



Tuukka Pakkala

Turvavyönauhan vaurioiden vaikutus sen vetolujuuteen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Ajoneuvotekniikka

Opinnäytetyö

29.1.2025

Tiivistelmä

Tekijä: Tuukka Pakkala
Otsikko: Turvavyönauhan vaurioiden vaikutus sen vetolujuuteen
Sivumäärä: 47 sivua
Aika: 29.1.2025

Tutkinto: Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma: Ajoneuvotekniikka
Ammatillinen pääaine: Ajoneuvotekniikka
Ohjaajat: Lehtori Heikki Parviainen
Lehtori Vilja Päätalo

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saada tutkittua tietoa siitä, miten erilaiset turvavyönauhan vauriot vaikuttavat sen vetolujuuteen ja sitä kautta tieliikenneonnettomuuksiin. Työn pohjalta koostetaan esitys katsastajien koulutusta varten sekä päivittäisen katsastustyön tueksi. Opinnäytetyön toimeksiantaja on HelppoKatsastus ja se tehtiin yhteistyössä Metropolia Ammattikorkeakoulun ja A-Katsastuksen kanssa.

Opinnäytetyössä selvitettiin turvavyön historiaa, turvavyölaitteiden rakennetta ja kehitystä sekä liittyvää lainsäädäntöä. Lisäksi tutkittiin turvavyön käyttöä ja sen vaikutusta tieliikenneonnettomuuksiin tilastojen pohjalta sekä asiaan liittyvää viranomaisvalvontaa. Turvavyöiden tarkastamista määräaikaikatsastuksissa arvioitiin omakohtaisen kokemuksen sekä vikatilastojen valossa. Koevaihe toteutettiin suorittamalla eriasteisesti vaurioituneille turvavyönauhoille soveltuvilta osin UN/ECE:n säännön nro 16 mukaisia tyyppihyväksynnässä käytettäviä vetolujuuskokeita.

Mittaukset osoittivat, että merkitseväksi havaitulla tavalla vaurioituneiden turvavyönauhojen vetolujuuden keskiarvo jäi todennäköisyysjakaumaa hyödyntävin hypoteesein testattuna alle E-säännön nro 16 kohdan 6 määrittämän minimivetolujuuden 14,7 kN. Näin ollen vaurioituneiden turvavyönauhojen huomattavalle heikentymiselle sekä niiden uusimisen edellyttämiselle katsastuksessa saatiin tutkinnallinen pohja.

Avainsanat: turvavyö, vetolujuus, liikenneturvallisuus, katsastus

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Tuukka Pakkala
Title: Effect of Seat Belt Damage on its Tensile Strength
Number of Pages: 47 pages
Date: 29 January 2025

Degree: Master of Engineering
Degree Programme: Automotive Engineering
Professional Major: Automotive Engineering
Supervisors: Heikki Parviainen, Senior Lecturer
Vilja Päätaalo, Senior Lecturer

The aim of this thesis was to obtain researched information on how different types of seat belt damage affect its tensile strength and thus road traffic accidents. Based on the work, a presentation is compiled for the training of vehicle inspectors and supporting the day-to-day inspection work. The client of the thesis is HelppoKatsastus and the thesis was completed in cooperation with Metropolia University of Applied Sciences and A-Katsastus.

The thesis investigated the history of seat belts, the structure and development of seat belt devices, and related legislation. In addition, seat belt use and its effect on road traffic accidents were researched based on statistics, as well as related official supervision. The inspection of seat belts in periodic inspections was evaluated from the perspective of personal experience and failure statistics. The test phase was carried out by performing the tensile strength tests as applicable used in type approval according to UN/ECE regulation no. 16 on seat belts with varying degrees of damage.

The tests showed that the average tensile strength of the safety belt that was found to be significantly damaged was below the minimum tensile strength of 14.7 kN determined by UN/ECE regulation No. 16, Section 6, when tested with hypotheses using the probability distribution. Consequently, an investigative basis was obtained for the considerable weakening of the damaged seat belts and the order to renew them set by the vehicle inspection.

Keywords: Seat belt, tensile strength, road safety,
vehicle inspection

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoitteet	1
2	Turvavyön historia	2
2.1	Ensivaiheet	2
2.2	Vattenfall-turvavyö	4
2.3	Kolmipisteturvavyö – liikenneturvallisuuden uusi standardi	6
3	Turvavyölaitteiden rakenne ja kehitys	8
3.1	Turvavyötyypit	9
3.1.1	Kaksipistevyö	9
3.1.2	Lantiovyö	9
3.1.3	Diagonaalivyö	9
3.1.4	Kolmipistevyö	9
3.1.5	Rullavyö	10
3.1.6	Istuimeen integroitu vyö	10
3.1.7	Monipistevyö	10
3.1.8	Ilmatyynytyurvavyö	10
3.2	Vyönauha	11
3.3	Kelauslaite	11
3.4	Solki	11
3.5	Lukko	11
3.6	Kiinnityspisteet	12
3.7	Turvavyömuistutin	12
3.8	Esikiristin	12
3.9	Voimanrajoitin	13
4	Turvavyö ja lainsäädäntö	14
4.1	Voimaantuloaikoja maailmalla	14
4.1.1	Asennusvelvoite	14
4.1.2	Käyttövelvoite	14

4.2	Voimaantuloaikoja Suomessa	15
4.2.1	Asennusvelvoite	15
4.2.2	Käyttövelvoite	16
4.3	Nykytilanne	17
5	Turvavyön käyttö ja vaikutus	17
5.1	Turvavyön käyttö	17
5.2	Turvavyön vaikutus tieliikenneonnettomuuksissa	18
6	Turvavyö ja viranomaisvalvonta	19
6.1	Turvavyön käytön valvonta	19
6.2	Katsastus	20
6.3	Traficom	20
6.4	Liikennevakuutuskeskus	21
7	Turvavöiden tarkastaminen määräaikaikatsastuksissa	21
7.1	Katsastajan havainnot kentältä	21
7.2	Tilastojen pohjalta tehtävät havainnot	22
8	Vetomurtolujuuskokeet	24
8.1	E-sääntö nro 16	24
8.2	Koeyönauhojen hankinta	24
8.3	Koelaitteisto	25
8.4	Koevalmistelut	26
8.5	Koesuunnitelma	28
8.6	Koepäivät	28
8.6.1	Ensimmäinen koepäivä	28
8.6.2	Muut koepäivät	31
9	Tulokset	34
10	Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet	41
	Lähteet	43

Lyhenteet

- ETSC: *European Transport Safety Council*. Euroopan liikenneturvallisuusneuvosto. Riippumaton järjestö, joka toimii päättävien elimien neuvonantajana edistäen koko Euroopan liikenneturvallisuutta.
- LVK: Liikennevakuutuskeskus. Turvaa viime kädessä liikennevahingon kärsineen oikeudet ja huolehtii lakisääteisen liikennevakuutuksen lainlyönnin seurauksista.
- OTI: Onnettomuustietoinstituutti. Edistää liikenneturvallisuutta. Toimii erillisenä yksikkönä Liikennevakuutuskeskuksessa.
- UN/ECE: *The United Nations Economic Commission for Europe*. Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomissio. Pyrkii edistämään yleiseurooppalaista taloudellista yhdentymistä.

1 Johdanto

1.1 Tausta

Suomen henkilöautokannan keski-ikä on ollut nousussa ja vuonna 2023 se oli jo 13,2 vuotta. Keskimääräinen romutusikä samana vuonna oli 22,5 vuotta. Suomen autokanta uudistuu siis erittäin hitaasti. (Lausunto tieliikenteen automaation edellyttämiä lainsäädäntömuutoksia koskevasta arviomuistiosta 2024.)

Sekä päivittäisessä katsastustyössä että katsastuksen valvonnassa on huomattu, että turvavyövaurioihin suhtaudutaan hyvin vaihtelevasti. Vaikka turvavyöiden kiistaton turvallisuushyöty on moneen kertaan osoitettu, osa katsastusasiakkaista pitää edelleen turvavyöiden vaurioihin puuttumista turhan virkaintoisena. Katsastuksen valvonnassa on todettu, että myös katsastajat toteavat tai noteeraavat turvavyövaurioita hyvin vaihtelevasti. Tutkimustietoa turvavyönauhan vaurioiden vaikutuksesta sen vetolujuuteen ei ole ollut aikaisemmin saatavilla.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tutkia turvavyönauhan vaurioiden vaikutusta sen vetolujuuteen (sama kuin murtolujuus tai vetomurtolujuus). Työn toimeksiantaja on HelppoKatsastus ja se tehdään yhteistyössä Metropolia Ammattikorkeakoulun kanssa. Kirjoittajan työnantaja on A-Katsastus, jolta saatiin lupa toteutukseen. Kirjoittaja on toiminut työn kirjoitushetkellä katsastajana noin 12 vuotta vuodesta 2011 lähtien.

1.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoite on tuottaa tutkimustietoa katsastajien koulutusta varten. Työn pohjalta on mahdollista tehdä noin oppitunnin mittainen luento katsastajien täydennyskoulutusta varten. Mahdollisuutena on myös, että allekirjoittanut itse tekee opinnäytetyönsä pohjalta luennon ja itse sen myös aiheen asiantuntijana esittää. Tavoitteena on myös saada valmista ja uutta tutkimustietoa

katsastajien päivittäisessä asiakaskohtaamisessa hyödynnettäväksi. Opinnäytetyöstä saataviin tutkimustuloksiin perustuen voidaan esittää asiakkaalle esimerkiksi turvavyönauhan rispaantumisen vaikutus sen vetolujuuteen.

Työstä saatava uusi tutkimustieto hyödyttää koko liikennesektoria eri toimijoinen. Tutkimuksesta saatavalla tiedolla toivotaan olevan myönteinen vaikutus tulevaisuuden tieliikenneturvallisuuteen. Liikenne- ja viestintävirasto Traficomilta on ilmennyt kiinnostusta opinnäytetyötä kohtaan ja sieltä saadaan dataa sen tutkimustyötä varten. Lisäksi Liikennevakuutuskeskus ja sen alaisuudessa toimiva Onnettomuustietoinstituutti saattavat olla kiinnostuneita tutkimuksen tuloksista.

Opinnäytetyöhön kuuluvat käytännön kokeet suoritetaan Metropolia Ammattikorkeakoulun Myyrmäen kampuksen laboratoriotiloissa. Ne tehdään suorittamalla eriasteisille käytetyille turvavyönauhoille soveltuvilta osin UN/ECE:n säännön nro 16 mukaisia vetomurtolujuuskokeita.

2 Turvavyön historia

2.1 Ensivaiheet

Englantilainen insinööri *Sir George Cayley* keksi ensimmäisenä turvavyön käytettäväksi liitimessään vuonna 1852. Ensimmäinen turvavyöpatentti kuului yhdysvaltalaiselle *Edward J. Claghornille*, joka kehitti vuonna 1885 koukuilla kiinnitettävät turvavaljaat käytettäväksi New Yorkin hevosvetoisissa takseissa. (Atkins 2022.)

Autossa turvavöitä käytettiin oletettavasti ensimmäisen kerran 31.5.1902 Baker Torpedo -maanopeusennätysauton traagisesti päättyneessä ennätysyrityksessä Yhdysvaltojen Staten Islandilla. Torpedo kolaroi ja kaksi katsojaa kuoli, mutta auton kaksi kuljettajaa selvisivät turvavöiden ansiosta. Ensimmäinen turvavyöpatentti autoon rekisteröitiin Ranskassa 11.5.1903. Tässä *Gustave-Désiré*

Leveaun patentissa esiteltiin nelipisteturvavyö. (65 years three-point safety belt 2023; FR 000000331926A 1903.)

1900-luvun ensimmäisellä puoliskolla autoissa tunnettiin useita erilaisia turvavyöjärjestelmiä yksinkertaisesta lantiomallisesta kaksipistevyöstä aina kilpa-auton kuusipistevyöhön. Turvavyöt yleistyivät kuitenkin vain lentokoneissa. Autoihin asennettiin hyvin vähäisessä määrin lantiovöitä ja autoilevan kansan yleinen asenne turvavyötä kohtaan olikin nuiva. Vyöt koettiin monesti epämukaviksi ja turhiksi. (Laaksonen 1982: 104–105.)

Vuonna 1948 esitellyssä Tucker 48 Sedanissa oli keskitytty turvallisuuteen monissa yksityiskohdissa ja sen kehittäjä *Preston Tucker* olisi luonnollisesti halunnut siihen myös turvavyöt. Hänen yrityksensä markkinointiosasto sai kuitenkin lopulta Tuckerin vakuuttuneeksi siitä, että turvavyöt heidän uudessa autossaan kertoisivat vain ostajille, ettei se olisikaan turvallinen. Lisäksi kun Tucker tiesi turvavöiden olevan jo puheenaiheena hyvin epäsuosittu, Tucker 48 -autoon ei koskaan asennettu turvavöitä. (Lehto & Leno 2016: 88.)

Vuonna 1949 Nash Motors tarjosi ensimmäisenä yhdysvaltalaisista autonvalmistajista lantiovöitä lisävarusteena. Vyöt asennettiin 40 000 Nashiin, mutta vuotta myöhemmin tehdyssä kyselyssä osoittautui, että vain tuhatta vyötä oli todella käytetty. Autoihin asennettuja turvavöitä jopa poistettiin myöhemmin asiakkaiden pyynnöstä. (65 years three-point safety belt 2023; Janik 2017; Ronan 1979: 17.)

Varhaisen lantiovöiden toiminnassa oli kyllä pahoja puutteita. 1950-luvun alussa yhdysvaltalainen neurokirurgi *C. Hunter Sheldon* havaitsi hoitaessaan satoja tieliikenneonnettomuuksista seuranneita päävammoja, että turvavyösuunnittelussa ja myös muiden auton matkustamon osien suunnittelussa oli turvallisuuden kannalta paljon parantamisen varaa. Vyönauhan oikean pituuden säätö jäi varhaisissa turvavyölaitteissa matkustajan tehtäväksi ja nauha jäikin usein muun muassa mukavuussyistä liian löysäksi, jolloin matkustaja pääsi syöksymään äkkipysähdyksessä eteenpäin päin vyönauhaa ja mahdollisesti myös ajoneuvon

muita rakenteita. Kuitenkin, vaikka vyönauha olisikin ollut tarpeeksi kireällä, matkustajan yläruumiin ruoskamainen heilahdus ylipäättään mahdollisti pään ja yläruumiin vakavat vammat niiden osuessa mahdollisesti ajoneuvon matkustamon ulkoneviin, koviin ja teräviin rakenteisiin. Näin ollen Shelden suunnitteli ja esitteli vuonna 1955 monien muiden ajoturvallisuutta parantavien keksintöjensä ohessa lukkiutuvalla kelauslaitteella varustetun rullavyön. (HMRI Celebrates the Life and Legacy of Dr. C. Hunter Shelden 2003.)

