

Mika Männistö

**HENKILÖAUTOJEN MUOKKAAMINEN
SUOMEN LAIN ALAISUUDESSA**

HENKILÖAUTOJEN MUOKKAAMINEN SUOMEN LAIN ALAISUUDESSA

Mika Männistö
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, auto- ja kuljetustekniikka

Tekijä: Mika Männistö

Opinnäytetyön nimi: Henkilöautojen muokkaaminen Suomen lain alaisuudessa

Työn ohjaaja: Mauri Haataja

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014 Sivumäärä: 110+ 4 liitettä

Tässä työssä tavoite oli tutkia M₁-luokan moottoriajoneuvojen eli henkilöautojen alkuperäisten ominaisuuksien muuntelun mahdollisuuksia Suomessa. Työssä ei perehdytä vain nimensä mukaisesti Suomen lainsäädäntöön, vaan myös harrastajiin, jotka ajoneuvojaan muokkaavat. Tarkoituksena ei ollut vain luetella lain määräyksiä, vaan esittää ajoneuvojen dynamiikasta aiheutuvia syy- ja seuraussuhteita lakien olemassa oloon. Työn tarkoitus on toimia valmistuttuaan oppaana autoharrastajille tai muille aiheesta kiinnostuneille. Tarkoituksena oli autoharrastuksen ulkopuolella olevien henkilöiden mahdollisten ennakkoluulojen ja väärinkäsityksien lieventäminen.

Tutkitun lainsäädännön ja opitun ajoneuvodynamiikan avulla luotiin esimerkkiajoneuvo. Ajoneuvon ominaisuudet kartoitettiin ja siihen suunniteltiin ja toteutettiin suorituskykyä parantavia muutoksia. Muutokset pidettiin sellaisina, että ajoneuvo tarvitsee vain muutoksesta Suomen tieliikennelain mukaisesti. Ajoneuvosta esitettiin laskennalliset erot ja käytännön kokemukset ennen ja jälkeen muutoksia. Haasteena oli saavuttaa tasapaino haluttujen ominaisuuksien, budjetin ja määräysten välillä.

Lopputarkastelussa lain sisältö todettiin pääsääntöisesti toimivaksi ja selkeäksi. Lainsäädäntö on tiukka, mutta se myös antaa turvalliset puitteet muokata henkilöautoja. Ajoneuvon muokkaamiseen liittyvän suunnittelutyön tuloksena on teoriassa turvallinen, suorituskykyinen ja määräykset täyttävä henkilöauto.

Asiasanat: laki, tieliikenne, henkilöautot, muutokset, autotekniikka

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical and production engineering, automotive engineering and
transportation technology”

Author: Mika Männistö

Title of thesis: Modification of Passenger Cars under the Laws of Finland

Supervisor: Mauri Haataja

Term and year when the thesis was submitted: spring 2014 Pages: 110 + 4
appendices

The goal of this thesis was to expound on the modification possibilities of M1-class motor vehicles, namely passenger cars under the Laws of Finland. The studied subject is not only the Laws of Finland but also car amateurs who do the modifications to their vehicles. The purpose of this thesis was not only to list the regulations but also to present causalities in the vehicle dynamics behind those regulations. This thesis is meant to serve as a guide book for amateurs and other interested parties. One of the objectives of this thesis was to remove outsiders' pre- and misconceptions about car modification.

The studied legislation and vehicle dynamics were put into use to produce a model vehicle. The properties of the vehicle were mapped and plans were made and realized to incorporate changes to increase its performance. When planning the changes, the confines of the law had to be kept in mind. In addition, the aim was that only a modification inspection would be required for the vehicle. A theoretical and practical comparison of the changes was made, taking into account the conditions before and after the modifications. The challenge was to have a balance between the wanted properties, the budget and the confines of the law (i.e. regulations).

In the final review, the contents of the law were found mainly punctual and clear. The law is strict in some respects but it gives a safe frame to make passenger cars more appealing to their owners. As a result, the planned model received a form of a theoretically safe and efficient passenger car which fulfills the regulations.

Keywords: law, cars, modification, traffic, automotive technology

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	8
1 JOHDANTO	13
2 AUTOHARRASTAJA	14
2.1 Historia	14
2.2 Nykypäivä	14
2.3 Lieveilmiöt	17
3 LAKI JA SEN MÄÄRÄYKSET	19
3.1 Ajoneuvojen käyttö tiellä	19
3.2 Ajoneuvon muokkaaminen	19
4 LAKI AUTON RAKENTEEN MUUTTAMISESTA	22
4.1 Yleiset periaatteet ja määritelmät	23
4.2 Moottorin ja pakoputkiston muutokset	26
4.2.1 Moottorin muuttaminen	29
4.2.2 Päästöt	33
4.2.3 Pakoputkiston muutokset	33
4.3 Alustamuutokset	35
4.3.1 Pyörän tuenta	36
4.3.2 Renkaat	39
4.3.3 Akseliston muutokset	42
4.3.4 Ohjauslaitteet	42
4.3.5 Jarrujen muutokset	42
4.3.6 Heilahduksenvaimentimet ja ajoneuvon korkeus	43
4.4 Korinmuutokset	45
4.4.1 Tuulilasi ja muut ikkunat	45
4.4.2 Puskurit sekä alleajo- ja sivusuojat.	45
4.4.3 Muoviosat	46
4.4.4 Valaisimien vaihdot ja muutokset	46
4.4.5 Ovimuutokset	47

