöä ja auton turvalaitteita, kuten turvavöitä. (Event Data recorders [Viitattu 15.2.2010].)*

Deployment event Törmäystapahtuma, jossa turvavyö laukeaa

Near-deployment event Törmäystapahtuma, jossa turvavyö ei laukea

Diagnostic and Energy Reserve Module (DERM)

General Motorsin vuonna 1990 kehittämä järjestelmä, jolla kerättiin tietoa törmäyksestä

Sensing & Diagnostic Module

Vuonna 1994 kehitetty DERM:in seuraaja, joka oli kykeneväinen mittaamaan useampia arvoja.

Algoritmi Tarkasti määritelty päättyvä vaihesarja, jota seuraamalla voidaan löytää ratkaisuja ongelmiin

Rom Read only memory, muistityyppi, jota voidaan vain lukea

Ram	Random access memory, muistityyppi jota, voidaan sekä lukea että siihen voidaan kirjoittaa
EEPROM	Electrically Erasable Programmable ROM, muistityyppi joka lukemisen lisäksi voidaan tyhjentää ohjelmiston avulla
WOT (Wide open throttle)	Termillä tarkoitetaan täyskaasuasettoa, eli kaasupolkimen pohjaan painamista
NHTSA	National Highway Transportation Safety Association, Yhdysvaltain oma onnettomuustutkintakomissio
Maili	Pituuden yksikkö, 0,62137 km (Bauer ym. 2002, 21.)

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. SDM-yksikön toimintakaavio.....	14
Kuvio 2. Nopeuden muutoksia törmäystilanteen jälkeen.....	15
Kuvio 3. Muuttujien vaihteluita ennen törmäystilannetta.	16
Kuvio 4. Tietojen palautuslaitteiston kaavakuva.....	31
Kuvio 5. Vetronix laitteiston kaavakuva.....	32
Taulukko 1. EDR kehitysversioiden eroja.....	13
Taulukko 2. Muuttujien virheitä vuoden 1999 SDM-järjestelmästä.....	18

1 JOHDANTO

Autojen turvallisuuteen kiinnitetään enemmän huomiota kuin koskaan. Autonvalmistajat käyttävät suuria rahasummia turvallisempien autojen tavoitteluun. Siinä missä aikaisemmin autoihin lisättiin enemmän metallia turvallisuuden takeeksi, nykyään koetetaan tehdä autosta älykkäämpi, jolloin auto voi korjata ihmisen tekemiä virheitä. Tästä johtuen raudan tilalle on alettu asentaa ohjainyksiköitä, jotka tarkkailevat auton käyttäytymistä ja ohjaavat niitä tarpeen mukaan.

Kaikista teknisistä innovaatioista huolimatta autoa kuljettaa aina ihminen, jota paraskaan kone ei pysty ohjaamaan. Tämän takia autonvalmistajat ja lainsäätäjät ovatkin pohtineet tehokkaampia keinoja tallentaa tietoja auton käyttäytymisestä, jotta mahdollisen onnettomuuden jälkeen voidaan mahdollisimman tehokkaasti ja tarkasti päätellä mitä tapahtui.

Nykyisen anturiteknologian ansiosta auton ajonaikaista toimintaa onkin helppo seurata. Myös anturiteknologian kehittyessä voidaan autosta saada selville suurempi määrä ajonaikaista tietoa kuin koskaan ennen, joten tiedon kerääminen esimerkiksi onnettomuustilanteissa on tämän takia suositeltavaa. On myös huomioitavaa, että poliisilla, joka ensisijaisesti tutkii auto-onnettomuuksia, on entistä vähemmän resursseja käytettävissä nykyisen taloustilanteen takia. Tämän johdosta kaikki teknologia, joka helpottaa ajoneuvon tutkimista onnettomuustilanteessa ja sen jälkeen, on suotavaa ja jopa taloudellisesti kannattavaa. Tehokkaampi tutkiminen säästää rahaa nopeuttamalla tutkintaa ja vähentämällä tarvittavaa henkilökuntaa, koska EDR-järjestelmä pystyy mittaamaan sellaisia suureita, jotka aikaisemmin piti selvittää muulla tavoin.

Myös komponenttien ja massatuotannon siirtyessä halvempiin maihin voitaneen tulevaisuudessa kehittää järjestelmiin uusia, vielä nykyisin mittaamattomia mitta-parametreja. Esimerkiksi langaton tiedonsiirto voi tuoda ratkaisun useisiin erinäisiin nykyistä laitteistoa ja sen käyttöä koskeviin ongelmiin ja uusien parametrien tarkempaan mittaamiseen. Myös autonvalmistajat saavat hyödyllistä tietoa jo ta-

pahtuneista onnettomuuksista suunnitellessaan uusia mallejaan entistä turvallisemmiksi. Tässä opinnäytetyössä käydään läpi EDR-laitteiden kehitys, toiminta sekä ominaisuudet ja pohditaan laitteen mahdollista jatkokehittämistä sekä laitteen ongelmia.

2 GENERAL MOTORSIN KÄYTTÄMÄ JÄRJESTELMÄ

NHTSA:n kokoamassa raportissa "Recording Automotive Crash Event Data" General Motors Corporationin edustajat Thomas C. Mercer sekä Keith S. Schultz sekä NHTSA:n tutkijat Augustus "Chip" Chidester sekä John Hinch ovat koonneet kattavan paketin, sekä General Motorsin EDR-järjestelmästä, sen sisällöstä ja toiminnasta että myös tietojen käyttämisestä ja laitteistosta purkamisesta. Seuraavassa on tutustuttu General Motorsin EDR-järjestelmän historiaan, toimintaan ja virhemarginaaleihin.

2.1 Historia ja kehitys

General Motors esitteli ensimmäisen turvatyynyjärjestelmän lisävarusteena vuoden 1974 tuotantomalleihin. Järjestelmä koostui elektromekaanisista g-tasoantureista, diagnostiikkapiiristä joka tarkkaili turvatyynyjärjestelmän valmiutta sekä varoitusvalosta kojelaudassa joka ilmoitti mahdollisista vioista. Tiedon keräämiseen hyödynnettiin sulakkeita, joilla osoitettiin milloin laukaisukomento annettiin turvatyynylle. Turvatyynyjärjestelmän vikatilanteessa järjestelmä tallensi arvion ajasta kuinka pitkään autoa oli kuljetettu varoitusvalo syttyneenä. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.2.2010].)

Yhdysvaltalainen autoteollisuus ja paikallinen lainsäädäntö ovat olleet yhdessä vaikuttamassa siihen, että monet nykyaikana normaaleina pidettävät innovaatiot, kuten pakokaasujen puhdistukseen käytettävät katalysaattorit, ovat yleistyneet ja levinneet maailmanlaajuisiksi. General Motors onnistui jo tässä versiossa kehittämään suhteellisen yksinkertaisen tiedonkeruuyksikön, varsinkin kun otetaan huomioon 1970-luvun autoelektroniikan kehitys. On hyvin todennäköistä, että myös EDR-järjestelmien perustaksi otetaan General Motorsin järjestelmään perustuvat mittausarvot ja menetelmät.

Seuraava kehitysvaihe oli vuonna 1990 ilmestyneestä monimutkaisempi ”Diagnostic and Energy Reserve Modulesta (DERM)”. Tähän malliin oli lisätty lisäkapasiteettiä laukaisu-anturiin (arming sensor), joka estää turvatyynyjen laukaisun pienissä nopeuksissa sekä ”sulku-anturiin” (discriminating sensor), joka sulkee turvatyynyn piirin kolaritilanteessa. Lisäkapasiteetilla pystyttiin tallentamaan anturien sulkeutumisaikoja. Laite osasi myös lukea laukaisuhetkellä vallinneet vikakoodit. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.02.2010].)

Vuonna 1992 General Motors asensi 70:een Indycar kilpa-autoon kehittyneemmän tallentimen törmäysparametrien tallentamisen. Vaikka tallennin ei ollutkaan käyttökelpoinen massatuotantoon, saatiin sillä paljon uutta informaatiota ihmiskehon törmäyksen sietoon. Näitä tuloksia on sittemmin käytetty kilpa- sekä katuautojen turvallisuuden parantamiseen. Esimerkkinä mainittakoon tutkimus, Biomechanical Analysis of Indy Race Car Crashes, jossa selvitettiin kilpa-ajajan iskunkestävyyttä. Vuosilta 1993–1998 kerätty data osoitti, että hyvässä fyysisessä kunnossa oleva kilpa-ajaja selviytyy iskusta, joihin liittyy yli 60 mph:n nopeudenvaihtelu ja yli 100 g:n hidastuvuus. Mitatuista arvoista on sittemmin ollut hyötyä muun muassa biomekaniikan ammattilaisille heidän tutkiessaan ihmisten onnettomuudensietokykyä. Törmäystilanteista saadut tulokset ovat myös vaikuttaneet kilpa-autojen suunnitteluun. Erityisesti havaittiin tapahtuvan tasauspyörästäön pohjaamisesta aiheutuvaa tuntuvaa hidastuvuutta peräänajotilanteessa. Tämän johdosta suunniteltiin yksinkertainen ja kevyt törmäyksen vaimennin, joka yhdessä parannetun päänsuojauksen kanssa uskotaan vähentäneen vakavia loukkaantumisia vuoden 1998 kilpauudella. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.2.2010].)

