



# **HENKILÖAUTOJEN TURVALLISUUDEN KEHITTYMINEN**

Olli Laitinen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2015  
Auto- ja kuljetustekniikka  
Älykkäät koneet

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Auto- ja kuljetustekniikka  
Älykkäät koneet

LAITINEN, OLLI:  
Henkilöautojen turvallisuuden kehittyminen

Opinnäytetyö 46 sivua  
Toukokuu 2015

---

Henkilöautojen määrä kasvaa vuosittain, eikä onnettomuuksilta voida välttyä. Autonvalmistajat kuitenkin tekevät parhaansa niiden estämiseksi kehittämällä jatkuvasti uusia ja tehokkaampia turvajärjestelmiä. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää miten turvajärjestelmien kehitys on vaikuttanut liikenneonnettomuuksissa loukkaantuneiden ja menehtyneiden määrään Suomessa sekä tutustua yleisten järjestelmien toimintaan.

Selvityksen aikana löydettyjen tulosten tarkastellussa suoria johtopäätöksiä ei pystytty luomaan, sillä liikenneonnettomuuksien syntyminen on monista muuttujista johtuva tapahtuma. Tulosten valossa voidaan kuitenkin sanoa kehitystä tapahtuneen – onnettomuuksien lukumäärien yhdessä onnettomuuksissa menehtyneiden kanssa on jo vuosia ollut laskussa kasvavasta autokannasta huolimatta.

Positiivisesta kehityksestä huolimatta, matkaa täysin turvalliseen liikenteeseen on vielä paljon. Turvajärjestelmien kehittäminen lähestyy kokoajan pistettä, jossa fysiikan lait päättävät kehitystyön. Siinä tapauksessa mahdollisuudet alkavat käymään vähiin ellei liikenteen inhimillistä tekijää, ihmistä, poisteta kuljettajan paikalta.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Automotive and Transport Engineering  
Intelligent Machines

LAITINEN, OLLI:  
Development of passenger car safety systems

Bachelor's thesis 46 pages  
May 2015

---

Each year the amount of passenger cars increase and accidents cannot be avoided. Car manufacturers try their best to develop state of the art safety systems. The goal of this Bachelor's thesis was to find out how those safety systems have changed the Finnish road safety over the years.

All the data that was found during the examination was encouraging as the injuries and fatalities have dropped. But it is impossible to really say how big the impact from the safety systems has been because accidents consists many different variables. Nevertheless it can be said that there has been progress when fatalities and injuries drop while car population keeps on growing.

Despite the positive results there is still a long way to go for completely accident free traffic. One problem that all the manufacturers will face and are already struggling with is the laws of physics. As long as humans sit on the drivers seat accidents will happen but maybe in future things will be different.

---

Key words: safety system, road safety

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TURVALLISUUDEN EDELLÄKÄVIJÄT .....	7
3	TURVAJÄRJESTELMÄT.....	8
3.1	Aktiiviset turvajärjestelmät.....	8
3.1.1	Antilock Braking System – Lukkiutumattomat jarrut.....	8
3.1.2	Traction Control System – Luistonesto.....	12
3.1.3	Electronic Stability Control - Ajonvakautusjärjestelmä .....	13
3.1.4	Kaista- ja kuolleenkulmanvahti.....	14
3.1.5	Automaattinen hätäjarrutus .....	15
3.2	Passiiviset turvajärjestelmät.....	16
3.2.1	Kori .....	17
3.2.2	Turvavyö .....	20
3.2.3	Turvatyyny .....	21
3.2.4	Renkaat.....	23
4	MUUT TURVALLISUUTTA LISÄÄVÄT TEKIJÄT.....	28
4.1	NCAP.....	28
4.1.1	Ajoneuvon valinta .....	29
4.1.2	Testaus/arviointi.....	30
4.2	Valot.....	37
4.3	Pimeänäköavustin .....	40
4.4	Vireystilan valvonta.....	42
5	TURVAJÄRJESTELMIEN VAIKUTUS LIIKENNEONNETTOMUUKSIEN MÄÄRÄÄN JA LAATUUN.....	43
6	TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT .....	48
7	LOPPUPÄÄTELMÄT .....	51
	LÄHTEET.....	52

**ERITYISSANASTO**

ABS	Antilock Braking System
UNECE	YK:n Euroopan talouskomissio
ESC	Electrical Stability Control
TRC/ASR	Traction Control
Euro NCAP	European New Car Assessment Programme
ASF	Audi Space Frame
FRP	Fiber reinforced polymer
CFRP	Carbon-fiber reinforced polymer

## 1 JOHDANTO

Ihmisellä on aina ollut tarve liikkua. Aluksi ihminen liikkui kävellen ja vähitellen alettiin hyödyntää ja keksiä uusia liikkumista nopeuttavia ja matkantekoa helpottavia ratkaisuita: ratsuja, kärryjä, laivoja ja junia. Mikään ei ole kuitenkaan liikuttanut ihmistä yhtä paljon ja vaivattomasti kuin alkujaan kömpelö, hidas, huteran näköinen hevostähtäistä polveutuva auto.

Auto on suhteellisen lyhyen historiansa aikana kokenut suuria muutoksia ja muovannut pahimmillaan ja parhaimmillaan maailmaa nykyiseen muotoonsa jossa asumme. Matka on kuitenkin ollut kuoppainen eikä vastustajilta ole pystytty välttymään. Nykyaikana suurinta vastustuksen ääntä pidetään ilmastonlämpenemisen ja fossiilisten polttoaineiden kuluttamisen vaikutuksista tulevaisuuteen, mutta taka-alalle median valtavirrassa on jäänyt puheenaihe, joka on ollut olemassa Karl Benzin ja Gottlieb Daimlerin ensimmäisestä kolmipyöräisestä autosta lähtien. Tämä aihe on nykyään ajankohtaisempi kuin koskaan aikaisemmin nopeampien autojen sekä kasvaneiden ihmismassojen ja automäärien myötä. Tämä hieman unohdettu aihe on turvallisuus.

Tässä opinnäytetyössä perehdytään nykyaikaisten henkilöautojen turvallisuutta lisääviin tekijöihin ja siihen, kuinka vuosien saatossa yleistyneet testit ja määräykset ovat lisänneet matkustajien sekä muiden tienkäyttäjien turvallisuutta onnettomuustilanteissa. Työssä on esiteltynä nykyaikaisten ajonvakautusjärjestelmien lisäksi muita havainnointia ja turvallisuutta lisääviä tekijöitä toimintaperiaatteineen. Työn lopuksi pohditaan tulevaisuuden ja uusien teknologioiden mahdollisuuksia sekä inhimillisen tekijän, ihmisen, poistamista kuljettajan paikalta älykkään itseohjaavan ajoneuvon myötä.

## 2 TURVALLISUUDEN EDELLÄKÄVIJÄT

Autojen turvallisuus on ottanut auton historian aikana suuria harppauksia eteenpäin pyrkien hyödyntämään uusimpia innovaatioita. Ensimmäisten autojen tullessa markkinoille ajovalon virkaa suoritti öljylamppu, joka olikin enemmän huomiovalo kuin ajoväylää valaiseva turvallisuuselementti. 1900-luvun alkupuolella saksalainen teknologia yhtiö Bosch esitteli ensimmäisen sähköisen ajovalojärjestelmän, joka siitä asti on ollut osa autojen sähköjärjestelmää. Bosch on luonut lukuisia muita nykyään vakiovarusteiksi luettavia turvallisuusjärjestelmiä, kuten seuraavassa kappaleessa esiteltävät ABS-jarrut. (Bosch. Milestones in automotive technology)

Toinen yhtiö, joka on luonut nykyaikana itsestäänselvyydeltä tuntuja turvallisuuselementtejä on ruotsalainen autonvalmistaja Volvo. Tunnetuin ja ehkä tärkein innovaatio, jonka Volvo on esitellyt autojen maailmaan, on tavanomainen hartian ylittävä ja lantion paikoillaan pitävä kolmipisteturvavyö. Kyseisen mallisen kolmipisteturvavyön isänä pidetään Volvon insinööriä Nils Bohlinia, joka esitteli vyön Volvon PV544 mallin yhteydessä vuonna 1959. Volvo PV544 muistetaankin siitä, että se oli ensimmäinen auto, jossa oli turvavyö vakiovarusteena (Volvo. A Heritage of innovation). Volvon kanssa samaan aikaan myös toinen ruotsalainen autonvalmistaja SAAB esitteli auton, jossa turvavyö kuului myös vakiovarustukseen, SAAB GT750:n (Saab Museum). Näistä malleista lähtien turvavyöt alkoivat yleistymisensä. Suomessa turvavyöt saavuttivat lainsäädännöllisen asennuspakon etupenkeille uusissa autossa 1.1.1971. Muita Volvon innovaatioita on esimerkiksi sivusta tulevalta iskulta suojaava istuimen sivuturvatyyny. (Volvo. A Heritage of Innovation)

Useiden järjestelmien suhteen keksintöjen jakaminen ei ole kovinkaan helppoa, sillä monet autovalmistajat ovat kehilleet omia järjestelmiään usein vielä samanaikaisesti toistensa kanssa. Tärkeää kuitenkin on se, että uusia innovaatioita turvallisuuden parantamiseksi syntyy jatkuvasti eikä kehitys pääse pysähtymään.

Seuraavissa kappaleissa on selvitetty yksityiskohtaisemmin erilaisten järjestelmien toimintaperiaatteita sekä variaatioita.

### 3 TURVAJÄRJESTELMÄT

Henkilöautojen turvajärjestelmät voidaan jakaa kahteen erilliseen ryhmään: aktiivisiin ja passiivisiin. Aktiivisilla turvajärjestelmillä tarkoitetaan auton erilaisia turvatoimintoja, jotka pyrkivät toiminnallaan estämään onnettomuuksia syntymästä. Passiiviset järjestelmät puolestaan pyrkivät minimoimaan henkilövahingot onnettomuuden sattuessa.

Seuraavissa kappaleissa on esiteltyä uusista autoista löytyviä järjestelmiä, jotka ovat jo saavuttaneet vakiovarusteen aseman tai ovat matkalla vakiovarusteeksi.

#### 3.1 Aktiiviset turvajärjestelmät

Aktiivisten järjestelmien esiinmarssi alkoi vuonna 1978 Boschin esiteltyä lukkiutumattomanjarrujärjestelmänsä Mercedes-Benzin S-sarjan yhteydessä. Tästä alkoi hidas kehitys kohti nykyisiä luistonesto- ja ajonvakautusjärjestelmiä, joiden toiminnan perustana ovat lukkiutumattomat jarrut. Viime vuosina autojen turvallisuuden lisäämiseen on otettu käyttöön toinen 1800-luvun lopun keksintö, kamera.

##### 3.1.1 Antilock Braking System – Lukkiutumattomat jarrut

Antilock Braking System (ABS) eli lukkiutumattomat jarrut löytyvät lähes jokaisesta uudesta ajoneuvosta, ja ne ovat muuttaneet ajamista jo vuosikymmenten ajan turvallisempaan suuntaan. ABS-jarrujen tehtävänä on pitää ajoneuvon renkaat nimensä mukaisesti lukkiutumattomana jarrutustilanteessa ohjattavuuden sekä hallittavuuden takaamiseksi. Samalla järjestelmä lyhentää jarrutusmatkaa lukkojarrutukseen nähden. Joissain erityisolosuhteissa jarrutusmatka voi kuitenkin pidentyä lukkojarrutukseen verrattuna, mutta ajoneuvo pysyy hallittavissa koko jarrutuksen ajan, toisin kuin lukkojarrutuksen aikana.

Boschin esiteltyä järjestelmän ensimmäistä kertaa vuonna 1978, järjestelmä on muuttanut huomattavasti autojen kehityksen, uusien vaatimusten sekä kehittyneemmän elektroniikan myötä. Nykyaikaiset ABS-järjestelmät ovat aikaisempaa pienempiä ja kevy-



empää, hyvänä esimerkkinä Boschin ABS 2-järjestelmän hydrauliyksikön painaessa yli kuusi kilogrammaa verrattuna uudempaan ABS 8-järjestelmän alle kahteen kiloon. (Bosch, Automotive Electrics, 52) Uudet järjestelmät täyttävät myös aikaisempaa tiukemmat kriteerit, uusimpien järjestelmien täyttäessä YK:n Euroopan talouskomission (UNECE) laatiman ohjesäännön ECE-R13 korkeimman vaatimustason, kategoria 1:n, esittämät vaatimukset. (Bosch. 2014. 964)

ABS-järjestelmä koostuu ajoneuvon jarrujärjestelmän peruskomponenteista: jarruista, alipainetehostetusta pääjarrusylinteristä. Näiden lisäksi järjestelmä koostuu pyörän pyörimisnopeusantureista, jotka ovat useimmissa tapauksissa Hall-antureita, hydraulisesta paineensäätöyksiköstä, elektronisesta ohjainlaitteesta sekä moottorinohjausyksiköstä. Järjestelmän toiminta perustuu pyörän nopeuden mittaamiseen ja sen hallitsemattoman pysähtymisen estämiseen, joka jarrutustilanteessa on lukkiutunut rengas. Tavallisen rauhallisen jarrutuksen aikana järjestelmä ei vaikuta jarrutukseen, mutta aggressiivisen hätäjarrutuksen aikana alkaa tapahtua.

Voimakkaassa jarrutuksessa tapahtuu kolme sykliä hydraulisessa paineensäätöyksikössä, joka saa käskyjä renkaiden pyörimisnopeusantureiden antamien tietojen mukaan. Jarrutustilanteen alkaessa jarrupainetta nostetaan, jolloin ajoneuvon vauhti alkaa hidastua jarrupalojen puristuessa jarrulevyä tai rumpua vasten. Jos pyörimisnopeusanturit havaitsevat äkillisen hidastuvuuden jollakin pyörällä, jarrupaine lopettaa nousunsa ja siirtyy paineenpitotilaan. Kuitenkin jos pyörä jatkaa kasvavaa hidastumistaan, painetta täytyy alentaa lukkiutumisen estämiseksi. Tämä syklien kierto jatkuu siihen asti kunnes jarrutustapahtuma lopetetaan tai vaaraa lukkiutumisesta ei enää ole.

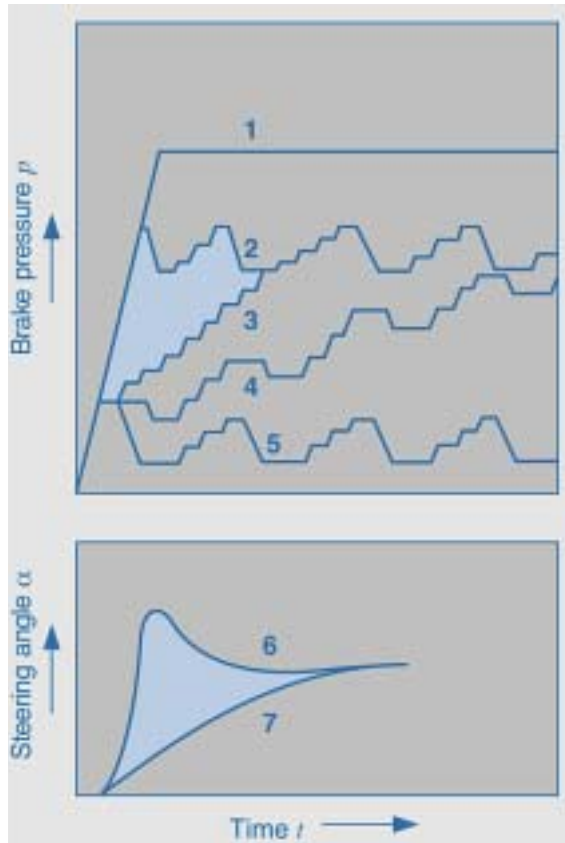
Lukkiutumattomien jarrujen tulee toimia myös epävakaisissa olosuhteissa. Esimerkiksi toispuoleisessa pitojarrutuksessa,  $\mu$ -splitti jarrutuksessa, jossa ajoneuvon vasen puolisko on kuivalla asfaltilla ja oikea jäällä, syntyy huomattava puoltomomentti, joka pyrkii kääntämään ajoneuvoa. Järjestelmän täytyy pystyä toimimaan luotettavasti ja pitämään suunta vakaana. Suuremmissa pidemmän akselivälin omaavissa henkilöajoneuvoissa kuljettaja voi hallita puoltomomenttia hienoilla, riittävän nopeasti aloitettavilla vastaohjausliikkeillä yhdessä jarrutustapahtuman kanssa, mutta pienissä ajoneuvoissa tarvitaan lisäävustusta, puoltomomentin kasvua hidastavaa säätöä (Yaw-moment build-up delay, YMBD). Tämä pidentää jarrutusmatkaa, mutta auttaa ajoneuvoa pysymään suuntavana.

Kuvio 1 esittää puoltomomentin kasvua hidastavan säädön vaikutusta  $\mu$ -splitti jarrutuksen aikana korkean sekä matalan pidon puolten renkailla. Kuviossa:

- 1 pääjarrusylinterin paine,
- 2 kuvaa ABS-järjestelmän luomaa painetta ilman YMBD-säätöä,
- 3 YMBD1-säätö ajoneuvoille jotka eivät ole suuntavakavuudessaan herkkiä, suuret henkilöautot
- 4 YMBD2-säätö herkästi reagoiville ajoneuvoille, pienet henkilöautot
- 5 heikomman pidon puolen jarrupaineen kasvu
- 6 ohjauskulma ilman YMBD säätöä
- 7 ohjauskulma YMBD säädöllä

Kuviosta selviää, kuinka suuremmille henkilöajoneuvoille suunniteltu YMBD1-säätö alkaa nostaa huomattavan paljon nopeammin jarrupainetta pitävällä puolella mahdollistaen näin parhaan mahdollisen hidastuvuuden. Samaan aikaan pienemmille autoille suunniteltu YMBD2-säätö toimii paljon maltillisemmin herkemman reagoimisen takia. Jokainen järjestelmä on kuitenkin räätälöitävä erikseen jokaiselle ajoneuvolle parhaan hidastuvuuden ja lyhyimmän mahdollisen jarrutusmatkan takaamiseksi. Kuviosta selviää myös, kuinka paljon pienemmällä ohjausliikkeellä puoltomomentin pystyy korjaamaan kun puoltomomentin kasvua hidastava säätö on käytössä.

