

Heikki Kössö

**Ajoneuvoyhdistelmien kokonaismassakorotusten vaikutukset Suomen tieliikenneturvallisuu-
teen**

Opinnäytetyö

Kevät 2014

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikka

Auto- ja työkonetekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Heikki Kössö

Työn nimi: Ajoneuvoyhdistelmien kokonaismassakorotusten vaikutukset Suomen tieliikenneturvallisuuteen

Ohjaaja: Heikki Kokkonen

Vuosi: 2014

Sivumäärä: 65

Liitteiden lukumäärä: 1

Ajoneuvoyhdistelmien uudet ja suuremmat kokonaismassat otettiin käyttöön Suomessa lokakuun alussa 2013. Tämän työn päätavoitteena on tutkia näiden massamuutosten vaikutuksia Suomen tieliikenneturvallisuuteen. Tutkimuksessa pyritään selvittämään, kuinka suuren turvallisuusriskin liikennöinti näillä ”superrekoilla” aiheuttaa ja millä keinoin sitä voidaan mahdollisesti pienentää.

Tutkimus koostuu useista eri osioista. Tutkimuksen laajin osa käsittelee muissa maissa tehtyjä vastaavanlaisia tutkimuksia. Ne on tehty sellaisissa maissa, joissa nämä suuremmat massat ovat jo yleisesti käytössä. Tutkimustuloksia on tarkasteltu erityisesti turvallisuuden näkökulmasta ja niiden soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin on selvitetty.

Rakenteiden osiossa on selvitetty Suomessa aikaisemmin käytössä olleiden ajoneuvoyhdistelmien soveltuvuutta uusille kokonaismassoille. Lisäksi on käsitelty teiden ja siltojen kantokykyä sekä ajodynamiikkaan liittyviä fysiikan ilmiöitä. Lopuksi on vielä suoritettu pienimuotoinen haastattelu Seinäjoen katsastuskonttoreiden päälliköille ja selvitetty heidän näkemyksiään tästä lakiuudistuksesta.

Avainsanat: tieliikenneturvallisuus, ajoneuvoyhdistelmä, kokonaismassakorotus, tutkimus, rakennekestävyys, infrastruktuuri, katsastustoiminta

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Heikki Kössö

Title of thesis: The effects on the road safety with the bigger ratings of the trains in Finland

Supervisor: Heikki Kokkonen

Year: 2014

Number of pages: 66

Number of appendices: 1

This study investigates the road safety relating to the new bigger ratings of trains in Finland. The law concerning those ratings was put into operation on the first of October in 2013. The goal of this study is to work out, how big risks these new mass changes cause for traffic. Additionally it tries to work out how these potential risks can be prevented.

The study consists of many different sections. The widest part deals with the studies of the other countries where these new masses are already in use. It worked out the results of the studies especially connecting to the traffic safety and thought to their applicability in Finland.

One part deals with the structure resistance of the trucks with the new masses. Moreover there are some accounts about the condition of the roads and bridges. Some physical events and laws connecting to the driving dynamic are also worked out. There is a brief account which was made some technical inspection stations in Seinäjoki. The inspection engineers were interviewed.

Keywords: road safety, train, rating increase, study, strength of structure, infrastructure, inspection working

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	9
2 YLEISTÄ.....	10
3 LAKIMUUTOS.....	12
4 TUESTÖ.....	14
4.1 Varsinais-Suomi ja Satakunta	15
4.2 Uusimaa ja Häme.....	15
4.3 Kaakkois-Suomi.....	17
4.4 Pohjois-Savo, Etelä-Savo ja Pohjois-Karjala.....	18
4.5 Keski-Suomi.....	20
4.6 Pohjois-Pohjanmaa ja Kainuu	20
4.7 Lappi	21
4.8 Etelä-Pohjanmaa, Pohjanmaa ja Keski-Pohjanmaa.....	22
4.9 Sillat	24
5 MASSAN VAIKUTUS JARRUTUSMATKAAN.....	25
6 KANSAINVÄLISET TUTKIMUKSET.....	28
6.1 Australia	28
6.1.1 Tutkimus1	28
6.1.2 Tutkimus 2	33
6.1.3 Tutkimus 3	34
6.2 Eurooppa	37
6.2.1 Tutkimus 1	37
6.2.2 Tutkimus 2	39
6.2.3 Tutkimus 3	41

6.3 Pohjois-Amerikka	43
6.4 Afrikka	45
6.5 Yhteistyötutkimukset	47
6.6 Ajoneuvon ja tien väliset vuorovaikutustutkimukset	51
7 MASSAMUUTOSTEN VAIKUTUKSET	
RAKENNETOLERANSSEIHIN.....	54
7.1 Seitsemän akseliset yhdistelmätyypit.....	54
7.2 Kahdeksan akseliset yhdistelmätyypit.....	55
7.3 Muuta	58
8 HAASTATTELU	60
9 YHTEENVETO.....	62
LÄHTEET	65
LIITTEET	71

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Sillan rajoitusmerkin lisäkilpi kolmiakseliselle telille	19
Kuvio 2. Sillan akseli-, teli- ja kokonaismassarajoituksen lisäkilpi.....	19
Kuvio 3. Suomen huonokuntoisimmat tiet 2011	23
Kuvio 4. Suomen maantiesiltojen kunto vuonna 2011	24
Kuvio 5. PBS-ajoneuvon suorituskykyyn perustuvat standardit	29
Kuvio 6. Kolmiosainen Kalari B-tyyppi	31
Kuvio 7. Matalan nopeuden pyyhkäisytesti	37
Kuvio 8. Painavampien puutavarayhdistelmien testausta	50
Kuvio 9. Kolmiakselisten N3-luokan ajoneuvojen rakennetoleransseja	57
Kuvio 10. Neliakselisten O4-luokan ajoneuvojen rakennetoleransseja	57
Kuvio 11. Viisiakselisten O4-luokan ajoneuvojen rakennetoleransseja.....	58
Kuvio 12. Suurempien kokonaismassojen aiheuttamien riskien arviointi	60
Kuvio 13. Yhdistelmien rakennekestävyyksien arviointi	61
Taulukko 1. Kokonaismassojen pysyvät korotukset.....	12
Taulukko 2. Kokonaismassojen viiden vuoden väliaikaiskorotukset	13
Taulukko 3. Edellisten kaavojen tunnuksat ja suureet	27
Taulukko 4. PBS:n tieluokitus ja suorituskykyyn perustuva ajoneuvotyyppi.....	32
Taulukko 5. Edellisten kaavojen tunnuksat ja suureet	53
Taulukko 6. 7-akselisten yhdistelmien rakennetoleransseja	55
Taulukko 7. 8-akselisten yhdistelmien rakennetoleransseja	56

Käytetyt termit ja lyhenteet

TRAFI	Liikenteen turvallisuusvirasto, joka kehittää ja valvoo Suomen tie-, ilma- ja vesiliikenteen turvallisuutta erilaisilla valvonta- ja viranomaistoimenpiteillä. Lisäksi se edistää liikenejärjestelmien ympäristöystävällisyyttä. (Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi [viitattu 8.7.2013].)
PBS	”Performance Based Standards” on suorituskykyyn perustuva luokitusjärjestelmä, joka tarjoaa muun muassa raskaiden ajoneuvojen valmistajille mahdollisuudet saavuttaa tuottavampia ja turvallisempia ajoneuvoja uudenlaisen suunnittelun avulla (About Performance Based Standards [viitattu 8.7.2013]).
NTC	”National Transport Commission” muodostuu sanoista Kansallinen Kuljetuskomissio. Se on Australian osavaltioiden hallitustenvälinen elin, joka huolehtii tavasta hoitaa tie-, rautatie- ja intermodaalikuljetukset (useamman kuljetusmuodon yhdistelmä) turvallisemmin, tuottavammin ja ympäristöystävällisemmin. (About National Transport Commission [viitattu 9.7.2013].)
HML	”Higher mass limits” on kansallisesti hyväksytty järjestelmä, joka sallii tietynlaisten, testattujen ja hyväksytyjen raskaiden ajoneuvojen liikennöinnin lisämassoilla tietyn edellytyksin (Higher Mass Limits [viitattu 10.7.2013]).
HPFV	”High Productivity Freight Vehicles” on raskaille ajoneuvoille annettu määritelmä Australian Victoriassa, joka tarkoittaa tavarankuljetusta suuremmilla ajoneuvoilla. Se vähentää yhdistelmien määrää ja lisää tieliikenneturvallisuutta. (Higher Productivity Freight Vehicles – Moving More With Less [viitattu 10.7.2013].)

- VTI** "Statens väg- och transportportforskningsinstitut" on Ruotsin valtion alainen liikenteen alan tutkimuskeskus, joka on kansainvälisestikin merkittävä instituutti (About VTI [viitattu 13.7.2013]).
- HCT** "High Capacity Transport" on tieliikennetermi, joka tarkoittaa suurempien ajoneuvojen ja kuormien kuljettamista tiestöllä ja lisää siten tehokkuutta, kilpailukykyä sekä pienentää polttoaineenkulutusta (Larger Trucks – a Blessing for the Environment [viitattu 15.7.2013]).
- IAP** "Intelligent Access Program" on ohjelmisto, jonka avulla valvotaan Australian tiestöllä liikkuvia ajoneuvoja. Näin varmistetaan, että nämä IAP-ajoneuvot noudattavat sovit-
tuja reittiverkostoja sekä saadaan turvattua tieinfrastruktuuria ja parannettua turvallisuutta. (Intelligent Access Program [viitattu 15.7.2013].)
- TFK** Ruotsissa vuodesta 1949 toiminut yksityinen kuljetus- ja logistiikka-alan muodostama tutkimusorganisaatio (Vad vi är [viitattu 15.7.2013]).
- FPInnovations** Kanadalainen yritys, joka keskittyy metsäteollisuutta helpottaviin tieteellisiin ratkaisuihin ja parantaa siten muun muassa Kanadan metsäteollisuuden maailmanlaajuista kilpailukykyä (FPInnovations [viitattu 31.8.2013]).
- EBS** Hyötyajoneuvojen sähköisesti ohjattu jarrujärjestelmä, jonka tarkoituksena on tehostaa ajoneuvon oman paineil-
majärjestelmän toimintaa sekä jarrutus- että vetotilanteissa (Autoteknillinen taskukirja 2003, 761).

1 JOHDANTO

Tutkimuksen päätavoitteena on selvittää massamuutosten vaikutuksia Suomen tieliikenneturvallisuuteen. Tavoitteena on lisäksi selvittää, kuinka Suomen yleisimpien ja entisten, 60 tonnisten yhdistelmätyyppien (seitsemän- ja kahdeksanakseliset) rakennetoleranssit riittävät massakorotuksia silmällä pitäen. Ovatko nämä yhdistelmätyypit turvallisia tieliikenteessä myös suuremmilla massoilla? Tämä tutkimustyön toimeksiantajana toimii liikenteenturvallisuusvirasto, Trafi.

Suomessa otettiin siis käyttöön uusi laki, joka kasvattaa ajoneuvoyhdistelmien tiettyjä mittoja nykyistä suuremmiksi. Laki mahdollistaa esimerkiksi yhdistelmien kokonaismassojen ja korkeuden korotukset.

Työn toinen osa-alue on muissa valtioissa, kuten esimerkiksi Ruotsissa tehdyt tutkimukset tästä kyseisestä aiheesta. Euroopan lisäksi myös muissa maanosissa on tehty asiaan liittyviä tutkimuksia, joista osa perustuu teoreettiseen analysointiin ja osa käytännön tasolla tehtyihin testauksiin. Tarkoituksena on selvittää mitä on tutkittu, minkälaisia menetelmiä on käytetty ja millaisia tuloksia on saatu. Tutkimusmenetelmien ja -tulosten soveltuvuutta Suomeen on selvitetty. Pääpaino on luonnollisesti turvallisuudessa.

Tutkimuksessa käsitellään myös Suomen tieverkoston ja siltojen nykykuntoa sekä kestävyyttä raskaampien ajoneuvoyhdistelmien kulkualustana. Työhön kuuluu myös pienimuotoinen kysely raskaan kaluston katsastustoimipaikoille. Siinä selvitetään katsastusviranomaisten näkemyksiä tämän uuden esityksen tuomista riskeistä. Voidaanko katsastustoiminnalla vaikuttaa mahdollisiin turvallisuusuhkiin?

Työn tavoitteena on antaa mahdollisimman tarkka selvitys raskaampien ajoneuvoyhdistelmien aiheuttamista riskeistä tieliikenteessä. Ovatko turvallisuusriskit todellisia ja kuinka niitä voidaan vähentää tai eliminoida? Kuinka paljon tieliikenneturvallisuudesta joudutaan tinkimään elletäessä talouden ehdoilla? Nykypäivän tekniikka on toki pitkälle kehittynyt ja ajonhallintaa helpottavia laitteita ja järjestelmiä on saatavissa jo kuorma-autoihinkin, mutta niitä ei käsitellä tässä työssä.

2 YLEISTÄ

Maanteiden tavarankuljetukset ovat Suomessa tänä päivänä hyvin yleisiä ja tulevaisuudessa niiden käyttö tulee olemaan vähintään nykytasolla, luultavasti jopa hiukan lisääntymään. Suomi on harvaanasuttu palveluyhteiskunta, jossa pitkät etäisyydet ja vilkas ulkomaanvienti pakottavat turvautumaan maantiekuljetuksiin. Teollisuus on jakautunut tasaisesti maan eri osiin. Maantiekuljetukset ovat joustavuudeltaan erinomainen kuljetusmuoto. (Liikenne kansantaloudessa [viitattu 3.4.2013].)

Vuonna 2007 kuorma-autojen kuljetussuorite oli 26,0 mrd. tonnikilometriä ja tieliikenteen tavarankuljetussuorite yhteensä 26,9 mrd. tonnikilometriä. Tieliikenteen osuus kotimaan suoritteista oli hieman kasvussa (noin 67 %). (Liikenne kansantaloudessa [viitattu 3.4.2013].) Tonnikilometri eli kuljetussuorite on tavarankuljetuksessa käytettävä kuljetustyön määrää kuvaava mitta, joka saadaan kertomalla kuljetettu tavaramäärä tonneina ja kuljetusmatka kilometreinä (Käsitteet ja määritelmät [viitattu 3.4.2013]).

Eri kuljetusmuoto-osuuksissa ei viime vuosina ole tapahtunut suuria muutoksia. Tieliikenteen kuljetussuoriteosuus on Suomessa hiukan pienempi kuin muissa Euroopan Unionin jäsenvaltioissa ja rautateiden vastaavasti suurempi. Muualla EU:n alueella tavaraliikenne on kasvanut Suomea nopeammin, tiekuljetukset jopa talouskasvua nopeammin. (Liikenne kansantaloudessa [viitattu 3.4.2013].)

Yhteiseksi tavoitteeksi asetettu hyvinvoinnin edistäminen edellyttää lisääntyvää kuljetus- ja liikennepalveluiden tehostamista. Pienten valtioiden, kuten Suomen, menestyminen talouskilpailussa edellyttää erityisesti vientiä palvelevien kuljetusten tehostamista. (Liikenne kansantaloudessa [viitattu 3.4.2013].)

Liikenneturvan tekemän selvityksen mukaan kuolonuhrien määrä on pysynyt ennallaan viimeisen kymmenen vuoden aikana onnettomuuksissa, joissa mukana on ollut raskas ajoneuvo. Loukkaantuneiden määrä on laskenut noin kolmanneksen kyseisenä ajanjaksona. Tarkastelujakson aikana kuolonuhreja raskaan ajoneuvon onnettomuuksissa on ollut noin sata ja vastaavasti loukkaantuneita vajaat 800 vuosittain. Tämä on vajaat 40 % kaikista kuolemaan johtaneista liikenneonnettomuuksista. Näitä massakorotuksia silmällä pitäen huolestuttavinta on, että suurin osa (noin

83 %) raskaan liikenteen vakavista onnettomuuksista sattuu taajamien ulkopuolella, sillä suurimmat ajoneuvoyhdistelmät pääasiassa liikennöivät kaupunkien välisillä pääteillä. (Liikenne kansantaloudessa [viitattu 3.4.2013].) Lisäksi valtaosa raskaalle liikenteelle sattuvista onnettomuustyypeistä on sellaisia, joissa henkilöauto syystä tai toisesta ajautuu vastaan tulevan ajoneuvoyhdistelmän kaistalle.

3 LAKIMUUTOS

Liikenne- ja viestintäministeriö on siis jo hyväksyttänyt Euroopan komissiolla tämän asetusehdotuksen, jossa Suomen teillä liikennöiville ajoneuvoyhdistelmille otettaisiin käyttöön uudet mitat. Ehdotus on ollut tämän jälkeen lausuntokierroksella eri sidosryhmillä. Laki hyväksyttiin tämän tutkimustyön aikana ja uudet massat otetaan käyttöön 1.10.2013. Kokonaismassojen korotusehdotukseen sisältyy sekä pysyviä (Taulukko 1. Kokonaismassojen pysyvät korotukset), että viiden vuoden väliaikaisia nostoja (Taulukko 2. Kokonaismassojen viiden vuoden väliaikaiskorotukset). Tällä siirtymäjaksolla pyritään helpottamaan kuljetusyrittäjien investointitarpeita. (Suomen Autolehti 2012, 27.) Ajoneuvoyhdistelmät on muutokatsastettava ennen kuin niillä voidaan liikennöidä uusilla kokonaismassoilla. Katsastuksessa on oltava mukana valmistajan todistus rakenteiden kestävyyksistä. (Suomen autolehti 2013, 48.)

Uuden lain perusteella yhdistelmien korkeutta lisättäisiin nykyisestä 4,2 m:stä 4,4 m:iin. Näiden lisäksi neliakseliset autot ja yli 44 t:n yhdistelmät saavat lievennyksiä nykyisiin siltasääntöihin (Suomen Autolehti 2012, 27).

Taulukko 1. Kokonaismassojen pysyvät korotukset
(Suomen Autolehti 2012, 27).

Ajoneuvotyyppi	Nykyinen kokonaismassa	Uusi kokonaismassa
4-akselinen kuorma-auto	32 t	35 t
5-akselinen kuorma-auto	38 t	42 t
8-akselinen ajoneuvoyhdistelmä	60 t	68 t
9-akselinen ajoneuvoyhdistelmä	60 t	76 t

Sen sijaan vaarallisia aineita kuljetettaessa uusi maksimikokonaismassa on 68 t edellyttäen, että vetoautossa on neljä akselia ja koko yhdistelmän akselimäärä on vähintään kahdeksan (Suomen Autolehti 2013).

Taulukko 2. Kokonaismassojen viiden vuoden väliaikaiskorotukset (Suomen Autolehti 2012, 27).

Ajoneuvon tyyppi	Nykyinen kokonais- massa	Uusi kokonais- massa
2-akselinen kuorma-auto	18 t	20 t
3-akselinen kuorma-auto	26 t	28 t
kuorma-auton 3-akselinen teliakselisto	24 t	27 t
7-akselinen ajoneuvoyhdistelmä	60 t	64 t

Tämä edellä mainittu siltasääntö kuuluu seuraavasti: Neli- tai viisiakselisen kuorma-auton kokonaismassa ei saa ylittää määrää, joka saadaan lisäämällä 20 t:iin 270 kg, kun on kysymys neliakselisesta autosta. Vastaava lisäys viisiakselisen auton kohdalla on 350 kg. Tämä massalisäys suoritetaan jokaisesta 0,10 metristä, jonka auton äärimmäisten akselien välinen etäisyys ylittää 1,80 metriä.

$B_{\text{auto}} = (L - 1,8 \text{ m}) : 0,1 \text{ m} \times (0,27 \text{ t tai } 0,35 \text{ t}) + 20 \text{ t}$; jossa B_{auto} = auton maksimikokonaismassa ja L = ääriakselien väli.

Esimerkki:

Viisiakselisen auton maksimikokonaismassa, kun äärimmäisten akselien väli on 7000 mm = 7.0 m $[(7,0 \text{ m} - 1,8 \text{ m}) : 0,1 \text{ m}] \times 0,35 \text{ t} + 20 \text{ t} = 38,2 \text{ tonnia}$. (Auton kokonaismassa [viitattu 3.5.2014].)

4 TIESTÖ

Suomen tieverkon kokonaispituus on vajaat 80 000 km. Valta- ja kantateitä on yhteensä reilut 13 000 km ja moottoriteitä vajaat 800 tiekilometriä. (Tietietoa [viitattu 4.5.2013].)

Suomen tieverkoston kunto on merkittävä tekijä tutkittaessa painavampien rekkojen vaikutuksia liikenneturvallisuuteen. Päätietyt ovat pääosin pinnattuja eli asfaltoituja. Sivutiet voivat olla myös sorateitä ja niilläkin liikkuu puutavarayhdistelmiä. Vaikka tie olisi asfaltoitu, asfaltin ominaisuuksilla (ikä ja kunto) on erittäin suuri merkitys pysähtymismatkoihin. Tämä korostuu ennen kaikkea raskaammilla ajoneuvoilla. Mitä vanhempi asfaltti on, sitä heikommat ovat tien pito-ominaisuudet. Toisaalta vanhemmilla tieosuuksilla asfaltti on usein jo heikentynyt niin paljon, että siihen on muodostunut kuoppia. Nämä kuopat aiheuttavat turvallisuusriskin ja raskaampien ajoneuvojen alla niitä muodostuu lisää ja tilanne vain pahenee entisestään. Myös liikenneviraston selvityksestä ilmenee, että epätasainen tie vaurioituu nopeammin kuin tasainen tie. Lisäksi talviajan kunnossapitoa olisi tehostettava nykyisestä, jotta turvallisempi ja tehokkaampi liikennöinti raskaammilla yhdistelmillä mahdollistettaisiin. (Teiden kunnossapito [viitattu 4.5.2013].)