Vuoden 1994 mallivuodelle aiemmin törmäyksen havaitsemiseen käytetyt useat elektromekaaniset kytkimet vaihdettiin elektronis-analogiseen kiihtyvyyssmittariin, jolla saatiin eliminoidua liikkuvat osat, sekä tietokonealgoritmiin, jotka integroitiin Sensing & Diagnostic Module (SDM) moduuliin. SDM laski ja varastoi myös ajoneuvon nopeuden törmäyshetkellä, josta voitiin päätellä törmäyksen voimakkuus. Tämän ominaisuuden avulla General Motorsin insinöörit saivat dataa suljetusta järjestelmästä, kun ajoneuvo oli osallisena turvatyynyn laukaisuun johtaneessa tapahtumassa tai ollessa osallisena törmäyksessä, johon liittyi pitkittäiskiihtyvyyden muutoksia eli voimakas hidastuvuus, muttei turvatyynyn laukeamista (niin sanottu near-deployment event). SDM:n myötä lisättiin myös mahdollisuus tallentaa dataa kuljettajan turvavyön käytöstä edellisen kaltaisissa tapahtumissa. Eräisiin vuoden 1999 General Motorsin malleihin lisättiin ominaisuus, jolla pystyttiin tallentamaan ajoneuvon eri järjestelmien tiloja muutamaa sekuntia ennen törmäystä. Järjestelmä tallensi ajoneuvon nopeuden, moottorin pyörintänopeuden, kaasupolkimen asennon sekä jarrukatkaisimen asennon (päälle/pois) viiden sekunnin ajalta ennen törmäystä. Tämä ominaisuus tuli lähes kaikkiin General Motorsin tuotteisiin muutaman vuoden kuluessa. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.2.2010].)

Taulukko 1. EDR kehitysversioiden eroja (Recording Automotive Crash Event Data [Viitattu 15.2.2010].)

Parameter	1990 DERM	1994 SDM	1999 SDM
State of Warning Indicator when event occurred (ON/OFF)	X	X	X
Length of time the warning lamp was illuminated	X	X	X
Crash-sensing activation times or sensing criteria met	X	X	X
Time from vehicle impact to deployment	X	X	X
Diagnostic Trouble Codes present at the time of the event	X	X	X
Ignition cycle count at event time	X	X	X
Maximum ΔV for near-deployment event		X	X
ΔV vs. time for frontal airbag deployment event		X	X
Time from vehicle impact to time of maximum ΔV		X	X
State of driver's seat belt switch		X	X
Time between near-deploy and deploy event (if within 5 seconds)		X	X
Passenger's airbag enabled or disabled state			X
Engine speed (5 sec before impact)			X
Vehicle speed (5 sec before impact)			X
Brake status (5 sec before impact)			X
Throttle position (5 sec before impact)			X

Table 1: Data Stored by Selected GM Airbag Systems

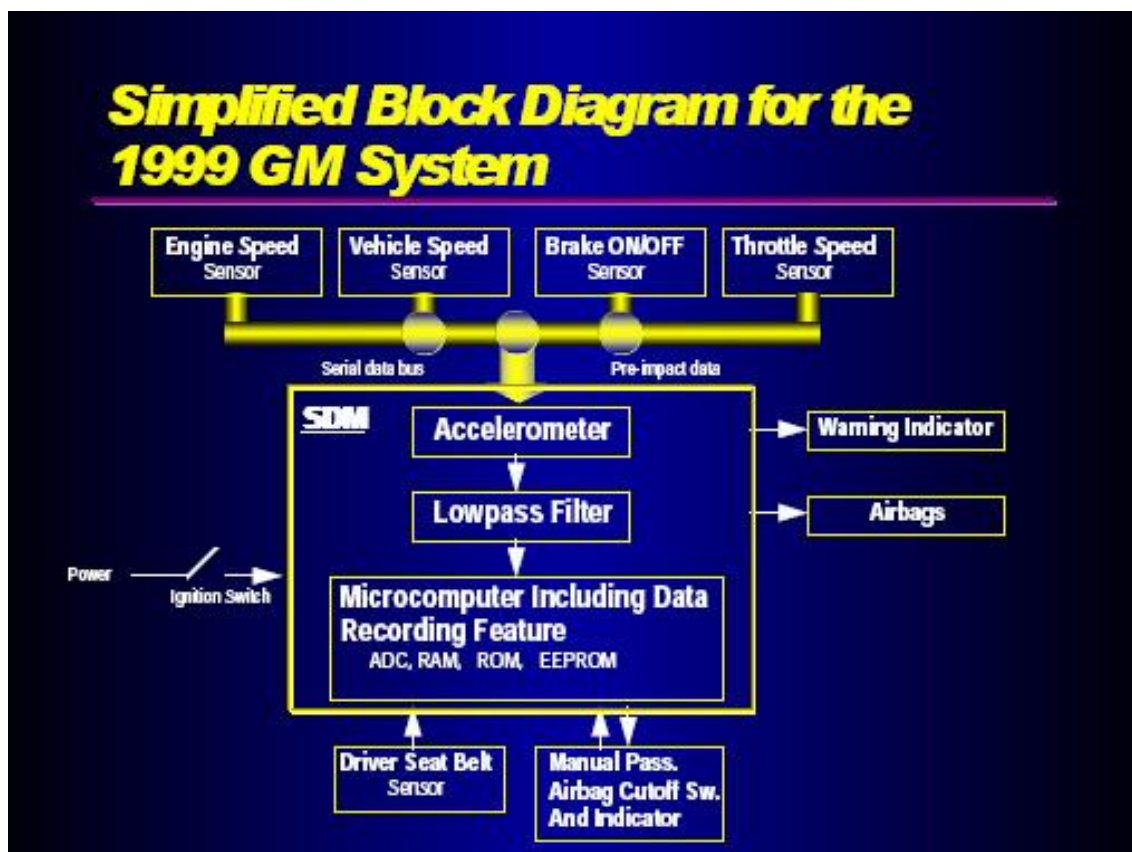
Taulukossa 1 on esitetty eri EDR:n kehitysversioiden mittaamia parametreja. Anturoinnin ansiosta nykyinen järjestelmä saa kattavaa tietoa sekä jarrujen että moottorin toiminnasta.

2.2 Toiminta

Järjestelmä käyttää ennustavaa algoritmia, jolla ohjainyksikkö päättää, laukaisaanko turvavyöyry törmäystilanteessa. Algoritmi perustuu järjestelmään syötettyihin kalibrointi-arvoihin, jotka on mitattu kyseisen ajoneuvon käyttäytymisestä erinäisissä törmäystilanteissa. Nämä arvot on tallennettu SDM-yksikköön. Ennustava algoritmi tekee päätöksen turvavyöyryjen laukaisusta tyypillisimmin 5-50 millisekunnin kuluttua törmäyksestä. SDM:n pitkäikäistä kiihtyvyyttä mittaavassa anturissa on alipäästösuodatin, joka on säädetty 400 Hz:iin. Tämä suojaa järjestelmää mahdol-

lisilta häiriöiltä, jotka voisivat laukaista turvatyynyn ennen mikrokytkimen syötettä. Tämä nimenomainen syöte lopulta laukailee turvatyynyn. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.2.2010].)

Tyypillinen SDM-yksikön mikrotietokone sisältää 32 000 tavua ROMia ohjelma-koodille, 512 tavua RAMia ja 512 tavua EEPROMIA. Joka 312 mikrosekunnin välein algoritmi tarkistaa kiihtyvyyssmittarin A/D-muuntimen (ADC) avulla hidastuvuutta. Kun kaksi onnistunutta otantaa hidastuvuudesta saavuttavat noin 2 g:n hidastuvuuden, algoritmi aktivoidaan ja tällöin turvatyyny laukeaa. Eli turvatyyny laukeaa, jos 624 mikrosekunnin ajan hidastuvuus on noin 2 g:tä (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.2.2010].)



Kuvio 1. SDM-yksikön toimintakaavio. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.2.2010].)

Kuviossa 1 on esitetty kaavakuva vuoden 1999 malliversion SDM-yksikön toiminnasta ja siihen vaikuttavista antureista. Itse yksikköön on sijoitettu kiihtyvyyssanturi sekä alipäästösuodatin ja mikrotietokone, joka tekee tarvittavat laskelmat. Moottorin arvot sekä jarrupolkimen asento tulee yksikölle sarjaliitännän kautta, kun taas turvavyötieto ja matkustajan turvavyön poiskytkennän tieto tulevat suoraan laitteelta. Vikatilanteessa laite sytyttää kuljettajalle varoituslampun kojelautaan.

Koska EEPROMin muistilla on omat tilarajoitteensa, SDM ei nauhoita todellista hidastuvuustietoa, vaan se saadaan laskennallisesti. Kuitenkin törmäyspulssin taajuus kiinnostaa törmäystutkijoita, sillä se ei tyypillisesti ylitä 60 Hz:n arvoa. Tällöin törmäyspulssi voidaan esittää matalan taajuuden nopeuden muutoksena. SDM laskee nopeuden muutoksen integroimalla keskimäärin neljä 312 mikrosekunnin mittaista kiihtyvyyssnäytettä ja tallentaa tämän 10 millisekunnin lisäyksen RAMiin (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.2.2010].)