Kuvio 1 Puoltomomentin kasvua hidastavan säädön vaikutus jarrupaineen kasvuun ja ohjauskulmaan (Bosch)



Nykyään ajoneuvojen jarrujärjestelmät on jaettu kahteen piiriin, jolloin ajoneuvo pysyy edes jollain tavalla hallinnassa toisen piirin hajotessa esim. vuodon seurauksena. Yleisin piirijako on diagonaalinen, niin sanottu X jarrupiirirakenne, jossa toinen etujarru on samassa piirissä vastakkaisen puolen takajarrun kanssa. Kyseisen rakenteen etuja on se, että toinen etujarru on toisen piirin hajotessa vielä käyttökunnossa parantaen näin auton pysäyttämisen mahdollisuuksia. ABS-järjestelmän kanssa diagonaalinen jako on myös hyvä, sillä jokaisella renkaalla on oma itsenäinen nopeusanturi, jolloin jarruvoimien jakaminen on tarkkaa ja tehokasta. Toinen yleisessä käytössä oleva jarrupiirijako on etu-taka-jako, jossa yksi piiri käyttää etujarruja ja toinen piiri takajarruja. Etu-taka-jaollinen piiri voi olla neljällä anturilla varustettu, mutta myös kolmella anturilla valmistettuna. Kolmianturisia jarrupiirejä on käytössä vain takavetoisissa ajoneuvoissa, joissa takarenkaiden pyörimisnopeus mitataan tasauspyörästöstä. Vähitellen kuitenkin kolmella anturilla toteutetut järjestelmät ovat katoamassa. Turvallisuuden varmistamiseksi molemmissa tapauksissa käytetään takapyörien jarruvoiman säätöön ns. select low-periaatetta, jossa heikomman pidon puoli määrittää takajarrujen jarrupaineen suuruuden puoltomomentin pienentämiseksi. (Bosch. 2003. 723-733)

### 3.1.2 Traction Control System – Luistonesto

Luistonesto lyhennetään usein englannin sanoista Traction Control muotoon TRC tai TCS, mutta myös sen saksalaista lyhennelmää ASR käytetään, etenkin saksalaisissa autoissa TRC:n sijaan. Suomessa luistonestoa kutsutaan myös vetoluistonestoksi, joka kuvaakin järjestelmää hieman paremmin. Järjestelmä ei nimittäin estä autoa luisumiselta, vaan pyrkii minimoimaan renkaiden sutimisen liikkeelle lähtiessä tai kaasua painettaessa heikon kitkan vaikuttaessa renkaisiin. Luiston määrää pyritään hillitsemään kahdella toisistaan poikkeavalla menetelmällä: jarrujen väliintulolla sekä rajoittamalla polttoaineen syöttöä moottorille. Muitakin menetelmiä on kokeiltu etenkin tehokkaiden urheiluautojen kanssa (Bosch. 2014. 976-978).

Luistonestojärjestelmien kehityksen voidaankin katsoa alkaneen tehokkaiden takavetoisten urheiluautojen yleistymisen ja vauhdinhimon kasvun myötä. Alun perin luistonestojärjestelmät perustuivatkin mekaaniseen ratkaisuun, tasauspyörästä kitkalukoon. Kitkalukko mahdollistaa kitkalevyjen avulla tehon siirron paremmin pitävälle pyörälle suuremman momentin myötä, saaden ajoneuvon näin liikkumaan (Drivingfast). Kehitysaskelaita nykyaikaiseen järjestelmään alettiin kuitenkin ottaa ABS-järjestelmän yleistyessä, jolloin sen hinta alkoi vähitellen tippua ja yhä useampi auto varustettiin järjestelmällä. Bosch esitteli ensimmäisen luistonestojärjestelmänsä vuonna 1986.

Jarrujen avulla tapahtuva luistonesto vaatii ABS-järjestelmään laajennuksen, joka voi sisältää rakenteesta riippuen otto- ja vaihtoventtiilin yhdessä jo olevan hydraulikkajärjestelmän kanssa. Molempia lisäventtiileitä ohjataan elektronisesti moottorinohjainyksikön ohjeiden mukaan. Järjestelmässä palautuspumppu vetää jarrunestettä pääsylinteriltä ottoventtiilin kautta, josta pumpun tuottaman paineen avulla neste ajetaan jarrusylinterille jarruttaen rengasta vaaditulla voimalla estäen sitä sutimasta. Tulo- ja poistoventtiilit sulkeutuvat ja avautuvat halutun mukaisesti niin pitkään kunnes kiihdytys vakioituu. Lopulta erikseen käyttöön otettu jarruneste palautetaan pääsylinteriin vaihtoventtiilin kautta.

Moottorin avulla tapahtuva luistonesto ottaa ohjat silloin, kun molemmat vetävistä pyöristä sutivat eivätkä löydä pitoa. Tässä tapauksessa moottorin tuottamaa vääntöä vähennetään, yleensä elektronisen polttoaineensyötön ohjauksella. Väännön määrää voi myös kontrolloida tyrehdyttämällä polttoaineen ruiskutuskyklejä ja hidastaa sytytystä. Liuk-

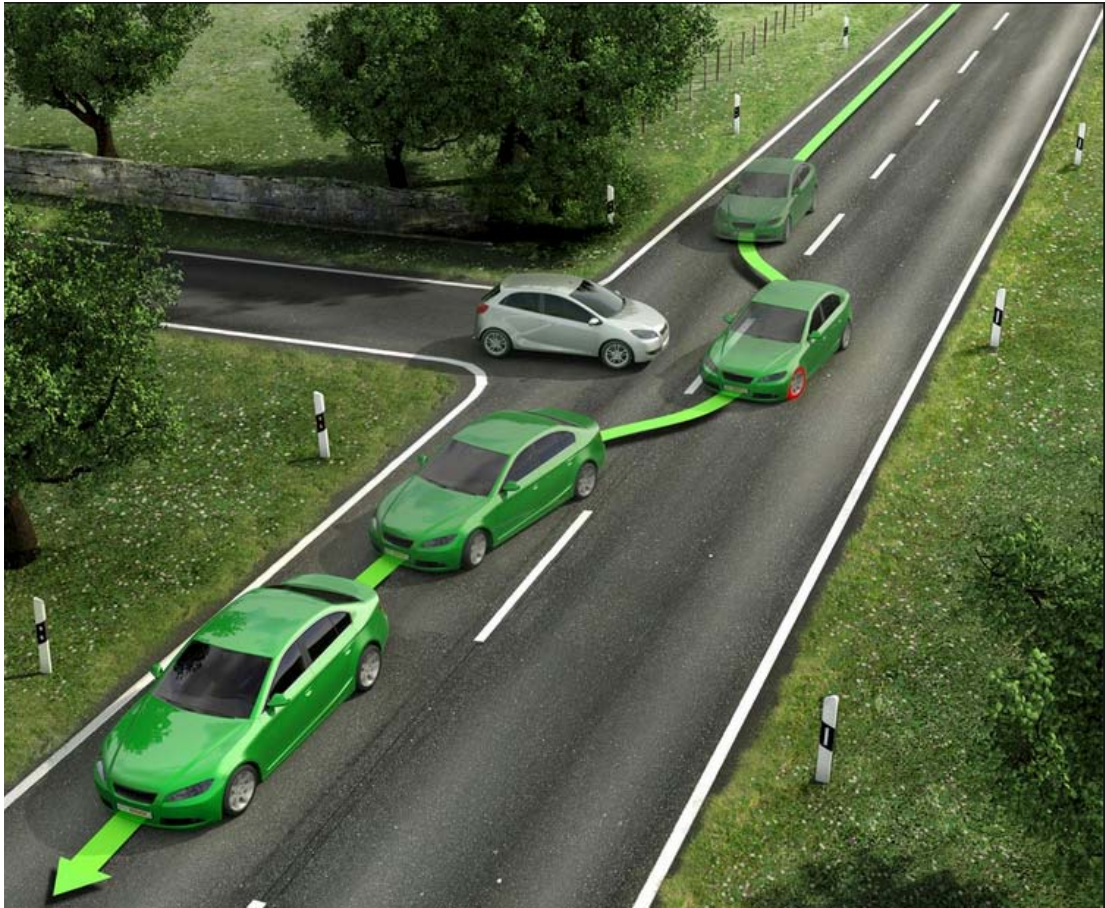
kaalla ajaessa moottorin hillitsemisen huomaa huomattavana tehon uupumisena, jolloin pahimmassa tapauksessa kyseessä voi olla myös turvallisuusriski. Luistoneston pystyykin useissa tapauksissa ottamaan pois päältä. (Bosch. 2014. 976-978)

### 3.1.3 Electronic Stability Control - Ajonvakautusjärjestelmä

Siinä missä ABS- ja TRC-järjestelmät avustavat ajoneuvon pysähtymisessä ja liikkeelle lähdössä, elektroninen ajonvakautusjärjestelmä, ESC, menee astetta tai kahta pidemmälle. Se ei tyydy pyörien sutimisen kontrolloimiseen tai moottorin tehojen vähennykseen, vaan se myös päättää mitä pyörää ja kuinka paljon täytyy jarruttaa ajoneuvon suuntavauden ylläpitämiseksi. Ajonvakautusjärjestelmä on ollut pakollinen kaikissa Euroopassa myytävissä uusissa automalleissa vuodesta 2012 ja kaikissa uusissa autoissa vuodesta 2014 lähtien. (Liikenneturva)

Ajonvakautusjärjestelmät alkoivat yleistyä yhdessä luistoneston kanssa 90-luvun puolivälin paikkeilla, mutta vain kalliiden premium merkkien malleissa ja usein kalliina lisävarusteena. Kaikki kuitenkin muuttui Mercedes-Benzin toimesta vuonna 1997 kun ruotsalainen autolehti suoritti Mercedesen uudella edullisemman luokan A-sarjan autolla väistökoetta, jonka seurauksena testattu auto pyörähti katolleen. Tämän seurauksena autoon asennettiin vakiovarusteena ajonvakautusjärjestelmä. Muiden valmistajien reagoitua Mercedesen liikkeeseen edullisemman luokan autojen ostajille avautui paljon uusia vaihtoehtoja riskeeraamatta turvallisuutta.

ESC-järjestelmän toiminta, yhdessä luistoneston kanssa, on velkaa ABS-järjestelmälle. Pohjimmiltaan ajonvakautus perustuu näiden järjestelmien toimintaan pienillä lisäyksillä auton anturoinnissa. Renkaan pyörintänopeusanturin lisäksi autosta löytyy puolto-momenttianturi, sivuttaiskiiktyvyysanturi ja ohjauspyörän kulma-anturi. Näiden antamien tietojen avulla erillinen ohjausyksikkö pystyy määrittelemään mitä pyörää täytyy jarruttaa ajoneuvon vakauttamiseksi. Kuva 1 esittää ESC-järjestelmän toimintaa äkillisessä väistötilanteessa. Kuvassa oleva punainen pyörä kuvaa järjestelmän jarruttamaa pyörää, jonka avulla pyörähtäminen estetään.



Kuva 1 Ajovakautusjärjestelmä käytännössä (Bosch)

Ajonvakautusjärjestelmä pyrkii myös minimoimaan yli- ja aliohjauksesta johtuvia ulosajoja. Aliohjautuessa, jolloin eturenkaat menettävät pitonsa ja auto alkaa puskea, järjestelmä jarruttaa auton sisäkaarten puoleista takapyörää, jonka ansiosta runkoon vaikuttava pyörehdysmomentti saadaan kuriin ja auto kääntyy haluttuun suuntaan turvallisesti. Yliohjautuessa, eli takarenkaiden menetettyä sivuttaispitonsa, järjestelmä jarruttaa ulko-kaarten puoleista etupyörää momenttitasapainon palauttamiseksi. Ajonvakautusjärjestelmä ei kuitenkaan pysty monista ominaisuuksistaan huolimatta kumoamaan fysiikan lakeja. Järjestelmästä huolimatta riittävän nopeuden ja heikon kitkan avustuksella auto on mahdollista menettää hallinnasta vakavin seurauksin. (Bosch. 2014. 980-983)

### 3.1.4 Kaista- ja kuolleenkulmanvahti

2000-luvulla autojen turva-anturoinnissa ja ulkoisten riskitekijöiden minimoinnissa on otettu edistysaskeleita parempaan suuntaan edullisimpien komponenttien ansiosta. Kaksi tärkeää kehityskohdetta ovat olleet kaista- sekä kuolleenkulmanvahti.

Kaistavahti on kehitetty minimoimaan kuljettajan herpaantumisesta johtuvia kaistojen ylittävää ajelehtimistä kahdella erilaisella tavalla, varoittamalla kuljettajaa vaaratilanteen kehittymisestä ja kaistanpitoavustusjärjestelmällä. Kumpikin järjestelmä koostuu eteenpäin sijoitetusta kamerasta tai kameroista, jotka kuvaavat kaistaviivoja molemmin puolin kaistaa. Kamera tunnistaa valkoisen viivan kontrastieron perusteella, jonka avulla se pystyy määrittelemään kuinka lähellä reunaa ajetaan. Alkujaan varoitusjärjestelmä päästi ilmoille varoitussäänen, mutta järjestelmän kehittyessä varoitus on siirtynyt enemmän ohjauspyörän ohjatuksi tärinäksi. Joissain varoittavissa järjestelmissä ohjauspyörään kohdistetaan myös pieni vastaohjausmomentti, jolla pyritään palauttamaan kuljettajan huomio ohjaamiseen. Kaistanpitoavustusjärjestelmä ottaa aktiivisemmin osaa auton ohjauksen kaistaviivojen lähestyessä. Järjestelmä pyrkii palauttamaan auton takaisin keskelle kaistaa joko kääntämällä ohjauspyörää tai toispuoleisella pienellä jarrutuksella. Kuitenkaan järjestelmien olemassa olo ei takaa kuljettajalle vapautusta tehtävistään ajaa autoa, vaan avustavat herpaantumistilanteissa. Järjestelmät eivät myöskään estä ohjaamista ja kytkeytyvät taka-alalle heti kun ohjauspyörää kääntää. (Bosch. 2014. 1444-1445)

Kuolleenkulmanvahti, tai katveavustin, pitää varoittamalla kuljettajaa huolen siitä, että kaistaa vaihtaessa ei sattuisi yllätyksiä. Järjestelmä on toteutettu neljän ultraäänianturin avulla, joista kaksi on auton takapuskurin yhteydessä 45° kulmassa auton kulkusuuntaan nähden ja kaksi etupuskurin yhteydessä 90° kulmassa kulkusuuntaan. Anturit havaitsevat takaapäin lähestyvät ajoneuvot ja varoittavat niiden ollessa auton katvealueella. Etummaisat anturit sammuttavat varoituksen, sillä siihen mennessä ajoneuvo on jo täysin kuljettajan nähtävillä. Etuanturit eivät näin myöskään kiinnitä huomiota paikoillaan oleviin parkkeerattuihin ja vastaantuleviin ajoneuvoihin. On kuitenkin suositeltavaa, että katveavustimista huolimatta kuljettaja tarkistaa kaistaa vaihtaessa kuolleenkulman päätään kääntämällä. (Bosch. 2014. 1435)

### **3.1.5 Automaattinen hätäjarrutus**

Automaattisen hätäjarrutusjärjestelmän kehittämisen perusta on ollut peräänajokolarit. Ne ovat hyvin yleisiä, usein harmittomia, mutta kiusaava tapahtuma. Huono näkyvyys, sääolot, huolimatonta liikenteen seuranta, jalankulkijan huolimatonta liikenteen seuranta,

ovat hyvin tavanomaisia onnettomuustilanteita ja olosuhteita, joita automaattisella hätäjarrutuksella on pyritty vähentämään. Järjestelmän toiminta on kuitenkin kuin nuoralla kävelyä, liian aikainen ja voimakas jarrutus voi aiheuttaa uuden peräänajotilanteen takana ajavan auton kanssa, kun taas liian myöhään tapahtuva jarrutus on tapahtunut liian myöhään eikä osumaa voi välttää.