Nyt kun on varmistunut, että tuo uusi laki tulee voimaan, aloitetaan toiminnallisesti tärkeimpien tieosuuksien ja kuljetusreittien arviointi yhdessä liikenneviraston, kuntien, ELY-keskusten ja elinkeinoelämän kanssa. Kunnat saavat itsenäisesti päättää aikataulunsa tässä operaatiossa. (Teiden kunnossapito [viitattu 4.5.2013].)

Seuraavassa on tarkasteltu pari vuotta sitten ELY-keskusten (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus) Suomen eri osista tekemiä tiestön kuntokartoituksia. Useassa yhteydessä on käynyt ilmi, että Suomen tieverkko on liian rapistunut ollakseen turvallinen raskaampien yhdistelmien liikennöintiin (Kuvio 3. Suomen huonokuntoisimmat tietyt 2011). Suurin ongelma lienee rahoitus, koska esimerkiksi uuden asfalttipinnan vetäminen on kallis toimenpide. Liikenneviraston tämänhetkisen arvion mukaan tulisi nykyteihin ja -siltoihin sijoittaa noin 600 miljoonaa euroa ylimäärästä, jotta ne kestäisivät turvallisesti uudet ja raskaammat yhdistelmät. Nykyään raskaan kaluston aiheuttamien vaurioiden osuus tien ylläpitokustannuksista on noin 50 %. Suomen

ilmastoalueella talvet aiheuttavat herkästi routimisongelmia tiestölle ja sitä kautta asfalttivaurioita. (Teiden kunnossapito [viitattu 4.5.2013].)

4.1 Varsinais-Suomi ja Satakunta

Varsinais-Suomen ja Satakunnan alueilla tieverkoston kokonaispituus on noin 8000 km, josta päällystettyjä teitä on noin 6000 km. Siltoja on noin 1800 kpl. Alueen tieverkoston kunnossapito on huomattavasti haastavampaa ja kalliimpaa kuin maan muiden osien. Tämä johtuu rannikkoalueen nopeista sääntuoksista ja sitä kautta kelivaihteluista sekä savipohjaisista tieperustuksista. (ELY-keskus Varsinais-Suomi [viitattu 8.5.2013].)

Teiden talvihoito tapahtuu samalla tavalla kuin muuallakin maassa eli liikennemäärät ja sitä kautta hoitoluokat määrittelevät, missä kunnossa teitä pyritään pitämään. Pääväylien liikennöintikunto on tarkoitus pitää hyvänä nopeista kelimuutoksista huolimatta. (ELY-keskus Varsinais-Suomi [viitattu 8.5.2013].)

Tälläkin alueella päällysteiden uusimistarve olisi noin 900km/vuosi, mutta heikon rahoituksen ja kalliiden raaka-aineiden vuoksi vuosittainen päällystysmatka jää noin kolmannekseen tavoitteesta. Pääosa alueen liikenteestä (noin 98 %) kulkee päällystetyillä teillä. (ELY-keskus Varsinais-Suomi [viitattu 8.5.2013].)

Varsinais-Suomessa ja Satakunnassa on huonokuntoisia siltoja noin 130 kpl, mikä on noin 20 % koko maan huonokuntoisten siltojen määrästä. Tällä alueella ei kuitenkaan ole painorajoitettuja siltoja valta- eikä kantateillä eikä rajoituksia ole tulossa ajoneuvoyhdistelmien kokonaismassakorotuksista huolimatta. Kaiken kaikkiaan alueilla on lakimuutoksen jälkeen 95 kpl painorajoitettuja siltoja, joista suurin osa on vanhoja kivihoivasiltoja. (ELY-keskus Varsinais-Suomi [viitattu 8.5.2013].)

4.2 Uusimaa ja Häme

Tällä alueella tieverkon kokonaispituus on noin 9000 km, josta reilut 7000 km on päällystettyä osuutta. Siltoja on noin 3000 kpl. Alueen tiehoidon tavoitteena on tar-

jota pääteiden käyttäjille turvallinen liikennöinti myös talviolosuhteissa sekä hyväkuntoiset päällysteosuudet. Tierahoja pyritään satsaamaan siltojen peruskorjauksiin ja vaativiin tiekohteisiin kuten erityisesti tiepainaumiin. (ELY-keskus Uusimaa [viitattu 9.5.2013].)

Talvikunnossapitoon käytettävä rahamäärä on noin 20 miljoonaa euroa. Viime vuosina toimintaa on tehostettu siirtymällä pääteillä yhtenäisiin laatuvaatimuksiin vuorokauden ajasta riippumatta. Liikennemäärät, tieluokka ja liikenteen luonne määrittelevät tieosuuden palvelutason, johon sisältyy asiakastarpeiden huomiointi. Suolan käytölle liukkaudentorjunnassa on asetettu käyttömäärärajoitukset, jotta ympäristövaurioilta vältyttäisiin. Alueen autoilijat ovat olleet pääosin tyytyväisiä päteiden talvihoitoon. (ELY-keskus Uusimaa [viitattu 9.5.2013].)

Päällysteiden ylläpitotoimintaa ohjaavat yhteysväleittäin jaetut ylläpitoluokat, jotka määräytyvät liikennemäärien, toiminnallisen luokan, rahoituksen ja muiden paikallisten liikennetarpeiden tietojen perusteella. Alueen päällystettyjen teiden kunto on aivan hyvä ja vain 5 % on huonokuntoisia osuuksia. Tämän vuoden budjetissa päällystys- ja tiemerkinthankkeisiin on käytettävissä noin 25 miljoonaa euroa, mikä ei riitä esimerkiksi tielinjojen oikaisuhankkeisiin. Teiden rakennekorjaustarpeista tehdään selvitykset joka vuosi ja toimenpiteet suoritetaan kiireellisyysjärjestyksessä ja niitä tehdään vuosittain 5–10 kohteella. Viime vuonna teiden rakenteita uusittiin noin 40 km:llä ja uutta päällystettä vedettiin noin 500 km:lle. Päällystetystä tieverkosta vilkasliikenteisten teiden osuus on vajaa 50 %. (ELY-keskus Uusimaa [viitattu 9.5.2013].)

Siltojen korjaustoimenpiteisiin ja ylläpitoon on vuonna 2013 ollut käytettävissä noin 16 miljoonaa euroa. Alueen silloille tehdään vuosittain tarkastukset, joissa tutkitaan, ettei niihin ole syntynyt välitöntä liikenneturvallisuusriskiä. Viiden vuoden välein suoritetaan vastaavasti yleistarkastukset, joissa tutkitaan siltojen kuntoa. Näiden lisäksi erikoistarkastuksia tehdään 20–40 sillalle vuodessa. Kuntoluokkaan 1 tai 2 (erittäin huono tai huono) kuuluvia siltoja oli vuonna 2013 alussa 168 kpl, joista 21:lle oli asetettu painorajoitukset. Tyydyttävässä kunnossa olevia siltoja on noin 750 kpl ja niistä suurin osa on tippumassa lähivuosina alempiin kuntoluokkiin. Lisäksi useita

pääteiden siltoja on tulossa lähivuosina peruskorjausvaiheeseen, mutta suurista liikennemääristä johtuen on niiden korjaaminen haastavaa. Alueella uusitaan tai korjataan noin 35–40 siltaa vuosittain. (ELY-keskus Uusimaa [viitattu 9.5.2013].)

4.3 Kaakkois-Suomi

Kaakkois-Suomen tieverkon yhteispituus on noin 4400 km, josta päällystettyä osuutta on noin vajaat 3000 km. Siltoja on sen sijaan noin 880 kpl. Tälläkin alueella esiintyy nopeita säänvaihteluita ja se aiheuttaa tienhoidolle erityisvaatimuksia. Lisäksi alueen läpi suoritetaan kauttakulkuliikennettä ja se lisää raskaan kaluston liikennöintimääriä huomattavasti. (ELY-keskus Kaakkois-Suomi [viitattu 15.5.2013].)

Tämän alueen talvihoidosta ei ole ELY-keskuksen sivuilla muuta tietoa kuin että liukkaudentorjunta, auraukset, tienpintojen tasaaminen, lumivallien poisto ja liikennemerkkien puhdistukset kuuluvat tähän toimintaan. (ELY-keskus Kaakkois-Suomi [viitattu 15.5.2013].)

Päällysteitä uusitaan keskimäärin 15 vuoden välein, mutta pääteillä noin joka viides vuosi. Sivuteillä sama päällyste voi olla jopa 40 vuotta, paitsi puutavarakuljetusten kannalta merkittävimmät reitit pyritään päällystämään tiheämmin. Pääteillä, joiden nopeusrajoitukset ovat 100 km/h, syntyy herkästi uria. Urasyvyyden ylittäessä 13 mm luokitellaan tie huonokuntoiseksi, koska esimerkiksi ajoneuvoyhdistelmän perävaunu joutuu herkemmin heijaamisliikkeeseen uraisella tiellä. Vuosittainen päällysteiden uusimismatka on noin 100–150 km, vaikka todellinen tarve olisi kaksinkertainen. Rahoitus sekä raaka-aineiden hinta ja saatavuus ovat päätekijät, jotka vaikuttavat vuosittaisiin päällystysmatkoihin. (ELY-keskus Kaakkois-Suomi [viitattu 15.5.2013].)

Myöskään siltatoimenpiteistä ei ole suuria mainintoja. Vuosittain alueella tehdään pääosin pienimuotoisia (30–60 kpl) siltojen ylläpitokorjauksia, joilla pyritään pitämään sillat kunnossa koko niiden käyttöiän ajan. Tavoitteina on myös, ettei pääteillä ole yhtään painorajoitettua siltaa eikä tieverkon yhdenkään sillan kuntoluokka laske ykköseen. (ELY-keskus Kaakkois-Suomi [viitattu 15.5.2013].)

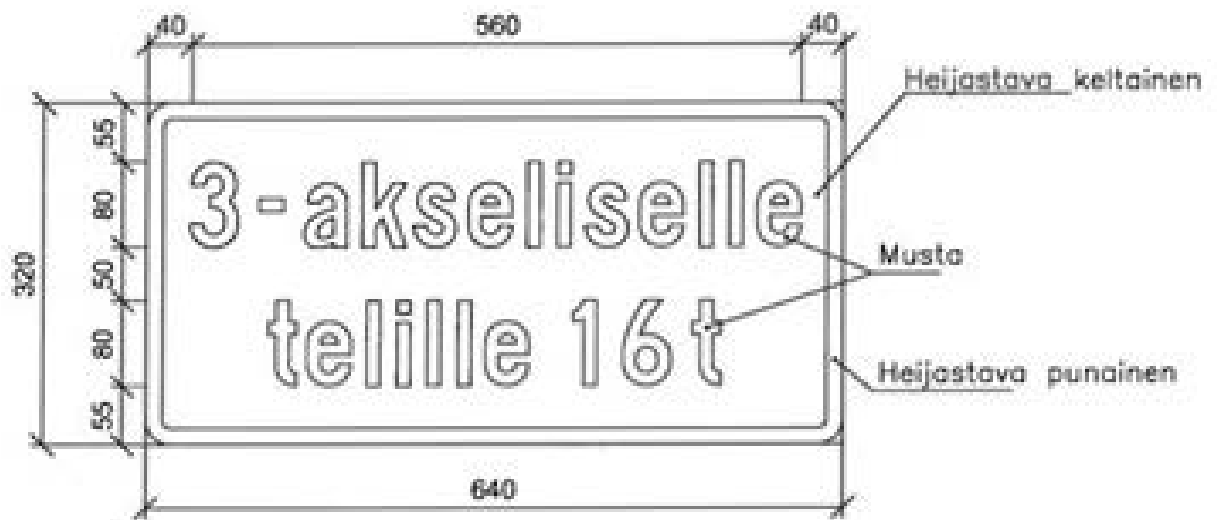
4.4 Pohjois-Savo, Etelä-Savo ja Pohjois-Karjala

Tieverkoston kokonaispituus on noin 16000 km, josta reilu puolet on päällystettyä osuutta. Siltojen lukumäärä tällä alueella on 2213 kpl, joista puukantisten ja putkisiltojen osuus on huomattava. Kolme urakoitsijaa hoitaa 15 alueurakkaan jaetun tienhoidon. (ELY-keskus Pohjois-Savo [viitattu 16.5.2013].)

Talvihoidon osalta pyritään toimimaan valtakunnallisen tason ja ohjeistuksen mukaisesti ottamalla kuitenkin paikalliset olosuhteet huomioon. Koko tieverkko pyritään säilyttämään laadultaan samanlaisena, vaikka pääpaino täälläkin on pääteiden hoidossa. Suolan käyttöä pyritään säännöstelemään (9000 t/vuosi) käyttämällä ympäristöystävällisempää kaliumformaattia korvaavana aineena liukkaudentorjunnassa. Sen korkea hinta asettaa kuitenkin käyttörajoituksia. Lisäksi alueen talvihoitoon kuuluu 7 km:n pituinen Pielisen jäätie. (ELY-keskus Pohjois-Savo [viitattu 16.5.2013].)

Rahoituksen puute aiheuttaa sen, että erityisesti vähäliikenteisten teiden kunto heikenee. Valta- ja kantateiden kunto pyritään pitämään nykytasolla. Päällystystöitä tehtiin vuonna 2013 reilun 300 km:n matkalla ja lisäksi hoidettiin muutamia paikkauskohteita. (ELY-keskus Pohjois-Savo [viitattu 16.5.2013].)

Silloille suoritetaan tarkastuksia vuosittain siten, että kaikki sillat tulevat tarkastuskohteeksi vähintään kerran viidessä vuodessa. Jos kuntotarkastuksessa havaitaan puutteita, tehdään erikoistarkastus ja sen pohjalta aloitetaan korjaussuunnittelu. Näin siltojen hyvä kunto pyritään säilyttämään. Vuonna 2013 siltojenkorjaukseen varattu summa oli noin 5,5 miljoonaa euroa, jolla saadaan korjattua noin 40 siltaa. Uudet ajoneuvoyhdistelmien kokonaismassat eivät lisää alueen pääteillä painorajoitettujen siltojen lukumäärää (Kuvio 1. Sillan rajoitusmerkin lisäkilpi kolmiakseliselle telille), mutta sivuteillä määrä kasvaa 12:sta 67:ään kpl:seen (Kuvio 2. Sillan akseli-, teli- ja kokonaismassarajoituksen lisäkilpi). (ELY-keskus Pohjois-Savo [viitattu 16.5.2013].)



Kuvio 1. Sillan rajoitusmerkin lisäkilpi kolmiakseliselle telille (ELY-keskus Pohjois-Savo [viitattu 16.5.2013]).



Kuvio 2. Sillan akseli-, teli- ja kokonaismassarajoituksen lisäkilpi (ELY-keskus Pohjois-Savo [viitattu 16.5.2013]).

4.5 Keski-Suomi

Keski-Suomen alueella tieverkkoa on yhteensä noin 5300 km, josta päällystettyä tiestöä vajaan 3000 km. Siltoja on vajaan 950 kpl. (ELY-keskus Keski-Suomi [viitattu 25.5.2013].)

Talvihoidosta ei ollut sen erikoisempaa raportointia, kuten ei myöskään päällystys-tilanteesta. Se oli vain mainittu, että erityisesti valtateiden päällysteet ovat kuluneet nopeasti ja sitä kautta niiden kunto on heikentynyt. Siltatilanteesta sen verran, että monet alueen silloista ovat tulleet viimeisen kahden vuosikymmenen aikana peruskorjausikään, joten korjaustarve on lisääntynyt huomattavasti. (ELY-keskus Keski-Suomi [viitattu 25.5.2013].)

4.6 Pohjois-Pohjanmaa ja Kainuu

Kunnossapidettävän tieverkon kokonaispituus on lähes 13 000 km, josta reilut 8000 tiekilometriä on päällystettyä osuutta. Siltoja on vähän yli 2000 kpl. Suurin osa (yli 90 %) eduskunnalta saatavasta vuosittaisesta perustiepidonrahoituksesta käytetään alueella teiden kunnossapitotoimenpiteisiin. Tälläkin alueella omat haasteensa kunnossapitoon tuovat maantieteellisestä sijainnista johtuvat nopeat säävaihtelut, erilaiset ilmastotyyppit ja vaihteleva maasto. Alueen tienkäyttäjät pitävät pääteiden talvihoitoa ja päällysteiden hyvää kuntoa tärkeimpinä osa-alueina kunnossapidossa. (ELY-keskus Pohjois-Pohjanmaa [viitattu 26.5.2013].)

Talvihoidossa alueen tiestölle määritellään tavoiteltava palvelutaso, joka vastaa vasti määritetään laatuvaatimuksilla. Ne ohjaavat teille tehtäviä toimenpiteitä esimerkiksi aurauksen, liukkaudentorjunnan ja tasoituksen kannalta. Suunnittelukaudella talvihoitoon käytettävä euromäärä on noin 13 miljoonaa vuodessa. Päätietyritään pitämään sivuteitä paremmassa kunnossa. Liukkaudentorjunnassa käytetään alueen eteläosissa ja rannikkoalueilla suolausta, pohjoisosissa hiekoitusta ja tienpintojen karhennusta. Lisäksi alueella on talvisin käytössä noin 7 km:n jäätie Oulunsalosta Hailuotoon. (ELY-keskus Pohjois-Pohjanmaa [viitattu 26.5.2013].)

Vuosittainen tienhoidon ylläpitoon käytettävä summa on noin 17 miljoonaa euroa. Se riittää uuteen päällysteeseen noin 250 km:llä, vaikka päällystysmäärät ovat tälläkin alueella viime vuosina vähentyneet ja on jouduttu käyttämään urien paikkausmenetelmiä. Tälläkin sektorilla pääpaino on pääteiden kunnossapidossa. (ELY-keskus Pohjois-Pohjanmaa [viitattu 26.5.2013].)

Siltojen kunto heikkenee vähitellen, koska rahoitus (4 miljoonaa euroa/vuosi) ei riitä varsinkaan suurten siltojen peruskorjauksiin. Korjaustoimenpiteillä pyritään tekemään ylläpitokorjauksia eli vaurioiden eteneminen saadaan loppumaan. (ELY-keskus Pohjois-Pohjanmaa [viitattu 26.5.2013].)

4.7 Lappi

Lapissa on maanteitä kaikkiaan reilut 9000 km, josta päällystettyä verkostoa on reilut 6000 km. Siltoja on reilut 1300 kpl. Alueen tienhoidon tavoitteena on turvata teiden päivittäinen turvallinen liikennekäyttö ympäri vuorokauden ja kaikkina vuodenaikoina. Luonnollisesti päätiet tulevat täälläkin hoidon kärkipäässä. (ELY-keskus Lappi [viitattu 30.5.2013].)

Lapin pitkä talvikausi asettaa huomattavasti muuta maata suuremmat vaatimukset teiden talvihoidolle. Lapissa teiden kunnossapitoon varatusta rahamäärästä menee noin puolet talvihoitotoimenpiteisiin. Yleisimmät liukkaudentorjuntamenetelmät alueella ovat hiekoitus ja polanteen karhennus. Suolaa käytetään säännöllisesti vain läänin eteläosien vilkasliikenteisillä teillä sekä muilla pääteillä syksyn liukkaisiin ja talven muihin pahimpiin keliolosuhteisiin. (ELY-keskus Lappi [viitattu 30.5.2013].)

Päällystystöitä tehtiin Lapin tieverkolla vuonna 2013 reilulla 140 tiekilometrillä. Teiden kunnossapitoon käytetty rahamäärä oli vastaavasti 11,4 miljoonaa euroa. Lapissakin ensisijaisena tavoitteena on pitää päätieverkoston kunto nykytasolla ja hoitaa muu tiestöä rahoituksen sallimissa puitteissa. Urakoita pyritään keskittämään vuosittain säästöjen aikaansaamiseksi. (ELY-keskus Lappi [viitattu 30.5.2013].)

Lapin tieverkostolla olevien siltojen osuus on vajaat 10 % koko maan maantiesilloista. Painorajoitettuja siltoja on 23 ja huonokuntoisia 40 kpl, mutta uuden koko-

naismassa-asetuksen myötä joudutaan lisäksi 24 sillalle asettamaan painorajoitukset. Siltojen vuosittaiseen ylläpitoon on käytettävissä vajaan 4 miljoonaa euroa, joka riittää 6–12 sillan uusimiseen tai peruskorjaukseen ja 35 sillan pienimuotoisiin rakennekorjaustoimenpiteisiin. (ELY-keskus Lappi [viitattu 30.5.2013].)