2.2 Vattenfall-turvavyö

Ruotsalainen energiayhtiö Vattenfall on turvavyön pioneereja. Yhtiö tutki työajossa tapahtuneita työntekijöiden kuolemaan johtaneita tieliikenneonnettomuuksia, joissa havaittiin voimakasta kasvua vuosina 1953–54, niin ikään voimakkaasti kasvaneen liiketoiminnan myötä. Yhtiön työturvallisuutta parantaakseen Vattenfall pyysi yhtiölle autoja toimittavia autonvalmistajia kehittämään turvavöitä autoihinsa, mutta Volvo ja muut valmistajat suhtautuivat pyyntöön kielteisesti. Heidän argumenttinsa oli, että turvavyön esittely saattaisi pelottaa asiakkaita ja saada asiakkaat ajattelemaan, että autoilu on vaarallista. (The seat belt - who invented it? 2020.)

Koska markkinoilla jo olevia turvavöitä ei pidetty riittävän hyvinä, Vattenfall päätti ottaa asian itse hoitaakseen. Kaksi yhtiön insinööriä, *Bengt Odelgard* ja *Per-Olof Weman*, loivat yhteyksiä muun muassa Yhdysvaltoihin päästäkseen ajan tasalle siellä meneillään olevasta kehitystyöstä. Tämän tutkimustiedon pohjalta oli mahdollista määritellä vaatimukset tulevalle Vattenfall-turvavyölle. (Andréasson & Bäckström 2000; The Vattenfall seat belt.)

Kaksikko alkoi kehittää vyötä suorittaen kattavia käytännön kokeita. Testiautoja nukkeineen muun muassa pudotettiin nosturin nokasta (kuva 1). Vattenfall-turvavyö oli kaksipistevyö, jonka moderni soljella kiinnittyvä lukko-osa oli matkustajan edessä. Se asennettiin kulkemaan diagonaalisesti matkustajan rinnan alta, yläruumista törmäystilanteessa tukien ja hyödyntäen istuimen selkänöjan lenkkejä läpivienteinä. Vyön ulompi kiinnityspiste oli ylhäällä b-pilarissa.

Diagonaalista Vattenfall-vyötä saattoi käyttää myös lantiovyön lisänä, jolloin yhdistelmästä muodostui kolmipisteturvavyö. Tämä kolmipisterakenne oli myös Vattenfallin tutkimus- ja kehitystyön kohteena. (Andréasson & Bäckström 2000; The Vattenfall seat belt.)



Kuva 1. Esimerkki Vattenfallin käytännön kokeista: Nosturista pudotus (The Vattenfall seat belt).

Vattenfall alkoi asentamaan kehittämäänsä turvavyötä autoihinsa vuonna 1956 ja myymään sitä myös ulkopuolelle. Vattenfall-vyö ja yhtiön muu tutkimustieto esiteltiin Volvolle. Vuonna 1956 autonvalmistajan kelkka kääntyikin muun muassa Vattenfallin ajoneuvoturvallisuusryhmän lääketieteellisenä neuvonantajana toimineen pääkirurgi *Stig Lindgrenin* esiteltyä idean turvavyöstä tuntemalleen, Volvon vastanimetylle toimitusjohtajalle, *Gunnar Engellaulle*. Tuloksena osa Volvon malleista varustettiin vakiona Vattenfall-turvavyöllä vuonna 1958. Ensimmäiset vakiovarusteena asennetut turvavyöt olivat kuitenkin niin ikään ruotsalaisessa Saab GT750 -mallissa aiemmin samana vuonna (O'Grady 2009). Vuodesta 1959 lähtien kaikissa Volvon malleissa oli vakiona lantiovyö, joka perustui Vattenfallin tutkimus- ja kehitystyöhön. 1960-luvun puoliväliin mennessä Vattenfall-systeemistä muodostui Euroopan laajimmin käytetty turvavyörakenne. (Andréasson & Bäckström 2000; The Vattenfall seat belt.)

Vuonna 1959 autonvalmistajat, Volvo etunenässä, alkoivat viimein kehittää tavoitteellisesti kolmipisteturvavyötä. Tässä kohtaa Vattenfall totesi yhtiön tavoitteen saavutetuksi ja luovutti turvavyön kehitysvastuun autonvalmistajille. (Andréasson & Bäckström 2000; The Vattenfall seat belt.)

2.3 Kolmipisteturvavyö – liikenneturvallisuuden uusi standardi

Ensimmäinen patentti yläruumiin heilahdusta ehkäisevästä kolmipisteturvavyöstä haettiin Yhdysvalloissa vuonna 1951 ja hyväksyttiin 1955. *Roger W. Griswold II ja Hugh De Haven* kehittivät kaksiosaisen y-mallisen vyön, joka koostui keskellä lantiota sijaitsevalla kielimallisella pikalukolla varustetusta v-osasta sekä soljettomasta sisemmästä osasta. (US 2710649A 1955.)

Nykyisin käytettävä yksiosainen sekä lantion sivulla sijaitsevalla lukolla ja liukuvalla soljella varustettu helppokäyttöinen kolmipisteturvavyö on ruotsalaisen Volvon insinöörin, *Nils Bohlinin* (kuva 2) kehitystyön tulos. Bohlin esittelee keksintönsä vuoden 1959 patentissaan. Sen tarkoituksena on saada aikaan turvavyö, joka istuimen lujuudesta ja vyön asennustavasta riippumatta suojaa tehokkaalla ja fysiologisesti suotuisalla tavalla matkustajan ylä- ja alaruumista

olennaisesti eteenpäin suuntautuvien voimien vaikutukselta. Turvavyön tulee olla myös helppo kiinnittää sekä irrottaa ja sen tulee muutoinkin kunnioittaa asettuja tiukkoja vaatimuksia. (US 3043625A 1962.)

Bohlin oli työskennellyt aiemmin Saabilla lentokoneiden heittoistuinten sekä niiden turvavöiden parissa ja ymmärsi hyvin, miten korkeat kiihtyvyydet vaikuttivat ihmiskehoon (65 years three-point safety belt 2023). Hän kertoi myöhemmin, että lentäjät suhtautuivat erittäin myönteisesti kaikkiin turvallisuuttaan parantaviin innovaatioihin, toisin kuin autoilijat, jotka olivat liian laiskoja ja mukavuudenhaluisia käyttääkseen edes yhtä turvalaitetta, turvavyötä. Näin ollen Bohlin halusi kehittää ratkaisun, joka olisi tehokas, yksinkertainen ja käytettävissä helposti yhdellä kädellä. Volvo antoi Bohlinin patentin tuoreeltaan vapaaseen käyttöön (Atkins 2022).



Kuva 2. Nils Bohlin (1920–2002) ja hänen kehittämänsä kolmipisteturvavyö Volvossa vuonna 1959 (The three points that saves on million lives; US 3043625A 1962).

Kaikesta huolimatta markkinoiden vastustus uudistettuakin turvavyötä kohtaan oli kovaa etenkin Skandinavian ulkopuolella ja vain harva oli valmis käyttämään sitä, saati maksamaan siitä. Myyjit mestaavista tai ansana toimivista vöistä levisivät kansan keskuudessa. Näin ollen Bohlinin myöhemmin ajoturvallisuuden mullistanut keksintö käyttöön otettiin alkuun vain ruotsalaisissa autoissa. Ensimmäisenä moderni kolmipisteturvavyö lanseerattiin vakiovarusteeksi Volvo PV544 -malliin 13.8.1959. (O'Grady 2009.) Vuonna 1961 jo yli kolme neljäsosaa kaikista uusista autoista Ruotsissa oli varustettu turvavöillä (65 years three-point safety belt 2023).

Bohlin julkaisi vuonna 1967 tilastotutkimuksen Volvon kolmipisteturvavyön käytön vaikutuksesta 28 000 tieliikenneonnettomuudessa. Onnettomuuksissa oli osallisena pääosin kaksi eri automallia ja 37 511 etupenkin matkustajaa. Lähes kaikissa tutkimuksessa mukana olleissa autoissa oli turvavyöt, mutta niiden käyttöaste oli keskimäärin vain 26 prosenttia. Tutkimuksesta selvisi, että turvavyön käyttö vähensi vammoja keskimäärin 0–90 prosenttia riippuen ajonopeudesta ja vamman tyypistä. Vyöttömät matkustajat saivat kuolemaan johtaneita vammoja koko ajonopeusasteikolla, mutta turvavöitä käyttäneistä matkustajista kukaan ei vammautunut kuolettavasti alle 60 mph (mailia tunnissa) ajonopeudessa sattuneissa onnettomuuksissa. Kolmipisteturvavyö esti kaikissa tapauksissa myös matkustajan autosta ulos lentämisen. (Bohlin 1967.)

3 Turvavyölaitteiden rakenne ja kehitys

Tässä luvussa käydään läpi eri turvavyötyypit sekä selvitetään turvavyölaitteiden rakennetta ja kehitystä tähän päivään.

E-sääntö nro 16 määrää moottorikäyttöisten ajoneuvojen matkustajien turvavöistä, turvajärjestelmistä, lasten turvajärjestelmistä ja ISOFIX-lasten turvajärjestelmistä sekä ajoneuvoista, jotka on varustettu turvavöillä, turvavyömuistuttimilla, turvajärjestelmillä, lasten turvajärjestelmillä ja ISOFIX-lasten turvajärjestelmillä (Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) sääntö nro 16 muutossarjan 07 täydennys 2 2018).

3.1 Turvavyötyypit

3.1.1 Kaksipistevyö

Alkeellisin rakenne on kahden kiinnityspisteen välissä kulkeva nauha ilman säätömahdollisuutta. Tätä vyötyyppiä käytettiin turvavyön varhaisimmissa sovelluksissa, mutta sitä on nähty myöhemminkin esimerkiksi huvipuistolaitteissa.

3.1.2 Lantiovyö

Esimerkiksi matkustajalentokoneista tunnettu lantiovyö on ollut aikaisemmin laajalti käytössä myös autoissa, joissa kolmipistevyö on nyt kuitenkin syrjäyttämässä sen lopullisesti. Lantiovyössä lukko-osa voi sijaita edessä tai sivulla. Vyön pituuden säätö on helppoa.

3.1.3 Diagonaalivyö

Diagonaalivyö kulkee diagonaalisesti matkustajan yläruumiin yli ja keventää vyönauhan vartaloon kohdistamaa painetta onnettomuustilanteessa jakaen sitä suuremmalle alueelle ja pois vatsan seudun tärkeistä sisäelimistä. Vyötyyppi ehkäisee myös yläruumiin vaarallista heilahdusta onnettomuustilanteessa. Diagonaalivyötä voidaan käyttää yhdessä tai erikseen lantiovyön kanssa, joskin pelkästään diagonaalivyötä käytettäessä matkustaja liukuu etutörmäyksessä helposti pois vyön alta.

3.1.4 Kolmipistevyö

Kolmipistevyö on tieliikenteessä eniten käytetty turvavyötyyppi. Tämän vyötyypin yksiosainen ja helposti jopa yhdellä kädellä käytettävissä oleva rakenne on tehnyt turvavyön käytöstä hyvin yleistä.

3.1.5 Rullavyö

Nykyisin kaikki autoihin asennettavat lantio- ja kolmipisteturvavyöt ovat rullavöitä. Rullavöissä on itselukkiutuva kelauslaite, joka säätää vyön automaattisesti aina oikean mittaiseksi. Tilanteen salliessa laite antaa lisää vyönauhaa ja kelaa lopuksi aina löysät pois ollen kuitenkin mukava käyttää.

3.1.6 Istuimeen integroitu vyö

Istuimeen integroitu turvavyö ei itsessään vaadi kiinnityspisteitä auton korissa. Ainoastaan itse istuin on kiinnitetty koriin. Tämä rakenne sopii erityisesti avoautoihin ja irrotettavilla pikakiinnitteisillä istuimilla varustettuihin autoihin.

3.1.7 Monipistevyö

Useimmiten kilpa-autoissa tai ilmailussa käytetty monipistevyö pitää parhaalla mahdollisella tavalla matkustajan kiinni istuimessaan. Tämä vyötyyppi on kuitenkin hidas ja hankala käyttää, eikä näin ollen sovi kovinkaan hyvin normaaliin tieliikennekäyttöön. Monipisteistöä on 4-pistevyöstä aina taito- ja hävittäjälentäjien käyttämiin 7-pisteistöihin.

3.1.8 Ilmatyyny turvavyö

Ford esitteli vuonna 2009 täyttyvillä ilmatyynyillä varustetut turvavyöt. Ne olivat ensimmäisenä käytössä vuoden 2011 Ford Explorer -mallissa ja sittemmin niitä esiintyi harvakseltaan myös muissa automerkeissä, kunnes ne poistuivat tuotannosta vuoden 2020 jälkeen.

Ilmatyynyllä varustettu vyö suunniteltiin jakamaan vyönauhan matkustajaan kohdistamaa voimaa laajemmalle alueelle ja näin minimoimaan turvavyön aiheuttamat vammat onnettomuustilanteessa. Ongelmaksi muodostui sen huono yhteensopivuus joidenkin lasten turvaistuinten kanssa. Lisäksi *Insurance Institute for Highway Safety* teki vuonna 2019 tutkimuksen, jossa osoittautui, että

turvavyön esikiristin ja voimanrajoitin yhdessä ajoivat saman asian. (Nick Kurczewski 2023.)

3.2 Vyönauha

Turvavyönauha on materiaaliltaan nylonia tai polyesteria, joista polyesteri on nykyään laajimmin käytössä tieliikenteessä. Polyesterilangasta punottu vyönauha tarjoaa erinomaisen vetolujuuden. Vyönauha venyy huomattavasti törmäystilanteessa ja tästä syystä myös turvavyönauhat on uusittava aina muiden turvalaitteiden ohella vauriokorjauksen yhteydessä. Tieliikenteessä yleisimmin käytettävän vyönauhan sanotaan olevan leveydeltään 2 tuumaa tai 50 millimetriä, mutta käytännön vaihteluväli on kuitenkin 48–51 mm. Kilpa-autoissa käytössä on 3 tuuman eli 75 mm vyönauhoja. (Kivinen 2024.)