4.4.6	Suuret korimuutokset	47
4.4.7	Korinvaihdot	49
4.4.8	Korin korottaminen runkoon nähden	49
4.4.9	Turvakaari	49
4.4.10	Tilapäisesti asennettavat kiinteistöhuoltolaitteet	50
5	AJONEUVOKOHTAISEN INFORMAATION HANKINTA	51
5.1	Tiedon lähteet	51
5.1.1	Kirjallisuus ja internet	51
5.1.2	Ammatinharjoittajat	52
5.1.3	Katsastuviranomainen	52
5.2	Kuvat ja kuvaajat	52
5.2.1	Tehokuvaajat	53
5.2.2	Mekaaniset osat	54
5.2.3	Otsapinta-ala	55
5.2.4	Johtopäätökset kuvankäsittelystä	58
6	AJONEUVODYNAMIIKKA	59
6.1	Painopiste	59
6.2	Ajovastukset	63
6.2.1	Vierintävastus	64
6.2.2	Nousuvastus	65
6.2.3	Ilmanvastuskerroin	65
6.2.4	Kiihdytysvastus	66
6.3	Vetävien pyörien voimantuotto	67
6.4	Moottorien ominaisuudet	68
6.5	Jarrumekaniikka	68
6.5.1	Jarruvoiman synty	70
6.5.2	Kokonaisjarruvoiman jakaminen akseleille	73
7	KOHDEAJONEUVO ALKUPERÄISKUNNOSSA	76
7.1	Kohdeajoneuvon taustoja	76
7.2	Korirakenne	76
7.3	Alustarakenne	78
7.4	Jarrut	79
7.5	Moottori	80
7.6	Suorituskyky	81

8 MUUTETTAVAT KOHTEET	83
8.1 Taustat	83
8.2 Kori	83
8.3 Moottori	85
8.4 Jarrut	88
8.5 Alustan pyöräntuenta ja jousitus	91
8.6 Renkaat	91
8.7 Muutosten kokonaismäärä %-taulukon mukaan	93
9 SUORITUSKYVYN MUUTOKSET	95
9.1 Ajotilapiirrokset	95
9.2 Kiihtyvyysskuvaajat	96
10 POHDINTA	99
LÄHTEET	100
Liite 1. Lähtötietomuistio	
Liite 2. LVMa 1258/2002 liite N:0 1087	
Liite 3. Jarruvipumekanismien mitoitus	
Liite 4. Valokuvapohjaisten otsapinta-alojen kokeellinen vertailu	

SANASTO

Määritelmien selitysosassa on merkitty kursiivilla ne sanat, joista löytyy oma selityksensä.

aihio: autoharrastajien nimitys potentiaalisesta rakentelukohteesta

AKE: Ajoneuvohallintokeskus on vuosien 1996 ja 2009 välisenä aikana liikenne- ja viestintäministeriön alaisuudessa toiminut virasto. Sen tehtäviä olivat ajoneuvojen hyväksyminen, rekisteröinti ja vuotuinen verotus. Se myös valvoi katsastustoimintaa. AKE:n toiminnan tarkoituksena oli edistää liikenneturvallisuutta ja liikenteen ympäristöystävällisyyttä. Nykyisin näitä tehtäviä hoitaa *Trafi*.

ANL: ajoneuvolaki 11.12.2002/1090

direktiivi: Euroopan unionin jäsenvaltioille tarkoitettu lainsäädäntöohje, jonka mukaan tulisi voimassa olevaa lainsäädäntöä muokata

direktiiviä tai E-sääntöä vastaava ajoneuvo, järjestelmä, osa ja erillinen

yksikkö: sellainen ajoneuvo, *järjestelmä, osa ja erillinen tekninen yksikkö*, jota ei ole *tyyppihyväksytty*, mutta täyttää direktiivin tai *E-säännön* tekniset vaatimukset

ensirekisteröinti: ajoneuvon ensimmäinen *rekisteröinti* Suomessa

erillinen tekninen yksikkö: ajoneuvon osaksi tarkoitettu laite, joka liittyy tiettyyn *ajoneuvotyyppiin* ja voidaan *tyyppihyväksyä* erillisenä tai osana tuota ajoneuvotyyppiä, kuten alleajosuoja, ja ajoneuvosta erillinen laite, kuten suojakypärä tai lasten turvalaite, jota käytetään liikenteessä