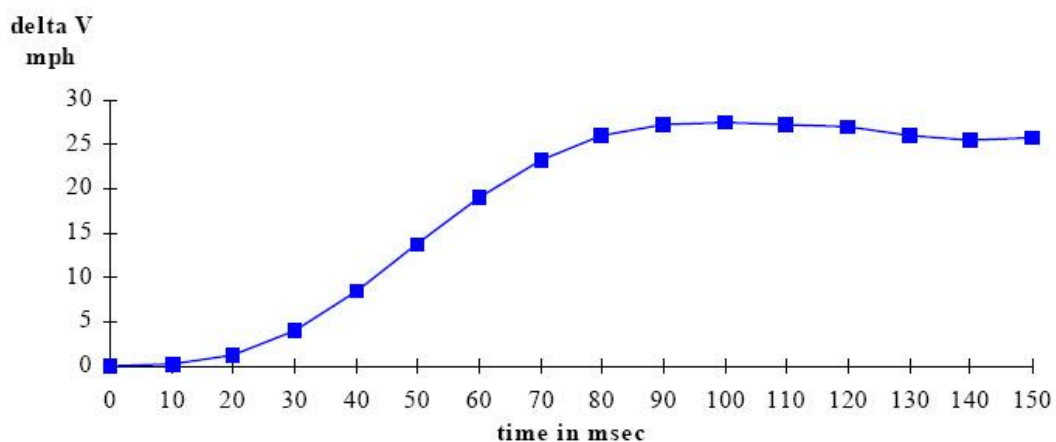


Figure 2: Post-impact ΔV vs. time

Kuvio 2. Nopeuden muutoksia törmäystilanteen jälkeen. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.2.2010].)

Kuviossa 2 on kuvattu kohtalaisen vakavan törmäyksen nopeuden muutoksen arvot jokaisen 10 millisekunnin jakson kohdalta. Monet muut anturit tarjoavat kuljettajan turvavyön tilan, ajoneuvon nopeuden, moottorin kierrosluvun, jarrujen tilan sekä kaasupolkimen asennon. Turvavyön signaali syötetään tyypillisimmin suoraan SDM:ään, kun taas muita antureita tarkkailee joku muu elektroniikkamoduuli, joka lähettää dataa sarjaliitännän kautta. Kaikista uusimmissa CAN-pohjaisissa

autoissa tieto siirtyy SDM-moduuliin juuri CAN-väylän avulla. Jos turvatyyny räjähtää tai tapahtuu niin sanottu near deployment event, jolloin turvatyyny ei räjähdä, viimeisen viiden sekunnin aikainen data tallentuu välittömästi algoritmin käynnistyttyä EEPROM:iin. Tyypillisesti near deployment event tapahtuu hitaissa nopeuksissa, esimerkiksi parkkipaikoilla. Kaikki tallennettu data voidaan myöhemmin palauttaa kannettavan tietokoneen ja tarvittavan ohjelmiston avulla. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.2.2010].)

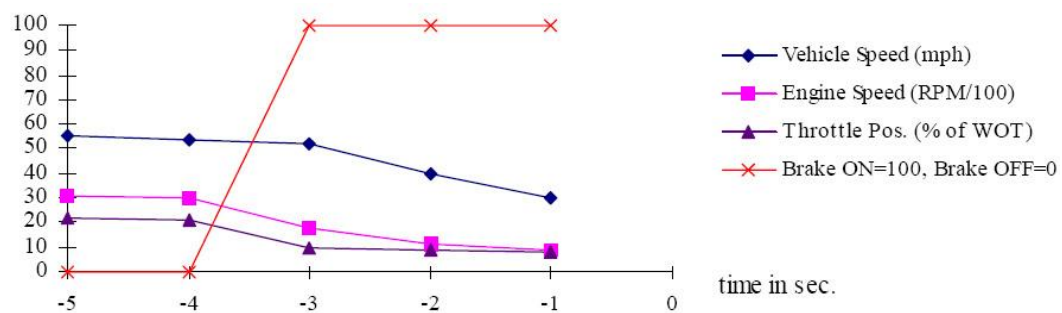


Figure 3: Pre-impact Vehicle Data vs. Time

Kuvio 3. Muuttujien vaihteluita ennen törmäystilannetta. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.2.2010].)

Kuviossa 3 havainnollistetaan eri muuttujien vaihteluita törmäystä edeltävältä ajalta ajan funktiona. Muuttujat ovat ylimmästä alimpaan.

- ajoneuvon nopeus maileina
- moottorin pyörintänopeus
- kaasupolkimen asento prosentteina täyskaasuasennosta
- jarrun asento. Tässä 100 on täysjarrutus ja 0 on jarruttamaton tila.

Kerätyn tiedon ymmärtämiseen tarvitsee hieman tietoa sarjaliitännästä ja SDM:n roolista. Ensinnäkin, sarjaliitäntä toimii liittimenä. Elektoriniikkamoduuli lähettää dataa vasta sitten, kun muutosta tapahtuu. Esimerkiksi moottorin pyörintänopeuden muuttuessa vähintään 32 kierrosta minuutissa (Rpm), moottorin ohjainlaite lähettää uuden kierroslukutiedon sarjaliitännän kautta.

Joka sekunti SDM tallentaa kaikista viimeisimmän anturidatan rengaspuskuriin (RAM), jokaista parametria tallennetaan viisi sekuntia. Kun turvatyyny laukeaa, puskuriin ei enää päivitetä tietoa. Algoritmin laukaisu tapahtuu epätahdissa anturidatan lähetyksen kanssa. Algoritmin laukaisu ja datan tallennus eivät siis tapahdu samanlaisessa syklissä, vaan algoritmi päivittää tilannettaan huomattavasti useammin kuin rengaspuskuri. Näin ollen dataa voidaan kelata taaksepäin jopa sekunti kerrallaan. Anturit pystyvät tunnistamaan myös käyttölaitteessa olevan vian ja lähettävät tämän tiedon SDM-yksikölle, joka taas antaa viasta tiedon kuljettajalle. Tietoväylä on rakentunut siten, että kaikki häiriöt sarjayhteydessä tallentuvat SDM:n muistiin. Turvatyynyn lauetessa kuljettajan turvavyön tila, matkustajan turvatyynyn manuaalinen ohitus (jos asennettu), vikavalojen tila ja laukaisuun mennyt aika tallentuvat väliaikaisesti RAM-muistiin. Kun 150 millisekuntia on kulunut algoritmin käynnistymisestä, RAMissa oleva data siirtyy EEPROMiin. EEPROM tarvitsee noin 0,7 sekuntia datan pysyvään tallentumiseen. Kun tieto on saatu kirjoitettua EEPROMIIN, sitä ei voi poistaa, muokata tai poistaa mitenkään. Niin kutsutussa near deployment event tapauksessa ajoneuvon nopeus, kierrosluku sekä joukko muita arvoja tallentuvat. Datatallentuminen EEPROM:iin riippuu nopeuden muutoksesta. Jos törmäystilanteessa saavutettu nopeuden muutoksen maksimiarvo on suurempi kuin edellinen nopeuden muutoksen arvo, tallentuu törmäystä ennen tallentunut data EEPROMiin. Near deployment event tallenne poistetaan joka 250 käynnistyskerran jälkeen, joka vastaa noin 60 päivän ajoa. Joka kerta kun algoritmi lähtee käyntiin eikä laukaisua tapahdu, SDM vertailee maksimaalista nopeuden muutoksen arvoa edelliseen tallennettuun arvoon ja täten päättää päivittääkö se near-deployment event dataa. (Recording Automotive Crash Event Data [Viitattu 15.2.2010].)

2.3 Tietojen oikeellisuus ja virhemarginaalit

Törmäystilanteesta saatava informaatio koostuu "irralisesta" ja "muuttuvasta" tiedosta. Irralliseen tietoon kuuluvat jarrupolkimen asento, matkustajan turvavyönnyn poistokatkaisimen asento (eli onko matkustajan turvavyönnyn käytössä vai ei) ja kuljettajan turvavyönnyn asento. Irrallinen tieto on siis sellaista, jota ei määritetä laskennallisesti tai mitaamalla. Muuttuva tieto pitää sisällään analogisen kiihtyvyyssiedon, josta nopeuden muutos lasketaan, ajoneuvon nopeuden, moottorin kierrosluvun ja kaasupolkimen asennon. Muuttuva tieto taas on laskennallista. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.2.2010].)

Taulukko 2. Muuttujien virheitä vuoden 1999 SDM-järjestelmästä. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.2.2010].)

Parameter	Full Scale	Resolution	Accuracy	How Measured	When Updated
ΔV	± 55.9 mph	0.4 mph	$\sim \pm 10\%$	integrated acceleration	recorded every 10 msec, calculated every 1.25 msec.
Vehicle speed	158.4 mph	0.6 mph	$\pm 4\%$	Magnetic pickup	vehicle speed changes by ≥ 0.1 mph
Engine Speed	16383 RPM	1/4 RPM	± 1 RPM	Magnetic pickup	RPM changes by ≥ 32 RPM.
Throttle Position	100% Wide open throttle	0.4 %	$\pm 5\%$	Rotary potentiometer	Throttle position changes by $\geq 5\%$.

Table 2: Accuracy and Resolution of Data Recorded

Yllä olevasta taulukosta nähdään, kuinka tarkasti ja millaisella virhemarginaalilla tietoa saadaan talteen. Taulukon muuttuvatyypiset tiedot on otettu vuoden 1999 mukaisesta SDM-järjestelmästä.

On olemassa kolme päälähdettä, joista arvioidaan nopeuden muutoksen virheitä. Ensimmäinen tulee SDM:n ja sen mikrokytkimien komponenteista. Näihin laitteistolementteihin kuuluvat kiihtyvyyssmittari, analogi-digitaali-muunnin (ADC), alipäästösuodatin ja signaalinvahvistin. Kiihtyvyyssanturit ja ADC ovat suurin syy jär-

jestelmässä esiintyviin virheisiin. Kiihtyvyyssmittarin tarkkuus on noin 8 % koko asteikosta, mikä tasoittaa nopeuden muutoksen virheen +4,5 mailiin tunnissa (mph). ADC:n virhe on noin 0,25 g, johon ei vielä ole sisällytetty kvanttikohinaa. Yli 150 millisekunnin tallennusaikavälillä ADC tuottaa maksimissaan +0,8 mph:n virheen. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.2.2010].)

