

Marko Iljinen

**AUTOTEKNIIKAN HAASTEET
PELASTUSALALLA**
Henkilö- ja pakettiautojen tekniikka

Opinnäytetyö
Auto- ja kuljetustekniikka


Helmikuu 2015




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 3.3.2015				
Tekijä(t) Marko Iljinen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Auto- ja kuljetustekniikka				
Nimeke Autotekniikan haasteet pelastusalalla, henkilö- ja pakettiautojen tekniikka.					
Tiivistelmä Tämän opinnäytetyön aiheena oli kerätä kaikki tieto erilaisista komponenteista henkilö- ja pakettiautoista, jotka mahdollisesti vaarantavat pelastajien työturvallisuutta, ja tehdä teorian pohjalta pelastajien koulutukseen tarkoitettu PowerPoint-esitys. Opinnäytetyössä selvitettiin käytännössä sellaisia seikkoja, joita vain on teoriassa vain tiedetty. Opinnäytetyön aineisto on kerätty autotekniikan kirjoista, internetistä ja pelastusopiston käyttämistä oppikirjoista. Opinnäytetyön aiheet on valittu haastattelemalla sopimuspalokuntalaisia ja pelastajia kuuntelemalla heidän toiveitaan sekä tietämystä autotekniikasta. Opinnäytetyössä tutkittiin ohjauspyörään asetettavien turvatyynyjen laukaisunopeutta ja laukaisuvoimaa suurnopeuskameraa apuna käyttäen. Tutkimuksessa todettiin, että turvatyynyn täyttymisnopeus on yllättävän hidas, mutta silti turvatyyny täytyy silmänräpäystäkin nopeammin. Opinnäytetyön toivotaan parantavan pelastajien ja sopimuspalokuntalaisten työturvallisuutta tieliikenneonnettomuuksissa. Mikäli yhdeltäkin työtapatuuralta vältetään tämän opinnäytetyön ansiosta, on opinnäytetyössä päästy tavoitteeseen.					
Asiasanat (avainsanat) Turvavarusteet, sähköauto, maakaasuauto, pelastajien työturvallisuus liikenneonnettomuuksissa					
Sivumäärä 64	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Kieli</td> <td style="width: 50%;">URN</td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table>	Kieli	URN	Suomi	
Kieli	URN				
Suomi					
Huomautus (huomautukset liitteistä)					
Ohjaavan opettajan nimi Kari Ehrnrooth	Opinnäytetyön toimeksiantaja Etelä-Savon Pelastuslaitos. Palomestari Kimmo-Pekka Korio				

DESCRIPTION

		Date of the bachelor's thesis 3.3.2015
Author(s) Marko Iljinen	Degree programme and option Automotive and transport engineering	
Name of the bachelor's thesis Challenges of automobile engineering in the field of civil protection, technology of passenger cars and vans.		
Abstract <p>This Bachelor's thesis was to collect all the information on different components of cars and vans, which could endanger the safety of rescuers, and make a PowerPoint presentation for the rescuers training based on the theory. The thesis studied in practice such relations to facts which were only known in theory.</p> <p>The material was collected from automotive engineering books, the internet and the use of rescue college textbooks. Thesis topics were selected by interviewing contract firefighters and rescuers, listening to their wishes and knowledge of automotive technology.</p> <p>This thesis examined the launch speed and power of air bag in steering wheel with the help of a high-speed camera. The study found that the speed of the airbag is surprisingly slow, but still the airbag inflates faster than the blink of an eye.</p> <p>This thesis is hoped to improve the rescuers' and the contract firefighters' safety in road accidents. If any of the work-related accidents are avoided thanks to this thesis, the thesis has achieved its goal.</p>		
Subject headings, (keywords) Safety equipment, electricity car, natural gas car, rescuers safety in road traffic accidents		
Pages 64	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Kari Ehrnrooth	Bachelor's thesis assigned by Rescue department of the Etelä-Savo, Fire Master Kimmo-Pekka Korio	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	ETELÄ-SAVON PELASTUSLAITOS	2
3	PELASTUSKORTTI	3
3.1	Pelastuskortin symbolien merkitykset	4
3.2	CRS, Crash Recovery System	7
4	TURVALAITTEET	10
4.1	Turvalaitteiden ohjainyksikkö	10
	Turvavyöt	12
4.2	Turvatyyny.....	15
4.2.1	Etururvatyyny.....	15
4.2.2	Muut turvatyyny.....	19
5	KORIRAKENNE	23
6	SÄHKÖ- JA HYBRIDIAUTO	25
6.1	Hybriditekniikka	26
6.1.1	Ajoakusto	28
6.1.2	Turvalaitteet	30
6.2	Sähkön vaarallisuus ihmisissä	31
6.3	Hybridi- ja sähköauton virrattomaksi tekeminen	32
6.4	Sähköautopalo.....	38
7	KAASUAUTO	39
7.1	Maakaasu	41
7.1.1	Turvallisuus.....	42
7.2	Nestekaasu	44
7.3	Polttokenno	45
8	ILMASTOINTILAITTEEN KYLMÄAINE	46
9	TUTKIMUS	47
9.1	Bensiinimoottorillisen henkilöauton haasteet.....	47
9.2	Turvatyynyjen laukaisuvoiman tutkiminen	51
10	YHTEENVETO	55
	LIITTEET	

- 1 Alkuperäinen mittauspöytäkirja
- 2 Pelastuskortin symbolit suomeksi

1 JOHDANTO

Vuonna 2003 julkaistiin Tapani Saarelan tekemä teos Pelastusopistolle, joka oli Tieliiikenneonnettomuuksien pelastustoiminta. Tämän teoksen lisäksi on julkaistu päivitetty oppimateriaali Pelastusopistolle, jonka on tehnyt Kirmo Savolainen vuonna 2011. Teoksessaan Savolainen on kerännyt tietoa niistä asioista, jotka ovat muuttuneet vuosien 2003 – 2011 aikana. Savolaisen teos on ensisijaisesti tarkoitettu pelastajien opetusta varten, mutta myös kentällä tapahtuvan koulutuksen sekä harjoittelun tueksi. [7, s. 8.]

Varallisuus on lisääntynyt eikä perheisiin riitä enää yksi auto, joten yksityisautoilu on jatkanut kasvuaan. Logistiikka on lisääntynyt enemmän tien päällä, jolloin raskaan liikenteen määrä on kasvanut koko 2000-luvun. Tieliiikenneonnettomuuksien todennäköisyys lisääntyy liikennemäärän noustessa, mutta liikenteessä sattuu suhteellisesti vähemmän kuolemaan johtavia onnettomuuksia kuin koskaan aiemmin. Onnettomuuksien väheneminen pitkälti seurausta parantuneista liikenneväylistä sekä ajoneuvotekniikka on parantunut. Nykyautoissa on paljon matkustajia suojaavia laitteita, jotka ehkäisevät onnettomuuksien syntymistä tai suojaavat onnettomuuden aikana, jotka voivat olla työturvallisuusriski pelastajille. [7, s, 8–9.]

Opinnäytetyöni tarkoituksena on kerätä tietoa autotekniikan tuomista haasteita ja vaaroista tieliikenneonnettomuuksissa pelastustoimissa. Työni on rajattu kevyeen kalustoon sähkö- ja hybridautot mukaan lukien. Opinnäytetyöni on tarkoitettu Etelä-Savon pelastuslaitoksen henkilökunnan ja sopimuspalokuntien koulutukseen. Opinnäytetyön virallisen raportin lisäksi raportin sisällöstä on tehty koulutuspaketti pelastuslaitokselle, jossa viikkoharjoituksen tai erillisen koulutuksen pitäjä saa kouluttajanoppaan tuekseen esittäessään tekemääni PowerPoint–diasarjaa.

Pähkinänkuoressa tavoitteena on kerätä mahdollisimman laaja tietopaketti yksin kansiin kaikista teknisistä komponenteista, joista saattaa olla vaaraa pelastajille kuin pelastettavillekin. Työssä on kerrottu melko tarkasti komponenttien toimintaperiaate ja niiltä tarvittava suojaus, jotta pelastajat ymmärtäisivät komponenttien toiminnan ja pelastajille jäisi alitajuntaan enemmän tietoutta työskennellä turvallisemmin.

Vaikka aiheesta on tehtykin pelastusopistolle jo kaksi opiskelumateriaalia, vanhemman teoksen sisältö ei vastaa juurikaan nykyaautotekniikkaa. Passiivisten turvalaitteiden perustoiminnot eivät ole juurikaan muuttuneet, mutta niiden ohjaus, sijainti ja määrät ovat lisääntyneet huomattavasti nykyajan autoissa. Savolaisen tekemä uudempi oppimateriaali pelastuslaitokselle vastaa jo enemmän nykyaautotekniikan sisältöä, mutta autotekniikan jatkuvan kehityksen myötä on opinnäytetyössäni otettu kehitykset ja tulevaisuuden näkymätkin huomioon.

Työssäni tutkin perusasioita tieliikennepelastamisessa, jotka vaikuttavat työturvallisuuteen. Tämä auttaa pelastajia ymmärtämään pelastusvälineiden sekä suojaimien käytön tarkoituksen ja tärkeyden. Lisäksi tutkin ohjauspyörään asennettavan turvavyöryntä laukaisuvoimaa, täyttymisnopeutta ja täyttymiseen kulunutta aikaa.

2 ETELÄ-SAVON PELASTUSLAITOS

ESPL eli Etelä-Savon Pelastuslaitos on yksi Suomen 22 pelastuslaitoksesta. Etelä-Savon kaikkien 14 kunnan alueella ESPL tuottaa pelastustoimen palvelut, jotka koostuvat erilaisista tehtävistä, joiden tarkoituksena on turvata kuntalaisten arkea ja auttaa hädässä. Pelastuslaitoksella on myös ensihoidon palveluita toiminta-alueellaan. [63.]

Etelä-Savossa on kolme ympärivuorokautisesti miehitettyä ja hälytysvalmiudessa olevaa paloasemaa Mikkelissä, Savonlinnassa ja Pieksämäellä. Osa paloasemista toimii sopimuspalokuntien voimin ja haja-asutusalueiden paloasemilla on pääsääntöisesti virka-aikana henkilöstöä paikalla ja virka-ajan ulkopuolella on varallaolojärjestelmä, joka perustuu sopimuspalokuntien varallaoloon. Palvelutasopäätöksessä on määritelty pelastuslaitoksen henkilö- ja kalustoresurssit. ESPL työllistää 225 vakituista henkilöstöä, ja vapaaehtoisia henkilöitä on mukana toiminnassa 1020. [63.]

ESPL:n hälytystehtävissä toimii vahva vapaaehtoisen joukko, joka pelastustoimintaa harjoittelevasta nuoriso-osastosta, pelastustoimintaa tukevista Palokuntanaisista ja pelastustoimintaan osallistuvasta miehistöstä. ”Vapaaehtoistoiminta pohjautuu sopimushenkilöstöön, joka työskentelee vapaaehtoisuuteen perustuvassa sopimuspalokuntajärjestelmässä, Vapaaapalokunnassa (VPK). Lisäksi on henkilökohtaisiin sopimuksiin

perustuvia sopimuspalokuntia sekä laitos- ja tehdaspalokuntia erityisriskikohteissa”. [64.]

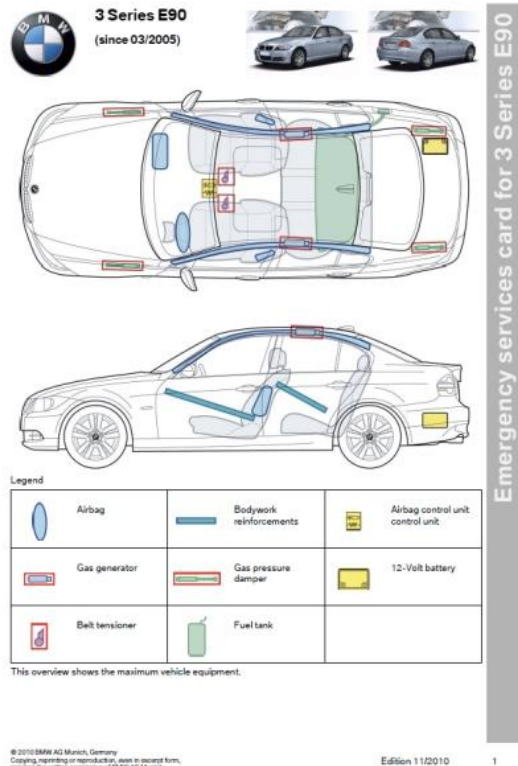
Sopimuspalokuntalaisten taitoja pidetään yllä viikkopaloharjoituksilla ja kurssimuotoisella koulutuksella, jotka toteutetaan oman siviilityön ohella. Hälytystoiminta varmistetaan varallaoloilla, jolloin hälytyskeskus hälyttää palokuntalaiset tekstiviesteillä henkilökohtaisiin puhelimiin. ”Kurssimuotoinen peruskoulutus perustuu Suomen Pelastusalan Keskusjärjestön (SPEK) koulutusjärjestelmään. Koulutukseen kuuluu mm. sammutusta, savusukellusta, pelastusta, ensiapua, öljytorjuntaa, ja vaarallisten aineiden käsittelyä ym. alan erikoistietoutta.” [64.]

3 PELASTUSKORTTI

Pelastuskortti on vakiomallinen kaaviokuva (kuva 1) henkilö- ja pakettiautosta, josta näkyy kaikki pelastustöissä huomioitavat kohteet. Kaaviokuva on kuvattu aina auton sivulta sekä päältä ja alareunassa on symbolien merkitykset vieraalla kielellä, useimmiten saksaksi ja englanniksi, kortin kansainvälisyyden takia. [1.] Liitteenä löytyvät suomennokset symboleille (liite 2) [2]. Symbolit ovat upotettuina molempiin kaaviokuvaan tarkemman paikallistamisen takia, ja symbolit ovat kaikilla autonvalmistajilla samanlaiset ja väriset. Pelastuskortti on helppo lukea, sillä kaikki tarvittava tieto on esitetty vakiomallisilla symboleilla ja väreillä kaikilla autonvalmistajilla. Pelastuskortin ideana on nopeuttaa pelastajien toimintaa ja parantaa työturvallisuutta. [1.]

Pelastuskortista selviää nopealla vilkaisulla auton passiivisen turvajärjestelmän komponentit (turvatyynyt ja turvavöiden esikiristimet), akun ja polttoainesäiliön sijainti, auton käyttövoima(t) ja korin vahvistuksien paikat [1]. Pelastuskortin saa ladattua tarvittaessa sähköisessä muodossa onnettomuuspaikalla, kun tietää, mikä auto on kyseessä [2]. Rekisteritunnuksella on nopein tapa selvittää, mikä auto on kyseessä, mutta on oltava myös tarkkana, ettei autossa ole varastetut tai väärennetyt rekisterikilvet.

Pelastuskortin säilytyspaikka on kuljettajan aurinkolipassa. Tuulilasissa voi olla tarra (kuva 2) pelastuskortin olemassa olosta, jolloin jo onnettomuuspaikalle saapuessa huomaa, että autosta löytyy pelastuskortti, eikä sitä tarvitse lähteä lataamaan sähköisessä muodossa. [1.]



KUVA 1. Pelastuskortti [3]



KUVA 2. Pelastuskortti autossa –tarra [1]

3.1 Pelastuskortin symbolien merkitykset

Turvatyönnä tarkoituksena on ottaa vastaan matkustajien liike-energia äkillisessä negatiivisessa kiihdytyksessä, eli törmäyksen aiheuttama liikesuunnan äkillinen hiljentyminen tai muuttuminen, ja vähentää matkustajien ylävartalon piiskaussuuntaa ja osumista auton sisäosiin [4, s. 803; 5, s. 154].

Turvavyön esikiristin poistaa vaatteista tai matkustajan asennosta johtuvan löyseyden ja ehkäistä ulosrullaus (ns. filmirullailmiö) törmäyksen aikana. Esikiristimet ovat kuitenkin varustettuina voiman rajoittimilla lieventäen kehoon kohdistuvia voimia. Turvavyön esikiristimet ovat joko täysin mekaanisia tai pyroteknisiä typpikaasukäyttöisiä. [5, s. 162; 6, s. 562 - 563.]

Korin vahvistus löytyy B-pilarien ulkopinnoilta. Koska sivutörmäyksessä ei ole liikeenergian absorboivaa rakennetta, kuten auton keulassa, on auton sivuissa käytettävä suurlujuusteräksiä, joiden myötörajat vaihtelevat 260 - 1600 N/mm². Suurlujuusteräksiä käytetään pilareissa ja poikkipalkeissa suojatakseen matkustamo. [7, s. 32 - 33.]

Polttoainesäiliössä on syttymisherkkää nestettä, kuten bensiiniä, dieseliä tai etanolia, ja se on rakennettu ruostumattomasta materiaalista. Polttoainesäiliö on usein sijoitettuna matkustamon taakse auton alustaan, mutta kuitenkin niin, että se on ”suojattuna ajoneuvon etu- tai takaosaan kohdistuvista törmäyksistä aiheutuvilta vahingoilta, sekä siten, että säiliön läheisyydessä ei ole ulkoneuvia osia, teräviä reunoja jne”. Polttoneste ei saa vuotaa polttonestesäiliön korkin tai paineentasauslaitteen (varoventtiili ym.) kautta, vaikka polttoainesäiliö käännettäisiin täysin ympäri. [8.]

Akku on tarkoitettu varastoimaan ja tasaamaan vaihtovirtalaturin tuottamaa sähköenergiaa. Yleisin akku henkilö- ja kuorma-autoissa on lyijyakku edullisuutensa vuoksi. Täyteen ladattu lyijyakku sisältää n. 39 % rikkihappoa ja n. 61 % vettä. Lyijyakun vuotaessa on muistettava, että veden sekoittuessa rikkihappoon syntyy runsaasti lämpöä ja sitä kautta aiheuttaen vaaraa. [14, s. 158; 6, s. 281, 283.]

Aktiivinen kierähdysuoja turvaa matkustajia auton kaatuessa tai uhkaa kaatua katolle. Avoautoissa kierähdysuojat ovat usein sijoitettuna niskatukiin. Kierähdysuojat toimivat jousivoimalla ja lukittuvat toimiessaan mekaanisesti ääriasennossa. [7, s. 30.]

Kaasujousia käytetään yleisesti konepellin ja takaluukun keventämiseen ja paikallaan pysymiseen. Kaasujousi sisältää hyvin korkeasti paineistettua palamatonta, myrkytöntä ja räjähtämätöntä Nitrogen-kaasua [9]. Lisäksi kaasujousissa käytetään hieman öljyä voiteluaineena ja paluuvaimennuksena [10].

Kaasusäiliössä on kaasusta riippuen 200 – 700 barin paine. Tehdasvalmisteisissa kaasuautoissa kaasusäiliöt ovat sijoitettuina auton alustaan akseleiden väliin, kuitenkin niin, etteivät ne vie tavara- tai matkustamotilaa [11]. Kaasusäiliö(t) sisältää enemmän energiaa kuin tavallinen polttomoottorikäyttöisen auton polttoainesäiliö kaasun suuremman energiasisällön takia [12]. Kaasu voi olla myös varastoituneena nestemäisenä -160...-253 °C lämpötilassa [4, s. 552,557].

Turvaventtiili estää kaasun virtaamisen kaasusäiliöstä, kun virta katkaistaan autosta. Mikäli näin ei tapahdu, se voidaan käsin sulkea [33, s. 17].

Kaasunkehittämiä on hieman erilaisia, mutta kaikille yhtenäistä on turvatyynyn täyttäminen millisekunneissa. Kaasunkehittimet toimivat polttoaineella, joka sytyttää natriumhappopanoksen tai korkealla kaasun paineella tai korkea paineistettu hybridi-panos. Polttoainekäyttöisen kaasunkehittimen lämpötila nousee toimiessaan 600 – 800 °C:een. [5, s. 158 – 159.]

Ohjainyksikkö sijaitsee usein keskitunnelissa, suojaisan paikan takia, etujalkatilassa tai etupenkien välissä. Ohjainyksikössä sijaitseva elektroninen kiihtyvyyttunnistin mittaa auton hidastuvuuden ja tarvittaessa laukaisee turvatyynyn tai -tyynyt. [5, s. 160.] Ohjainyksikkö on varustettu varaenergiayksiköllä, joka koostuu yhdestä tai useammasta suurikapasitanssisesta kondensaattorista, jolla varmistetaan virran syöttö turvatyynyille, mikäli akkuvirta ohjainlaitteelle katkeaa kolarissa. [6, s. 560.]

Mekaaninen sensori on pyrotekninen iskusytytin, joka aktivoituu riittävän suuresta voimasta (väh. 0,5 kN) ja laukaisee sivuturvatyynyn. Nämä rakenteet ovat perusturvatyynyjärjestelmästä riippumattomia eivätkä tarvitse toimiakseen virtaa. [5, s.165.]

Korkeajänniteakkuja on vain sähkö- ja hybridautoissa. Korkeajänniteakun tehtävänä on varastoida energiaa. Tyypillisesti korkeajänniteakun jännite on useita satoja voltteja, joka voi aiheuttaa hengenvaaran. [18, s. 44,59.]

Korkeajännitejohdot/osat, jotka eivät ole suojattujen ja varoitusmerkein varustettujen koteloiden sisällä, on oltava oranssilla suojakuorilla merkattuja. Sähköjohdon paksuus voi myös olla yhtä paksu kuin 12 V:n tasajännitekaapeleillakin. [18, s. 51-52.]

Korkeajänniteosia ovat mm. sähkömoottori ja invertteri, joissa kulkee hengenvaarallisen korkea jännite [18, s. 47-48].

Korkeajännitevirran poiskytkennällä erotetaan korkeajänniteakustosta muusta ajoneuvosta valmistajan ohjeiden mukaisesti [18, s. 66].

3.2 CRS, Crash Recovery System

CRS on pelastushenkilökunnalle kehitetty sovellus, joka tarjoaa ajan tasalla olevaa tietoa automallikohtaisista turvajärjestelmistä [46]. Sovellus on kehitetty kosketusnäytöisille Windowsin-, Androidin- ja Applen –tabletti tietokoneille, ja sitä on saatavilla pöytäkoneillekin [47;48]. Ajoneuvot ovat valittavissa merkin, mallin, moottorityypin, kori- ja vuosimallin mukaan. CRS näyttää pelastuskortin tapaan ylhäältä ja sivulta kuvatun ajoneuvon rakennekuvan, jossa turvamerkinnet ovat eri väreillä merkattu. Erityistä huomiota vaativa komponentti on punaisella värillä ympyröity. Ohjelmistosta on saatavilla ohjeet vaarallisten komponenttien pois kytkemiseksi tai poistamiseksi. [46.] Esimerkiksi CRS:stä löytyy kuvalliset sekä kirjalliset ohjeet Plug-In Hybridin jännitteettömäksi tekemisestä tai komponentti kohtainen turvaohje koskettamalla komponentin symbolia [46;49.] CRS on saatavilla erilaisilla lisenssiominaisuuksilla, kuten rekisteritunnuksen tai alustanumerohaun omaavilla ominaisuuksilla. Valitettavasti markkinoilla ei ole saatavilla lisenssiä, jossa olisi Suomen rekisterissä olevat autot. [50;51.]

Mercedes-Benz on ensimmäinen autonvalmistaja, joka on ottanut käyttöönsä QR-koodilla varustettuja tarroja, joista voi ladata kyseisen auton pelastuskortin älypuhelimella tai tablettitietokoneella. Tarrat sijaitsevat auton polttoaineen täyttöluukussa (kuva 3) ja luukun vastapuolella olevassa B-pilarissa, koska harvoin ne vaurioituvat yhtä aikaa niin pahasti, ettei pääsisi kumpaakaan lukemaan.



KUVA 3. Mercedes-Benzin QR-koodin löytää polttoaineluukun sisäpuolelta [57]

QR-tarra on jo vakiovarusteena kaikissa Mercedes-Benzin henkilöautoissa vuoden 2013 lopusta lähtien. QR-tarra voidaan myös jälkiasentaa kaikkiin Mercedes-Benzin malleihin 1990 vuosimallista lähtien. Pelastuskortti on ladattavissa QR-koodilla seitsemällä eri kielellä, ja ohjelmisto lataa ensisijaisesti puhelimen oletuskielen perusteella. Mikäli oletuskielellä ei ole pelastuskorttia saatavana, lataa ohjelmisto automaattisesti englanninkielisen pelastuskortin. Mercedes-Benz lupaa julkaisevansa pelastusalalla sovelluksen, jolla voi lukea QR-tarrat ilman internet yhteyttä. [57.]

Mikäli QR-koodilla varustettua tarraa ei ole Mercedes-Benzin autossa, on pelastuskortti etsittävä manuaalisesti. Tarkkaa automallia etsiessä Mercedes-Benz on julkaissut ohjeet alustanumeron tulkitsemiseksi (kuva 4) [58, s. 3]. Ajoneuvon alustanumeron kymmenes merkintä on mallivuosi, riippumatta rekisteröintipäivämäärästä [59]. Kuvan 4 tapauksessa auton mallivuosi on 2011. Mercedes-Benz on myös julkaissut pelastuskorteissaan turvalliset leikkauskohdat, jolloin leikkureiden terät eivät tavoita turvalaitteiden laukaisupanoksiin [58].