Kehitys alkoi Volvon toimesta 2010 ja se onkin ottanut askeleita parempaan suuntaan. Useimmat järjestelmät vaativat toimiakseen tutkan, kameran ja/tai LiDAR-järjestelmän. LiDAR, Light Detection And Ranging, mittaa etäisyyttä esimerkiksi laserin avustuksella kaikuluotaimen tavoin analysoimalla pintojen läheisyyttä säteiden heijastumisen perustella. (Euro NCAP. AEB; Ford. Fusion research vehicle)

Parhaan mahdollisen skenaarion takaamiseksi järjestelmä ei aloita jarrutustapahtumaa heti vaaratilanteen havaitessaan, vaan varoittaa kuljettajaa varoitusäänellä. Varoitusta ennen jarrujärjestelmä on jo varautunut jarrutustapahtumaan esitäyttämällä jarrujärjestelmän. Jos varoituksesta huolimatta kuljettaja ei reagoi tilanteeseen, jarrujärjestelmä aktivoituu hetkellisesti kuitenkin vapauttaen jarrut nopeasti uudelleen. Automaattisessa järjestelmässä alkaa tämän jälkeen osittainen jarrutus, joka hidastaa nopeutta vähitellen odotellen kuljettajaa ottamaan ohjat käsiinsä. Jos mitään ei tapahdu, järjestelmä jarruttaa entistä enemmän kunnes lopulta onnettomuuden ollessa väistämätön, täysivoimainen hätäjarrutus tekee parhaansa minimoidakseen vahingot. Vaihtoehtoinen järjestelmä on hätäjarruavustin, joka ei jarruta kokonaan automaattisesti, mutta avustaa kuljettajaa saamaan tarpeeksi voimakkaan jarrutustapahtuman aikaiseksi mikäli jarrua ei ole painettu tarpeeksi voimakkaasti. (Bosch. 2014. 1448-1449)

### **3.2 Passiiviset turvajärjestelmät**

Passiiviset järjestelmät ovat osa jokapäiväistä ajoa; mitä huomaamattomampi järjestelmä on, sitä paremmin siinä on onnistuttu. Varsinaisista järjestelmistä ei näin ollen voida puhua, vaan kyseessä on enemmänkin rakenneosia. Tästä huolimatta ne ovat käyneet laajan kehityskaaren ensimmäisistä rakennelmista nykyisen kaltaisiin monimutkaisiin ratkaisuihin.



### 3.2.1 Kori

Ensimmäiset autot joita maailma näki, poikkesivat huomattavasti nykyisen kaltaisista. Ilman kokemusta nykyaikaisen alustan kaltaisesta rakenteesta ensimmäiset autot pohjautuivatkin hyväksi havaittuun, pitkään käytössä olleisiin lehtijousin varustettuihin hevossaunuihin. Yhtenäisyyden vanhanajan vankkureihin näkee selvästi maailmaa mullistaneessa Fordin Model-T:ssä suurten pinnapyörien, korkean maavaran sekä avaran kabinetin myötä. 1920- ja 30-luvuilla autot alkoivat saada pyöreämpiä muotoja ja muistuttamaan enemmän nykyaikaisen mallista autoa. Samalla myös korin rakenteet kehittyivät ja korista muodostui vähitellen kantava rakenne, eikä vain erillisen rungon päälle pultattu irrallinen kuori. Myös materiaalien suhteen on tapahtunut kehitystä, ensimmäisten autojen puun käytöstä paksuun peltiin, Trabantin käyttämän villalla vahvistetun Duroplast muovin myötä nykyaikaisiin suurlujuusteräksiin ja hiilikuituun. (Hamer T. & Hamer M. 2015)

Nykyaikaiset korirakenteet ovat suuren kehitystyön tuloksia, joiden tehtävänä ei ole pelkästään suojata matkustajia sään oikuilta, vaan suojata myös vahingolta onnettomuus tilanteessa. Korin suojaavuuteen vaikuttavat niin koko, materiaali kuin rakennekin. Luonnollisesti suuremmat korit suojaavat pieniä paremmin, mutta pienten autojen valmistajat ovat kehittäneet erilaisia rakenteellisia ratkaisuita kompensoimaan ympäriltä puuttuvaa materiaalia. Hyvänä esimerkkinä toimii pienistä mikroluokan autoista tunnettu Smart. Pienestä koostaan huolimatta auto on saavuttanut hyvän neljän tähden arvostuksen tunnetun ja myöhemmin esitellyn Euro NCAP:n tekemässä törmäystestissä. Kiitos kuuluu korin Tridion-rakenteelle (Kuva 2), joka on valmistettu suurlujuusteräksistä puolipallomaiseen muotoon rasiusten jakautumisen takaamiseksi. (Daimler. Bodyshell as key safety factor)



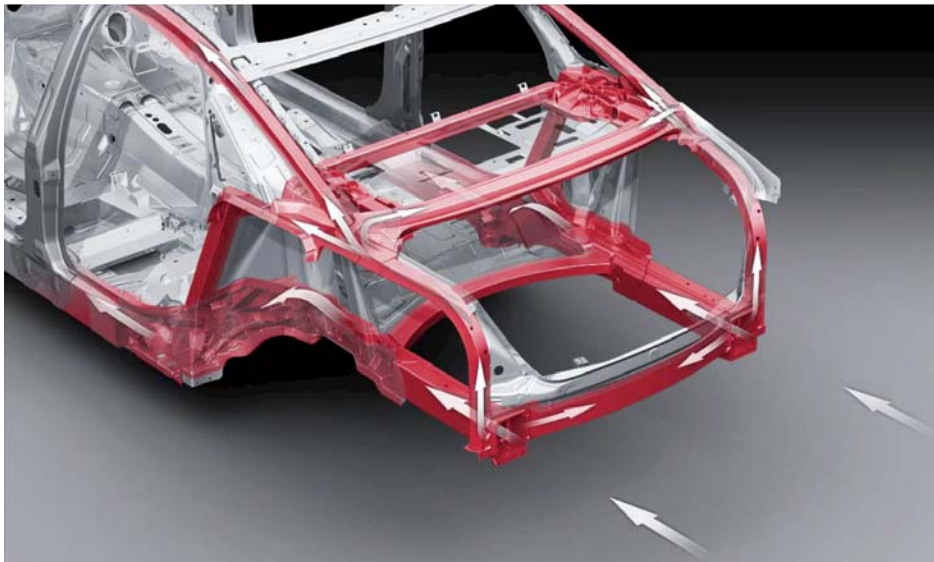
Kuva 2 Smartin Tridion rakenne (Daimler)

Suurlujuusteräksiä käytetään myös suuremman kokoluokan autoissa, sillä tavanomaiseen teräkseen verrattuna auton massa pysyy paremmin kurissa käytettäessä lujempia materiaaleja. Audi on pyrkinyt minimoimaan jatkuvasti lisääntyvien lisälaitteiden ja muiden massaa lisäävien seikkojen vaikutusta auton massaan kehittämällä kevyempiä koreja. Audi Space Frame (ASF) on tämän kehityksen tulos. Siinä korin päämateriaali on alumiini, jossa kriittisiin paikkoihin, kuten B-pilariin, on lisätty kuumamuokattua suurlujuusterästä lisäturvan takaamiseksi. Kuva 3 esittää ASF:n tapaa jakaa törmäysvoima kylkitörmäyksessä. Kaikista hintavimmissa malleissa on käytetty myös hiilikuiduilla vahvistettuja muoveja (CFRP), jotka tarjoavat lisää keveyttä ja jäykkyyttä. Edullisimmissa autoissa käytetään ns. Multimaterial Space Framea, jossa suurlujuusteräksen lisäksi käytetään alumiinia ja kuituvahvistettuja polymeerejä (FRP). Näin saadaan mahdollisimman kevyt rakenne edullisesti. (AUDI, Body)



Kuva 3 Audi Space Framen törmäysvoimien kulkeutuminen (AUDI AG)

Suurlujuusteräksien käyttö on kannattavaa ja suositeltavaa, mutta se luo myös ongelmia. Lujan ja jäykän rakenteen ongelma on sen periksiantamattomuus. Materiaalin ollessa liian luja, törmäystilanteessa syntyvät voimat eivät vaimene ollenkaan, jolloin kaikki energia siirtyy matkustajan vastaanotettavaksi. Jo pieni periksiantavuus ja sen myötä lisääntynyt törmäysaika vaikuttavat huomattavasti koettuihin voimiin ja hidastuvuuteen. Tästä syystä sekä keula- että perärakenteiden suunnittelu on tärkeää ja materiaali valinnat kriittisiä. Keulaan ja perään onkin tehty romahdusalueet, crumple zone, jotka tarkoituksen mukaisesti antavat periksi halutulla tavalla sekä ohjaavat törmäysvoimia muihin rakenteisiin, kuten A-, B- ja C-pilareihin, pohjaan sekä katon rakenteisiin. Kuva 4 esittää ASF korin toimintaa peräänajotilanteessa. (Daimler. Occupant protection; Audi. Body)



Kuva 4 Audi Space Framen voimajakauma peräänajossa (AUDI AG)

Suurlujuusterästen ja alumiinin lisäksi koreissa käytetään myös muita materiaaleja. Henkilöautoissa yleisin lisämateriaali on muovi, jota käytetään paneloinnissa ja pusku-reissa jalankulkijoiden turvallisuuden parantamiseksi. Muovin puolesta puhuu sen edullisuus ja keveys, mutta on syytä muistaa, ettei kyseessä ole kovinkaan suojaava materiaali etenkin törmäystilanteessa. Tästä johtuen muovia käytetäänkin paikoissa, jotka enemmänkin peittävät rungon rakenteet, kuten keula. Myös hiilikuitu on vähitellen yleistynyt valmistusmateriaalina, vaikkakin kalliiden urheiluautojen yhteydessä sen suurten valmistuskustannusten myötä. Hiilikuitu on luja ja jäykkä materiaali, joka on myös äärimmäisen kevyttä, joten se on omiaan autojen valmistukseen, jossa nopeus on kaikki kaikessa. (Bosch. 2003. 796-802)

### 3.2.2 Turvavyö

Turvavyön voidaan katsoa olevan autoilevan ihmisen halvin henkivakuutus. Sen markkinoille ilmestymisen ja yleistymisen myötä kuolemaan johtaneet onnettomuudet ovat vähentyneet autokannan kasvaessa. Kappaleessa 5 keskitytään turvajärjestelmien vaikutukseen onnettomuuksissa, joten on aika keskittyä innovaatioon, joka on ollut piikki-paikalla raivaamassa tietä turvallisemman liikenteen puolesta.

Turvavyön tehtävä on pitää matkustaja kiinni istuimessaan onnettomuuden sattuessa. Lonkkavyö tarjoaa paremman suojan kuin ilman vyötä matkustaminen, mutta nykyään jokaisesta autosta löytyvä kolmipistevyö on henkilöautojen maailmassa ylivoimainen. Jotta turvavyö ei aiheuttaisi lisävahinkoa matkustajalle, sen täytyy pystyä vastustamaan kehon liikettä ja hillitsemään sitä. Yleisimmässä käytössä oleva turvavyörakenne on automaattinen rullavyö. Rullavyö on täysin mekaaninen ja rakenteeltaan yksinkertainen, siten myös edullinen. Rullavyö toimii siten, että määrätyn hidastuvuuden ylittyessä jarrusalpa nousee vyörullalla olevan jarrupyörän hammastukseen lukiten näin turvavyön vapaan juoksemisen. Järjestelmä on toimiva, mutta vyörullassa on aina jonkin verran väljyyttä, joka heikentää kehon pysymistä paikoillaan. Vaikka vyön kiristäisikin tiukalle ennen ajoon lähtöä, paksut vaatteet, löysästi rullalle kelautunut vyö ja vyön venyminen aiheuttavat väljyyttä ja pahimmissa tapauksissa lisävahinkoa.

Tähän ongelmaan on kehitetty ratkaisu vyönkiristimen muodossa. Kiristimen lisääminen rullavyöhön ei vaikuta vyön käyttöön mitenkään, mutta törmäystilanteessa tapahtuvien ensimmäisten hetkien aikana ero on huomattava. Vyönkiristimen tehtävä on vetää turvavyöstä edellä mainitut löysät pois ja pitää matkustaja tiukemmin paikoillaan. Suoriutuakseen annetusta tehtävästä, vyönkiristimen täytyy olla tehokas ja nopea. Yleinen vyönkiristämistapa on pyrotekniikalla toimiva olkavyönkiristin.

Törmäystilanteessa törmäysanturi syyttää järjestelmässä sijaitsevan sytytyspanoksen, jonka aikaansaama paine lähettää teräsvaijerilla vyörullassa olevan männän liikkeelle. Samalla vyö kiristyy kehoa vasten varmistaen paikallaan pysymisen. Kaikki tämä tapahtuu 20 ms aikana törmäyshetkestä alkaen. Toinen menetelmä saada turvavyön väljyys minimoitua on lukkokiristin. Lukkokiristin vetää turvavyönlukkoa alaspäin kiristäen näin olka- ja lonkkavyöt samanaikaisesti. Liiallinen kiristyminen vakavissa onnettomuuksissa voi kuitenkin aiheuttaa vahinkoa etenkin rintakehän alueelle, joten kiristinten

yhteyteen on lisätty voimanrajoittimia, jotka pitävät huolen hallitusta joustosta ja pehmeästä hidastumisesta. (Bosch. 2003. 803, 885-886; Nieminen E. 2010. 15)

### 3.2.3 Turvatyyny

Turvatyynyjen kehityksen voidaan katsoa alkaneen 1950-luvulla, kun ensimmäiset patentit turvatyynylle jätettiin saksalainen Walter Lindererin ja yhdysvaltalaisen John Hetrickin toimesta. Kuitenkin vasta 1971 Ford valmisti kokeellisen erän autoja turvatyynyjen kanssa. Mercedes-Benzin esitellessä sen S-sarjalaisen yhteydessä kuljettajan-turvatyynyn 1981 Geneven autonäyttelyssä, turvatyyny olivat eläneet hiljaiseloa, ja kestikin vielä 11 vuotta ennen kuin se saavutti vakiovarusteen aseman Mercedesen autolinjastossa (Bellis. M. 2015)

Turvatyyny on turvavyötä tukeva turvallisuutta lisäävä järjestelmä. Törmäystilanteessa yläruumis on hyvästä turvavyöstä huolimatta vaarassa iskeytyä kovalla voimalla ohjauspyörään tai kojelautaan. Turvatyyny pehmentää tätä iskua, mutta voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa aikaisempaa suurempaa päänsärkyä. Jotta turvatyynyjen aiheuttamilta vahingoilta säästyttäisiin, niiden oikeanlainen käyttäytyminen ja oikeanaikainen täytyminen ovat kriittisessä asemassa. Turvavyön kiristymisestä huolimatta matkustaja liikkuu eteenpäin suuren liike-energian aikaan saamana. Turvatyynyn on täytynyt täytyä ennen kuin matkustaja on liikkunut 12,5 cm istuimellaan, joka vastaa noin 40 ms aikaa törmäyksen alkamisesta 50 km/h nopeudella. Tyyny on jo tyhjenemässä kun matkustajan keho painautuu tyynyyn ensimmäistä kertaa. Tällöin matkustaja ei osu kovaan täysinäiseen tyynyyn, eikä vahingossakaan osu siihen kuin ns. vastapalloon tyynyn vielä täytyessä (Bosch. 2003. 887–889). Isku täyttyvään turvatyynyyn olisi kova, sillä riippuen tilanteesta turvatyynyn laajenemisnopeus on välillä 100...300 km/h. (Toyota. Restraint Device)

Kuten edellä esitelty olkavyön kiristin, myös turvatyyny on pyrotekninen turvalaite. Molemmat laitteet vaikuttavat samassa tilanteessa toisiaan täydentäen, joten onkin luontevaa, että niiden ohjaus tapahtuu saman ohjausyksikön ja anturoinnin avulla. Keskeisessä asemassa törmäyksen tunnistamiseen on ohjainlaitteeseen integroidut kiihtyvyyssanturit, jotka mittaavat hidastuvuutta. Antureiden antaman tiedon perusteella ohjainlaite laskee nopeudenmuutoksen. Pitkittäistä kiihtyvyyttä mittaavien antureiden li-

säksi ohjainlaite voi tarvittaessa käyttää sivuttaiskiiktyvyysantureiden antamia tietoja ja sen täytyy pystyä analysoimaan myös tärähdyksiä. Jotta turvatyynyt eivät laukeaisi turhaan pienistä kolahduksista, antureiden signaalit muutetaan digitaalisiksi vertailualgoritmeiksi, joiden herkkyysparametrit on optimoitu törmäyssimulaatioiden datan perusteella (Bosch. 2003. 887–889). Esimerkiksi Toyotan turvatyynyt laukeavat vasta törmäysnopeuden ylittäessä 20...30 km/h (Toyota. Restraint Device). Riittävän kovan iskun sattuessa, ohjainlaitteen käskyn mukaan kaasugeneraattoreiden polttokaasulataukset aktivoidaan sytytyspanoksella, jolloin kiristimet kiristyvät ja turvatyynyt laukeavat tekemään työnsä. Sytytyksen jälkeen turvatyynyt täyttyvät noin 30 ms, jonka aikana kuljettajan turvaamiseksi täyttyy tilavuudeltaan 35...67 litran ja etumatkustajalle 70...150 litran tyynyt. (Bosch. 2003. 887–889)

Turvatyynyjen toiminnasta johtuvia loukkaantumisia on pyritty minimoimaan muutenkin kuin optimoimalla laukaisuajankohta. Jotta tässä onnistuttaisiin, täytyy turvatyynyjen olla erilaisiin tilanteisiin sopeutuvia. Lapsen istuessa turvaistuimella etupenkillä, turvatyyny voi aiheuttaa lauetessaan vakavia vammoja, joten se voidaankin poistaa käytöstä virta-avaimen avulla turvatyynyn deaktivointi-kytkimestä. Myös parannetulla ja lisätyllä anturoinnilla pyritään vähentämään loukkaantumisriskiä samalla parantaen turvatyynyn suojausvaikutuksia. Tällaisia parannuskeinoja ovat esimerkiksi turvavyön käytön tunnistaminen, matkustajan paikallaolon, asennon ja painon tunnistus sekä istuma-asennon ja selkänöjan kaltevuuden tunnistus. Onnettomuuden sattuessa laukeamatomat turvatyynyt ovat myös suojattuja, etteivät ne laukeaisi esimerkiksi raivaustöitä tehtäessä. Suojaus on toteutettu vaihtovirtasytytyksen avulla, joka sytyttää panoksen noin 80 kHz:n vaihtovirtataajuudella. (Bosch. 2003. 887–891)

Kuljettajan ja etumatkustajan turvatyynyjen lisäksi autoista löytyy yhä enemmän turvatyynyjä. Yhä useammasta uudesta autosta löytyy kuljettajan polvityyny, joka avustaa kuljettajaa hidastumaan paremmin korin mukana. Myös kaasutäytteiset sivuverhot ja takanaistuimien turvatyynyt sekä muut sivuttaisilta iskuilta suojaavat turvatyynyt jatkavat yleistymistään. Jalankulkijoitakaan ei ole unohdettu, sillä muutamat automerkit, kuten Volvo, on esitellyt konepellin alta laukeavia turvatyynyjä. Kuva 5 esittää riisutun Volvo V40 mallin turvatyynyjä, kuvassa ei näy kuljettajan turvatyynyjä.