E-sääntö: *Geneven sopimukseen* liitetty sääntö

ETA-valtio: Euroopan talousalueeseen kuuluva valtio

EY-tyyppihyväksyntä: seuraavien tyyppihyväksyntädirektiivien ja niiden nojalla annettujen erityisdirektiivien mukainen *tyyppihyväksyntä*:

- 1) moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen tyyppihyväksyntää koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä annettu neuvoston direktiivi 70/156/ETY, jäljempänä autojen ja perävaunujen tyyppihyväksyntädirektiivi
- 2) kaksi- ja kolmipyöräisten moottoriajoneuvojen tyyppihyväksynnästä ja neuvoston direktiivin 92/61/ETY kumoamisesta annettu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2004/24/EY, jäljempänä kaksi- ja kolmipyöräisten moottoriajoneuvojen tyyppihyväksyntädirektiivi
- 3) pyörillä varustettujen, maatalous- ja metsätraktoreiden tyyppihyväksyntää koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä annettu neuvoston direktiivi 74/150/ETY, jäljempänä traktoreiden tyyppihyväksyntädirektiivi

FMVSS-standardin vaatimuksia vastaava rakenneosa: sellainen ajoneuvon rakenneosa, joka täyttää Amerikan Yhdysvaltojen liittovaltion asettaman turvallisuusstandardin vaatimukset

Geneven sopimus: Genevessä 20. päivänä maaliskuuta 1958 tehty moottoriajoneuvojen varusteiden ja osien hyväksymisehtojen yhdenmukaistamista ja hyväksymisen vastavuoroista tunnustamista koskeva sopimus 70/76

Hot Rod: lyhennys sanasta "Hot Roadster", joka nykykielessä tarkoittaa vanhaa Yhdysvalloissa valmistettua ja alkuperäisestä muokattua ajoneuvoa

hyväksyntäviranomaisen: Viranomaisen, joka hyväksyy ajoneuvon rekisteröinnin tai katsastuksen; nykyään Suomessa Trafi

järjestelmä: ajoneuvon laitteisto, joka on olennainen osa ajoneuvoa eikä ole yleensä irrotettavissa erilliseksi osaksi, kuten jarrujärjestelmä, pakokaasun puhdistusjärjestelmä tai sisävarusteet

kansallinen tyyppihyväksyntä: Suomessa ajoneuvolle myönnettävä *tyyppihyväksyntä*, jonka perusteella ajoneuvolle annetaan kansallinen tyyppihyväksyntätodistus ja tyyppirekisteriote tai järjestelmälle, osalle tai erilliselle tekniselle yksikölle myönnettävä tyyppihyväksyntä

kanta-ajoneuvo: ajoneuvoyksilö, josta peräisin olevat osat muodostavat kunnostetusta tai kootusta ajoneuvosta enemmän kuin 50 prosenttia

korjattu ajoneuvo: liikennevahingon, korroosion tai muun syyn takia vaurioitunut ja sen jälkeen kunnostettu ajoneuvo, jolla on *kanta-ajoneuvo*; korjattu ajoneuvo on myös osista koottu ajoneuvo, jolla on kanta-ajoneuvo

LVMp: liikenne- ja viestintäministeriön päätös

LVMa: liikenne- ja viestintäministeriön asetus

monivaiheinen tyyppihyväksyntä: menettely, jossa *hyväksyntäviranomaisen* yksin tai yhdessä toisen *ETA-valtion* tyyppihyväksyntäviranomaisen kanssa varmentaa keskeneräisen tai valmiin ajoneuvotyyppin täyttävän sitä koskevat tekniset vaatimukset

muutoskatsastus: ajoneuvon muutosten hyväksymiseksi ja ajoneuvon rekisteriin merkittyjen tietojen muuttamiseksi tai täydentämiseksi suoritettava tarkastus

määräaikaikatsastus: ajoneuvon käytön aikaista määräajoin suoritettavaksi säädettyä ajoneuvon kunnan ja rekisteriin merkittyjen tietojen tarkastaminen

osa: ajoneuvon osaksi tarkoitettu laite, joka voidaan irrottaa ajoneuvosta tai asentaa siihen ja joka voidaan tyyppihyväksyä erillisenä, kuten valaisin

piensarjatyypihyväksyntä: *tyypihyväksyntä*, joka myönnetään sellaista tyyppiä olevalle ajoneuville, jota valmistetaan rajoitettu määrä ja jolle ei ole myönnetty täydellistä tyyppihyväksyntää siinä muodossa kuin ajoneuvo on tarkoitus merkitä rekisteriin