3.3 Kelauslaite

Kelauslaite tekee turvavyön käytöstä helppoa, mikä taas itsessään lisää turvavyön käyttöä. Kelauslaite antaa tarvittaessa löysää, säätää vyönauhan käytettävän pituuden automaattisesti oikeaksi, lukitsee kelauksen kiihtyvyyden kasvaessa ja kelaa sen lopuksi takaisin sisään pois henkilöiden tieltä tai oven välistä. Tämä kaikki tekee turvavyön käytöstä nopeaa ja turvallista.

3.4 Solki

Turvavyön lukon vastakappaleena on helposti yhdellä kädellä käytettävissä oleva solki. Se on yleensä kromattu reikäsolki, jossa on muovikahva vyönauhan läpiviennillä.

3.5 Lukko

Solki lukittuu turvavyön lukkoon, jonka on oltava nopeasti ja helposti käytettävissä. Huomiovärillä merkatun vapautusmekanismin on kuitenkin oltava suojattu tahattomalta käytöltä.

3.6 Kiinnityspisteet

Kiinnityspisteillä tarkoitetaan turvavyölaitteiden kiinnitystä ja kiinnityskohtia ajoneuvon korissa tai rungossa. Turvavyölaitteiden kiinnityspisteistä, ISOFIX-kiinnitysjärjestelmistä ja ISOFIX-yläkiinnityspisteistä määrää E-sääntö nro 14 – Ajoneuvojen hyväksyntää turvavöiden kiinnityspisteiden osalta koskevat yhdenmukaiset vaatimukset (Regulation (EU) 2019/2144 of the European Parliament and of the Council 2019).

3.7 Turvavyömuistutin

Turvavyömuistuttimet ilmestyivät tieliikenteeseen 1970-luvulla ja ne olivat tuttuja suomalaisille erityisesti ruotsalaisista autoista. Muistutin muistuttaa turvavyön käytöstä valo- ja/tai äänimerkein. Ruotsalaisen nykytutkimuksen mukaan turvavyömuistuttimella varustetuissa autoissa turvavyön käyttöaste on 99 prosenttia, kun taas ilman muistutinta olevissa vastaava luku on 82 prosenttia. Turvavyömuistutin on nykyään pakollinen varuste uusien henkilö- ja pakettiautojen kaikilla istumapaikoilla sekä raskaan kaluston etuistuimilla (Regulation (EU) 2019/2144 of the European Parliament and of the Council 2019). Joissakin automalleissa ajo on estetty kuljettajan turvavyön ollessa kiinnittämättä (Turvavyömuistutin lisää turvallisuutta 2010).

3.8 Esikiristin

Turvavyön esikiristin tuli ensimmäisenä Mercedes-Benz S-sarjan korimalliin W126 joulukuussa 1980 samaan aikaan kuljettajan turvatyynyn kanssa (40 years ago: Mercedes-Benz launched the driver's airbag and seat belt tensioner in series production 2020). Esikiristin kiristää törmäystilanteessa löysät pois turvavyönauhasta millisekunneissa, jotta matkustaja pysyy mahdollisimman tiukasti võissään vasten istuintaan. Kiihtyvyyksien kasvaessa tämä on huomattavasti tehokkaampaa kuin pelkkä kelauslaitteen inertialukitukseen perustuva matkustajan liikkeenrajoitus, jossa vyönauha on lähtötilanteessa aina vähän löysällä. Löysä turvavyö aiheuttaa helposti vammoja törmäystilanteessa

matkustajan päästessä sinkoutumaan päin vyönauhaa tai jossain tapauksissa jopa päin muita rakenteita. Turvavyön esikiristin mahdollistaa myös turvavyöjärjestelmien suunnitellun ja tehokkaan toiminnan.

Esikiristimiä on kahta päätyyppiä, mekaaninen ja elektroninen. Jousikiristeistä turvavyön lukkoon tai kelauslaitteeseen sijoitettua mekaanista esikiristintä ei enää juuri käytetä. Elektronisissa esikiristimissä esiintyy useita erilaisia rakenteita, mutta nykyään käytetyin on pyroteknisellä kaasupatruunalla varustettu elektronisesti ohjattu esikiristin. Tässä rakenteessa törmäysanturi antaa signaalin ja patruunan elektrodit antavat kipinän räjähtävälle sytytysmateriaalille, joka puolestaan sytyttää patruunan palavan kaasun. Kaasun paine liikuttaa esikiristimen hammastangolla varustettua mäntää, joka puolestaan pyörittää hammaspyörällä varustettua puolaa, joka kelaa ja kiristää vyönauhan. Kiristys tapahtuu ennen kelauslaitteen rullaa, jotta löysästi kelautunut nauha ei vaikuta käytössä olevan nauhan osan kireyteen onnettomuustilanteessa.

Elektroninen esikiristin toimii useimmiten samalla ohjausyksiköllä ja yhteistyössä turvavyöjen kanssa. Yleensä esikiristimet laukaistaan hieman ennen turvavyöjä. (What Is A Seat Belt Pretensioner 2023; Harris 2023.)

3.9 Voimanrajoitin

Turvavyön voimanrajoitin tuli ensimmäisenä Mercedes-Benz E-sarjaan vuonna 1995 (40 years ago: Mercedes-Benz launched the driver's airbag and seat belt tensioner in series production 2020; 25 years of Mercedes-Benz E-Class in the 210 model series 2020). Voimanrajoittimen toimiessa kelauslaitteessa oleva vääntösauva vääntyy kiihtyvyyden aiheuttaman kuormituksen alla ja vapauttaa vyönauhaa ennalta määrätyllä voimatasolla tietyn kynnyksen yli. Tämä vähentää matkustajan ylävartalovammojen riskiä onnettomuustilanteessa. Voimanrajoitin toimii yhteistyössä esikiristimen ja turvavyöjen kanssa. (Seatbelt Force Limiter 2024.)

4 Turvavyö ja lainsäädäntö

4.1 Voimaantuloaikoja maailmalla

Tässä luvussa otetaan vertailun vuoksi katsaus turvavyölainsäädännön voimaantuloaikoihin Yhdysvalloissa ja Ruotsissa.

4.1.1 Asennusvelvoite

Yhdysvalloissa tuli vuoden 1968 alussa turvavyön asennusvaatimus kaikkiin uusiin henkilöautoihin (pl. avoautot) reunimmaisille etuistuimille. Turvavyölaitteissa vaadittiin sekä lantio- että diagonaalivyö, jos lantiovyö yksinään ei riittänyt estämään matkustajan heilahtaessa kontaktia tuulilasiin. Nykyaikaiset lukkiutuvalla kelauslaitteella varustetut kolmipisteturvavyöt tulivat pakollisiksi vuonna 1977 säädetyin lain myötä, joka määräsi ne asennettaviksi kaikkiin uusiin henkilöautoihin vuoteen 1984 mennessä. (Primary Enforcement of Seat Belt Laws 2022; Federal Motor Vehicle Safety Standards and Regulations 1999; Lappalainen 2024.)

Ruotsissa asennusvelvoite turvavöille tuli vuonna 1970 henkilöauton etuistuimille ja 1971 henkilöauton takaistuimille. Kevyiden kuorma-autojen etuistuimille tuli asennusvelvoite vuonna 1984, matkailuautojen eteenpäin istuttaville istuimille 1986 ja raskaaseen kalustoon 2004. (Vägverkets föreskrifter om bilar och släpvagnar som dras av bilar 2003: 30 kap. Bilbälten 4 §.)

4.1.2 Käyttövelvoite

Yhdysvaltojen kaikissa osavaltioissa ei ole turvavyön käyttövaatimusta vielä tänäkään päivänä kaikille istumapaikoille tai kaikille ikäryhmille. Useissa osavaltioissa takamatkustajien turvavyön käyttöä ei vaadita ja lisäksi New Hampshiressa käyttövelvoite koskee vain alle 18-vuotiaita istumapaikasta riippumatta. (Seat Belts 2024.)

Ruotsissa turvavyön käyttö tuli pakolliseksi etuistuimilla vuonna 1975 ja yli 15-vuotiaille takamatkustajille vuonna 1986. Alle 15-vuotiaille takamatkustajille turvavyön käyttö muuttui pakolliseksi vuonna 1988. (När infördes lagen om bilbäte?)

4.2 Voimaantuloaikoja Suomessa

4.2.1 Asennusvelvoite

Suomessa turvavyöt oli asennettava ensimmäisenä opetus- ja tutkintoajoon käytettävän henkilöauton etuistuimille 1.9.1970 lähtien ja niiden tuli olla E- tai SF-hyväksytyt. Kaikkien henkilöautojen etuistuimille turvavyöt tulivat pakollisiksi käyttöönottovuodesta 1971 lähtien. Henkilöauton takaistuimien vyöt tulivat pakolliseksi kymmenen vuotta myöhemmin vuonna 1981 muutamien poikkeustapauksin, kuten maastohenkilöauto. Samalla tuli henkilöautoja koskeva vaatimus nk. rullavöiden eli kelauslaitteella varustettujen turvavöiden asentamisesta eteen reunimmaisille istumapaikoille ja kolmipisteväiden asentamisesta kaikille reunimmaisille istumapaikoille. Vöiden piti olla nyt E-säännön 16 tai e 77/541/EEC mukaisesti hyväksytyt tai vaihtoehtoisesti FMVSS 209 vaatimukset täyttävä tai ARK:n hyväksymä malli. (Katsastajan käsikirja 2008: 84.)

Paketti- ja erikoisautoihin, joiden kokonaismassa oli alle 3500 kg, turvavyöt tulivat kaikille varsinaisille istumapaikoille pakollisiksi vuoden 1984 alusta. Samalla turvavyövaatimus tuli myös matkailuauton etuistuimille. Vuoden 1990 alusta takaturvavyöt tulivat lopulta pakolliseksi myös maastohenkilöautoihin ja 1.7.1991 lähtien matkailuauton asunto-osassa oleviin eteenpäin suunnattuihin istuimiin. Vuoden 1993 alusta kolmipisteturvavyöt tulivat pakollisiksi myös pakettiautojen reunimmaisille etuistuimille. Kuorma-autoja koskeva turvavöiden asennusvelvoite tuli voimaan 1.7.1997 tai sen jälkeen käyttöönotettuihin autoihin. Linja-autoihin asennusvelvoite tuli paikallis- ja kaupunkiliikennettä lukuun ottamatta käyttöönottopäivästä 1.10.1999 lähtien. (Katsastajan käsikirja 2008: 84–86.)

Päivämäärästä 20.10.2006 lähtien uuteen tyyppiin hyväksytyn auton tuli täyttää 77/541/ETY + 2005/40/EY mukaiset turvavyövaatimukset. Nyt kaikissa henkilö-, linja- ja kuorma-autoissa tuli olla turvavyöt kaikilla istumapaikoilla lukuun ottamatta joitakin taakse tai sivulle suunnattuja istuimia ja vain paikallaan olevassa ajoneuvossa käytettäväksi tarkoitettuja istuimia. (Katsastajan käsikirja 2008: 87–88.)

4.2.2 Käyttövelvoite

Suomessa turvavyön käyttö tuli pakolliseksi henkilöauton etuistuimilla 1. heinäkuuta 1975 lähtien. Alun perin turvavyön käyttö ei ollut pakollista alle 15-vuotiaille, mutta tämä lievennys poistettiin vuonna 1982. Rangaistavaksi vyön käyttämättä jättäminen tuli kuitenkin vasta 1. syyskuuta 1983 voimaantulleen rikesakkolain myötä. Ennen rikesakkolakia 1970-luvun loppupuolella turvavyötä käytti vain puolet maantiellä matkustaneista ja neljännes taajamassa matkustaneista etupenkeillä istuvista autoilijoista. Rikesakkolain voimaantulon jälkeen Liikenneturvan tutkimuksessa havaittiin, että jo yli 90 prosenttia etupenkeillä matkustaneista käytti turvavyötä vuonna 1985. (Tolonen 1985: 24)

Takapenkillä matkustaneiden turvavyön käyttöasteeseen tällä ei ollut kuitenkaan ollut vaikutusta ja se säilyikin yhtä matalana myös rikesakkolain voimaantulon jälkeen. Henkilöauton takaistuimilla käyttö tuli pakolliseksi 1.11.1987 lähtien. Taksin takapenkille turvavyön käyttöpakko ulottui 1.7.1994 lähtien. (Tolonen 1985: 24; Taksimatkustajat eivät käytä turvavyötä 1999; Milloin turvavyöt tulivat pakollisiksi? 2007; Hurmalainen 2024.)

Toukokuun 1. päivä vuonna 2006 tuli uusi Euroopan unionin turvavyödirektiivi ja sen myötä turvavyön käyttö muuttui pakolliseksi kaikissa autoissa. Muun muassa kuorma-auton ja linja-auton kaikkia istumapaikkoja koskeva turvavyön käyttövaatimus (pl. paikallis- ja kaupunkiliikenne) tuli voimaan. Viimeisenä turvavyön käyttövaatimuksen piiriin pääsivät taksinkuljettajat 1.6.2020 lähtien, kun aikaisemmin vuodesta 2006 lähtien käyttövaatimus oli koskenut vain

koulukyytiajaja ja ilman matkustajia ajaja. (Tieliikennelaki 2018: § 90, § 93; Milloin turvavyöt tulivat pakollisiksi? 2007.)

4.3 Nykytilanne

Suomessa rekisteröitävissä uusissa autoissa ei käytännössä tunneta enää vyöttömiä istumapaikkoja joitakin harvoja poikkeuksia lukuun ottamatta. Yleisesti ottaen, jos istumapaikka on varustettu turvavyöllä, tulee sitä myös käyttää. Lisäksi turvavylaitteiden on täytettävä useiden muiden varusteiden tavoin UNECE:n E-tyyppihyväksynnän mukaiset E-säännöt tai muut lähtömaan mukaiset vastaavat vaatimukset.

5 Turvavyön käyttö ja vaikutus

5.1 Turvavyön käyttö

Liikenneturva on tarkastellut turvavyön käyttöä seurannoillaan jo vuodesta 1966. Pitkän aikavälin seurannoista ilmenee, että turvavyön käyttöasteen trendi on kaikissa seurantakohteissa nouseva.