Identification plate, example of an E-Class sedan, model 212

- A The first 3 letters and numbers are the world manufacturer code
- B Digits 4 to 6 indicate the vehicle model
- C Digit 7 indicates the body type

Body types:

- 0 Sedan
- 1 Long sedan
- 2 Station wagon
- 3 Coupé
- 4 Convertible/roadster
- 9 Special editions (e.g. GLK)

KUVA 4. Mercedes-Benzin alustanumerosta saa selville auton tiedot [58, s. 3]

Koodi	Vuosi	Koodi	Vuosi	Koodi	Vuosi	Koodi	Vuosi
A =	1980	L =	1990	Y =	2000	A =	2010
B =	1981	M =	1991	1 =	2001	B =	2011
C =	1982	N =	1992	2 =	2002	C =	2012
D =	1983	P =	1993	3 =	2003	D =	2013
E =	1984	R =	1994	4 =	2004	E =	2014
F =	1985	S =	1995	5 =	2005	F =	2015
G =	1986	T =	1996	6 =	2006	G =	2016
H =	1987	V =	1997	7 =	2007	H =	2017
J =	1988	W =	1998	8 =	2008	J =	2018
K =	1989	X =	1999	9 =	2009	K =	2019

KUVA 5. Alustanumeron kymmenes merkki osoittaa mallivuoden [59]



KUVA 6. Leikkauskohdan symboli [58, s. 9]

4 TURVALAITTEET

Autojen turvallisuutta on pyritty kehittämään aktiivisilla turvalaitteilla ennalta ehkäisemään onnettomuutta ja passiivisilla turvalaitteilla suojamaan matkustajia onnettomuuden aikana [7, s.15].

Aktiivisia turvalaitteita ovat mm. lukkiutumattomat jarrut (ABS), luistonestojärjestelmä (ASR), ajonvakautusjärjestelmä (ESP), kaistavahti (LDW), törmäyksestä varoittavat ja ehkäisevät järjestelmät (CMBS), kuljettajan vireystilaa tarkkaileva järjestelmä ja tehokkaat ajovalot, jotka toimivat kuljettajasta riippumattomasti automaattisesti. Aktiiviset turvalaitteet eivät vaikuta pelastajien turvallisuuteen tieliikenneonnettomuuksissa. [7, s. 15.] Näihin turvalaitteisiin ei keskitytä opinnäytetyössäni.

Passiiviset turvavarusteiden tehtävä on lieventää törmäyksen aiheuttamia vaikutuksia. Passiivisia turvavarusteita ovat mm. matkustamon törmäysvyöhykkeet, korin turvakehikot, istuinrakenteet, esim. ns. aktiiviset pääntuet, 3-pisteturvavyöt, turvavöiden esikiristimet, kokoonpainuva ohjausakseli, kolarissa irtoavat polkimet ja etu-, sivu- sekä jalkatilaturvatyynt (SRS, SIPS). [5, s. 153.] Suurin osa edellä mainituista turvavarusteista vaikuttaa tieliikenneonnettomuuksissa pelastajien ja pelastettavien turvallisuuteen [7, s. 15]. Näihin turvalaitteisiin ja niiden tuomiin haasteisiin pelastajien työskentelyssä paneudutaan opinnäytetyössäni.

4.1 Turvalaitteiden ohjainyksikkö

Ohjainyksikkö sijaitsee keskitunnelissa auton keskellä tai etuosassa. Sijainnin keskeisyys mahdollistaa ohjainyksikön johtosarjalle yksinkertaisen ja optimaalisen toimintaedellytyksen. Ohjainyksikkö on ikään kuin pieni tietokone, johon on koottu diagnoosiyksikkö, energianvaraajakondensaattori(t), mittauselektroniikka ja kiihtyvyystunnistin. Törmäyksessä ohjainyksikön elektroninen kiihtyvyystunnistin tuottaa analogisen hidastuvuusikäyrän, joka muutetaan A/D-muuntimessa digitaaliseen muotoon, josta mikroprosessori laskee törmäysnopeuden ja -matkan. Virhelaukaisujen välttämiseksi ohjainyksikössä on myös sähkömekaaninen turvatunnistin. Törmäyksen aiheuttaman kiihtyvyyden ylittäessä 2g:tä magneettiholkki työntyy eteenpäin ajosuuntaan, jolloin reed-releen kärjet sulkeutuvat magneetin vaikutuksesta mahdollistaen tyynyjen laukaisun muiden laukaisuehtojen täytyessä. [5, s. 160–161.] Ohjainlaitteen mekaani-

nen törmäystunnistin voi olla varustettu elohopeakytkimellä, mutta näistä autonvalmistajat ovat luopumassa raskasmetalleihin liittyvien ympäristöriskien takia. Ohjainyksikön sisäisen kiihtyvyystunnistimen lisäksi auton tärkeisiin kohteisiin on asennettu törmäystunnistimia, joiden mittauksien avulla voidaan turvalaitteiden laukaisuja ajoittaa tarkemmin ja valikoivammin, jolloin törmäystilanteessa laukeavat vain ne turvalaitteet, jotka ovat välttämättömiä matkustajan kannalta. [6, s. 561.] Törmäystunnistimista saatujen tietojen perusteella ohjainyksikkö laskee mittauskohdan nopeuden muuttumista sekä hidastuvuuden syntymistä ja tätä tietoa verrataan tehtaalla asennettuihin törmäysparametreihin, jotka on saatu simuloituissa törmäyskokeissa. Parametrien täytyessä ohjainyksikkö antaa laukaisukäskyn tietyille turvavarusteille. Anturitietoja vertaamalla törmäysparametreihin ehkäistään virhelaukaisut. Esim. monttuun ajaessa tai korjaamalla vasaralla lyöminen eivät saa laukaista turvavarusteita. [4, s.887.]

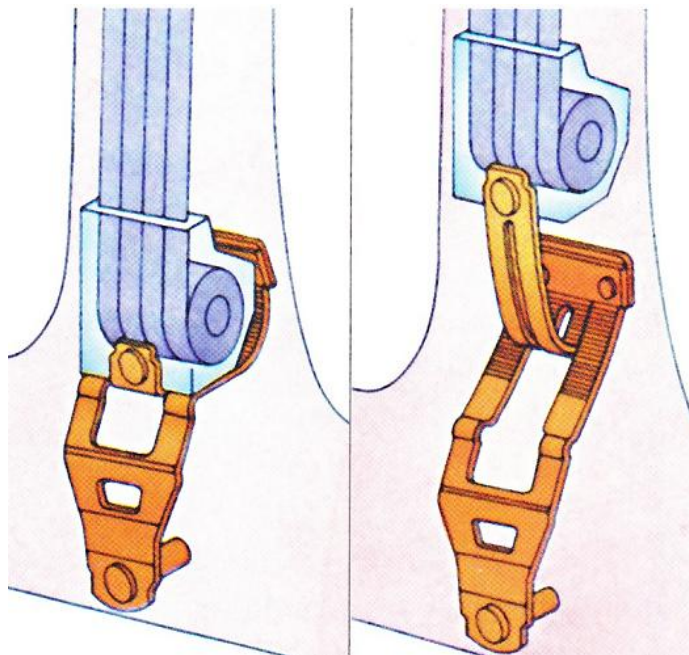
Ohjainyksikön tehtäviin kuuluu myös muita lisätoimintoja passiivisten turvalaitteiden lisäksi. Ohjainyksikkö mm. pysäyttää polttoainepumpun ja laskee paineen polttoainejärjestelmästä, sytyttää sisävalot, avaa keskuslukituksen, sytyttää varoitusvalot ja rekisteröi törmäystiedot. Varustelutasosta riippuen vakavan kolarin tapahduttua järjestelmä soittaa hätänumeroon, tämä toiminto on myös manuaalisesti käytettävissä. Kolaripaikan määrittäminen onnistuu navigointijärjestelmän ja operaattorien paikannustietojen avulla. [6, s.563–564.]

Joissain automalleissa ohjainyksikkö mittaa kallistuskulmaa ja tunnistettuaan liian suuren kallistuskulman, mahdollisen kaatumisvaaran, ohjainlaite aktivoi ROPS-järjestelmän (Roll Over Protection System) eli laukaisee sivuturvatyynyn(t) ja avoautoissa kierähdyssuojat. [6, s. 561-562.] Akun kengän irrottamisen jälkeen ei voi olla täysin varma siitä, milloin ohjainyksikkö on täysin virraton, sillä suurkapasitanssiset kondensaattorit varastoivat virtaa ja mahdollistavat turvatyynyjen laukaisun, mikäli törmäyksessä ohjainlaitteen akkuvirta katkeaa. Kondensaattoreiden purkautumisaika (varoaika) vaihtelee autonvalmistajasta riippuen 2 sekunnista 25 minuuttiin. [6, s. 564.]

4.2 Turvavyöt

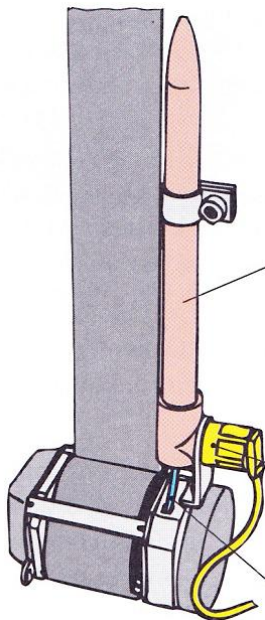
1960-luvulta alkaen on kehitelty turvalaitteita, jolloin tulivat käyttöön ns. 3-pisteturvavyöt. Tuolloin turvavöiden käyttö oli vapaaehtoista, joka ei saavuttanut suosiota, jonka takia myöhemmin määrättiin turvavöiden käyttöpakko [6, s 556]. Turvavyöt tulivat pakollisiksi ensirekisteröitäviin henkilöautoihin etupenkeille 1.1.1971 ja takapenkeille 1.1.1981 sekä pakettiautoihin kaikille istumapaikoille 1.1.1984 [13].

Tekniikan kehittyessä turvavöihin on yleistynyt esikiristin, jonka tehtävänä on estää matkustajan heilahtaminen löysää vyötä vasten. Näin saadaan matkustajan ja ajoneuvon välinen nopeusero mahdollisimman pieneksi, jolloin rintakehään kohdistuvat voimat pienenevät. Turvavöihin on integroitu kiristysvoiman rajoitin, jonka tehtävänä on esikiristuksen jälkeen joustaa kontrolloidusti, jolla pyritään välttämään rintakehän ylirasituksia. [4, s. 803.] Kiristysvoiman rajoitin voi toimia siten, että kela tai toinen kiinnityspiste repeytyy hallitusti auton rakenteista [7, s. 26]. Turvavöiden esikiristimet ovat asetettu toimimaan ennen turvatyynyjä, pienemmällä kiihtyvyydellä, eli alhaisemmilla nopeuksilla, n. 20 km/h (turvatyynyt n. 30 km/h) ja ainoastaan edestäpäin tulevissa törmäyksissä [5, s.161-162; 7, s. 26]. Matkustajan suurin sallittu liikematkka ennen vyön kiristymistä on 1 cm ja mekaanisen kiristuksen sallittu viive on 5-10 ms [4, s.886].



KUVA 7. ”Teräksestä valmistetun rajoittimen kiinnikekieli venyy asteittain ja vaimentaa turvavyöstä matkustajaan kohdistuvia voimia” [5, s. 162]

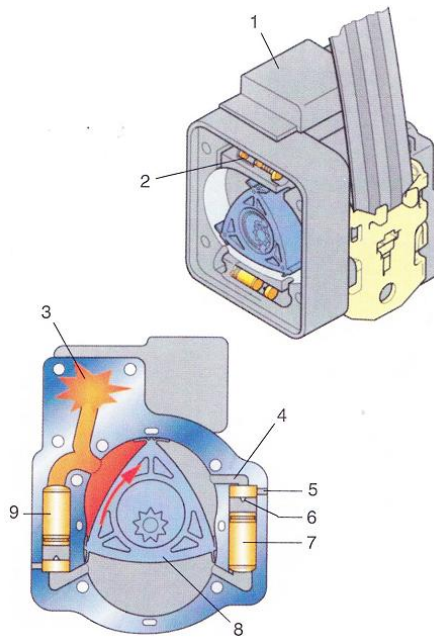
Turvavyön esikiristimet ovat suunniteltu toimimaan vain edestä päin (0-30°) tulevissa törmäyksissä [7, s. 24;15, s. 32]. Yleisimmät käytössä olevat esikiristimen toiminta- ja rakenneratkaisut ovat pyrotekninen vaijerivälitteinen ja ns. ”kiertomäntämoottorillinen” rulla kiristin. Vaijerikäyttöisessä ratkaisussa turvavyön kelan viereen, b-pilarin tai kynnykskotelon sisään, on asennettu putkimainen sylinteri, jonka sisällä oleva vaijeri on kiinnitetty mäntään ja turvavyönrullaan. Putkimainen sylinteri voi toimia sähkösytyttimellä ja kaasunkehittimellä tai hybridipanosella. Törmäyksessä ohjainlaitteelta tuleva impulssi aktivoi kaasugeneraattorin, ja kaasun paine työntää mäntää edelleen sylinterissä, jolloin vaijeri kiristyy ja pyörittää turvavyön rullaa kiristäen turvavyötä enimmillään n. 9 cm.



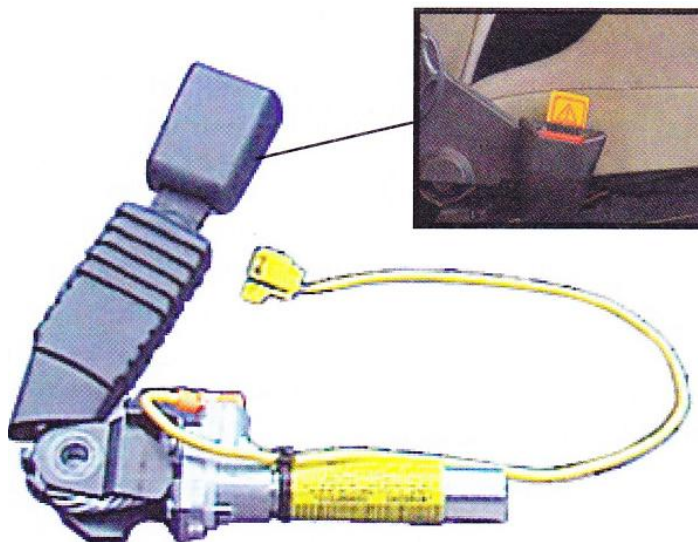
KUVA 8. ”Rullan sijoitettu turvavyönkiristin” [5, s. 163]

Kiertomäntämoottorillinen rakenneratkaisu löytyy kokonaisuudessaan integroituna turvavyönrullaan, jossa on myös mekaaninen törmäystunnistin. Tämä komponentti ei siis tarvitse ohjainyksikön sähköimpulssia toimiakseen. Törmäyksen sattuessa mekaaninen tunnistin laukaisee kaasugeneraattorin ensimmäisessä palotilassa ja kaasun laajeneminen kääntää mäntää pyörimissuuntaansa ja samalla pyörittää turvavyön rullaa. Kun ensimmäinen ylivirtaus- ja poistokanava saavutetaan, ensimmäisessä palotilassa muodostettu kaasun paine aiheuttaa iskupultin välityksellä toisen kaasugeneraattorin sytytyksen, jolloin mäntä jatkaa edelleen kääntymistä pyörimissuuntaansa nähden. Sama tapahtuu vielä kolmannen ylivirtaus- ja poistokanavan kohdalla ja tapahtuu

kolmas sytytys. Koko tapahtuma ensimmäisestä sytytyksestä turvavyön kiristymiseen kestää n. 13 ms ja turvavyö kiristyy n. 12 cm. Esikiristin voi olla myös lukon puolella, joka toimii samalla tavalla kuin putkimaisella sylinterillä varustettu turvavyön esikiristin. [5, s.162-163; 7, s.26.]



KUVA 9. Toiminta periaate rullaan sijoitetusta turvavyönkiristimestä [5, s. 163]



KUVA 10. Hybridipanoksellinen kiristin turvavyönlukossa. Lipuke tulee esiin lauenneen kiristimen merkiksi [5, s. 162]

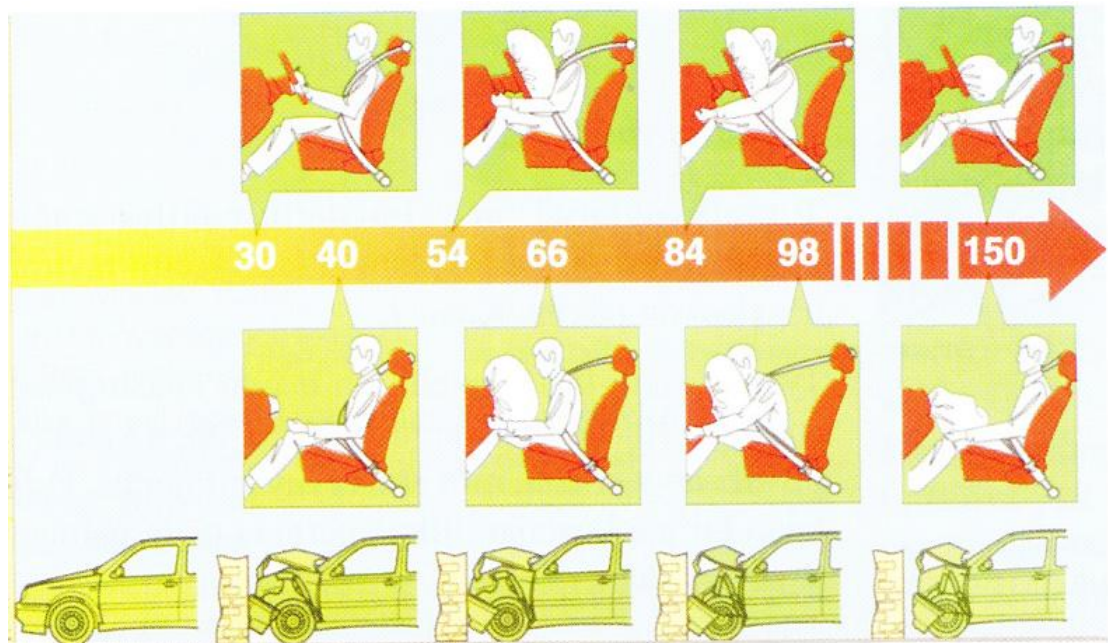
Esikiristimiä kehitetään jatkuvasti. Henkilöautoihin tulee yleistymään korkeatehokiristimet, jotka pystyvät kelaamaan 18 cm:n vyölöysyyden 5 ms:ssa [4, s. 886].

4.3 Turvatyyny

Seuraava edistysaskel turvalaitteissa tuli vasta 1990-luvulla, kun turvatyyny alkoivat yleistyä, ja nykyisin ne ovatkin vakiovarusteena [6, s.556]. Turvavyön esikiristin ei yksikään riitä suojaamaan matkustajia ylävartalon vammoilta, jolloin etuturvatyynyjen tehtävänä on suojata matkustajia pää- ja rintavammoilta kiinteän esteen törmäyksissä 60 km/h saakka, mutta turvatyynyjen kapasiteetti riittää 100 km/h suhteelliseen törmäysnopeuteen saakka [4, s. 887].

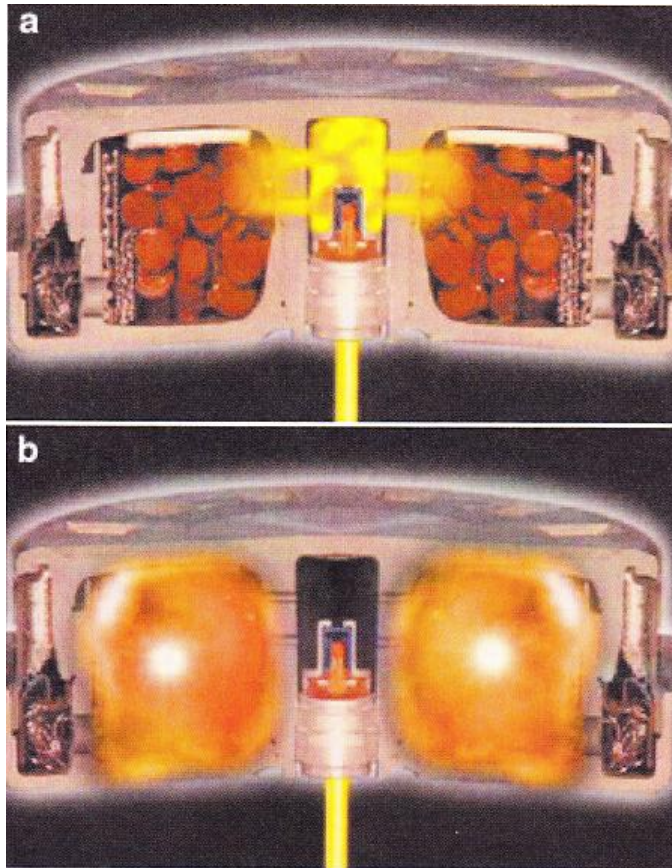
4.3.1 Etuturvatyyny

Edestäpäin tulevissa (0-30°) törmäyksissä törmäysanturit ja ohjainyksikkö laukaisevat kuljettajan ja etumatkustajan turvatyyny pyroteknisesti täyttäen turvatyyny silmänräpästäkin nopeammin. Turvatyynyn on oltava täyttynyt ennen kuin matkustaja koskettaa sitä, jolloin saadaan paras suojavaikutus ylävartalolle. Ihmisen loukkaantumiseen liittyvien sallittujen hidastuvuus- ja pintapainerajojen ylittymättä turvatyyny alkaa tyhjentyä ylävartalon painuessa tyynyä vasten, jolloin tyyny pehmeästi absorboi sisäisen törmäyksen liike-energiaa. [4, s. 887;15, s. 32.] Turvatyynypussin tyhjentymisen tarkoitus on poistua kuljettajan näkökentästä ja helpottaa pelastajien toimintaa. Turvatyynyn sytyttimen laukaisusta pussin tyhjentymiseen kuluu aikaa n. 150 ms. Tyhjentyessä pussin tyhjentymisreistä purkautuu ulos valkoista pölyä, joka on talkkia tai maissitärkkelystä sekä mahdollisesti palamistuotteena syntyneitä natriumyhdisteitä, jotka saattavat ärsyttää ihoa ja silmiä. [7, s. 24; 15, s. 77.] 50 km/h nopeudella kiinteään esteen törmäyksessä, 12,5 cm on matkustajan suurin sallittu liikematka eteenpäin istuimella ennen turvatyynyn täyttymistä, mikä vastaa n. 40 ms, josta 10 ms menee sähköiseen sytytykseen ja 30 ms turvatyynyn täyttymiseen. Parhaan matkustajan suojauksen saavuttamiseksi nokkakolareissa turvavöiden esikiristimien ja turvatyynyjen on toimittava samanaikaisesti sekä molempien pyroteknisten kaasunkehittimien laukaisimien on saatava käskynsä samalta ohjainyksiköltä parhaan toimintavarmuuden saavuttamiseksi. [4, s. 887.]



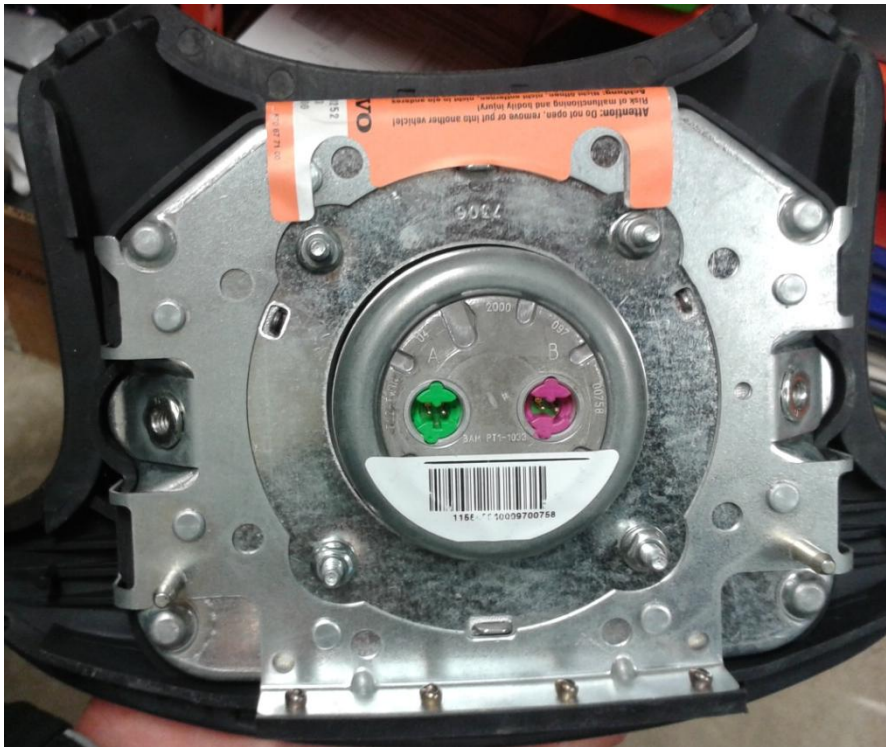
KUVA 11. Toiminta-aika esimerkki kuljettajan ja matkustajan turvatyynyn toiminnasta. [5, s. 155]

Turvatyynyissä yleisesti käytetään kahta erilaista täyttöpanostyyppiä: kaasugeneraattoria ja hybriditäyttöpanosta. Kaasugeneraattori sisältää kiinteän tablettimaisen natriumhappo (NaN_3) ponneainepanoksen ja polttoainetta. Kaasugeneraattori saa laukaisukäskyn sähköiselle sytyttimelle ohjainyksiköltä tulevalta sähköimpulssilta, joka on n. 0,8 A. Sähköimpulssin vaikutuksesta sytytysluoti sytyttää ensiövaiheen polttoaineen, jolloin palava polttoainekaasu purkautuu ponneainetilaan sytyttäen samalla toisiovaiheen natriumhappotabletit, jotka tuottaa palaessaan 600–800 °C lämpötilan. Tämä lämpötila viilennetään metallilankasuodattimilla, jotka on asennettu täyttöpanoksen purkausaukkoihin tyynypussiin viilentäen ja puhdistuen vaaratonta kaasua, joka on pääosin tyyppiä. 2000-luvun vaiheessa hybriditäyttöpanokselliset turvatyynyt alkoivat yleistyä. Hybriditäyttöpanoksellinen turvatyynyn toimintaperiaate on lähes samankaltainen kuin kaasugeneraattorillisessakin, mutta hybriditäytteisissä tyynyissä on vain yksi palava ponneainepanos. Sähkösytytin sytyttää ponneainepanoksen, joka rikkoo varsinaisen täyttökaasusäiliön murtumalevyn, jossa korkeapaineistettu (n. 200 bar) jalokaasu (argon tai helium) pääsee purkautumaan muutamassa millisekunnissa metalliverkkosuodattimen läpi turvatyynypussiin. Hybriditäytteisissä turvatyynyissä palolämpötilat ovat matalammat, vain 45 °C ympäristölämpötilaa korkeampi. [5, s. 158–159;6, s. 559–560.]