prosenttisäännöt: ajoneuvon muutosten laskennassa sovellettavat liikenne- ja viestintäministeriön vaurioituneen ajoneuvon kunnostamisesta ja ajoneuvon kokoamisesta osista annetun asetuksen liitteen 1 mukaiset osakokonaisuuksien prosenttimäärät

rakennettu ajoneuvo: kunnostettu tai osista koottu ajoneuvo, jolla ei ole kanta-ajoneuvoa

rekisteröinti: ajoneuvon yksilöintitietojen sekä omistajuutta, liikenteessä käyttöä ja teknisissä ominaisuuksia koskevien tietojen ja niiden muutosten merkitseminen rekisteriin

rekisteröintikatsastus: yksittäisen ajoneuvon luokittelua varten suoritettava tarkastus, jossa todetaan rekisteröintiä varten tarpeelliset tiedot sekä tarkastetaan, onko ajoneuvo kunnoltaan turvallinen sekä rakenteeltaan, mitoiltaan ja varusteiltaan säännösten mukainen

Trafi: liikenteen turvallisuusvirasto

TLL: tieliikennelaki 3.4.1981/267

tyyppi: autojen ja perävaunujen tyyppihyväksyntädirektiivissä, kaksi- ja kolmepyöräisten moottoriajoneuvojen tyyppihyväksyntädirektiivissä ja traktoreiden tyyppihyväksyntädirektiivissä, erityisdirektiiveissä tai kansallisessa lainsäädännössä tarkoitettujen olennaisten osien osalta samanlaiset ajoneuvot (ajoneuvotyyppi), osat järjestelmät tai erilliset tekniset yksiköt

tyyppihyväksyntä: menettely, jossa *hyväksyntäviranomaisen* varmentaa *ajoneuvotyyppin, järjestelmän, osan, tai erillisen teknisen yksikön* täyttävän sitä koskevat tekniset vaatimukset; tyyppihyväksyntöjä ovat *EY-tyyppihyväksyntä, E-tyyppihyväksyntä, kansallinen tyyppihyväksyntä ja piensarjatyypin tyyppihyväksyntä*

tyyppiperhe: M₁- tai L₁-luokan ajoneuvot, jotka ovat samanlaisia seuraavilta olennaisilta ominaisuuksiltaan: valmistaja, rakenne, ja suunnittelultaan olennaiset osat, joita ovat alusta, pohjalevy ja runko sekä moottori

vaatimustenmukaisuustodistus: ajoneuvon EY-tyyppihyväksynnän haltijan laatima autojen ja perävaunujen tyyppihyväksyntädirektiivin ja kaksi- ja kolmepyöräisten moottoriajoneuvojen tyyppihyväksyntädirektiivin sekä traktoreiden tyyppihyväksyntädirektiivin mukainen teknisiä tietoja sisältävä todistus yksittäistä ajoneuvoa varten

valmistaja: se, joka vastaa tyyppihyväksyntäviranomaiselle kaikista tyyppihyväksyntämenettelyn tekijöistä sekä tuotannon vaatimustenmukaisuudesta; valmistajan ei tarvitse osallistua ajoneuvon,

järjestelmän, osan tai erillisen teknisen yksikön kaikkiin valmistusvaiheisiin

valmistajan edustaja: sellainen ajoneuvojen, *järjestelmien tai osien tai erillisten teknisten yksiköiden* kauppaa tai maahantuontia harjoittava Suomessa yritys- ja yhteisötietojärjestelmään merkitty yhteisö, joka on valmistajan valtuuttama ja joka saa käyttöönsä ajoneuvon, osan ja erillisen teknisen yksikön rakenteeseen ja varusteisiin liittyvät, hyväksymisen ehtona olevat tekniset tiedot

yksittäishyväksyntä: EY-tyyppihyväksyntä direktiivien soveltamisalan ulkopuolisen ajoneuvon hyväksyntä rekisteröitäväksi joko pelkästään *rekisteröintikatsastuksessa* tai yhdessä ajoneuvokohtaisen poikkeusluvan kanssa

1 JOHDANTO

"Voisinpa laittaa tämän ison V8:n moottorin autooni" on lausahdus, josta tämä työ sai alkunsa. Aloittelevan autoharrastajan unelma itsetoteutetusta urheiluautosta konkretisoidaan ja viikonloppuna vanhaan Fiatiin on asennettu uusi moottori. Ongelmaksi kuitenkin nousee katsastuskonttorin virkamies, joka kieltäytyy katsastamasta edellä mainittua yhdistelmää. Se, miksi hän kieltäytyy, on tämän opinnäytetyön ydin.