Tuoreimmat vuoden 2023 seurannat osoittavat, että turvavyön käyttöaste on varsin hyvällä tasolla ainakin henkilöautoissa. Seurannan mukaan henkilöautojen etupenkeillä matkustavista 97 prosenttia käytti turvavyötä taajamissa ja 98 prosenttia taajamien ulkopuolella. Henkilöautojen takapenkeillä turvavyötä käytti 91 prosenttia taajamissa matkustaneista. Pakettiautojen etupenkeillä turvavyötä käytti 89 prosenttia taajamissa matkustaneista ja 88 prosenttia taajamien ulkopuolella matkustaneista. (Liikenteen seurannat 2024; Turvavyö turvannut liikenteessä jo 50 vuotta 2021.)

OTI:n Turvavyöraportti 2023 tarkastelee vuosina 2017–2021 tapahtuneita, liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien tutkimia, kuolemaan johtaneita moottoriajoneuvo-onnettomuuksia. Raportti ei sisällä sairauskohtausonnettomuuksia eikä tietoisesti aiheutettuja onnettomuuksia. Onnettomuuksiin osallisista

vähintään 16-vuotiaista henkilö- ja pakettiautonkuljettajista 70 prosenttia ja matkustajista 72 prosenttia käytti turvavyötä. Onnettomuuksiin osallisista kuorma-autonkuljettajista 84 prosenttia käytti turvavyötä. Turvavyön käyttöasteissa oli suuria eroja sen mukaan, tarkastellaanko onnettomuuksien aiheuttajakuljettajia ja heidän matkustajiaan vai yhteenajo-onnettomuuksien vastapuolia. Vähiten turvavyötä käyttivät yksittäisonnettomuuksien aiheuttajakuljettajat, joista vain 42 prosenttia käytti turvavyötä. Ikäluokista eniten turvavyötä käyttivät yli 44-vuotiaiden ikäluokat. (Räty 2023.)

5.2 Turvavyön vaikutus tieliikenneonnettomuuksissa

Kun turvavyön asennus- ja käyttövelvoitteet astuivat voimaan, vastarinta turvavyötä kohtaan oli voimakasta. Alkuaikoina saatettiin esimerkiksi hakea lääketieteellisiin syihin vedoten lääkärintodistuksia, jotka vapauttivat turvavyön käytöstä. Vyönauhaan kuristuminen tai siihen juuttuminen auton upotessa veteen olivat myös tavallisia vastustajien argumentteja. Nykytutkimuksen valossa tiedämme, että tällaiset onnettomuustapaukset ovat kuitenkin hyvin harvinaisia.

Sitä vastoin ETSC (European Transport Safety Council) arvioi vuonna 2009, että turvavyö olisi pelastanut 50 vuoden aikana arviolta miljoona ihmistä kuolemalta. Turvavyö on viime vuosisadan merkittävin liikenneturvallisuutta parantanut passiivinen turvavaruste. Toisaalta turvavyön käytön laiminlyömällä yksilö voi edelleen mitätöidä kaikki autoalan miljardiluokan investoinnit, jotka on tehty viimeisen puolen vuosisadan aikana. Muukaan turvatekniikka ei toimi suunnitellusti, jos kuljettaja tai matkustaja ei pysy törmäyshetkellä istuimessaan. (Turvavyö turvannut liikenteessä jo 50 vuotta 2021.)

OTI:n Turvavyöraportin 2023 (2017–2021) aineisto koostui 642 tutkitusta onnettomuudesta. Tietoisesti onnettomuuden aiheuttaneet kuljettajat ja heidän matkustajansa pois lukien onnettomuuksissa oli mukana yhteensä 1 321 henkilöä. Henkilöistä 932 oli moottoriajoneuvon kuljettajia ja 389 moottoriajoneuvon matkustajia. Onnettomuuksissa kuoli 529 henkilöä. (Räty 2023.)

Raportin mukaan turvavyön käytöstä hyötyi 310 onnettomuuksissa ollutta henkilö- tai pakettiauton kuljettajaa tai matkustajaa: Turvavyön käyttö pelasti eri todennäköisyyksillä kuolemalta 106 kuljettajaa tai matkustajaa sekä 204 selvisi turvavyötä käyttämällä onnettomuuksista lievemmin vammoin tai vammautumatta. (Räty 2023.)

Turvavyön käytöstä olisi voinut hyötyä 157 turvavyötä käyttämätöntä henkilö- tai pakettiauton kuljettajaa tai matkustajaa: Onnettomuuksissa menehtyi yhteensä 198 kuljettajaa tai matkustajaa, joista 114 olisi voinut eri todennäköisyyksillä selvitä turvavyötä käyttämällä hengissä. Lisäksi 55 vammautuneesta kuljettajasta tai matkustajasta 43 olisi voinut eri todennäköisyyksillä selvitä onnettomuuksista lievemmin vammoin tai vammautumatta. (Räty 2023.)

Kuorma- tai linja-auton kuljettajista tai matkustajista 32 olisi voinut hyötyä turvavyön käytöstä: Sen käyttö olisi voinut eri todennäköisyyksillä pelastaa kuolemalta 7 kuljettajaa 12:sta. Lisäksi 25 vammautunutta 29:stä olisi voinut eri todennäköisyyksillä selvitä turvavyötä käyttämällä onnettomuuksista lievemmin vammoin tai vammautumatta. (Räty 2023.)

Onnettomuuksissa menehtyi turvavyön käytöstä huolimatta yhteensä 278 henkilö- tai pakettiauton kuljettajaa tai matkustajaa. Turvavyötä käyttäneistä onnettomuuksissa menehtyneistä huomattava osa oli hyvin iäkkäitä kuljettajia tai matkustajia. (Räty 2023.)

6 Turvavyö ja viranomaisvalvonta

6.1 Turvavyön käytön valvonta

Poliisi valvoo turvavyön käyttöä tieliikenteessä. Tavallisen liikkuvan partioinnin lisäksi poliisi hyödyntää automaattisia liikennevalvontalaitteita. Näitä ovat poliisin kamera-autoihin asennettavat siirrettävät valvontalaitteet sekä kiinteät valvontapisteet eli nk. ”peltipoliisit”. Turvavyön käyttämättä jättämisestä voidaan

määrätä ajoneuvon kuljettajalle tai matkustajalle 70 euron liikennevirhemaksu (Tieliikennelaki 729/2018: 167 §).

6.2 Katsastus

Määräaikais- ja valvontakatsastuksessa valvotaan ajoneuvon turvavyölaitteiden kuntoa, toimintavarmuutta ja säännöstenmukaisuutta. Tarkastukseen kuuluvat turvavyölaitteet kokonaisuudessaan, kori- ja runkokiinnitykset ympäristöineen sekä ajoneuvon oma diagnostiikka. Rekisteröinti- ja muutoskatsastuksessa valvotaan, että ajoneuvo ja sen turvalaitteet ovat vaatimustenmukaiset rekisteröintihetkellä tai muutosten jälkeen.

Katsastaja vastaa katsastuksessa hyväksymänsä ajoneuvon tieliikennekelpoisuudesta ja -turvallisuudesta. Katsastus on hallintopäätös, jossa katsastaja käyttää julkista valtaa kuten viranomainen. Katsastajaan sovelletaan siten rikosoikeudellisia virkavastuuta koskevia säännöksiä. Katsastajan tulee noudattaa lakia ja sen nojalla annettuja muita säännöksiä ja määräyksiä. Mikäli katsastaja rikkoo lakia tai siihen perustuvia säännöksiä ja määräyksiä, voi hän syyllistyä asiassa rikokseen. Katsastaja saattaa rikkoa virkavelvollisuuttaan esimerkiksi hyväksyessään tahallaan tai huolimattomuuttaan tieliikenteeseen ajoneuvon, joka olisi tullut hylätä katsastuksessa puutteellisen kunnon tai varusteiden takia. Vastaavasti katsastaja voi merkitä viaksi tai puutteellisuudeksi ainoastaan säännöksissä tarkastettavaksi määrättyjä tarkastuskohteita, mikäli ne eivät täytä niille asetettuja vaatimuksia. (Katsastusta koskeva valitus tai korvausvaatimus 2023.)

6.3 Traficom

Suomen liikenteestä, sen turvallisuudesta ja kehittämisestä vastaa viimekädessä Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Se vastaa myös katsastuksen valvonnasta. Valvonta perustuu määräaikais- ja valvontakatsastusten osalta kenttä- ja asiakirjavalvontaan sekä rekisteröinti- ja muutoskatsastusten osalta pelkkään asiakirjavalvontaan. Kentällä tapahtuvassa valvonnassa juuri

katsastettu ajoneuvo voidaan määrätä Traficomin valvojan suorittamaan uudelleentarkastukseen joko osittain tai koko katsastuksen laajuudessa (Laki ajoneuvojen katsastustoiminnasta 957/2013: 41 §).

Traficom tekee myös muun muassa markkinavalvontaa. Sen tarkoituksena on varmistaa, että myytävänä olevat ja maahantuodut ajoneuvot, tarvikkeet ja laitteet ovat turvallisia ihmisten terveydelle, omaisuudelle ja ympäristölle, ja että ne eivät oikein asennettuna ja käytettynä aiheuta vaaraa. (Tieliikenteen markkinavalvonta 2024.)

6.4 Liikennevakuutuskeskus

Liikennevakuutuskeskus (LVK) huolehtii liikennevahingon kärsineen oikeuksista ja toimeenpanee lakisääteisen liikennevakuutuksen laiminlyönnin seuraukset. LVK:n alaisuudessa toimivan Onnettomuustietoinstituutin (OTI) tehtävä on edistää liikenneturvallisuutta yhteensovittamalla liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien toimintaa sekä tilastoimalla tietoa onnettomuuksista. (Turvallisesti liikenteessä 2024.)

7 Turvavöiden tarkastaminen määräaikaikatsastuksissa

7.1 Katsastajan havainnot kentältä

Kirjoittajalla on yli kymmenen vuoden työkokemus katsastajan tehtävistä. Tuona aikana on havaittu, että monesti turvavyölaitteet tarkastetaan määräaikaikatsastuksissa puutteellisesti ja lähinnä pistokokeen omaisesti. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi kuljettajan turvavyö tarkastetaan lähes aina, mutta vaikeammin saatavilla olevat toisen tai kolmannen penkkirivin vyöt tarkastetaan huomattavasti harvemmin. Pahiten tämä korostuu tietysti suuressa kaksikerroksisessa pitkän matkan linja-autossa. Luonnollisesti jokaisen varsinaisen istumapaikan turvavyölaitteet olisi tarkastettava aina kokonaisuudessaan. Turvavöiden puutteelliseen tarkastukseen määräaikaikatsastuksessa saattavat vaikuttaa

esimerkiksi aikataulupaineet, esteellinen pääsy tarkastuskohteeseen ja katsastajan työmotivaatio.

Lisäksi kentältä on piirtynyt kuva, että turvavyönauhan erilaisiin vaurioihin puututaan määräaikaikatsastuksissa hyvin vaihtelevasti. Varsinkin pieniä rispaantumisia ja toistuvasta oven väliin jäämisestä aiheutuneita vaurioita pidetään monesti vähäpätöisinä. Ajoneuvojen määräaikaikatsastuksen arvosteluperusteet määräävät yksiselitteisesti vaurioituneen vyön hylättäväksi katsastuksessa ilman tulkinnan varaa, mikä saattaa joissakin tapauksissa aiheuttaa kynnyksen lieväksi koettuun vaurioon puuttumiseen (Ajoneuvojen määräaikaikatsastuksen arvosteluperusteet 2022).

Yhteenvedona voidaan siis todeta, että turvavyölaitteiden vikoja ja puutteita ei aina löydetä katsastuksessa ja vaikka löydetäänkin, niihin ei välttämättä puututa. Tätä väittämää tukevat myös määräaikaikatsastuksen valtakunnalliset vikatilastot.

7.2 Tilastojen pohjalta tehtävät havainnot

Tehdessään katsastuspäätöstä katsastaja valitsee sekä komponentit että vikatyypit valmiina ohjelmiston valikosta. Tämä takaa jonkinlaisen vikatilastojen vertailtavuuden eri katsastajien ja katsastusasemien välillä. Opinnäytetyötä varten saatiin Traficomista otanta halutuista määräaikaikatsastuksissa merkityistä turvavyölaitevioista valtakunnan tasolla. Tarkasteltaviksi komponenteiksi valittiin ”turvavyö” ja ”turvavyön nauha”, koska kokemuksesta tiedettiin näitä kahta käytettävän ristiin saman komponentin ilmaisemiseksi. Poiminta otettiin raakadatista ja suurten tietojoukkojen vuoksi sen koko oli pidettävä maltillisena, jottei siitä tulisi liian raskas ajaa. Otantajaksoksi tuli reilun neljän kuukauden poiminta ajalta 1.11.2023-6.3.2024. Otanta saatiin Microsoft Excel -tiedostona 6.3.2024 klo 15.20.

Tuon otantajakson kaikkien määräaikaikatsastusten kokonaismäärä valtakunnan tasolla on 908 034 kpl ja kun siitä vähennetään katsastettujen perävaunu-

jen kokonaismäärä, saadaan lopulta tarkasteltavien määräaikaikatsastusten lukumääräksi 878 639 kpl. Kahdelle valitulle komponentille on tuolla otantavälillä merkitty vikoja yhteensä 1 599 kpl, joista 69 kpl on merkitty raskaalle kalustolle (kuorma- ja linja-autot). Tuolloin kokonaisvikaprosentiksi valtakunnan tasolla koskien komponentteja ”turvavyö” ja ”turvavyön nauha” voidaan laskea alle 0,2 %. Käytetyt vikatyypit ovat ”ei hyväksyttyä tyyppiä”, ”ei mitään”, ”katkennut”, ”puuttuu”, ”rispaantunut, uusittava”, ”säännösten vastainen” ja ”vaurioitunut”. Viisitoista kappaletta otannassa merkityistä vioista on merkitty määrättyjen arvosteluperusteiden vastaisesti vain korjauskehoitukseksi (Ajoneuvojen määräaikaikatsastuksen arvosteluperusteet 2022).

Kaksi eniten merkittyä vikatyyppiä otannassa olivat vaurioitunut vyö, joita merkittiin 756 kpl ja rispaantunut vyö, joita merkittiin 638 kpl. Näitä kahta vikatyyppiä merkittiin raskaalle kalustolle yhteensä 60 kpl. Turvavöitä löytyi katkenneena 20 kpl, joista 19 kpl henkilöautoissa ja 1 kpl linja-autossa. Puuttuvia turvavöitä paljastui 88 kpl, joista 8 kpl oli merkitty raskaalle kalustolle ja 3 kpl linja-autoihin.