4.8 Etelä-Pohjanmaa, Pohjanmaa ja Keski-Pohjanmaa

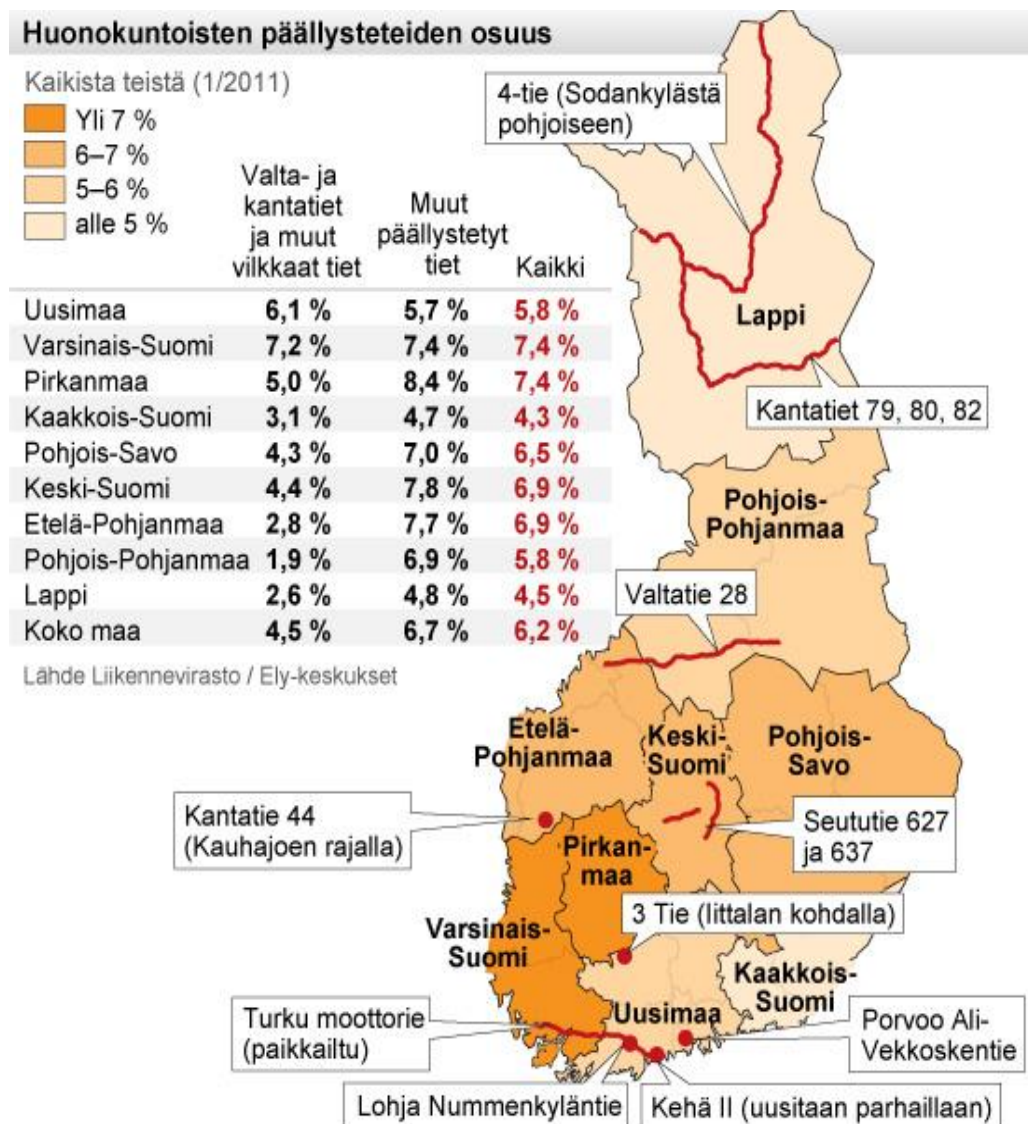
Pohjanmaan alueella tieverkkoa on yhteensä noin 8700 km, josta noin 70 % on päällystettyjä tieosuuksia. Siltoja on hieman vajaan 1400 kpl. Myös Pohjanmaalla nopeat säävaihtelut, pehmeä ja routimisherkkä maaperä, jäätymissulamissyklin tiheys ja vähäiset soravarannot aiheuttavat ylimääräisiä haasteita tienhoidolle. Tienpintojen märkyys ja paljous nopeuttavat päällysteiden kulumista. Vuosittain käytetään tiestön alueurakoihin noin puolet (21–22 miljoonaa euroa) perustienpidon määrärahoista. (ELY-keskus Etelä-Pohjanmaa [viitattu 4.6.2013].)

Pohjanmaan alueen tiestö on jaettu viiteen eri talvihoitoluokkaan. Talvihoidon merkitystä maanteiden hoidossa pidetään tärkeänä ja peruspidon rahoituksesta noin 22 % (10 miljoonaa euroa) käytetään vuosittain talvihoitotoimenpiteisiin. Tästä suurin osa kuluu aurauksiin. Teiden talvihoidon laatu vaihtelee liikennemäärien mukaan ja päätiet pyritään pitämään yhtä hyvässä kunnossa sekä päivisin että öisin. Nopeisiin sää- ja kelimuutoksiin pyritään varautumaan etukäteen ja päätteiden liukkaudentorjuntaa pidetään ensisijaisen tärkeänä. Suolan käyttöä on liukkaudentorjunnassa pyritty viimeisten 20 vuoden aikana vähentämään onnistuneesti. Hiekoitusta käytetään lähinnä risteysalueilla. (ELY-keskus Etelä-Pohjanmaa [viitattu 4.6.2013].)

Päällystyspolitiikka noudattelee aikaisemmin käsitellyiden alueiden mallia eli vilkkaaliikenteiset päätiet pidetään ensisijaisesti kunnossa ja muu tiestö vasta sen jälkeen, jos rahoitus on riittävä. Päällystetystä tiestöstä n. 1000 km on vilkkaasti liikennöityä verkostoa. Vuosittainen päällystysmatka on noin 250 tiekilometriä. Päällystystöihin varattu vuotuinen 14–16 miljoonaa euroa riittää pitämään päätteiden kunnan pääosin hyvänä, mutta muihin teihin se ei riitä. Pitkäkestoisempien massapintauksien sijasta käytetään halvempia uusiopäällysteitä. Lisäksi tehdään runsaasti pelkkiä asfaltin paikkaustoimenpiteitä. Päätieverkon ongelmana on päällysteiden alapuolisten rakenteiden luhistuminen ja muilla tieosuuksilla päällystevauriot. Arvioiden mukaan

alueella rappeutuu tieverkkoa lähes 400 km vuosittain. (ELY-keskus Etelä-Pohjanmaa [viitattu 4.6.2013].)

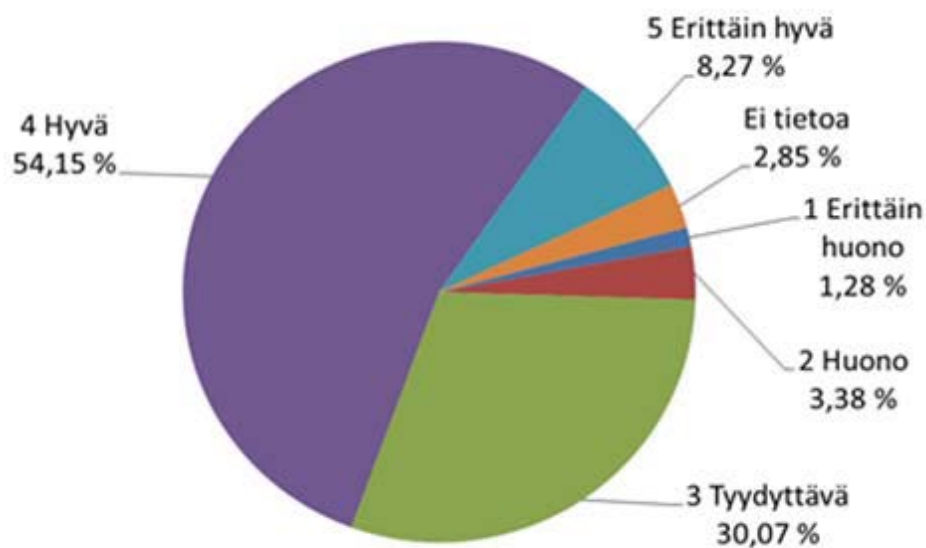
Pohjanmaan alueen silloista suurin osa on rakennettu 1970-luvulla. Painorajoitettujen siltojen määrä on 25 kpl ja huonokuntoisia on 56 kpl. Vuonna 2013 alueella tehtiin kymmenkunta sillan korjausurakkaa. Myös Suomen pisin maantiesilta Vaasan Raippaluodossa kuuluu Pohjanmaan ELY-keskuksen alueelle. Siinä on käytössä Suomen ainoa liukkaudentorjuntajärjestelmä. (ELY-keskus Etelä-Pohjanmaa [viitattu 4.6.2013].)



Kuvio 3. Suomen huonokuntoisimmat tiet 2011 (Taloussanomien 2011 [viitattu 4.5.2013]).

4.9 Sillat

Suomen tieverkostolla on siltoja yhteensä noin 14700 kpl (Tietietoa [viitattu 4.5.2013]). Oheinen kuva (Kuvio 4. Suomen maantiesiltojen kunto vuonna 2011) esittää tiesiltojen kuntoluokitusta parin vuoden takaa. Siitä huomataan, että melkein 40 % silloista on tyydyttävässä tai sitä huonommassa kunnossa. Erityisesti tyydyttävän kuntoluokan siltojen osuus on huomattava. Tästä kaaviosta ei tosin selviä näiden huonokuntoisten siltojen sijaintia eli kuinka logistisesti tärkeillä tieosuuksilla ne sijaitsevat.



Kuvio 4. Suomen maantiesiltojen kunto vuonna 2011 (Piispanen 2012 [viitattu 13.6.2013]).

5 MASSAN VAIKUTUS JARRUTUSMATKAAN

Usein on ollut ristiriitaisia näkemyksiä siitä, vaikuttaako ajoneuvon massa sen jarrutusmatkaan ja jos vaikuttaa, niin kuinka paljon. Seuraavat laskutoimenpiteet valaisevat tätä asiaa. Fysiikassa mekaniikan energiaperiaatteen mukaan kappaleen (ajoneuvon) energia muuttuu ulkoisten voimien, kuten esimerkiksi kitkan vaikutuksesta. Muutos on suoritetun työn suuruinen. (Nieminen. [viitattu 26.6.2013].)

$$E_p^a + E_k^a + W = E_p^l + E_k^l$$

$E_p = m \cdot g \cdot h$ on vakio, koska kyseessä on vaakapinta ja tästä seuraa:

$$E_k^a + W = E_k^l$$

$$E_k^l - E_k^a = W$$

$$W = \Delta E_k$$

Kitkavoiman tekemä työ = ajoneuvon liike-energian muutos:

$$-F \cdot \mu \cdot s = 0 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 \quad \longrightarrow$$

$$\mu \cdot N \cdot s = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 \quad \text{Vaakataso: } N = G = m \cdot g$$

$$\mu \cdot m \cdot g \cdot s = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 \quad | : \mu \cdot g \cdot s$$

$$s = (\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2) / (\mu \cdot m \cdot g) \quad \longrightarrow \quad s = v^2 / (2 \cdot \mu \cdot g) \quad (1)$$

Tämä tarkoittaa, että ajoneuvon massa ei teoriassa vaikuta jarrutus- eikä pysähtymismatkoihin. Käytännön tasolla tilanne on toinen. Siihen vaikuttaa muun muassa kuorma-autoille ja perävaunuille asetetut lakisääteiset maksimihidastuvuudet. Tämä jarrutehonrajoitus on välttämätön, jotta yhdistelmien rakenteet kestävät jarrutustahtuman ja kuorma pysyy paikoillaan. Lisäksi se varmistaa, että kuorma-auton perävaunu ei käänny jarrutustilanteessa poikittain. Kuorma-auton maksimihidastuvuus on 5m/s^2 ja perävaunun jarrutusvoiman tulee olla vähintään 50 % sen staattisesta massasta kuormausasteesta riippumatta (A7 1990).

Lisäksi kuorma-autoissa ja perävaunuissa käytetään paineilmajarruja, joiden kyt-kentäviive on noin 0,4-0,8 sekuntia (Huolto- ja varaosatiedote 2010). Kyt-kentäviiveksi kutsutaan aikaa, joka kuluu jarrupolkimen painamisesta hetkeen, jolloin paine on noussut 75 %:iin maksimipaineesta (A3 1990). Tässä vaiheessa jarrut kyt-keytyvät päälle.

Raskaiden ajoneuvojen jarrut ovat muutenkin teholtaan heikommat verrattuna henkilöautoon. Tämä johtuu yhdelle jarrulle kohdistuvasta suuremmasta massasta. Myös ajoneuvon liike-energian määrä vaikuttaa jarrutusmatkaan, koska jarrutusta-pahtumassa liike-energia muuttuu jarruissa lämpöenergiaksi. (Energian säilymislaki [viitattu 12.5.2014].) Suuremman liike-energiamäärän muuttaminen lämmöksi vaatii enemmän työtä ja sitä kautta jarrutusmatka kasvaa.

Raskaassa kalustossa käytettävät renkaat eroavat myös kitkaominaisuuksiltaan henkilöauton renkaista. Tämä johtuu monesta eri tekijästä, kuten esimerkiksi raskaan kaluston renkaille asettavista laajemmista ominaisuusvaatimuksista. Esimerkiksi kestävyys on raskaan kaluston renkaalta vaadittava ominaisuus. Lisäksi kuorma-autojen ja perävaunujen talvirenkaissa ei yleensä käytetä nastoja, koska ne irtoavat herkästi suuren massan alla. Myöskään laki ei siihen velvoita. Minkälainen kuviointi talvirenkaassa on, riippuu siitä, millä akselilla kyseistä rengasta käytetään. Vetävän akselin rengaskuviointi on yleensä palakuviointi lisättynä poikittaisurilla. Ne takaavat hyvän pidon pitkäikäisyydessä sekä liikkeelle lähdeettäessä. Sen sijaan vain kantokykyä lisäävillä, niin sanotuilla rullaavilla akseleilla sekä perävaunuissa käytetään usein matalan vierintävastuksen renkaita. Niiden pito-ominaisuudet ovat vastaavasti heikommat. (Naskali 2010.)

Taulukko 3. Edellisten kaavojen tunnukset ja suureet
(Tekniikan kaavasto 2002, ^{159–160}).

Tunnus	Suure
E_p^a	potentiaali- eli asemaenergia (alussa)
E_k^a	liike-energia eli kineettinen energia (alussa)
W	työ
E_p^l	potentiaali- eli asemaenergia (lopussa)
E_k^l	liike-energia eli kineettinen energia (lo- pussa)
m	massa
g	putoamiskiihtyvyys ($9,81\text{m/s}^2$)
h	korkeus
ΔE_k	liike-energian muutos
F	voima
μ	kitkakerroin
s	matka
v_o	alkunopeus
N	pinnan tukivoima
a	kiihtyvyys
F_μ	kitkavoima

6 KANSAINVÄLISET TUTKIMUKSET

Seuraavassa on tarkasteltu muiden valtioiden ja maanosien tekemiä analyysejä raskaampien yhdistelmien turvallisesta soveltuvuudesta tieliikennekäyttöön. Tarkoituksena on selvittää lyhyesti tutkimusten pääkohdat ja keskittyä erityisesti tutkimustuloksien vertailuun. Tutkimukset on ryhmitelty maanosittain niin, että saman valtion ja maanosan tutkimukset ovat yhden otsikon alla.

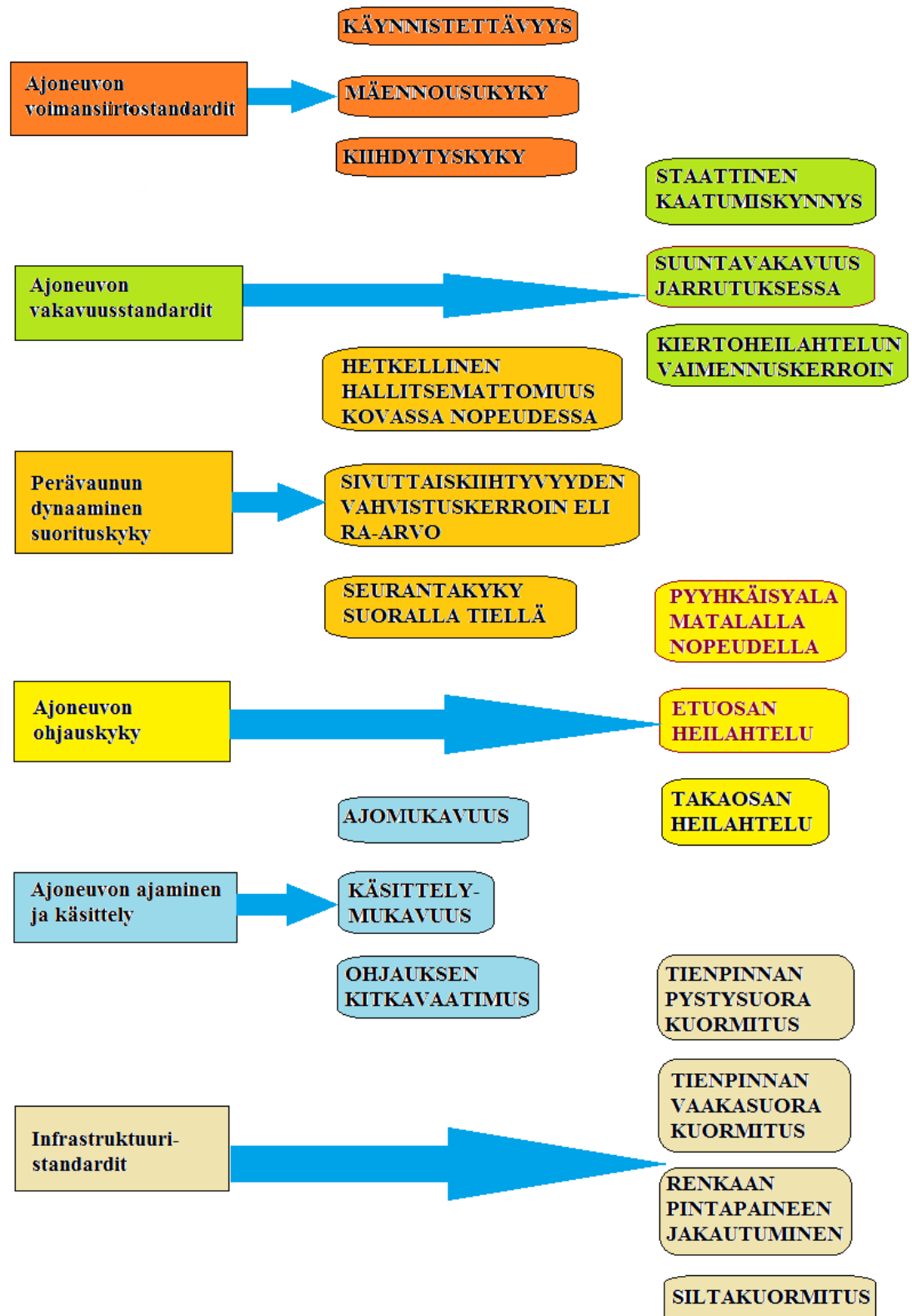
6.1 Australia

6.1.1 Tutkimus1

Nykyinen PBS eli ajoneuvon suorituskykyyn perustuva luokitusjärjestelmä otettiin käyttöön Australiassa vuonna 2007. Vuoden 2010 loppuun mennessä noin 100 bussia ja raskasta ajoneuvoyhdistelmää oli saavuttanut PBS-luokituksen. Järjestelmä pyrkii antamaan kuljetusyrittäjille mahdollisuuden hakea ajoneuvoyhdistelmilleen erivapauksia massoille ja muille mitoille. Lisäksi tavoitteena on tarjota raskaalle ajoneuvoteollisuudelle mahdollisuudet tuottaa uuden suunnittelumallin avulla korkeamman tuottavuuden ja turvallisuuden ajoneuvoja. (Arredondo [viitattu 28.10.2013].)

Ajoneuvon suorituskykyä arvioidaan 16 eri standardin avulla, joihin sisältyvät muun muassa voimansiirto, ohjauksenhallinta pienellä ja suurella nopeudella sekä infrastruktuuri (Kuvio 5. PBS-ajoneuvon suorituskykyyn perustuvat standardit). Tässä tutkimuksessa selvitetään, kuinka näiden luokituksiin perustuvien tehokkaampien ajoneuvojen käyttöönotto on edistänyt tuottavuutta, liikenneturvallisuutta ja ympäristönsuojelua. (Arredondo [viitattu 28.10.2013].)

Järjestelmän hallintoelimenä toimii SCOTI eli kuljetus- ja infrastruktuurineuvosto, joka koostuu eri alueiden ministereistä. NTC puolestaan tekee järjestelmään liittyviä uudistusehdotuksia, jotka hyväksytetään SCOTI:ssa. (Arredondo [viitattu 28.10.2013].)



Kuvio 5. PBS-ajoneuvon suorituskykyyn perustuvat standardit (Arredondo [viitattu 28.10.2013]).

Jotkut kuljetustoimihenkilöt toivovat voivansa osallistua PBS:n päätöksentekoon. Se on mahdollista järjestelmän arviointilautakunnan kautta. Tämä asiantuntijaryhmä tekee kanslian suositusten perusteella päätökset, millaisia standardeja kukin ajoneuvoyhdistelmä noudattaa sekä soveltaa toimintaolosuhteiden vaikutusta ajoneuvon käyttöön.