Toinen nopeuden muutoksen virhe johtuu kokonaislukuihin perustuvasta aritmeettisestä tavasta esittää nopeuden muutos käyttämällä yksittäisiä databittejä. 56 mph:n raja-arvolle 7 bittiä tasoittaa tarkkuuden 0,438 mph:ksi. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.02.2010].)

Kolmas virhelähde, joka on vain vuoden 1999 mallista eteenpäin, tulee törmäystä tunnistavasta ja arvioivasta algoritmista, joka jatkuvasti "aiheuttaa" 1g:n leikkauskiihtyvyyden törmäystä vastakkaiseen suuntaan. Tämä estää tahattoman turvatyynyn laukeamisen, joka voisi aiheutua nopeuden muutoksen kerääntymisestä ajettaessa epätasaisella alustalla. Tästä johtuen algoritmi aliarvioi nopeutta 3,3 mph:ta 150 millisekunnin jaksolla. General Motors on parantamassa tätä vikaa ohjelmistopäivityksen avulla. Sillä aikaa tiedon purkutyökalu kompensoi leikkauksen. Pahimmassa tapauksessa nopeuden muutoksen kokonaisvirhe on 5,7 mph (4,5 + 0,8 + 0,4) 56 mph:n nopeudessa. RMS virhe on noin 1,53 mph. (Recording Automotive Crash Event Data,[Viitattu 15.2.2010].)

Neljäs vaikeasti oletettava virhe tulee virran hävitessä törmäystilanteen aikana. Vaikka SDM:llä onkin oma virtavarasto turvatyynyn räjäytykseen, on kuitenkin lähes mahdotonta taata, että se riittäisi kaiken tiedon tallentamiseen. Kuitenkin jos tietoa ei ehditä tallentaa, SDM ilmaisee tämän tallenteessaan. General Motors on kuitenkin panostanut siihen, että tiedot saataisiin mahdollisimman tarkasti ulos kovassakin törmäyksessä. Tähän on päästy tarkoilla komponentti- ja laboratoriotesteillä. Järjestelmän iskunkestävyyttä on erityisesti testattu sekä deployment event että near deployment event tapahtumissa. Törmäyستestejä on tehty useammanlaisia. Sellaisia joita käytetään autojen muunkin turvallisuuden testaamiseen ja sellaisia, joissa moottori on ollut osakaasulla. Tämä sen takia, että täten on voitu

mitata myös järjestelmän tallennuskykyä ennen törmäystä. General Motors on ryhtynyt yhteistyöhön NHTSAn kanssa, minkä tuloksena saataisiin kehitettyä uutta laboratoriovälineistöä ja mittauslaitteistoja, joilla NHTSA voisi suorittaa koeonnettomuuksia. Näillä kokeilla voitaisiin todeta, että kaikki järjestelmät ovat toiminnaltaan määräysten mukaisia. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.2.2010].)

3 MUIDEN VALMISTAJIEN JÄRJESTELMIÄ

General Motors ei ole ainoana kehittämässä EDR-järjestelmiä. Useat muut amerikkalaiset sekä japanilaiset autonvalmistajat tarjoavat vastaavia järjestelmiä omiin malleihinsa. Amerikkalaiset mallit ovat toiminnaltaan hyvinkin samankaltaisia keskenään, kun taas japanilaisten järjestelmiin on hyvin vaikea päästä käsiksi, sillä lukulaitteen saa ainoastaan tehtaalta pyytämällä. On kuitenkin huomioitavaa että General Motors on muita valmistajia lähes 30 vuotta edellä, sillä useat valmistajat ovat alkaneet kehittää omia järjestelmiään vasta 2000-luvun alkupuolelta. On hyvinkin mahdollista, että lainsäädännön muuttuessa myös eurooppalaiset autonvalmistajat ottavat vastaavanlaiset järjestelmät tuotantomalleihinsa. Tätä kehitystä kuitenkin hidastaa nykyinen taloudellinen tilanne ja kunnollisen, yhtenäisen lainsäädännön puuttuminen. Yhtenäisen lainsäädännön puuttuminen johtaa myös siihen, etteivät erilaisista järjestelmistä saatavat tiedot välttämättä ole vertailukelpoisia keskenään, sillä mitattavat parametrit ja niiden mittaustavat poikkeavat toisistaan jonkin verran. Yhdysvalloissa NHTSA on ottanut askeleen eteenpäin ja koonnut säännöksen, jossa mitattavat parametrit määritellään.

David J. King kirjoitti artikkelissaan ”Event Data Recorders: “Black Box” data sources in automobiles and trucks” kuvaksia eri valmistajien laitteiden eroista. Seuraavassa on koottuna keskeisimpiä eroja.

3.1 Ford

Ford on sijoittanut oman EDR-järjestelmänsä, jota se kutsuu restraint control moduleksi (RCM), samalla tavoin turvatyynyn yhteyteen kun General Motors. Fordin järjestelmä on aika uusi verrattuna General Motorsiin, sillä se tuli markkinoille vasta mallivuodelle 2001. Yksikkö mittaa kiihtyvyyttä pulsseina ja ilmaisee törmäyksen vakavuuden nopeuden muutoksena, samalla tavalla kuin General Motors. Eroa edellä mainittuun järjestelmään tulee mitattavista arvoista. Fordin vanhemmat järjestelmät eivät nimittäin mittaa ollenkaan arvoja ennen törmäystä ja turva-

tyynyn räjähtämistä. Mallivuodesta 2003 myös törmäystä edeltäviä arvoja on alettu mitata ja tallentaa. Tämä uusi innovaatio nimettiin powertrain control moduleksi (PCM). PCM tallentaa moottorin sekä jarrujen arvoja jopa 25 sekunnin ajalta ennen törmäystä. Fordin järjestelmä ei ole täysiverinen EDR-järjestelmä, sillä tallennettuja tietoja ei talleteta pitkäaikaiseen muistiin törmäyksen sattuessa, vaan uutta tietoa aletaan tallettaa heti kun virrat kytketään seuraavan kerran päälle. Tämä siinä tapauksessa, kun turvatyyny ei laukea. (Event Data Recorders: "Black Box" data sources in automobiles and trucks, [Viitattu 15.3.2010].)

Fordin järjestelmä on toki monipuolinen ja kattava, mutta tiedon kerääminen voi osoittautua erittäin hankalaksi, sillä tietoihin on päästävä käsiksi heti tuoreeltaan. Törmäykset, joissa turvatyyny ei laukea, eivät yleensä ole vakavia. Yleensä auto on jopa liikuteltavissa omin avuin. Tämän takia onnettomuuspaikka koetetaan saada tyhjäksi mahdollisimman nopeasti eli omin voimin liikkuvat autot pyritään siirtämään muualle. Tällaisissa tapauksissa arvokas törmäysdata jää keräämättä ja onnettomuuden tutkinta hankaloituu. Esimerkiksi Suomen tieliikennelaista löytyy pykälä 60, jossa asiaan annetaan yksiselitteinen ohjeistus

60 §

Onnettomuusajoneuvon siirtäminen. Onnettomuusjälkien säilyttäminen

Milloin ajoneuvo liikenneonnettomuuden jälkeen on jäänyt paikkaan, jossa pysäyttäminen tai pysäköinti on kielletty, onnettomuuteen osallisen tienkäyttäjän on huolehdittava ajoneuvon siirtämisestä mahdollisimman pian sopivaan paikkaan. Sama velvollisuus on kuljettajalla, milloin ajoneuvo moottorivian tai vastaavan syyn vuoksi on jäänyt tällaiseen paikkaan. Jos onnettomuudessa joku on kuollut tai vaikeasti loukkaantunut, onnettomuuspaikalla ei kuitenkaan poliisin luvatta saa siirtää ajoneuvoa tai muuten muuttaa olosuhteita, joilla voi olla merkitystä onnettomuuden selvittämisessä, ellei se liikenteen turvaamiseksi

taikka henkilöiden tai arvokkaan omaisuuden suojaamiseksi ole välttämätöntä. (Tieliikennelaki 3.4.1981/267, [Viitattu 15.3.2010].)

Jos EDR-järjestelmät yleistyvät myös Euroopassa, täytyisi myös lainsäädäntöä muuttaa onnettomuustutkinnallisia näkökulmia huomioivaksi.

3.2 Daimler-Chrysler

Daimler-Chryslerin EDR-järjestelmä, Occupant Restrain Controller (ORC), on vieläkin uudempi keksintö kuin Fordilla. Ensimmäisen kerran se asennettiin vuoden 2004 Dodge Durangoon. Vasta kolmen vuoden kuluttua, vuonna 2007, sitä alettiin asentaa myös muihin Dodge-malleihin. Järjestelmä eroaa radikaalisti Fordin ja General Motorsin järjestelmistä. Tietoa ei nimittäin tallenneta kuin vakavimmissa turvatyynyn laukaisua vaativissa törmäyksissä. Near deployment event data jää siis kokonaan järjestelmän ulkopuolelle. Mitattava tieto on kuitenkin kohtalaisen kattavaa, koska tallennettuihin tietoihin kuuluu pitkittäiskiihtyvyyttä, moottorin arvoja, lukkiutumattomien jarrujen toimintaa ja monia elektronisia laitteita, kuten ajonvakautuksen ja vakionopeudensäätimen tila. Kuten General Motorsilla, myös Daimler-Chryslerin laite tallentaa tietoa törmäystä edeltävältä viideltä sekunnilta. Arvoja tallennetaan 10 näytteen sekuntivauhdilla. (Event Data Recorders: "Black Box" data sources in automobiles and trucks, [Viitattu 15.3.2010].)