KUVA 12. Toimintaperiaate kaasugeneraattorillisesta turvatyynystä, jossa ensivaiheen polttoaine palaa ja toisiovaiheen polttoainetabletit palavat [5, s. 158]

Pelastustoiminnassa on huomioitava etururvatyynyjen kaksivaiheinen täyttölaitte. Autonvalmistajat ovat määritelleet törmäysparametrit ja niiden perusteella laukaisukynnykset eri turvalaitteille. Pienemmissä törmäyksissä turvatyynyt täytetään pienemmällä täyttöpaineella, joka saadaan aikaan laukaisemalla täyttöpanokset pienellä viiveellä (n. 10 ms) toisiinsa nähden. Rajummassa törmäyksessä täyttöpanokset laukaistaan yhtä aikaa, jolloin saadaan nopeampi tehokkaampi täytös tyynypussiin. Laukaisukynnyksen lisäksi täyttöpanoksien laukaisuun vaikuttaa istuimen asento. Jos istuin on säädetty eteen, turvatyyny täyttyy aina pienellä täyttöpaineella, oli törmäys miten voimakas tahansa. Näin ollen tieliikenneonnettomuuksissa ei voida olla ikinä täysin varmoja siitä, ovatko molemmat täyttölaitteet launneet. Autopalossa turvalaitteet voivat laueta lämmön vaikutuksesta, kun täyttölaitteen sisällön lämpötila on n. 180 °C, mutta turvallisena lämpötilana voidaan pitää n. 90 °C. Mikäli turvalaite altistuu korkeammalle lämpötilalle, ei se kuitenkaan räjähdä hallitsemattomasti, vaan toimii, kuten se on suunniteltukin. [7, s. 24.]



KUVA 13. Kuljettajan turvatyynyn kaksivaiheisen täyttölaitteen tunnistaa turvatyynyn takaa kahdesta liittimestä

Räjähättömältä turvatyynyltä voi suojautua laittamalla airbag-suojan. Räjähättömän turvatyynyn voi aiheuttaa vaaratilanteen pelastajalle tieliikenneonnettomuuksissa. Turvatyynysuojia on auton ohjauspyörän koosta riippuen erikokoisia. [62.]



KUVA 14. Airbag-suojasarjalla voidaan suojautua ohjauspyörän turvatyynyiltä. [62]

4.3.2 Muut turvatyyny

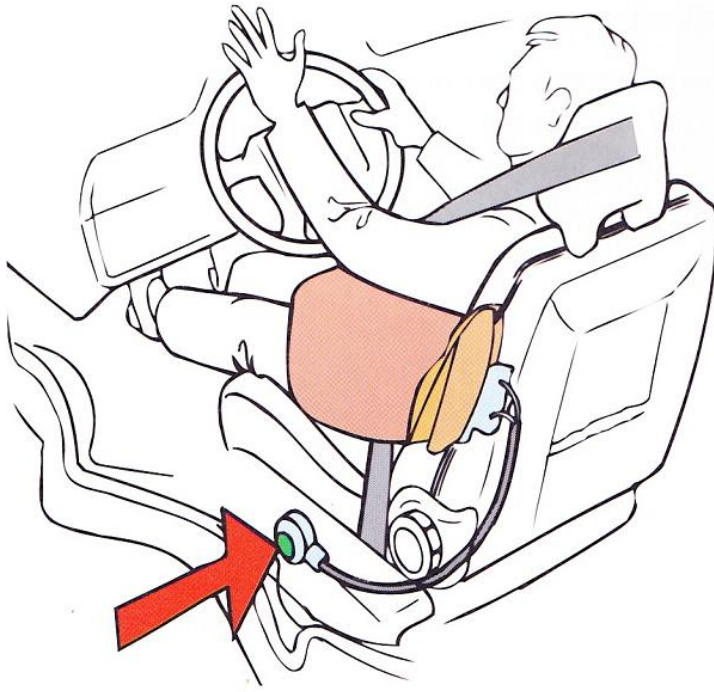
Sivuturvaverho (käytetään myös nimitystä turvakaihdi) sijaitsee laskostettuna kattopalkeissa kattoverhoilun takana, joita voi olla yksi tai useampia. Sivuturvaverhon tehtävänä ei ole pelkästään ottaa vastaan päähän kohdistuvia iskuja sisärakenteista vaan myös estää matkustajia sinkoutumasta ulos ikkunasta auton pyörähtaessä pituusakselinsa ympäri. Sivuturvaverho(t) laukeaa sivusta päin tulevissa törmäyksissä (60°) ja kierähdysuojan aktivoituessa kallistuskulman ollessa n. 50°, jolloin myös turvavyön esikiristimetkin toimivat. Turvaverhon täyttölaitte on hybridipanoksellinen, jossa sytyttin sytyttää pyroteknisen polttoaineen ja sekoittuu säiliössä olevaan korkeasti paineistettuun (27 - 300 bar) argon- tai heliumkaasuun, joka täyttää turvaverhon 30 ms:ssa ja tyhjenee hitaasti materiaalin läpi tai pienten tyhjennysreikien kautta. Koska sivulta tulevan törmäyksen aiheuttama matkustajan liikematka on lyhyempi kuin eteenpäin suuntautuva liikematka, on sivuturvaverhon täyttölaitteen oltava tehokkaampi ja nopeampi kuin muiden täyttölaitteiden. [15, s. 64,103,104; 7, s.26.]

Pelastustoiminnassa tulee ottaa huomioon esim. kattoa irrottaessa, ettei leikkaa pilareissa tai kattopalkeissa olevia täyttöpanoksia, jotka voivat aiheuttaa vaaratilanteen räjähtäessään hallitsemattomasti [7, s. 23]. Kattoa irrottaessa olisi syytä repiä katon verhoilua, jotta täyttölaitte tulisi esille ja irrottaisi täyttöpanoksen sytyttimen johtoliittimen sekä osaisi varoa täyttöpanosta pilarien leikkaamisen aikana. Liittimen tunnistaa helpon muodosta ja väristä. Liittimen värinä käytetään oranssia, vihreää ja keltaista, joka on yleisin autonvalmistajien keskuudessa ja liitin on aina kaksinapainen [15, s.49]. Turvajärjestelmän komponenttien liittimet ovat usein oikosulkeutuvia, eli liittimen irrotuksen jälkeen metallinen kampa kytkee liittimen navat yhteen estäen ulkoisen virran aiheuttamilta tahattomilta laukaisuilta [15, s. 49].



KUVA 15. Turvatyynyn liitin on yleensä keltainen, kaksi napainen ja saman muotoinen

Sivuturvatyyny (SIPS) sijaitsee etuistuimissa tai -ovissa. Törmäystestien perusteella on havaittu, että sivuturvatyynyn paras paikka on istuimen rungossa, selkänojan sivussa. Sivuturvatyynyjen toiminta on integroitu perusturvatyynyjärjestelmän kanssa samaan ohjainyksikköön, mutta sivuturvatyynyt toimivat useimmiten vain sivulta päin, $\pm 60^\circ$, kohdistuvista törmäyksistä. Etuoven ja helmakotelon sisään on rakennettu painetunnistin, jonka signaalin perusteella ohjainyksikkö laskee hidastuvuuden ja laukaisukynnyksen. [5, s. 164.] Etuovien turvatyyny moduulit sijaitsevat oviverhouksen alla, oven rakenteisiin kiinnitettynä. Turvatyynyt ovat tilavuuksiltaan n. 20 litraa, muodoltaan suorakulmaisia ja n. 10 cm syviä. Ovien turvatyynyt ovat aina sähköimpulssein ohjattuja, jolloin ohjainyksikkö tarvitsee tiedon sivuttaisesta hidastuvuudesta sivutörmäyksen tunnistamiseksi. Muutamilla autonvalmistajilla on käytössä etupenkeihin sijoitettuja mekaanisesti toimivia sivuturvatyynyjä, jotka saavat laukaisukäynnä istuinrunko-osaan, oven puolelle, sijoitetusta mekaanisesta painelevystä. Iskun täytyy olla riittävän voimakas, n. 2 g:tä, että painelevyn aiheuttama puristus puristaa mekaanisen sytyttimen kasaan, jolloin iskuri toimii ja sytyttää kaasunkehittimen. Myös etuistuimen istuinosaan on sijoitettu turvatyyny, joka nostaa istuimen etuosan ylös sitoen samalla istujan kiinni penkkiin, jolloin matkustaja ei pääse liukumaan penkin ja ratin väliin. Törmäystilanteissa istuinosaan turvatyynyllä vältytään syntyviltä lantiovammoilta. [15, s. 62,63.]



KUVA 16. Mekaanisesti laukeava sivuturvatyyny [5, s. 165]

Lähivuosina EU:n direktiivit velvoittanevat autonvalmistajia rakentamaan henkilöautoihin jalankulkijoita ja pyöräilijöitä suojaavia turvatyynyjä, jotka täyttyvät patjana konepellille ja tuulilasille onnettomuustilanteissa. tämäntyyppisiä turvatyynyjä. [15, s. 65.] Volvon uudessa V40-mallisarjassa jalankulkijoiden turvatyyny on otettu jo käyttöön. Auton keulaan on asennettu seitsemän anturia, jotka lähettävät tiedon jalankulkijan törmäyksestä ohjainlaitteelle. Jalankulkijan turvatyynyjärjestelmä on rakennettu siten, että törmäyksessä konepellin saranoihin asennetut pyrotekniset laukaisumekanismit nostattaa konepellin takaosaa ja samanaikaisesti laukaisee turvatyynyn, joka täyttyessään nostattaa lisää konepeltiä. Konepelti nousee n. 10 senttimetriä, jolloin konepellillä on tilaa muuttua muotoaan osumatta konehuoneen kiinteisiin osiin ja vaimentaa jalankulkijaan kohdistuvaa iskuä. Järjestelmä toimii ainoastaan 20–50 km/h taajamanopeuksissa. Tällä turvajärjestelmällä on tarkoitus suojata jalankulkijaa osuessaan A-pilariin, konepeltiin tai tuulilasin alareunaan. [45.]



KUVA 17. Jalankulkijoiden turvatyyny peittää kolmasosan tuulilasista ja A-pilarien alaosan [45]

Fordilla on kehitteillä sarjatuotantoon tarkoitettu turvatyynyllä varustettu turvavyö (kuva 3), joiden tarkoituksena on vähentää jopa viisinkertaisesti törmäyksessä vyön aiheuttamaa pintapainetta rintakehään. Turvavyö on suunniteltu takapenkillä matkustaville, varsinkin iäkkäämmille ja lapsille, jotka ovat herkempiä altistumaan pää-, niska- ja rintavammoille. Turvatyynyllinen turvavyö on mukavampi käyttää kuin tavallinen vyö, joten Fordilla uskotaan sen lisäävän motivaatiota käyttää turvavyötä liikenteessä. Turvavyön turvatyyny täyttyy törmäyksessä paineistetulla kaasulla n. 40 ms:ssa. [16.]

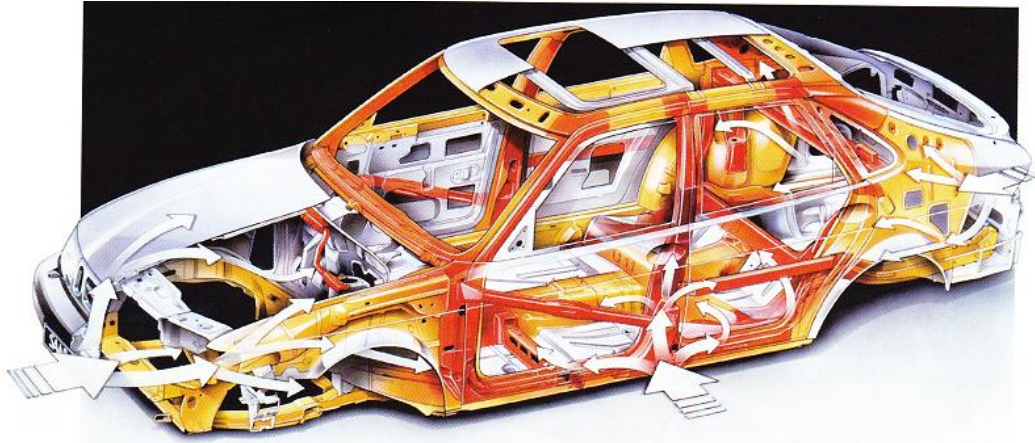


KUVA 18. Turvatyynyllä varustettu turvavyö [16]

WHIPS, whiplash protection system, on retkahdusvammoja estävä järjestelmä etupenkeissä. Retkahduksen aiheuttamia kaularankavammoja syntyy 70 %:ssa henkilövahinkoja aiheuttavista onnettomuuksista. On tutkittu, että retkahdusvammoja estävällä laitteella pystytään jopa puolittamaan retkahdusvammat peräänajokolareissa, joista suurin osa sattuu 10 - 20 km/h nopeudessa. Peräänajo on suurin riski saada retkahdusvamma, jolloin ylävartalon raju liike aiheuttaa valtavan paineen heikkoon kaularankaan, jonka vammoja on hankala tutkia ja parantaa. Peräänajossa tavallisilla istuimilla varustetuissa autoissa matkustajat painautuvat selkänojaan, joka painautuu taaksepäin, jolloin selkänoja jännittyy. Palautusvoimalla jännittynyt selkänoja sinkoaa matkustajan eteenpäin, jolloin retkahdusvammat syntyvät. Etupenkien whips-järjestelmällä vähennetään selkänojaan jännittynyttä palautusvoimaa muodonmuutos elementtien avulla, jotka on asennettu penkin molempiin kääntöniveliin. Whips-järjestelmä toimii kahdessa vaiheessa. Kun istuin tai auto liikkuu eteenpäin peräänajossa, matkustaja painuu selkänojaa vasten, jolloin mekanismi aktivoituu ja liikkuu pääosin yhdensuuntaisesti taaksepäin, n. 50 mm. Toisessa vaiheessa estetään retkahdus eteenpäin selkänojan kallistumisella taaksepäin enimmillään 15°. Mekanismin rajoitinjouset jakavat voimat tasaisesti selän alueelle eikä pistemäisiä kuormia esiinny, kuten tavallisissa penkeissä, jotka vääntäisivät selkänojan kaarelle. [15, s. 67-68]

5 KORIRAKENNE

Uusien autojen Euro NCAP -törmäystesteissä (New Car Assessment Program) on huomattu, että on todennäköisempää selvitä hengissä ja vähemmällä vammoilla kuin 2000-luvun alussa ja sitä vanhemmissa autoissa. Vaatimukset ovat vuosittain kiristyneet ja matkustajien turvallisuus on jo hyvällä tasolla automerkistä riippumatta. Turvallisin korirakenne onnettomuudessa on sellainen, jossa on jäykkä matkustamon keskiosa, joka jakaa törmäysvoimia auton pohjan, kylkien ja katon kautta kiertäen auton matkustajia (kuva 9). [7, s. 32.]



KUVA 19. Voimien välittymien törmäyksessä [39, s. 15]

Auton keula on suunniteltu painumaan sisään, absorboimaan mahdollisimman paljon liike-energiaa itseensä, ennen kuin törmäysvoimat saavuttavat tulipellin ja A-pilarin. Moottorin, vaihteiston ja ohjauksen kiinnitykset ovat suunniteltu siten, että ne painuvat törmäyksessä auton alle tai sivulle. Auton mallista ja koosta riippuen 50 km/h nopeudella suoraan esteeseen ajettaessa pysyvän muodonmuutoksen pitäisi olla 0,4-0,7 m ja matkustamo-osan pitäisi säilyä pääpiirteittäin muuttumattomana. [4, s. 802.] Törmäysvoimat ovat olleet liian suuret auton absorboivalle korirakenteelle, mikäli katto tai pilarit ovat taipuneet tai aaltoilevat. Keularakenteen palkisto suunniteltu myötäämään törmäysvoimia, mutta matkustamon runko- ja poikkipalkkien teräs estää mahdollisimman pitkään kokoon painumista. [7, s. 32.]

Uusissa autoissa lujin teräs löytyy B-pilarin ulkopinnoilta. Auton sivuille ei ole mahdollista rakentaa absorboivaa korirakennetta, on korin kyljessä käytettävä erittäin lujia materiaaleja. 2000-luvun aikana kori- ja materiaalitekniikka ovat kehittyneet niin paljon, että vahvimmat myötölujuudet ovat jopa 550-1600 N/mm², joita käytetään pila-reissa ja poikkipalkeissa. [7, s. 33.]

Lakisääteisessä peräänajokokeessa matkustamoon saa tulla vain vähäisiä muodonmuutoksia. Ovien on avauduttava törmäyksen jälkeen, takaluukun reuna ei saa tunkeutua takalasista matkustamoon ja polttoainejärjestelmän on pysyttävä tiiviinä. [4, s. 802.]

Vanhoissa ajoneuvoissa etu- ja takalasiat olivat kiinni kumilistoilla, mutta nykyisin ne ovat liimattavia ja lujittavat siten koria kuulumalla kantavaan korirakenteeseen sekä

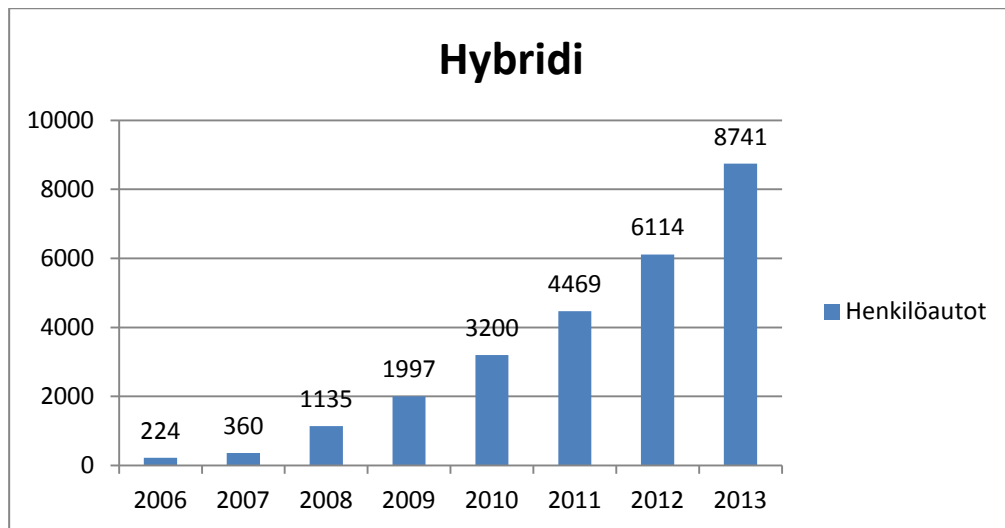
lisäävät turvallisuutta [40, s. 52]. Tuulilasi koostuu muovikalvoista, jotka on laminoitu lasikerroksien väliin. Yleisimmin lasikerroksia on vain kaksi ja niiden välissä yksi muovikalvo. Paksuudeltaan tuulilasit ovat n. 8–12 mm, mutta panssaroiduissa ajoneuvoissa tuulilasin paksuus voi olla jopa 50 mm. Tuulilasi ei hajoa iskusta, joten se on aina sahattava irti liimalasiveitsellä tai lasisahalla. Sahattaessa liimalasia siitä irtoaa aina lasipölyä, jota joutuu hengitysteitse keuhkoihin. Harvahampaisen sahan avulla irtoaa vähemmän lasipölyä. Takalasi voi olla kestäväää liimalasia tai karkaistua lasia, joka rikkoontuu iskusta. [7, s. 52-53.]

6 SÄHKÖ- JA HYBRIDIAUTO

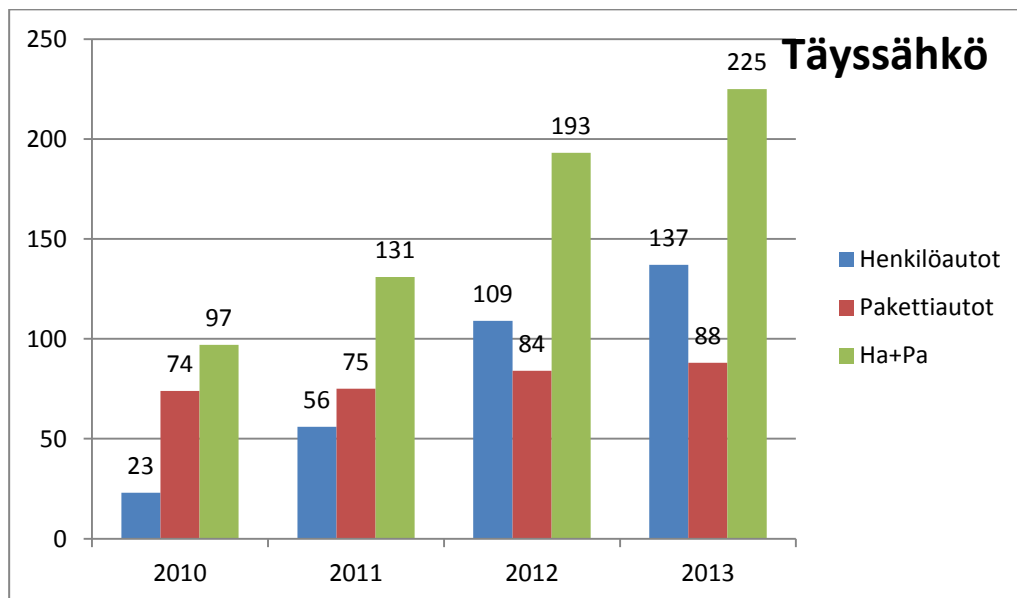
Sähköautojen kehitys on lähtenyt liikkeelle vuoden 1973 öljykriisistä, kun oli olemassa uhka öljyn loppumisesta, jolloin oli keksittävä vaihtoehtoinen käyttövoima auton liikuttamiselle. Sähköauto on myös yksi ratkaisu vähentää hiilidioksidipäästöjä, joka vaikuttaa ilmastonmuutokseen sekä kasviuonepäästöihin. [17, s. 4.] Sähköauton etuja polttomoottorillisiin autoihin on mm. tasainen vääntökäyrä, lähes äänetön, huoltovapaa sähkömoottori ja hyvä hyötysuhde. Tasaisen vääntökäyrän ansiosta vaihdelaatikon ja kytkimen voi jättää pois sähköautoista. Mutta edellä mainittujen positiivisten seikkojen vastapainona on virran hankala varastointi. Nykyaikaisten akkujen energiasisältö vastaa vain muutamaa litraa bensiiniä. [18, s.41.]

Suomessa, ja globaalisti, suosituin hybridauto on Toyota Prius. Toyota- ja Lexus-merkkisiä hybridautoja on myyty ympäri maailmaa 2011 vuoden loppuun mennessä yli 3,5 miljoonaa ja toiseksi eniten 0,8 miljoonaa Hondan hybridautoja. Trafinaan (30.6.2012) täyssähköautoja Manner-Suomessa on rekisteröitynä 86 yksilöä, joista suosituin on Nissan Leaf 24 kpl. [18, s. 54]

Trafina tilastoista voidaan tulkita vaihtoehtoisten energianlähteiden olevan kasvavassa suosiossa. Hidasteena vaihtoehtoiselle energialle on kuitenkin vuotuinen käyttövoimavero, joka peritään kaikista ajoneuvoista, joiden pääkäyttövoiman lähde on muu kuin moottoribensiini [24]. Etelä-Savossa on liikennekäytössä olevia sähköautoja 3 kpl ja bensiinihybridejä 7 kpl [34]. Seuraavista pylväsdiagrammeista voi todeta sähkönsuosion kasvun vaihtoehtoisena energianlähteenä.