Esimerkkejä edellä mainituista toimintaolosuhteista:

- Perävaunun massan ylittäessä vetoauton massan vetoakseliryhmän akselimassan on oltava vähintään 16 t, paitsi ei tyhjällä yhdistelmällä.
- HML-yhdistelmien toimilupa edellyttää kolmiakselista teliä, kansallista raskaan ajoneuvon tunnistusjärjestelmää, massanhallinnan ohjausyksikköä sekä tieystävällistä jousitusratkaisua.
- Yli 42 t:n yhdistelmissä on niin sanottu etuakselimyönnytys, joka kuitenkin edellyttää vetoautolta Australian päästönormien mukaista moottoria, alikuormituksen suojauslaitetta ja normien vahvuista ohjaamoja.

Joissakin tapauksissa Australian viranomaiset vaativat, että ajoneuvoyhdistelmät työskentelevät niin sanotun ”Älykkään Pääsyohjelmiston” piirissä ja niihin on asennettu massanvalvontataulu. (Arredondo [viitattu 28.10.2013].)

Australiassa tietynlaisten yhdistelmien, kuten esimerkiksi yli kaksiosaisien B-tyyppien kokonaispituus on rajoitettu 30 m:iin ja näillä yhdistelmillä on pääsy PBS:n 2. ja 3. tason tieverkostolle. Lisäksi maassa käytetään viisi- ja kuusiakselisia perävaunuja, jolloin kokonaispituus on 26 m. Syrjäseutujen malmikuljetuksissa käytettyjen yhdistelmien kokonaispituus voi olla jopa yli 56.5 m (Kuvio 6. Kolmiosainen Kalari B-tyyppi). Kokonaismassasta ei tässä tutkimuksessa ollut mainintaa. (Arredondo [viitattu 28.10.2013].)



Kuvio 6. Kolmiosainen Kalari B-tyyppi (Arredondo [viitattu 28.10.2013]).

PBS-järjestelmä tarjoaa monia hyötyjä ja helpotuksia lisääntyvien rahtimäärien ja kuljetustarpeiden aiheuttamiin ongelmiin. Lisäksi sen käyttö säästää ympäristöä ja antaa kuljetusyrityksille uuden tavan selviytyä kuljettajapulasta. Ja kaikkein olennaisinta on, että se lisää erityisesti henkilöautojen liikenneturvallisuutta vähentämällä yhdistelmien määrää. Turvallisuutta tehostava tekijä on myös se, että PBS-ajoneuvoissa on yleensä tehokkaammat käsittely- ja jarrutusominaisuudet. (Arredondo [viitattu 28.10.2013].)

Tässä kyseisessä järjestelmässä on myös infrastruktuurillinen näkökulma, johon sisältyy tieluokitukset PBS-ajoneuvojen tieosuudelle pääsyä varten. Tämä tieverkoston luokittelu on osavaltioiden ja alueiden kehittämä (Taulukko 4. PBS:n tieluokitus ja suorituskykyyn perustuva ajoneuvotyyppi). Lisäksi PBS:ssä on värikoodit, jotka kuvaavat ajoneuvojen suorituskykyä ja pääsyoikeuksia eri tieosuuksille. Ajoneuvon kokonaispituus vaikuttaa tähän suorituskykytasoon. Tämä tiestön käyttöluokitus perustuu kokonaismassaltaan maksimissaan 50 t:n ajoneuvoihin ja ne ovat jokaisen lainkäyttöalueen erikseen määrittelemät. (Arredondo [viitattu 28.10.2013].)

Taulukko 4. PBS:n tieluokitus ja suorituskykyyn perustuva ajoneuvotyyppi (Arredondo [viitattu 28.10.2013]).

Tieluokka (Käyttöoikeustaso)	PBS-ajoneuvon suorituskykytaso	Tyypiesimerkki ajoneuvoyhdistelmästä
1	1	1-niveleiset yhdistelmät
2	2	2-osainen B-tyyppi
3	3	2-osainen, 1-tyypin maantiejuna
4	4	3-osainen, 2-tyypin maantiejuna

PBS-järjestelmässä on silti ongelmakohtia ja kehitettävää, jotta siitä saataisiin tulevaisuudessa entistä tehokkaampi. PBS-verkosto laajenee, kun operaattorit haluavat liikennöidä ajoneuvoillaan teillä, jotka eivät kuulu tähän järjestelmään. Siitä syntyykin kysymys, että kuka maksaa? Tätä ongelmaa on pyritty ratkaisemaan eritoten viranomaisten taholta ja joissakin tapauksissa on ehdotettu maksajaksi tienkäyttäjää ja joissakin tievirastoa. Tulevaisuuden tavoitteina on asettaa PBS:n arviointilautakunta kansalliseksi raskaiden ajoneuvojen valvojaksi sekä ottaa käyttöön järjestelmän toiminnalliset parannuskeinot.

Näitä PBS-järjestelmän tehostamiskeinoja ovat:

- PBS-verkoston laatiminen laillisen oikeuden nojalla
- lupa ajoneuvon valmistajan luokitella itse oma ajoneuvonsa
- ajan varaaminen moduuliyhdistelmän arviointiin (vetoauto ja peräkärry erikseen ja lopuksi yhteensopivuus). (Arredondo [viitattu 28.10.2013].)

PBS:stä tehtyjen tutkimusten uskotaan auttavan järjestelmän kehittämistä niin, että se mahdollistaa tulevaisuudessa nykyisen tieverkoston ja siltojen entistä tehokkaamman ja turvallisemman käytön. Vaikka täydentävä työ ja politiikka veivät projektin alussa aikaa lähes 10 vuotta, voidaan sanoa, että Australia on edelläkävijä tässä raskaiden ajoneuvojen suorituskykyyn perustuvassa luokitusjärjestelmässä. (Arredondo [viitattu 28.10.2013].)

6.1.2 Tutkimus 2

Australian osavaltion, Victorian Tieyhtymä aloitti syyskuussa vuonna 2009 kaksi-vuotisen testijakson tuottavampien ajoneuvojen käyttöönottoa varten. Nykypäivänä lisääntyvät rahtimäärät ovat tuoneet mukanaan suunnitelman uudesta yhdistelmätyypistä. Testi tehtiin erityisolosuhteissa Victoriassa. Näiden HPFV-yhdistelmien maksimipituus on 30 m ja kokonaismassa 77.5 t, entisen 68 t:n sijaan. Testiyhdistelmässä oli kaksi neljän akselin akseliryhmää ja kaiken kaikkiaan akseleita oli 11 kpl. (Di Cristoforo [viitattu 4.11.2013].)

Testijakson aikana neljä yhdistelmää suorittivat normaalia rahtiliikennettä. Tehtävänä oli laivakonttien noutoa Melbournen satamasta ja niiden kuljettamista kaupungin länsiosiin ja hakkeen sekä mineraalihiekan irtotavarakuljetuksia maan lounaisosassa sijaitsevaan Portlandin satamaan. (Di Cristoforo [viitattu 4.11.2013].)

Testitulokset olivat turvallisuuden näkökulmasta erittäin rohkaisevia. Toki oli odotettavissakin, että HPFV-yhdistelmät ovat korkeamman turvallisuuden ajoneuvoja johtuen niiden ensiluokkaisesta dynaamisesta suorituskyvystä, monista turvallisuusominaisuuksista ja ammattitaitoisista testikuljettajista. Muutamia pieniä ongelmatekijöitä oli havaittavissa erityisesti kiihdytystilanteissa, risteysalueilla ja tiukoissa käänöksissä, mutta ei mitään suurempaa. Koko testijakson aikana ei tullut hälytystä yhdestäkään onnettomuudesta, johon testiajoneuvo olisi ollut osallisena. (Di Cristoforo [viitattu 4.11.2013].)

Tuloksia käsiteltiin myös infrastruktuurin näkökulmasta. Periaatteessa HPFV-yhdistelmät eivät aiheuta silloille tai tiestölle pahempia rasituksia kuin perinteiset B-tuplat, mutta lyhyestä testijaksosta ja vähäisestä testiyhdistelmien määrästä johtuen ei voida kovinkaan pitkälle meneviä johtopäätöksiä tehdä. Tarvitaan vähintään viiden vuoden tarkkailujakso ja suurempi ajoneuvomäärä, jotta infrastruktuuriset vaikutukset voidaan luotettavasti todeta. Siltainsinöörit ovat tosin vahvasti sitä mieltä, että neliakselisen akseliryhmän 27 t:n akselikuorma on rasiustasoltaan samaa luokkaa kuin kolmiakselisen, akselimassaltaan 22.5 t:n akseliryhmän. Risteysalueen kiihdytyksissä ja ahtaissa käänöksissä voi tulla ongelmia suuremmista ulottuvuuksista johtuen. Erityisesti reunakivien ylitykset käänöstilanteissa on jalankulkijoidenkin syytä huomioida. (Di Cristoforo [viitattu 4.11.2013].)

6.1.3 Tutkimus 3

Vuonna 2006 Australian hallitustenneuvosto päätti asettaa maantieliikennekuljetusten tavoitteeksi ottaa laajempaan käyttöön turvalliset ja tuottavat kolmiosaiset B-tyyppin yhdistelmät kansallisessa tieverkostossa. Tavoitteina on, että kyseinen yhdistelmätyyppi on vähintään yli 20 vuotta käytössä olleen edeltäjänsä, kaksiosaisen B-tyyppin veroinen. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on vertailla uuden yhdistelmätyypin hyötyjä perinteiseen, kaksiosaiseen A-tyyppiin nähden. (Di Cristoforo ym. [viitattu 6.11.2013].)

Tämä uusi B-tyyppi on moduuleista koostuva tieliikenteeseen tarkoitettu rahdinkuljetusajoneuvoyhdistelmä. Käytännössä se on laajennettu versio aikaisemmasta kaksiosaisesta B-tyypistä. Siihen on kytketty traktorin ja puoliperävaunun väliin lisäjohtovaunu. Akseleita on yhteensä peräti 12 kpl. Yhdistelmän maksimipituus on 35 m ja kokonaismassa 82.5 t. Se on mitoiltaan verrattavissa kaksiosaiseen A-tyyppiin, mutta sen tuottavuus- ja turvallisuusominaisuudet ovat tehokkaammat. Erityisesti dynaaminen suorituskyky tiellä on huomattavasti parempi ja vähäisempi ajoneuvojen määrä lisää luonnollisesti liikenneturvallisuutta. Tämän tutkimuksen tekovaiheessa uudet kolmiosaiset B-tyypit liikennöivät jo useissa Australian eri osissa, mutta osavaltioiden erilaiset lainsäädännöt haittaavat niiden toimintaa. (Di Cristoforo ym. [viitattu 6.11.2013].)

Kolmiosaisilla B-tyypeillä on tiettyjä vaatimuksia, jotka jäljittelevät periaatteessa aikaisemman eli kaksiosaisen B-tyyppin ominaisuuksia. Jotta tämä ajoneuvoyhdistelmä hyväksytään tieliikennekäyttöön, tarvitaan turvallisuus ja infrastruktuurilliset kriteerit täyttävät suorituskyky.

PBS:n vaatimukset kolmiosaisille B-tyypin ajoneuvoyhdistelmille:

- Näiden yhdistelmän maksimikokonaismassan on oltava joko yleisten massarajoitusten mukainen (82.5 t) tai ns. myönnetty massa (84.5 t, käytössä koko Australian mantereella).
- Maksimikokonaispituus on 35 m.

- Yhdistelmän tulee olla rakennettu vetoautosta, jossa yksi ohjausakseli ja telivetoinen akseliryhmä ja niiden perässä kolme kpl 3-akselista puolipe-rävaunua, jotka kaikki on kytketty toisiinsa vetopöydillä. (Di Cristoforo ym. [viitattu 6.11.2013].)

Yhdistelmien pituudet vaihtelevat 31 m:stä 35 m:iin ja yleisin vaihteluväli on 32.5–33.5 m. Uudet B-tyypit liikennöivät PBS:n 3.tasolla, kunhan ne vain täyttävät vallitsevat modulaariset vaatimukset. (Di Cristoforo ym. [viitattu 6.11.2013].)

Tutkimuksessa käytettiin tietokonealleja, joiden avulla tutkittiin näiden yhdistelmien soveltuvuutta tieliikennekäyttöön. Tutkimuskohteina olivat olemassa olevien kaksiosaisien B-tyyppien soveltuvuusmahdollisuudet muuttaa ne kolmiosaisiksi B-tyypin yhdistelmiksi PBS-kriteerien sallimissa rajoissa. Tietokonealleja ja -laskelmia apuna käyttäen arvioitiin tämän muutoksen mahdollisia vaikutuksia ajoneuvon dynamiikkaan, tienpintaan ja siltoihin. Mallit luotiin PBS-järjestelmän mukaisesti ja näitä yhdistelmämalleja verrattiin tuohon edellä mainittuun PBS:n 3.tasoon. Maleissa käytettiin myös kuuteen erilaiseen kuljetustehtävään suunniteltua yhdistelmää, kuten yleinen rahtitavara ja nestekuljetukset. Lastausolosuhteita oli kaikkiaan viisi eli yhdistelmän omapaino, 90 %:n ja 100 %:n yleismassat, niin sanottu myönnetty massa ja korkeampi massa. (Di Cristoforo ym. [viitattu 6.11.2013].)

Ajoneuvoyhdistelmien ajo-ominaisuuksia tarkasteltiin kolmen voimansiirtostandardin, neljän matalan nopeuden dynaamisen suorituskykystandardin sekä viiden korkean nopeuden dynaamisen suorituskyvyn standardin näkökulmista. (Di Cristoforo ym. [viitattu 6.11.2013].)

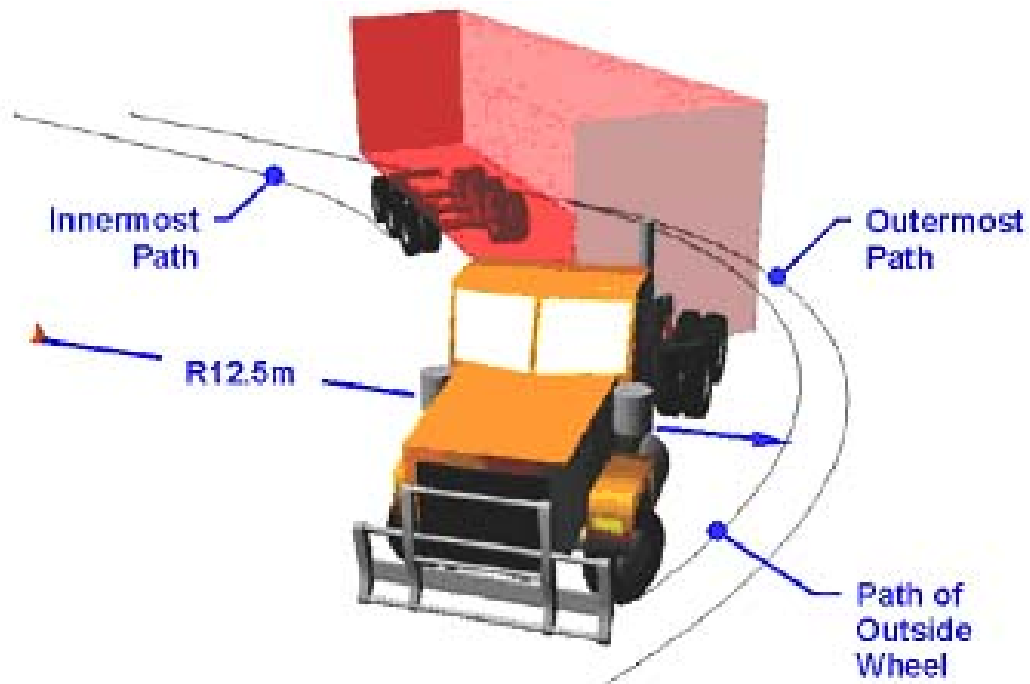
Syyskuussa 2011 tehtiin käytännön testejä näille HPV-ajoneuvoille ja testiajoneuvona oli myös tämä B-triple-tyyppinen yhdistelmä. Testaus suoritettiin Australian Dubbossa ja sen suoritti Rod Pilon Kuljetus-yhtiö. Mukana oli myös monia muita tahoja, kuten tie- ja liikenneviranomaisia sekä kansallinen kuljetuskomissio. Testaus paljasti, että yhdistelmien suorituskyky on samanlainen kuin aikaisemmissa simuloititesteissä oli todettu. (Di Cristoforo ym. [viitattu 6.11.2013].)

Loppuyhteenvedossa todetaan, että lähes kaikki tietokoneella luodut kolmiosaiset B-tyypin yhdistelmämallit saavuttivat vähintään PBS:n 3.tasoon vaadittavat kriteerit.

B-tyyppin kolmiosaisen moduuliyhdistelmän ja kaksiosaisen A-tyyppin vertailu:

- B-tyypillä on vastaava tai jopa korkeampi kaatumiskynnys kuin A-tyypillä. Lisäksi B ohitti vaaditun 0.35 g:tä kaikilla rahtityypeillä ja lastausolosuhteilla, kun taas A ei tähän yltänyt.
- B-yhdistelmillä oli huomattavasti parempi suorituskyky hetkellisissä ohjauskyvyn menetyksissä korkeilla nopeuksilla.
- Sen sijaan pyyhkäisyala matalilla nopeuksilla oli B-yhdistelmille pieni ongelma. Simulaatiotestit osoittivat, että ne tarvitsevat noin 0.5–1.0 m leveämmän pyyhkäisyalan. Tästä huolimatta ne siis saavuttavat PBS:n 3. tason, paitsi kolmiosainen B-tyypin säiliöyhdistelmä. (Di Cristoforo ym. [viitattu 6.11.2013].)

Yllä mainittu matalan nopeuden pyyhkäisyalan testi on yksi PBS-ajoneuvojen suorituskykystandardi. Siinä mitataan ajoneuvon pyyhkäisyliikeradan maksimileveyttä 90°:n käännöksessä, jonka kääntösäde on 12,5 m ja joka suoritetaan nopeudella 5 km/h (Kuvio 7. Matalan nopeuden pyyhkäisyalatesti). Tuloksissa todetaan, että tien ja siltojen kuluminen on vähäisempää B-tyypeillä kuin A-tyypeillä huolimatta hieman suuremmasta kokonaismassasta. Tämä johtuu siitä, että massa on jaettu useammalle renkaalle eli toisin sanoen massan kuljettaminen on tehokkaampaa. Lisäksi yhdistelmä täyttää nykyiset ja luultavasti myös tulevat PBS:n tienpintaan kohdistuvat pystykuormaluokitukset. Myöskään silloissa ei välttämättä esiinny suurempia kuormituksia raskaammilla yhdistelmillä. Siltakuormitus nimittäin riippuu enemmänkin akselimassoista ja yhdistelmän akseliväleistä suhteessa sillan jännevälin mittoihin. Kaiken kaikkiaan laskelmat ja analyysi paljastivat, että sillat, joiden kantokyky kestää nämä A-tyypit, kestää myös kolmiosaiset B-tyypin moduuliyhdistelmät. (Di Cristoforo ym. [viitattu 6.11.2013].)



Kuvio 7. Matalan nopeuden pyyhkäisytesti (PBS vehicle standards [viitattu 8.5.2014]).

6.2 Eurooppa

6.2.1 Tutkimus 1

Ruotsissa on tehty laaja tutkimus puutavarakuljetukseen liittyvien suurempimassaisten ajoneuvoyhdistelmien soveltuvuudesta tieliikennekäyttöön. Tutkimuksessa on keskitytty erityisesti turvallisuuteen, ympäristönäkökohtiin ja teknilliseen kehityskulkuun. Ajoneuvon on saavutettava vaadittavat suorituskykynormit, jotta se voidaan luokitella turvallisiksi. Tämä tutkimus on Skogforskin aloittama ETT-projekti ja siinä on kaksi päävaihetta. Ennen testien aloittamista piti yhden sillan kestävyys varmistaa lisätoimenpiteillä. (Löfroth ym. [viitattu 7.11.2013].)

Testeissä käytettiin osittain jo tieliikennekäytössä olevia ja osittain uudenlaisia yhdistelmätyyppejä, jotka rakennettiin testejä varten. Uudenlainen yhdistelmätyyppi koostuu jäykästä kuorma-autosta, johon on kytketty dolly apuvaunu ja kaksi puoli-perävaunua eli niin sanottu B-juna. Sen maksimikokonaismassa oli 90 tonnia. Ve-

topöydällistä puoliperävaunua kutsutaan myös nivelvaunuksi. Toinen 90 t:n yhdistelmätyyppi muodostui traktorista eli puoliperävaunun vetäjästä, kahdesta nivelvaunusta ja puoliperävaunusta. Loput neljä testiyhdistelmätyyppiä olivat kokonaismassaltaan alle 90 tonnia. Seuraava eli 80 t:n yhdistelmätyyppi koostui traktorista, pitkästä nivelvaunusta ja puoliperävaunusta. Kaksi 74 t:n yhdistelmätyyppiä muodostuivat traktorista, nivelvaunusta ja puoliperävaunusta sekä neliakselisesta kuorma-autosta, dollysta ja puoliperävaunusta. Viimeisenä tyyppinä oli 68 t:n yhdistelmä, joka muodostui kuorma-autosta ja varsinaisesta perävaunusta. Näiden lisäksi seitsemänä niin sanottuna vertailevana yhdistelmätyyppinä käytettiin perinteistä 60 t:n ajoneuvoyhdistelmää. (Löfroth ym. [viitattu 7.11.2013].)