Otannassa merkityistä vioista 994 kpl on merkitty ajoneuvon edessä sijaitseville istuimille, joista 48 kpl raskaalle kalustolle. Vioista 537 kpl on merkitty takana sijaitseville istuimille, joista 10 kpl raskaalle kalustolle ja 7 kpl linja-autoihin. Kokonaisuudessaan raskaalle kalustolle merkittyjen vikojen osuus suhteessa kevyeen kalustoon on samassa suhteessa liikennekäytössä olevien ajoneuvojen määrään.

Tilastojen pohjalta voidaan tehdä havainto, että varsinkin takaistuimien turvavöiden tarkastamisessa saattaa olla parantamisen varaa. Tämä johtopäätös perustuu siihen, että määräaikaikatsastuksissa tarkastettavia takaistumapaikkoja, joihin luetaan kaikki etummaisena penkkirivin takana olevat istumapaikat ajoneuvoluokasta riippumatta, pitäisi olla suhteessa enemmän kuin etuistumapaikkoja, mutta takaistumapaikoille merkittyjä turvavyövikoja on kuitenkin vähemmän. Tässä täytyy kuitenkin myös huomioida istuimien käyttöaste, joka on ajoneuvokannan valtaosaa edustavien henkilöautojen (n. 2,7 milj. liikennekäytössä) takaistuimilla usein matalampi kuin etuistuimilla. Eläinten, useimmiten koirien

aiheuttamat vauriot korostuvat eniten henkilöautojen takaistuimien turvavöissä. Eniten ajoneuvon sisustuksen varusteisiin, tässä tapauksessa turvavöihin, kohdistuvaa ilkivaltaa on havaittu linja-autojen takaosan istumapaikoilla. (Autokannan kehitys ja autotiheys 2024.)

8 Vetomurtolujuuskokeet

8.1 E-sääntö nro 16

Pohjana suoritettuihin vetolujuuskokeisiin käytettiin soveltuvilta osin Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) säännön nro 16 muutossarjan 07 täydennystä 2, joka määrittää kohdissa 6.3.2 ja 6.3.3 turvavyönauhan minimimurtolujuudeksi käsittelystä riippumatta 14,7 kN. Kahden ”huoneilmassa” käsitellyn näytekappaleen murtolujuuksien välinen ero saa olla enintään 10 prosenttia suuremmasta mitatusta murtolujuudesta.

E-säännön mukaan vetomurtolujuustestit tehdään aina kahdelle uudelle riittävän pitkälle vyönauhan näytekappaleelle, jotka on käsitelty määräysten mukaisesti. Kukin nauha kiinnitetään testauslaitteen liittimiin, joiden on oltava sellaiset, etteivät ne aiheuta nauhan murtumista niissä tai niiden lähellä. Vetonopeuden on oltava noin 100 mm/min. Liittimien välissä olevan nauhan vapaan pituuden on ennen testin alkua oltava 200 ± 40 mm. Kuormitusta lisätään tämän jälkeen, kunnes vyönauha murtuu, jolloin murtokuormitus kirjataan. Jos vyönauha luistaa tai murtuu kosketuskohdassa liittimeen tai 10 millimetrin etäisyydellä liittimestä, testiä pidetään mitättömänä ja tehdään uusi testi toisella näytekappaleella. (Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) sääntö nro 16 muutossarjan 07 täydennys 2 2018.)

8.2 Koevyönauhojen hankinta

Turvavyönauhoja kokeita varten tiedusteltiin Turvavyö Oy:ltä Hyvinkäältä, mistä niitä myös luvattiin saatavaksi. Turvavyö Oy on Suomen ainoa toimija alalla ja toiminut vuodesta 1971, jolloin etumatrustajien turvavyöt tulivat pakollisiksi

henkilöautoihin Suomen tieliikenteessä. Nauhoja käytiin hakemassa 9.1.2024 ja samalla keskusteltiin yhtiön edustajan, *James Kivisen* kanssa. Turvavyö Oy lähettää käytetyt, vaurioituneet ja hävikkivyönauhat kirjoitushetkellä (2024) sotaa käyvään Ukrainaan, jossa niistä tehdään paareja ja ahkioita evakuointikäyttöön. (Kivinen 2024.)

Kivinen kiinnostui opinnäytetyön aiheesta ja kertoi, että olivat joskus suorittaneet samankaltaisia kokeita. Kyseisiä koetuloksia ei valitettavasti vain enää löytynyt. Kivisen kokemuksen mukaan turvavyönauhan harsoontuminen tai rispaantuminen ei vaikuttaisi suhteessa juurikaan vyönauhan vetolujuuteen verrattuna leikkaaviin vaurioihin. Myöskään vyönauhan ikääntyminen tai uv-valo ei vaikuttaisi Kivisen mukaan sen vetolujuuteen. Kivisen mukaan kolaritilanteissa vyönauhoja on katkennut useimmiten ylälenkistä, jolloin äkillisen kitkan aiheuttama kuumeneminen polttaa vyönauhan poikki. Yksi puheeksi tullut erikoisempi tapausesimerkki vyönauhavauriosta on, kun auton sisätilan kosteudenpoistajan suolapitoinen ja syövyttävä sisältö oli vuotanut turvavyön päälle ja sulattanut vyönauhan ompeleet päällelähelle huomattomasti. (Kivinen 2024.)

Koenauhoja saatiin reilusti mukaan, mutta myöhemmin koesuunnitelmaa tehdessä todettiin kappalemäärän olevan toistojen ja luotettavien kokeiden aikaan saamiseksi kuitenkin riittämätön. Näin ollen jouduttiin tekemään vielä toinen haku Hyvinkäälle. Kokeista mahdollisesti ylimääräiseksi jääneet vyönauhat luvattiin palauttaa Turvavyö Oy:lle, jotta ne voitaisiin lähettää edelleen Ukrainan kriisialueelle hyötykäyttöön.

8.3 Koelaitteisto

Kokeissa käytettiin Matertest Oy:n FMT-MEC 225 kN -aineenkoetuskonetta ja ForceProof-ohjelmistoa. Testivyönauhat kiinnitettiin alun perin pressusuikaleiden vetolujuuden mittaamista varten Metropoliassa valmistettuihin kelattaviin lukkorulliin, jotka taas kiinnitettiin koneen alkuperäiseen leukaan tai suoraan vectorunkoon.

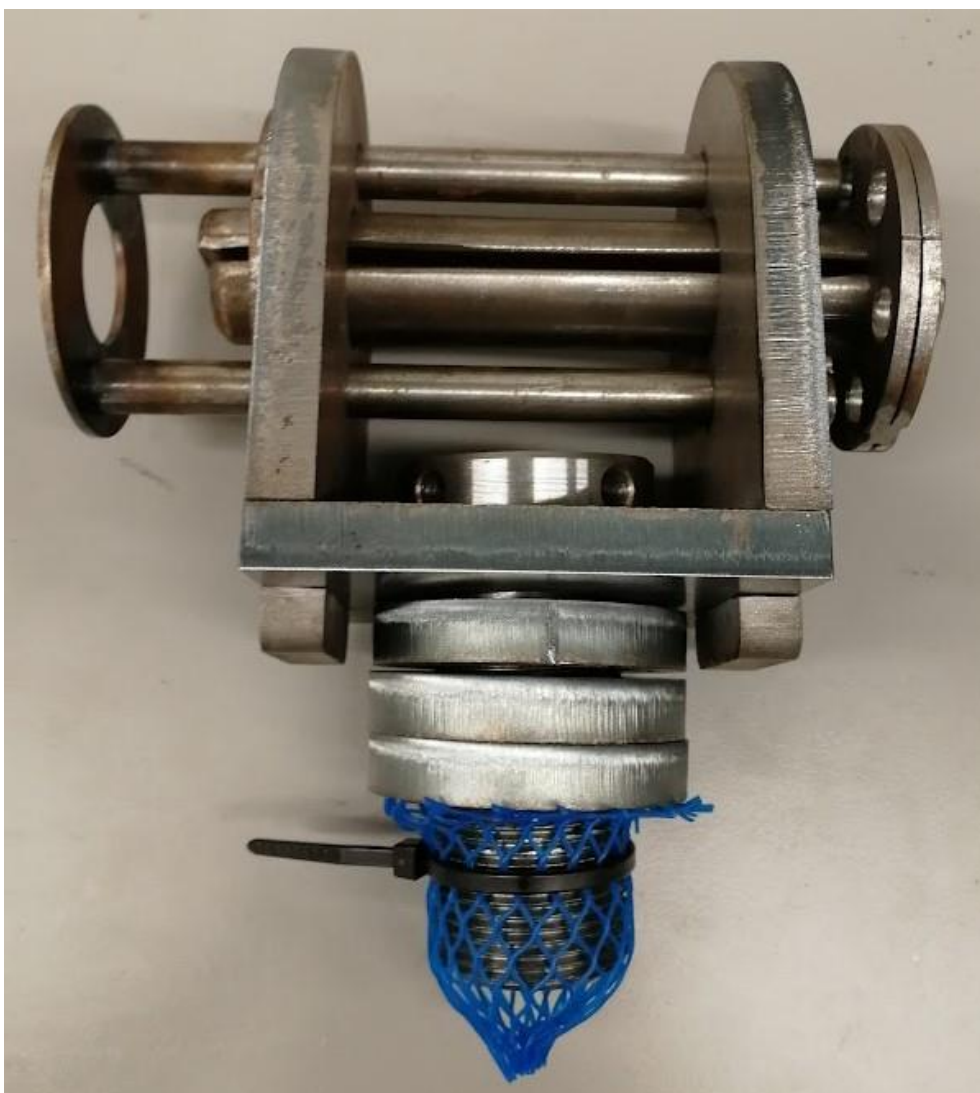
8.4 Koevalmistelut

Testipäivä varsinaisia kokeita varten oli 23.1.2024. Testissä havaittiin, että E-säännön nro 16 sanelema koekappaleen vapaamitta 200 ± 40 mm on aineenkoetuskoneen olemassa olevalle kokoonpanolle liian pitkä turvavyönauhan suuren venymän vuoksi, vaikka poistimme yhden koneen yläpään liikerataa rajoittavan osan. Koekappaleessa käytettiin E-säännön sanelemaa 160 mm vapaamittaa ja 100 mm/min vetonopeutta myötöalueella. Kahdella erillisellä vedolla vedetyn saman vyönauhan vetomurtolujuudeksi saatiin lopulta 24,5 kN eli noin 2500 kilopondia, jolloin koneen liikevarat käytetyllä kokoonpanolla riittivät. Tässä vaiheessa laskettiin, että sopiva kappaleen vapaamitta varsinaisia kokeita varten olisi 100 mm. Tehtiin siis alustava päätös E-säännön mukaisen vapaamitan hylkäämisestä kokeissa, kun tämä sopi myös työn tilaajalle.

Kesäkuun 5. päivä 2024 oli tarkoitus aloittaa varsinaiset vetolujuuskokeet ja paikalla oli opinnäytetyön tekijän ja työn ohjaajan lisäksi myös työn tilaajan edustaja, koulutuspäällikkö *Julius Karki* HelppoKatsastukselta videokuvauslaitteidensa kanssa. Kokeita varten oli laadittu 31 testivyönauhan koesuunnitelma. Ennen varsinaisia koevetoja tehtiin luonnollisesti testivetoja, joissa havaittiin valmistautumisesta huolimatta kuitenkin heti ongelmia. Ensimmäisessä vedossa vyönauha oli kelattu vain kertaalleen molemmista päistään lukkorullien ympärille ja tämä leikkasi vyönauhan poikki heti lukkohahlon kulmasta. Tulos on E-säännönkin mukaan tässä kohtaa hylättävä. Toisella vedolla vyönauha kelattiin toisesta päästään kaksi kertaa ja toisesta kolme kertaa rullan ympärille. Nyt venymä oli niin suurta, että ajoimme aineenkoetuskoneen rajakytkimelleen saakka. Pienen selvitystyön jälkeen kone saatiin ajettua pois rajakytkimeltään, mutta totesimme olevamme jo 100 millimetriin alennetulla koenauhan vapaamittallakin ajettuna aivan liian rajoilla koneen maksimiliikeratojen suhteen.

Tähän ratkaisuna päätimme poistaa toisen koneen alkuperäisistä kiinnitysleuoista koekokoonpanosta. Näin saisimme huomattavasti lisää liikevaraa koneeseen vetokokeita varten. Tämä toimenpide edellytti sopivan 33x2 mm hienokierruuvien löytämistä, minkä huomattiin nopeasti olevan vaikeaa. Ruuvi päädyttiin

koneistamaan itse koululla. Alkuperäinen erittäin painava yläleuka saatiin poistettua moottorinostimella nostamalla sekä miesvoimin tukemalla ja ohjaamalla. Nyt saimme aiemmin valmistetun pienemmän koeleuan (kuva 3) kiinnitettyä suoraan koestuskoneen oman leuan ruuvikiinnitykseen. Nyt kun aineenkoestuskoneen liikerataa vapautui huomattavasti lisää, pystyimme palaamaan jälleen alkuperäiseen suunnitelmaan E-säännön mukaisen koekappaleen vapaamitan 200 ± 40 mm käyttämisestä.



Kuva 3. Kelattava lukkoleuka näitä kokeita varten valmistetulla ruuvikiinnityksellä valmis kiinnitettäväksi.

Toinen kesäkuun 5. päivänä havaituista ongelmista oli, että kun koevyönauhojen paksuudessa esiintyi vaihtelua, paksuimmat nauhat eivät tahtoneet mahtua enää läpi lukkorullan hahlosta. Tätä koitettiin helpottaa pyöristämällä lukkohahlon kulmia, mikä ikävä kyllä saattoi edesauttaa myöhemmin ilmenneitä luistamisongelmia. Koenauhojen läpipujotukseen kulmien pyöristäminen ei joka tapauksessa juurikaan auttanut. Myöhemmin varsinaisessa koevaiheessa puristusliitoksilla kasassa oleva lukkorulla oli purettava aina osiin paksuimpien koe-nauhojen asentamiseksi.