Kuva 5 Volvo V40 turvatyynt (Volvo)

### 3.2.4 Renkaat

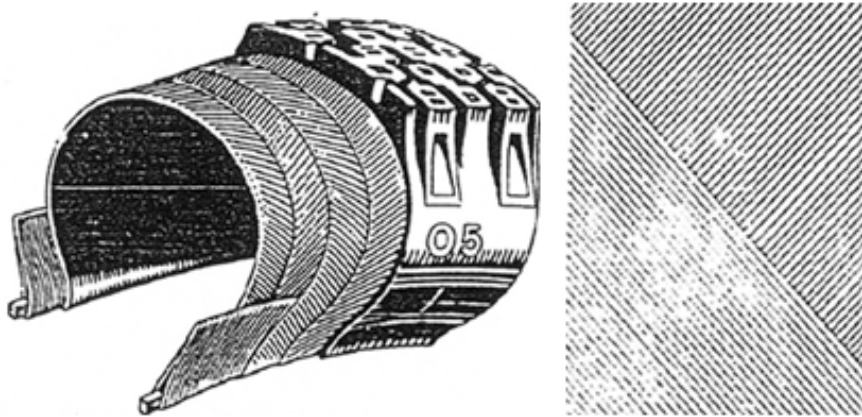
Renkaat ovat auton yksi kriittisimmistä komponenteista, ovathan ne ainoat osat jotka koskettavat tien pintaa. Näin olleen renkaiden vastuulla on periaatteessa kaikki auton hallittavuuteen liittyvät tekijät: voiman välittäminen, niin hidastaessa kuin kiihdyttäessä, kuorman kantaminen, joustaminen sekä ohjaaminen. Kaikki tämä täytyisi onnistua tekemään neljän, noin kämmenen kokoisen alueen voimin. Ei ihmeikään, että renkaiden kehitys on jatkuvaa ja kilpailu kovaa, sillä huonot renkaat ovat turvallisuusriski siinä missä hyvät renkaat turvallisuustekijä.

Nykyisen kaltaisen autonrenkaan kehityksen voidaan alkaneen vuonna 1839 yhdysvaltalaisen Charles Goodyearin keksittyä kumin vakautusmenetelmän, vulkanoinnin. Goodyear havaitsi, että rikin lisääminen raakakumiin ja syntyneen seoksen lämmittäminen lisäävät kumin kovuutta, kestoja ja kemikaalien sietokykyä. Myös kumille ominainen tahmaisuus vähenee. Toinen kehitysaskel kohti nykyaikaisempaa rengasta sattui muutamaa vuotta myöhemmin vuonna 1845 Skotlannissa, kun keksijä Robert William Thompson keksi ilmalla täytettävän renkaan, aikaisemman kovan kokokumisen renkaan korvaajaksi. 1900-luvulle tultaessa renkaat olivat saaneet erillisiä ulkorenkaita kuvioitteineen, mutta seuraava läpimurto tapahtui 1908 ristikudosrenkaan myötä, ja renkaat alkoivat kestää aikaisempaa pidempiä matkoja. Sisärenkaalliset ristikudosrenkaat hallit-



sivat markkinoita, kunnes 1940-luvun puolessa välissä Michelin toi markkinoille vyörenkaat ja Goodrich sisärenkaattoman renkaan. Yhdessä 1920-luvun Saksassa kehitetyn synteettisen kumin kanssa nykyaikaisen renkaan rakennusaineet ovat käsillä. (Kulojärvi T. Renkaat ja vanteet)

Ristikudosrenkaat poikkeavat vyörenkaista huomattavasti niin rakenteeltaan kuin ominaisuuksiltaan. Ristikudosrenkaat sisältävät päällekkäin asetettuja kudosmattoja, jotka kulkevat ristikkäin toistensa yli  $35^{\circ}$ ... $40^{\circ}$  kulmassa (Kuva 6). Ristikudokset tukevat renkaan rakennetta, mutta samalla vaikuttaa kielteisesti ajo-ominaisuuksiin. Nykyään vyörenkaat ovat syrjäyttäneet ristikudosrenkaat lähes kokonaan, mutta muutamissa erikoistapauksissa – kuten moottoriurheilussa – ristikudokset ovat vielä käytössä. (Kulojärvi T.)

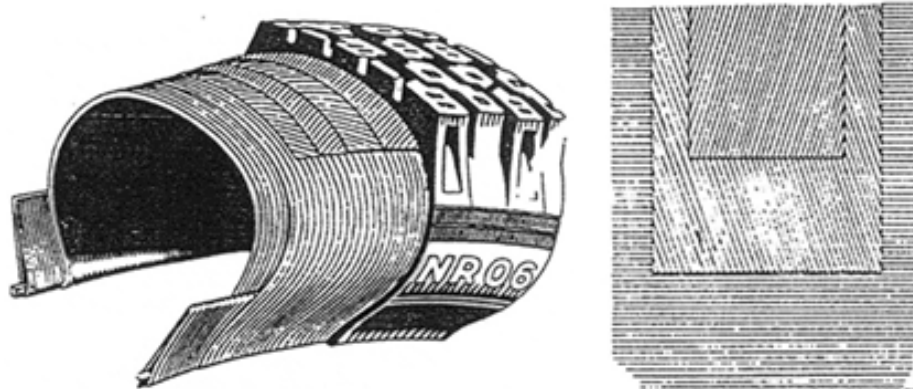


Kuva 6 Ristikudosrenkaan rakenne (TAMK Ajodynamiikka, Renkaat ja vanteet)

Ristikudosrenkaan syrjäyttänyt vyörengas poikkeaa monimutkaisemman rakenteensa ansiosta huomattavasti ristikudosrenkaista. Samalla vyörenkaat poikkeavat suuresti ominaisuuksiltaan, jotka ovat arkisessa käytössä huomattavasti paremmat kuin ristikudoksissa. Vyörenkaat sisältävät kaksi erilaista kudosterrosta: peruskudoksen sekä vyökudoksen (Kuva 7). Peruskudos kulkee renkaan yli poikittaisessa suunnassa, renkaan jalka-alueelta toiselle. Jotta renkaassa olisi riittävästi jäykkyyttä vastustamaan pitkittäisvoimia, peruskudoksen päälle on lisätty pitkittäisiä vyökudoksia. Vyökudoksen langat poikkeavat hieman täysin pitkittäisestä rakenteesta ja ne ovatkin asetettu  $15^{\circ}$ ... $25^{\circ}$  kulmaan toisiinsa nähden. Vyökudos antaa renkaalle hyvän pitojäykkyyden ja jäykistää renkaan kulutus pintaa. Samalla pitkittäin asetetut vyöt pitävät renkaan muodossaan nopeuden noustessa ja keskeiskiihtyvyyden kasvaessa. Tämä maksimoi tienpintaan osuvan renkaan pinnan alan. Vyökudokset auttavat myös nielemään tien epätasaisuuksia tehden



ajamisesta mahdollisimman mukavaa. Etuja ristikudosrenkaiisiin nähden ovat mm. paremmat pito-ominaisuudet, pidempi käyttöikä, pienempi vierintävastus, polttoainetaloudellisuus ja mukavuus. Kuitenkin vyörenkaissa pidon yläraja tulee terävämmin vastaan ja ne ovat epämukavampia hiljaisessa nopeudessa. Tästä huolimatta vyörenkaat dominoivat henkilöautomarkkinoita lähes 100 % markkinaosuudellaan. (Bosch. 2003. 693; Kulojärvi T.)



Kuva 7 Vyörenkaan rakenne (TAMK Ajodynamiikka, Renkaat ja vanteet)

Yksistään renkaan rakenne ei vielä määrittele renkaan käyttäytymistä, melutasoa ja hyvyttä erilaisissa olosuhteissa. Kumiseokset vaikuttavat renkaan käyttöikään, kova kestää pidempään, mutta on samalla kovaäänisempi eikä liukkaalla ei ole yhtä pitävä kuin pehmeämmästä seoksesta valmistettu vastaava rengas. Pehmeät seokset kuitenkin kuluvat nopeasti karkeilla asfalttiteillä kesän lämmössä, joten ne ovat omiaan talvirenkaiden seoksena. Niin talvirenkaissa kuin kovemmissa kesärenkaissa avainasemassa hyvän hallittavuuden ja pidon mahdollistamiseksi on kehittynyt renkaan pinnan kuviointi. Pitkittäiset urat parantavat renkaan vierintäominaisuuksia ja sivuttaispitoa, mutta samalla heikentävät pitkittäispitoa. Poikittaiset urat sen sijaan tarjoaa hyvän pitkittäispidon renkasäänien ja poikittaispidon kustannuksella. Samalla myös vierintävastus on suurempi. Yhdistelmäkuviointissa on yhdistettynä pitkittäisten ja poikittaisten urien positiivisimmat puolet, ja ne tarjoavatkin hyvän kompromissin melun, pidon ja pienen vierintävastuksen puolesta. Samalla ne poistavat vettä tehokkaasti ajoväylältä. Nokian Renkaat on alkanut käyttää yhä enemmän epäsymmetristä kuviointia Hakka-mallistossaan. Epäsymmetrinen kuviointi jakaa renkaan tehtäviä sen eri puolille. Epäsymmetrisessä kuvioinnissa poikittaiset ja pitkittäiset urat pyritään jakamaan mahdollisimman edullisesti hyvän pitkittäis- ja poikittaispidon, veden siirron ja hiljaisen rengasmelun aikaansaamiseksi. Epäsymmetrian avulla pystytään aikaisempaa paremmin ottamaan osaa auton energiatehokkuuteen minimoimalla renkaiden vierintävastusta. Talvirenkaissa käytettyä

palakuviointia ei käytetä juurikaan kesärenkaissa, joitain maastosovelluksia lukuun ottamatta niiden herkän kulumisen ja suuren vierintävastuksen takia. Kuva 8 on Nokian renkaiden Hakka Green malli, joka on matalan vierintävastuksen rengas epäsymmetrisellä kuvioinnilla. (Kulojärvi T.; Nokian Renkaat)



**Kuva 8 Nokian Hakka Green (Nokian Renkaat)**

Vähitellen edellä mainittujen renkaiden lisäksi markkinoille on tullut Run-Flat-renkaat. Perusrakenteeltaan nekin pohjautuvat vyörenkaan rakenteeseen, mutta niihin lisätty erilaisia piirteitä, jotka mahdollistavat matkan jatkamisen renkaan puhkeamisen jälkeen. Osaan renkaista on pyritty sivuseinämän rakennetta jäykistämällä lisäämään renkaan muotolujuutta (Kuva 9), jolloin ilmanpaineen tippuessa rengas pysyy käyttökelpoisena. Muita keinoja renkaan ajettavuuden säilyttämiseksi sen puhjettua on muun muassa Michelinin PAX-system, jossa vanteen sisällä on erillinen ”pöytä”, jonka päällä rengas lepää ilmanpaineen romahdettua. Rengasvalmistajat ovat myös kehittäneet itsensä korjaavia renkaita, joissa renkaan sisäpinta on käsitelty reiän paikkaavalla materiaalilla. (Continental. SSR Tires; Kulojärvi T.)



Kuva 9 Sivuseinämävahvistettu runflat rengas (Continental)

Saadakseen irti parhaan suorituskyvyn ja mukavuuden renkaista, niissä täytyy olla oikeat rengaspaineet. Rengaspaineiden ollessa kunnossa renkaan kuluminen on tasaista, ajominaisuudet valmistajan suunnitelmien mukaisia ja polttoaineen kulutus maksimoitu. Näistä syistä on tehty EU-direktiivi, joka määrää rengaspaineenvalvontajärjestelmän asennettavaksi kaikkiin autoihin, jotka on tyyppihyväksytty vuoden 2012 marraskuun jälkeen sekä kaikkia vuoden 2014 marraskuun jälkeen myytyjä uusia autoja. Direktiivi astui voimaan 1.11.2014. (Nokian Renkaat. TPMS)

## 4 MUUT TURVALLISUUTTA LISÄÄVÄT TEKIJÄT

Aktiivisten ja passiivisten turvajärjestelmien lisäksi autojen turvallisuutta lisääviä tekijöitä on monia. Esimerkiksi näkyvyyden parantaminen ja säännöllinen kehitystyö ovat parantaneet huomattavasti mahdollisuuksia selviytyä onnettomuuksista tai välttää niitä. Kehitystyön edistäjänä on jo vuosia toiminut NCAP-ohjelma ja valo-optiikan kehityksen myötä valaisimien tuottama valaistus on mahdollista saada sinne missä sitä eniten kaivataan. Joskus kuitenkin hyvätkään ajovalot eivät riitä kaiken näkemistä, joten kameeroita on valjastettu auttamaan vaikeissa oloissa. Myös kuljettajan väsyminen on huomioitu riskitekijäksi ja sitä estämiseksi on kehitetty varoittavia vireystilaa valvovia järjestelmiä.

### 4.1 NCAP

Vuosien saatossa ajoneuvoihin on kehitetty entistä enemmän järjestelmiä ja rakenteita, jotka pitävät niin matkustajista kuin jalankulkijoista entistä parempaa huolta onnettomuus tilanteessa ja niitä ehkäistäessä. Tästä suuri kiitos on New Car Assessment Programmelle, eli lyhyesti NCAP. Alun perin Yhdysvaltojen National Highway Traffic Safety Administrationin (NHTSA) alulle panema ohjelma syntyi 1979 matkustajien turvallisuutta parantamiseksi. Ohjelman avulla ajoneuvon valmistajat pystyivät halutessaan parantamaan uusien tuotteidensa turvallisuutta saaden selvityksen ongelmakohtista. Vuonna 1992 NHTSA:a pyydettiin julkaisemaan NCAP ohjelman testituloksia kuluttajien iloksi, joka johti nykyiseen viiden tähden arvostelu asteikkoon, jossa täydet viisi tähteä kuvaa auton onnistunutta rakennetta ja turvajärjestelmiä yhden tähden kuvatessa puutteellisia ratkaisuja. Vuonna 2015 kriteereitä päivitettiin ja tiukennettiin, joten uusimmat tulokset eivät ole täysin vertailukykyisiä vanhempien tulosten kanssa. (NHTSA. 2007; Euro NCAP. Timeline)

Euro NCAP:n tarinan voidaan katsoa alkaneen 1970-luvulla European Experimental Vehicles Committeeen (EEVC) työstä toissijaisten turvallisuus tekijöiden arvostelun kanssa. 90-luvun puolessavälissä ehdotukset EEVC:n testien omaksumisesta EU-lainsäädäntöön sai huomattavaa vastustusta autonvalmistajilta, joten jotain muuta täytyi keksiä turvallisuuden takaamiseksi. Britannian liikenne ministeriö ehdottikin NCAP-

ohjelman järjestämistä Britanniassa, josta se voisi levitä muualle Eurooppaan. Ohjelma tulisi olemaan aikaisempaa laajempi perustuen EEVC:n kehittämiin menetelmiin. Ruotsin tiehallinnon, Kansainvälisen Autoliiton ja International Consumer Research and Testing (ICRT) liittyttyä mukaan ohjelmaan marraskuussa 1996 Euro NCAP:in voidaan katsoa saaneen alkunsa. (Euro NCAP. Timeline)

#### **4.1.1 Ajoneuvon valinta**

Jokaisen uuden mallin tai päivitetyn mallin testaaminen suuren kirjon takia olisi mahdollonta, joten testattavaksi päätyykin suosituimmaksi uskotuimmat ja mielenkiintoisimmat mallit tai valmistajan pyynnöstä jokin tietty malli. Myös julkaisemattomia malleja testataan tilaisuuksien salliessa, sillä tieto halutaan välittää mahdollisimman nopeasti kuluttajien tietoisuuteen. Ohjelmassa olevien jäsenorganisaatioiden täytyy myös arvioida vähintään yksi ajoneuvo vuodessa, joka voidaan valita paikallisten markkinoiden ja olosuhteiden tarpeen mukaan.