Testiyhdistelmissä käytettiin turvallisuutta parantavia apulaitteita, kuten elektronista jarrujärjestelmää ja kuormanhallintajärjestelmää. Tämä jälkimmäinen on kuormausnosturiin asennettava laite, joka pystyy punnitsemaan liikkuvankin kuorman. Näin kuljettaja pystyy helpommin välttämään tahattomia ylikuormia. (Löfroth ym. [viitattu 7.11.2013].)

Tämä projekti aloitettiin vuonna 2006. Siinä tutkittiin reilun kolmen vuoden aikana kokonaismassaltaan 90 t:n moduuliyhdistelmien tieliikennekelpoisuutta. Käytännön testit aloitettiin tammikuussa 2009. Testaus suoritettiin Pohjois-Ruotsissa. Tie testipätkällä oli kestopäällysteinen ja tasainen. Testissä käytettiin arviointiluokituksina taaramassaa, hyötykuormaa ja ketteryysominaisuuksia. Taaramassa tarkoittaa kuljetusvälineen omamassaa eli massaa kuormaamattomana. Tässä testiosiossa käytettiin kokonaismassaltaan 90 t:n yhdistelmätyyppejä. (Löfroth ym. [viitattu 7.11.2013].)

Toisessa vaiheessa tutkittiin 74 t:n puutavarayhdistelmän soveltuvuutta yleiseen ammattikäyttöön. Testissä käytettiin yhdistelmiä, joista yksi oli varustettu puutavaranojasturilla ja toisessa käytettiin joko erillistä kuormaajaa tai telineissä olevaan ajoneuvonosturia. Tämä vaihe suoritettiin maan lounaisosassa ja käytännöntestit alkoivat elokuussa 2009. Vastaavasti tämän testinpätkän tieosuus oli mäkinen ja sorapintainen. Tässä testissä arviointiluokkina olivat vastaavasti tien kuluminen, yhdistelmän dynaaminen vakaus ja pyyhkäisyalan leveys. Näistä kahta jälkimmäistä tutkittiin tietokoneella laadittujen matemaattisten mallien avulla. Tässä testivaiheessa

käytettiin em. yhdistelmätyypeistä kokonaismassaltaan 68–80 t:n ajoneuvoyhdistelmiä. (Löfroth ym. [viitattu 7.11.2013].)

Testien tulokset osoittivat, että raskaammat rekat eivät juuri vaikuta tieliikenneturvallisuuteen eivätkä tien kulumiseen. Jälkimmäisessä tapauksessa on tietenkin edellytyksenä se, että käytetään enemmän akseleita. Ympäristön ja kustannusten kannalta raskaampien yhdistelmien käyttö on järkevämpää, koska niissä kulkee raakapuuta enemmän kuin 60 t:n yhdistelmissä. (Löfroth ym. [viitattu 7.11.2013].)

VTI on myös tehnyt turvallisuustutkimusta neljässä osassa. Tavoitteena oli tutkia ajoneuvoyhdistelmän lisämässän ja -pituuden vaikutuksia turvallisuuteen, erityisesti ohitustilanteissa. Tutkimus koostui kuljettajien haastatteluista, simulaattorikokeista ja ajoneuvotutkimuksista. Tässä tutkimuksessa verrattiin perinteistä, 60 t:n ja suurempaa, 90 t:n yhdistelmää. (Löfroth ym. [viitattu 7.11.2013].)

Ainoat turvallisuusriskit sisältyivät tietäntyyppisiin ympäristöihin, kuten kaupunkialueisiin. Lisäksi monien siltojen kantokyvyt olivat Ruotsissakin huolenaiheina. Monet yhdistelmien kuljettajat olivat huolissaan rekkojen soveltuvuudesta muuhun tielikenteeseen. Sen sijaan ETT-yhdistelmien kuljettajat eivät havainneet ongelmia, mutta korostivat ennakkoinnin tärkeyttä suurempia yhdistelmiä ajattaessa. (Löfroth ym. [viitattu 7.11.2013].)

Vastaavanlaisia tutkimuksia tarvitaan toki huomattavasti enemmän, jotta todelliset turvallisuusvaikutukset saadaan selvitettyä. Ruotsissa jatketaan yhä tutkimuksia suorituskykyisempien yhdistelmien sallimisesta maan tieverkostolle vuonna 2017. Testeissä käytettävistä yhdistelmätyypeistä hyväksymistä tielikenteeseen odottavat enää traktorin vetämä, kokonaismassaltaan 90 t:n ja 80 t:n ajoneuvoyhdistelmät. Kaikki muut tyypit on jo hyväksytty tieliikennekäyttöön. (Löfroth ym. [viitattu 7.11.2013].)

6.2.2 Tutkimus 2

Pohjois-Ruotsiin, Kaunisvaaraan on tarkoitus avata vuonna 2013 rautamalmikaivos. Tämä kaivoksen avaaminen lisää raskaiden kuljetusyhdistelmien liikennöintiä kaivoksen lähitieverkostolla, sillä kaivostuotteet pitää kuljettaa reilun 150 km:n päähän

rautatiekuljetuksen lastauspaikalle. Ruotsin Liikennevirasto ja kaivosyhtiö ovat yhteistyössä suorittaneet niin sanotun ROADEX-projektin vuonna 2011, jonka tarkoituksena oli selvittää tiekuljetusten vaikutuksia nykyiseen tieverkostoon sekä tutkia tiestön lujittamistarpeita. (Varin ym. [viitattu 18.11.2013].)

Tutkimuksessa käytettiin useita eri tutkimustekniikoita ja jotkut tutkimusmenetelmät ja -teknologiat olivat ensimmäistä kertaa käytössä. Tavoitteena oli selvittää tiestön kestävyyttä, koska Ruotsin Liikennevirasto oli erityisen huolissaan jo nykyisten 60 t:n yhdistelmienkin aiheuttamista tiestövaurioista. Kaivostoiminnan alkaessa raskaan liikenteen määrät moninkertaistuvat ja lisäksi kaivosyhtiö on saamassa erityisvapauksia suuremmille yhdistelmämassoille, jotta kuljetuskustannuksia saadaan pienemmiksi. Näin ollen tutkimus on hyvinkin tarpeellinen myös turvallisuuskulmasta. (Varin ym. [viitattu 18.11.2013].)

Tutkimushankkeen riskianalysissä käytettiin erittäin suuria massoja kuvaamaan yhdistelmien kokonaismassoja. Ne olivat 60 t, 72 t, 90 t, 136 t, 145,5 t ja 153 t. Valintakriteerit näille mainituille massaluokille oli tarkoin määritelty. Standardimassa 60 t oli selvä valinta, koska se on yleisesti käytössä. Sitten 72 t ja 90 t valittiin, koska niitä tullaan todennäköisesti käyttämään tulevaisuudessa standardimassoina. Tiestön suorituskyvyn parhaimmaksi testimassaksi saatiin laskutoimitusten avulla 136 t ja sen valinta perustui tähän. Kaksi suurinta massaa eli 145,5 t ja 153 t otettiin vertailupohjaksi, jotta pystyttiin vertailemaan näitä korkeampia akselimassoja tuohon 136 t:n massavaihtoehtoon vastaaviin (Varin ym. [viitattu 18.11.2013].)

Selvityksessä käytettiin siis hyvin uudenlaista tutkimustekniikkaa. Testilaitteisto koostui mm. siirrettävästä laserskannerista, maanpinnan läpi tunkeutuvasta tutkasta, kiihtyvyyssmittarista, taipumamittarista, pinnankarheusmittarista ja erilaista digitaalisista videolaitteista. Myös vanhaa tutkimustietoa ja paikallista tien kunnossapitoa hyödynnettiin mahdollisuuksien rajoissa. Kerätyn datan analysoinnissa käytettiin pääosin Road Doctor Pro-ohjelmaa. (Varin ym. [viitattu 18.11.2013].)

Tulokset osoittivat, että yli 60 t:n massoilla kulkevat yhdistelmät kuluttavat vähemmän tietä kuin nykyiset, standardimassoilla liikkuvat rekat. Tämä selittynee sillä, että raskaampien yhdistelmien suurempi akselimäärä jakaa painon tasaisemmin ja tätä kautta tien rasitus pienenee. Uppoumat sekä 60 t:n että 72 t:n ja 90 t:n massoilla

olivat lähes samaa luokkaa. Sen sijaan suurimpien massaluokkien uppoumat olivat jo lähes kaksi kertaa tätä suuremmat. (Varin ym. [viitattu 18.11.2013].)

Modernin testilaitteiston avulla tuloksista saatiin tarkkoja myös maaperän osalta. Kaiken kaikkiaan parannettavaa löytyi runsaasti. Turvallisuutta pohdittaessa suositeltiin reittiosiolle kolmatta kaistaa raskaille ajoneuvoille, erityisesti alueille, joissa maaperän kantokyky on huono. Tämä toimisi samalla ohituskaistana muulle liikenteelle. Sellaisille alueille, joille kolmannen kaistan rakentaminen ei ole mahdollista, suositellaan maaperän korvaavaa pohjarakennetta. Lisäksi tasausviivan korotusta suositellaan tietyn tyyppisille alueille. Mäkisille seuduille esitettiin vähintään kaksi kappaletta niin kutsuttuja ryömintäkaistoja rekkoja varten. Horisontaalisen eli vaakasuuntaisen geometrian parantaminen eräissä kohdissa on suositeltavaa, jotta liikenneturvallisuuden ongelmakohdat saadaan poistettua. Tieosuuksien risteysalueet tulisi suunnitella uudelleen ja rakentaa kiihdytyskaistoja mahdollisuuksien mukaan. (Varin ym. [viitattu 18.11.2013].)

6.2.3 Tutkimus 3

Ruotsilla ja Suomella on pitkä kokemus pidemmistä ja painavammista ajoneuvoyhdistelmistä verrattuna EU:n muihin jäsenvaltioihin. Ruotsilla on nykyisin Suomeakin suuremmat yhdistelmät käytössä ja tässä tutkimuksessa on tutkittu aikoinaan näiden 30 metristen ja kokonaismassaltaan jopa 90 t:n yhdistelmien yhteiskunnallisia vaikutuksia. Tutkimuksen yksi osio käsittelee Ruotsin EU:n standardeista poikkeavia kuljetussäännöksiä ja siinä tarkastellaan kaikentyyppisten kuormien yhteiskunnallisia vaikutuksia. Toinen osio keskittyy pelkästään puutavarakuljetusten tarkasteluun. (Vierth ym. [viitattu 20.11.2013].)

Ruotsissa on siis lukuisia projekteja (ETT, DUO2 ja ELVIS) joissa on tutkittu ja selvitetään edelleen suurempien ajoneuvoyhdistelmien aiheuttamia riskejä yhteiskunnalle sekä vastaavasti niiden tuottamia etuja verrattuna kokonaismassaltaan 60t:n yhdistelmätyyppeihin. Lisäksi VTI on mukana Yhteismodaaliteetti-projektissa, joka selvittää suurempien rekkojen yhteiskunnallisia hyötyjä myös kustannustehokkuuden kannalta. Tämän edellisen projektin tuloksien tarkastelussa selvitetään, missä laajuudessa niitä voidaan soveltaa vain Ruotsiin ja miltä osin niitä voidaan siirtää

kansallisesta operoinnista myös kansainvälisiin kuljetuksiin. Tätä soveltuvuutta on selvitetty ”Co-modality”-projektin alaprojektina, jota on kutsuttu käytäväanalyysiksi. VTI on selvittänyt suurempien ruotsalaisten ajoneuvoyhdistelmien käyttöä Ruotsista Norrköpingistä Saksan Ruhrin alueelle tapahtuvissa kuljetuksissa. Vertailuja tehtiin sekä tiekuljetusten että rautatiekuljetusten välillä. (Vierth ym. [viitattu 20.11.2013].)

Muuttuvien ajoneuvoyhdistelmien yhteiskunnallisten vaikutusten selvittely koostui kahdesta näkökulmasta. Toisessa verrattiin ruotsalaisia yhdistelmiä eurooppalaiseen ja toisessa selvitettiin puunkuljetukseen sovellettavia suurempia yhdistelmiä, joiden maksimipituus oli 30 m ja kokonaispaino 90 tonnia. Päästöjä, teiden kulumista, kuljetuskustannuksia, liikenneturvallisuutta ja ruuhkien muodostumista on tarkasteltu virallisen tilastotieteen avulla. Laskennoissa on apuna käytetty myös erilaisia malleja. (Vierth ym. [viitattu 20.11.2013].)

Tieturvallisuuteen liittyen on aloitettu edellisen projektin ohessa muitakin laaja-alaisia selvityksiä. Esimerkiksi simulaattoritutkimus, jossa tarkastellaan ohitustilanteiden onnettomuusriskiä. Lisäksi on kuvattu videolle aitoja ohitustilanteita ja tarkasteltu kaiken tyyppisiä tieturvallisuuden ongelmakohtia. (Vierth ym. [viitattu 20.11.2013].)

Turvallisuustutkimukset osoittivat, että suurempien yhdistelmien käyttö saattaa lisätä onnettomuusriskiä. Sen vuoksi tutkijat antoivat suosituksia näiden yhdistelmien käytölle.

Suurempien yhdistelmien käytössä on suositeltavaa:

- liikennöinti vain leveillä pääteillä
- kaupunkialueella ajo mahdollisimman vähäistä
- ajoneuvot suunnitellaan ajovakaudeltaan turvallisiksi
- ajoneuvot tulee varustaa EBS-järjestelmällä
- jarrujärjestelmän tehokkuutta tulee nostaa 90 t:n yhdistelmille
- laadukkaammat ajomukavuudet kuljettajille
- ajoneuvoihin suuremmista mitoista kertovat kyltit. (Vierth ym. [viitattu 20.11.2013].)

6.3 Pohjois-Amerikka

Tietotekniikan hyödyntäminen erilaisten ajoneuvoyhdistelmien testauksessa ja tutkimisessa on nykypäivän laitteistolla järkevää ja joskus myös yksinkertaisempaa kuin ajoneuvojen käytännön testaus. Kanadassa suoritettiin lokakuussa 2011 testi, jossa käytettiin sekä tietokonepohjaisia yhdistelmämalleja että varsinaisia yhdistelmiä. Testituloksia verrattiin sitten keskenään. Kanadassa on jo vuosia suunniteltu kuljetuskapasiteetiltaan tehokkaampien ja suurempien ajoneuvoyhdistelmien käyttöönottoa puutavaran maantiekuljetuksissa. FPInnovations on yhteistyössä kuljetussäätöelinten ja metsäteollisuuden kanssa varmistanut, että uudet ajoneuvoyhdistelmätyypit täyttävät vaaditut turvallisuuskriteerit joko tietokonesimuloinnin tai testauksen kautta. (Parker ym. [viitattu 28.11.2013].)

FPInnovations on kehittelemässä tietokonesimulointiohjelmistoa, jolla voidaan testata eri yhdistelmätyyppejä ja soveltaa sitä teollisuuden käyttöön. Ohjelmistolla voidaan rakentaa monimutkaisiakin yhdistelmämalleja ja testata niitä myös suuremmilla mitoilla. (Parker ym. [viitattu 28.11.2013].)

Testiajoneuvot olivat puutavarankuljetukseen tarkoitettuja yhdistelmiä ja niitä oli kaikkiaan viisi kappaletta, joista kaksi testattiin kahteen kertaan eri kokonaismassoilla. Tutkimuksessa käytettyjen yhdistelmien kokoonpanoa ei ollut kovin tarkasti määriteltä. Vain akselimäärät, kokonaismassat ja maksimipituudet oli kerrottu. Ensimmäinen oli niin sanottu ”Super B-juna”, jonka akselimäärä oli kahdeksan, kokonaismassa 62,8 t ja pituus 24,2 m. Toisena oli ”J-juna”, jolla oli myös kahdeksan akselia, massa 63,8 t ja pituus 25,2 m. Kolmantena on perinteinen seitsemänakselinen täysperävaunuyhdistelmä, jonka massa 43,3 t ja pituus 20,7 m. Seuraavana oli kolmella vetävällä akselilla varustettu kahdeksanakselinen B-juna. Tämä yhdistelmä testattiin kahteen kertaan. (Parker ym. [viitattu 28.11.2013].)

Ensimmäinen testi suoritettiin talviajan kokonaismassalla, joka on suurempi kuin ajoneuvoyhdistelmän varsinainen kokonaismassa. Ensimmäisessä testissä käytetty talviajan massa oli 70 t ja yhdistelmän pituus 25,7 m. Toisessa testissä kokonaismassa oli 63,3 t. Viimeinen yhdistelmätyyppi oli seitsemänakselinen, kolmella akse-

lilla vetävä ns. napaperävaunuyhdistelmä. Myös tämä tyyppi testattiin kahdesti samalla tavalla kuin edellinen. Ensimmäisen testin kokonaismassa oli 62,9 t ja toisen 55,7 t. Maksimipituus oli 22,6 m. (Parker ym. [viitattu 28.11.2013].)

Käytännön testit suoritettiin tarkoin määriteltyjen ja hyväksytyjen käytäntöjen mukaisesti, jotta turvallisuus pystyttiin varmistamaan. Testi-insinööri oli tiiviisti mukana testauksessa istuen kuljettajan kanssa testiajoneuvossa. Näin ollen välitön palaute saatiin annettua kunkin osion päätteeksi. (Parker ym. [viitattu 28.11.2013].)

Ensimmäisessä testiosiossa tutkittiin yhdistelmän sivuttaiskiihtyvyyksiä testiradalla eli niin sanottuja RA-arvoja (rearward amplification) ja kallistumiskulmaa. Tämä RA-arvo kuvaa tietyn ohjausliikkeen vaikutusta perävaunun liikkeen vahvistumiseen verrattuna vetoauton liikkeeseen. Toisen osion tarkoituksena oli puolestaan selvittää yhdistelmän vakausominaisuuksia. Tämän testin suorittamista haittasivat tien epätasaisuudet, mutta siitä huolimatta arvokasta aineistoa saatiin kerättyä. Ajoneuvoihin oli asennettu tiedonkeruu-laitteisto, joka keräsi jatkuvasti dataa testauksen aikana. Myös yhdistelmän hallitsemattomuutta tutkittiin testiradasta saatujen renkaanjälkien avulla. (Parker ym. [viitattu 28.11.2013].)

Ajoneuvoyhdistelmien simulaatiomallit luotiin käytännöntestijaksolla kerättyjen tulosten perusteella. Mallit luotiin kahdelle testiyhdistelmätyypille. Toinen oli täysperävaunuyhdistelmä ja toinen kolmella vetoakselilla varustettu kahdeksanakselinen B-juna. Aikaisemmista testeistä saatuja tuloksia hyödynnettiin myös tietokonemallinnuksessa. Käytännön testeissä ja tietokonetesteissä verrattiin erityisesti seuraavia tekijöitä; ohjausakselin sivuttaiskiihtyvyys, perävaunun takaosan sivuttaiskiihtyvyys, laskettu RA-arvo ja perävaunun takaosan kallistuskulma. (Parker ym. [viitattu 28.11.2013].)

Niin sanotun täyden mittakaavan testauksessa tutkittiin yhdistelmien suorituskyvyn muuttumista vertailemalla niitä sekä keskenään että eri kuljettajien välillä. Dynaaminen suorituskyky vaihteli eri yhdistelmien välillä hyvinkin paljon. Vetopöytään kytkeytyt yhdistelmätyypit saavuttivat parhaimmat RA-arvot. Näillä yhdistelmätyypeillä oli myös pienimmät kallistuskulmat. Tämä saattoi osittain johtua pienemmistä sivuttaiskiihtyvyyksistä. (Parker ym. [viitattu 28.11.2013].)

Kaiken kaikkiaan tulokset paljastivat, että samanlainen dynaaminen suorituskyky on kaikilla testiyhdistelmillä normaalia. Sen sijaan täysperävaunuyhdistelmän suorituskyky on selvästi muita alhaisempi. Tuloksista selviää myös, että lisäkuorma ja suurempi sivuttaiskiihtyvyyt suurentavat riskiä menettää ajoneuvon ohjattavuus. Verrattaessa malleilla suoritettuja testauksia käytännönkokeisiin voidaan havaita, että mallit antavat kaikissa lähes kaikissa testituloksissa pienempiä arvoja kuin varsinaisilla yhdistelmillä saadut tulokset. Erot olivat silti melko minimaalisia. Erityisesti ohjauksenhallinnan testaus antoi molemmilla testimenetelmällä lähes samat tulokset. (Parker ym. [viitattu 28.11.2013].)

6.4 Afrikka

Etelä-Afrikassa on tehty tutkimus PBS-ajoneuvoyhdistelmille. Se liittyi metsäalaa ja näkökulmina olivat tuottavuus, turvallisuus ja infrastruktuurin kestävyys. Niin kutsuttujen ”älykkäiden” kuorma-autojen havainnollistamisprojektit on suunniteltu PBS-turvallisuusstandardien mukaisesti. Tässä tutkimuksessa on tehty noista mainituista projekteista analyysi, jossa on mukana kaikkiaan 31 metsäteollisuuden PBS-ajoneuvoyhdistelmää. Tuloksissa selvitetään PBS-yhdistelmien parempia suorituskykyominaisuuksia verrattuna tavallisiin yhdistelmiin. (Nordengen [viitattu 10.12.2013].)