8.5 Koesuunnitelma

Vaikka koesuunnitelma pyrittiin tekemään jo alun perin mahdollisimman hyväksi ja kattavaksi, se kehittyi kuitenkin läpi koko suunnittelu- ja koevaiheen ja eli tilanteiden sekä materiaali- ja laiteresurssien mukaan. Lopulliseen koesuunnitelmaan sisältyi 37 koevetoa. Testattavat vauriotyypit olivat ehjä, rispaantunut, leikkaantunut, eläimen pureksima, auringon polttama, rei'itetty ja väliin jäänyt turvavyönauha eri variaatioin ja toistoin. Joka viides koeveto oli ehjä referenssinauha. Eri vauriotyyppejä hajautettiin koepöytäkirjassa. Vyönauhojen vaurioissa pyrittiin autenttisuuteen eli koekappaleiden manipulointia pyrittiin välttämään. Taulukossa 1 on esitetty lopullisen koesuunnitelman mukainen koepöytäkirja.

8.6 Koepäivät

8.6.1 Ensimmäinen koepäivä

Varsinaiset kokeet aloitettiin 13.9.2024 ja suoritettiin lopulta neljänä eri päivänä syyskuussa 2024. Ennen varsinaisia kokeita tehtiin vielä testivetoja, joissa testattiin lopullista koekokoonpanoa ja pyrittiin saamaan hieman testirutiinia.

Testeissä tuli nopeasti vastaan ongelmia. Suunniteltu koekappaleen mitta 600 mm osoittautui olevan erittäin alarajoilla, mitä tuli lukkorullan ympäri kelattavaksi tarvittavan vyönauhan määrään. Vaikka vyönauha kelattiin mahdollisimman kiireäksi ennen lukitsemista, niin alle kaksi kierrosta oli liian vähän ja nauha alkoi

helposti luistamaan koevedossa. Sopiva määrä kelaukselle olikin 2–3 kierrosta. Yli kolme kierrosta taas alkoi olla liikaa ja lukko ei mahtunut enää kunnolla paikoilleen. Tämän lisäksi alaleuan varsinainen kiinnitys pääsi kerran löystymään. Tämä johtui ilmeisesti siitä, että testaaja töni helposti reidellään kiinnityspyörän kädensijoja käyttäessään lukkorullaa. Lopulta useamman epäonnistuneen vedon jälkeen koenauhan mitta muutettiin 700 millimetriin, mikä vaikutti hieman myös koesuunnitelmaan, koska osa koenauhojen testattavista vauriokohdista oli lähellä koenauhan päätä. Koesuunnitelmasta jouduttiin poistamaan myös uusi vyönauha, josta oli ehditty jo leikata kaksi liian lyhyttä koenauhaa. Tilalle lisättiin kuitenkin useampi koeveto ehjällä referenssinauhalla.

Ongelmat eivät loppuneet suinkaan siihen. Seuraava testiveto tehtiin 700 mm koekappaleella, mutta epähuomiossa E-säännöstä nro 16 poikkeavalla ja selvästi pienemmällä myötöalueen vetonopeudella 12 mm/min, koska ohjelmisto ei ollutkaan tallentanut aikaisemmin syötettyjä ohjearvoja. Tällä vetonopeudella saatiin kuitenkin onnistunut testiveto aikaiseksi ja vyönauha murtui ideaalisti aivan keskeltä koenauhan vapaamittaa. Kun vetonopeudeksi myötöalueella muutettiin E-säännön mukainen 100 mm/min, pääsi testinauha luistamaan lukkorullasta, kiristyi jälleen liian rajusti, luisti lisää, kuumeni ja katkesi rullalta. Vaikka tämä simuloi hyvin onnettomuustilanteita ja useimmiten juuri ylälenkistä suuren kitkan vuoksi kuumenemalla katkeavaa vyönauhaa, niin E-säännön nro 16 kohdan 7.4.2.4 mukaan sekä luistaneen että rullalta tai enintään 10 mm etäisyydeltä rullasta katkenneen nauhan tapauksessa koe täytyy hylätä ja koekappale korvata uudella. Tämä sama lopputulos saatiin myös muilla vastaavilla testiveidoilla.

Turvavyönauhassa on jo luonnostaan hyvin pieni kitkakerroin sen sujuvan toiminnan takaamiseksi. Koekappaleina olleiden käytettyjen vyönauhojen havaittiin olevan lisäksi hyvin rasvaisia pinnaltaan eli käyttäjien iholta oli jäänyt selvästi talia turvavyönauhan pintaan. Tämä teki koevyönauhojen pinnan hyvin liukkaaksi. Kun kitkaparin toinen pinta vetokokeissa oli kiillotettu teräs, jäi kitkaparin kitkakerroin hyvin pieneksi.

Taulukko 1. Koepöytäkirja.

Testi nro	Pvm	Vyönauha	Vetolujuus (kN)
1	13.9.2024	Referenssi 1, Ehjä	26,1
2	13.9.2024	Taso 3 leikkaava vaurio (≤ 27 mm) 1	10,2
3	13.9.2024	Auringon polttama	17,8
4	13.9.2024	Taso 1 rispaantuminen (~ 1 mm) 1	17,1
5	13.9.2024	Referenssi 2, Ehjä	19,1
6	13.9.2024	Taso 2 rispaantuminen (≤ 3 mm) 1	14,6
7	16.9.2024	Taso 3 rispaantuminen (≤ 5 mm) 1	15,1
8	16.9.2024	Taso 1 leikkaava vaurio (≤ 5 mm) 1	16,5
9	16.9.2024	Taso 4 rispaantuminen (≤ 12 mm) 1	10,8
10	16.9.2024	Referenssi 3, Ehjä	27,0
11	16.9.2024	Polttamalla korjattu rispaantuminen (~ 6 mm)	13,9
12	16.9.2024	Toistuvasti väliin jäänyt 1, Pistemäiset vauriot	14,3
13	16.9.2024	Eläimen pureksima 1	5,2
14	16.9.2024	Taso 1 rispaantuminen (~ 1 mm) 2	16,1
15	16.9.2024	Referenssi 4, Ehjä	26,6
16	16.9.2024	Taso 2 rispaantuminen (≤ 3 mm) 2	15,7
17	19.9.2024	Taso 3 rispaantuminen (≤ 5 mm) 2	13,4
18	19.9.2024	Taso 1 leikkaava vaurio (≤ 5 mm) 2	11,6
19	19.9.2024	Taso 4 rispaantuminen (≤ 12 mm) 2	10,9
20	19.9.2024	Referenssi 5, Ehjä	22,6
21	19.9.2024	Toistuvasti väliin j. 2, 10 mm risp. reunassa	11,8
22	19.9.2024	Eläimen pureksima 2, Leikk. vaur. 10 mm	13,4
23	19.9.2024	Taso 1 rispaantuminen (~ 1 mm) 3	14,0
24	19.9.2024	Taso 2 leikkaava vaurio (≤ 12 mm) 1	8,1
25	19.9.2024	Referenssi 6, Ehjä	26,5
26	19.9.2024	Taso 2 rispaantuminen (≤ 3 mm) 3	20,5
27	24.9.2024	Tee se itse -reikä keskellä 1	25,9
28	24.9.2024	Taso 1 leikkaava vaurio (≤ 5 mm) 3	10,8
29	24.9.2024	Taso 3 rispaantuminen (≤ 5 mm) 3	11,2
30	24.9.2024	Referenssi 7, Ehjä	25,5
31	24.9.2024	Toistuvasti väliin jäänyt 3, 10 mm risp.	17,1
32	24.9.2024	Tee se itse -reikä keskellä 2	18,6
33	24.9.2024	Taso 4 rispaantuminen (≤ 12 mm) 3	13,8
34	24.9.2024	Taso 3 leikkaava vaurio (≤ 27 mm) 2	6,0
35	24.9.2024	Referenssi 8, Ehjä	30,2
36	24.9.2024	Taso 2 leikkaava vaurio (≤ 12 mm) 2	7,3
37	24.9.2024	Tee se itse -reikä keskellä 3	18,5

Koska koenauhoja oli hyvin rajallinen määrä, haluttiin koevetojen onnistumisprosentti pitää korkeana. Testatessa huomattiin, että turvavyönauhan tapauksessa myötöalueen vetonopeudella ei ole juurikaan merkitystä lopulliseen vetomurtolujuuden arvoon kokeen onnistuessa muuten E-säännön nro 16 kohdan 7 mukaisella tavalla. Sitä vastoin kokeen E-säännön mukaisen läpiviennin luotettavuus kasvoi tällöin huomattavasti. Lisäksi koska opinnäytetyön kaikkine kokeineen oli tarkoitus valmistua vuoden 2024 aikana ja suunnittelu- ja testivaiheeseen oli vierähtänyt jo yhdeksän kuukautta vuodesta, ei haluttu enää alkaa jatkokehittämään lukkorullaa sen luistamisen ehkäisemiseksi. Tähän olisi voinut toimia esimerkiksi liukuestemateriaali tai pinnan pyällys. Lisäksi koevyönauhojen pesu olisi saattanut lisätä niiden kitkakerrointa, mutta tämä ei olisi ollut enää E-säännön nro 16 kohdan 7 mukaista käsittelyä.

Näin ollen myötöalueen vetonopeuden osalta päätettiin poiketa E-säännöstä ja pitää se tarkoituksella hyvin maltillisena arvossa 12 mm/min. Tämän seurauksena kokeet tietenkin etenivät hitaammin, mutta koesuunnitelmaa pystyttiin läpikäymään luotettavammin. Vedon aikana, sen monitoroinnin ohessa, ehti hyvin valmistella aina seuraavan testikappaleen.

Kaiken tämän lisäksi koeohjelmisto alkoi keskeyttämään koevetoja ilman mitään näkyvää tai selvää syytä. Lopulta vika kuitenkin löytyi. Aineenkoetuskooneen kolmivaihevirran pistotulppa oli päässyt löystymään seinässä. Huono kontakti ilmeni häiriönä koevetovaiheessa. Kun tämä oli korjattu, alkoivat koevedot vihdoin sujumaan ongelmitta, mutta lopulta ensimmäisenä koepäivänä ehdittiin tekemään vain kuusi onnistunutta koevetoa.

8.6.2 Muut koepäivät

Kokeita jatkettiin 16.9., 19.9. ja 24.9. Koevedot olivat pääosin johdonmukaisia toistojenkin perusteella. Testirutiini saatiin muodostettua hyväksi. Koevedoissa tapahtui joskus lievää luistoa, mutta maltillisen myötöalueen vetonopeuden ansiosta kiristys oli kuitenkin aina hallittua, eikä sen nähty vertailtaessa vaikuttaneen lopulliseen vetomurtolujuuden arvoon. Näin ollen lievissä virhetapauksissa

vedot pääosin hyväksyttiin. Kuitenkin myös muutama koeveto jouduttiin hylkäämään tai keskeyttämään. Tähän oli syynä useimmiten vyönauhan suikaloituminen aina kiinnitysrullalle saakka (kuva 4). Koekappaleen vapaamitan suhteen sen ylärekiä havaittiin jostain syystä luotettavammaksi kokeen onnistumisen kannalta, joten kokeissa suositettiin E-säännön nro 16 puitteissa vapaamittaa 230–240 mm.



Kuva 4. Koevyönauha on päässyt suikaloitumaan aina lukkorullaan saakka ja koe on E-säännön nro 16 kohdan 7 mukaan hylättävä.

Koesuunnitelmassa oli ensin mukana myös kuormitettu turvavyönauha. Kokeessa oli tarkoitus simuloida onnettomuudessa venynyttä, mutta kuitenkin vaihtamatta jäänyttä vyönauhaa. Koe oli tarkoitus suorittaa kuormittamalla nauhaa E-säännön nro 16 kuormitustestin mukaisesti 9,8 kN saakka ja vetämällä sen jälkeen muiden kokeiden tapaan uusi koeveto normaalisti murtopisteeseen saakka E-säännön mukaisesta vapaamitasta 200 ± 40 mm. Tämä ei kuitenkaan onnistunut käytännössä, sillä venynyt vyönauha ei enää kestänyt vetokoetta hyväksyysti, vaan katkesi aina lukon sisältä. Näin ollen tyyppitapaus kuormitettu vyönauha jouduttiin poistamaan koeohjelmasta. Epävirallisena koetuloksena kuitenkin saatiin, että kertaalleen kuormitettu vyönauha kesti lopulta saman verran vetoa kuin vastaava kuormittamaton.

Ehjä vyönauha venyi noin 20 prosenttia ennen murtumistaan ja murtui kerralla poikki saakka (kuva 5). Vaurioitunut vyönauha lähti yleensä suikaloitumaan pituussuunnassa vauriokohdasta. Tällöin murtuminen oli hitaampaa ja epäjohdonmukaisempaa sekä murtopinta repaleisempi. Tämä aiheutti hieman epäjohdonmukaisuutta joissakin vedoissa myös koetuloksiin, mutta yleensä ottaen tulokset olivat hyvin linjassa.



Kuva 5. Kerralla katkennut ehjänä vedetty koenauha.