Kun ajoneuvon malli on päätetty, täytyy valita yksilö. Mallin valinnan yhteydessä valmistajalta on varmistettu paras varustetaso ympäri Euroopan. Testiin päätyvässä ajoneuvossa tulee olla testatut turvajärjestelmät vakiovarusteena, mutta joissain poikkeustapauksissa laajassa käytössä olevat lisävarusteet ovat sallittuja. Varustetason ollessa tiedossa, neljä identtistä ajoneuvoa ostetaan anonymisti tavallisen kuluttajan tapaan autoliikkeestä. Testiautojen saavuttua testaustiloihin niiden tunnistus numerot ilmoitetaan valmistajalle tarkistettavaksi, kaikkien varusteiden varmistamiseksi. Jos jostain järjestelmästä on tullut uusi versio tai autoon on lisätty uusi vakiovaruste, testiautot päivitetään valmistajan pyytäessä uuden spesifikaation mukaiseksi. Tällä taataan autojen yhdenmukaisuus myytäviä autoja kohtaan. (Euro NCAP. Car Selection)

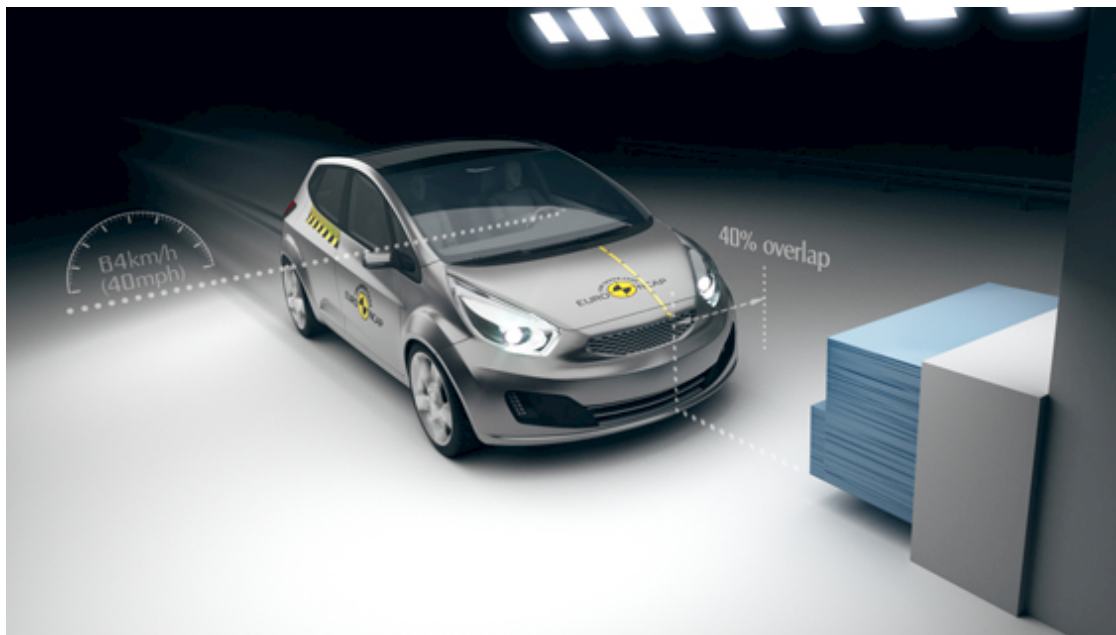
#### 4.1.2 Testaus/arviointi

Testattaessa ajoneuvojen turvallisuutta mahdollisimman laaja-alaisesti, testit on jaettu neljään ryhmään:

- aikuisen matkustajan suojele
- lapsimatkustajan suojele
- jalankulkijan suojele
- turva-apulaitteet

joissa törmäysten vaikutusta arvioidaan tehtävää varta vasten kehitetyillä törmäystestitukeilla. Nuket sisältävät voima- ja kiihtyvyyssantureita, joiden antaman tiedon perusteella iskun vaarallisuutta ja vaikutuksia voidaan arvioida.

Aikuisen matkustajan sisältää yhteensä kuusi erilaista testiä, joissa osassa arvioidaan myös lasten turvallisuutta takapenkeillä. Onnettomuuden yleisyyden ja vakavien vammojen synnyttämisen määrän perusteella tärkein koe on keulan osittainen törmäyskoe. Kokeessa ajoneuvon kuljettajan puoli ajetaan kiinteään kappaleeseen 64 km/h nopeudella, joka vastaa voimaltaan kahden samanmassaisen ajoneuvon yhteentörmäystä 50 km/h nopeudella, jossa ajoneuvon keulasta 40 % osuu itse esteeseen. Tämä johtuu siitä, että useimmissa nokkakolarointitapauksissa törmäävät ajoneuvot eivät osu toisiinsa koko keulan alalta, vaan suurimmat voimat keskittyvät kuljettajan puolelle. Testin tarkoituksena on testata ajoneuvon rakennetta ja sen voiman absorbointikykyä. Hyvän tuloksen saamiseksi keulan romahdusalueen täytyy antaa periksi kontrolloidusti jättäen matkustamon mahdollisimman koskemattomaksi ja koko keularakenteiden siirtää törmäysvoimat tehokkaasti alueille, jossa ne absorboituvat tehokkaasti ja turvallisesti. Kuva 10 esittää offset-törmäyksen testijärjestelyä. Kokeessa on käytössä kaksi aikuisnukkea etupenkeillä ja kaksi lapsinukkea lasten turvaistuimissa takana.



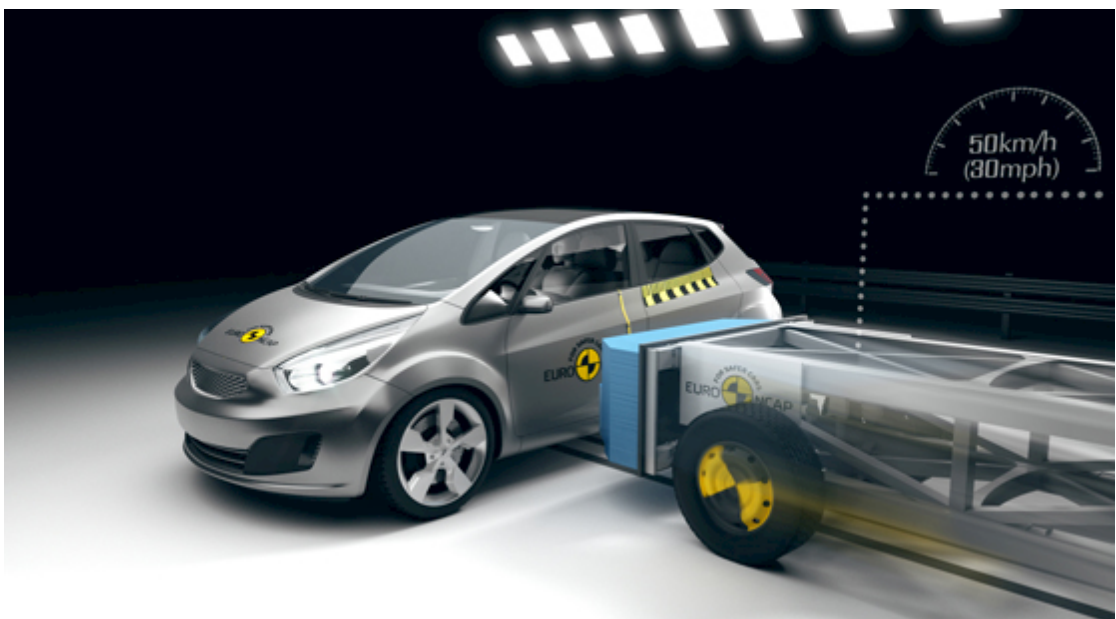
Kuva 10 Offset törmäystesti (Euro NCAP)

Offset-kokeen täydentämiseksi 2015 esiteltiin uusi koe, jossa ajoneuvo ajetaan suoraan päin seinää 50 km/h nopeudella (Kuva 11). Lisäys testiohjelmaan johtuu uusien autojen runkojen jäykkenemisestä, joka tuo omat ongelmansa matkustajille. Vaikka jäykempi kori suojaa aikaisempaa paremmin jalka- ja päävammoilta, se lisää keskiruumiiseen kohdistuvaa äkillistä hidastuvuutta heikomman absorbointikyvyn takia, joka on ongelma etenkin pienemmille ja vanhemmille matkustajille. Auton valmistajat pyrkivätkin kompensoimaan tätä kehittämällä turvavöitä, joiden avulla äkilliset liikkeet saadaan kuriin. Suoratörmäys koe suoritetaan kahden pienen naisnuken avulla, etu- ja takapenkeille asetettuna. Yhdistettynä offset-kokeen miesnuken riittävän pysäyttämisen kanssa, oikeanlaisen ja tarpeeksi pidättelevän turvavyön kehittäminen onkin pienimuotoinen haaste.



Kuva 11 Suora törmäyskoe (Euro NCAP)

Toiseksi tuhoisimmat onnettomuudet kuolleisuuden ja loukkaantumisten valossa tulevat sivulta. Jotta ajoneuvolla olisi mahdollisuuksia saada viisi tähteä, täytyy sen pystyä vastamaan ottamaan sivulta tulevat iskut mallikkaasti. Sivuttaisen iskun kokeessa (Kuva 12) kiinteä puomi, jonka kulmaa voi vaihtaa, ajetaan ajoneuvon kylkeen 50 km/h nopeudella ajoneuvon, jonka sisällä on yksi miesnukke etupenkillä sekä kaksi lasta takana. Kokeen ansiosta valmistajat ovat kiinnittäneet aikaisempaa enemmän huomiota sivurakenteisiin ja suojaverhoihin tai sivuilmatyynyihin, jotta ohuen ja tiloiltaan pienen kyljen antama suoja olisi maksimaalinen.



Kuva 12 Sivuttaisen iskun koe

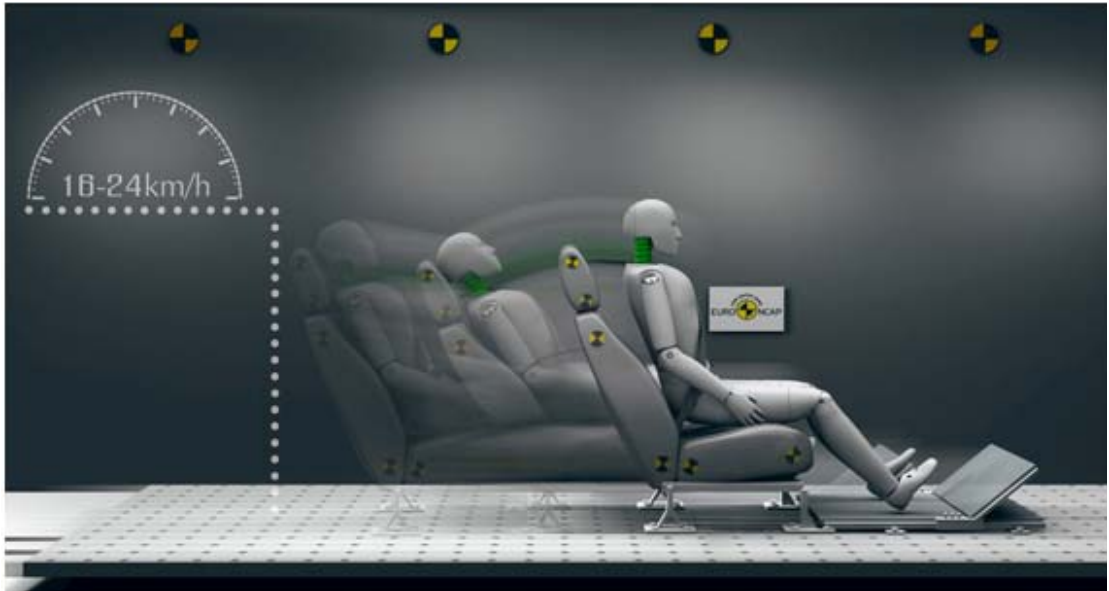


Toinen sivuttaisen iskun suojausta arvioiva koe on sivusalkokoe (Kuva 13), jossa auto ajetaan kylki edellä kohti salkoa 32 km/h nopeudella. Kokeessa simuloidaan tilannetta, jossa auto joutuu sivuluisuun ja osuu johonkin kiinteään tolppaan ja sen myötä selvittää pienemmälle alueelle kuin sivupuomi kokeessa vaikuttavan voiman vaikutus kuljettajaan. Vuonna 2015 kokeessa autoa päätettiin kääntää pieneen kulmaan kohtisuoran osuman sijasta. Kokeessa on kyydissä vain yksi miesnukke kuljettajan paikalla.



Kuva 13 Sivusalkokoe (Euro NCAP)

Yksi uusimmista kokeista liittyy istuimen antamaan tukeen selälle ja niskalle hitaassa peräänajotilanteessa (Kuva 14), jotka eivät ole hengenvaarallisia mutta voivat kuitenkin aiheuttaa selkä- ja niskavaivoja. Kokeessa testinukke asetetaan istuimeen, joka on kiinnitetty liikkuvaan kelkkaan, jonka avulla suoritetaan kolme dynaamista koetta nopeuden vaihdellessa 16–24 km/h välillä. Kokeen avulla pystytään selvittämään kuinka hyvin penkin rakenne ja päätuki ovat onnistuneet ja kuinka tukevia ne ovat.



Kuva 14 Peräänajokoe

Aikaisemmin käsitelty automaattinen hätäjarrujärjestelmä on myös huomioitu myös NCAP koejärjestelyissä kahdella kokeella: kaupunki- ja taajamakokeella. Koska kyseessä on uusi tekniikka, ei jokaisesta autosta vielä löydy kyseistä järjestelmää, mutta tieto jo nyt markkinoilla olevista järjestelmistä on arvokasta. Hätäjarrutuskoe on myös hyvä lisä peräänajokokeeseen, sillä sen avulla juuri pyritään välttämään peräänajoja. Kaupunkikokeessa autoa ajetaan paikallaan olevaa lavasteautoa kohti 10–50 km/h nopeudella, eikä jarruun kosketa lainkaan (Kuva 15).

Taajamakokeessa (Kuva 16) ajonopeudet ovat korkeammat 30...80 km/h ja lavaste liikkuu myös. Kokeessa kokeillaan automaattijärjestelmien kykyä reagoida paikallaan ajoneuvon 30...80 km/h nopeuksista, hitaasti perä edellä lähestyvään ajoneuvon 30...80 km/h nopeuksista ja yllättäen jarruttavaan ajoneuvon 50 km/h nopeudesta. Kummassakin kokeessa arviointi kriteerit ovat samat: jos auto pystyy itsenäisesti pysähtymään ja välttämään törmäyksen, täydet pisteet ovat taskussa. Kuitenkin myös vauhdin huomattavalla hidastamisella voi saavuttaa hyviä tuloksia loukkaantumisriskin pienentämisestä.



Kuva 15 Hätäjarrukoe kaupungissa (Euro NCAP)



Kuva 16 Hätäjarrukoe taajamassa (Euro NCAP)

Lasten turvallisuudesta huolehditaan edellä mainittujen keula- ja sivuiskukokeiden lisäksi myös turvaistuinten kiinnityspaikkojen riittävydellä. Etenkin ISOFIX-kiinnikkeiden ja niiden paikkoihin kiinnitetään huomiota sekä ohjekirjan dokumentointiin kiinnityspaikoista. Samalla tarkastetaan erilaisten ja mallisten turvaistuinten istuvuus ja suojaus. Kokeissa kiinnitetään huomiota erityen päänliikkeisiin, niskan kuormitukseen sekä rinnan kiihtyvyyteen.

Jalankulkijoiden turvallisuutta arvioidaan kolmen kokeen avulla, joiden pääpainot ovat päähän kohdistuvat, jalkojen yläosaan kohdistuvat sekä jalkojen alaosaan kohdistuvat

iskut. Kokeet ovat tärkeitä kuolonuhrien minimoinnin kannalta, sillä Euroopassa noin 14 % liikenneonnettomuuksissa kuolleista on jalankulkijoita. Samaan ryhmään kuuluu kaikki haavoittuvimmat tien käyttäjät, johon kuuluu myös pyöräilijät ja moottoripyöräilijät.

Päähän kohdistuvan iskun vaarallisuuden arviointia varten kehitetyssä kokeessa auto ajetaan 40 km/h vauhdilla useita kertoja erikokoisiin testinukkeihin tulosten kattavuuden varmistamiseksi (Kuva 17). Onnettomuuksien yleisyyden johdosta onkin alettu kehittää erilaisia suojamekanismeja jalankulkijoiden turvallisuuden takaamiseksi, kuten pop-up konepeltejä, ulkoisia turvatyynyjä ja konepeltiin muodonmuutosvälystä.



Kuva 17 Päähän kohdistuva iskukoe (Euro NCAP)

Jalkoihin kohdistuvien iskujen vaikutusta kokeillaan hyvin samalla tavalla, 40 km/h vauhdista aikuisnukkeä päin (Kuva 18). Jalkojen yläosaan kohdistuvassa kokeessa kiinnitetään huomiota erityisesti lantion ja reisiluiden vammoihin. Jalan alaosiin kohdistuvassa kokeessa keskitytään polven alapuolisiin osiin, jotka ovat harvoin hengenvaarallisia, mutta voivat pahimmillaan vaatia jatkuvaa lääketieteellistä hoitoa. Kokeissa pyritäänkin kehittämään auton keulan rakennetta iskuja paremmin vastaanottavaksi ja anteeksiantavampaa geometriaa kohti.



Kuva 18 Jalkoihin kohdistuvat kokeet (Euro NCAP)

Henkilövahinkokokeiden lisäksi myös turvallisuutta lisääviä apulaitteita testavaan ja arvioidaan. Kokeet eivät automaattista hätäjarrutustusta lukuunottamatta ole yhtä suuria, vaan enemmänkin arvioita järjestelmien paikalla olemisesta ja käytöstä. Arvioitavia järjestelmiä ovat nopeusvahti, turvavyövahti, kaistavahti ja jo esitelty taajamahätäjarrukoe. Ajonvakautusjärjestelmäkoe esiteltiin vuonna 2009 mutta 2014 tuleen lakimuutoksen myötä siitä luovuttiin järjestelmän tullessa pakolliseksi vakiovarusteeksi. Turvavöiden muistutusta arvioidaan sen perusteella kuinka pitkään ja selvästi ilmoitus auki olevasta turvavyöstä on käynnissä, sekä kuinka selvästi se ilmoitetaan visuaalisesti. Nopeusavustimia arvioidaan kolmen ominaisuuden perusteella:

- kuljettajan informointi sallitusta nopeudesta,
- varoitus ajoneuvon ylittäessä nopeusrajoitus,
- järjestelmän kyky estää nopeusrajoituksen ylitys.

Kaistavahdin toimintaa arvioidaan joukolla ajokokeita, joissa kaistan ylitys varoituksen ja kaistalla pysymisen avustimen toimintaa kokeillaan. Turvalaitetestit eivät vaikuta ajoneuvon pisteytykseen radikaalisti, sillä kyseessä on suurimmaksi osaksi vielä lisävarusteita, mutta kokeet ovat silti arvossaan järjestelmien kehittämisen kannalta (Euro NCAP. Ratings Explained).