KUVA 20. Liikennekäytössä olevien hybridihenkilöautojen kehitys [muokattu, 25]



KUVA 21. Liikennekäytössä olevien täyssähköautojen kehitys [muokattu, 26]

6.1 Hybriditeknikka

Hybridiajoneuvot voidaan luokitella kahdella tavalla niiden voimansiirtolinjan ja hybridisointiasteen perusteella. Sarjahybrideissä ei ole suoraa yhteyttä vetävien pyörien ja polttomoottorin välillä. Sarjahybrideissä polttomoottori käyttää generaattoria, joka tuottaa sähköä vetopyöriä pyörittävälle sähkömoottorille. Sarjahybriditekniikkaa käytetään yleensä sähködieselvetureissa, laivoissa ja Range Extended -hybridiajoneuvoissa. Sarjahybrididiä ei ole kovin yleinen ajoneuvovalmistajien keskuu-

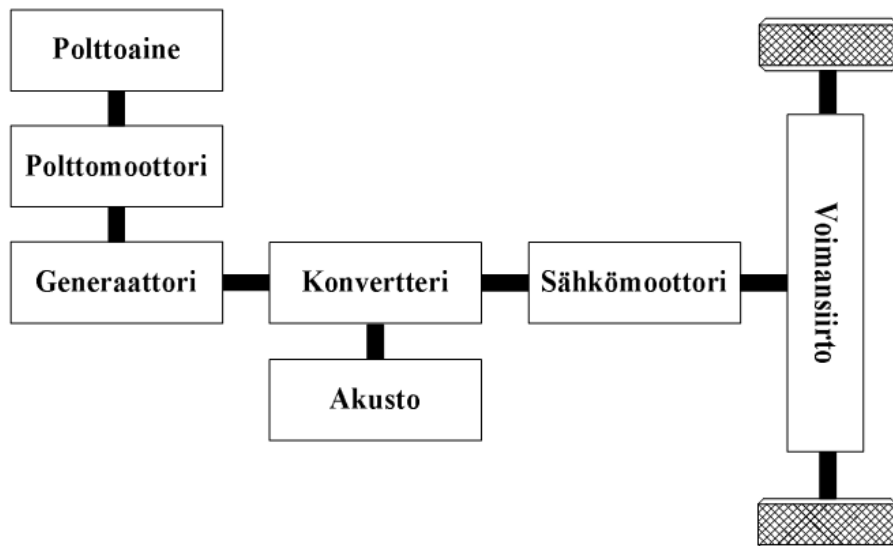
nessa, sillä energiahäviöt ovat suuremmat tasaisessa maantieajossa kuin polttomoottoriajoneuvoissa. [18, s. 42.]

Rinnakkaishybrideissä voidaan kytkeä voimansiirto polttomoottorilta ja sähkömoottorilta samaan voimansiirtolinjaan, jolloin molempien moottoreiden energia voidaan käyttää yhtä aikaa tai erikseen. Rinnakkaishybridiajoneuvoissa voidaan sähkö- ja polttomoottori mitoittaa pienemmäksi, koska tasaisessa maantieajossa voidaan käyttää pelkkää polttomoottoria ja kaupunkiajossa sähkömoottoria ja tarvittaessa myös polttomoottoria. Tunnetuin rinnakkaishybridiajoneuvo on Honda Civic. Huonona puolena rinnakkaishybridissä on, ettei akkua voi ladata pysähdyksissä oltaessa. [18, s. 43.]

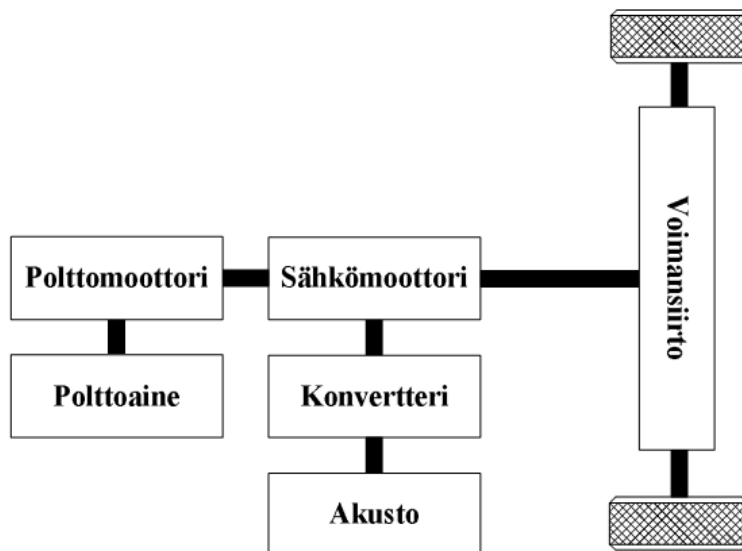
Yhdistämällä hybriditekniikat saadaan molempien järjestelmien hyödyt käyttöön ja poistettua huonot ominaisuudet. Esimerkkinä kytkennän toteutuksena Toyotan hybridiajoneuvoissa sähköinen ja mekaaninen voimansiirtolinja on kytketty planeettavaihteistolla, jolloin ajoneuvo voi liikkua kolmella eri tavalla: polttomoottorilla, sähkömoottorilla tai molempien avulla. Haittapuolena on vain lisääntynyt valmistuskustannus. Tästä tekniikasta käytetään sarjarinnakkaishybridi tai power split – hybridinimityksiä. [18, s. 43.]

Hybridisointiasteet ovat:

- Mikrohybridi. Jarrutusenergian pysäytys-käynnistysautomaatiikalla talteenotolla varustettu ajoneuvo. Kyseessä on vain kauppanimi, sillä polttomoottori liikuttaa ainoastaan ajoneuvoa
- Kevythybridi. Sähkömoottori avustaa polttomoottoria kiihdytyksissä, muttei pysty pelkän sähkömoottorin avulla liikuttamaan ajoneuvoa.
- Täyshybridi. Ajoneuvo voi liikkua sähkömoottorilla, polttomoottorilla tai molemmilla yhtä aikaa.
- Plug-in-hybridi. Ajoneuvon akusto, joka on suurempi kuin tavallisessa hybridiautossa, on ladattavissa sähköverkosta.
- Range-extender. Käytännössä kuin plug-in-hybridi, mutta varustettuna isommalla akustolla ja polttomoottoria on vain tarkoitus käyttää poikkeustapauksissa.
- Täyssähköajoneuvo. Varustettu ainoastaan sähkömoottorilla, joka saa käyttövoimansa sähköverkosta ladattavasta akustosta. [18, s. 43-44.]



KUVA 22. Sarjahybridin periaatteellinen rakenne [68, s. 10]



KUVA 23. Rinnakkaisihybridin periaatteellinen rakenne [68, s. 11]

6.1.1 Ajoakusto

Hybridi- ja sähköautojen akut sisältävät suuren määrän energiaa, jolloin jännitteet ovat useita satoja voltteja, jotta useiden kymmenien kilowattien sähkömoottori(t) jaksaisivat pyöriä. Perinteiset 12 V:n lyijyakut eivät sovellu sähkömoottorin pyörittämiseen, koska niitä ei ole suunniteltu kestäväksi täysiä purkaussyklejä. Lisäksi hybridi-auton tarvittavan sähkötehon saavuttamiseksi tarvittaisiin 12 V:n akulta todella paksut johdot ja moottorikämmelit, kun vaadittavan sähkötehon saavuttamiseksi tarvitaan suuri määrä virtaa. [18, s. 44.] Jännitettä nostamalla voidaan siis toimia pienemmällä ja ke-

vyemmillä johtimilla ja käämeillä sekä alhaisilla virtamäärillä. Tämä tulee suoraan fysiikasta, sähkötehon kaavasta, $P=UI$ [18, s. 22].

2000-luvun vaihteessa käytetyin akkutyyppejä oli nikkelimetallihybridiaakku (NiHM), jota käytetään vieläkin esim. Toyota Priuksessa. NiHM-akut soveltuvat hybridiautoihin hyvin niiden hyvän jarrutusenergian talteenottokyvyn ja pakkaskestävyyden ansiosta. Täyssähköautoissa käytetään litiumioniakkua, jotka ovat huomattavasti kevyempiä kuin NiHM-akut. Haittapuolena litiumakkuihin joutuu rakentamaan ylilataussuojan, joka valvoo jokaisen kennon varaustilaa.

Akkujen sisältämän suuren energian takia on akkuun rakennettava integroitu turvajärjestelmä, joka katkaisee jännitteen akulta kolarin sattuessa tai ajoneuvon joutuessa veden alle. Turvajärjestelmä suojaa vahingoilta, mikäli akkupaketti säilyy ehjänä. Turvajärjestelmä ei kuitenkaan pura akun sisältämää energiaa, joka on hybridihenkilöautoissa n. 2kWh eli 7,2 MJ. Vertailun vuoksi 1 kg dynamiittia sisältää 7,5 MJ energiaa, joka vapautuu räjähdyksessä. Räjähdyksessä voi levitä iholle ja silmiin nikkelimetalliakun hyytelömäistä emäksistä elektrolyyttiä, joka syövyttää ihoa ja limakalvoja kuin lipeä.

Natriumnikkelikloridiakkuja käytetään joissain täyssähköautoissa, joiden akkujen elektrolyyttien lämpötila voi olla yli 300 °C normaalikäytössä, ja jos akkukotelo vaurioituu, voi laavamainen elektrolyytti aiheuttaa vakavia palovammoja. [18, s. 44-47,71.]

Invertteri on ikään kuin sähköauton ohjainlaite. Invertteri huolehtii kaikesta sähkönkulusta, myös jarrutuksessa saadun energian talteenotosta, ja se säännöstelee virran kulua kaikille sähkömoottoreille. Invertteri on pakollinen varuste hybridi- ja sähköautoissa, sillä sähköenergian varastointi on mahdotonta vaihtosähköä, joten tasasähkö on muutettava invertterillä vaihtosähköksi. Tasasähkömoottoritakin on olemassa, mutta vaihtosähkömoottorit ovat hyötysuhteeltaan parempia. Inverttereitä voi olla useampia, mikäli autosta löytyy useampia sähkökoneita. [18, s. 47.]

6.1.2 Turvalaitteet

Sähkö- ja hybridi ajoneuvojen sähköturvallisuutta koskeva UNECE R 100 -säädos määrää, että sähköajoneuvoissa on oltava [18, s. 49]:

- Huoltokatkaisin (huoltoerotin), jolla korkeajänniteakusto erotetaan muusta ajoneuvosta
- Seurantajärjestelmä sisäiselle erotusresistanssille
- Korkea jännitteisten komponenttien suojaus suoralta kosketukselta
- Varoitussymbolit korkeajänniteosille
- Oranssilla kuorella varustetut korkeajännitekaapelit
- Jännitteelle alttiit kosketeltavat osat on liitettävä galvaanisesti sähköiseen alustaan (auton kori) vaarallisten potentiaalierojen takia (sähköiskun vaara)
- Kosketeltavien osien, jotka ovat jännitteelle alttiita, ja sähköisen alustan (auton kori) välinen resistanssi on oltava alle 1,0 ohmia virran voimakkuuden ollessa vähintään 0,2 ampeeria.



KUVA 24. Korkeajännitekaapelit ovat merkitty oranssilla suojakuorella

Akun erotusjärjestelmän tehtävänä on erottaa sähköisesti korkeajänniteakusto muusta ajoneuvosta, kun ajoneuvo on off-tilassa, ajoneuvoon tulee toimintahäiriö tai onnettomuuden sattuessa. Korkeajänniteakuston sisällä on muutaman suurivirtaisen kontaktorin, eli releen, rinnakkaispiiri, joiden tehtävänä on erottaa akusto muusta ajoneuvos-

ta. Kontaktorit saavat ohjausvirtansa 12 V:n järjestelmästä, kun tämä ohjausvirta katkaistaan, korkeajänniteakusto erottuu välittömästi sähköisesti muusta ajoneuvosta. [18, s. 50-51.] Auton virrattomaksi tekemisessä on aina irrotettava akun maattokaapeli ensin turvallisuussyistä, varsinkin jos akkukaapeli leikataan voimapihdeillä, koska maattokaapeli on aina yhteydessä auton runkoon. Maattokaapelin ollessa irti auton virtapiiri ei ole enää suljettu, jolloin oikosulun vaaraa ei enää ole. [14, s. 168.] Lisäksi leikkureilla leikatessa huomioitava, ettei leikkaa akkukaapelin turvaliittimen panosta, sillä turvaliittintä leikatessa on sirpalevaara [7, s. 30]. Akun varautuessa akun kennoilta vapautuu happea sekä vetyä kaasuna. Kaasut johdetaan ulos akusta ja sekoittuessaan nämä kaasut muodostuvat erittäin herkästi räjähtävän seoksen. Akun positiiviset levyt ovat kirjekuoren muotoisissa eristintaskuissa, joiden pohjalle putoavat levyistä irtoavat hiukkaset, eivätkä ne pääse aiheuttamaan oikosulkua levyjen välille. Eristinlevyillä ehkäistään akun sisäinen oikosulku, sillä oikosulku tapauksessa akun sisältämä energia ja hyvin pieni sisäinen resistanssi kehittää hetkessä suuren virran, joka pystyy sulattamaan akun metalliosat ja pahimmassa tapauksessa polttamaan auton matkustajineen. [14, s.163,168.] Nokkakolareissa ei voi ikinä olla varmoja siitä, ovatko akun eristinlevyt repeytyneet törmäyksen voimasta, jolloin oikosulun aiheuttama vaara on erittäin suuri.

Interlock-piiri suojaa asiattomilta korjausyritysten aiheuttamilta sähköiskuilta. Interlock-piiri katkaisee korkeajännitteisten osien virran saannin, kun korkeajänniteosien suojuksia poistetaan. Jotkut autonvalmistajat ovat suojanneet korkeajännitekaapelit tunnistejohdoilla. Mikäli kaapelia leikataan, katkeaa tunnistejohdin ensin ja tekee korkeajännitekaapelit virrattomiksi. [18, s. 53.]

6.2 Sähkön vaarallisuus ihmisissä

Ihmisen hermostot toimivat sähköimpulsseina, joita pystytään häiritsemään ulkoisella sähkövirralla ja riittävän suurella sähkövirralla pystytään aiheuttamaan lihaskouristuksia, jopa hengityksen lamautuminen. Sydän on erityisen herkkä ulkoiselle sähkövirralle, joka voi aiheuttaa kammiovärinän tai sydämen pysähtymisen. Sähkövirta ei pelkästään tee sisäisiä vaurioita vaan voi myös aiheuttaa ulkoisia sekä sisäisiä palovammoja. [18, s. 57.]

Tasavirta on ”turvallista” ihmisen terveyden kannalta. Esimerkkinä 12 V:n auton käynnistysakusta ei voi saada vaarallista sähköiskua, mutta oikosulkemalla akun sisältämän energian nopea purkautuminen voi aiheuttaa palovamman. Tai kuivalla ilmalla kokolattiamatolla seistessä ja koskettaessa ovenkahvasta voi purkaantua hankaussähköä, joka on kymmeniä tuhansia voltteja ja muutamia ampeereja, mutta kesto aika on sekunnin murto-osa, jolloin energiamäärä ($E=UIt$) jää vähäiseksi. Ihmiselle vaarallinen sähköisku riippuu sähköän voimakkuudesta ja kestoajasta. Lisäksi taajuudella on merkitystä sydämen toiminnalle, alle 100 Hz:n vaihtosähkö aiheuttaa sydänkammiovärinää, mutta tasasähkö ja korkeataajuinen vaihtosähkö ei aiheuta kammiovärinää. Tasavirtakin voi aiheuttaa kammiovärinän sydämessä, mutta siihen vaaditaan jo huomattavasti vaihtovirtaa suurempi tasavirta. Tasavirta voi aiheuttaa sisäisiä peruuttamattomia kemiallisia reaktioita. Ihmiskehon impedanssi pienenee jännitteen kasvaessa, joten ihmiselle vaarallisen sähköiskun määrittäminen on hankalaa, mutta nyrkkisääntönä voidaan pitää, että kädestä käteen yli sadan voltin jännitteellä impedanssi on muutaman kilo-ohmin. Esimerkkinä $I = \frac{200V}{2k\Omega} = 100mA$, joka voi olla hengenvaarallinen, mutta hyvänä raja-arvona voidaan ”turvallisena” vaihtovirtana pitää 30 mA, jonka takia vikavirtasuojatkin laukeavat 30 mA:n virralla. [18, s. 46, 58-60.]

TAULUKKO 1. Vaihtovirran vaikutukset ihmiseen. Sydänjakson pituus on n. 1 sekunti [18, s. 58]

<i>Virta</i>	<i>Kesto</i>	<i>Vaiikutukset</i>
0,5 mA	-	Henkilö huomaa sähkövirran.
10 mA	-	Otteen irrottaminen vaikeaa tai mahdotonta.
30... 50 mA	sekunneista minuutteihin	Voimakkaita kouristuksia, ylärajalla kammiovärinä mahdollinen.
50... 500 mA	alle sydänjakson	Voimakas shokkivaikutus.
30... 500 mA	yli sydänjakson	Sydänkammiovärinä, tajuttomuus.

6.3 Hybridi- ja sähköauton virrattomaksi tekeminen

Turvallinen työskentely hybridi- ja sähköauton ympärillä tulee tehdä auton ollessa jännitteetön, eli korkeajännite akku on erotettava ajoneuvon muista virtapiireistä. Jän-

nitteettömäksi tekeminen tapahtuu aina tietyssä järjestyksessä, joka on mainittu sähköturvallisuusstandardin, SFS 6002, luvussa 6.2. Sähköajoneuvo tehdään jännitteettömäksi aina seuraavanlaisessa järjestyksessä:

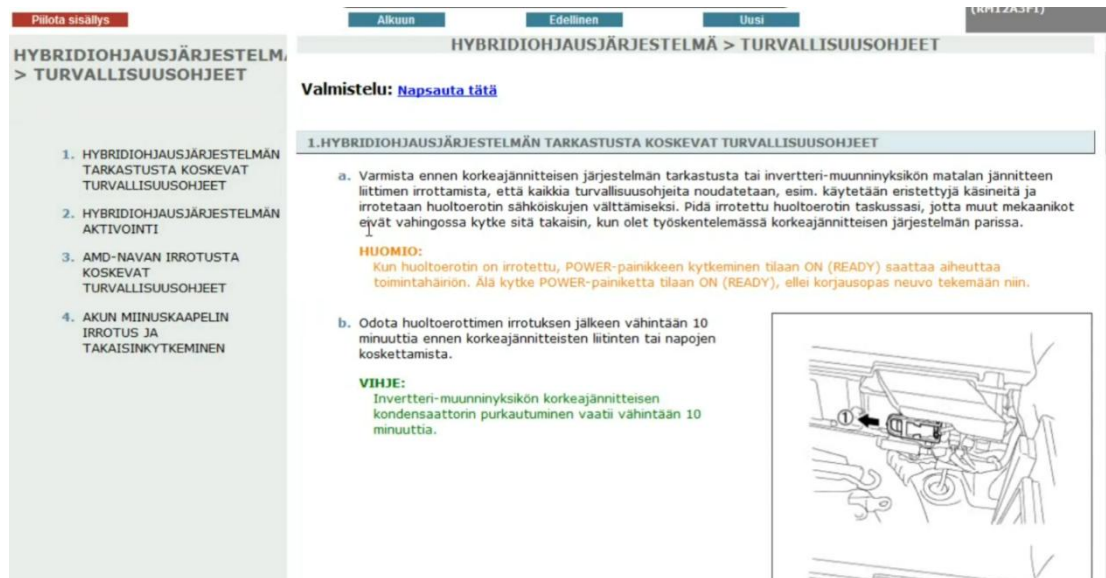
1. Täydellinen erottaminen
2. Jännitteen kytkemisen estäminen
3. Laitteiston jännitteettömyyden toteaminen.

Täydellinen erottaminen tarkoittaa ulkoisen latauspistokkeen irrottamista täyssähköautosta, aktiiviavaimen viemistä riittävän kauas autosta (n. 5 m) ja 12 V:n akun irrottamista ohjausvirran katkaisemiseksi. Jännitteen kytkeminen estetään huoltoerotimen irrottamisella, ja huoltoerotin on aina laitettava sellaiseen paikkaan, ettei sitä kukaan vahingossa voi laittaa työskentelyn aikana takaisin paikalleen. Huoltoerotinta irrottaessa on käytettävä ehjiä ja kuivia eristyskäsineitä. Sähköajoneuvon jännitteettömyys on tarkastettava mittaamalla kaksinapaisella jännitteenkoettimella. 12 V:n järjestelmän irrottamisen jälkeen ohjausvirran pitäisi erottaa korkeajänniteakku muusta ajoneuvosta releiden eli kontaktoreiden, avulla. Jännitteettömyyden tarkistaminen on tärkeää, koska releiden kärjet ovat voineet hitsautua kiinni toisiinsa. Jännitteettömäksi toteamisessa voidaan myös käyttää yleismittaria, mutta sen virheellinen käyttö voi aiheuttaa hengenvaaran. [18, s. 53, 66-68; 19, s. 17; 7, s. 135.]



KUVA 25. Jännitteenkoettimella jännitteettömyyden toteaminen on turvallista [61]

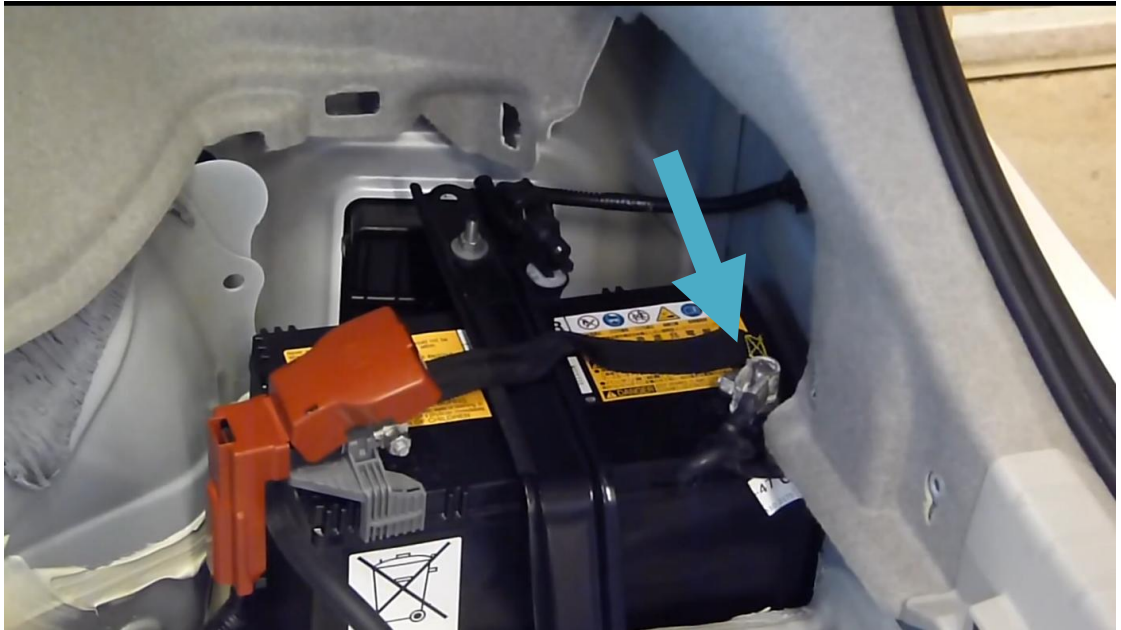
Seuraavassa esimerkissä tehdään hybridiauto jännitteettömäksi valmistajan ohjeiden mukaisesti ja turvallisesti. Kuvasarja, viimeistä kuvaa lukuun ottamatta, on otettu HMV-system Oy:n tekemästä koulutusvideosta, jossa on esitetty Toyota Prius ZVW30:sen jännitteettömäksi tekeminen. Nuolet on lisätty selventämään kuvatekstien tarkoitusta.