Tutkimusmenetelmänä oli valvontaohjelma, joko seurasi PBS-yhdistelmiä ja keräsi tietoja mm. matkan keskinopeudesta, kokonaismassasta, hyötykuormasta, matkojen määristä, polttoaineen kulutuksesta sekä onnettomuustilastoista. Ensimmäisten PBS-ajoneuvoyhdistelmien valvonta aloitettiin loppuvuodesta 2007. Ensimmäisten kahdeksan kuukauden toimintaraportointi oli Melbournessa maaliskuussa 2010. Tulosten positiivisuus aiheutti sen, että KwaZulu-Natalin kuljetusministeriö päätti lisätä PBS-ajoneuvojen määrää omalla ja Mpumalangan alueilla 58 kpl:seen. Nämä ajoneuvot ovat pääasiassa metsäsektorin toiminnassa ja muiden toimialojen PBS-yhdistelmät ovat vasta suunnitteluvaiheessa. Suorituskykystandarditason kolme PBS-yhdistelmä on sen sijaan hyväksytty kaivoskuljetuksiin. Tämän ”maantiejunan” maksimipituus on 42 m ja kokonaismassa 176 t. Toiminnan on ollut tarkoitus alkaa viime vuoden kesäkuussa kymmenellä yhdistelmällä. (Nordengen [viitattu 10.12.2013].)

Infrastruktuuriluokitukset perustuvat Etelä-Afrikan silta- ja tiesuunnittelustandardeihin. Havainnollistamisohjelmien ja PBS-tutkimusten päämäriinä oli hyväksyä PBS-standardit Australian mallin mukaisesti. Lisäksi infrastruktuuriluokitus piti saada sovitettua yhteen tieliikennesäännösten kanssa, joten oli luotava käytännön pelisäännöt. Näin ollen julkisella tieverkolla liikennöivät PBS-yhdistelmät oli sovitettava akselimassojen osalta kansallisiin säädöksiin. Lisäksi niiden oli sovelluttava siltakaava-säännökseen, jonka avulla lasketaan sillan kantokyky. (Nordengen [viitattu 10.12.2013].)

Vuoden 2010 alusta maan kuorma-autokomitea päätti soveltaa PBS-ajoneuvoyhdistelmille monimutkaisempaa niin sanottua poikkeavan kuorman siltakaavaa, jonka perustana on Etelä-Afrikan siltamitoituskuormitus. Sen perusteluna on, että PBS-ajoneuvot liikennöivät paremmin valvotuissa ympäristöissä kuin tavalliset raskaat ajoneuvot. Näin ollen muun muassa ylikuormauksen riski on pienempi. (Nordengen [viitattu 10.12.2013].)

Tämän edellä mainitun siltakaavan hyväksyminen mahdollisti myös PBS-ajoneuvoyhdistelmän pituuden lyhentämisen reilulla metrillä lyhentämällä vetoaisaa. Hyötykuorma pysyi silti samana. Tällaisen 67.5 t:n kokonaismassalla kuormatun yhdistelmän turvallisuuskertoimeksi siltakaavalla saadaan 44,8 %. Turvallisuusstandardien uudelleenarviointi paransi suorituskykyä tällä yhdistelmätyypillä useilla ominaisuuksilla. Esimerkiksi seurantakyky suoralla tiellä, ohjauksen kitkavaatimukset, staattinen kaatumiskynnys, RA-arvo ja heilahtelun vaimennuskerroin muuttuivat edullisempiin suuntiin. Tästä huolimatta yhdistelmätyyppi säilytti kakkostason PBS-ominaisuudet. (Nordengen [viitattu 10.12.2013].)

PBS-havainnollistamisyhdistelmien määrän lisäämisen tarkoituksena oli myös mahdollistaa pätevämmät valvonnat ja arviot yhdistelmien toimintakyvystä turvallisuuden näkökulmasta lyhyellä aikavälillä. Tästä on käytännön esimerkkinä puutavarakuljetusyhtiö Puukuljetuspalvelut KwaZulu-Natalissa, joka aloitti kuljetustoimintansa alun perin neljällä PBS-yhdistelmällä syyskuussa 2009 ja lisäsi yhdistelmien määrän 15 kpl:seen jo seuraavan kolmen kuukauden aikana. Näiden PBS-ajoneuvojen onnettomuustilastojen tutkintajaksossa (2009–2012) paljastui, että kyseisille ajoneuvoille sattui 0.69 onnettomuutta miljoonaa ajokilometriä kohti. Huomionarvoista on

se, että tämä on selvästi vähemmän kuin vastaava lukema niin sanotuilla standardiajoneuvoilla (4.59). Tosin yhden vaikuttavan tekijän tähän uskotaan olevan sen, että PBS-ajoneuvojen kuljettajat ovat pitemmän ajokokemuksensa perusteella taitavampia kuljettajia. Vuoden 2011 tammikuusta vuoden 2012 loppuun kuusi puukuljetustoimijaa on liikennöinyt yhteensä noin 15 miljoonaa kilometriä ja yhdistelmien suorituskykytilastojen päivityksiä turvallisuuden osalta on jatkettu. Täten on saatu luotettavampia tuloksia. (Nordengen [viitattu 10.12.2013].)

6.5 Yhteistyötutkimukset

Tämä on ns. tietoaalusta, joka tarkastelee Ruotsin ja Australian yhteistyötä australialaisen R&D-teknologian suhteen ja sen siirrosta Australiasta Ruotsiin. Käytännössä se tarkoittaa pidempiä ja raskaampia ajoneuvoja osana Ruotsin tieverkostoa. Eri-tyishuomio kiinnittyy PBS-säännöksiin, IAP-pääsynhallintaan, valvonnan noudattamiseen, julkiseen hyväksyntään, politiikkaan ja teollisuuteen sekä kiihtyviin vaatimuksiin kansainvälisessä asetus- ja laajennusstandardeissa. (Koniditsiotis ym. [viitattu 15.12.2013].)

Tämänkin tutkimuksen lähtökohtina ovat kasvavat rahdinkuljetustarpeet ja sitä kautta infrastruktuurilliset vaatimukset. Vaatimusten toteuttaminen on hyvin haastavaa erityisesti valtioissa, joissa raaka-ainevarat ovat jakautuneet epätasaisesti laajoille alueille, esimerkkeinä Australia, Ruotsi ja Suomi. Lisääntyvä painostus hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen ja liikenneturvallisuuden parantamiseen vaativat myös selvityksiä. (Koniditsiotis ym. [viitattu 15.12.2013].)

Australialla ja Ruotsilla on paljon yhteisiä piirteitä kuljetussektorilla. Molemmilla valtioilla on runsaasti kaivostoimintaa sekä metsäteollisuutta ja tehtaot sijaitsevat kaukana markkina-alueista. Nämä seikat aiheuttavat vaatimuksia kuljetuksille. Tarvi- taan korkea tuotto ja matalat kustannukset. Nämä saavutetaan pidemmällä ja ras- kaammilla yhdistelmillä. (Koniditsiotis ym. [viitattu 15.12.2013].)

Kuten jo aikaisemmin on todettu, Australia on pyrkinyt tehostamaan maansa logis- tiikkajärjestelmää ottamalla vähitellen käyttöön suuremman kuljetuskapasiteetin

omaavia ajoneuvoyhdistelmiä. Näiden ”megarekkojen” käyttöönotolle on kuitenkin asetettu tiettyjä ehtoja.

Vaativusehdot suuremmille yhdistelmille Australiassa:

- yhdistelmien salliminen vain tieosuuksilla, joiden päällyste, sillat ja tie-suunnittelu on varmistettu kestävämmän suuret massat.
- kehittää uusien yhdistelmien käyttöönoton myötä korkeampaa tuottavuutta, turvallisuutta ja ympäristönäkökohtia.
- pääsyn hallintaa sekä tiettyjen sovellusten valvontaa IAP:n avulla. (Koniditsiotis ym. [viitattu 15.12.2013].)

Ruotsissa suunnitellaan myös tuottavampien ajoneuvojen sallimista tietyille osalle tieverkkoa. Tämä edellyttää Australian tavoin tiettyjä uudistuksia tiekuljetussäädöksiin, vaikka maiden lähtökohdat tässä asiassa ovat erilaiset. Ruotsissa on aloitettu tutkimus ja uudistusohjelma tähän liittyen ja myös Australia on siinä mukana valmistelemassa HCT-yhdistelmien käyttöönottoa. (Koniditsiotis ym. [viitattu 15.12.2013].)

Vuonna 2010 tehdyn OECD-tutkimusraportin tarkoituksena oli rahdinkuljetuksen tehostaminen käyttämällä parempia ajoneuvoja. Mahdollisuudet turvallisuuden parantamiseen, ympäristövaatimukset kuorma-autoille, tehokkaammat toimeenpanojärjestelmät, parempi tehokkuus ja korkeampi tuottavuus olivat kyseisen tutkimuksen pääkohtia. Onko suurempien yhdistelmien käyttö mahdollista olemassa olevan sääntelyjärjestelmän puitteissa? Siinä esitetään lakisääteisiä muutosehdotuksia, joilla turvallisuus- ja ympäristövaatimuksia tehostetaan, yhteiskuntarakenteita saadaan suojeltua sekä ajotehokkuutta parannettua. Jotta maantiekuljetusten turvallisuus saadaan optimoitua, tarvitaan lainsäädännöllisiä toimia, joilla puututaan erityisesti ajoneuvojen nopeuksiin ja kuljettajien valppauteen ja terveydentilaan. Tutkimus korostaa, että muiden turvallisuustekijöiden, kuten massavaikutusten osalta tarvitaan lisäselvityksiä. Tutkimus painottaa lisäksi, että suurempien yhdistelmien käyttö tulee hyväksyttäväksi myös kansalaisten keskuudessa. (Koniditsiotis ym. [viitattu 15.12.2013].)

HCT-maantieajoneuvoja tutkittiin tässä tutkimuksessa kirjallisuuden ja haastattelujen avulla. Infrastruktuurin näkökulmasta luokittelu tapahtui siten, että massa- ja pituustasot määrittelevät sen, mille reiteille ajoneuvo soveltuu. Turvallisuuteen liittyi

tämän osion osalta vain se, että suuremman kuljetuskapasiteetin omaavat ajoneuvot saavat aikaan luonnollisesti sen, että liikenne vähenee, koska ajoneuvojen määrä pienenee. Tämäkin tutkimus osoitti sen, että HCT-ajoneuvot ovat turvallisempia kuin perinteiset yhdistelmät, koska niiden suunnittelu ja käyttö perustuu PBS-järjestelmään. Onnettomuusmäärät näillä HCT-yhdistelmillä olivat matalammat. (Koniditsiotis ym. [viitattu 15.12.2013].)

Ruotsissa on siis parhaillaan käynnissä maaliskuussa 2012 aloitettu DUO2-projekti Malmön ja Göteborgin välillä, josta kerrottiin jo aikaisemmin. Tuloksia tästä saadaan myöhemmin. Lisäksi on jatkettu muutamilla yhdistelmillä liikennöintitestauksia maan eri osissa erilaisissa liikenne- ja ajo-olosuhteissa. Näissä testeissä päätutkimuskohteenä ovat liikenneturvallisuus ja erityisesti ohitustilanteet. (Koniditsiotis ym. [viitattu 15.12.2013].)

Sekä Australialla että Ruotsilla on HCT:stä tulevaisuuden visiot. Ruotsilla on valmiina alustava kartta HCT-ajoneuvojen käyttöönottoa silmällä pitäen, mikä perustuu sekä maan omiin testeihin että kansainvälisiin kokemuksiin. Silti on vielä joukko kysymyksiä, jotka tulee selvittää ennen HCT-tyypin hyväksymistä. (Koniditsiotis ym. [viitattu 15.12.2013].)

Liikenneturvallisuuteen liittyvät selvitykset:

- muiden maiden kokemusten analysointi
- vaaratilanteiden, onnettomuuksien ja seuraamustutkimusten jatkaminen ruotsalaisia havaintoesityksiä apuna käyttäen
- ajoneuvojen muokkaaminen
- infrastruktuurivaatimusten tarkastelu
- kuljettajien vaatimustason tarkastelu. (Koniditsiotis ym. [viitattu 15.12.2013].)

Australian tavoitteena on vastaavasti kehittää käytössä olevan HCT-kaluston ominaisuuksia edelleen tulevaisuudessa. Vaikka kehityksessä pääpaino onkin taloudessa, niin ympäristö- ja turvallisuusseikat otetaan myös huomioon. Nykytekniikkaa hyödynnetään kehitystyössä runsaasti. (Koniditsiotis ym. [viitattu 15.12.2013].)

Tutkimus painottaa valtioiden välisen yhteistyön tärkeyttä tulevaisuudessa, kun suunnitellaan tuottavampien kuljetusyksiköiden käyttöönottoa. Tämä raportti oli hyvä esimerkki ja ikään kuin ”ensiaskel” tällaiselle yhteistoiminnalle. (Koniditsiotis ym. [viitattu 15.12.2013].)

Myös Suomessa on suoritettu raskaampien puutavarayhdistelmien testausta suljetulla alueella, Lappeenrannan lentokentällä kesäkuussa 2013 (Kuvio 8. Painavampien puutavarayhdistelmien testausta). Yhdistelmien kokonaismassa oli yli 76 t ja tutkimuksen suorittivat UPM, Metsäteollisuus ry ja Metsäteho yhteistyössä kuljetusyrittäjien sekä Oulun yliopiston kanssa. Tutkimuksessa selvitettiin yhdistelmien turvallisuutta, kääntyvyyttä ja ajovakautta kuorman kanssa. Tuloksia analysoidaan parhaillaan ja niiden pohjalta kartoitetaan yhdistelmien turvallisuustasoa ja mahdollisia puutteita. Tavoitteena on ensi vuonna testata näitä yhdistelmiä varsinaisessa liikennekäytössä. (UPM [viitattu 15.12.2013].)



Kuvio 8. Painavampien puutavarayhdistelmien testausta (UPM 2013 [viitattu 15.12.2013]).

6.6 Ajoneuvon ja tien väliset vuorovaikutustutkimukset

Yhdistelmien tiestölle aiheuttamia rasituksia on tutkittu useammalla eri menetelmällä kuten esimerkiksi tietokonesovellusten avulla. Tutkimuksissa käytetään nykyteknikkaa hyväksi melko paljon. Tuloksista selviää, että mitä karkeampi ja epätaaisempi on tienpinta, sitä suuremmat ovat ajoneuvon tienpintaan kohdistavat kuormitukset. (Elischer ym. [viitattu 20.12.2013].)

Sekin kävi testeissä ilmi, että jousitusratkaisulla on vaikutusta näihin kuormituksiin. Nykyaikainen ilmajousitusrakenne on vähemmän rasittava kuin perinteinen mekaaninen jousitus, kun testit tehtiin samoilla kokonaismassoilla. Arvioiden mukaan ilmajousitettu puoliperävaunu aiheuttaa noin 10–12 % pienemmät tiekuormat verrattuna vastaavanlaiseen lehtijousitettuun perävaunuun. (Elischer ym. [viitattu 20.12.2013].)

Ajoneuvoyhdistelmän akselimassan suuruus vaikuttaa tienpinnan rasitukseen. Akselekuormassa esimerkiksi 30 kN:n lisäys aiheuttaisi jo yli viidenneksen enemmän epämuodostumia tiehen. (Said ym. [viitattu 20.12.2013].)

Rengaspaineiden vaikutuksia selvitettiin ja laskelmien kautta todettiin, jotta ilmanpaineen nosto 0,8 MPa:sta 1,0 MPa:iin lisää tievaurioita noin 5 %. Tosin tämäkin vaatii lisäselvityksiä esimerkiksi eri asfalttimateriaaleista ja lämpötiloista (Said ym. [viitattu 20.12.2013].)

Akseleilla käytettävien renkaiden määrä (yksittäiset vai paripyörät) sekä äärimmäisten akselien etäisyys vaikuttavat tiekuormiin, koska massan jakautumisella on siinä olennainen osa. Yksittäisrenkaat ovat kevyempiä rullaamaan ja polttoainetaloudellisempia, mutta ne aiheuttavat suurempia kuormituksia tiestölle. Nämä massanjakautumis-periaatteet voidaan selvittää fysiikan lakien avulla. Tutkimuksissa saatiin selville sekin, että suurempi nopeus pienentää tiekuormituksia. (Said ym. [viitattu 20.12.2013].)

Yhdessä tutkimuksessa johdettiin testien kautta seuraavanlaiset matemaattiset yhtälöt, joiden avulla voidaan tien rasituksia selvittää (Ifsttar ym. [viitattu 20.12.2013]).

a) renkaan pystysuuntaisen dynamiikan yhtälö

$$m_w \cdot z_w = F_s + K_t \cdot (z_w - z_r) \quad (2)$$

b) pystysuuntainen voima

$$F_z = K_t \cdot (z_w - z_r) \quad (3)$$

Jousivoima F_s voidaan vastaavasti selvittää kahdella tavalla.

a) Ensimmäinen tapa perustuu jousitusparametrien tunnistamiseen, jossa pystysuoraa voimaa arvioidaan ilmanpaineantureiden avulla. Oletuksena on, että jousivoima on verrannollinen ilmatyynyistä mitattuun ilmanpaineeseen.

$$F_s = K_p \cdot P \quad (4)$$

b) Toinen menetelmä puolestaan pohjautuu pystysuorien voimien laskemiseen hyödyntämällä jousituspoikkeamaa.

$$F_s = K_s \cdot d_s + C_s \cdot \dot{d}_s + F_{s, \text{static}} \quad (5)$$

Pystysuuntainen dynamiikka tutkii renkaaseen kohtisuoraan vaikuttavia voimia.

Taulukko 5. Edellisten kaavojen tunnuksset ja suureet (Ifsttar ym. [viitattu 9.1.2014]).

Tunnus	Suure
m_w	renkaan massa
z_w	pystysuuntainen kiihtyvyys
F_s	jousivoima
K_t	renkaan jäykkyys
z_r	tien pitkittäisprofiili
K_p	suhteellisuuskerroin
P	ilmajousien ilmanpaine
K_s	jäykkyys (tuntematon)
d_s	jousituksen poikkeama (mitattu)
C_s	jousituksen vaimennuskerroin
$F_{s,static}$	pyörimättömän renkaan jousivoima

7 MASSAMUUTOSTEN VAIKUTUKSET RAKENNETOLERANSSEIHIN

Tässä tutkimuksessa selvitettiin Suomessa vanhoilla 60 t:n kokonaismassoilla liikennöineiden yleisimpien yhdistelmätyyppien rakennetoleransseja uusille ja suuremmille kokonaismassoille. Yleisimmiksi yhdistelmätyypeiksi valittiin seitsemän- ja kahdeksanakseliset yhdistelmät. Käytännössä se tarkoittaa kolmiakselista kuorma-autoa sekä neli- tai viisiakselista perävaunua.

Selvityksessä käytettiin Trafín lähdeaineistoa, jonka avulla yhdistelmien maksimietieliikennemassaa verrattiin suurimpaan sallittuun tekniseen kokonaismassaan. Valmistajilta ja maahantuojilta olisi saatu vielä yksityiskohtaisempaa tietoa rakenteista, mutta Trafín aineisto todettiin riittäväksi. Alun perin oli tarkoitus selvittää kaikkien alustaosien ja rungon kestävyyskykyä, mutta aikataulu muutti suunnitelmia. Toki on oletettavaa, että suurimpaan sallittuun tekniseen kokonaismassaan on huomioitu ajoneuvon kaikkien osien rakennetoleranssit.

Seuraaviin taulukoihin on poimittu massaesimerkkejä siten, että kuorma-auto A ja Perävaunu A vastaavat yhtä ajoneuvoyhdistelmää. Kuorma-autojen akseli-määrä on molemmissa taulukoissa kolme ja ne on valittu sellaisten ajoneuvojen joukosta, joiden yhdistelmän maksimikokonaismassa on 60 tonnia. Perävaunuesimerkit ensimmäiseen taulukkoon on valittu neliakselisten joukosta ja jälkimmäiseen viisiakselisten joukosta. Näiden selvitysten perusteella rakenteiden toleranssit ovat riittävät suuremmille kokonaismassoille.

7.1 Seitsemänakseliset yhdistelmätyypit

Aikaisemmin käytössä olleiden seitsemänakselisten yhdistelmien massakorotus on siis 4 t, kuten edellä todettiin. Sekin saattaa kuulostaa tavallisen kansalaisen mielestä suurelta, mutta selvitykset osoittivat, että seitsenakselisten yhdistelmien rakenteet kyllä kestävät korotukset ilman suuria riskejä.