## 4.2 Valot

Jotta vaarallisilta ja yllättäviltä tilanteilta voisi välttyä, mahdollisuus ennakointiin on tarpeellista. Valoisaa rantatietä auringon paistaessa ajellessa näkyvyys on hyvä ja yllätykset on suhteellisen hyvin huomioitavissa. Tilanne on täysin päinvastainen samaa tietä

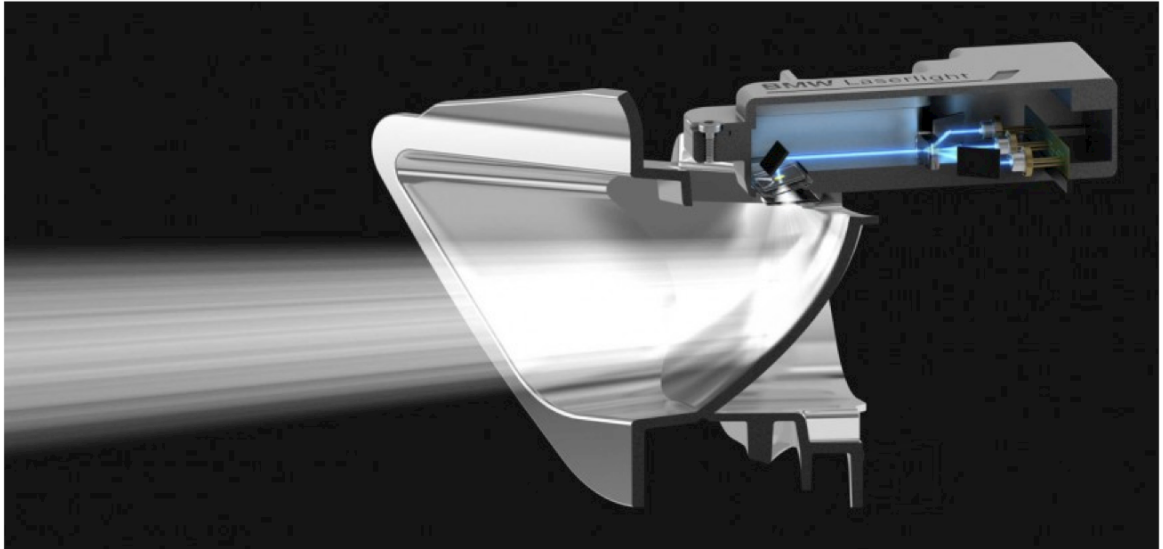
ajellessa loppusyksyisenä myrskyävänä iltana, jolloin mahdollisen katuvalaistuksen antama valo imeytyy tien pintaan ja ympärillä on pelkkää pimeyttä. Tässä tilanteessa kuljettajan paras apuväline on virkeä mieli sekä tehokkaat, oikein suunnatut ja hyvin valaisevat ajovalot.

Ensimmäiset sähköjärjestelmän yhteydessä toimivat valojärjestelmät ilmestyivät autojen keuloille 1910-luvulla. Samalla aikaisemmin käytössä olleet kaasupolttimet alkoivat hävitä markkinoilta, hehkulamppujen tarjotessa paremman valotehon. Kasvaneen valotehon myötä autoilun yleistyessä alkoi myös seurata ongelmia. Valokuviodien ollessa symmetrisiä, vastaantulevien autojen kuljettajien häikäistyminen alkoi kehittyä riskitekijäksi. Vuonna 1957 Bosch toi markkinoille epäsymmetrisen kuvion tuottavat ajovalot, jotka parantavat pientareen puolen näkyvyyttä estäen samalla vastaantulijoiden häikäisyä. Vielä nykyäänkin jokaisen auton valokuvio on epäsymmetrinen, mutta kehitystä on tapahtunut. Nykyaikaiset valoumpiot ovat kaukana siitä, mitä ne olivat vielä 50 vuotta sitten. Kehittynyt tekniikka ja lisääntyneet ominaisuudet ovat lisänneet autojen tienvalaisukykyä huomattavasti. (Bosch. Milestones in automotive technology)

Ajovalot ovatkin kehittyneet huomattavasti ensimmäisistä kaasukäyttöisistä valaisimista. Nykyisin yleisimmässä käytössä olevat valot ovat halogeenivalot, kiitos niiden edullisuuden. Markkinoille on kuitenkin lisääntynyt vaihtoehtoisia polttimoita, joiden avulla saavutetaan aikaisempaa tehokkaampaa valaistusta. 90-luvun alkupuolella markkinoille saapuivat kaasupurkausvalot, jotka tuottavat halogeenivaloihin verrattuna suuremman valotehon, mutta ovat kustannuksiltaan huomattavasti tyyriimpiä. Vähitellen myös LED-valot ovat yleistyneet, etenkin päiväajovalojen, huomiovalojen ja jarruvalojen keskuudessa, niiden ollessa energiatehokkaat ja nopeasti syttyvät. LED-valojen juuri saatua jalansijan valojärjestelmissä, uusi tekniikka on tehnyt jo ensi esiintymisensä markkinoilla, joka voi tulevaisuudessa syrjäyttää lähes kaikki muut valot. Kyseessä on laservalot. (Bosch. 2007. 32-45)

Ensimmäiset laservalot esiteltiin BMW:n toimesta sen i8 mallissa. Kyseisessä autossa lyhyet ajovalot on toteutettu käyttäen LED-valoja ja kaukovalot ovat edellä mainitut laservalot (Kuva 19). Laservalot on toteutettu kolmella laserdiodilla, joiden erilliset siniset säteet kootaan taittamalla yhteen peilien ja linssien avulla. Erillisten säteiden yhdistymisen jälkeen syntynyt säde ohjataan toisen linssin avulla fluoresenttiin, uv-valossa loistavaan, fosforipaneeliin, joka muuttaa sinisen lasersäteen valkoiseksi valoksi. Laser-

valojen sanotaan olevan jopa 30% energiatehokkaampia kuin nykyään käytössä oleviin ledeihin verrattuna ja tarjoavan valotehoa jopa kymmenkertaisen määrän. Laserdiodit ovat myös tavanomaisia ledejä pienempiä, jonka ansiosta itse valoumpio voidaan tehdä pienemmäksi säästäten näin painoa ja mahdollistaen auton keulan muotoilun aerodynaamisemmaksi. (BMW. Laserlight)



Kuva 19 BMW:n laservalo (BMW)

Valonlähteiden kehittymisen kanssa myös umpiot, lampun ja linssien kotelo, ovat kehittyneet vuosien varrella huomattavasti. Tehokkaampien ja vähemmän jäähtytystä tarvitsevien lampujen myötä umpioiden kokoa on voitu pienentää menettämättä annettavaa valotehoa. Umpioihin on alettu lisäämään muita ominaisuuksia, jotka laajentavat kuljettajan näkökenttää häikäisemättä kuitenkin vastaantulihoita. Yksi vastaantulihoitoiden häikäisyä ehkäisevä menetelmä on muuttaa pitkienvalojen valokeilan geometriaa vastaan tulevan valokeilan mukaan. Järjestelmä havaitsee erillisen kameran avustuksella edessä olevan valaistuksen, esimerkiksi vastaan tulevan tai edessä ajavan auton, leikaten valokeilasta tarpeellisen osion pois. Toinen häikäisyä ehkäisevä tekniikka on tienpinnan mukaan mukautuva korkeudensäätö, jonka toiminta perustuu akseleissa sijaitsevien taasoantureiden antamiin tietoihin sääten valokeilan korkeutta. Järjestelmä on yleisesti käytetty kaasupurkausvalojen yhteydessä. Perinteisempi menetelmä on kaikista autoista löytyvä manuaalinen korkeudensäätö, jota tuleekin käyttää aina suuren kuorman kanssa. (Fung D. 2014; Bosch. 2014. 1062)

Vastaantulihoitoiden häikäisyn ehkäisyn lisäksi, umpiot sisältävät yhä yleisemmin ohjauspyörän liikkeen mukaan kääntyviä elementtejä, jotka etenkin kaupungissa ajettaessa



parantavat kulmien yli näkemistä. Järjestelmä ei sinänsä ole uusi, sillä jo 1960-luvulla Citroen esitteli kääntyvillä ajovaloilla varustetun DS-mallin, mutta sen toteuttamiseen käytetty tekniikka on huomattavasti modernimpaa nykyään. Jyrkissä käänöksissä, kuten kaupungin risteukset, kääntyvät ajovalot eivät pysty kääntymään tarpeeksi, joten on kehitetty muita tapoja ajamaan kääntymisvalon virkaa. Joissain umpiossa on erillinen sivupolttimo, joka syttyy ohjauspyörän kulman muutoksen mukaan joko oikealle tai vasemmalle. Kääntymisvalo voidaan toteuttaa myös sumuvalon kanssa, samalla periaatteella. Kyseisiä järjestelmiä kutsutaan staattisiksi kääntymisvaloiksi, sillä ne eivät sisällä erikseen liikkuvia elementtejä. Moottoritiellä tai muilla valtaväylillä ajaessa voidaankin jo hyödyntää ajovalon rajallista kääntymistä huomattavasti loivempien kaarteiden ansiosta. Citroen DS:n mekaanisesta järjestelmästä, jossa ohjauspyörä oli suoraan liitettyinä kääntyviin valoihin, on siirrytty modernimpaan elektroniseen ohjaukseen. Auton nopeus ja ohjauspyörän kulma vaikuttavat valojen kääntymisen määrään, nopeammassa ajossa valokeilaa käännettään vähemmän pienemmän ohjauspyörän kääntämisen myötä. (Fung D.2014; Bosch. 2014. 1048)

Vaikka valojärjestelmät ovat kehittyneet huomattavan paljon tehokkaammiksi vuosien varrella häikäisten kuitenkin muita tien käyttäjiä entistä vähemmän, valojen suuntaus ja oikeaoppinen säätö on kuitenkin yhä tärkeässä roolissa.

### **4.3 Pimeänäköavustin**

Hyvät ja tehokkaat valotkaan eivät vielä takaa täydellistä havainnointikykyä yön pimeydessä. Avuksi on valjastettu infrapunakameroita, joiden avulla kuljettaja saa paremmin selkoa pientareen varjoissa lymyävistä eläimistä tai muuten pimennossa olevista muista tienkäyttäjistä valokeilan ulottumattomissa. Toteuttamistapoja parantamaan pimeänäköä on muutamia erilaisia, jotka voidaan jakaa erikseen aktiivisiin ja passiivisiin systeemeihin. (Bosch. 2014. 1428)

Aktiivisista järjestelmistä puhuttaessa tarkoitetaan järjestelmiä, joissa hyödynnetään lähi-infrapunaa. Lähi-infrapunan käytöstä aktiivisen se, että etsittävät kohteet eivät itsessään lähetä säteilyä tarvittavalla aaltopituudella, vaan tarvittava säteily tuotetaan infrapunavaloilla. IR-valot ”valaisevat” tietä pidemmälle kuin tavalliset ajovalot, mutta eivät häikäise vastaantulijoita. (Bosch. 2014. 1428)



Kaukoinfrapunajärjestelmää kutsutaan passiiviseksi järjestelmäksi, sillä se ei tarvitse erillistä säteilynlähdettä. Järjestelmän toiminta perustuu pidemmän säteilyaallonpituuden havainnointiin, lähi-infrapunan aallonpituuden ollessa 780...980 nm ja kaukoinfrapunan ollessa 7...12 $\mu$ m. Lämpökamerat ovat toimintaperiaatteeltaan kaukoinfrapunajärjestelmiä, ja samalla tavalla ne ilmaisevat ympäristön havainnoista myös autoissa. Järjestelmän tuottama kuva voi toisaalta olla osalle kuljettajista hämäävä, sillä kuvan ulkoasu ei vastaa tavanomaista kuvaa vain lämpimien kohteiden hehkuessa. (Bosch. 2014.1428)

Nykyään järjestelmät hyödyntävät kummankin tekniikan parhaita puolia, ja ovat aikaisempaa hienostuneempia. Esimerkiksi Mercedesen Night View Assist PLUS sisältää lyhyen- ja kaukoinfrapunan kamerat, joiden avulla kuljettajalle pystytään luomaan selkeä kuva pimennossa olevista kulkijoista (Kuva 20) (Daimler. Night View Assisst). Lisätehostukseksi järjestelmä korostaa eläimet ja ihmiset. Myös toiset suuret saksalaiset merkit, BMW ja Audi, ovat kehittäneet pimeänäköavustimia, BMW:n luvaten jopa 300 m etäisyydellä olevien kohteiden havainnoinnin. Audin järjestelmä hyödyntää Mercedesistä poiketen vain lämpökameran havainnointia (BMW. Night Vision; Audi. Night vision assistant).



Kuva 20 Mercedes-Benzin pimeänäköavustin (Mercedes-Benz)

#### 4.4 Vireystilan valvonta

Yksi suurimmista onnettomuuksia aiheuttavista tekijöistä on kuljettajan väsymys. Väsyneenä kuljettajan ennakoitukyky heikkenee ja reaktioaika pitenee, mutta pahimmillaan se voi johtaa rattiin nukahtamiseen. Tutkimusten mukaan 5–25% onnettomuuksista johtuu kuljettajan nukahtamisesta ja 20% onnettomuustapauksista väsymys on vaikuttavana tekijänä onnettomuuden syntymiseen. Tästä syystä on alettu kehittää järjestelmiä, jotka tarkkailevat kuljettajan vireystilaa (Sgambati F. 2012).

Yhä useammat autonvalmistajat ovat kiinnittäneet huomiota kuljettajien vireyden ylläpitämiseksi vähentämällä häiriötekijöitä, kuten ajomelua, mutta markkinoille on ilmestynyt jo useita vireystilanvalvomiseen liittyviä sovelluksia. Usean valmistajan järjestelmä perustuu erilaisten parametrien mittaamiseen ja analysointiin. Mercedes-Benzin järjestelmä analysoi ajomatkan alkutaipaleella kuljettajan käyttäytymistä ja ajotapaa, jonka perusteella järjestelmä luo kuvan kuljettajan tavoista. Jos ajoaika on pitkä tai kuljettajan ajotavassa tapahtuu muutoksia, järjestelmä ilmoittaa tauon tarpeellisuudesta. Ajotavan muutoksia mitataan herkällä anturilla, joka rekisteröi ohjauspyörän liikkeit sekä ohjausnopeuden (Daimler. Drowsiness-detection). Ohjausnopeuden rekisteröinti on oleellinen seikka järjestelmän toiminnan kannalta, sillä väsyneen kuljettajan katse saattaa lasittua, josta havahduttuaan reaktiona voi olla nopea ja terävä ohjausliike. (Sgambati F. 2012) Samanlaisia ohjauksen analysointiin perustuvia järjestelmiä löytyy myös muun muassa Fordilta ja BMWltä (Euro NCAP. Ford Driver Alert; BMW. BMW model upgrade).

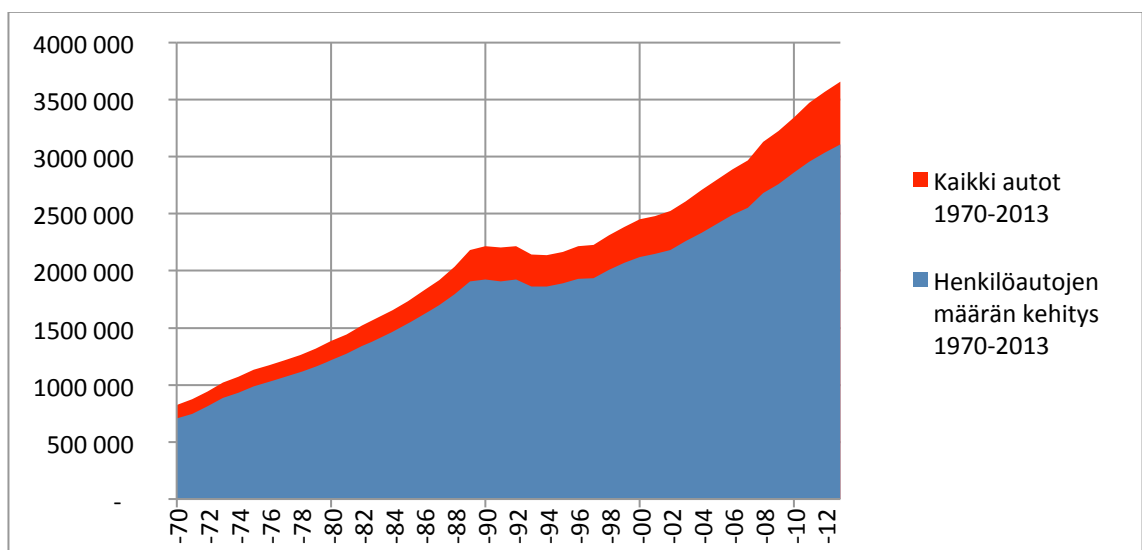
Toinen toteutustapa on seurata kuljettajan silmien liikettä ja aukinaisuutta. Toyota on kehittänyt tätä tekniikkaa ja esitteli sen ensimmäistä kertaa vuonna 2007 oman edustusmerkkinsä Lexuksen LS-sarjassa. Järjestelmä kuvaa kuljettajan silmiä CCD kameralla, joka analysoi silmien suuntaa sekä silmäluomien avonaisuutta. Järjestelmän huomaessa keskittymisen herpaantumisen ilmoille pääsee varoitussääni ja tarpeen tullen valmistelee jarrut hätäjarrutukseen sekä kiristää turvavyötä (Estrada N. 2014)

## 5 TURVAJÄRJESTELMIEN VAIKUTUS LIIKENNEONNETTOMUUKSIEN MÄÄRÄÄN JA LAATUUN

On luonnollista, että väestönkasvun ja ajoneuvojen määrän kasvaessa myös onnettomuuksien määrä kasvaa. Liikenneonnettomuuksia tapahtuukin jokaisena vuoden päivänä lukuisia, eivätkä kaikki valitettavasti ole pieniä pakkelilla paikattavia pintanaarmuja. Kuten todettua, autojen valmistajat ovat alkaneet kiinnittää aikaisempaa enemmän huomiota tuotteidensa turvallisuutta edistäviin järjestelmiin, mutta myös lainsäädäntö pyrkii toimimaan turvallisemman tieliikenteen puolesta, esimerkiksi turvavöiden asennuspakko uusissa henkilöautoissa vuodesta 1971 lähtien. Tässä kappaleessa käsitellään Tilastokeskuksen keräämien tietojen pohjalta koottujen taulukoiden avulla vuosien 1970–2013 välisenä aikana tapahtunutta muutosta onnettomuuksien määrässä suhteutettuna autokannan kasvuun.