Daimler-Chryslerin järjestelmässä kulminoituukin yhteisen lainsäädännön huonot puolet. Törmäyksiä, joissa turvatyyny ei laukea, tapahtuu paljon useammin kuin laukaisua vaativia. Tästä johtuen suurin osa liikenne- ja ajoneuvoturvallisuuden kannalta oleellisesta datasta jää keräämättä. Yleensä Near deployment event tapahtuu juuri keskusta-alueella tai hyvin lumisissa olosuhteissa, joissa auto sinkoutuu tieltä pehmeään lumikinokseen. Tällaisista tilanteista saataisiin tärkeää tietoa esimerkiksi kaupunkinopeuksissa tapahtuviin törmäyksiin, jotka voivat olla joskus

erittäin sekavia. Toisaalta taas lumiset olosuhteet ovat hyvinkin petollisia ja tallennettu törmäystieto voisi auttaa päättäjiä muuttamaan tiestön kuntoa, ajonopeuksia sekä antaa autonvalmistajalle ensiarvoisen tärkeää tietoa, kuinka järjestelmä käyttäytyy liukkaissa olosuhteissa.

3.3 Muut henkilöautot

Myös muilla valmistajilla, kuten Hondalla ja Toyotalla on myös omat sovelluksensa EDR:stä. Toisin kuin yhdysvaltalaisilla kilpailijoilla, kummallakaan ei ole vielä onnettomuustutkijoille suunnattua tietojen palautusjärjestelmää. Valmistajalla itsellään on kyllä laitteistot saada tietoja mutta ainakaan Toyota ei niitä luovuta kuin NHTSA:n tutkijan kirjallista pyyntöä tai oikeuden määräystä vastaan (Event Data Recorders: "Black Box" data sources in automobiles and trucks, [Viitattu 15.3.2010].)

Petri Korhonen oli lehti-artikkelissaan "Toyota-autojen mustat laatikot eivät aukea Suomessa" haastatellut Toyotan Suomen maahantuoja. Maahantuojakaan ei ottanut kantaa, mihin autoihin laite on asennettu ja mitä se mittaa. Maahantuojan edustaja totesi, *ettei suomalaisten kolarien jälkiselvittelyyn mustista laatikoista ole apua. Toyota Motor Finland myöntää, ettei se tällä hetkellä pystyisi luovuttamaan tallentimiin kertyvää dataa edes poliisille. Maahantuoajalla ei nimittäin ole ainuttakaan sopivaa tietokonetta, jolla autojen tallennintietoja pääsisi lukemaan.*

Toyota on asentanut järjestelmää autoihinsa jo vuodesta 2001 alkaen. Mitattaviin parametreihin kuuluvat nopeuden muutos törmäystilanteessa sekä muiden valmistajien tapaan moottorin parametreja sekä jarrun käyttöön liittyvää tietoa. (Event Data Recorders: "Black Box" data sources in automobiles and trucks, [Viitattu 15.3.2010].)

Muun muassa Top Gear Magazine kertoo artikkelissaan ” Toyotas to get ‘black boxes’” Toyotan aloittaneen uudenlaisen EDR-järjestelmän kehittämisen. Syynä lienevät viimeaikaiset takaisinkutsut ja niiden aiheuttamien ongelmien tarkempi seuranta.

Siemens VDO on myös kehittänyt omaa järjestelmää, jolla saadaan kiihtyvyyssarvoja törmäystilanteessa. Autoilun makasiiniohjelma Fifth gear teki reportaasin kyseisestä laitteesta. Britannian onnettomuustutkijoita oli pyydetty lavastamaan onnettomuus kahden henkilöauton, Ford Escortin ja Renault Lagunan välille. Ennen tilanteen suorittamista Lagunan tavaratilaan oli asennettu Siemensin event data recorder, jolla tieto saatiin tallennettua. Laitteen avulla saatiin mitta-arvot ajoneuvon nopeudesta, kiihtyvyydestä, hidastuvuudesta sekä sivuttaiskiintyvyydestä. Laitteelle tallentuu myös tietoa ajoneuvon muista osajärjestelmistä, kuten valoista ja tuulilasinpyyhkijöiden toiminnasta. Laitteen tallennuskapasiteetti on verrattavissa muihin tässä työssä käytyihin järjestelmiin, ennen törmäystä tietoa tallentuu 30 sekuntia ja törmäyksen jälkeen 15 sekuntia. Kerätty tieto on siirrettävissä kannettavaan tietokoneeseen erillisen johdon avulla.

3.4 Raskas kalusto

Raskaiden ajoneuvojen passiivinen turvallisuus on vielä lapsenkengissä verrattuna henkilöautoihin. Turvavyöt ovat tulleet pakollisiksi varusteiksi vasta viimeisen 15 vuoden aikana eikä turvavyöni ole vielä saatavilla kuin joihinkin harvoihin yhdysvalloissa myytäviin laitteisiin. Tämän takia raskaan kaluston turvallisuuden seuranta onkin hyvin erilaista henkilöautopuoleen verrattuna. Päästövaatimusten kasvaessa moottorin ohjainlaitteet ovat kehittyneet erittäin monimutkaisiksi tiedonkeruu- ja tallennusjärjestelmiksi. Siksi lähes kaikki nykyiset autonvalmistajat käyttävätkin tuotteissaan jonkinlaista elektronista ohjainyksikköä, jolla moottorin parametrejä pystytään mittaamaan. Järjestelmää käytetään enimmäkseen diagnostiikkaan, huoltotarpeen määrittämiseen ja kuljettajan ajotavan seurantaan. Tämän lisäksi sillä voidaan tallentaa moottorissa vallitsevia olosuhteita. (Event Data Recorders: "Black Box" data sources in automobiles and trucks, [Viitattu 15.3.2010].)

Erillisen EDR-järjestelmän puuttumisen takia ainoat mahdolliset vihjeet tapahtumien kulusta löytyvät juuri tällaisesta ohjainlaitteesta. On huomioitavaa, ettei järjestelmä erittele törmäystä ja äkkijarrutusta toisistaan. Ongelmia tällaisessakin järjestelmässä on mitattavien parametrien yhtenäisen standardin puuttuminen. Kerättävä tieto on aina riippuvaista valmistajasta, ajoneuvon mallista ja valmistusajankohdasta. Kuitenkin lähes jokainen järjestelmä tallentaa jonkinlaisen tiedon äkillisestä renkaan pyörintänopeuden muutoksesta. Pyörintänopeus on laskennallinen arvo, joka lasketaan pyörän kehän halkaisijasta, vetopyörästön välityksestä ja vetoakselin pyörintänopeudesta. Laskettu arvo ei siis ole välttämättä kovinkaan tarkka, varsinkin jos vetävälle akselille on vaihdettu erikokoinen pyörä. (Event Data Recorders: "Black Box" data sources in automobiles and trucks, [Viitattu 15.3.2010].)

Kehittyneimmät ohjainlaitteet voivat tallentaa tietoa jopa minuutin ajan sekä ennen että jälkeen törmäystä ja lähes yhtä kattavasti kuin henkilöautot. Tietoa saadaan moottorilta, jarruilta ja elektroniikalta. Koska tietoa on sangen pitkältä ajalta sekä

ennen että jälkeen törmäyksen, voidaan helposti määrittää ajoneuvossa vallinneet olosuhteet törmäystilanteessa. Jostain syystä lähes kaikki moottorinvalmistajat ovat pitäneet tällaiset tiedonkeruujärjestelmät lisävarusteina, jotka on saatu aktivoitua vain ostajan niin halutessa. (Event Data Recorders: "Black Box" data sources in automobiles and trucks, [Viitattu 15.3.2010].)

Ennen vuotta 2005 moottorinvalmistaja Cummins on tarjonnut lisävarusteena "Road Relay"- järjestelmä, johon mahdollinen äkillinen hidastuvuus tallentui. Kuitenkin tällainen järjestelmä päättyi vain murto-osaan myydyistä tuotteista. Vuoden 2005 jälkeisissä moottoreissa järjestelmä on muutettu vakiovarusteeksi, ja ne kykenevät tallentamaan tiedot viimeisestä kolmesta "kovasta hidastuvuudesta". Järjestelmä aktivoituu joko kovassa jarrutuksessa tai erittäin rajussa onnettomuudessa eli tilanteessa, johon liittyy huomattavaa nopeuden muutosta. Tietoa tallentuu minuutin ajalta ennen tilanteen alkua ja 15 sekuntia tilanteen alkamisen jälkeen. Mitattavia arvoja ovat muun muassa moottorin pyörintänopeus, ajonopeus, moottorin kuormitus sekä kaasu- jarru- ja kytkinpolkimen asennot. (Event Data Recorders: "Black Box" data sources in automobiles and trucks, [Viitattu 15.3.2010].)

Detroit Diesel on käyttänyt vuodesta 1998 lähtien 60-sarjan moottoreissaan ohjainlaitetta, joka tallentaa tietoa kahdesta edeltävästä nopeasta jarrutuksesta ja viimeisimmästä paikalleen pysähtymisestä. Jarrutustilanteessa myös tämä järjestelmä tallentaa dataa minuutin ajalta ennen törmäystä ja 15 sekuntia törmäyksen jälkeen. Viimeisimmän pysähdystilanteen, esimerkiksi onnettomuuden, järjestelmä tallentaa 104 sekuntia dataa ennen törmäystä ja 15 sekuntia sen jälkeen. Tallennettavat tiedot ovat suurimmaksi osaksi samoja kuin Cumminsin vastaavassa. Huomioitavaa on se, että tämä data on varsin haurasta, sillä se poistuu muistista, kun autolla seuraavan kerran lähdetään liikkeelle. Tästä johtuen onkin tärkeää, että data luetaan heti törmäyspaikalla tai vahingoittunut ajoneuvo hinataan pois ennen seuraavaa käynnistystä. (Event Data Recorders: "Black Box" data sources in automobiles and trucks, [Viitattu 15.3.2010].)