Tämä työ on selvitys henkilöautojen alkuperäisten ominaisuuksien muokkaamisen mahdollisuuksista ja rajoituksista Suomessa. Työssä tarkastellaan tämänhetkistä lakia ja siinä olevia säädöksiä ja perustellaan, miksi ne ovat olemassa. Aiheesta on tehty tutkimuksia ja opinnäytetöitä, mutta suoraa syy- ja seuraussuhdetta ei lain määräyksille ole yleensä annettu. Opinnäytetyö on suunnattu autoharrastajille ja tekniikasta kiinnostuneille. Työssä pyritään mahdollisimman yksinkertaiseen esitystapaan.

Tarkoituksena on myös kertoa, mistä saadaan oikeaa tietoa laista tai määräyksistä, jotta tulevat käynnit katsastuskonttorilla olisivat mahdollisimman sujuvat. Työssä halutaan antaa myös ohjeita ajoneuvoikohtaisen teknisten tietojen keräämiselle ja sen tulkinnalle. Työn lähteistä on saatavissa huomattava määrä lisää tietoa, johon on suositeltavaa tutustua tarkemmin.

Näiden jälkeen käytännön esimerkkinä tutkitaan tekijän omistamaa henkilöautoa ja sen ominaisuudet kartoitetaan. Tämän pohjalta autoa muokataan enemmän omistajansa mieltymysten mukaiseksi kuitenkin niin, että se voidaan hyväksyä tieliikennekäyttöön.

Kohdeauton muutokset suunnitellaan ja rakennetaan vastaamaan vähintään lain määrittämän *vertailuauton* mukaisia teknisiä ominaisuuksia. Kaikki muutokset perustellaan mahdollisimman yksinkertaisilla ajoneuvojen dynamiikkaan liittyvillä periaatteilla ja tarvittaessa matemaattisilla kaavoilla. Näiden ymmärtäminen ja käyttö on suotavaa autoharrastuksen syventämisen kannalta.

2 AUTOHARRASTAJA

2.1 Historia

Sarjatuotannon laatu ja autojen teknologia olivat aluksi hyvin alkukantaista verrattuna nykyiseen. Ajoneuvopurkaamoilla työskennelleet ja tekniikasta yleisesti kiinnostuneet henkilöt olivat ajoneuvojen muokkaamisessa ensimmäisinä. Erityisesti moottorien tehon lisääminen oli useille harrastajille prioriteettina. Osasyynä tälle oli silloisten sarjatuotanto-osien valmistusvirheet, joiden korjaus saattoi antaa huomattavan tehon lisäyksen. Erilaisia renkaita, jousia, iskunvaimentimia, moottoreita ja polttoaineen seoksenmuodostusmenetelmiä kokeiltiin ja muokattiin varauksetta. Nämä kokeilunhaluiset henkilöt huomasivat tekemiensä muutosten vaikuttavan ajoneuvon suorituskykyyn, joskus positiivisesti ja toisinaan negatiivisesti. Muutosten onnistuttua parani ajoneuvon hallinta ja suorituskyky huomattavasti alkuperäisestä. (1; 2.)

Kokeilunhalu on se kantava voima, joka vaikuttaa myös nykypäivän autoharrastajissa. Tieto tästä perustuu kirjoittaneen omiin kokemuksiin alalta.

Ensimmäinen henkilöautojen muokkaamisen aalto alkoi Kaliforniassa 1930-luvulla Yhdysvaltoihin iskeneen laman aikana. Tätä aaltoa kutsutaan myös ensimmäiseksi Hot Rod -kaudeksi, vaikka tätä nimitystä ei tuolloin vielä käytetty. Rahan puutteessa vanhoja autoja korjattiin, koska uusiin ei ollut varaa. Monet hankkivat ensimmäiset autonsa epäkuntoisina ja ne korjattiin ajokelpoiseksi. Tällöin alkoi myös tieto virittämisen ja muokkauksen mahdollisuuksista levitä yleiseen tietoisuuteen. (1; 2.)

2.2 Nykypäivä

Suomessa yksityisissä ajoneuvoissa vietetään paljon aikaa (3, s. 10–12). On selvää, että omistaja valitsee ajoneuvon omien mieltymystensä mukaan. Suomalaiseen kulttuuriin kuuluu tavaroista huolehtiminen ja varmatoimisuuden arvostus. Hyväksi todetusta ei haluta luopua. Edellä mainittujen lisäksi ajoneuvoveron korkea taso vaikuttaa uusien ajoneuvojen ostomääriin. Tämä näkyy suoraan henkilöautojen noin 11 vuoden keski-iässä, joka on 2 vuotta

Euroopan ajoneuvojen keski-ikää suurempi (4; 5). Keski-ikä tarkastelussa tulee kuitenkin ottaa huomioon Trafikin raportissa (5) mainitut kesä- ja talvikauden muutokset ajoneuvokannan ikään. Kesällä autojen keski-ikä kasvaa, mikä korreloi kesällä liikkuvien harrasteajoneuvojen keskimääräistä korkeamman iän kanssa.