Taulukko 6. 7-akselisten yhdistelmien rakennetoleransseja (Ajoneuvoliikennerekisteri).

ajoneuvo	suurin sallittu tieliikenteen kokonaismassa	suurin sallittu tekninen kokonaismassa
kuorma-auto A	24 t	27t
kuorma-auto B	26 t	26 t
kuorma-auto C	26 t	33 t
perävaunu A	36 t	36 t
perävaunu B	38 t	38 t
perävaunu C	32 t	32 t

7.2 Kahdeksanakseliset yhdistelmätyypit

Vastaavasti 8-akselisten yhdistelmien uudeksi kokonaismassaksi tuli 68 t. Tässäkin tapauksessa näyttävät rakenteiden toleranssit riittävältä. Esimerkiksi tarkasteltaessa kahdeksanakselisten yhdistelmien taulukosta kuorma-autoa A ja perävaunua A havaitaan seuraavaa: Kuorma-auton suurin tekninen kokonaismassa on 29 t ja perävaunun 42 tonnia. Sen mukaan yhdistelmän rakenteiden tulisi siis kestää vähintään (29 t + 42 t) 71 t:n kokonaismassa. Kaikki nämä mainitut esimerkkitapaukset osoittavat, että rakenteiden kestävyyksissä ei pitäisi olla ongelmia liikennöitäessä suuremmilla massoilla.

Taulukko 7. 8-akselisten yhdistelmien rakennetoleransseja (Ajoneuvoliikennerekisteri).

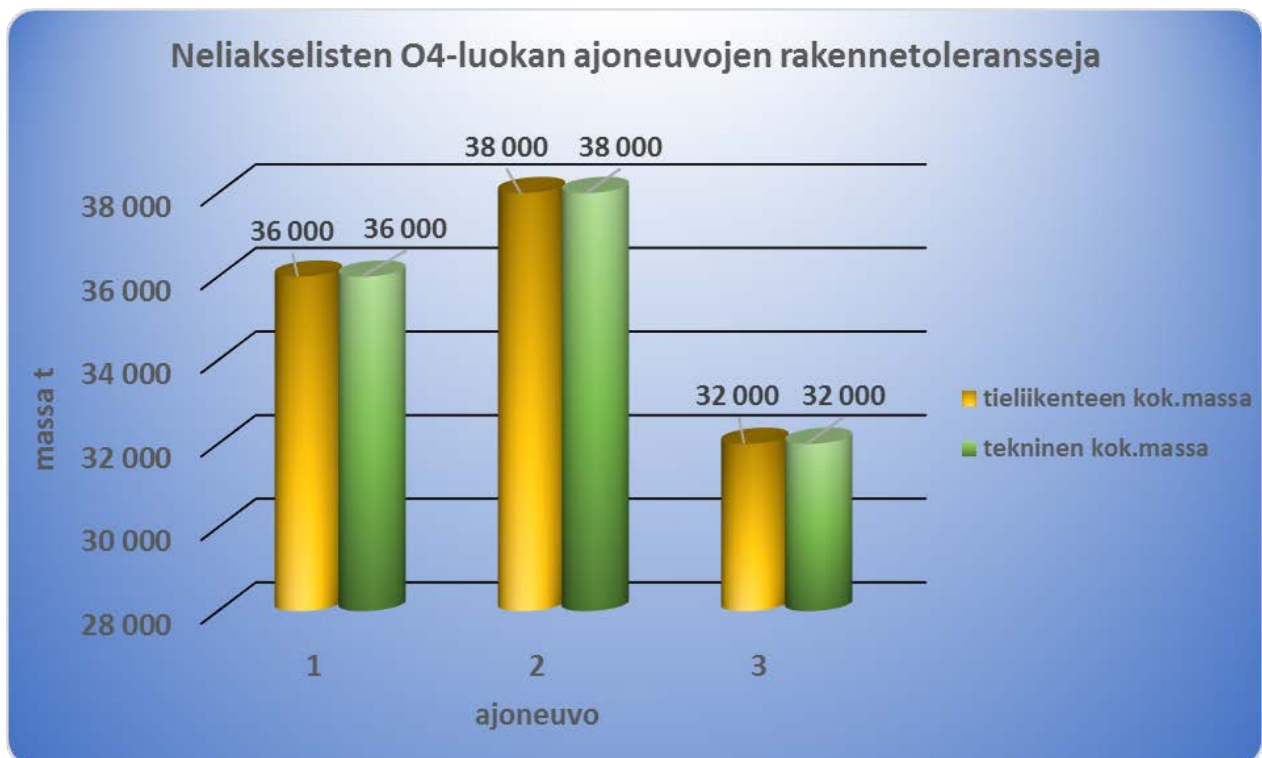
ajoneuvo	suurin sallittu tieliikenteen kokonaismassa	suurin sallittu tekninen kokonaismassa
kuorma-auto A	25 t	29 t
kuorma-auto B	26 t	27 t
kuorma-auto C	26 t	34,6 t
perävaunu A	42 t	42 t
perävaunu B	42 t	42 t
perävaunu C	38 t	38 t

Näiden selvitysten perusteella rakenteiden toleranssit ovat riittävät suuremmille kokonaismassoille. Tutkittaessa ajoneuvojen rakennetoleransseja kävi ilmi, että kuorma-autoilla on suurempi massakorotusvara kuin perävaunuilla akselimääristä riippumatta. Tämä siis paljastui, kun verrattiin ajoneuvon tieliikenteen kokonaismassaa ja suurinta teknistä kokonaismassaa.

Seuraavassa kaaviokuvassa on kuvattu kuorma-autojen eli N₃-luokan ajoneuvojen rakennetoleransseja (Kuvio 9. Kolmiakselisten N₃-luokan ajoneuvojen rakennetoleransseja) vertaamalla tieliikenteen kokonaismassaa ja teknistä kokonaismassaa. N₃-luokan ajoneuvot ovat tavarankuljetukseen valmistettuja kuorma-autoja, joiden kokonaismassa on yli 12 tonnia. Kuorma-autot on valittu ajoneuvoliikennerekisteristä sellaisten ajoneuvojen joukosta, joilla yhdistelmän maksimikokonaismassa on 60 tonnia. Kahdessa muussa kaaviossa on puolestaan selvitetty O₄-luokan ajoneuvojen vastaavia rakennetoleransseja (Kuvio 10. Neliakselisten O₄-luokan ajoneuvojen rakennetoleransseja, Kuvio 11. Viisiakselisten O₄-luokan ajoneuvojen rakennetoleransseja). O₄-luokan ajoneuvot ovat perävaunuja, joiden kokonaismassa on yli 10 tonnia.



Kuvio 9. Kolmiakselisten N3-luokan ajoneuvojen rakennetoleransseja (Ajoneuvoliikennerekisteri).



Kuvio 10. Neliakselisten O4-luokan ajoneuvojen rakennetoleransseja (Ajoneuvoliikennerekisteri).



Kuvio 11. Viisiakselisten O4-luokan ajoneuvojen rakennetoleransseja (Ajoneuvoliikennerekisteri).

7.3 Muuta

Ajoneuvoyhdistelmien kokonaismassojen korottaminen vaikuttaa moottorin kapasiteetin eli tehon riittävyyteen ja sitä kautta turvallisuuteen. Jos siis ajatellaan, että painavammat kuormat hyödyttävät ja hidastavat rekkoja ylämäissä, niin se lisää muun liikenteen ohitustarvetta ja tätä kautta onnettomuusriski kasvaa.

Tämän uuden lain suunnittelussa on arvioitu, että moottoreiden tehon tulisi olla noin 5 kW/tonni, jotta liikenteen sujuvuus Suomen tiestöllä olisi taattua. Huhtikuun loppuun 2018 saakka voidaan yli 60-tonnisissa yhdistelmissä käyttää moottoria, jonka teho voidaan laskea seuraavalla kaavalla;

$$W = 300 \text{ kW} + 2,65 \text{ kW/t} \cdot (m_{\text{kok}} - 60000) \quad (6)$$

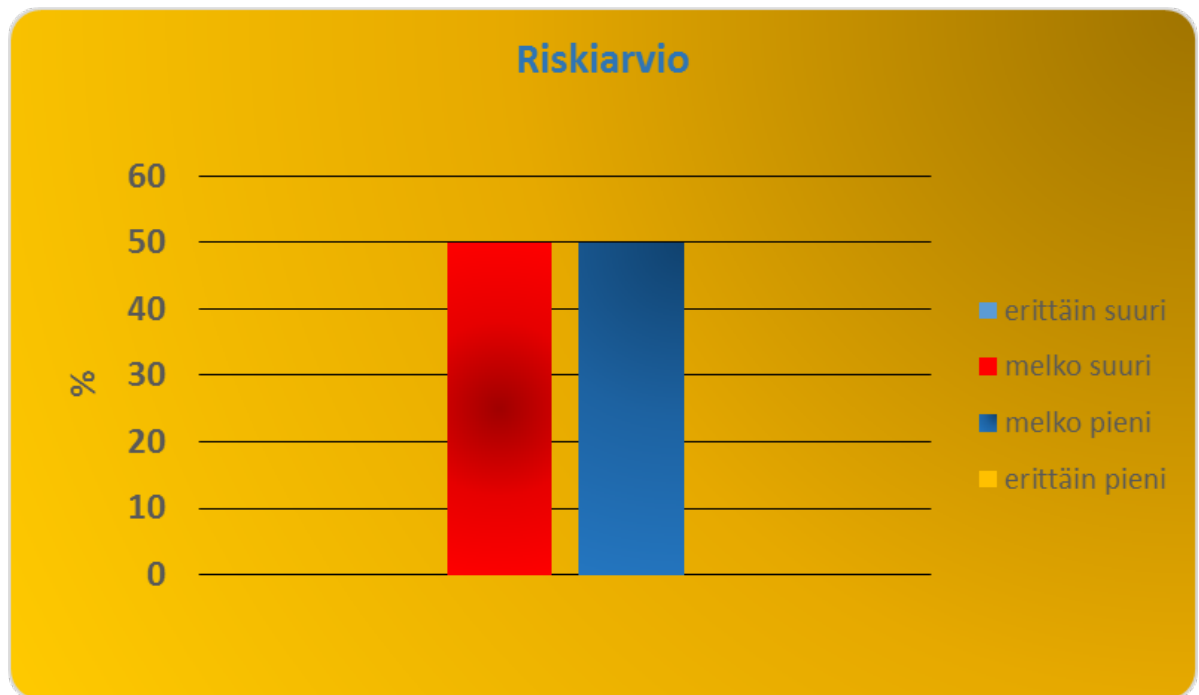
jossa m_{kok} =yhdistelmän kokonaismassa tonneina

Tämä tarkoittaa, että esim. 68 t:n yhdistelmän vetämiseen riittää moottori, jonka teho on 321 kW eli noin 440 hv. (Suomen Autolehti 2013, 48.)

Lisäksi uusi laki edellyttää, että yli 68 t:n yhdistelmien massasta on vähintään 20 % oltava vetävillä akseleilla. Tästä huolimatta vetoakselin maksimimassa on tulevaisuudessakin 11,5 tonnia. Kahdeksan- ja yhdeksänakselisten yhdistelmien perävauunun massasta tulee olla vähintään 65 % paripyörillä. (Suomen Autolehti 2013, 48.)

8 HAASTATTELU

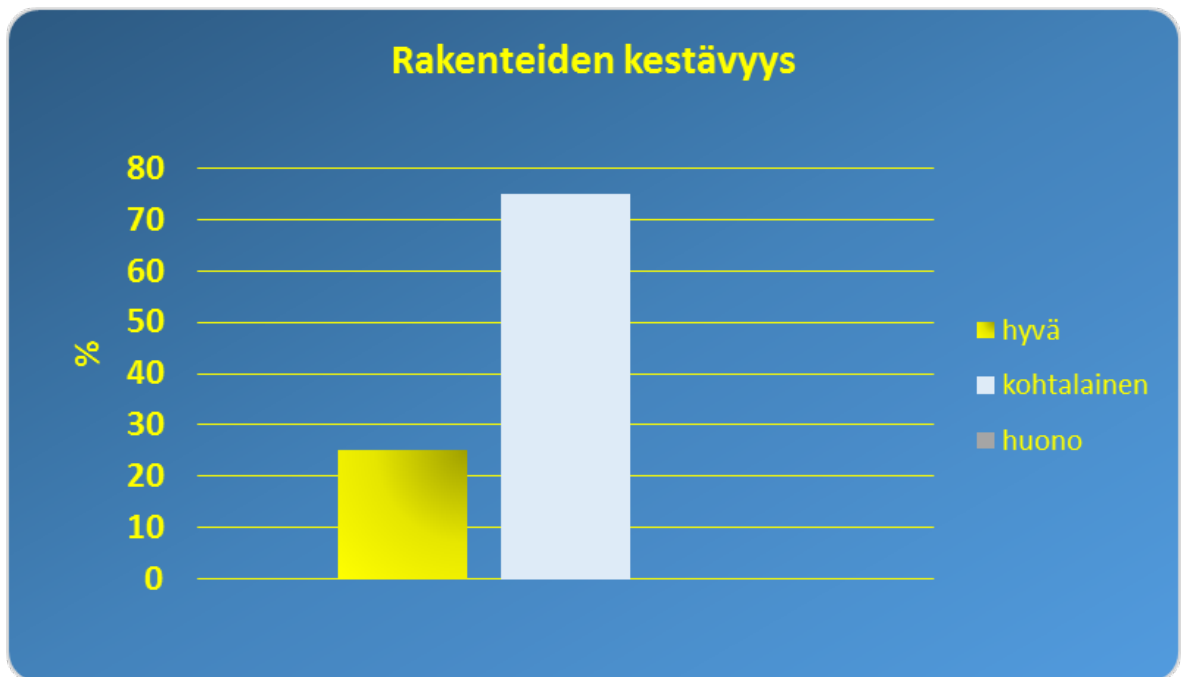
Tutkimuksessa tehtiin pienimuotoinen haastattelu muutamille Seinäjoen katsastuskonttoreille, joilla tehdään raskaan kaluston määräaika- ja muutokatsastuksia. Haastattelun toteutettiin kyselylomakkeella, jossa oli kolme kysymystä. Kohderyhmänä olivat konttoreiden esimiehet. Tarkoituksena oli selvittää lähinnä käytännötason asiantuntijoiden mielipidettä näihin kokonaisuudistuksiin ja erityisesti ajoneuvojen rakennetoleransseja uusia massaluokkia silmällä pitäen. Haastattelulomake löytyy tutkimuksen liitteistä ja seuraavassa on tarkasteltu haastattelun tuloksia. Ongelmana tulosten analysoinnissa on se, että alueella on katsastusasemia vain muutama. Tulosten luotettavuus luonnollisesti kärsii tästä.



Kuvio 12. Suurempien kokonaismassojen aiheuttamien riskien arviointi

Suurempien ajoneuvoyhdistelmien aiheuttamaa riskiä pidettiin kohtalaisena tai melko vähäisenä (Kuvio 12. Suurempien kokonaismassojen aiheuttamien riskien arviointi). Perusteluina oli esimerkiksi vahva usko yhdistelmien nykyrakenteiden kestävyteen uusista massoista huolimatta. Teiden kestävyksiä sen sijaan kyseenalaistettiin. Massakorotusten vaikutuksia ajodynamiikkaan erityisesti yhdistelmän hallittavuuden ja jarrutusmatkojen osalta pidettiin turvallisuushkina.

Katsastustoiminnan muutoksiin massakorotuksia silmällä pitäen ei katsottu olevan kovin suurta tarvetta. Kukaan haastatelluista ei kannattanut siirtymistä kahden määräaikaiskatsastuksen menetelmään. Sen sijaan tehostettua määräaikaiskatsastusta esitettiin, jossa ajoneuvoyhdistelmän tarkastaisi yhden sijasta kaksi katsastajaa. Näin ollen tarkastuskohteet tulisi käytyä läpi huolellisemmin ja mahdolliset viat ja puutteet löytyisivät paremmin. Lisäksi esitettiin pidempää koeajomatkaa, jotta saataisiin selkeämpi käsitys yhdistelmän käyttäytyminen todellisissa ajotilanteissa. Myös tienvarsitarkastusten lisääminen tuli esille.



Kuvio 13. Yhdistelmien rakennekestävyyksien arviointi

Nykyisin liikennekäytössä olevien ajoneuvoyhdistelmien rakenteiden kestävyttä uusille massoille pidettiin pääosin hyvänä (Kuvio 13. Yhdistelmien rakennekestävyyksien arviointi). Se tosin mainittiin, että teiden epätasaisuus aiheuttaa myös yhdistelmien rakenteille lisärasituksia ja sitä kautta suurempaa kulumista. Tienkunnolla on siis hyvin suuri merkitys painavampien yhdistelmien turvalliseen liikennöintiin, koska se vaikuttaa sekä yhdistelmän ajodynamiikkaan että rakenteisiin. Ajoneuvoyhdistelmän ennakkotarkastusta eli toisin sanoen lain vaatimaa muutokatsastusta pidettiin tärkeänä, koska siinä saadaan varmuus yhdistelmän kelpoisuudesta uusille massoille.

9 YHTEENVETO

On myönnettävä, että näillä mainituilla muutosehdotuksilla saadaan yhdistelmien kuljetuskapasiteettia suuremmaksi ja sitä kautta monenlaisia taloudellisia etuja käyttöön. Tämän uuden lain tavoitteena onkin valtion kilpailukyvyyn tehostaminen sekä ympäristöpäästöjen ja logistiikkakustannusten pienentäminen. Erityisesti puutavarakuljetussektori on ajanut tätä lakiuudistusta.

Liikenneturvallisuus ja sen säilyttäminen talouslaskelmien rinnalla on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää. Teiden kunnossapidon ja raskaan kaluston kuntotarkastusten merkitys kasvaa entisestään, kun tämä laki astui voimaan. Ajoneuvoyhdistelmät aiheuttavat näillä nykyisillä mitoillaankin suurta tuhoa onnettomuuksissa erityisesti henkilöautoille. Nähtäväksi jää, miten ”megarekkojen” ilmestyminen Suomen teille näkyy näissä tilastoissa tulevina vuosina. Suurempien massojen kautta yhdistelmien liike-energia kasvaa ja sitä kautta törmäysenergia onnettomuuksissa on suurempi. Tämä aiheuttaa luonnollisesti suurempaa tuhoa.

Yhtenä vaihtoehtona voisi olla noissa kansainvälisissäkin tutkimuksessa esitetty oma reittiverkosto raskaille ajoneuvoille. Tällaisten esimerkiksi aidalla eroteltujen rekkakaistojen rakentaminen tulisi kuitenkin turhan kalliiksi. Kappaletavarakuljetuksissa tämä saattaisi jotenkin toimia, mutta puutavaraliikenteessä sen toteuttaminen olisi haastavaa, koska siellä kuljetusreittiverkosto on niin laaja. Tämä olisi kuitenkin liikenneturvallisuuden kannalta paras vaihtoehto, koska muu liikenne erotettaisiin tästä raskaasta liikenteestä ja lisäksi infrastruktuurilliset seikat (sillat, tiepohja yms.) pystyttäisiin huomioimaan jo tiestön rakennusvaiheessa. Lisäksi tällaisten rekkakaistojen ympärivuotiseen kunnossapitoon voitaisiin varata enemmän resursseja liikenneturvallisuutta silmällä pitäen. Infrastruktuurin suunnittelussa tulisi huomioida, että raskaiden ajoneuvoyhdistelmien liikennöintitarve kaupunkialueilla pystyttäisiin minimoimaan. Esimerkkeinä tästä on uusien terminaalien rakentaminen ja sijoittelu.

Kun tämä uusi laki joka tapauksessa otetaan käyttöön, olisi muutaman kuukauden koekäyttöjakso näillä raskaammilla yhdistelmillä ollut järkevää, jotta niiden soveltuvuudesta turvalliseen liikennekäyttöön olisi saatu jonkinlainen käsitys. Testauksessa olisi voitu käyttää muutamia raskaampia yhdistelmiä muun liikenteen joukossa. Testaukseen olisi voitu valita sekä puutavara- että kappaletavarayhdistelmiä.

Testausta olisi voitu suorittaa maan eri osissa eri vuoden aikoina, jotta olisi saatu mahdollisimman kattavia ja luotettavia tuloksia.

Tämän kokonaismassauudistuksen myötä saadaan yhdistelmien kokonaismäärää luonnollisesti vähennettyä ja sitä kautta liikenneturvallisuutta hieman tehostettua. Toisaalta suuremmat rekat aiheuttavat mittavampia vahinkoja törmäyksissä, kuten edellä todettiin. Verrattaessa Suomen nykyistä 8-akselista yhdistelmää ja sen vanhaa 60 t:n kokoismassaa ja uutta 68 t:n kokonaismassaa niin se tarkoittaa, että noin joka kahdeksas yhdistelmä poistuu liikenteestä. Pohdittaessa suurempien yhdistelmien liikennöintiä, on mahdollista, että tekniset ongelmat, kuten rengasrikot pakottavat pysähtymään rekkoja yhä useammin teiden varsille.

Toki uusilla massoilla liikennöivien yhdistelmien akselimäärät ja sitä kautta renkaiden määrä lisääntyy. Tämä taas tarkoittaa, että yhden renkaan kuormitus pienenee. Vastaavasti renkaiden suurempi lukumäärä lisää rengasrikkojen riskiä. Tämä voi aiheuttaa erityisesti nykyisillä Suomen moottoriteillä riskitilanteita. Myös liikkuvan poliisin lakkauttaminen ja tehtävien siirtyminen toisaalle voi aiheuttaa resurssi- ja asiantuntemuspulaa yhdistelmien teknistä kuntoa ja ylikuormia koskevissa tarkastuksissa.