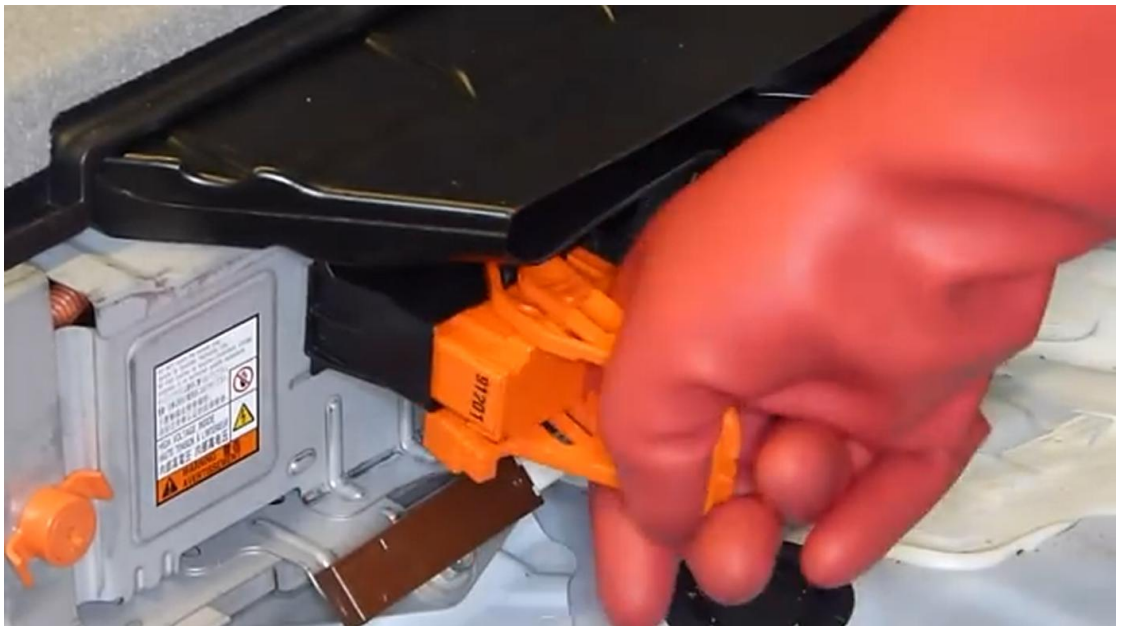
KUVA 26. Valmistajan ohje jännitteettömäksi tekemisessä [28]



KUVA 27. Auton sammuttaminen power-katkaisijasta [28]



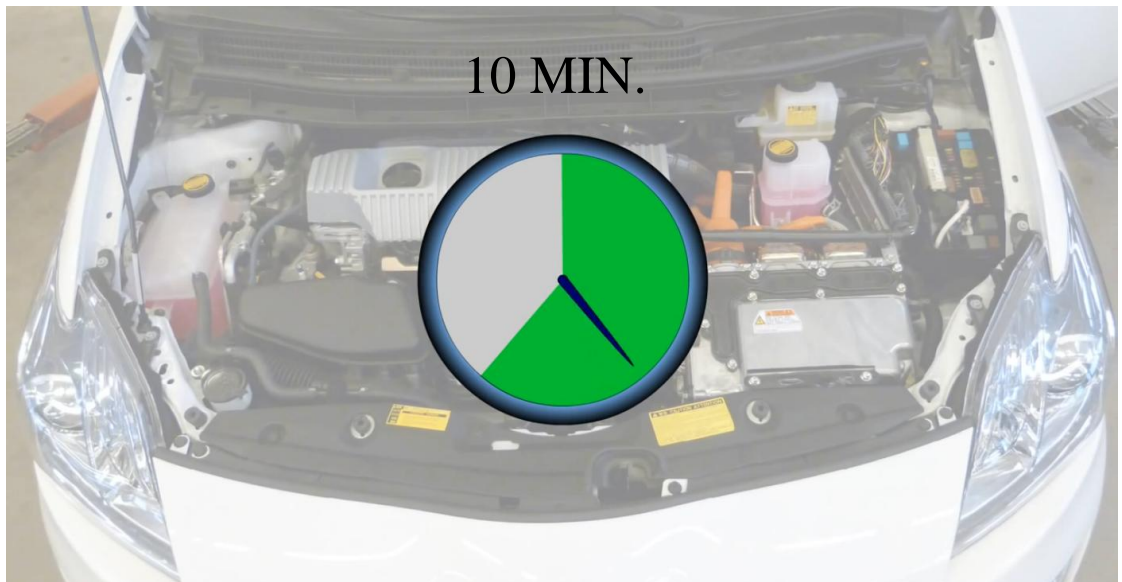
KUVA 28. 12 V:n järjestelmän irtikytkentä irrottamalla maakaapeli [28]



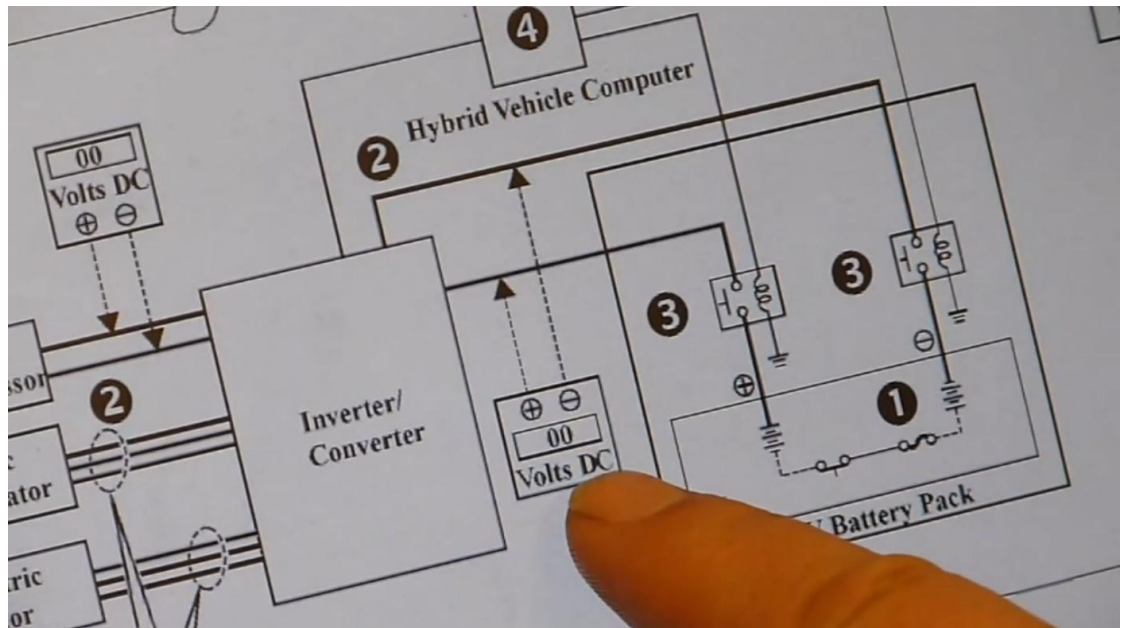
KUVA 29. Huoltoerottimen irrotus [28]



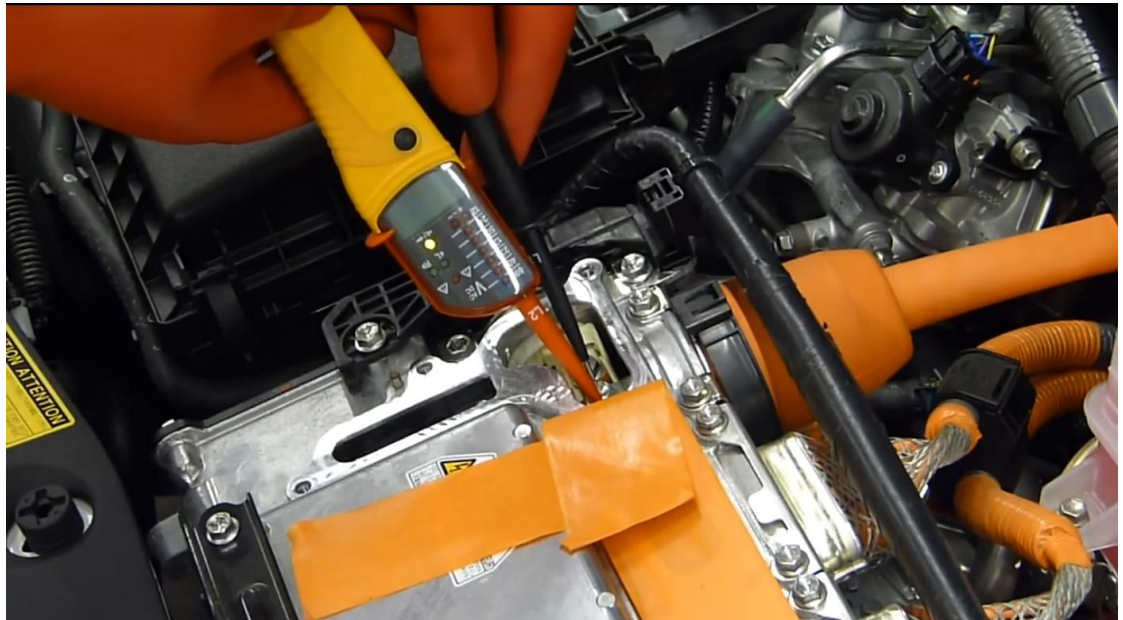
KUVA 30. Estetään huoltoerottimen kytkeminen takaisin [28]



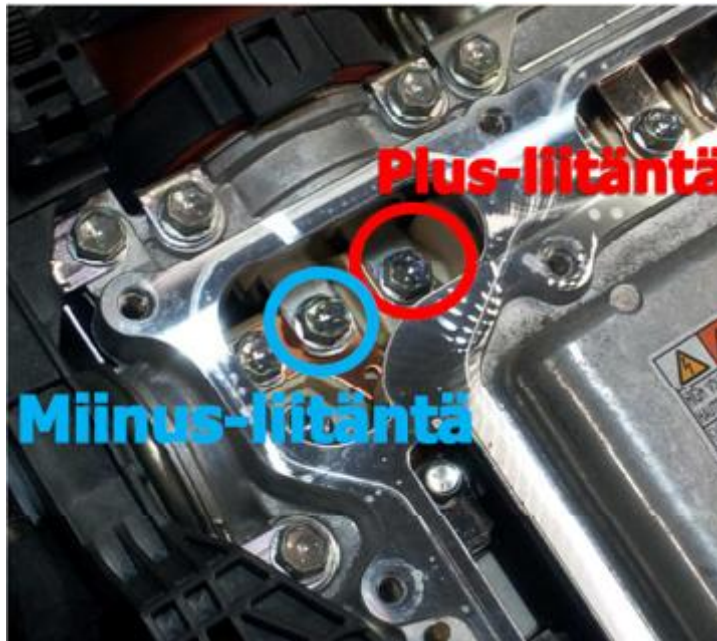
KUVA 31. Odotetaan 10 min. huoltoerottimen irrottamisen jälkeen [28]



KUVA 32. Jännitteen mittauspisteet [28]



KUVA 33. Tarkistetaan jännitteettömyys jännitteenkoettimella invertteriltä [28]



KUVA 34. Invertterin mittauspisteet [27, s. 36]

HMV-System Oy:n koulutuksessakin on käytetty CRS:n valmistajan ohjeita jännitteettömäksi tekemisessä. Kun sähkö –tai hybridauto sammutetaan power-katkaisijasta tai virta-avaimesta parkkisalpa menee päälle, joka vapautuu 12 voltin akun maakaapelin irrottamisen jälkeen, jolloin autoa voi vapaasti liikutella. Älyavaimella varustetuissa versioissa korkeajänniteakusto kytkeytyy pois päältä silloin, kun avaimet ovat oskilaattoreiden havaintoalueen ulkopuolella, n. 5 m. [7, s. 135;136.] 10 minuutin kondensaattoreiden purkautumisajan jälkeen jännitteettömyys on syytä tarkistaa työturvallisuuden takia invertterin tai inverttereiden mittauspisteistä valmistajanoheiden mukaisesti siihen tarkoitettulla jännitteen koettimella.

6.4 Sähköautopalo

Hybridi- tai sähköauton palon sammuttaminen ei vaadi erikoistoimenpiteitä polttomoottorilliseen autoon verrattuna. Parhaana sammutusmenetelmänä toimii vesi, jota suositellaan käytettävän runsaasti korkeajänniteakuston palaessa, koska akustosta leviää paljon myrkyllisiä kaasuja. Runsas vesi vähentää myrkyllisen kaasun muodostumista. Korkeajänniteakusto palaessaan voi pokahtaen halkeilla kuumuuden seurauksena ja sammuttaminen on hankalaa aggressiivisesti palavien kennojen sekä tiiviin akkukotelon takia. Korkeajänniteakustopalon sammuttamisen jälkeen on mahdollista, että akuston kennot syttyvät itsestään uudelleen palamaan jopa päivien päästä, jonka takia ajoneuvoa ei saa siirtää 15 metriä lähemmäksi rakennuksia tai muita ajoneuvoja.

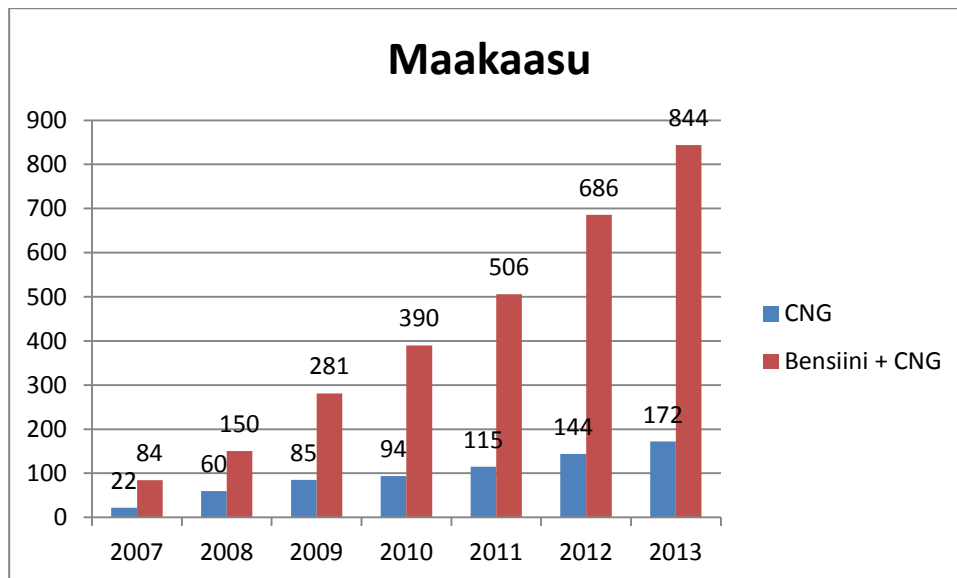
Palon sammumisen jälkeen on autoa ja akustoa jäähdytettävä vedellä, koska se pienentää kennojen itsesyttymisriskiä. [29, s. 26; 30, s. 15-16.]

Maahan ja sähköajoneuvoon kerääntyneestä vedestä ei saa sähköiskua, koska sähköajoneuvot on varustettu akun erotusjärjestelmällä, josta on kerrottu enemmän luvussa 4.1.2. Korkeajänniteakustosta saattaa nousta sihisevältä ja kuplivalta kuulostavaa kaasu, joka tulee akun sisäisen elektrolyysin tuloksena. Runsas vesi toimii johtimena akun napojen välillä, jolloin oikosulkuvirta hajottaa vesimolekyylejä helposti syttyviksi vety- ja happikaasuiksi, jotka voivat aiheuttaa leimahdusvaaran auton sisällä. [30, s. 17.]

7 KAASUAUTO

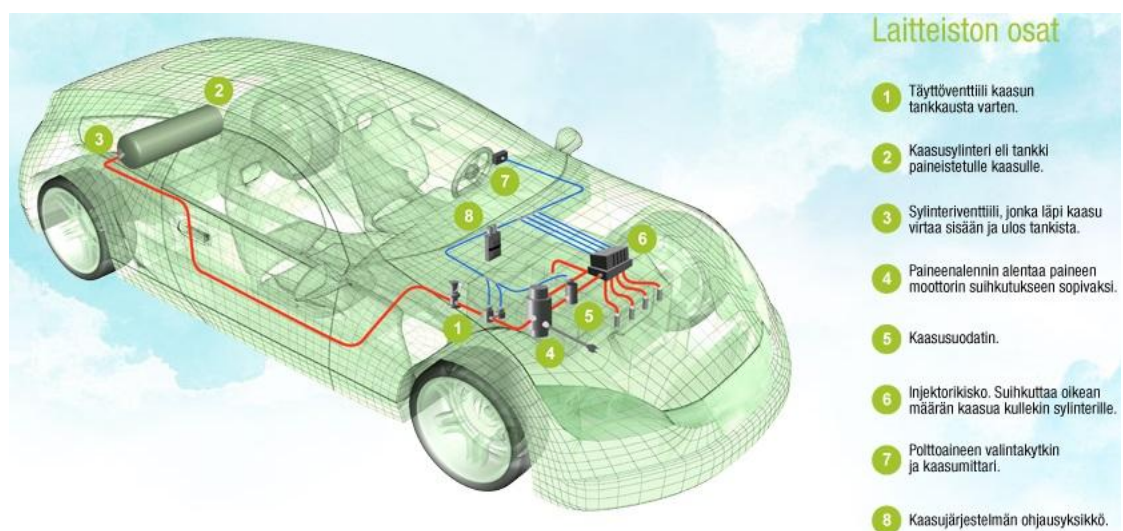
Tiukkenevien päästörajojen ja hiilidioksidiemission vähentämisen takia kaasun merkitys vaihtoehtoisena polttoaineena on korostunut, varsinkin Euroopassa. Vaihtoehtoisia polttoaineita on mm. etanoli ja nestekaasu nestemäisenä sekä maakaasu ja vety kaasu- tai nestemäisenä varastoituna. Useimmiten tieliikennekäytössä olevissa henkilöautoissa vaihtoehtoiset kaasut varastoidaan kaasumaisena korkeasti paineistettuna edullisempien valmistuskustannuksien takia. [4, s. 552-555.]

Trafin tilastojen mukaan myös maakaasun suosio henkilöautojen vaihtoehtoisena polttoaineena on kasvanut Manner-Suomessa [34]. Hidasteena maakaasuauton suosiolle on käyttövoimaverotus ja maakaasun jakelupisteiden vähäinen määrä [24; 38]. Etelä-Savossa ei ole yhtään liikennekäytössä olevaa maakaasuautoa [34].



KUVA 35. Tieliikennekäytössä olevien maakaasuhenkilöautojen kehitys [muokattu, 34]

Kaasuauto yhdistettynä ottomoottorin kanssa ei ole pelkästään autonvalmistajien uusien autojen tekninen ratkaisu edulliseen ja vähäpäästöiseen ajamiseen. Kaikkien autojen ottomoottorin rinnalle voidaan asentaa kaasujärjestelmä, joka maksaa itsensä takaisin 30 - 50 000 km ajolla. Kaasujärjestelmän asennuksen jälkeen autosta tulee kahdella polttoaineella toimiva Bi-fuel -ajoneuvo, joka on muutoksastettava ja jälkiasennuslaitteistosta on esitettävä E110 -hyväksyntä komponenteista ja E115 -hyväksyntä asennussarjasta sekä asennuksen saa suorittaa vain koulutettu asennustutkinnon suorittanut henkilö. [21; 22; 23.] Kaasujärjestelmän pääkomponentit ovat kaasun syöttölaitteisto, paineensäätimet ja kaasusäiliöt [32, s. 69].



KUVA 36. Kaasuauton komponentit jälkiasennettuna [20]

7.1 Maakaasu

Maakaasu koostuu pääasiassa metaanista, jota on noin 98 % ja 2 % maakaasusta on etaania ja tyypeä. Myös propaania, hiilidioksidia ja happea on erittäin pieninä määrinä maakaasussa. Maakaasut jaotellaan High- ja Low-kaasuihin niiden metaanipitoisuuksien perusteella. H-kaasuissa on metaania >90 % ja L-kaasuissa 80 – 90 %. Maakaasu on fossiilinen polttoaine, jota saadaan maanalaisista kammioista, kuten Pohjanmerestä ja Kaspiamerestä. Biokaasua saadaan orgaanisten aineiden anaerobisten mädätyksestä. Puhdistettu biokaasu koostuu pääosin metaanista ja on käyttöominaisuuksiltaan maakaasun omainen. [31,s. 22; 32, s. 68; 4, s. 555.]

Maakaasu vaatii kipinäsytytteisen bensiinimoottorin kaltaisen polttomoottorin (paitsi dual-fuel -mallit), mutta polttoaineen varastointi- ja syöttöjärjestelmät ovat erilaiset. Maakaasu ei nesteydy paineen alaisena, joten se on varastoitava korkeasti paineistettuna kaasuna, CNG (Compressed Natural Gas), n. 200 barissa, tai jäähdytettynä nesteenä, LNG (Liquified Natural Gas), alle -163° C lämpötilassa. Paineistettu kaasu on suositumpi varastointitapa kustannustehokkuuden ja tarvittavan energian takia. [31, s. 22;4, s. 555.] CNG:n eli paineistetun maakaasun polttoainesäiliöiden on oltava vahvoja, että ne kestävät riittävän varastointipaineen. CNG-säiliöinä käytetään useimmiten komposiitti- tai kuidutettuja alumiinisäiliöitä. LNG-säiliöt ovat kevyitä, mutta niiden oltava suuria, jotta säiliöihin mahtuu tarpeeksi eristystä estämään nestemäisen maakaasun lämpeneminen ja kiehuminen. [31, s. 22.]

Maakaasumoottoreilla on kolme erilaista toimintavaihtoehtoa. Ne voivat toimia ainoastaan maakaasulla, vaihdella bensiinin ja maakaasun välillä (bi-fuel) tai käyttää dieselin ja maakaasun yhdistelmää (dual-fuel). [31, s. 23.] Matalapaineisjärjestelmässä maakaasu syötetään kaasumaisena suoraan imusarjaan jaksottaisesti. Kaasumaisena syöttötapana etuutena on palotilan ja imusarjan pinnoille polttoaineen, eli maakaasun, tiivistymättömyys. Maakaasumoottorilla on pienempi teho, n. 10-15 %, joka johtuu pienemmästä polttoainemassasta, jota tarvitaan stökiometriseen palamiseen (17,2:1) ja huonommasta täytössuhteesta. Tehohäviötä voidaan kompensoida puristussuhdetta nostamalla, jolloin imuilman ahtaminen soveltuu erinomaisesti maakaasumoottorin kanssa. Hyötysuhdetta voidaan myös nostaa laihaseoskäytöllä, $\lambda = 1,7$. [4, s. 555.] Dual-fuel -moottoreissa on dieselmootoreita parempi hyötysuhde. Maakaasu vaatii dieselmootoreissa pienen dielesiruiskutuksen, joka syttyy puristus-

lämmön vaikutuksesta, ja toimii samalla sytyttimenä maakaasulle. Matalilla kuormituksilla dual-fuel -moottorit käyvät jopa kokonaan dieselillä, mutta suuremmilla kuormituksilla ne käyttävät kahden polttoaineen yhdistelmää. Täydellä kuormalla maakaasun osuus 80–90 %. [31, s. 4.]

7.1.1 Turvallisuus

Maakaasun sisältämä runsas metaani on turvallinen polttoaine. Metaani on ilmaa kevyempää, joten vuodon sattuessa se nousee ylöspäin samalla laimentuen. Maakaasu tarvitsee syttyäkseen korkeamman syttymisenergian ja sen itsesyttymislämpötila on korkea, 537 °C. Maakaasun aiheuttama palokuorma on dieseliä pienempi. [33, s. 73.] ”Maakaasuun on sekoitettava selvästi erottuvaa hajusteainetta niin paljon, että kaasu voidaan aistia silloin, kun kaasun pitoisuus ilmassa on vähintään yksi viidesosa kaasun alemmasta syttymisrajasta.” [35].

Maakaasujärjestelmä sisältää varolaitteita, joita ovat mm. automaattiset säiliöventtiilit ja ns. lämpösulakkeet. Säiliöventtiili sulkeutuu automaattisesti, kun sytytysvirta katkeaa ja avautuu tankatessa täyttöpaineen avulla. Mikäli venttiileihin tulee vika, maakaasu säiliöt käytetään bi-fuel -ajoneuvoissa loppuun ja vikavalo syttyy kuljettajalle merkiksi viasta. [33, s. 17.]

Maakaasujärjestelmän komponentteja koskee ECE-R-110 -standardi, jota on viimeksi päivitetty 2004. Standardissa on määritetty seuraavaa [33, s. 73]:

- Paineistettu maakaasu (CNG) -järjestelmän tulee olla hyvin toimiva ja turvallinen siinä painetasossa, johon se on suunniteltu ja hyväksytty.
- Kaikki CNG-järjestelmän komponentit on hyväksyttävä erillisosina.
- Kaikkien käytettyjen materiaalien tulee soveltua käytettäväksi CNG:n kanssa
- Kaikki järjestelmän komponentit on kiinnitettävä asiallisella tavalla
- CNG-järjestelmä ei saa vuotaa. Saippuavesiliuksella testattaessa ei saa esiintyä vuotoa testin ensimmäinen 3 minuutin aikana.
- Asennukset on tehtävä niin hyvin, että järjestelmän osat ovat mahdollisimman hyvin suojassa esim. liikkuvilta osilta, kolarin vaikutuksilta ja lialta.
- CNG-järjestelmään ei saa liittää muita kuin moottorin toiminnan kannalta välttämättömiä järjestelmiä (poikkeuksena moottorin esilämmitin)

Kaasusäiliöt ovat hyvin vahvoja ja niille on tehty erilaisia kolaritestejä, joissa ei ole huomattu mitään turvallisuuteen liittyviä ongelmia. Kaasusäiliöt on tarkastettava määräjain, 3-10 vuoden välein, valmistajasta riippuen. Säiliöitä ei tarvitse irrottaa koeponnistusta varten vaan ne tarkastetaan visuaalisesti. Tarkastuksen saa suorittaa vain tehtävään koulutettu henkilö. [33, s. 73.]

Kaasuautot ovat jopa paloturvallisempia kuin tavalliset polttomoottorilliset autot. Esimerkkinä jos maakaasusäiliöt kuumenevat siinä määrin, että turvalaitteet avautuvat (esim. ylipaineventtiili), purkautuva kaasu palaa hallitusti vaaraa aiheuttamatta, koska räjähdysksen omainen palo ei ole mahdollista. Vastaavassa tilanteessa bensiinisäiliö olisi räjähtänyt. [32, s. 73.] Palon sattuessa kaasupalo ei tule sammuttaa, ellei vuotoa voida sulkea tai palosta ole vaaraa. Mikäli palo tarvitaan sammuttaa sammuttamalla, on siihen käytettävä vesisumua, jauhetta tai hiilidioksidia ja sammutus tulee tehdä mahdollisimman kaukaa. Kaasusäiliöitä on jäähdytettävä vesisuihkulla, mikäli niihin kohdistuu liekkejä. Vuotava kaasusäiliö muodostaa kaasupilven, joka palaa humahtaan ja ylettää kauemmaksi kuin pistoliekinä palaessaan. Kaasusäiliön lämpövaroke avautuu, kun säiliön lämpötila 110 ± 10 °C. Mikäli tulen aiheuttama lämpötila näyttää nousevan tätäkin korkeammalle, on varottava painevarolaitteen liekkiä, joka ylettyy 3-4 m joka suuntaan, mutta pienenee pian. Liekin koskettaessa säiliötä sen eristyskyky heikkenee ja on vaarassa revetä pitkäaikaisessa kuumennuksessa. Vaara-alue on tällöin 200 metriä nestemäisellä metaanisäiliöllä ja kaasusäiliöllä 50 metriä. Nestemäisen metaanisäiliön varoventtiilin puhaltama höyry on jääkylmää (jopa -162 °C), jolloin on varottava, ettei jäähdytysvedellä jäädytä varoventtiiliä umpeen, jolloin paine säiliössä alkaa kasvaa. Maakaasun sammuttamisessa riittää paloasun lisäksi paineilmahengityslaitte. [37; 7, s. 137.]