Vaikka nykyään on saatavissa paljon automerkkejä eri malleineen ja kattavilla lisävarustemahdollisuuksilla, eivät nekään aina riitä tyydyttämään kaikkien tarpeita. Ajoneuvojen valmistajat eivät kuitenkaan voi tehdä täysin yksilöityjä autoja ilman, että valmistuskustannukset nousisivat ylitsepääsemättömiksi. Jokainen ajoneuvo on kompromissi eri ominaisuuksien välillä.

Ihmisten varallisuus vaihtelee suuresti, joten uuden ajoneuvon hankinta ei ole kaikille mahdollista eikä sijoitusmielessä kannattavaakaan. Tällöin voidaan huomattavasti edullisempia käytettyjä autoja muokata haluttuun suuntaan omistajan varallisuuden rajoissa.

Oikeilla muutoksilla vanhaan autoon voidaan saada samat, jopa paremmat ominaisuudet kuin uudemmassa ja lähtökohtaisesti paremmin varustellussa ajoneuvossa. Autoihin tehdään muutoksia myös vain ulkonäöllisistä syistä, jolloin itseilmaisun ja kädentaitojen harjoittamisen halu on suurin vaikuttava tekijä. Edellä mainitusta on esimerkkinä kuvan 1 kaltainen muutos.



KUVA 1. Alkuperäiskuntoinen ja muokattu henkilöauto, Kalajoki 26.6.2010 (6)

Myös valmiiksi nopeita urheiluautoja jatkokäsitellään, varsinkin autourheiluun, niissä piilevän potentiaalin vuoksi. Tästä kuva 2 antaa hyvän esimerkin.



KUVA 2. Kilpa-auto lisensoitu Honda NSX, autoharrastajien kesäkokoontuminen, Iwamisawa, Hokkaido, Japani 26.6.2011

Joissain tapauksissa saatetaan sivuttaa monet ajoneuvon käytännöllisyyteen ja turvallisuuteen liittyvät seikat. Tämä tapahtuu yleensä perehtymättömyyden, itseilmaisun, provosoinnin tai muotivillityksen takia. Kuva 3 on esimerkkinä edellä mainituista.



KUVA 3. Esimerkki Japanilaisesta "Bōsōzoku"-kulttuuriin liittyvästä suuntauksesta autonrakentelussa (7)

Pääsääntöisesti Suomessa rakennettujen ajoneuvojen kunto on hyvä, eivätkä asennetut lisävarusteet tai viritysosat ole suurin riskitekijä liikenneturvallisuudelle. (8 s. 30)

Monet harrastajat ovat tarpeeksi pitkälle päästyään tuoneet uusia innovaatioita autotekniikkaan ja osaltaan täten auttaneet ajoneuvojen tekniikan kehittymistä. Monet yritykset ja tuotteet ovat aloittaneet harrastepohjalta, kuten Eldebrock (8), Hestec (9), Hoosier (10), Lotus (11) tai Elmer Technology Development (12).

2.3 Lieveilmiöt

Autourheilun imitointi tieliikenteessä tunnetaan nimellä *kaahaaminen*. Valitettavasti jotkin autoilijat, varsinkin nuoret, ovat innokkaita kokeilemaan oman ajoneuvonsa tai sen hallintataitojen rajoja yleisen liikenteen seassa, mikä on johtanut useisiin onnettomuuksiin ja kuolonkolareihin. Kaikki autoilijat kaahailevat välillä, eikä tämän voida katsoa olevan vain autoharrastajien

toimintaa.

Kaahaaminen oli myös autoilun alkuaikoina ongelma, joka ratkaistiin luomalla puitteet ja säännöt kilpailuille (1, s. 2; 13). Nyt pahimmat menohalut voi purkaa turvallisissa olosuhteissa kiihdytyskilpailuissa tai ratapäivillä, joita eri järjestöt järjestävät.

Monelle harrastajalle riittää oman ajoneuvon tehosta dynamometrissä tai kellonajasta radalla saatu todistus, jonka he voivat esittää toisille harrastajille. Vastuulliset harrastajat pyrkivät toimimaan esimerkkinä, jolloin varsinkin nuorilla olisi suurempi kynnys toimia vastuuttomasti.

Valitettavasti pieneen, kaahausta harjoittavaan rajakulttuuriin kuuluvien henkilöiden toimintaan ei voida vaikuttaa säädöksillä (14, s. 30), sillä he eivät niistä välitä.

3 LAKI JA SEN MÄÄRÄYKSET

Keskeiset asetukset ajoneuvojen muuttamiselle ja korjaukselle ovat seuraava:

- asetus auton rakenteen muuttamisesta 779/1998 (15)
- asetus vaurioituneen ajoneuvon kunnostamisesta ja ajoneuvon kokoamisesta osista 1258/2002 (16)
- asetus auton ja perävaunun rakenteesta ja varusteista 1248/2002 (17)
- asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 4.12.1992/1257 (18).