Caterpillarin järjestelmä on ollut saatavilla lisävarusteena vuodesta 1997 ja se aktivoitiin vain asiakkaan pyynnöstä. Tämän takia moneen moottoriin tätä ei asennettu. Vuodesta 2007 asti se on ollut vakiovaruste kaikissa linjalta lähteneissä moottoreissa. Järjestelmä tunnistaa ”kriittisen moottorivaurion”, joka laukaisee tiedon tallennuksen. Tällöin se tallentaa tietoa 9,5 sekunnin jaksolta ennen ja 3,5 sekunnin jaksolta moottorivaurion jälkeen. Myös muista järjestelmistä tuttu nopeaan hidastuvuuteen perustuva järjestelmä on mukana ja se tallentaa dataa 45 sekuntia ennen tilannetta ja 15 sekuntia tilanteen jälkeen. (Event Data Recorders: “Black Box” data sources in automobiles and trucks, [Viitattu 15.3.2010].)

Kuorma-auto valmistaja Mackin järjestelmän mittaparametrit sekä mittausnopeus ovat käyttäjän määritettävissä. Oletuksena tietoa tallennetaan 16 sekuntia sekä ennen että äkillisen hidastuvuuden jälkeen. Tallennuksen alkamisperiaate on siis sama kuin muillakin valmistajilla. Tallennus tapahtuu aina 0,2 sekunnin välein. Ongelmia tuottaa saatavilla oleva seurantaohjelmisto, jolla tiedot voi halutessaan ladata koneelle. Tämän jälkeen ne tuhoutuvat. Kuitenkin valmistajalla ja virallisilla huoltokorjaamoilla on ohjelmistot, joilla tiedot voidaan ladata niitä tuhoamatta. (Event Data Recorders: “Black Box” data sources in automobiles and trucks, [Viitattu 15.3.2010].)

4 DATAN KERÄYS JA PURKU

4.1 Datan keräys

Onnettomuuspaikalle tultaessa laite täytyy ensin löytää. Jos laite on irronnut autosta, siinä on samankaltainen radiolähetin kuin lentokoneversiossa. Toiseksi täytyy todeta EDR-yksikön kuuluneen onnettomuusajoneuvoon. Tämä voitaisiin todeta esim. tallentamalla ajoneuvon VIN-numero yksikön muistiin, jota sitten voitaisiin verrata onnettomuusajoneuvoon.

Datan tehokkaaseen keräämiseen liittyy se seikka, että onnettomuustutkijan täytyy olla ensimmäisten yksiköiden joukossa, joka onnettomuuspaikalle saapuvat. Tämä jo senkin takia, että onnettomuuspaikka on mahdollisimman lähellä sitä tilaa kuin se oli onnettomuuden tapahtuessa. Myös se, että asiaa tuntematon saattaa pitää EDR-yksikköä vain tavallisena ohjainlaitteena, voi aiheuttaa sen, että yksikkö tuhoaan vahingossa. Tämä voidaan estää lentokonemaailmasta tutulla tavalla, siellä mustat laatikot ovat itse asiassa oransseja.

4.2 Datan purkaminen

David J. King kirjoitti artikkelissaan ”Event Data Recorders: “Black Box” data sources in automobiles and trucks” yleisesti saatavilla olevista laitteista joilla päästään lukemaan EDR:n tietoja. Sitä kutsutaan Crash Data Retrieval-järjestelmäksi (CDR) ja se on saatavilla Bosch diagnosticsilta (ei saatavilla Suomessa) Järjestelmä sisältää kaapelin, ohjelmiston ja liitäntämoduulin, jolla tietokone saadaan kommunikoimaan EDR:n kanssa. Riippuen auton kunnosta datan saanti onnistuu tai ei onnistu suoraan auton diagnostiikkapistokkeesta. Jos auton johdotukset ovat vioittuneet, EDR-yksikkö täytyy paikantaa ja mahdollisesti poistaa ajoneuvosta. Tällöin

data kerätään liittämällä liitäntämoduuli suoraan EDR-yksikön välille. Joissakin harvoissa tapauksissa, joissa itse EDR-yksikkö on vioittunut, mutta muistikortti on ehjä, voidaan muistikortti siirtää toimivaan EDR-yksikköön ja lukea data sitä kautta. Datan purkamista suositellaan vain koulutetuille henkilölle uusimmalla mahdollisella CDR-versiolla. (Event Data Recorders:“Black Box” data sources in automobiles and trucks, [Viitattu 15.03.2010].)

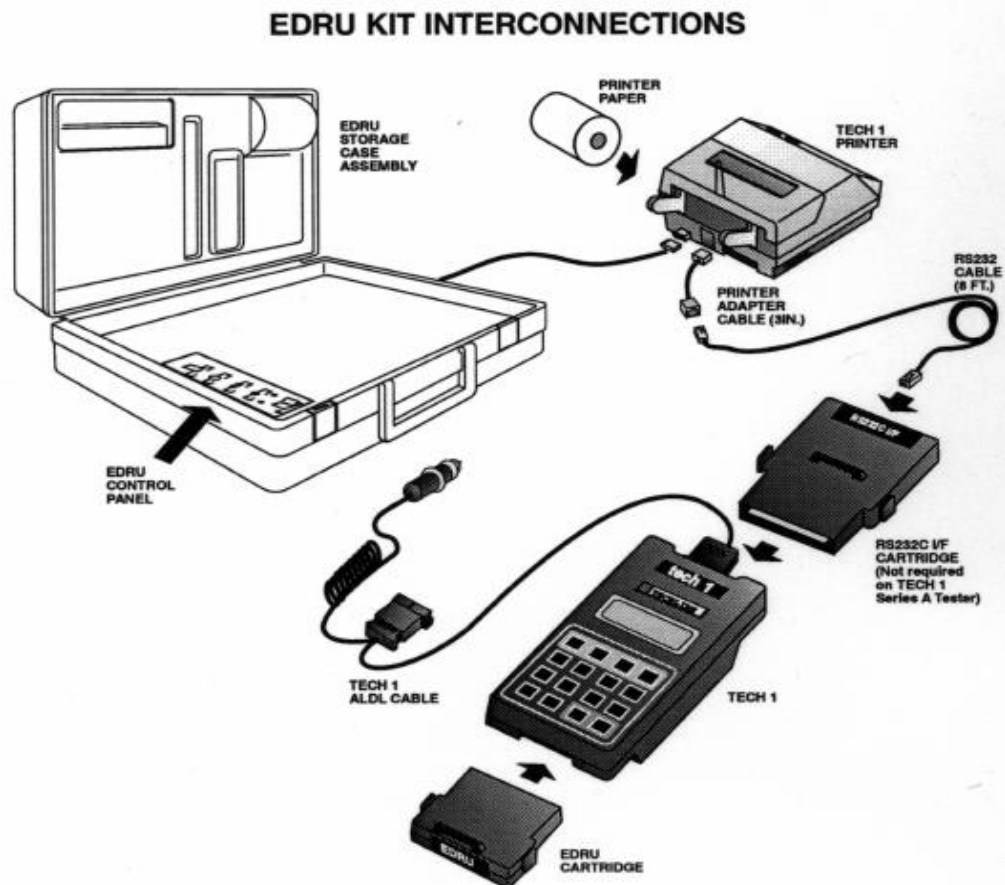


Kuva 1. Vaurioitunut EDR yksikkö (Event Data Recorders:“Black Box” data sources in automobiles and trucks, [Viitattu 15.3.2010].)

4.3 Datan kerääminen GM:n järjestelmästä

Tällä hetkellä GM käyttää yksinoikeudella tiedonkeruuyksikköä (Event Data Retrieval Unit), joka toimii standardoidun Tech 1-työkalun kanssa. Tällä yhdistelmällä voidaan ladata tietoa ajoneuvon diagnostiikkapistokkeesta. Dataa voidaan katsella suoraan Tech 1:stä tai tulostaa keruuyksikköön sisältyvän printterin avulla. Kaikki tieto on luettavissa heksadesimaalimuodossa. Jos ajoneuvo on kärsinyt merkittävää vahinkoa elektroniikkajärjestelmään, yksikön mukana tulevilla kaapeleilla tieto voidaan lukea suoraan EDR-yksiköstä.

Tällöin yksikön tarvitsema virta syötetään sille erillisestä, yksikön mukana tulevas-
ta virtalähteestä. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.3.2010].)
Järjestelmän toimintakaavio on esitetty kuviossa



Kuvio 4. Tietojen palautuslaitteiston kaavakuva. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.3.2010].)

Jotta EDR data saataisiin myös siitä kiinnostuneille tutkijoille, GM valitsi Vetronix Corporationin Santa Barbarasta, Kaliforniasta, kehittämään ohjelmiston ja yhdyskaapelin, joilla tieto saadaan ladattua suoraan kannettavassa tietokoneessa olevaan ohjelmistoon. Tutkijoille hyödyllinen data (esimerkiksi nopeuden muutos ja vöiden käyttö) tallennetaan ja esitetään standardoidussa muodossa insinöörimittaja käyttäen. Tieto, joka vaatii kokeneempaa tutkijaa, säilytetään heksadesimaalimuodossa. Työkalu antaa käyttäjän muuttaa muuta asiaankuuluvaa tietoa, kuten

tutkijan nimen ja siirtää tietoa ulkopuoliseen tietokantaan. Kuten myös nykyinen EDRU, valmistaja toimittaa virtakaapelit virrattoman EDR-yksikön käynnistämiseen törmäyksen jälkeen. Järjestelmä tuli markkinoille vuoden 1999 kesällä ja pääkäyttäjäkuntana ovat NHTSA:n ja GM:n onnettomuustutkijat. (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.3.2010].)