Suuri maakaasuvuoto, jossa ilmanvaihto on huono, kuten kolaroidun Bi-fuel -auton sisällä, voi nostaa maakaasun pitoisuuden yli ylemmän syttymisrajan (17 %). Tällöin hapen pitoisuus ilmasta on 18 %, joka voi aiheuttaa huimausta, hengitysvaikeuksia, pahoinvointia ja päänsärkyä. Pahimmillaan voi johtaa kuolemaan, mikäli hapen pitoisuus laskee liian alas. [37.]

Kaasuvuodon havaitsemiseen on käytettävissä kaasunilmaisoin työkalu. Esimerkiksi Testboy 90 ilmaisee kaasutason erivärisillä led-valoilla. Työkalu tunnistaa maa- ja nestekaasut. [60, s. 41.]



KUVA 37. Kaasunilmaisintyökalu ilmoittaa kaasun voimakkuuden led -valoilla [60, s. 41]

7.2 Nestekaasu

Nestekaasu on seos propaanista ja butaanista. Nestekaasu nesteytyy helposti 2-20 bariin paineessa, propaani/butaani –seossuhteesta ja lämpötilasta riippuen, tästä johtuen nestekaasu on helpompi varastoida kuin maakaasu. Nestekaasun järjestelmän komponentit muistuttavat hyvin pitkälti maakaasujärjestelmän komponentteja, ainoat eroavaisuudet tulevat säiliörakenteesta, muilta osin eroavaisuudet ovat hyvin pieniä. Nestekaasua käytetään pääasiassa bensiiniautoissa, jotka on jälkikäteen muutettu Bifuel -ajoneuvoiksi. Bensiinin verrattuna nestekaasua täytyy varastoida kaksinkertaisesti. [4, s. 552; 33, s. 74.]

Nestekaasu järjestelmän komponentteja koskee vastaavanlaiset määräykset kuin maakaasu järjestelmän komponenttejakin. Varastointipaineen takia nestekaasusäiliöillä on vaatimattomampi lujuusvaatimus. Nestekaasusäiliön voi täyttää enintään 80 %, sillä jos säiliö täytettäisiin täysin täyteen, säiliö voisi revetä lämpölaajenemisen takia. Tämän takia nestekaasusäiliössä on oltava ylitäytön estävä- ja ylipaineventtiili. [33, s. 74-75.] Nestekaasu on ilmaa raskaampaa, ja sen itsesyttymislämpötila on 450 °C. Nestekaasu aiheuttaa 10 - 30 % pitoisuuksina keskushermoston lamaantumisen. Pitoisuuden ollessa >25 % aiheutuu tajuttomuutta tai mahdollisesti hapen puutteesta johtuva kuolema. [36.]

Nestekaasusäiliö voi revetä alle 10 minuutissa, mikäli siihen kohdistuu säiliön yläosaan liekki, joka kuumentamalla heikentää säiliön rakennetta. Säiliö kestää kauemmin, mikäli liekki osuu säiliön alareunaan nestepinnan alapuolelle. Säiliössä noussut lämpötila ja paine purkautuu varoventtiilistä hidastaen paineen nousua, mutta ei estä säiliön repeämistä. Mikäli nestekaasu palaa pistoliekkinä, sitä ei saa sammuttaa, koska vuoto muodostaa herkästi syttyvän kaasupilven, joka palaa ulkona humahtaen muutamassa sekunnissa polttaen vakavasti pilveen sisälle jääneet henkilöt. Mikäli nestekaa-

suauto on vaarassa palaa, on onnettomuuspaikka eristettävä alue 400 metriä ja tällöin aika ei välttämättä riitä vesisuihkuselvitysten selvittämiseen, vaan on keskityttävä alueen eristämiseen. Nestekaasun sammuttamisessa riittää paloasun lisäksi paineilma-hengityslaite. [36.]

7.3 Polttokenno

Tulevaisuudessa hybridautojen bensiini- tai dieselmoottori korvattaneen polttokennolla, joka on sähkökemiallinen muunnin, jossa vety yhtyy hapen kanssa tuottaen samalla sähkövirtaa. Vetykaasu ei sisällä lainkaan hiiltä, jolloin palamistuotteena syntyy vain puhdasta vettä, eikä lainkaan hiilidioksideja ja typenoksideja. [33, s. 78.]

Useat autonvalmistajat, kuten Daimler, Ford, GM, Honda ja Toyota, ovat mukana kehittämässä polttokennoautoja ja uskovat saavansa markkinoille polttokennoauton lähivuosina. Hondalla on jo yksi polttokennoautomalli. [33, s. 79.]

Vetymolekyyli on erittäin pieni ja karkaa jopa säiliön kuoren läpi. Vety on ilmaa kevyempi kaasu, joten säiliöstä vuotaessaan se nousee ylöspäin. Vety on kuitenkin erittäin syttymisherkkä ja syttymiskelpoinen laajalla seosalueella. Vetysäiliöiden paine on yli kolminkertainen maakaasusäiliöön verrattuna, 700 baria. [33, s. 82.]

Tulevaisuuden näkymät vetyauton suhteen ovat positiivisia. Esimerkiksi Hyundai aloittaa vetyautojen sarjatuotannon vuoden 2015 aikana, jolloin auton hinnan oletetaan laskevan 40 000 – 50 000 euron väliin. Hyundaiin vetyauto on sähköauto, joka saa tarvitsemansa sähkövoimansa polttokennoista, joihin syötetään vedyn ja ilman sekoitusta. [65.] Päästörajoitusten kiristyessä autonvalmistajia on alkanut kiinnostamaan vetyautot, sillä ne eivät päästä lainkaan hiilidioksideja vaan vesihöyryä. Vetyautolla pääsee tankillisella pidemmän matkan kuin sähköautolla ja tankkaukseen kuluu aikaa vain 4 minuuttia useamman tunnin latauksen sijaan. Vetyauto ei tarvitse lainkaan moottoriöljyä, jonka hinnan oletetaan kallistuvan ajan myötä. Suomesta ei ainakaan heti lopu vedyn raaka-aine, sillä vetyä voidaan valmistaa vedestä. [66.]

Vetyauton automarkkinoiden valtausta rajoittavat vedyn jakeluasemat, joita on vain kaksi Suomessa, Mäntyharjulla Woikoskella ja Helsingin Vuosaarella. Lisäksi vetyauton tekniikka on sähköautoa monimutkaisempi ja energiatehokkuudeltaan heikompi

kuin sähköauto. Suomessa on rekisteröity vain yksi vetyauto, ja se on Mäntyharjulla sijaitsevan Woikosken omistama, jolla Woikosken työntekijät ajelevat pääsääntöisesti Mäntyharjun ja Helsingin väliä. [66.]

8 ILMASTOINTILAITTEEN KYLMÄAINE

EU:n 2006/40/EY direktiivin mukaan ”tammikuun 1 päivänä 2011 tai sen jälkeen tyyppihyväksytyihin ajoneuvoihin asennettuja ilmastointijärjestelmiä ei saa täyttää fluoratulla kasvihuonekaasulla, joiden lämmitysvaikutus on yli 150. Tammikuun 1. päivästä 2017 alkaen minkään ajoneuvon ilmastointijärjestelmiä ei saa täyttää fluora- tuilla kasvihuonekaasuilla, joiden lämmitysvaikutus on yli 150, lukuun ottamatta sel- laisten kyseisiä kaasuja sisältävien ilmastointijärjestelmien jälleenkäyttöä, jotka on asennettu ajoneuvoihin edellä mainittua päivää.” [54.] Maailmanlaajuisesti on siirrytty R1234yf kylmäaineeseen, koska sen ilmasto lämmittävä vaikutus on huomattavasti vähäisempi kuin nykyinen HFC-kylmäaine. Uusi kylmäaine on käyttöturvati- edotteiden mukaan erittäin helposti syttyvä, tukahduttava ja paleltumia aiheuttava kemikaali. [52.] Kylmäaineen itsesyttymislämpötila on 405 °C, ja sen kiehumispiste on -29,4 °C, joten kylmäaine esiintyy lähestulkoon aina kaasumaisena [55, s. 4]. Kylmäaine on niin arkaa, ettei samassa tilassa saa olla paljaita hehkulamppuja tai loistevalaisimia. Vuodon sattuessa kylmäaine painuu alaspäin, koska se on ilmaa painavampaa. Ihokoske- tuksessa ihoa on huuhdeltava haalealla vedellä paleltumisvaaran vuoksi ja paleltumis- sa kiireellinen lääkärihoito on välttämätön. [52.]

Saksalainen Ludwig-Maximilians-yliopisto tutki uuden kylmäaineen ominaisuuksia ja tutkimusta vetänyt kemistiprofessori Andreas Kornath toteaa uuden kylmäaineen syn- nyttävän palaessaan karbonyylifluoridia, jota käytettiin ensimmäisessä maailmanso- dassa fosgeeni-taistelukaasuissa. Tutkimuksessa kävi ilmi, että uusi kylmäaine kehitti tuleen syttyessään karbonyylifluoridia, jota oli jopa 20 prosenttia palokaasusta. Jo kämmenen kokoinen syövytysläiskä johtaa kuolemaan. [53.]

R134a kylmäaine on vaarattomampaa, koska se ei leimahda ja sen itsesyttymisraja on 743 °C, mutta suurina annoksina hengitettynä voi johtaa kuolemaan. R134a on ilmaa painavampaa, joten se painuu alaspäin vuodon sattuessa. R1234yf tapaan r134a kyl- mäaine aiheuttaa paleltumia ihokosketuksissa. [56.]

9 TUTKIMUS

9.1 Bensiinimoottorillisen henkilöauton haasteet

Käytössä oli runsaiden ruostevaurioiden takia romutettavaksi menevä Nissan Primera 1.6 vm. 1995 bensiinimoottorilla varustettu henkilöauto. Autolla oli tarkoitus tutkia asioita, mitä palokuntien viikkoharjoituksissa ei ole aikaisemmin kokeiltu ja todettu.



KUVA 38. Tutkimuskohde, Nissan Primera vm. 1995

Moottoritila sisältää erilaisia nesteitä, jotka saattavat nokkakolarissa syttyä tuleen, mikäli nestesäiliöihin tai -letkuihin tulee vuotoja ja nestettä joutuu esim. moottorin pakosarjan päälle. Tutkimuksessa käytettävät nesteet rajattiin syttymisherkkyyden perusteella, jotka olivat jarruneste, moottoribensiini, diesel ja lasinpesuneste. Tutkimuskohde oli poistettu tieliikennekäytöstä, joten moottori oli käytettävä lämpimäksi ilman ajokuormitusta. Pakosarjan lämpötilaksi saatiin 325 °C, kun em. nesteitä kaadettiin pakosarjaan. Nesteistä ainoastaan jarruneste reagoi savuttamalla voimakkaasti, muttei syttynyt palamaan. Moottoribensiini haihtui höyryksi saman tien koskiessaan pakosarjaa, samoin lasinpesuneste ja diesel. Jokaista nestettä kaadettiin kolmesti kuumen pakosarjan päälle. Pakosarjan lämpötila pidettiin n. 325 °C asteen lämpötilassa käyttämällä moottoria hyvin suurella pyörintänopeudella, ettei pakosarja päässyt jääh-

tymään, koska ulkolämpötila oli $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pakosarjan lämpötila mitattiin infapunalämpömittarilla.

TAULUKKO 2. Itsesyttymis- ja leimahduspistelämpötilat [muokattu, 41;42;43;44]

Neste	Itsesyttymislämpötila	Leimahduspiste
Moottoribensiini	$>340\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-46\text{ }^{\circ}\text{C}$
Lasinpesuneste (etanoli)	$425\text{ }^{\circ}\text{C}$	$<21\text{ }^{\circ}\text{C}$
Diesel	$220\text{ }^{\circ}\text{C}$	$62\text{-}65\text{ }^{\circ}\text{C}$
Jarruneste	$150\text{ }^{\circ}\text{C}$	$>100\text{ }^{\circ}\text{C}$



KUVA 39. Jarrunesteen voimakas savutus, pakosarjan lämpötila n. $325\text{ }^{\circ}\text{C}$



KUVA 40. Moottoribensiinin ja dieselin haihtuminen, pakosarjan lämpötila n. 325 °C



KUVA 41. Lasinpesuneste höyrystyi välittömästi koskettaessaan pakosarjaa. Pakosarjan lämpötila n. 325 °C

Toinen tutkimuskohde oli ohjauspyörään tarkoitetun turvatyynysuojan toiminnan testaaminen. Tarkoituksena oli selvittää, miten paljon suoja antaa periksi turvatyynyn lauetessa, suodattaako se palamistuotteena syntyvää natriumyhdisteitä ja onko siitä hyötyä pelastustoiminnassa, mikäli pelastaja joutuu työskentelemään kuljettajan ja ohjauspyörän välissä. Turvatyyny laukaistiin turvallisesti parikaapelilla auton omasta akusta, jolloin altistuminen turvatyynystä vapautuvalle natriumyhdisteille ei ollut mahdollista. Tutkimuksessa todettiin hidastetusta videosta, että turvatyynysuoja antaa hiukan periksi, mutta työskennellessä ohjauspyörän edessä turvatyynyn toimiessa henkilövahingot jäävät pienemmiksi kuin ilman turvatyynysuojaa. Turvatyynysuoja ei suodata laukaisupanoksen palamistapahtumasta vapautuvia natriumyhdisteitä, vaan ne purkautuvat ilmaan ja mahdollisesti ärsyttävät ihoa ja silmiä. Turvatyyny suoja näytti laukaisun jälkeen visuaalisesti täysin ehjältä, joten sitä voidaan käyttää uudelleen.



KUVA 42. Turvatyynysuoja asennettuna ja toiminnassa**KUVA 43. Turvatyynysuoja ei suodata turvatyynyn palamistuotteen kaasua**

Kolmantena tutkimuksenaiheena oli todeta, irtoaako tuulilasia sahatessa vaarallista lasipölyä. Tutkimusauton tuulilasia sahattiin akkukäyttöisellä pistosahalla ja sahausta kuvattiin läheltä terää hidastetulla video-ominaisuudella. Lasinpölyn tarkkaa litra- tai painomäärää oli täysin mahdotonta saada selville, mutta silmämääräisesti auton kojetaululle ja vesikaukaloon kertyneen lasihiukkasten ja hidastetusta videosta tarkastamisen perusteella, lasisahauksessa irtoaa lasipölyä, joka voi joutua hengitysteitse keuhkoihin.

**KUVA 44. Tuulilasin sahauksessa irtoaa lasipölyä**

Neljäntenä tutkimuskohteena oli vertailla pilarien vahvuuksia ja leikkausaikoja Holmatronin hydraulisilla leikkauspihdeillä. Videotallenteesta saatiin selville, että B-pilarin leikkausaika oli 1 min. 5 sek., joka on lähes minuutin pidempi aika kuin A- tai C-pilarin leikkausaika. Lisäksi korin matkustamon vahvuutta testattiin leikkaamalla kynnyskoteloon viilto, jolloin auton korin etu- ja takapää selvästi nytkähti eri suuntiin.



KUVA 45. B-pilarin leikkausaika 1 min. 05 sek.

9.2 Turvatyynyjen laukaisuvoiman tutkiminen

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää turvatyynyn laukaisuvoima, täyttymisaika ja oikosulkurenkkaan sekä lämpötilasuodattimen toiminta. Tutkimus toteutettiin laukaisemalla automaattivaihteiston turbiinin puolikas turvatyynyn päältä ja suurnopeuskameran tallenteen perusteella laskea kappaleen kiihtyvyys. Turvatyynyn lämpötila mitattiin heti laukaisun jälkeen infrapunälämpötilamittarilla. Käytettävissä oli neljä ohjauspyörän turvatyynyä, joilla tutkimukset tehtiin.

Laukaisualusta koostui kahdesta metallivanteesta, jotka oli hitsattu yhteen, ja niiden välissä oli painavia jarrulevyjä. Turbiinin puolikas oli turvallisuussyistä laitettu kiinni ketjulla kolmesta eri kohdasta päällimmäiseen vanteeseen. Laukaistava massa painoi 4 kg ja metallivanneyhdistelmä painoi 35 kg. Laukaisutapahtumaa valaistiin viidellä yhden kilowatin ja yhdellä 650 watin halogeenivalaisimella, jotta suurnopeuskameran vaatima valoteho ja kuvanlaatu saavutettiin. Suurnopeuskamera tallentaa kuvaa koko

ajan ollessaan päällä, mutta laukaisimesta se siirtää muistiin noin viisi sekuntia edeltävän tallenteen. Kuvatallenteita pystyi analysoimaan kameran omalla ohjelmalla, jonka tulokset sai siirrettyä Exceliin.



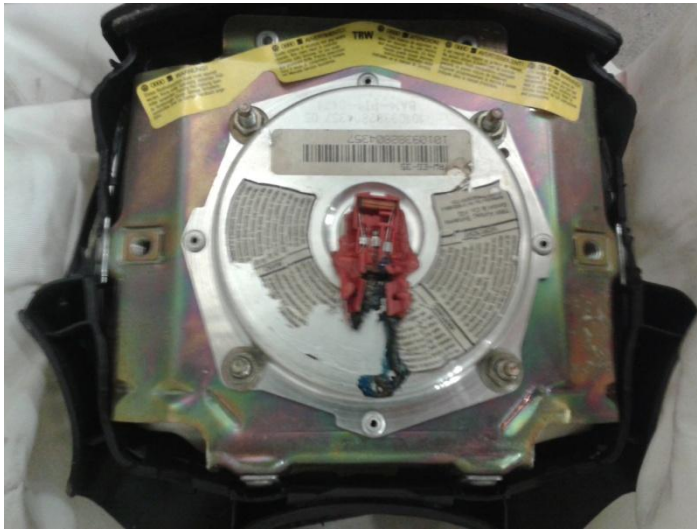
KUVA 46. Laukaistava massa kiinnitettynä laukaisualustaan



KUVA 47. Kuvaukko valaistuna ja suojattu ympäriltä

Ensimmäinen turvatyyny laukaistiin turvatyynyn omalla liittimellä, joka oli liitetty parikaapelin päähän. Välittömästi laukaisun jälkeen kameran laukaisijasta tallennettiin videotiedosto ja mitattiin infrapunalämpömittarilla turvatyynyn pussin ja pohjan läm-

pötilä. Tyyny oli hieman huonelämpöä korkeampi, mutta turvatyynyn pohja oli lähes 200 °C ja sulatti liittimen. Korkein mitattu turvatyynyn pohjan lämpötila oli 280 °C.

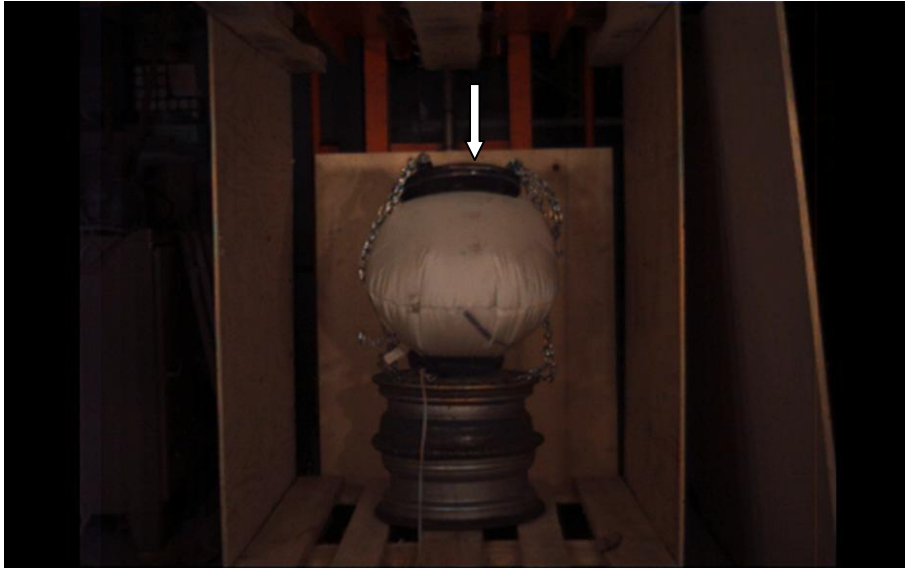


KUVA 48. Turvatyynyn pohjan lämpötila sulatti liittimen

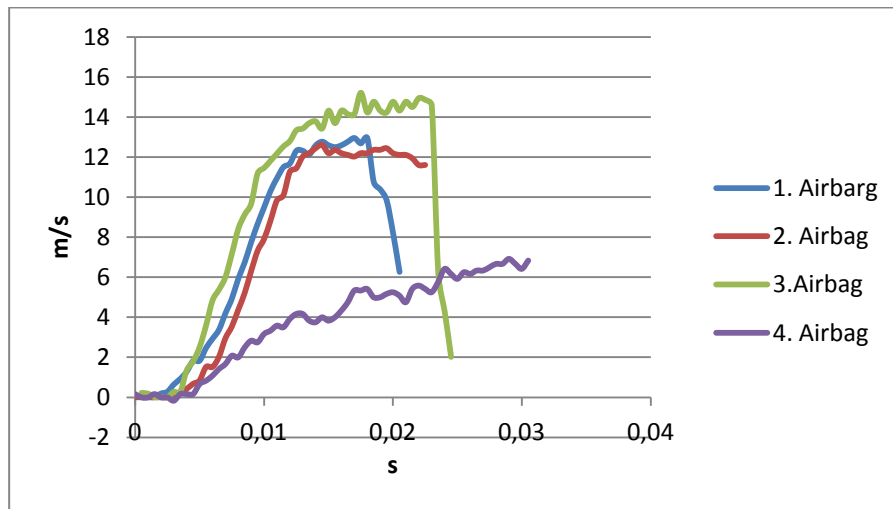
Seuraava turvatyyny kokeiltiin laukaista kytkemällä pienet Apico-liittimet suoraan turvatyynyn urosnastoihin. Kokeilulla testattiin oikosulkuliittimen toimintaa syöttämällä turvatyynyn liittimille 12 V:n akkujännitettä. Turvatyyny ei lauennut kytkennästä, ja akunnapoihin kytketyt johdot alkoivat kuumeta käsissä. Tutkimusta jatkettiin irrottamalla oikosulkurenkait lopuista turvatyynyistä ja kytkemällä Apico-liittimet turvatyynyn nastoihin, jolloin räjäyttämiset onnistuivat.

Suurnopeuskameran ohjelmiston avulla pystyi seuraamaan turbiiniin valkoisella tussilla merkattua pistettä, jolloin ohjelmisto laski kuluneen ajan ja matkan annetun origon ja merkatun pisteen suhteen. Tiedot sai siirrettyä Exceliin, jolla oli helppo laskea nopeudet, kiihtyvyydet ja voimat turvatyynyistä. Nopeuden muutos ajan funktiona – kuvaajasta sai jyrkimmän kulmakertoimen avulla laskettua kiihtyvyyden ja suurimman hetkellisen kappaleeseen kohdistuneen voiman. Kuvaajista on pyritty karsimaan suurimmat amplitudit pois, sillä kappale ei noussut tasaisesti, jolloin pisteen vertikaalinen asema muuttui ja heijastui heti kuvaajissa siniaaltomaisena käyttäytymisenä.

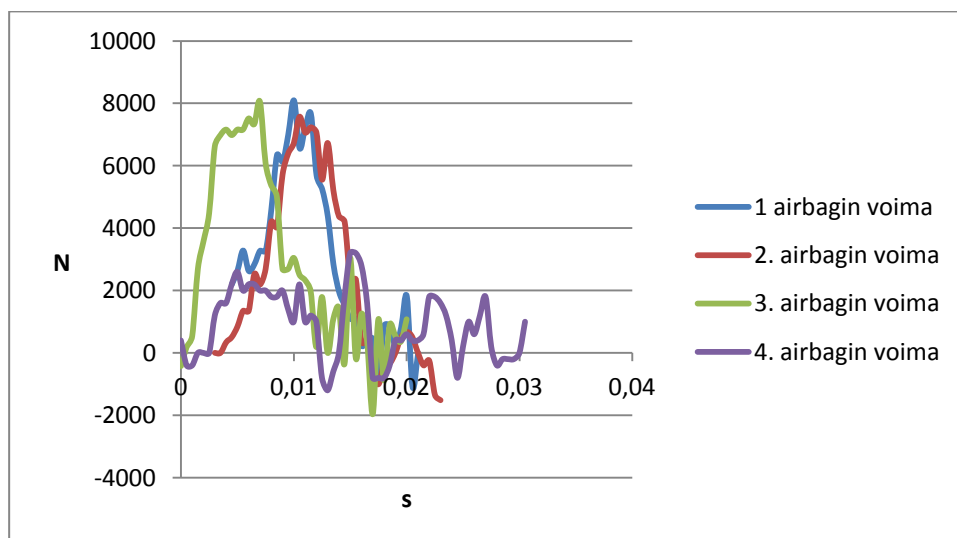
Turvatyynyn laukaisuvoimat on nähtävissä seuraavalla sivulla olevista kuvaajista.