3.1 Ajoneuvojen käyttö tiellä

Uuden M-, N-, O-, L- ja T1–T3-luokan ajoneuvon tulee ajoneuvolain (19), eli 11.12.2002/1090 §:n 32 ja mukaan olla EY-tyyppihyväksytty tai kansallisesti piensarjatyypin hyväksytty. Silloin ne voidaan ANL §:n 60 mukaisesti ilmeisesti ensirekisteröidä ja laskea tieliikenteeseen. Muut maahantuodut ajoneuvot sekä Trafín ohjeissa esitetyille poikkeustapauksille tulee suorittaa rekisteröintikatsastus (20).

Ajoneuvolain §:t 4–6 ja 25–29 antavat perusmääritykset ajoneuvon kunnosta tieliikenteessä. Lyhennettynä näiden pykälien sisältö kertoo, että ajoneuvon tulee olla mekaanisesti ehjä tieliikenteessä. Tätä myös valvotaan poliisin ja katsastajien toimesta. ANL:n §:n 8 mukaan kaikki ajoneuvot on määräaikaikatsastettava vuosittain, jollei toisin määrätä. Katsastuksessa tarkistetaan, että ajoneuvo täyttää valmistusajankohtansa mukaiset tekniset vaatimukset.

Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä (18) luku 4 antaa omat määritelmät ajoneuvotyyppien vähimmäis- ja enimmäismitoista ja massoista. Ajoneuvolaki seuraa EY-päätöslauselman ohjeita ajoneuvojen rakenteesta (21).

3.2 Ajoneuvon muokkaaminen

Ajoneuvojen korjauksesta ja muokkaamisesta on määrätty ANL:n §:ssä 61 seuraavasti:

"Moottorikäyttöinen ajoneuvo ja siihen tai sen perävaunuun kytkettävä ajoneuvo

on ennen sen ottamista käyttöön esitettävä muutoskatsastukseen, jos ajoneuvon rakennetta tai käyttötarkoitusta muutetaan olennaisesti tai siihen liitetään tai siitä poistetaan osia tai varusteita, jotka muuttavat merkittävästi ajoneuvon ominaisuuksia tai käyttötarkoitusta. Ajoneuvo on esitettävä muutoskatsastukseen myös, jos ajoneuvoon kohdistuvan veron tai maksun edellytykset muuttuvat taikka ajoneuvon luokittelu- tai alaluokittelutieto ei enää pidä paikkaansa.

Valtioneuvoston asetuksella voidaan säätää poikkeuksia velvollisuudesta esittää muutoskatsastukseen ajoneuvon tilapäisiä tai vähäisiä muutoksia. Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarvittaessa tarkemmin muutoskatsastuksen suorittamisesta ja siitä annettavasta todistuksesta sekä muutoskatsastusta koskevien tietojen ilmoittamisesta rekisteriin."

Edellä mainitun ja 1258/2002 §:n 3 mukaan voidaan sanoa, että korjauksia, jossa kuluvia tai yksittäisiä kriittisiä osia vaihdetaan alkuperäistä vastaaviin, ei lasketa muutokseksi. Alkuperäisestä poikkeaville osille ja osakokonaisuuksille on annettu prosentti taulukko, jotka on esitetty 1258/2002 liitteessä N:0 1087 (22). Kyseinen taulukko on tämän työn liitteenä 2. Muutosprosentteja ei tule lisää, jos alkuperäisestä poikkeava osa vaihdetaan toiseen poikkeavaan osaan. 1258/2002 4 §:n mukaan ajoneuvon tulee korjattuna olla rakenteeltaan vähintään yhtä luja kuin alkuperäisessä kunnossa oleva ajoneuvo uutena.

Vaihto-osien osuuden ylittäessä 35 % 1258/2002 § 5 määrää, että ajoneuvo tulee yksilöidä katsastajan toimesta ennen muutostöiden aloittamista. Katsastaja merkitsee alkuperäiset osat ja yksilöinti on voimassa kaksi vuotta. Tällä varmistetaan muutosten määrä. Katsastajalla on oikeus muutostyön kestäessä tarkistaa, että työ on tehty asianmukaisesti. Jos ajoneuvolle ei tehdä yksilöintiä, se voidaan hyväksyä liikenteeseen ainoastaan *rakennettuna ajoneuvona*. Tämä ei kuitenkaan ole sama asia kuin yli 50 % muutettu *omavalmiste*.

Jos ajoneuvon alkuperäisistä osista vaihdetaan 50 % tai enemmän, tulee ajoneuvolle antaa uusi valmistenumero. Tämän määrä ANL §:n 7. Tällainen ajoneuvo on yksittäishyväksyttävä ja rekisteröintikatsastettava. Ajoneuvo

merkitään rekisteriin *rakennettuna ajoneuvona* tai *rakennettuna ja muutettuna ajoneuvona*. Hyväksynnässä toteutetaan silloin piensarjahyväksynnän ehtoja, kuten ANL § 50 momentti b) ohjeistaa. Ajoneuvo verotetaan uudelleen ensi kertaa käyttöön otettavana tai rekisteröitävänä ajoneuvona Autoverolain § 3 mukaan (23).