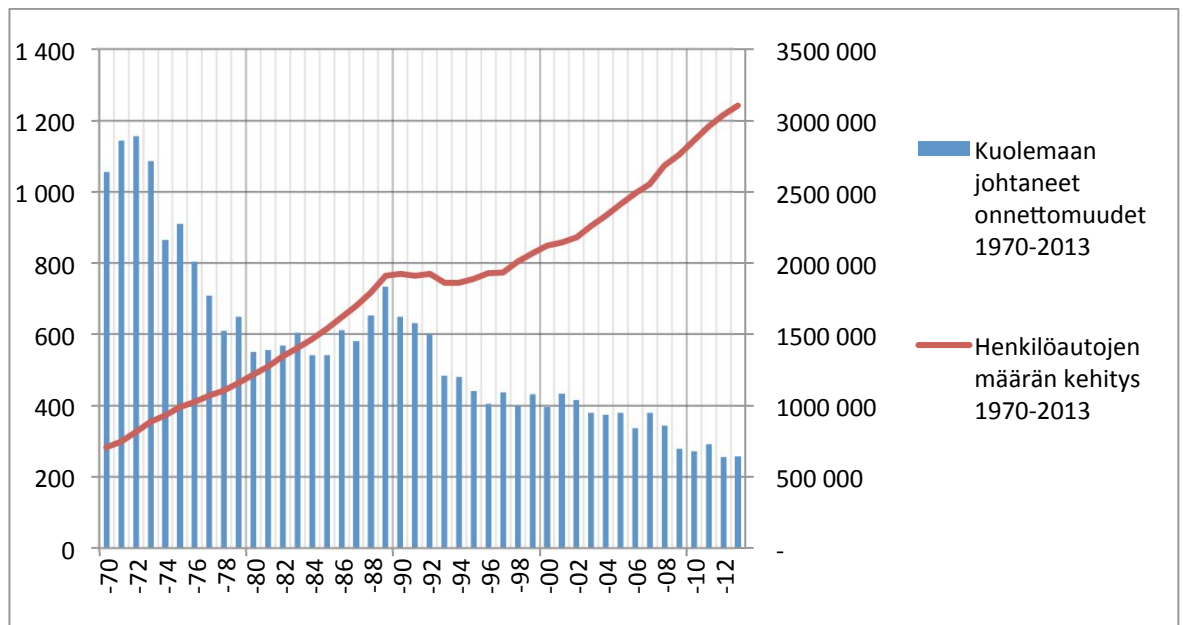
Autokannan kasvu on ollut suhteellisen tasaista koko tietäalueen aikana, lukuun ottamatta 80- ja 90-luvun vaihdetta, jolloin Suomea koetteli yhdessä muun maailman kanssa talouskriisi. Taulukko 1 esittää koko autokannan kehitystä vuosina 1970–2013 ja siinä on eritelty henkilöautojen määrät. Myöhemmissä taulukoissa tarkastellaan onnettomuuksien määrää juuri henkilöautojen kasvun mukaan. Taulukko 1 merkille pantavaa on se, kuinka muiden autotyyppien, kuten paketti-, linja- ja kuorma-autojen, määrä ovat alkanut kasvaa.

Taulukko 1 Autokannan kehitys vuosina 1970-2013 (Tilastokeskus)

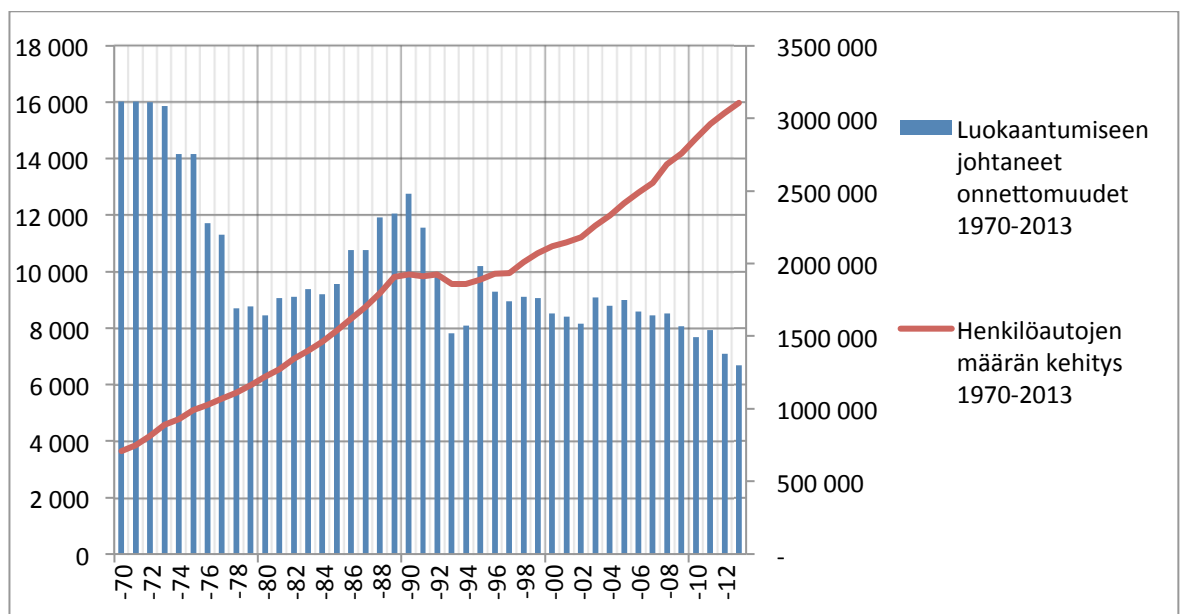


Luonnollisesti henkilöautot eivät ole ainoat liikenteessä liikkuvat ajoneuvot eikä ainoa onnettomuuksia aiheuttava tekijä, joten taulukoissa 2 ja 3 esitetyt tulokset vaativat hieman erillistä avaamista vertailun helpottamiseksi.

**Taulukko 2 Kuolemaan johtaneet liikenneonnettomuudet 1970–2013 (Tilastokeskus)**



**Taulukko 3 Loukkaantumiseen johtaneet liikenneonnettomuudet 1970–2013 (Tilastokeskus)**



Yksistään kehittyneet turvajärjestelmät voivat tehdä jo suuria asioita, etenkin kuoleman estämiseksi, mutta kuten jo aikaisemmin on mainittu, myös lainsäädäntö on tehnyt teillä liikkumisesta turvallisempaa. Aikaisemmin mainittujen turvavöiden asennuspakon jäljiltä taulukoissa ei ole nähtävissä suurtakaan muutosta ennen vuotta 1974, mutta

1.7.1975 asetettu laki henkilöautojen etuistuinten turvavöiden käyttöpakosta näkyy selvänä alentumana niin loukkaantumisissa kuin kuolemissakin vuonna 1976. Liikenneonnettomuuksissa kuolleiden määrä ei olekaan ylittänyt vuoden 1975 tasoa kertaakaan uudestaan. Oman vaikutuksensa tilastoihin on varmasti tuonut myös 1.7.1974 määrätty 80 km/h yleinen nopeusrajoitus, sekä marraskuussa 1972 määrätty ajovalojen käyttöpakko talviaikana. Taulukossa 3 esiintyvä äkillinen pudotus loukkaantumisten määrässä vuosien 1977 ja 1978 välillä selittyy tilastointitavan muutoksella, jolloin ilman hoitoa paranevat pienet ruhjeet, naarmut, mustelmat yms. eivät täyttäneet enää loukkaantumisen tunnusmerkkejä. Yksi pitkän ajan tähtäimellä lukuisia henkiä pelastanut laki asetettiin 1.12.1978, jolloin talvirenkaista tehtiin pakollisia.

Vuodesta 1981 asti asetettiin laki, joka pakotti turvavöiden asennuksen myös takais- tuimille ajovalojen pesulaitteiden ja takalasin lämmittimen lisäksi. Kuitenkin turvavyön käytöstä takaistuimilla tuli pakollista vasta marraskuussa 1987. Toinen huomattava uudistus nopeusrajoituksissa, etenkin taajamassa, tapahtui vuoden 1987 huhtikuussa, kun 50 km/h yleinen nopeusrajoitus astui voimaan. Nämä lisäykset ei juurikaan näy tilastoissa, loukkaantumismäärien noustessa huomattavasti 80-luvun loppua kohti. Sama trendi on nähtävissä myös kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrässä. Huomioitavaa on kuinka tasaisena kumpikin tilasto pysyi 1978–1985 välisenä aikana. Tilastomerkintöjen nousun syytä vuosien 1986–1990 aikana on lähes mahdoton arvioida, mutta kasvanut autokanta ja taloudellisen epävarmuuden lisääntyminen lienevät näytelleen oman osansa.

Siirryttäessä 90-luvun puolelle autojen turvajärjestelmät alkoivat vähitellen yleistymään, kuten luistonesto, turvatyyny ja ABS-jarrut. Syyskuussa 1992 asetettiin nykyään lähes itsestäänselvyydeltä tuntuva laki, joka määräsi talvinopeusrajoitukset koko maahan. Loukkaantumistilastoissa näkyvä 1995 vuoden äkillinen nousu on selitettävissä suurelta osin poliisin siirryttyä käyttämään RIKI-järjestelmää, rikosilmoitusjärjestelmä. Järjestelmän avulla kaikki tiedot lievemmistä onnettomuuksista ja loukkaantumisista on saatu kerättyä talteen aikaisempaa lomakekäytäntöä paremmin. Tilastointitavan muuttamisen myötä loukkaantumistilasto ei ole täysin vertailukelpoinen koko tietueen ajalta, mutta kuolematapausten vertailuun tilastointi muutoksilla ei ole vaikutusta sen tilastoinnin pysyttyä samana.

Autojen ja muiden moottoriajoneuvojen kehitys, niin turvallisuuden kuin ominaisuuksiensa puolesta on nähtävissä 2000-luvun tilastoita tarkastellessa. Merkille pantava seikka on vuoden 2003 pieni nousu loukkaantumisten määrässä, Tilastokeskuksen siirtyessä uuteen tietojenkäsittelyjärjestelmään. Onnettomuudet ja kuolemantapaukset ovat kääntyneet tasaiseen laskuun, auto määrien noustessa vuosittain. Tulevaisuus näyttää, kuinka vuoden 2013 ajokortti uudistus kolmivaiheisesta opetusmallista yhdessä pakollisen ajonvakuutusjärjestelmän kanssa onnistuvat lisäämään turvallisuutta Suomen teillä. Tilastojen valossa tulevaisuus näyttää valoisalta, sillä vuonna 2013 tapahtui koko tieto-otannan ajalta vähiten onnettomuuksia (6681) ja toiseksi vähiten kuoleman tapauksia (255). Taulukot 4 ja 5 erittelevät loukkaantuneet ja kuolleet vuosien 1980–2013 välisenä aikana tienkäyttäjryhmittäin.

**Taulukko 4 Loukkaantuneet tienkäyttäjryhmittäin vuosina 1980–2013 (Tilastokeskus)**

Vuosi Year	Jalankulkija Pedestrian	Polkupyörä Bicycle	Mopo Moped	Moottoripyörä Motor cycle	Henkilöauto – Passenger car		Muu auto Other car	Muu kulkuneuvo Other vehicle	Yhteensä Total
					Kuljettaja Driver	Matkustaja Passenger			
1980	1 205	1 253	539	400	2 255	2 173	555	62	8 442
1985	1 321	1 571	482	601	2 719	2 311	518	40	9 563
1990	1 536	1 833	640	731	4 239	2 842	856	81	12 758
1991	1 463	1 668	662	623	3 723	2 503	837	68	11 547
1992	1 198	1 417	522	488	3 257	2 305	657	55	9 899
1993	932	1 148	425	361	2 476	1 825	575	64	7 806
1994	998	1 220	389	365	2 594	1 987	466	61	8 080
1995 <sup>1)</sup>	1 031	1 517	462	446	3 452	2 514	695	74	10 191
1996	986	1 391	477	396	3 126	2 303	552	68	9 299
1997	952	1 279	466	391	3 075	2 154	573	67	8 957
1998	847	1 110	488	313	3 299	2 245	696	99	9 097
1999	871	1 198	442	384	3 196	2 199	691	71	9 052
2000	867	1 113	433	404	2 932	2 060	614	85	8 508
2001	725	992	378	411	3 062	2 123	642	78	8 411
2002	644	987	338	480	2 964	2 077	599	67	8 156
2003 <sup>1)</sup>	714	954	444	493	3 395	2 312	688	88	9 088
2004	643	974	553	496	3 217	2 139	672	97	8 791
2005	647	1 049	647	641	3 161	2 076	676	86	8 983
2006	601	969	796	692	2 972	1 818	634	98	8 580
2007	569	884	865	657	2 996	1 828	535	112	8 446
2008	595	1 003	1 005	654	2 883	1 603	612	158	8 513
2009	546	894	1 124	649	2 707	1 545	472	120	8 057
2010	522	835	988	638	2 555	1 498	484	153	7 673
2011	607	942	1 111	626	2 606	1 389	476	174	7 931
2012	516	822	752	516	2 521	1 320	485	156	7 088
2013	490	816	719	504	2 291	1 241	442	178	6 681

Taulukko 5 Kuolleet tienkäyttäjryhmittäin vuosina 1980–2013 (Tilastokeskus)

Vuosi Year	Jalankulkija Pedestrian	Polkupyörä Bicycle	Mopo Moped	Moottoripyörä Motor cycle	Henkilöauto – Passenger car		Muu auto Other car	Muu kulkuneuvo Other vehicle	Yhteensä Total
					Kuljettaja Driver	Matkustaja Passenger			
1980	139	107	43	21	138	64	25	14	551
1985	126	93	32	28	162	75	21	4	541
1990	105	101	27	28	223	120	37	8	649
1991	130	71	28	34	205	128	33	3	632
1992	116	88	15	22	199	121	24	16	601
1993	86	67	13	13	182	92	25	6	484
1994	87	63	22	10	169	93	30	6	480
1995	72	74	20	13	155	76	21	10	441
1996	70	46	17	16	158	69	19	9	404
1997	69	61	16	8	163	84	28	9	438
1998	62	54	16	9	157	75	21	6	400
1999	67	63	8	13	179	72	19	10	431
2000	62	53	9	10	159	65	27	11	396
2001	62	59	7	16	181	81	20	7	433
2002	40	53	7	22	183	84	20	6	415
2003	59	39	12	23	150	67	25	4	379
2004	49	26	14	20	151	70	41	4	375
2005	45	43	4	30	162	69	20	6	379
2006	49	29	13	24	154	49	12	6	336
2007	48	22	11	30	175	66	19	9	380
2008	53	18	13	33	144	58	14	11	344
2009	30	20	11	27	106	59	17	9	279
2010	35	26	9	16	117	42	18	9	272
2011	41	19	10	28	126	46	16	6	292
2012	29	19	7	21	119	28	22	10	255
2013	34	20	5	24	115	37	16	7	258

Taulukot helpottavat havainnollistamaan henkilöautojen osuutta jokaisessa liikenneonnettomuudessa ja lukujen perusteella saadaan konkreettisesti selvää henkilöautojen suuresta osuudesta onnettomuuksien osapuolena. Positiivinen seikka tulevaisuus ajatellen on jatkuvasti vähentyneiden henkilövahinkojen määrä tienkäyttäjien ja matkustajien keskuudessa. (Tilastokeskus)

## 6 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Auto koki olemassaolonsa ensimmäisten vuosikymmenten aikana verraten pieniä muutoksia, jotka olivat pitkälti muotoilullisia ja mekaanisia. Tämäkin lähinnä autojen halutavuuden tehostamiseksi. Mitä turvajärjestelmiin ja ”isompi on parempi” ajatusmalliin tulee, viimeiset kolme vuosikymmentä kehitys on ottanut suuria harppauksia eteenpäin, eikä tahti ole näyttämässä hidastumisen merkkejä. Jatkuvasti kehittyvä tietoliikenne ja tietojärjestelmät ovat tehneet jo tuloaan auton maailmaan, tästä todisteena löytyy termi älyliikenne.