KUVA 49. Ohjelmisto seurasi valkoista merkkapistettä



KUVA 50. Kappaleen nopeus ajan funktiona



KUVA 51. Kappaleeseen kohdistuneet voimat ajan funktiona

10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön sisällöstä käy ilmi, että autotekniikka on kehittynyt sekä kehittyä jatkuvasti ja koulutusta autoalalla tarvitaan säännöllisin väliajoin ylläpitämään nykyauto-tekniikan tietämystä. Haastetta opinnäytetyössä oli paljonkin, sillä mitään opinnäytetyön aihealueista ei käsitelty millään kurssilla koulussa, jolloin opinnäytetyötä aloittaessani minun oli ensin aloitettava opiskelemalla teoria itsenäisesti. Luin paljon erilaisia materiaaleja kirjoista ja internetistä, jolloin pystyin sisäistämään kaiken aihealueittain ja tiivistämään siten tarvittavan tiedon opinnäytetyölleni.

Tutkiessani erilaisten syttyvien nesteiden itsesyttymisriskiä kaatamalla pakosarjan päälle en päässyt haluttuun lopputulokseen, koska oletin bensiinin olevan kaikista herkin syttymään. Pakosarjan lämpötilaksi saatiin vain 325 °C, joka todellisuudessa tieliikenteessä, varsinkin kesällä, on huomattavasti enemmän. Mikäli käytettävissä olisi ollut kuormitusdynamometri, olisi autolle saanut kuormitusta ja pakolämmöt suuremmiksi, olisi pakosarjan lämpötila ylittynyt huomattavasti bensiinin itsesyttymislämpötilan. Bensiinin syttymättömyydestä voidaan siis todeta, ettei taajamanopeuksissa bensiini syty tuleen koskettaessaan pakosarjaa.

Koria leikatessa eri paikoista ei antanut todellista kuvaa auton korirakenteen vahvuuksista, mutta viitteitä kylläkin. Auton korirakenne oli kärsinyt niin pahoja ruostevaurioita, että leikkauskokeilut eivät ole mitenkään verrattavissa uusien autojen jäykkiin korirakenteisiin. Ainoastaan matkustamon kohdalle tehty leikkaus kynnyksoteloon osoitti matkustamon kehikon olevan yhtä kokonaista rakennetta, koska auto niiasi ja taipui eri suuntiin leikkauksen aikana ja jälkeen. Lisäksi B-pilarin leikkausajan kestoista voitiin päätellä pilarin olevan muita korin rakenteita huomattavasti vahvempi.

Käytettävissä ollut turvatyynysuoja toimi kuten se oli suunniteltukin toimivan. Mutta se ei olisi suojannut, mikäli joku olisi ollut ohjauspyörässä aivan kiinni, koska turvatyynysuoja antaa hieman periksi, muttei anna turvatyynyn täytyä täyteen kokoonsa. Mikäli käytettävissä olisi ollut toinen turvatyyny ja uudempi turvatyynysuoja, jossa on puhkaisuterä, olisi ollut hyvä vertailla erilaisten turvatyynysuojien toimintaa.

Hidastetusta videosta voi todeta tuulilasia sahattaessa siitä irtoavan hienoa lasipölyä, joka voi joutua hengitysteitse keuhkoihin. Valitettavasti palokunnan käytössä ei ollut erilaisia sahanteriä, jolloin olisi voinut kokeilla terän tiheyden vaikutusta lasipölyn määrään.

Ohjauspyörän turvatyynyjen laukaisuvoimia tutkiessa olisi pitänyt olla turvatyynyjä enemmän, koska suuremmasta otannasta olisi saanut luotettavampia mittaustuloksia. Kuten kuvaajista näkyy, kolme neljästä oli onnistuneita mittauksia ja neljännessä kappaleen vertikaalinen heiluminen mittauksen aikana aiheutti tuloksessa erilaisen kuvaajan. Laukaistavat turvatyynyt olivat jo iältään kaikki lähes 20 vuotta vanhoja, joten olisi ollut mielenkiintoista saada uusien tai ainakin uudehkojen autojen turvatyynyjä tutkimuskohteiksi ja vertailla iältään erilaisten turvatyynyjen laukaisuvoimia ja täyttymisaikoja. Lisäksi olisi ollut mielenkiintoista tutkia, miten paljon erilaiset turvatyynysuojat suodattavat laukaisuvoimaa, sekä asettaa laukaistava kappale eri etäisyyksille turvatyynnystä ja mitata laukaisuvoiman heikkeneminen etäisyyden funktiona.

Turvatyynyn laukaisuopeuksissa ei päästy haluttuun tulokseen, sillä turvatyyny voi lauetta jopa 83,33 m/s (300 km/h) nopeudella [67]. Suurin mitattu ohjauspyörän laukaisuopeus oli vain n. 15 m/s (54 km/h), joka on huomattavasti paljon alle teoreettisen maksiminopeuden. Tähänkin voi vaikuttaa turvatyynyjen korkea ikä, ja tekniikka on kehittynyt paljon siitä, milloin tutkittavat turvatyynyt on valmistettu.

Opinnäytetyön tekeminen antoi minulle todella laajan teoretietämyksen auton käyttövoimista ja turvalaitteista. Opinnäytetyön edetessä huomasin itsekin olleeni tekniikan kehityksestä erittäin paljon jäljessä. Lisäksi opinnäytetyössäni tuli esille sellaisia seikkoja, joiden en kuvitellutkaan olevan työturvallisuusriskejä tai päinvastoin. Opinnäytetyön tekeminen, uusien asioiden oppiminen ja asioiden tutkiminen toi minulle uutta osaamista sekä tietämystä, jota aion käyttää hyödykseni omassani palokuntaharrastuksessani.

Ajankohtaisempia tutkimuksia olisi voinut tehdä opinnäytetyötäni ajatellen, mikäli käytettävissäni olisi ollut uusi sähkö- ja kaasuauto. Näistä olisi voinut uusien korirakenteiden ja turvalaitteiden lisäksi tutkia sähköauton akkujen turvalaitteiden toimintaa ja sitä, toimivatko ne oikeasti kolarin sattuessa tai auton veteen joutuessa. Kaasuauton kaasusäiliön rakennetta ja sen kestävyyttä olisi voinut testata materiaalitekniikan labo-

ratoriossa. Lisäksi valvotussa olosuhteissa olisi voinut kokeilla kaasun purkautumista kaasusäiliöstä, kun kaasusäiliötä olisi lämmittänyt ulkopuolisesti. Vapautuvan kaasun palaminenkin olisi mielenkiintoista todeta, onko se niin hallittua kuin teoriassa on annettu ymmärtää. Valitettavasti näihin tutkimuksiin ei resurssien ja rahoituksen takia ollut mahdollista.

Opinnäytetyössä päästiin tavoitteisiin saamalla kasaan erittäin laaja tietopaketti erilaisista teknisistä komponenteista, toimintaperiaatteista ja turvallisuudesta. Näin tarkkaa tietopakettia ei ole tiettävästi vielä pelastuslaitoksella käytössä, joten opinnäytetyö tuli tarpeeseen pelastuslaitoksen henkilökunnan ja sopimuspalokuntalaisten koulutusta ajatellen.

LÄHTEET

- [1] Viitanen, Jorma 2013. Onko autossasi pelastuskortti? Camper. Verkkolehti. <http://www.camper.fi/uutiset/onko-autossasi-pelastuskortti-0>. Päivitetty 10.11.2013. Luettu 25.9.2014.
- [2] Autoliitto. Pelastuskortti. WWW-dokumentti. <http://www.autoliitto.fi/tietopankki/pelastuskortti/#anchor-7439717>. 25.9.2014. Luettu 25.9.2014. Päivitetty 25.9.2014.
- [3] Tekniikan maailma. Uusi autotekniikka haastaa pelastuslaitokset. Verkkolehti. <http://tekniikanmaailma.fi/uutiset/uusi-autotekniikka-haastaa-pelastuslaitokset>. Luettu 25.9.2014. Päivitetty 25.9.2014.
- [4] Bosch, Autoteknillinen taskukirja, 6. painos, Gummerus 2003
- [5] Rantala, Jouko & Mikkolainen, Pekka & Koivisto, Juha-Pekka. Auto- ja kuljetusalan erikoistumisoppi 3, 1. painos. Sähkölaitteet. Otava 2005.
- [6] Juhala, Matti & Lehtinen, Arto & Suominen, Matti & Tammi, Kari. Moottorialan sähköoppi, 8. painos. Gummerus 2005.
- [7] Savolainen, Kirmo. Pelastustoiminta tieliikenneonnettomuuksissa. Pelastusopisto 2011.
- [8] Euroopan yhteisöjen virallinen lehti. Liite 1, polttonestesäiliöt. Komission direktiivi 97/19/EY ja 70/221/ETY. 18.5.1997. S. 136. WWW-dokumentti. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:31970L0221&from=EN>. Päivitetty 3.10.2014. Luettu 3.10.2014.
- [9] Sodemann. Kaasujousi valmistaja. Asennus- ja käyttöohje. WWW-dokumentti. http://www.jouset.com/pdf/fi_kaasujouset_opastus.pdf. Päivitetty 12.6.2012. Luettu 3.10.2014.
- [10] SKS group. Kaasujousi valmistaja. Tuotekuvasto. WWW-dokumentti. [http://www.sks.fi/www/sivut/BB7B6B07FCAEEF17C2257B6A00203BBB/\\$FILE/lift_line_kaasujouset_1089247_06.pdf](http://www.sks.fi/www/sivut/BB7B6B07FCAEEF17C2257B6A00203BBB/$FILE/lift_line_kaasujouset_1089247_06.pdf). Päivitetty 14.2.2014. Luettu 3.10.2014.
- [11] Motiva. WWW-dokumentti. http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloautoilu/valitse_auto_viisaasti/autotyyppe/polttonennoauto. Luettu 3.10.2014. Päivitetty 3.10.2014.
- [12] Motiva. WWW-dokumentti. http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloautoilu/valitse_auto_viisaasti/energialahteet. Luettu 3.10.2014. Päivitetty 3.10.2014.
- [13] Trafi. Katsastajan käsikirja. WWW-dokumentti. <http://www.trafi.fi/filebank/a/1325147177/5b3f290101b3430d21e273b03487d636/4733-KatsastajankasikirjaVersio20.pdf>. Päivitetty 5.10.2014. Luettu 5.10.2014.

- [14] Koivisto, Juha-pekka & Mikkolainen Pekka. Auto- ja kuljetusalan perusoppi. Sähkölaitteet. 1.painos. Otava 2004.
- [15] Kangastupa, Timo. Kori- ja alustaelektroniikka, 1. painos. WSOY 2005.
- [16] Wert, Ray. Ford unveils inflatable seat belt... You know, for kids! 11.5.2009. WWW-dokumentti. <http://jalopnik.com/5397914/ford-unveils-inflatable-seat-belt-you-know-for-kids>. Päivitetty 21.10.2014. Luettu 21.10.2014
- [17] Pekkanen, Jorma. Sähkövoimakäytöt-kurssi, kurssimateriaali. PDF-dokumentti, Sähköautot-akustot 2. Luettu 4.11.2014
- [18] Linja-aho, Vesa. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen sähkötyöturvallisuus, 2.painos. Autoalan koulutuskeskus Oy, 2012.
- [19] Hallamäki, Martti. WWW-dokumentti. <http://www.hallamaki.fi/sfs6002.pdf>. Päivitetty 1.9.2010. Luettu 6.11.2014.
- [20] Terra Gas Finland Oy, kaasulaitteiden jälkiasentaja. WWW-dokumentti. <http://www.terragas.fi/asennus.html>. Päivitetty 4.4.2013. Luettu 9.11.2014.
- [21] Gasum, energiatuottaja. WWW-dokumentti. <http://www.gasum.fi/Puhtaampi-liikenne/Ajoneuvot/Jalkiasennukset/>. Päivitetty 9.11.2014. Luettu 9.11.2014.
- [22] Trafi, tiedote katsastajille 8/2008. WWW-dokumentti. <http://www.trafi.fi/filebank/a/1322478460/11d2d422b12ca47208e8e9f25894dec7/2547-ATT82008.pdf>. Päivitetty 9.11.2014. Luettu 9.11.2014.
- [23] Biokaasuauto.fi. WWW-dokumentti. <http://www.biokaasuauto.fi/kaasuauto/jalkiasennus>. Päivitetty 9.11.2014. Luettu 9.11.2014.
- [24] Trafi, veron rakenne ja määrä. WWW-dokumentti. http://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus/ajoneuvovero/veron_rakenne_ja_maara#kayttovaimavero_HAJaPA2013. Päivitetty 12.11.2014. Luettu 12.11.2014.
- [24] Motiva Oy. WWW-dokumentti. http://www.motiva.fi/liikenne/henkilöautoilu/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/kaasuautot. Päivitetty 9.11.2014. Luettu 9.11.2014.
- [25] Trafi. Hybridikäyttöiset henkilöautot ajoneuvokannassa 31.12.2006-31.12.2013. Päivitetty 28.1.2014. Luettu 12.11.2014.
- [26] Trafi. Ajoneuvokannan käyttövoimia. WWW-dokumentti. http://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta/lk-ajoneuvojen_kayttovoimatilastot. Päivitetty 12.11.2014. Luettu 12.11.2014.
- [27] Koukonen, Eetu. Opinnäytetyö, Hybridiajoneuvojen sähkötyöturvallisuus korjaamoilla. WWW-dokumentti. <http://www.theseus.fi/handle/10024/6/browse?value=Koukonen%2C+Eetu&type=autor>. Päivitetty 27.5.2013. Luettu 12.11.2014.

- [28] HMY-System Oy. Hybridiauton jännitteettömäksi tekeminen, koulutusvideo. WWW-dokumentti. <http://www.youtube.com/watch?v=hpsattVrp3k>. Päivitetty 22.2.2013. Luettu 12.11.2014.
- [29] Moditech Rescue Solutions B.V. Kurssitoteutus: Emergency response to incidents involving vehicles with alternative propulsion, kurssimateriaali. Kevät 2014.
- [30] National Fire Protection Association Quincy. Electric Vehicle Emergency Field Guide. Massachusetts: National Fire Protection Association. 2013 Edition.
- [31] Motiva Oy. WWW-dokumentti. http://www.motiva.fi/files/2131/Vaihtoehtoiset_polttoaineet_ja_ajoneuvot.pdf. Päivitetty 3.6.2009. Luettu 9.11.2014.
- [32] Motiva Oy. WWW-dokumentti. http://www.motiva.fi/files/954/liikenteen_polttoainevaihtoehtot----kehitystilanneraportti.pdf. Päivitetty 17.2.2014. Luettu 9.11.2014.
- [33] Volkswagen AG, EcoFuel-maakaasukäyttö, 1,4 litran 110 kW:n TSI-moottorin kanssa. Huoltokoulutus. Rakenne ja toiminta. Itseopiskeluohjelma 425. Volkswagen AG, Wolfsburg 2009.
- [34] Trafi, Ajoneuvotilastot. http://trafi.stat.fi/Selection.aspx?px_path=TRAFI_2_tietokanta@TRAFI_2_tietokanta__Liikennekaytossa_olevat_ajoneuvot&px_tableid=TRAFI_2_tietokanta\Liikennekaytos_olevat_ajoneuvot@TRAFI_2_tietokanta\Liikennekaytossa_olevat_ajoneuvot\030_kanta_tau_103_fi.px&px_language=fi&px_db=TRAFI_2_tietokanta&rxid=371f13c8-fcc9-4475-a0d0-2bf5e4eea65d. WWW-dokumentti. Päivitetty 12.11.2014. Luettu 12.11.2014.
- [35] Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös maakaasunasetuksen soveltamisesta. 5 luku hajustaminen 32§ 1. kohta. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1987/19870624#Lidm1702368>. Päivitetty 26.6.1987. Luettu 18.11.2014.
- [36] Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet -turvallisuusohjeet, OVA-ohjeet. Nestekaasu. WWW-dokumentti. <http://www.ttl.fi/ova/nestek.html>. Päivitetty 23.10.2014. Luettu 18.11.2014.
- [37] Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet -turvallisuusohjeet, OVA-ohjeet. Metaani. WWW-dokumentti. <http://www.ttl.fi/ova/metaani.html>. Päivitetty 23.10.2014. Luettu 18.11.2014.
- [38] Biokaasuauto.fi. WWW-dokumentti. <http://www.biokaasuauto.fi/biokaasun-tankkauspaikat/tankkauspaikat>. Päivitetty 19.11.2014. Luettu 19.11.2014.
- [39] Heiskanen, Petri & Järvenpää, Antti & Karvonen, Jukka & Ylönen Matti. Auto- ja kuljetusalan perusoppi 3, runko ja kori, 2.painos. Otava 2008
- [40] Karhima, Matti. Auto- ja kuljetusalan perusoppi 1, Auton käytön ja rakenteen perusteet, 1. painos. Otava 2008.

- [41] Neste Oil. Lasinpesuneste Voltare Strong käyttöturvatiedote. WWW-dokumentti. http://www.neste.fi/doc/ktt/13167_fin.pdf. Päivitetty 28.1.2013. Luettu 23.11.2014.
- [42] Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet -turvallisuusohjeet, OVA-ohjeet. Moottoribensiini. WWW-dokumentti. <http://www.ttl.fi/ova/moottben.pdf>. Päivitetty 15.8.2014. Luettu 23.11.2014
- [43] Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet -turvallisuusohjeet, OVA-ohjeet. Diesel. WWW-dokumentti. <http://www.ttl.fi/ova/diesel.pdf>. Päivitetty 15.8.2014. Luettu 23.11.2014.
- [44] Kentso. King brake Fluid DOT 4 jarruneste, käyttöturvatiedote. WWW-dokumentti. <http://www.kentso.fi/prebeo/pictures/109-dot4.pdf>. Päivitetty 20.11.2012. Luettu 23.11.2014.
- [45] Volvo car corporation. Näin toimii Volvo Car Corporationin kehittämä jalankulkijoiden turvatyyny. WWW-dokumentti. <http://www.volvocars.com/fi/top/about/news-events/pages/default.aspx?itemid=93>. Päivitetty 23.5.2012. Luettu 24.11.2014.
- [46] Rescuetechns. Crash Recovery System information. WWW-dokumentti. <http://rescuetechns.com/moditech/>. Päivitetty 16.12.2014. Luettu 16.12.2014.
- [47] Rescuetechns. Crash Recovery System options. WWW-dokumentti. <http://rescuetechns.com/moditech/crsoptions/>. Päivitetty 16.12.2014. Luettu 16.12.2014.
- [48] Rescuetechns. Crash Recovery System multi platform options. <http://rescuetechns.com/moditech/crash-recovery-system-multi-platform-options/>. Päivitetty 16.12.2014. Luettu 16.12.2014.
- [49] Crash Recovery System Online Edition. The CRS information sheet. WWW-dokumentti. https://www.crashrecoveryssystem.com/crswebedition/index.php?menu=service_administration&action=instructions_sheet. Päivitetty 16.12.2014. Luettu 16.12.2014.
- [50] Moditech. Crash Recovery System VIN edition. WWW-dokumentti. <http://www.moditech.com/en/crs-rescue-editions/crs-standard-vin-edition>. Päivitetty 16.12.2014. Luettu 16.12.2014.
- [51] Moditech. Crash Recovery System RDW edition. WWW-dokumentti. <http://www.moditech.com/en/crs-rescue-editions/crs-rdw-edition>. Päivitetty 16.12.2014. Luettu 16.12.2014.
- [52] TUKES. Kylmäainetta R1234yf käsiteltävä huolellisesti autojen ilmastointilaitteiden huollossa. WWW-dokumentti. <http://www.tukes.fi/fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/Kylmalaiteliikkeit/Kylmaainetta-R1234yf-kasiteltava-huolellisesti-autojen-ilmastointilaitteiden-huollossa/>. Päivitetty 5.11.2012. Luettu 17.12.2014.

[53] Kauppalehti. Auton ilmastoinnista tappavaa taistelukaasua. WWW-dokumentti. <http://www.kauppalehti.fi/auto/uutiset/auton+ilmastoinnista+tappavaa+taistelukaasua/201404669359>. Päivitetty 9.4.2014. Luettu 17.12.2014.

[54] Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/40/EY. 6. artikla, Jälkiasentaminen ja jälleenkäyttö, 2. kohta. WWW-dokumentti. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:161:0012:0018:fi:PDF>. Päivitetty 17.5.2006. Luettu 19.12.2014.

[55] Harp International, r1234yf käyttöturvatiedote. WWW-dokumentti. <http://www.harpintl.com/downloads/pdf/msds/Solstice-R1234yf-SDS-CLP.pdf>. Päivitetty helmikuu 2012. Luettu 19.12.2014.

[56] Compicool. r134a käyttöturvatiedote. WWW-dokumentti. http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CDAQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.combicool.fi%2Fassets%2Ffiles%2Fkayttoturvallisuus%2Fkylma_aineet_pdf%2FKTT%2520R-134a.doc&ei=s1OUVOX8F43uaozagPAD&usg=AFQjCNH4WbkUg3GDjRnysOAQDgGgGQmTPA&sig2=JSqyYh_TIFV_IXoKHk-m0g&bvm=bv.82001339,d.d2s&cad=rja. Päivitetty 30.10.2012. Luettu 19.12.2014.

[57] Boron extrication. QR code extrication rescue cards. WWW-dokumentti. <http://www.boronextrication.com/2014/02/23/qr-code-extrication-rescue-cards/>. Päivitetty 23.2.2014. Luettu 20.12.2014.

[58] Mercedes-Benz. Rescue cards for passenger cars. WWW-dokumentti. http://cdn.1starriving.com/wp-content/uploads/sites/20/2014/02/mercedes-benz-2012_rescue-cards_Extrication_Training_Moditech.pdf. Päivitetty 23.2.2014. Luettu 20.12.2014.

[59] Wikipedia. Ajoneuvon valmistenumero. WWW-dokumentti. http://fi.wikipedia.org/wiki/Ajoneuvon_valmistenumero. Päivitetty 6.12.2014. Luettu 20.12.2014.

[60] ToolPack Auto Syksy 2014. WWW-dokumentti.

http://toolpack.fi/toolpack_auto_2_2014.html. Luettu 21.12.2014.

[61] Lognet, tarviketukku. WWW-dokumentti.

[http://www.lognet.fi/tuote.jsp?koodi=290-](http://www.lognet.fi/tuote.jsp?koodi=290-TBLED3&nimi=J%C4NNITTEENKOETIN+TESTBOY+PROFI+LED+3&tuoteryh)

[TBLED3&nimi=J%C4NNITTEENKOETIN+TESTBOY+PROFI+LED+3&tuoteryh](http://www.lognet.fi/tuote.jsp?koodi=290-TBLED3&nimi=J%C4NNITTEENKOETIN+TESTBOY+PROFI+LED+3&tuoteryh)
[ma=173&tuoteryhma_nimi=Erikoisty%F6kalut%20-%20Testerit](http://www.lognet.fi/tuote.jsp?koodi=290-TBLED3&nimi=J%C4NNITTEENKOETIN+TESTBOY+PROFI+LED+3&tuoteryh). Päivitetty
21.12.2014. Luettu 21.12.2014.

[62] Tamrex, turvallisuustuotteisiin erikoistunut yritys. Verkkokauppa.

<http://www.tamrex.fi/shop/tuote/resqtec-airbag-suojasarja-kuljettaja-1556>. Päivitetty
21.12.2014. Luettu 21.12.2014.

[63] Etelä-Savon Pelastuslaitos, pelastuslaitos. WWW-dokumentti.

<http://www.mikkeli.fi/pelastuslaitos/sisalto/pelastuslaitos>. Päivitetty 21.12.2014. Luet-
tu 21.12.2014.

[64] Etelä-Savon Pelastuslaitos, vapaaehtoistoiminta. WWW-dokumentti.

<http://www.mikkeli.fi/pelastuslaitos/sisalto/vapaaehtoistoiminta>. Päivitetty
21.12.2014. Luettu 21.12.2014.

[65] Yle uutiset, kotimaa. Vetyautoille tehtaillaan tankkauspisteitä – autoja on Suo-
messassa tasan yksi. WWW-dokumentti.

[http://yle.fi/uutiset/vetyautoille_tehtaillaan_tankkauspisteita_-](http://yle.fi/uutiset/vetyautoille_tehtaillaan_tankkauspisteita_-_autoja_on_suomessa_tasan_yksi/7048701)
[_autoja_on_suomessa_tasan_yksi/7048701](http://yle.fi/uutiset/vetyautoille_tehtaillaan_tankkauspisteita_-_autoja_on_suomessa_tasan_yksi/7048701). Päivitetty 24.1.2014. Luettu 4.1.2015.

[66] MTV uutiset, kotimaa. Suomen ensimmäinen vetyauto käyttöön. WWW-
dokumentti. [http://www.mtv.fi/uutiset/kotimaa/artikkeli/suomen-ensimmainen-](http://www.mtv.fi/uutiset/kotimaa/artikkeli/suomen-ensimmainen-vetyauto-kayttoon/2768404)
[vetyauto-kayttoon/2768404](http://www.mtv.fi/uutiset/kotimaa/artikkeli/suomen-ensimmainen-vetyauto-kayttoon/2768404). Päivitetty 24.1.2014. Luettu 4.1.2015.

[67] Liikenneturva. Turvatyyny. WWW-dokumentti.

<https://www.liikenneturva.fi/fi/liikenteessa/autoilijat/turvatyyny>. Päivitetty 13.1.2015.
Luettu 13.1.2015.

[68] Tiainen, Mia-Marjut. Kandidaatintyö, Sähkö- ja hybridautojen voimansiirtojär-
jestelmien jännitetasot. WWW-dokumentti.

<https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/69936/nbnfi-fe201106231799.pdf?sequence=3> Päivitetty 21.3.2011. Luettu 22.1.2015.