9 Tulokset

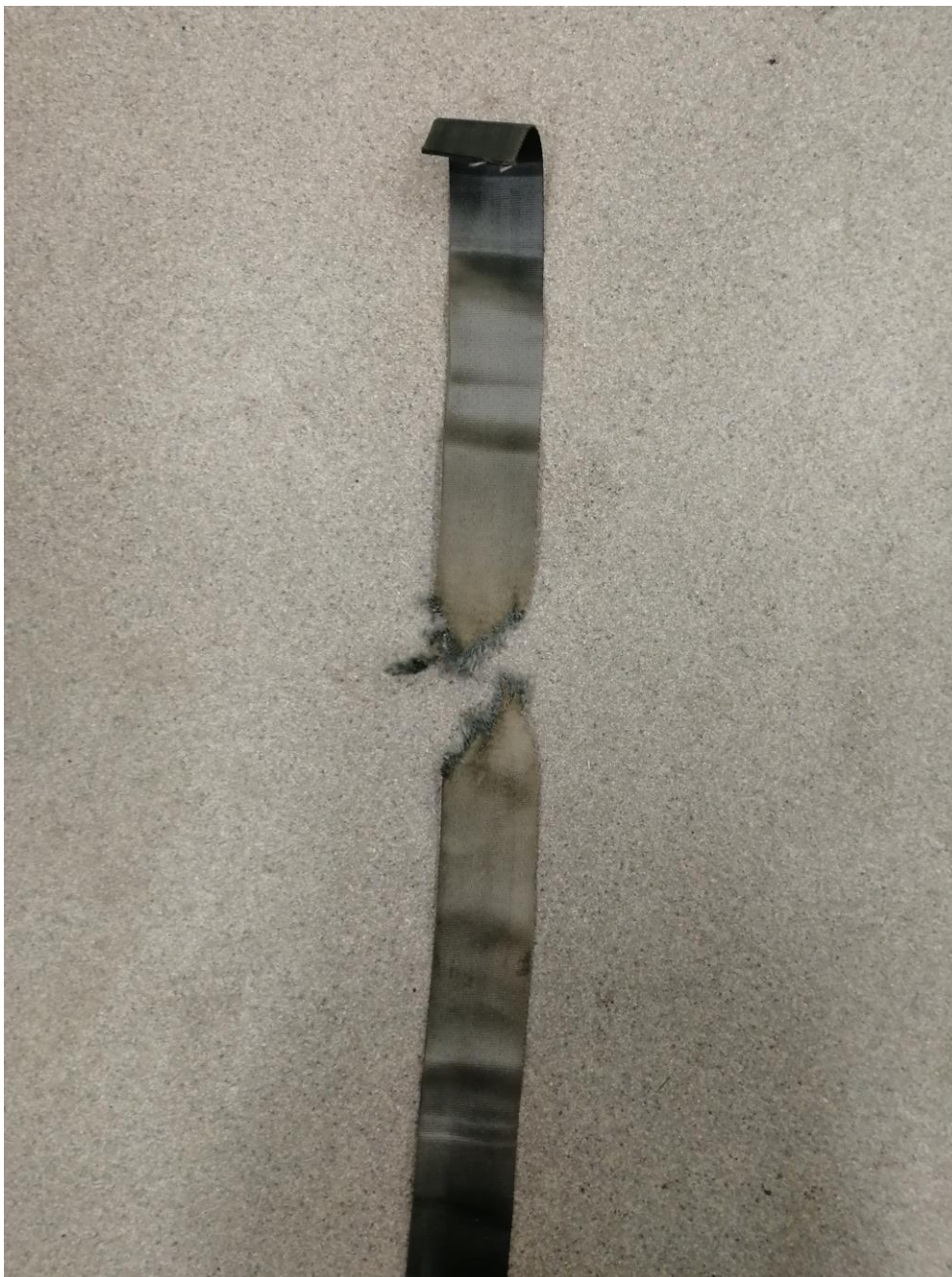
Kaikki kokeissa käytetyt turvavyönauhat olivat nk. 50 millimetrin eli 2 tuuman nauhoja. Vyönauhoille on kuitenkin tyypillistä, että sekä niiden leveys että paksaus vaihtelee hieman. Nauhat eivät muutenkaan olleet mitenkään tasalaatuinen joukko, vaan niiden ikä ja käyttöhistoria saattoivat vaihdella paljonkin. Vetomurtolujuuden raja-arvona arvostelussa pidettiin E-säännöstä otettua 14,7 kN murtolujuutta, joka on määriteltävyönauhan minimivetomurtolujuudeksi.

Ehjiä referenssivyönauhoja vedettiin poikki yhteensä 8 kpl ja ne kestivät vetoa keskimäärin 25,5 kN. Niitä yhdisti nopeasti tapahtuva ja johdonmukainen poikittaissuuntainen katkeaminen murtopisteessä. Yksi näennäisesti ehjän vyönauhan koetyyppi oli auringossa paahtunut nauha (kuva 6), joka oli selvästi uv-säteilyn haalistuttama. Tämä vyönauha kesti vetoa 17,8 kN eli selvästi yli määritetyn raja-arvon, mutta yhden nauhan otoksella kuitenkin värinsä säilyttäneitä nauhoja heikommin. Valitettavasti auringon polttamia koenauhoja ei ollut enempää tarjolla, joten tuloksesta ei voida tämän yhden otoksen perusteella tehdä suurempia johtopäätöksiä.

Lievin fyysinen näkyvä vauriotyyppi koenauhoissa oli itse tehty reikä, joita testattiin kolme kappaletta. Määräaikaiskatsastuksissa näitä on havaittu esimerkiksi itse tehtyjen stopparien yhteydessä. Tämä vauriotyyppi ei havaittu kokeiden perusteella juurikaan vaikuttaneen vyönauhan vetomurtolujuuteen, vaan keskiarvo vetomurtolujuudelle oli 21,0 kN ja heikoimpienkin tulosten tapauksessa murtopinta ei syntynyt tehdystä reiästä, eikä sen linjalle.

Ehkä yleisin määräaikaiskatsastuksessa tavattu turvavyönauhan vauriotyyppi on rispaantunut vyönauha. Vetokokeissa rispaantuneet nauhat oli jaettu neljään eri tasoryhmään, joista kaikista oli kolme koekappaletta. Viides vauriotyyppi oli polttamalla ”korjattu” rispaantuminen, joita oli vain yksi koekappale vertailuksi. Rispaantumisen osalta on huomattava, että rispaantuminen saattaa edetä nopeasti ja sen myötä myös vyönauhan vetomurtolujuus heikkenee nopeasti.

Tason 1 vyönauhat olivat rispaantuneet n. 1 mm asti nauhan reunasta mitattuna ja tason 2 (kuva 7) vyönauhat enintään 3 mm asti nauhan reunasta mitattuna. Näiden kahden ensimmäisen tasoryhmän osalta vetomurtolujuuden keskiarvo ylitti asetetun raja-arvon, ollen tason 1 osalta 15,7 kN ja tason 2 osalta 16,9 kN. Tason 2 kokeissa oli yksi selvästi yläkanttiin poikkeava vetomurtolujuuden tulos.



Kuva 6. Auringon paahtama vyönauha. Vetolujuus 17,8 kN.



Kuva 7. Rispaantunut (taso 2) vyönauha ja stopparinappi. Vetolujuus 20,5 kN. Stopparilla ei ollut vaikutusta.

Tason 3 rispaantuneet vyönauhat olivat enintään 5 mm asti rispaantuneita reunastaan ja tason 4 nauhat enintään 12 mm asti rispaantuneita reunastaan. Näiden kahden tasoryhmän vetomurtolujuuden keskiarvo jäi alle raja-arvon, ollen tason 3 osalta 13,2 kN ja tason 4 osalta 11,8 kN. Viidennessä vauriotyypissä oli ollut tekijällään ajatuksena pysäyttää rispaantumisen eteneminen nauhakudoksessa sulattamalla se polttaen kiinni. Rispaantuminen oli ennen polttamista ulottunut 6 mm asti vyönauhan reunasta. Tämän nauhan vetomurtolujuus oli 13,9 kN eli alle E-säännön nro 16 raja-arvon. Sulattamalla rispaantunut osa kiinni voidaan ehkä hidastaa tai välttää rispaantumisen jatkumista, mutta menetettyä

vyönauhan vetomurtolujuutta ei saada takaisin. Luonnollisesti tämä ei myöskään ole hyväksytty tapa korjata turvavyönauhaa.

Toistuvasti oven väliin jääneiden vyönauhojen (kuva 8) vaurioissa oli paljon eroavaisuuksia keskenään, mutta niitä yhdistivät pistemäiset vauriot, joista osa oli alkanut rispaantumaan. Kolmen koekappaleen vetolujuuden keskiarvo jäi alle E-säännön minimimurtolujuuden, ollen 14,4 kN. Eläimen pureksimien vyönauhojen vauriot eivät myöskään olleet keskenään vertailukelpoiset, mutta kahden koekappaleen otoksella keskiarvo jäi huomattavasti alle raja-arvon, ollen 9,3 kN. Heikompi näistä kesti vetoa ainoastaan 5,2 kN (kuva 9). Eläimen pureksima vyönauha olikin kokeissa vedetyistä vyönauhoista heikoin ja täten vaarallisin tapaus tyyppi.

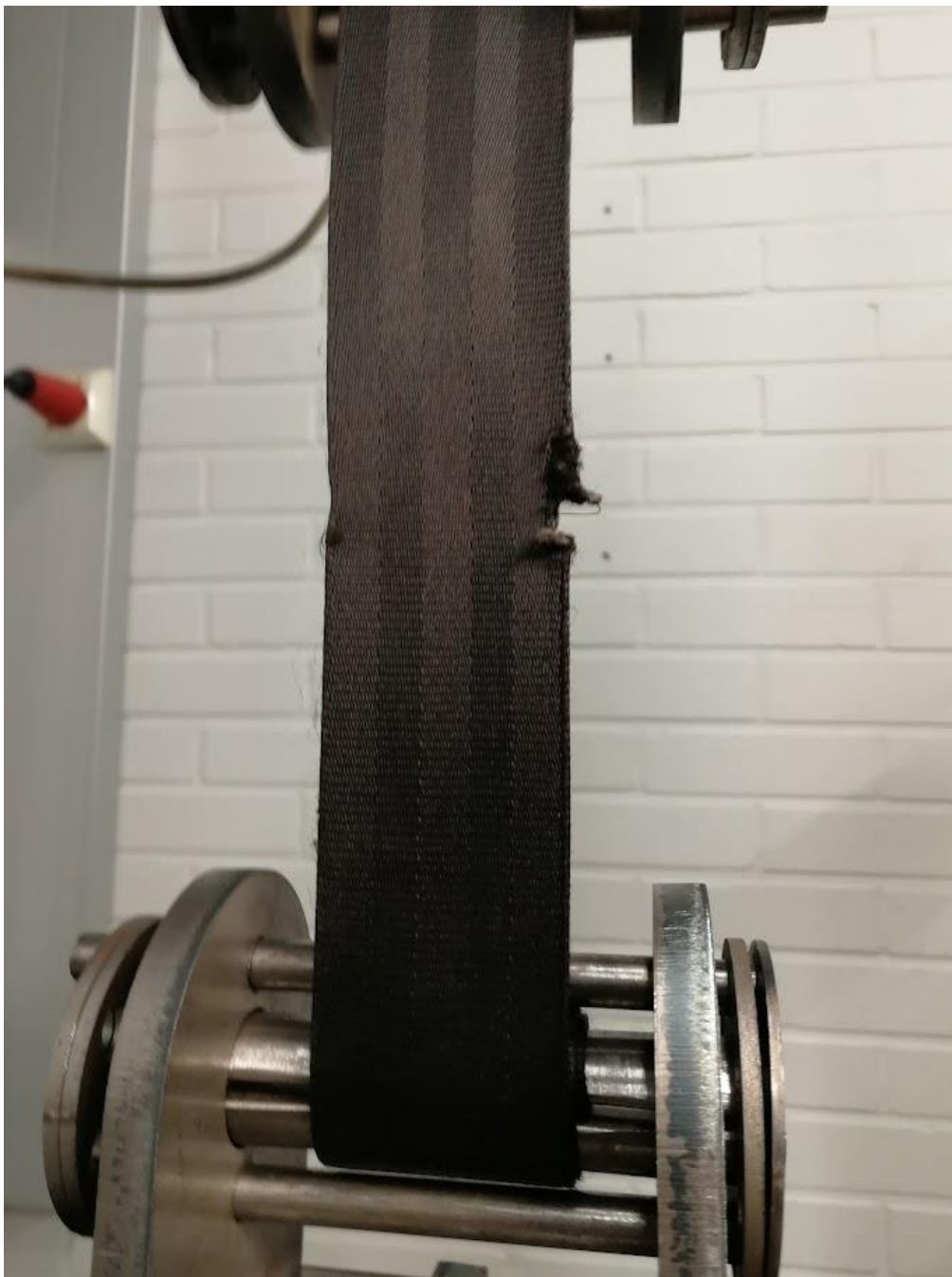


Kuva 8. Toistuvasti oven väliin jäänyt vyönauha. Vetolujuus 17,1 kN.



Kuva 9. Eläimen pureksima vyönauha. Vetolujuus 5,2 kN.

Leikkaavat vauriot vyönauhoissa oli jaettu kolmeen tasoryhmään, joista kaikista tehtiin vähintään kaksi koevetoa. Kaikkien kolmen ryhmän keskiarvot jäivät alle E-säännön raja-arvon. Taso 1 (kuva 10) oli enintään 5 mm leikkaava vaurio reunasta, jonka vetolujuuksien keskiarvo oli 13,0 kN. Taso 2 oli enintään 12 mm leikkaava vaurio reunasta ja taso 3 oli enintään 27 mm leikkaava vaurio reunasta. Näiden kahden tason vetomurtolujuuden keskiarvot olivat n. 8 kN. Leikkaava vaurio leikkaantuu tehokkaasti kuormitettaessa (kuva 11) vaurion koosta riippumatta ja on erittäin vakava vauriomuoto.



Kuva 10. Leikkaava vaurio, taso 1. Vetolujuus 11,6 kN.



Kuva 11. Tason 2 leikkaava vaurio vedossa. Vetolujuus 8,1 kN.

Kokeissa vedettiin poikki yhteensä 29 kappaletta eri asteisesti vaurioituneita turvavyönauhoja, joista 18 kappaletta jäi alle asetetun E-säännön nro 16 kohdan 6 määrittämän minimimurtolujuuden. Tämä vastaa 62 prosenttia kaikista vaurioituneiksi katsotuista vyönauhoista. Kaikkien vaurioituneiksi katsottujen turvavyönauhojen murtolujuuden keskiarvo on 13,8 kN keskihajonnan ollessa 4,5 kN. Tarkemman päätelmän saamiseksi näille vyönauhoille tehtiin Studentin t-testi,

joka noudattaa todennäköisyysjakaumaa nimeltään *Studentin t-jakauma*. Studentin t-jakaumaa käytetään populaation keskiarvon ja sen luottamusvälin tarkasteluun silloin, kun otoskoko on pieni eli yleensä alle 30. Hypoteeseiksi asetettiin H_0 : Vetomurtolujuuden keskiarvo on 14,7 kN tai suurempi ja H_1 : Vetomurtolujuuden keskiarvo on alle 14,7 kN. Yleisesti käytetyllä luottamustasolla 95 % tarkasteltuna hypoteesia H_0 ei voida hylätä merkitsevyystasolla 5 %, joten se jää voimaan.

Kuitenkin, kun otoksesta poistetaan vaurion osalta merkitsevyydeltään mitättömiksi todetut, itse rei'itetyt koekappaleet, saadaan keskiarvoksi 13,0 kN keskihajonnalla 3,7 kN. Nyt voidaan samalla menetelmällä hylätä hypoteesi H_0 merkitsevyystasolla 5 % ja voimaan jää hypoteesi H_1 : Vetomurtolujuuden keskiarvo on alle 14,7 kN. Eli loppukaneettina voidaan todeta, että merkitseväksi havaitulla tavalla vaurioituneet vyönauhat eivät täytä E-säännön 16 määrittelemää minimimurtolujuutta.