Älyliikenteen toiminnan peruseriaatteena on luoda liikenteestä mahdollisimman sujuvaa tieto- ja viestintäteknologioiden avulla. Nykyaikaiset navigointijärjestelmät tekevätkin jo tätä työtä kertomalla esimerkiksi edessä olevista liikenneuhkista. Euroopan Unioni julkaisi vuonna 2010 älyliikennedirektiivin, jonka tavoitteena on edistää liikenneturvallisuutta liikenteenhallinnan tiedonvaihtoa kehittämällä, jolloin tienkäyttäjät saisivat mahdollisimman paljon hyödyllistä tietoa valitusta reitistään. Autojen vuorovaikutus ihmisten aktiiviseen pelastamiseen onnettomuustilanteista lisääntyy konkreettisesti vuonna 2017, kun direktiivin mukaisesti jokaisessa tyyppihyväksytyssä autossa tulee olla eCall-järjestelmä, joka onnettomuuden sattuessa lähettää hätäkeskukseen automaattisen hätäviestin. Kyseessä ei kuitenkaan olisi ensimmäinen asia, jonka auto kykenisi tekemään itsenäisesti. (Liikennelabra)

Aiemmin esitellyn hätäjarrutusjärjestelmän lisäksi, auto sisältää myös muita automaattisia järjestelmiä. Esimerkkeinä mainittakoon automaattinen pysäköinti ja aktiivinen vakionopeudensäädin. Tulevaisuutta ajatellen tämä on vasta alkua. Yhdessä jo nyt löytyvien kameroiden, antureiden, automaattisessa pysäköinnissä käytettävien ohjausmoottoreiden kanssa käytettävä tehokas tietokone edesauttaisi yhden mahdollisesti autoilua ja koko liikennettä mullistavaa järjestelmää yleistymään. Miksi tyytyä vain muutamiin automaattisiin järjestelmiin, kun koko auto voisi olla automaattisesti toimiva kokonaisuus ilman inhimillistä tekijää?

Osa autonvalmistajista on jo ryhtynyt kehittämään itsenäisesti liikkuvia autoja, tosin vasta prototyyppiasteella. Audi on kehittänyt yhdessä Stanfordin yliopiston kanssa järjestelmää, jonka avulla auto pystyy itsenäisesti etsimään parkkipaikan kuljettajan lähti-



essä omille asioilleen. Asioituaan kuljettaja kutsuu autoa saapumaan noutopaikkaan erillisen älypuhelin sovelluksen avulla. (Dailymail) Aikanaan maailman suurimpiin autonvalmistajiin kuulunut General Motors on kehittänyt vakionopeudensäätimen yhteydessä toimivaa järjestelmää, Super Cruise, joka toimii moottoriteillä. Järjestelmä vaatii toimiakseen selkeän kelin, sillä sen toiminta perustuu kaistaviivojen ja edellä kulkevan ajoneuvon havaitsemiseen. Voidaankin sanoa, että järjestelmä on kuin suuremmalla vaihteella toimiva kaistanpitoavustin. (General Motors, Super Cruise) Myös Ford on kehittänyt omaa täysin omavaraista järjestelmää yhdessä Michiganin yliopiston kanssa, joka pystyisi ajamaan itsenäisesti niin taajamassa kuin sen ulkopuolella. Fordin kehittämä järjestelmä perustuu LiDAR-antureihin, jotka pystyvät kartoittamaan edessä olevan tien 2,5 miljoonaa kertaa sekunnissa, muodostaen 3D mallin ympäristöstä aina 60 metriin asti. Ford visioi auton kokevan suuria muutoksia vuoteen 2025 mennessä, jolloin automaattiset pysäköintijärjestelmät yhdessä autojen välisen kommunikoinnin kanssa olisivat arkipäivää (Ford. Fusion Hybrid Research Vehicle).

Myös muut kuin autonvalmistajat ovat innostuneet autonomisen auton tarjoamista haasteista, ja hakukonejätti Google on lähtenyt mukaan kilpailuun. Google onkin päässyt jo pitkälle, sillä se on saanut Kalifornian liikenteeseen jo muutamia koekappaleita (Google. Self-driving car).

Itsestään liikkuva auto on ajatuksena kiehtova, mutta sen myötä herää myös huomattava määrä kysymyksiä, joihin vielä on hyvin vaikeata vastata. Kuinka varmatoiminen järjestelmä on? Kuka korvaa peltikolarissa syntyneet vahingot? Miten järjestelmä toimii tilanteessa, jossa lain hetkittäinen rikkominen pelastaisi matkustajan tai muun tien käyttäjän hengen? Järjestelmän puolesta puhujien mukaan sen yleistyminen toisi turvaa teille, autojen pystyessä toiminaan yhteistyössä ja reagoimaan yllättäviin tilanteisiin ihmistä nopeammin. Vain tulevaisuus kertoo, mitä se tuo tullessaan ja ketkä täällä toimivat kuljettajina ja ketkä varajärjestelminä, ihmiset vai robotit.

Se, miten tulevaisuus tulee vaikuttamaan aikaisemmin esiteltyjen turvajärjestelmien kehitykseen sisältää monia haasteita, sillä nykyaikaiset järjestelmät alkavat olla jo hyvin pitkälle kehittyneitä. Pientä hienosäätöä on mahdollista aina tehdä, mutta mitä luultavimmin suurin kehitys tulee tapahtumaan halvempien ja pienempien autojen keskuudessa. Komponenttien halventuessa järjestelmien kehittäminen ja rakentaminen pienemmän kokoluokan autoihin on helpompaa ja asiakkaiden laatu- ja tietoisuuden lisääntymisen myö-

tä, edullisimpiinkin autoihin halutaan aikaisempaa enemmän ominaisuuksia. Toinen turvajärjestelmien kehitystä edesauttava seikka on kiristyvät turvasäädökset, josta esimerkkinä ajonvakautusjärjestelmän pakollisuus kaikissa Euroopassa myytävissä uusissa autoissa. Se, ovatko kaikki edullisimmat järjestelmät kuinka kehittyneitä ja kuinka hyvin toimivia, on täysin oma seikkansa. Pääasia joka tapauksessa on se, että liikenteestä pyritään tekemään aktiivisesti turvallisempi keinolla millä hyvänsä.

## 7 LOPPUPÄÄTELMÄT

Henkilöautojen turvallisuus on sen reilun 100-vuotisen historian aikana käynyt läpi monia mullistuksia, eikä tulevaisuus näytä vähentävän uusien ideoiden määrää, päinvastoin. Ihmismassojen kasvun lisäksi myös köyhimmillä aluilla alkaa liikkua aikaisempaa enemmän autoja, mutta kuinka käy Euroopan ja Suomen? Tilastoista päätellen lainsäädäntö, direktiivit ja uudet järjestelmät ovat vaikuttaneet positiivisella tavalla Suomen teiden turvallisuuteen, mutta miten voisi saada aikaan vieläkin vähemmän tilastomerkitöjä?

Turvajärjestelmät alkavat olla nykyisessä muodossaan lähes niin pitkälle kehittyneitä, kun vain ne pystyvät olemaan. Omat haasteensa luo fysiikanlait, jotka määrittelevät kaiken tapahtuvan ympärillämme. Se miten uudet ja aikaisempaa tarkemmat anturit, tehokkaammat tietokoneet sekä kehittyneet materiaalit vaikuttavat turvajärjestelmien kehittymiseen, on vaikeaa arvioida. Tuskin muutama vuosikymmen sitten osattiin kuvitella nykyaikaisen auton ominaisuuksia.

Suunta on kuitenkin oikea, mitä tulee järjestelmien käyttöön ja yleistymiseen. Myös lainsäädännön avustuksella on saatu kiinnitettyä huomiota turvallisuusriskeihin, eikä auton säännöllisestä katsastuksestaakaan haittaa ole. Nykyaikaisten järjestelmien kanssa on kuitenkin syytä muistaa kuka autoa vielä ajaa, eikä tuudittautua erilaisten apujärjestelmien tarjoamaan hentoon suojaverkkoon. Auton kuljettaja on vielä toistaiseksi ihminen, joka on vastuussa turvallisesta liikkumisesta liikenteessä. Se onkin lähes ainoa asia, mihin kehityksen hammas ei ole vielä iskenyt auton olemassaolon aikana.

## LÄHTEET

Bosch. 2003. Autoteknillinen käsikirja. Suom. Autoalan Koulutuskeskus Oy. 6. painos. Jyväskylä: Gummerus. Alkuperäinen teos 2002.

Bosch. 2014. Automotive Handbook. 9. painos. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Bosch. 2007. Automotive Electrics Automotive Electronics. 5. painos. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Kulojärvi T. Renkaat ja vanteet. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Luettu 17.4.2015

Nieminen E. 2010. Auton turvallisuus: Turvavyö ja turvatyyny. Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma. Metropolia. Insinööriyö.

Liikenneonnettomuudet 2013. 2014. Tilastokeskus. Luettu 16.3.2015

[http://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tilastot/tilastokirja/tieliikenneonnettomuudet\\_2013\\_netti\\_id\\_15139.pdf](http://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tilastot/tilastokirja/tieliikenneonnettomuudet_2013_netti_id_15139.pdf)

Automäärän kehitys 1940-2014. 2015. Tilastokeskus & Trafi. Luettu 16.3.2015

[http://www.autoalantiedotuskeskus.fi/tilastot/suomen\\_autokanta/autokannan\\_kehitys/automaaran\\_kehitys](http://www.autoalantiedotuskeskus.fi/tilastot/suomen_autokanta/autokannan_kehitys/automaaran_kehitys)

Volvo. 2015. A heritage of innovation. Luettu 17.3.2015

<http://www.volvocars.com/intl/about/our-company/heritage>

Saab Museum. 2015. Saab Innovation. 17.3.2015

<http://saabmuseum.com/en/saab-history/saab-innovation/>

Bosch. 2015. Milestones in automotive technology. Luettu 17.3.2015

[http://www.bosch.com/en/com/bosch\\_group/history/theme\\_specials/bosch\\_automotive\\_1/bosch\\_automotive.html](http://www.bosch.com/en/com/bosch_group/history/theme_specials/bosch_automotive_1/bosch_automotive.html)

Drivingfast. Differentials. Internetsivu. Luettu 17.5.2015

<http://www.drivingfast.net/technology/differentials.htm>

Liikenneturva. 2015. Henkilöautojen turvatekniikka. Luettu 17.5.2015

<http://www.liikenneturva.fi/fi/liikenteessa/autoilijat/henkiloautojen-turvatekniikka#>

Euro NCAP. 2015. AEB. Luettu 2.4.2015

<http://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-rewards-explained/autonomous-emergency-braking/>

Hamer T. & Hamer M. 2015. The Trabant – Built Out of Plastic and Socialism. Luettu 15.4.2015

<http://classiccars.about.com/od/classiccarsaz/a/Trabant.htm>

Daimler AG. 2015. Occupant protection: The crumple zone protects the occupants on four levels in the event of a frontal impact. Luettu 15.4.2015

<http://media.daimler.com/dcmmedia/0-921-614216-1-1147863-1-0-1-999999-0-1-12637-0-0-1-0-0-0-0-0.html?TS=1429024331545>

Daimler AG. 2015. Bodyshell as key safety factor: Ultra-High Strength Materials. Luettu 15.4.2015  
<https://www.daimler.com/dccom/0-5-1210222-1-1210365-1-0-0-1210342-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0.html>

Audi AG. 2014. Body. Luettu 15.4.2015  
<http://www.audi-technology-portal.de/en/body>

Bellis M. 2015. The History of Airbags. Luettu 15.4.2015  
[http://inventors.about.com/od/astartinventions/a/air\\_bags.htm](http://inventors.about.com/od/astartinventions/a/air_bags.htm)

Toyota. 2015. Restraint Device: SRS Airbag. Luettu 15.4.2015  
[http://www.toyota-glo-bal.com/innovation/safety\\_technology/safety\\_technology/technology\\_file/passive/airbag.html](http://www.toyota-glo-bal.com/innovation/safety_technology/safety_technology/technology_file/passive/airbag.html)

Nokian Renkaat. 2015. Nokian Summer Brochure. Luettu 17.4.2015  
[http://nokiantyres.studio.crasman.fi/pub/web/attachments/others/brochures/Nokian\\_Summer\\_Brochure\\_FI.pdf](http://nokiantyres.studio.crasman.fi/pub/web/attachments/others/brochures/Nokian_Summer_Brochure_FI.pdf)

Continental. 2015. Continental SSR Tires. Luettu 10.4.2015  
[http://www.continental-tires.com/www/tires\\_de\\_en/themes/car-tires/link-ssr-tires.html](http://www.continental-tires.com/www/tires_de_en/themes/car-tires/link-ssr-tires.html)

Nokian renkaat. 2015. Automaattinen rengaspaineenvalvontajärjestelmä TPMS. Luettu 17.4.2015  
<http://www.nokianrenkaat.fi/innovatiivisuus/rengastietoa/automaattinen-rengaspaineenvalvontajarjestelma-tpms/>

NHTSA. 2007. The New Car Assessment Program Suggested Approaches for Future Program Enhancements. PDF-dokumentti. 3-4. Luettu 30.3.2015  
<http://www.safercar.gov/staticfiles/DOT/safercar/pdf/810698.pdf>

Euro NCAP. 2015. Timeline. Luettu 30.3.2015  
<http://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap/timeline/>

Euro NCAP. 2015. Car selection. Luettu 30.3.2015  
<http://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap/the-car-selection-explained/>

Euro NCAP. 2015. The Ratings explained. Luettu 31.3.2015  
<http://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/>

Sgambati F. 2012. Driver Drowsiness Detection. 2012. Luettu 19.4.2015  
<http://www.sae.org/events/gim/presentations/2012/sgambati.pdf>

NHTSA. Drowsy driving and automobile crashes. Luettu 19.4.2015  
[http://www.nhtsa.gov/people/injury/drowsy\\_driving1/Drowsy.html](http://www.nhtsa.gov/people/injury/drowsy_driving1/Drowsy.html)

Daimler. 2015. Drowsiness-Detection System Attention Assisst Warns Drivers to Prevent Them Falling Asleep Momentary. Luettu 19.4.2015  
<http://www.daimler.com/dccom/0-5-1210218-1-1210332-1-0-0-1210228-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0.html>

Estrada N. 2014. Toyota 400 Success Secrets – 400 Most Asked Questions – What You need to know. Emereo Publishing.  
<https://books.google.fi/books?id=RkkNBwAAQBAJ&pg=PT23&dq=toyota+crown+driver+monitoring&hl=en&sa=X&ei=j6ozVd7gO87sO-zAgYAL&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q=toyota%20crown%20driver%20monitoring&f=false>

Euro NCAP. 2015. Ford Driver Alert. Luettu 19.4.2015  
<http://www.euroncap.com/en/ratings-rewards/euro-ncap-advanced-rewards/2011-ford-driver-alert/>

BMW. 2013. BMW model upgrade measures taking effect from the summer of 2013. Lehdistö tiedote. Luettu 19.4.2015  
[https://www.press.bmwgroup.com/global/pressDetail.html?title=bmw-model-upgrade-measures-taking-effect-from-the-summer-of-2013&outputChannelId=6&id=T0141144EN&left\\_menu\\_item=node\\_4101](https://www.press.bmwgroup.com/global/pressDetail.html?title=bmw-model-upgrade-measures-taking-effect-from-the-summer-of-2013&outputChannelId=6&id=T0141144EN&left_menu_item=node_4101)

Mercedes-Benz. 2015. Night View Assist PLUS. Luettu 5.5.2015  
[http://techcenter.mercedes-benz.com/en/night\\_view\\_assist\\_plus\\_2013/detail.html#availability-section](http://techcenter.mercedes-benz.com/en/night_view_assist_plus_2013/detail.html#availability-section)

AUDI AG. 2015. Night vision assistant. Luettu 5.5.2015  
[http://www.audi.com/aola/brand/en\\_lc/models/a6/a6\\_saloon/Equipment/safety/audi\\_pre\\_sense.html#source=http://www.audi.com/aola/brand/en\\_lc/models/a6/a6\\_saloon/Equipment/safety/night\\_vision\\_assistant\\_with\\_highlighting\\_of\\_detected\\_pedestrians.html&container=page](http://www.audi.com/aola/brand/en_lc/models/a6/a6_saloon/Equipment/safety/audi_pre_sense.html#source=http://www.audi.com/aola/brand/en_lc/models/a6/a6_saloon/Equipment/safety/night_vision_assistant_with_highlighting_of_detected_pedestrians.html&container=page)

BMW. 2015. Night Vision. Luettu 5.5.2015  
[http://www.bmw.fi/fi/fi/newvehicles/5series/sedan\\_active\\_hybrid/2011/showroom/safety/night\\_vision.html#t=1](http://www.bmw.fi/fi/fi/newvehicles/5series/sedan_active_hybrid/2011/showroom/safety/night_vision.html#t=1)

BMW. 2015. BMW Laserlight. Luettu 6.5.2015  
[http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology\\_guide/articles/laser\\_light.html](http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology_guide/articles/laser_light.html)

Fung D. 2014. Headlight assistance technology explained. Caradvice.com. Luettu 6.5.2015  
<http://www.caradvice.com.au/281464/headlight-assistance-technology-explained-adaptive-headlights-cornering-lights-and-automatic-and-selective-high-beams/>

Liikennelabra. 2015. Älyliikenne. Luettu 16.5.2015  
<http://liikennelabra.fi/alyliikenne/>

Prigg M. 2013. The incredible self-parking car that can even come and meet you when you're done shopping. Dailymail. Luettu 16.5.2015  
<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2259558/Audi-A7-The-incredible-self-parking-car-come-meet-youre-shopping.html>

General Motors. 2013. Super Cruise Takes on Real-World Traffic Scenarios. Luettu 16.5.2015

<http://media.gm.com/media/us/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2013/Apr/0429-cadillac-super-cruise.html>

Ford. 2013. Ford Reveals automated Fusion Hybrid research vehicle; teams up with University of Michigan, State Farm. Luettu 16.5.2015

<https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2013/12/12/ford-reveals-automated-fusion-hybrid-research-vehicle--teams-up-.html>

Google. Self-driving car. Video. Katsottu 16.5.2015

<http://www.google.com/about/careers/lifeatgoogle/self-driving-car-test-steve-mahan.html>