Analysis Data Sheet

Test Data

Date: 28.11.2014
 Time: 4:26:00 PM
 File Name: D:\Turvatyyny\0B26790m.avi

Calibration

Calibration: 0,365517 Pixels / Millimeter
 Tilt 90,389837 Degrees
 Export Units: Meters

Tracking Data

Frame	Time	Track Point 1		Track Point 2		Track Point 3		Track Point 4	
		x	y	x	y	x	y	x	y
-4315	-2,1575	-0,0054	-0,01098	0	0	0	0	0	0
-4314	-2,1570001	-0,00539	-0,01207	0	0	0	0	0	0
-4313	-2,1565001	-0,00539	-0,01207	0	0	0	0	0	0
-4312	-2,1560001	-0,00539	-0,01207	0	0	0	0	0	0
-4311	-2,1555002	-0,00539	-0,01207	0	0	0	0	0	0
-4310	-2,1550002	-0,00539	-0,01207	0	0	0	0	0	0
-4309	-2,1545	-0,00539	-0,01207	0	0	0	0	0	0
-4308	-2,154	-0,00539	-0,01207	0	0	0	0	0	0
-4307	-2,1535001	-0,00539	-0,01207	0	0	0	0	0	0
-4306	-2,1530001	-0,00539	-0,01207	0	0	0	0	0	0
-4305	-2,1525002	-0,00539	-0,01207	0	0	0	0	0	0
-4304	-2,1520002	-0,00484	-0,01207	0	0	0	0	0	0
-4303	-2,1515	-0,00457	-0,01234	0	0	0	0	0	0
-4302	-2,151	-0,00347	-0,01234	0	0	0	0	0	0
-4301	-2,1505001	-0,00264	-0,01342	0	0	0	0	0	0
-4300	-2,1500001	-0,00155	-0,01342	0	0	0	0	0	0
-4299	-2,1495001	8,19E-05	-0,01204	0	0	0	0	0	0
-4298	-2,1490002	0,000629	-0,01203	0	0	0	0	0	0
-4297	-2,1485002	0,002823	-0,01284	0	0	0	0	0	0
-4296	-2,148	0,005285	-0,01282	0	0	0	0	0	0
-4295	-2,1475	0,00747	-0,01226	0	0	0	0	0	0
-4294	-2,1470001	0,011027	-0,01224	0	0	0	0	0	0
-4293	-2,1465001	0,014857	-0,01221	0	0	0	0	0	0
-4292	-2,1460001	0,018414	-0,01219	0	0	0	0	0	0
-4291	-2,1455002	0,023059	-0,01133	0	0	0	0	0	0
-4290	-2,145	0,02854	-0,01266	0	0	0	0	0	0
-4289	-2,1445	0,03346	-0,01208	0	0	0	0	0	0
-4288	-2,1440001	0,039483	-0,01259	0	0	0	0	0	0
-4287	-2,1435001	0,045775	-0,01255	0	0	0	0	0	0
-4286	-2,1430001	0,051247	-0,01251	0	0	0	0	0	0

Alkuperäinen mittauspöytäkirja

-4285	-2,1425002	0,057533	-0,01165	0	0	0	0	0	0
-4284	-2,1420002	0,063552	-0,01161	0	0	0	0	0	0
-4283	-2,1415	0,070388	-0,01101	0	0	0	0	0	0
-4282	-2,141	0,076403	-0,01042	0	0	0	0	0	0
-4281	-2,1405001	0,082146	-0,01011	0	0	0	0	0	0
-4280	-2,1400001	0,088986	-0,01006	0	0	0	0	0	0
-4279	-2,1395001	0,095818	-0,00892	0	0	0	0	0	0
-4278	-2,1390002	0,101297	-0,00998	0	0	0	0	0	0
-4277	-2,1385002	0,107859	-0,00939	0	0	0	0	0	0
-4276	-2,138	0,114151	-0,00935	0	0	0	0	0	0
-4275	-2,1375	0,120447	-0,00985	0	0	0	0	0	0
-4274	-2,1370001	0,127824	-0,00843	0	0	0	0	0	0
-4273	-2,1365001	0,133843	-0,00839	0	0	0	0	0	0
-4272	-2,1360002	0,140132	-0,0078	0	0	0	0	0	0
-4271	-2,1355002	0,123081	0,005215	0	0	0	0	0	0

Analysis Data Sheet

Test Data

Date: 28.11.2014
Time: 3:34:49 PM
File Name: D:\Turvatyynynt\0B26791m.avi

Calibration

Calibration: 396,551727 Pixels / Meter
Tilt 0 Degrees
Export
Units: Meters

Tracking Data

Frame	Time	Track Point 1		Track Point 2		Track Point 3		Track Point 4	
		x	y	x	y	x	y	x	y
-4315	-2,157500029	9,46936E-09	-9,69483E-09	0	0	0	0	0	0
-4314	-2,157000065	-0,000504338	-9,69483E-09	0	0	0	0	0	0
-4313	-2,156500101	-0,000504338	-9,69483E-09	0	0	0	0	0	0
-4312	-2,156000137	-0,000504338	-9,69483E-09	0	0	0	0	0	0
-4311	-2,155500174	-0,000504338	-9,69483E-09	0	0	0	0	0	0
-4310	-2,15500021	-0,000504338	-9,69483E-09	0	0	0	0	0	0
-4309	-2,154500008	-0,000504338	-9,69483E-09	0	0	0	0	0	0
-4308	-2,154000044	-0,000504338	-9,69483E-09	0	0	0	0	0	0
-4307	-2,153500008	-0,000504338	-9,69483E-09	0	0	0	0	0	0
-4306	-2,153000116	-0,000504338	-9,69483E-09	0	0	0	0	0	0
-4305	-2,152500153	-0,000504338	-9,69483E-09	0	0	0	0	0	0

Alkuperäinen mittauspöytäkirja

-4304	-2,152000189	-0,000504338	-9,69483E-09	0	0	0	0	0	0
-4303	-2,151499987	-0,000504338	0,000504338	0	0	0	0	0	0
-4302	-2,151000023	-0,000504338	0,000756512	0	0	0	0	0	0
-4301	-2,150500059	-0,000504338	0,00126086	0	0	0	0	0	0
-4300	-2,150000095	-0,000504338	0,002017382	0	0	0	0	0	0
-4299	-2,149500132	-0,000504338	0,00252173	0	0	0	0	0	0
-4298	-2,149000168	-0,000504338	0,00453912	0	0	0	0	0	0
-4297	-2,148500204	-0,000504338	0,005043468	0	0	0	0	0	0
-4296	-2,148000002	-0,000504338	0,006808686	0	0	0	0	0	0
-4295	-2,147500038	-0,000504338	0,010086947	0	0	0	0	0	0
-4294	-2,147000074	-0,000504338	0,012608686	0	0	0	0	0	0
-4293	-2,146500111	-0,000504338	0,015634773	0	0	0	0	0	0
-4292	-2,146000147	-0,000504338	0,020173904	0	0	0	0	0	0
-4291	-2,145500183	9,46936E-09	0,023956511	0	0	0	0	0	0
-4290	-2,144999981	-0,000504338	0,028747818	0	0	0	0	0	0
-4289	-2,144500017	-0,00126086	0,033791296	0	0	0	0	0	0
-4288	-2,144000053	-0,001765208	0,039086945	0	0	0	0	0	0
-4287	-2,14350009	-0,001765208	0,045139119	0	0	0	0	0	0
-4286	-2,143000126	-0,002269556	0,050434772	0	0	0	0	0	0
-4285	-2,142500162	-0,00252173	0,057747815	0	0	0	0	0	0
-4284	-2,142000198	-0,003026078	0,063043468	0	0	0	0	0	0
-4283	-2,141499996	-0,00252173	0,069852166	0	0	0	0	0	0
-4282	-2,141000032	-0,001765208	0,075652167	0	0	0	0	0	0
-4281	-2,140500069	-0,003026078	0,082460858	0	0	0	0	0	0
-4280	-2,140000105	-0,003026078	0,088260859	0	0	0	0	0	0
-4279	-2,139500141	-0,003026078	0,09431304	0	0	0	0	0	0
-4278	-2,139000177	-0,003026078	0,100113034	0	0	0	0	0	0
-4277	-2,138500214	-0,003026078	0,10641738	0	0	0	0	0	0
-4276	-2,138000011	-0,003530425	0,111965209	0	0	0	0	0	0
-4275	-2,137500048	-0,003530425	0,118521728	0	0	0	0	0	0
-4274	-2,137000084	-0,004286947	0,124826074	0	0	0	0	0	0
-4273	-2,13650012	-0,004791295	0,130878255	0	0	0	0	0	0
-4272	-2,136000156	-0,005043469	0,137182608	0	0	0	0	0	0
-4271	-2,135500193	-0,004791295	0,143486947	0	0	0	0	0	0
-4270	-2,13499999	-0,004286947	0,149286941	0	0	0	0	0	0
-4269	-2,134500027	-0,005547816	0,155086949	0	0	0	0	0	0

Analysis Data Sheet

Test Data

Date: 28.11.2014
 4:09:20
 Time: PM
 File Name: D:\Turvatyyny\0B26792m.avi

Calibration

Calibration: 0,372478 Pixels / Millimeter

Alkuperäinen mittauspöytäkirja

Tilt 90,000079 Degrees
 Export Units: Meters

Tracking Data

Frame	Time	Track Point 1		Track Point 2		Track Point 3		Track Point 4	
		x	y	x	y	x	y	x	y
-4315	-2,1575	-0,00268	0,002685	0	0	0	0	0	0
-4314	-2,1570001	-0,00215	0,002148	0	0	0	0	0	0
-4313	-2,1565001	-0,00215	0,002148	0	0	0	0	0	0
-4312	-2,1560001	-0,00215	0,002148	0	0	0	0	0	0
-4311	-2,1555002	-0,00215	0,002148	0	0	0	0	0	0
-4310	-2,1550002	-0,00215	0,002148	0	0	0	0	0	0
-4309	-2,1545	-0,00215	0,002148	0	0	0	0	0	0
-4308	-2,154	-0,00215	0,002148	0	0	0	0	0	0
-4307	-2,1535001	-0,00215	0,002148	0	0	0	0	0	0
-4306	-2,1530001	-0,00215	0,002148	0	0	0	0	0	0
-4305	-2,1525002	-0,00134	0,002685	0	0	0	0	0	0
-4304	-2,1520002	-0,00134	0,002148	0	0	0	0	0	0
-4303	-2,1515	0,001879	0,001611	0	0	0	0	0	0
-4302	-2,151	0,003222	0,002148	0	0	0	0	0	0
-4301	-2,1505001	0,005369	0,002148	0	0	0	0	0	0
-4300	-2,1500001	0,008591	0,002148	0	0	0	0	0	0
-4299	-2,1495001	0,013155	0,002148	0	0	0	0	0	0
-4298	-2,1490002	0,014766	0,002685	0	0	0	0	0	0
-4297	-2,1485002	0,019867	0,002148	0	0	0	0	0	0
-4296	-2,148	0,024699	0,002953	0	0	0	0	0	0
-4295	-2,1475	0,030606	0,002685	0	0	0	0	0	0
-4294	-2,1470001	0,035975	0,00349	0	0	0	0	0	0
-4293	-2,1465001	0,04215	0,00349	0	0	0	0	0	0
-4292	-2,1460001	0,048325	0,004833	0	0	0	0	0	0
-4291	-2,1455002	0,054231	0,004833	0	0	0	0	0	0
-4290	-2,145	0,060138	0,005369	0	0	0	0	0	0
-4289	-2,1445	0,067118	0,00698	0	0	0	0	0	0
-4288	-2,1440001	0,073561	0,00698	0	0	0	0	0	0
-4287	-2,1435001	0,080542	0,006712	0	0	0	0	0	0
-4286	-2,1430001	0,088327	0,00698	0	0	0	0	0	0
-4285	-2,1425002	0,094502	0,007517	0	0	0	0	0	0
-4284	-2,1420002	0,101214	0,00886	0	0	0	0	0	0
-4283	-2,1415	0,108463	0,00886	0	0	0	0	0	0
-4282	-2,141	0,113832	0,009397	0	0	0	0	0	0
-4281	-2,1405001	0,123497	0,010202	0	0	0	0	0	0
-4280	-2,1400001	0,129404	0,010202	0	0	0	0	0	0
-4279	-2,1395001	0,137458	0,011544	0	0	0	0	0	0
-4278	-2,1390002	0,143633	0,01235	0	0	0	0	0	0
-4277	-2,1385002	0,150882	0,012887	0	0	0	0	0	0
-4276	-2,138	0,159473	0,013692	0	0	0	0	0	0
-4275	-2,1375	0,166184	0,014766	0	0	0	0	0	0
-4274	-2,1370001	0,173702	0,016914	0	0	0	0	0	0
-4273	-2,1365001	0,180414	0,016108	0	0	0	0	0	0
-4272	-2,1360002	0,18632	0,016377	0	0	0	0	0	0
-4271	-2,1355002	0,195179	0,018256	0	0	0	0	0	0

Alkuperäinen mittauspöytäkirja

-4270	-2,135	0,202428	0,018256	0	0	0	0	0	0
-4269	-2,1345	0,210482	0,019599	0	0	0	0	0	0
-4268	-2,1340001	0,217194	0,020941	0	0	0	0	0	0
-4267	-2,1335001	0,225248	0,021746	0	0	0	0	0	0
-4266	-2,1330001	0,230886	0,022283	0	0	0	0	0	0
-4265	-2,1325002	0,238941	0,023089	0	0	0	0	0	0
-4264	-2,1320002	0,221221	0,007517	0	0	0	0	0	0

Analysis Data Sheet

Test Data

Date: 28.11.2014
Time: 4:19:39 PM
File Name: D:\Turvatyyny\0B26793m.avi

Calibration

Calibration: 0,4 Pixels / Millimeter
Tilt 90,000079 Degrees
Export Units: Meters

Tracking Data

Frame	Time	Track Point 1		Track Point 2		Track Point 3		Track Point 4	
		x	y	x	y	x	y	x	y
-4315	-2,1575	-9,6E-09	0,0025	0	0	0	0	0	0
-4314	-2,1570001	-9,6E-09	0,002	0	0	0	0	0	0
-4313	-2,1565001	-9,6E-09	0,002	0	0	0	0	0	0
-4312	-2,1560001	-9,6E-09	0,002	0	0	0	0	0	0
-4311	-2,1555002	-9,6E-09	0,002	0	0	0	0	0	0
-4310	-2,1550002	-9,6E-09	0,002	0	0	0	0	0	0
-4309	-2,1545	0,0005	0,002	0	0	0	0	0	0
-4308	-2,154	-9,6E-09	0,002	0	0	0	0	0	0
-4307	-2,1535001	-9,6E-09	0,002	0	0	0	0	0	0
-4306	-2,1530001	0,0005	0,002	0	0	0	0	0	0
-4305	-2,1525002	-9,6E-09	0,002	0	0	0	0	0	0
-4304	-2,1520002	-9,6E-09	0,002	0	0	0	0	0	0

Alkuperäinen mittauspöytäkirja

		-9,6E-							
-4303	-2,1515	09	0,002	0	0	0	0	0	0
-4302	-2,151	0,0005	0,002	0	0	0	0	0	0
-4301	-2,1505001	0,0005	0,002	0	0	0	0	0	0
-4300	-2,1500001	0,001	0,002	0	0	0	0	0	0
-4299	-2,1495001	0,002	0,0015	0	0	0	0	0	0
-4298	-2,1490002	0,0025	0,0015	0	0	0	0	0	0
-4297	-2,1485002	0,00325	0,002	0	0	0	0	0	0
-4296	-2,148	0,00475	0,0015	0	0	0	0	0	0
-4295	-2,1475	0,0055	0,002	0	0	0	0	0	0
-4294	-2,1470001	0,00725	0,00125	0	0	0	0	0	0
-4293	-2,1465001	0,008	0,00125	0	0	0	0	0	0
-4292	-2,1460001	0,01	0,0015	0	0	0	0	0	0
-4291	-2,1455002	0,01175	0,0015	0	0	0	0	0	0
-4290	-2,145	0,013	0,00125	0	0	0	0	0	0
-4289	-2,1445	0,015	0,00075	0	0	0	0	0	0
-4288	-2,1440001	0,01725	0,0015	0	0	0	0	0	0
-4287	-2,1435001	0,01875	0,00125	0	0	0	0	0	0
-4286	-2,1430001	0,0205	0,00025	0	0	0	0	0	0
			9,35E-						
-4285	-2,1425002	0,0235	09	0	0	0	0	0	0
-4284	-2,1420002	0,0255	0,00025	0	0	0	0	0	0
-4283	-2,1415	0,0275	-0,0005	0	0	0	0	0	0
-4282	-2,141	0,02875	0,00075	0	0	0	0	0	0
-4281	-2,1405001	0,03	-0,00175	0	0	0	0	0	0
-4280	-2,1400001	0,0325	-0,0005	0	0	0	0	0	0
-4279	-2,1395001	0,035	-0,001	0	0	0	0	0	0
-4278	-2,1390002	0,0375	-0,0005	0	0	0	0	0	0
-4277	-2,1385002	0,0405	-0,001	0	0	0	0	0	0
-4276	-2,138	0,043	-0,0005	0	0	0	0	0	0
-4275	-2,1375	0,046	-0,0005	0	0	0	0	0	0
			9,35E-						
-4274	-2,1370001	0,0485	09	0	0	0	0	0	0
-4273	-2,1365001	0,05125	-0,0005	0	0	0	0	0	0
-4272	-2,1360002	0,0525	-0,0005	0	0	0	0	0	0
-4271	-2,1355002	0,0555	-0,0005	0	0	0	0	0	0
-4270	-2,135	0,0585	-0,0005	0	0	0	0	0	0
-4269	-2,1345	0,06175	0,00025	0	0	0	0	0	0
-4268	-2,1340001	0,06375	0,00025	0	0	0	0	0	0
-4267	-2,1335001	0,0655	-0,00125	0	0	0	0	0	0
-4266	-2,1330001	0,06875	-0,0005	0	0	0	0	0	0
			9,35E-						
-4265	-2,1325002	0,07225	09	0	0	0	0	0	0
-4264	-2,1320002	0,07475	0,00025	0	0	0	0	0	0
-4263	-2,1315	0,0775	-0,0005	0	0	0	0	0	0
-4262	-2,131	0,081	0,00025	0	0	0	0	0	0
-4261	-2,1305001	0,08475	0,00075	0	0	0	0	0	0
-4260	-2,1300001	0,08725	0,00025	0	0	0	0	0	0
-4259	-2,1295002	0,09	0,0015	0	0	0	0	0	0
-4258	-2,1290002	0,0935	0,002	0	0	0	0	0	0
-4257	-2,1285	0,096	0,00125	0	0	0	0	0	0
-4256	-2,128	0,1	0,002	0	0	0	0	0	0
-4255	-2,1275001	0,10375	0,0025	0	0	0	0	0	0
-4254	-2,1270001	0,10675	0,002	0	0	0	0	0	0
-4253	-2,1265001	0,11	0,002	0	0	0	0	0	0
-4252	-2,1260002	0,1135	0,00275	0	0	0	0	0	0

LIITE 1(7).

Alkuperäinen mittauspöytäkirja

-4251	-2,1255002	0,11675	0,00375	0	0	0	0	0	0
-4250	-2,125	0,12	0,0025	0	0	0	0	0	0
-4249	-2,1245	0,123	0,004	0	0	0	0	0	0
-4248	-2,1240001	0,12725	0,00375	0	0	0	0	0	0
-4247	-2,1235001	0,13	0,0045	0	0	0	0	0	0
-4246	-2,1230001	0,133	0,004	0	0	0	0	0	0
-4245	-2,1225002	0,1375	0,0045	0	0	0	0	0	0
-4244	-2,1220002	0,13975	0,00575	0	0	0	0	0	0
-4243	-2,1215	0,1435	0,0045	0	0	0	0	0	0
-4242	-2,1210001	0,148	0,0045	0	0	0	0	0	0
-4241	-2,1205001	0,15	0,005	0	0	0	0	0	0
-4240	-2,1200001	0,15425	0,00525	0	0	0	0	0	0
-4239	-2,1195002	0,1575	0,00575	0	0	0	0	0	0
-4238	-2,1190002	0,16125	0,00575	0	0	0	0	0	0
-4237	-2,1185	0,16425	0,0045	0	0	0	0	0	0
-4236	-2,118	0,16625	0,00525	0	0	0	0	0	0
-4235	-2,1175001	0,16925	0,005	0	0	0	0	0	0
-4234	-2,1170001	0,171	0,005	0	0	0	0	0	0
-4233	-2,1165001	0,175	0,0045	0	0	0	0	0	0
-4232	-2,1160002	0,18	0,0045	0	0	0	0	0	0
-4231	-2,1155002	0,18175	0,0045	0	0	0	0	0	0
-4230	-2,115	0,185	0,0045	0	0	0	0	0	0
-4229	-2,1145	0,19	0,00525	0	0	0	0	0	0
-4228	-2,1140001	0,19125	0,00525	0	0	0	0	0	0
-4227	-2,1135001	0,19475	0,0045	0	0	0	0	0	0
-4226	-2,1130002	0,196	0,0045	0	0	0	0	0	0
-4225	-2,1125002	0,201	0,005	0	0	0	0	0	0
-4224	-2,112	0,20475	0,005	0	0	0	0	0	0
-4223	-2,1115	0,2085	0,00525	0	0	0	0	0	0
-4222	-2,1110001	0,2125	0,00625	0	0	0	0	0	0
-4221	-2,1105001	0,21725	0,007	0	0	0	0	0	0
-4220	-2,1100001	0,2205	0,0065	0	0	0	0	0	0
-4219	-2,1095002	0,22475	0,007	0	0	0	0	0	0
-4218	-2,1090002	0,2285	0,007	0	0	0	0	0	0
-4217	-2,1085	0,23175	0,0075	0	0	0	0	0	0
-4216	-2,108	0,2355	0,007	0	0	0	0	0	0
-4215	-2,1075001	0,238	0,007	0	0	0	0	0	0
-4214	-2,1070001	0,24225	0,007	0	0	0	0	0	0
-4213	-2,1065001	0,246	0,007	0	0	0	0	0	0
-4212	-2,1060002	0,24875	0,007	0	0	0	0	0	0
-4211	-2,1055	0,2525	0,007	0	0	0	0	0	0
-4210	-2,105	0,25725	0,00775	0	0	0	0	0	0
-4209	-2,1045001	0,261	0,00775	0	0	0	0	0	0
-4208	-2,1040001	0,26675	0,01	0	0	0	0	0	0
-4207	-2,1035001	0,27	0,0095	0	0	0	0	0	0
-4206	-2,1030002	0,27425	0,0095	0	0	0	0	0	0
-4205	-2,1025002	0,2775	0,0095	0	0	0	0	0	0
-4204	-2,102	0,28125	0,0095	0	0	0	0	0	0
-4203	-2,1015	0,28425	0,0095	0	0	0	0	0	0
-4202	-2,1010001	0,288	0,0095	0	0	0	0	0	0
-4201	-2,1005001	0,29125	0,0095	0	0	0	0	0	0
-4200	-2,1000001	0,29375	0,009	0	0	0	0	0	0
-4199	-2,0995002	0,29675	0,009	0	0	0	0	0	0
-4198	-2,0990002	0,3005	0,0095	0	0	0	0	0	0
-4197	-2,0985	0,305	0,0095	0	0	0	0	0	0

LIITE 1(8).**Alkuperäinen mittauspöytäkirja**

-4196	-2,098	0,3085	0,0095	0	0	0	0	0	0
-4195	-2,0975001	0,3105	0,009	0	0	0	0	0	0
-4194	-2,0970001	0,315	0,0095	0	0	0	0	0	0
-4193	-2,0965002	0,31975	0,0095	0	0	0	0	0	0
-4192	-2,0960002	0,32175	0,0095	0	0	0	0	0	0
-4191	-2,0955	0,3255	0,0095	0	0	0	0	0	0
-4190	-2,095	0,3285	0,0095	0	0	0	0	0	0
-4189	-2,0945001	0,3315	0,01	0	0	0	0	0	0
-4188	-2,0940001	0,3375	0,01075	0	0	0	0	0	0
-4187	-2,0935001	0,3405	0,01	0	0	0	0	0	0
-4186	-2,0930002	0,34375	0,01025	0	0	0	0	0	0
-4185	-2,0925002	0,3475	0,01025	0	0	0	0	0	0
-4184	-2,092	0,3515	0,01125	0	0	0	0	0	0
-4183	-2,0915	0,35425	0,01025	0	0	0	0	0	0

Pelastuskortin symbolit suomeksi [1]

PELASTUSKORTIN SYMBOLIT SUOMEKSI

 <p>Turvatyyny</p>	 <p>Korin vahvistus</p>	 <p>Ohjainyksikkö</p>	 <p>Kaasunkehitin</p>
 <p>Kaasujousi</p>	 <p>Akku</p>	 <p>Aktiivinen kierähdys-suoja</p>	 <p>Turvavyön esikiristin</p>
 <p>Turvavyön esikiristin</p>	 <p>Polttoainesäiliö</p>	 <p>Kaasusäiliö (Maakaasu/ Nestekaasu)</p>	 <p>Turvaventtiili (Maakaasu-/ Nestekaasujärjestelmä)</p>
 <p>Korkeajänniteosat</p>	 <p>Korkeajännitejohdot/ -osat</p>	 <p>Korkeajännitevirran poiskytkentä</p>	 <p>Korkeajänniteakku</p>
 <p>Mekaaninen sensori</p>			