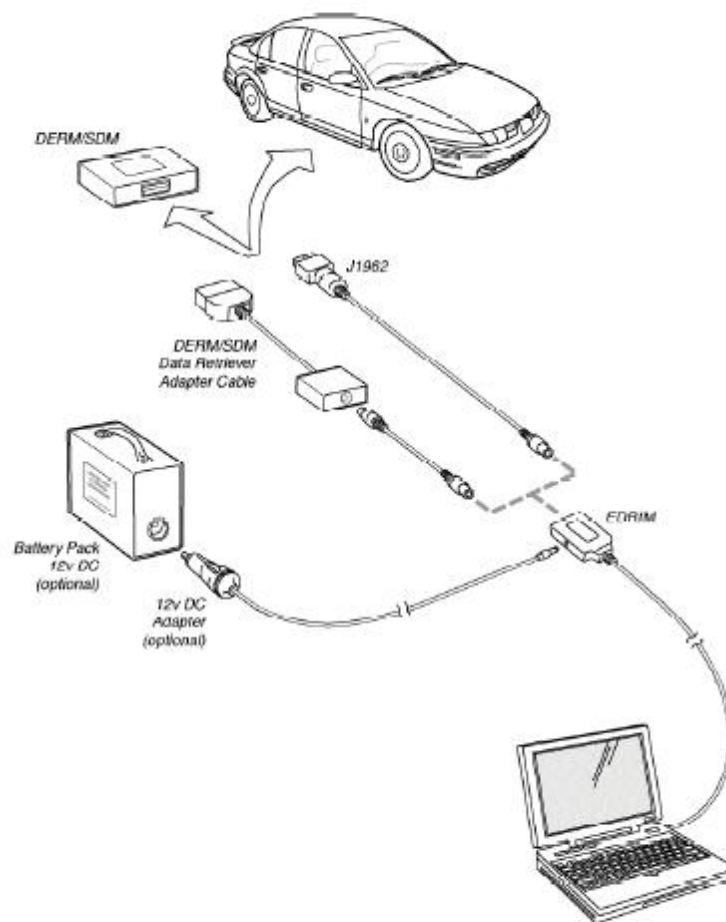


Figure 6: Vetronix Event Data Recovery System

Kuvio 5. Vetronix laitteiston kaavakuva (Recording Automotive Crash Event Data, [Viitattu 15.3.2010].)

Kuviossa 5 on esitetty kaavakuva Vetronix-laitteiston toiminnasta. Laitteisto sisältää tiedonkeruukaapelin, kaapelin, jolla virraton EDR-yksikkö saadaan toimintaan, ja lisävarusteena saatavan akkupaketin, josta virtaa syötetään. Laitteiston mukana

on myös yhdyskappale, johon sekä tiedonsiirto että virtakaapelit kytketään, minkä jälkeen kappale kiinnitetään kannettavaan tietokoneeseen.

5 PARANNUSEHDOTUKSIA

Voisiko laitteen tiedonsiirtoa suorittaa langattomasti esimerkiksi bluetoothin avulla? Onnettomuustilanteessa EDR-yksikkö voi katketa muusta tiedonkeruuväylästä eikä tällaisessa tilanteessa tietoa saada normaalia OBD-väylää pitkin ulos. Jos yksikössä olisi tällainen langaton tiedonsiirtomahdollisuus, onnettomuustutkiminnan ei välttämättä tarvitsisi alkaa etsiä usein hankalassa paikassa olevaa EDR-yksikköä. Tämä nopeuttaisi ainakin onnettomuustutkiminnan työtä. Bluetooth kuluttaa mitättömän vähän virtaa, joten vaikka ulkoisen virran saanti laitteeseen katkeaisikin, laite voisi olla pitemmän aikaa löydettävissä ja data kerättävissä. Bluetooth on mahdollista asettaa tilaan, jossa se yhdistää automaattisesti itsensä sitä hakevaan laitteeseen. Näin ollen itse fyysistä laitetta ei välttämättä tarvitse edes löytää, jotta dataa voitaisiin siirtää laitteesta myöhempää tutkimusta varten. Koska Bluetooth-yhteyksille voi asettaa salasanan, ulkopuolinen taho ei pääse tietoihin käsiksi. Bluetooth-yksikkö ei ole kallis moduuli asentaa laitteen kylkeen, joten lisäkustannuksia ei aiheudu paljoakaan. Bluetoothiin sisältyy myös omat ongelmansa. Sen kantama ei ole kovinkaan pitkä, joten vaikka itse laitetta ei tarvitse löytää, pitää sitä etsivän päästä muutaman metrin päähän itse laitteesta, jotta yhteys saataisiin toimimaan.

Autojen luistoneston parantuessa autonkuljettajat eivät välttämättä huomaa huonojakaan keliolosuhteita. Uudella ja nykyaikaisella luistonestolla sekä hyvillä renkailla varustettu auto saattaa olla vaativissa ajo-olosuhteissa vaarallisempi vaihtoehto kuin vanha ja kulunut auto. Tämä sen takia, että ihmisillä on taipumus luottaa liikaa teknologiaan. Tämän vuoksi he aliarvioivat vallitsevan ajoympäristön ja ajavat liian suurella tilannenopeudella keliin nähden. Tämä johtaa yleensä vaara- tai onnettomuustilanteeseen.

Olisikin hyvä, jos ajoneuvo voisi ilmoittaa, jos sillä ajettaisiin keliolosuhteisiin nähden liian lujaa. Varsinkin myöhemmissä kappaleissa lueteltuja paranetrejä mitaamalla voitaisiin saada erittäin luotettavaa tietoa ajoympäristön vaikutuksesta ajoneuvoon. Jokaisesta uudesta ajoneuvosta löytyy nykyään lämpömittari. Jos

tämän vierelle saataisiin vielä mittari, joka mittaa ilman suhteellista kosteutta, voitaisiin määrittää tarkasti, millainen ajoympäristö on. Kosteuden tarkka mittaaminen on vaativaa, varsinkin autossa, jossa ilmavirta saattaa sotkea mitatun tuloksen. Tarpeellinen tarkkuus saavutetaan asentamalla mittari puskurin sisäpuolelle, kuitenkin lähelle ilmakehää, josta kosteus on helppo mitata paikkaansa pitävästi.

Varsinainen kehitysehdotus olisikin se, että ajoneuvo voisi määrittää vallitsevan ajoympäristön, lämpötilan ja kosteuden mukaan raja-arvot pyörien luistolle, ajoneuvon sekä luiston avulla mitattavalle akselien sivuttais-siirtymälle eli sivuluisulle. Esimerkiksi sivuttais-siirtymän ylittäessä tietyn raja-arvon, joka olisi kuitenkin pienempi kuin mihin ajoneuvon oma luistonesto reagoi, ajotietokone voisi kertoa kuljettajalle, että tämä ajaa liian lujaa. Koska tulevaisuudessa autoihin saatavia navigaatiovarusteita tultaneen siirtämään vakiovarusteiksi, voitaisiin myös miettiä, saataisiinko navigaattoria toimimaan yhdessä EDR-järjestelmän mittareiden kanssa ja näin ollen varoittamaan kuljettajaa jo etukäteen liukkaasta kelistä. Toki mikään tietokone ei voi ennustaa tulevaa keliä, mutta esimerkiksi mutkaiselle tielle mentäessä, järjestelmä voisi analysoida tien profiilia eteenpäin ja senhetkisen ajoympäristön avulla antaa sopivat raja-arvot kyseiselle ajokelille.

Nykyisellä gps-teknologialla yhdistettynä langattomaan tiedonsiirtoon olisi myös mahdollista ilmaista viranomaisille onnettomuuspaikka. Tämä olisi erityisen hyödyllistä sellaisissa tapauksissa, jotka tapahtuvat kauempana pääteistä tai onnettomuuspaikka ei ole näkyvillä tiellä. Joillain saksalaismerkeillä tämänkaltaisia ratkaisuja on käytössä, esimerkiksi saksaan myydyissä Audi A8 henkilöautoissa on puhelin, joka yhdistää puhelun suoraan lähimpään hätäkeskukseen. Tämä toimii tapauksissa, joissa kuljettaja on vielä toimintakykyinen, mutta tilanteessa, jossa kuljettaja on menettänyt tajuntansa, voi avun nopea saanti ratkaista ajoneuvossa olevien selviämisen. Tämänkaltaisten autopuhelimien taajuuksia ei ole määritelty, tämän takia tällaiset järjestelmät toimivat usein vain kohdemaassaan.

Saksassa on vielä käytössä 450 mhz:n verkko, puhekielellä NMT-verkko. Suomessa tällaista verkkoa ei ole ollut enää pitkään aikaan. (Bauer ym. 2002, 882.)

Nykyiset järjestelmät keräävät tietoa lähinnä turvatyynyiltä ja auton kiihtyvyydestä. Näiden tietojen lisäksi olisi hyvä kerätä myös tarkempaa tietoa, jolla onnettomuuksia voitaisiin analysoida paremmin.

Tieto kääntyvien renkaiden asennosta olisi hyvinkin hyödyllinen tieto, tämän avulla voitaisiin määrittää onko, liikennettä vaarannettu ennen törmäystä, esimerkiksi kumia polttamalla tai muunlaisella voimakkaammalla kiihdytyksellä, jossa kuljettajalla ei välttämättä ole täyttä valtaa autonsa hallinnassa. Tällainen mittaus on kohdalaisen yksinkertainen suorittaa tarkkailemalla ohjausakselin asentoa. Helpoimmin tämä olisi toteutettavissa ohjauspylväeseen asennettavalla anturilla, joka mitaisi ohjauspyörän liikkeitä.