10 Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet

Tuloksena tästä opinnäytetyöstä haluttiin tutkia tietoa turvavyönauhojen erilaisten vaurioiden vaikutuksesta niiden vetomurtolujuuteen. Tarve tälle uudelle tutkimustiedolle oli syntynyt määräaikaikatsastuksen asiakaspalvelutilanteista ja katsastajien koulutusta suunniteltaessa. Saaduista tutkimustuloksista pystytään tekemään johtopäätöksiä, joista on toivottavasti tulevaisuuden hyötyä niin katsastusosalalle kuin ylipäätään liikenneturvallisuudelle.

Johtopäätöksenä vetomurtolujuuskokeiden tuloksista voidaan todeta, että kaikki turvavyönauhan vauriot, joissa nauhan materiaali on päässyt rikkoutumaan ja purkautumaan, ovat lähtökohtaisesti vakavia. Näissä tapauksissa ajoneuvon hylkääminen määräaikaikatsastuksessa ja määräys uuden turvavyönauhan asentamisesta on erittäin perusteltua. Myös mitoiltaan lievemmat vauriot ovat taipuvaisia laajenemaan nopeasti vyönauhan ollessa vedossa ja myös aivan normaalikäytössä, kuten mikä tahansa purkaantumaa lähtenyt tekstiilikudus. Ainoa vaurio, jolla ei havaittu juuri olevan vaikutusta turvavyönauhan vetolujuu-

teen, oli vyönauhan keskelle itsetehty reikä. Kuitenkaan turvavyönauhaa ei saa muokata itsenäisesti millään tavalla ja rei'itetty vyönauha katsotaan yhtä lailla vaurioituneeksi ja vaihdettavaksi.

HelppoKatsastuksen Julius Karki koostaa tämän opinnäytetyön pohjalta koulutusmateriaalin katsastajien koulutusta varten. Pyrkimyksenä on vaikuttaa katsastajien asenteisiin ja tottumuksiin koskien turvavöiden tarkastamista katsastuksessa, tarkemmin ajoneuvon kaikkien turvavöiden tarkastamisen tarpeellisuutta ja todettujen turvavyönauhan vaurioiden arvostelua. Sekä määräaikaikatsastuksen vikatilastojen että katsastajana saadun oman kokemuksen mukaan näissä on parantamisen varaa.

Uuden tutkimustiedon toivotaan vaikuttavaan myönteisesti myös tavallisen autoilijan asenteisiin monesti lieviksi ja vähäpätöisiksi koettuja turvavyönauhan vaurioita kohtaan. Jos turvavyö ei toimi ja kestä suunnitellulla tavalla, myöskään mikään muu auton hienoista ja pitkälle kehitetyistä matkustajaa suojaavista turvalaitteista ei toimi suunnitellusti. Kaikki linkittyy lopulta siis turvavyöhön ja sen toimivuuteen sekä luotettavuuteen.

Autoilu ja autolla ajaminen ovat mullistumassa näinä maailman aikoina. Autot ovat kehittymässä yhä enemmän autonomiseen, itseajavaan suuntaan. Pian edessä voi olla aika, jolloin autoilijalle jää ainoastaan yksi tehtävä turvallisen ajomatkan suorittamiseksi: turvavyön kiinnittäminen.

Lähteet

25 years of Mercedes-Benz E-Class in the 210 model series. 2020. Verkkoaineisto. Club Mercedes-Benz France. <https://mb-france.mercedes-benz-clubs.com/2020/07/12/mercedes-benz-e-class-in-the-210-model-series/> 2020. Luettu 27.8.2024.

40 years ago: Mercedes-Benz launched the driver's airbag and seat belt tensioner in series production. 2020. Verkkoaineisto. Mercedes-Benz USA. <https://media.mbusa.com/releases/release-34b22cdf3837beba024634fab13f9b1d-40-years-ago-mercedes-benz-launched-the-drivers-airbag-and-seat-belt-tensioner-in-series-production>. 22.12.2020. Luettu 30.1.2024.

65 years three-point safety belt. 2023. Verkkoaineisto. German Patent and Trade Mark Office. https://www.dpma.de/english/our_office/publications/milestones/inventionsthatmadehistory/safetybelt/index.html. Päivitetty 14.9.2023. Luettu 7.1.2024.

Ajoneuvojen määräaikaiskatsastuksen arvosteluperusteet. 2022. TRA-FICOM/423528/03.04.03.00/2020.

Andréasson, Rune & Bäckström, Claes-Göran. 2000. The seat belt: Swedish research and development for global automotive safety. Tukholma: Kulturvårdskommittén Vattenfall AB.

Atkins, Harry. 2022. When Were Seatbelts Invented? Verkkoaineisto. History Hit. <https://www.historyhit.com/when-were-seatbelts-invented/>. 8.4.2022. Luettu 30.12.2023.

Autokannan kehitys ja autotiheys. 2024. Verkkoaineisto. Autoalan Tiedotuskeskus. https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/liikennekaytossa_olevat_autot#:~:text=Autokannan%20kehitys%20ja%20autotiheys,linja%2Dautoja%20noin%2011%20100. 12.1.2024. Luettu 28.11.2024.

Bohlin, Nils Ivar. 1967. A Statistical Analysis of 28,000 Accident Cases with Emphasis on Occupant Restraint Value. Yhdysvallat: SAE International.

Federal Motor Vehicle Safety Standards and Regulations. Title 49 Code of Federal Regulations Part 571. 1999. Verkkoaineisto. U.S. Department of Transportation. <https://web.archive.org/web/20140529033515/http://www.nhtsa.gov/cars/rules/import/fmvss/#SN209>. Päivitetty 3.1999. Luettu 7.1.2024.

FR 000000331926A. 1903. Bretelles protectrices for voitures automobiles et other. Leveau, Gustave Désiré, Ranska. (Leveau, Gustave-Désiré.) 11.5.1903. Julk. 8.10.1903.

Harris, Tom. 2023. How Seat Belts Work. Verkkoaineisto. HowStuffWorks. <https://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety-regulatory-devices/seatbelt4.htm>. 29.4.2023. Luettu 5.2.2024.

HMRI Celebrates the Life and Legacy of Dr. C. Hunter Shelden. 2003. Verkkoaineisto. Huntington Medical Research Institutes. https://web.archive.org/web/20110226051243/http://www.hmri.org/HMRI_News/HMRI_News_-_May_2003/Shelden_Memorial/shelden_memorial.html. 5.2003. Luettu 4.1.2024.

Hurmalainen, Urmas. 2024. Turvavyö päälle jo pihalla peruuttaessa. Verkkoaineisto. Kaasujalka. <https://kaasujalka.fi/2024/05/21/turvavyo-paalle-jo-pihalla-peruuttaessa/>. 21.5.2024. Luettu 17.10.2024.

Janik, Erika. 2017. The Surprisingly Controversial History Of Seat Belts. Verkkoaineisto. Wisconsin Public Radio. <https://www.wpr.org/surprisingly-controversial-history-seat-belts>. 25.9.2017. Luettu 5.1.2024.

Katsastajan käsikirja. 2008. Versio 2.0. 22.10.2008. Ajoneuvohallintokeskus.

Katsastusta koskeva valitus tai korvausvaatimus. 2023. Verkkoaineisto. Traficom. <https://www.traficom.fi/fi/katsastusta-koskeva-valitus-tai-korvausvaatimus>. Päivitetty 26.4.2023. Luettu 4.11.2024.

Kivinen, James. 2024. Turvavyö Oy, Hyvinkää. Keskustelu 9.1.2024.

Kurczewski, Nick. 2023. What Is an Inflatable Seat Belt? Verkkoaineisto. Capital One. <https://www.capitalone.com/cars/learn/finding-the-right-car/what-is-an-inflatable-seat-belt/2365>. 13.6.2023. Luettu 30.1.2024.

Laaksonen, Hannu. 1982. TM lääkäri: Turvavyön historiaa. Tekniikan Maailma. 1/1982, s. 104–105.

Laki ajoneuvojen katsastustoiminnasta. 2013. 13.12.2013/957.

Lappalainen, Kai. 2024. Turvavyö – maanteiden hengenpelastaja. Verkkoaineisto. Wheels.fi. <https://www.wheels.fi/turvavyo-maanteiden-ruotsalainen-hengenpelastaja/>. 2024. Luettu 17.10.2024.

Lausunto tieliikenteen automaation edellyttämiä lainsäädäntömuutoksia koskevasta arviomuistiosta. 2024. Verkkoaineisto. Autotuoajat ja -teollisuus ry. https://www.autotuoajat.fi/linjaukset/uusimmat_lausunnot/lausunto_tieliikenteen

[automaation edellyttämia lainsaadantomuutoksia koskevasta arviomuistiosta. 3005.news](#). 17.5.2024. Luettu 11.11.2024.

Lehto, Steve & Leno, Jay. 2016. Preston Tucker and His Battle to Build the Car of Tomorrow. Chicago: Chicago Review Press.

Liikenteen seurannat. 2024. Verkkoaineisto. Liikenneturva. <https://www.liikenneturva.fi/tutkimukset/liikenteen-seurannat/#727e8ac4>. Luettu 28.10.2024.

Milloin turvavyöt tulivat pakollisiksi? 2007. Verkkoaineisto. Kirjastot.fi. https://www.kirjastot.fi/kysy/milloin-turvavyot-tulivat-pakollisiksi?language_content_entity=fi. 16.2.2007. Päivitetty 16.12.2018. Luettu 17.10.2024.

När infördes lagen om bilbäte? Verkkoaineisto. Nationella trafiksäkerhetsförbundet. <https://ntf.se/fragor-och-svar/bilar/bilbalte/nar-infordes-lagen-om-bilbate/#:~:text=Vilket%20%C3%A5r%20inf%C3%B6rdes%20lagen%20om,%C3%A5r%20i%20baks%C3%A4tet%20inf%C3%B6rdes%201986>. Luettu 16.10.2024.

O'Grady, Sean. 2009. The man who saved a million lives: Nils Bohlin - inventor of the seatbelt. Verkkoaineisto. Independent. <https://www.independent.co.uk/tech/the-man-who-saved-a-million-lives-nils-bohlin-inventor-of-the-seatbelt-1773844.html>. 19.8.2009. Luettu 6.1.2024.

Primary Enforcement of Seat Belt Laws. 2022. Verkkoaineisto. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/transportationsafety/calculator/factsheet/seatbelt.html>. Päivitetty 22.2.2022. Luettu 7.1.2024.

Regulation (EU) 2019/2144 of the European Parliament and of the Council. 2019. Asetus (EU) 2019/2144. Verkkoaineisto. Euroopan unionin virallinen lehti. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/2144/oj>. 16.12.2019. Luettu 28.10.2024.

Ronan, Larry. 1979. Seat belts: 1949-1956. E-kirja. U. S. Department of Transportation: National Highway Traffic Safety Administration.

Räty, Esa. 2023. OTI-Turvavyöraportti 2023. Verkkoaineisto. Onnettomuustietoinstituutti. <https://www.lvk.fi/document/484781/247FD5FAF22CC2AE85D62CA66D98B67D6FE8DD53DE0984B96CF6B72D61DBAAC4>. 2023. Luettu 4.1.2024.

Seat Belts. 2024. Verkkoaineisto. Governors Highway Safety Association. <https://www.ghsa.org/state-laws/issues/seat%20belts>. Päivitetty 5.2024. Luettu 17.10.2024.

Seatbelt Force Limiter. 2024. Verkkoaineisto. SEAT. <https://www.seat.com/car-terms/s/seatbelt-force-limiter>. 2024. Luettu 27.8.2024.

Taksimat kustajat eivät käytä turvavyötä. 1999. Verkkoaineisto. STT. MTV Uutiset. <https://www.mtvuutiset.fi/artikkeli/taksimat-kustajat-eivat-kayta-turvavyota/5417022#gs.g9fj4n>. 1.7.1999. Luettu 17.10.2024.

The seat belt - who invented it? 2020. Verkkoaineisto. SaabBlog. <https://en.saabblog.net/2020/12/10/der-sicherheitsgurt-wer-hat-ihn-erfunden/>. 10.12.2020. Luettu 7.1.2024.

The three points that saves on million lives. Verkkoaineisto. Volvo Group. <https://www.volvogroup.com/en/about-us/heritage/three-point-safety-belt.html>. Luettu 5.1.2024.

The Vattenfall seat belt. Verkkoaineisto. Vattenfall. <https://history.vattenfall.com/stories/innovation-and-creativity/the-vattenfall-seat-belt>. Luettu 7.1.2024.

Tieliikennelaki. 2018. 10.8.2018/729.

Tieliikenteen markkinavalvonta. 2024. Verkkoaineisto. Traficom. <https://traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/tieliikenteen-markkinavalvonta>. Päivitetty 28.8.2024. Luettu 28.10.2024.

Tolonen, Jorma. 1985. Turvavyöpakko on tarpeen kaikille. Helsingin Sanomat. 14.12.1985.

Turvallisesti liikenteessä. 2024. Verkkoaineisto. Liikennevakuutuskeskus. <https://www.lvk.fi/>. Luettu 29.10.2024.

Turvavyö turvannut liikenteessä jo 50 vuotta. 2021. Verkkoaineisto. Liikenneturva. <https://www.liikenneturva.fi/ajankohtaista/turvavyo-turvannut-liikenteessa-jo-50-vuotta/#aaac188a>. 7.4.2021. Luettu 30.1.2024.

Turvavyömuistutin lisää turvallisuutta. 2010. Verkkoaineisto. Yle. <https://yle.fi/a/3-5515024>. 23.2.2010. Luettu 30.1.2024.

US 2710649A. 1955. Combination Shoulder and Lap Safety Belts. Griswold, Elizabeth M., Old Lyme, Connecticut, Yhdysvallat. (Griswold II, Roger W.; De Haven, Hugh.) US 211738A, 19.2.1951. Julk. 14.6.1955. 7 s.

US 3043625A. 1962. Safety Belt. Volvo AB, Ruotsi. (Bohlin, Nils Ivar.) US 834258A, 17.8.1959. Julk. 10.7.1962. 3 s.

What Is A Seat Belt Pretensioner. 2023. Verkkoaineisto. My Airbags. <https://blog.myairbags.com/what-is-a-seat-belt-pretensioner>. Päivitetty 2.10.2023. Luettu 31.1.2024.

Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) sääntö nro 16 muutossarjan 07 täydennys 2. 2018. Verkkoaineisto. Euroopan Unionin virallinen lehti. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A42018X0629>. 27.4.2018. Luettu 14.11.2023.