Sekin on toisaalta myönnettävä, että säännölliset huollot ja huolellinen kunnossapito tehostavat turvallista liikennöintiä suuremmillakin massoilla. Päävastuu tästä hommasta on luonnollisesti kuljetusyrittäjillä. Muita vastuunkantajia ovat huoltoja suorittavat korjaamot sekä katsastustoimipaikat. Nykyajan ajoneuvotekniikan kehittyminen ja tekniset apuvälineet parantavat suurempienkin ajoneuvojen käsittelyä ääritilanteissa ja -olosuhteissa. Renkaiden kunnolla on suuri merkitys jarrutus- ja pysähtymismatkoihin myös raskaalla puolella, kuten tuli aikaisemmin todettua. Lisäksi ne vaikuttavat ajoneuvon hallittavuuteen merkittävästi varsinkin ajattaessa raskaalla ajoneuvoyhdistelmällä liukkaissa keliolosuhteissa. Parempikuntoiset renkaat aiheuttavat harvemmin ylimääräisiä, liikenneturvallisuutta heikentäviä ja lisäkustannuksia aiheuttavia renkaidenvaihtostoppeja teiden varsille.

PBS-järjestelmän soveltuvuutta Suomessa voitaisiin selvittää. Tietotekniikan soveltuvuutta testikäyttöön voitaisiin tutkia. Päätieverkostolla olisi suotavaa selvittää tei-

den kunnan lisäksi mahdollisia riskikohteita, kuten esim. mutkat ja ylämäet. Pääteiden kunnossapitoon on panostettava, koska haastattelussakin kävi ilmi, että yhdistelmien rakenteiden kestävyys on pitkälti kiinni teiden kunnosta. Voitaisiinko tiegeometriaa muuttaa kohtuullisen pienillä kustannuksilla?

Lisäksi on mielenkiintoista seurata, kuinka moottoritehot riittävät raskaammissa yhdistelmissä tämän siirtymäjaksos aikana. Tuo aikaisempi maininta 440 hv:n moottorin soveltuvuudesta 68 t:n yhdistelmän vetämiseen kuulostaa hieman erikoiselta. Tokihan Suomen maasto on sen verran tasaista, että pitkät ylämäet ovat melko harvassa. Tasaisella tiellä tuskin tulee ongelmia. Rakenteiden kestävyystarkastelu osoitti, että nykyiset massamuutokset eivät aiheuta yhdistelmien kestävyysille suuria riskejä.

Katsastustoimintaa voitaisiin tehostaa esim. katsastuskonttoreille suoritettua haastattelussa esille tulleilla toimenpidemuutoksilla. On täysin selvää, että jos kaksi katsastajaa katsastaa samanaikaisesti yhden yhdistelmän, vikojen ja puutteiden havaitseminen on tehokkaampaa. Tokihan tästä aiheutuisi katsastustoimipaikoille hieman lisäkustannuksia, koska lisätyövoiman palkkaaminen olisi luultavasti tarpeellista. Katsastuksessa olisi syytä kiinnittää huomioita erityisesti jarrujen ja jarrujärjestelmän tekniseen kuntoon, koska niiden avulla tapahtuu ajoneuvon mahdollisimman tehokas ja nopea pysäyttäminen. Katsastajan kannattaa testata niitä myös testiajossa. Tokihan koko paineilmajärjestelmän huolellinen tarkastus parantaa turvallisuutta, koska se vaikuttaa muun muassa ilmajousitukseen ja sitä kautta ajovakaukseen.

Suuremmilla kokonaismassoilla liikennöivien yhdistelmien kohdalla olisi syytä kiinnittää erityishuomiota jääteiden hoitoon ja tarkasteluun. Selväähän on, että painavammat yhdistelmät vaativat paksumpaa teräsjiätä pystyäkseen liikkumaan turvallisesti. Erityisesti puutavarayhdistelmät joutuvat usein liikennöimään ns. epävirallisillakin jääteillä ja silloin tarkat selvitykset jäätilanteesta ovat tarpeellisia.

Tällä hetkellä painavampia yhdistelmiä otetaan käyttöön ja osa on jo liikenteessä, mutta varovaistenkin arvioiden mukaan menee 3–4 vuotta ennen kuin saadaan luotettavaa tietoa painavampien yhdistelmien turvallisuudesta tieliikennekelpoisuudesta.

LÄHTEET

A3. 15. 631/1990.1990 [www-lähde]. Finlex. [viitattu 8.5.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1990/19900631#Lidp3689376>

A7. 73, 74. 631/1990.1990 [www-lähde]. Finlex. [viitattu 3.5.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1990/19900631#Pidp4316848>

About the National Transport Commission. Ei päiväystä. [www-lähde]. NTC National Transport Commission. [viitattu 9.7.2013]. Saatavissa: <http://www.ntc.gov.au/ViewPage.aspx?documentid=44>

About Performance Based Standards. Ei päiväystä. [www-lähde]. NHVR National Heavy Vehicle Regulator. [viitattu 8.7.2013]. Saatavissa: <https://www.nhvr.gov.au/road-access/performance-based-standards>

About VTI. Ei päiväystä. [www-lähde]. VTI The Swedish National Road and Transport Research Institute. [viitattu 13.7.2013]. Saatavissa: <http://www.vti.se/en/>

Ajoneuvoliikennerekisteri. Trafi. Palvelu vaatii käyttöoikeuden.

Arredondo, J. Ei päiväystä. Innovative and High Productivity Vehicles – The PBS Scheme in Australia from 2007 to 2011. [www-lähde]. International Forum for Road Transport Technology. [viitattu 28.10.2013]. Saatavissa: <http://road-transport-technology.org/Proceedings/HVTT%2012/The%20PBS%20Scheme%20in%20Australia%20from%202007%20to%202011%20-%20Arredondo.pdf>

Auton kokonaisuudessa. 9.12.2010. [www-lähde]. Vehotrucks. [viitattu 3.5.2014]. Saatavissa: http://www.vehotrucks.fi/fi/SiteCollectionDocuments/Paallirakenteet/Paallirakenteet_Sisu_01_Turvallisuusohjeet_ja_viranomaismaaraykset.pdf

Autoteknillinen taskukirja. 2003. Suomentaja: Autoalan Koulutuskeskus Oy. 6.painos. Jyväskylä: Gummerus Oy.

Di Cristoforo, R. Ei päiväystä. Evaluation of a two year trial of 30 metre, 77.5 tonne B-doubles with quad axle groups. [www-lähde]. International Forum for Road Transport Technology. [viitattu 4.11.2013]. Saatavissa: <http://road-transport-technology.org/Proceedings/HVTT%2012/Evaluation%20of%20a%20two%20year%20trial%20of%2030metre%20C%2077.5tonne%20B-doubles%20with%20quad%20axle%20groups%20-%20Di%20Cristoforo.pdf>

Di Cristoforo, R., Bereni M., Germanchev, A. & Eady, P. Ei päiväystä. To be triple or not to be: Performance based prescriptive rules for Australian Modular B-triples. [www-lähde]. International Forum for Road Transport Technology. [viitattu 6.11.2013]. Saatavissa: <http://road-transport-technology.org//Proceedings/HVTT%2012//To%20be%20triple%20or%20not%20to%20be.%20Performance-based%20prescriptive%20rules%20for%20Australian%20modular%20B-triples%20-%20Di%20Cristoforo.pdf>

Elischer, M. & Bruzsa, L. Ei päiväystä. Dynamic wheel loads of heavy vehicles – preliminary analysis. [www-lähde]. International Forum for Road Transport Technology. [viitattu 20.12.2013]. Saatavissa: <http://road-transport-technology.org/Proceedings/HVTT%2012//Dynamic%20Wheel%20loads%20of%20heavy%20vehicles%20.%20preliminary%20analysis%20-%20Elischer.pdf> <http://road-transport-technology.org//Proceedings/HVTT%2012//Dynamic%20Wheel%20loads%20of%20heavy%20vehicles%20.%20preliminary%20analysis%20-%20Elischer.pdf>

ELY-keskus Etelä-Pohjanmaa. Ei päiväystä. [www-lähde]. [viitattu 4.6.2013]. Saatavissa: http://www.ely-keskus.fi/web/ely/kunnossapito2?p_p_id=122_INSTANCE_aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_resetCur=true&p_r_p_564233524_categoryId=14249#.U2JI3FdAdyw

ELY-keskus Kaakkois-Suomi. Ei päiväystä. [www-lähde]. [viitattu 15.5.2013]. Saatavissa: http://www.ely-keskus.fi/web/ely/kunnossapito2?p_p_id=122_INSTANCE_aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_categoryId=14248&p_r_p_564233524_resetCur=true#.U2JIYVdAdyw

ELY-keskus Keski-Suomi. Ei päiväystä. [www-lähde]. [viitattu 25.5.2013]. Saatavissa: http://www.ely-keskus.fi/web/ely/kunnossapito2?p_p_id=122_INSTANCE_aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_categoryId=14400&p_r_p_564233524_resetCur=true#.U2JJ2ldAdyw

ELY-keskus Lappi. [viitattu 30.5.2013]. Ei päiväystä. [www-lähde]. [viitattu 30.5.2013]. Saatavissa: http://www.ely-keskus.fi/web/ely/kunnossapito2?p_p_id=122_INSTANCE_aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_resetCur=true&p_r_p_564233524_categoryId=14253#.U2JKTVdAdyw

ELY-keskus Pohjois-Pohjanmaa. Ei päiväystä. [www-lähde]. [viitattu 26.5.2013]. Saatavissa: http://www.ely-keskus.fi/web/ely/kunnossapito2?p_p_id=122_INSTANCE_aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_resetCur=true&p_r_p_564233524_categoryId=14404#.U2JKuldAdyw

- ELY-keskus Pohjois-Savo. Ei päiväystä. [www-lähde]. [viitattu 16.5.2013]. Saatavissa: http://www.ely-keskus.fi/web/ely/kunnossapito2?p_p_id=122_INSTANCE aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_reset-Cur=true&p_r_p_564233524_categoryId=14251#.U2JLYldAdyw
- ELY-keskus Uusimaa. Ei päiväystä. [www-lähde]. [viitattu 9.5.2013]. Saatavissa: http://www.ely-keskus.fi/web/ely/kunnossapito2?p_p_id=122_INSTANCE aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_reset-Cur=true&p_r_p_564233524_categoryId=14405#.U2JLyFdAdyw
- ELY-keskus Varsinais-Suomi. Ei päiväystä. [www-lähde]. [viitattu 8.5.2013]. Saatavissa: http://www.ely-keskus.fi/web/ely/kunnossapito2?p_p_id=122_INSTANCE aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_reset-Cur=true&p_r_p_564233524_categoryId=14406#.U2JMWldAdyw
- Energian säilymislaki. Ei päiväystä. [www-lähde]. Otavan Opisto/Lappainen, O. [viitattu 12.5.2014]. Saatavissa: http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/lukio/fy/fy1/3_perusvuorovaikutukset_ja_sailymlait/3.1_fck-dokumentti?C:D=hNhD.g0ZW&m:selres=hNhD.g0ZW
- FPInnovations. Ei päiväystä. [www-lähde]. FPInnovations. [viitattu 31.8.2013]. Saatavissa: <https://fpinnovations.ca/Pages/home.aspx>
- Higher Mass Limits. Ei päiväystä. [www-lähde]. NTC National Transport Commission. [viitattu 10.7.2013]. Saatavissa: <http://www.ntc.gov.au/viewpage.aspx?documentid=1806>
- High Productivity Freight Vehicles – Moving More With Less. Ei päiväystä. [www-lähde]. VicRoads. [viitattu 10.7.2013]. Saatavissa: <http://www.vicroads.vic.gov.au/Home/Moreinfoandservices/HeavyVehicles/AccessandRouteInformation/HighProductivityFreightVehicles.htm>
- Huolto- ja varaosatiedote. 4.5.2010. [www-lähde]. Oy Sisu Auto Ab. [viitattu 8.5.2014]. Saatavissa: http://www.trafi.fi/file-bank/a/1322478478/1c2aa9198303fd8854cacab9fe07247e/2637-E11Tjarrtar-kohje400_59.pdf
- Ifsttar, H.I., Lamih, M.D., Khemoudj, O. & Germanchev, A. Ei päiväystä. Experiment for tyre vertical forces estimation on the accelerated loading facility equipment. International Forum for Road Transport Technology. [viitattu 20.12.2013]. Saatavissa: <http://road-transport-technology.org//Proceedings/HVTT%2012//Experiment%20for%20Tyre%20Vertical%20forces%20on%20the%20Accelerated%20Loading%20Facility%20Equipment%20-%20Imine.pdf>

- Koniditsiotis, C. & Sjögren, J. Ei päiväystä. High Capacity Transports in Sweden and Australia – Experiences and Road Map to the Future. [www-lähde]. International Forum for Road Transport Technology. [viitattu 15.12.2013]. Saatavissa: <http://road-transport-technology.org/Proceedings/HVTT%2012//High%20Capacity%20Transports%20in%20Sweden%20and%20Australia%20-%20Experiences%20and%20Road%20Map%20to%20the%20Future%20-%20Koniditsiotis.pdf>
- Käsitteet ja määritelmät. Ei päiväystä. [www-lähde]. Tilastokeskus. [viitattu 3.4.2013]. Saatavissa: <http://tilastokeskus.fi/til/kttav/kas.html>
- Larger Trucks – A Blessing for the Environment. Ei päiväystä. [www-lähde]. JLT– Mobile Computers AB. [viitattu 15.7.2013]. Saatavissa: <http://www.jltmobile.com/jlt/en-us/bennesveds-akeri-ab/bennesveds-akeri-ab.php>
- Liikenne kansantaloudessa. Ei päiväystä. [www-lähde]. Suomen kuljetusopas. [viitattu 3.4.2013] Saatavissa: http://www.kuljetusopas.com/yleistietoa/liikenne_kansantaloudessa/
- Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Ei päiväystä. [www-lähde]. Trafi. [viitattu 8.7.2013]. Saatavissa: http://www.trafi.fi/tietoa_trafista
- Löfroth, C., Larsson L., Enström J., Cider L., Svenson G., Aurell J., Johansson A. & Asp T. Ei päiväystä. ETT– A Modular System for Forest Transport. [www-lähde]. International Forum for Road Transport Technology. [viitattu 7.11.2013]. Saatavissa: <http://road-transport-technology.org/Proceedings/HVTT%2012ETT%20A%20Modular%20System%20for%20Forest%20Transport%20A%20three-year%20roundwood%20haulage%20test%20in%20Sweden%20-%20Lofroth.pdf>
- Naskali, T. 25.5.2010. Renkaiden tasapainon, ilmanpaineen ja muotovirheiden vaikutus raskaan kaluston energiankulutukseen. [www-lähde]. Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu. [viitattu 13.5.2014]. Saatavissa: http://www.transec.fi/files/235/Renkaiden_epatasapainon_ilmanpaineen_ja_muotovirheiden_vaikutus_raskaan_kaluston_energiankulutukseen.pdf
- Nieminen, A. Ei päiväystä. [www-lähde]. Auton Jarrutusmatka. [viitattu 26.6.2013]. Saatavissa: <http://sivut.koti.tpo.fi/ajnieminen/jar.pdf>
- Nordengen, P. Ei päiväystä. Monitoring results of PBS vehicles in the timber industry in terms of productivity, safety and road wear performance. [www-lähde]. International Forum for Road Transport Technology. [viitattu 28.10.2013]. Saatavissa: <http://road-transport-technology.org/Proceedings/HVTT%2012//Monitoring%20results%20of%20PBS%20vehicles%20in%20the%20timber%20industry%20in%20terms%20of%20productivity%20C%20safety%20and%20road%20wear%20performance%20-%20Nordengen.pdf>

- Parker, S.P.S. Ei päiväystä. Dynamic testing of selected Canadian log-hauling configurations. [www-lähde]. International Forum for Road Transport Technology. [viitattu 28.11.2013]. Saatavissa: <http://road-transport-technology.org/Proceedings/HVTT%2012//Dynamic%20testing%20of%20selected%20Canadian%20log-hauling%20configurations%20-%20Parker.pdf>
- PBS vehicle standards. Ei päiväystä. NHVR—National Vehicle Heavy Regulator. [www lähde]. [viitattu 8.5.2014]. Saatavissa: <https://www.nhvr.gov.au/road-access/performance-based-standards/pbs-vehicle-standards>
- Piispanen, M. 7.6.2012. Teräsiltojen kunnan seuranta. [www-lähde]. Liikennevirasto. [viitattu 13.6.2013]. Saatavissa: <http://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/koulutus/terassiltaapaivat/>
- Raskaan kaluston painorajat nousevat. 2012. Suomen Autolehti 79 (10), 27.
- Riikonen, P. 2013. Lisää pyöriä yhdistelmiin. Suomen Autolehti 80 (5), 48.
- Said, S.F & Hakim, H. Ei päiväystä Influence of traffic variables on rut in asphalt concrete layers. [www-lähde]. International Forum for Road Transport Technology. [viitattu 201.12.2013]. Saatavissa: <http://road-transport-technology.org/Proceedings/HVTT%2012//Influence%20of%20Traffic%20Variables%20on%20Rut%20Formation%20in%20Asphalt%20Concrete%20layers%20-%20Said.pdf> <http://road-transport-technology.org/Proceedings/HVTT%2012//Influence%20of%20Traffic%20Variables%20on%20Rut%20Formation%20in%20Asphalt%20Concrete%20layers%20-%20Said.pdf>
- Sillat. Ei päiväystä. [www-lähde]. ELY-keskus/Etelä-Savo. [viitattu 16.5.2013]. Saatavissa: http://www.ely-keskus.fi/web/ely/sillat;jsessionid=9C75B4CEFAE4C98BE21D151BF5ECFF37?p_p_id=122_INSTANCE_aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_reset-Cur=true&p_r_p_564233524_categoryId=14406
- Ranta, E. 6.5.2011. Suomenhuonokuntoisimmat tiet. [www-lähde]. Taloussanommat. [viitattu 5.6.2013]. Saatavissa: <http://www.taloussanommat.fi/liikenne/2011/05/06/varo-taalla-ovat-suomen-huonokuntoisimmat-tiet/20116291/12>
- Tekniikan kaavasto. 2002. 4.painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Teiden kunnossapito. Ei päiväystä. [www-lähde]. Liikennevirasto. [viitattu 4.5.2013]. Saatavissa: http://www.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/kunnossapito/teiden_kunnossapito
- Tietietoa. Ei päiväystä. [www-lähde]. Suomen Tieyhdistys. [viitattu 4.5.2013]. Saatavissa: <http://www.tieyhdistys.fi/tietietoa/>

UPM testasi 100 tonnia ja yli 25,25 metriä pitkiä ajoneuvoyhdistelmiä. 26.6.2013. [www-lähde]. UPM. [viitattu 15.12.2013]. Saatavissa: <http://www.upm.com/FI/MEDIA/Uutiset/Pages/UPM-testasi-100-tonnia-painavia-ja-yli-25,25-metri%C3%A4-pitki%C3%A4-ajoneuvoyhdistelmi%C3%A4.aspx>

Vad är vi. Ei päiväystä. [www-lähde]. TFK Ett institut för transport- och logistikforskning. [viitattu 15.7.2013]. Saatavissa: <http://www.tfk.se/>

Varin, P., Saarenketo, T., Matintupa, A. & Granlund, J. Ei päiväystä. Impact Analysis of Kaunisvaara – Svappavaara Road Iron Ore Transportation Options. [www-lähde]. International Forum for Road Transport Technology. [viitattu 18.11.2013]. Saatavissa: <http://road-transport-technology.org//Proceedings/HVTT%2012//Impact%20Analysis%20of%20Kaunisvaara%20.%20Svappavaara%20Road%20Iron%20Ore%20Transportation%20Options%20-%20Varin.pdf>

Vierth, I. & Haraldsson, M. Ei päiväystä. Socio – economic effects of longer and/or heavier road transport vehicles – the Swedish case. [www-lähde]. International Forum for Road Transport Technology. [viitattu 20.11.2013]. Saatavissa: <http://road-transport-technology.org//Proceedings/HVTT%2012//Socio-economic%20effects%20of%20longer%20and%20or%20heavier%20road%20transport%20vehicles%20the%20Swedish%20case%20-%20Vierth.pdf>

LIITTEET

LIITE 1 Haastattelulomake

Ajoneuvoyhdistelmien kokonaismassakorotukset	
1. Kuinka suuren turvallisuusriskin massakorotukset mielestänne aiheuttavat tieliikenteessä?	
A) Erittäin suuri	_____
B) Melko suuri	_____
C) Melko pieni	_____
D) Erittäin pieni	_____
Perustelut: _____	

2. Miten katsastustoimintaa voitaisiin tehostaa, jotta yhdistelmien tieturvallinen kunto taattaisiin? Olisivatko esim. tiheämmät määräaikaikatsastukset hyvä vaihtoehto?	

3. Miten uskotte nykyisten, käytössä olevien yhdistelmätyyppien rakenteiden kestävän massakorotukset?	
A) Hyvin	_____
B) Kohtalaisesti	_____
C) Huonosti	_____
Perustelut: _____	

Kiitos vastauksistanne!	