Liikkeentunnistus on toteutettavissa monin tavoin, mutta helpoin ja halvin ratkaisu voisi olla infrapuna-anturin käyttö. Samaan aihealueeseen liittyen voitaisiin myös tallentaa etu- ja taka-renkaiden keskinäistä pyörimisnopeuseroa, jolla nähtäisiin, onko kaikilla renkailla ollut pitoa ennen törmäystä.

Myös hyvin kiinnostava seikka on yleensä se, kuinka monta henkilöä on autossa ollut. Esimerkiksi uudet Toyota Corollat on varustettu anturilla, joka kertoo, onko etupenkillä matkustajaa ja tämän avulla sytyttää merkkivalon ja -äänen kojelautaan, jos turvavyö ei ole kiinnitettynä. Toyotan tapauksessa istuimeen on asennettu painotunnistin, joka laukeaa, kun istuimelle istuu yli 30-kiloinen henkilö.

Onnettomuustutkintaa, varsinkin ensivaiheissa, helpottaisi tieto, onko ajoneuvossa ollut myös matkustajia jotka ovat mahdollisesti sinkoutuneet pois ajoneuvosta törmäyksen aikana. Tämä voitaisiin mitata asentamalla anturit myös takapenkille, jolloin tämä asia ratkaistaisiin. Tällaista järjestelmää on pohdittu myös NHTSA:n raportissa Event Data Recorders, jossa EDR-järjestelmien sisältöä on määritelty.

6 STANDARDOINTI

The Insurance Institute for Highway Safety on sivuillaan listannut usein kysytyjä kysymyksiä EDR-järjestelmiin liittyen. Sivulla kysyttiin, minkälaista tietoa EDR-järjestelmän tulee tallentaa. Vastauksena sivuilla oli vastattu seuraavaa:

EDR-järjestelmä ei ole vielä missään maassa pakollinen varuste. Monet autonvalmistajat tosin asentavat sellaisen autoihinsa vapaaehtoisesti, sillä se on hyvä tiedonlähde uusien autojen kehittelyyn. Vuoden 2006 elokuussa NHTSA määritteli EDR-säännöksen, joka tulee voimaan vuoden 2013 alusta ja koskee vuoden 2013 ja sen jälkeisiä automalleja. Määräyksellä pyritään standardoimaan informaatio, jota EDR kerää ja näin ollen helpottaa tiedon keräämistä. EDR:ksi tunnistettavan laitteen tulee kerätä 15 erinäistä dataelementtiä, mukaan lukien ajoneuvon hidastuvuus. Kehittyneemmät järjestelmät voivat myös tallentaa tietoa moottorin ohjausmoduulista, lukkiutumattomista jarruista ja muista ajoneuvon osajärjestelmistä. Kansalliset lait määrittelevät jopa 30 dataelementtiä, joita tulee seurata. Autonvalmistajien tulee myös ilmoittaa, kuinka tieto kerätään järjestelmässä ja järjestelmästä täytyy olla myös maininta omistajan käsikirjassa. Seuraavassa on lista parametreista, mitä säännöksen mukaan ajoneuvoista tulisi kerätä:

- *eteenpäin kohdistuva törmäysnopeus*
- *suurin vaihtelu törmäysnopeudessa*
- *aika törmäyksen alkamisesta suurimpaan törmäysnopeuden vaihteluun*
- *ajoneuvon nopeus*
- *kaasupolkimen asento prosentteina*
- *mahdollinen jarrun käyttö*
- *tieto, oliko kuljettajalla turvavyö kytkettynä*
- *tieto, oliko turvatyynyn varoitusvalo päällä*

- *kuljettajan turvatyynyn laukaisu: Aika joka turvatyynyn laukaisuun meni tai aika, jolloin ensimmäinen turvatyyny laukaistiin (useamman turvatyynyn järjestelmät)*
- *etumatkustajan turvatyynyn laukeaminen*
- *törmäysten lukumäärä*
- *aika kahden ensimmäisen törmäyksen välillä, jos useampi törmäys tapahtui.*
- *tieto siitä saiko EDR tallennettu kaiken tiedon. (Q&As: Event data recorders [Viitattu 15.02.2010])*

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

On erittäin todennäköistä, että tulevaisuudessa EDR-järjestelmät tulevat yleistymään. Tekniikan ja ennen kaikkea lainsäädännön kehittyessä on hyvin mahdollista, että muutaman vuoden kuluttua jokaisesta autotehtaan tuotantolinjalta rullavasta autosta on mahdollisuus lukea tietoja törmäystilanteesta. Lainsäädännön ja ohjeistuksen puuttuminen tekee EDR:n yleistymisestä tällä hetkellä lähes mahdotonta, sillä kaikilla ajoneuvovalmistajilla on omat määritelmänsä, kuinka mitataan, mitä mitataan ja kuinka kauan. NHTSA on tähän jo EDR-säädöksessään paneutunut, mutta eurooppalaisesta lainsäädännöstä EDR-järjestelmät puuttuvat kokonaan. Laitteita on käytössä kyllä esimerkiksi Iso-Britannian poliisilaitoksella, mutta kukaan autonvalmistaja ei virallisesti ole asentanut laitteistoa sarjavalmisteesiin autoihinsa.

EDR-laitteet ovat kehittyneet huimasti 40 vuoden aikana pelkästä turvatyynystä, muutamasta releestä ja vikavalosta kojelaudassa teknisiin ja moderneihin tiedonkeruuyksiköihin, joilla voidaan ratkaista mitä erikoisempia törmäystilanteita, joihin ennen ei saatu yksiselitteistä vastausta. Vaikka EDR-laitteet eivät korvaa kokenutta onnettomuustutkijaa, voidaan niiden avulla saada tarkkaa tietoa sellaisista asioista, joihin tutkijat eivät ehkä ole huomanneet aikaisemmin kiinnittää huomiota. On myös mahdollista, etteivät he ole mittausteknisistä syistä johtuen voineet paneutua tarkasti onnettomuuden tiettyihin osa-alueisiin. Tulevaisuudessa autojen elektroniikan kehittyessä ja mitattavien parametrien kasvaessa saadaan törmäyksistä vielä nykyistäkin tarkempaa tietoa, joka siten auttaa autojenvalmistajia tekemään autoistaan turvallisempia ja kannustaa kaupunkeja parantamaan tiestöään siellä, missä sattuu paljon onnettomuuksia.

Tulevaisuus tulee näyttämään sen, kuinka helposti myös vakuutusyhtiöt lähtevät mukaan tukemaan EDR-laitteistojen asentamista. Tarkempi tieto onnettomuuksista vähentää vakuutuspetosten määrää, koska viranomainen lukee onnettomuuden tapahtuessa saatua tietoa.

Itse opin tätä opinnäytetyötä tehdessä uusia asioita niin onnettomuustutkinnasta, auton elektroniikasta ja jonkin verran myös elektroniikasta jota auton anturointiin ja sen keräämiseen liittyy. Oli mielenkiintoista tutustua yhdysvaltalaiseen lainsäädäntöön sekä miten se joissakin asioissa on eurooppalaista paremmissa kantimissa. Täten on selvää, että jos EDR-järjestelmä rantautuu joskus Eurooppaan, se vaatii meiltä työtä ja opastusta asianomaisille viranvalvojille. Kuitenkin jokainen onnettomuus on askel turvallisempaan matkailuun.

LÄHTEET

Bauer, H., Dietsche, K-H., Crepin, J. & Dinkler, F. 2002. Bosch: Autoteknillinen taskukirja. Haapaniemi, H. 6.Painos. Jyväskylä: Gummerus Oy.

Biomechanical Analysis of Indy Race Car Crashes. Ei päiväystä.[www-dokumentti]. [Viitattu 15.2.2010]. Saatavissa: <http://www.sae.org/technical/papers/983161>

Event Data Recorders. Ei päiväystä. [www-dokumentti]. [Viitattu 17.3.2010]. http://www.crashdataservices.net/files/NHTSA_CDR_Ruling_49_CFR_Part_563.pdf

Horrell, P. 22.3.2010. Toyotas to get 'black boxes'. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 24.3.2010].

Saatavana: <http://www.topgear.com/uk/car-news/toyota-black-box-2010-02-22>

How Bluetooth works. Ei päiväystä. [www-dokumentti]. [Viitattu 22.3.2010].

Saatavissa: <http://electronics.howstuffworks.com/bluetooth1.htm>

King, D. Syyskuu 2009. Event Data Recorders: "Black Box" data sources in automobiles and trucks. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 15.2.2010]. Saatavissa:

http://www.maceng.com/pdfs/MEA_King_EventDataRecorders_2009a.pdf

Korhonen, P. 6.3.2010. Toyota-autojen mustat laatikot eivät aukea Suomessa. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 24.3.2010].

Saatavana: <http://www.itviikko.fi/uutiset/2010/03/06/toyota-autojen-mustat-laatikot-eivat-aukea-suomessa/20103415/7>

Read only memory. Ei päiväystä. [www-dokumentti]. [Viitattu 17.3.2010]. Saatavissa: <http://www.pcguides.com/ref/ram/typesROM-c.html>

Recording Automotive Crash Event Data. Ei päiväystä. [www-dokumentti]. [Viitattu 15.2.2010]. Saatavissa: <http://www.nhtsa.dot.gov/cars/problems/studies/record/edr-ntsb-paper.pdf>

Tieliikennelaki 3.4.1981/267. Ei päiväystä [www-dokumentti]. [Viitattu 24.3.2010]. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1981/19810267>

Q&As: Event data recorders. Joulukuu 2009. [www-dokumentti]. [Viitattu 15.2.2010]. Saatavissa: <http://www.iihs.org/research/qanda/edr.html>