4 LAKI AUTON RAKENTEEN MUUTTAMISESTA

Tässä osiossa annetaan pykälä ja momentti kerrallaan taustoja voimassa olevaan LVMp:een 779/1998, josta käytetään tässä työssä lyhennettä LARM. Muiden lakien ja niiden pykälien määräykset on merkitty yksityiskohtaisesti, mutta LARMiin viitattaessa käytetään vain § X ja mom. Y, alaviite Z merkintää, esimerkiksi § 5 mom. 3, alaviite c. Tämän työn lähdeluettelossa olevasta linkistä voi avata LARMia koskevat internetsivun (15), jolloin vertailu tämä luvun ja lain välillä helpottuu.

Yksityiskohtainen teoreettinen laskenta jokaisen osa-alueen pohjustamiseksi nähtiin tehottomana. Tästä syystä esitetään vain pykälien taustalla vaikuttavien ajoneuvojen dynamiikkaan perustuvat pääperiaatteet. Teoreettisen laskennan ja sen käytännössä soveltaminen löytyy luvuista 5–7, jossa esimerkkiautoa tarkastellaan.

On huomioitava, että osa Finlex sivuilla 779/1998:ssa esiintyvistä määräyksistä on kumottu, vaikka ne ovat vielä näkyvillä. Kumotut pykälät ja momentit on lueteltuna 1256/2002 alussa.

Muutoskatsastus ja poikkeuslupa

Poikkeuslupa haetaan kun halutaan tehdä muutos, joka poikkeaa 779/1998:ssa annetuista määräyksistä. Poikkeuslupaa ei ole tarkoitettu vaihtoehtoiseksi menettelyksi vaatimukset täyttämättömien ajoneuvojen hyväksymiseen. Poikkeuslupa on aina tapauskohtainen, ja ajoneuvoon tehtävät rakennemuutokset on pyrittävä tekemään siten, että muutokset saadaan hyväksyä muutoskatsastuksessa.

Mikäli ajoneuvon käyttötarkoitus tai muu erityinen syy välttämättä edellyttää tätä mittavampaa muutosta, Trafi voi toimivaltansa rajoissa harkita poikkeusluvan myöntämistä.

Hakemusluvan liitteiden tulee olla tarkat, ja koska henkilöautojen poikkeuslupa käsittelyaika on suuren hakemusmäärän takia pitkä, kannattaa mahdolliset muutokset suunnitella huolella ja pyrkiä tekemään muutokset siten, että pysyvät

määräysten sisällä. Sekä myönteisestä että kielteisestä poikkeuslupapäätöksestä peritään 380 euron maksu. (24)

4.1 Yleiset periaatteet ja määritelmät

LARM koskettaa pääsääntöisesti seuraavia ajoneuvoluokkia §:n 1 mukaan:

- M₁ eli henkilöautoja, jotka on tarkoitettu enintään 8-hengen kuljettamiseen
- N₁ eli pakettiautoja, joiden kokonaismassa on enintään 3 500 kg
- M₁G ja N₁G eli maastureita, jotka ovat maastoajoon tarkoitettuja tai muunnettuja edellä mainittujen luokkien edustajia.

Ajoneuvoluokat on tehty EY:ssä yhteneväisiksi (21, s. 6, 9–13). Laki koskee myös muita M- ja N-luokkien alaluokkia, jos ne mainitaan määräyksissä. 1248/2002 § 6 ja ANL § 10 antavat ohjeistuksen ajoneuvoluokkien erottelemiseen ja tunnistamiseen.

LARM § 1 mom. 2 viittaus 1244/2002:seen tarkoittaa, että rakenteeltaan samaa mallisarjaa olevat ajoneuvot ovat toisiinsa rinnastettavissa niiden tyyppi- ja yksittäishyväksynnässä. Mallisarja vertailusta on kerrottu enemmän luvussa 4.2.1.

Kuten käsiteltiin aiemmin kohdassa 3.1, on 1090/2002 ja 1257/1992 mukaisten perusvaatimusten täytyttävä ajoneuvon muokkauksen jälkeenkin. LARM § 2 mom. 2:ssa tarkennetaan, että tuontiajoneuvon ja siinä käytettyjen osien tulee vastata vähintään tuontimaansa, ajoneuvon käyttöönottoajan mukaisia standardeja ja määräyksiä.

Ajoneuvon osien hyväksymisen *selvityksellä* tarkoitetaan, että ajoneuville tai siihen asennettavalle osalle on esittää Trafin ohjeistuksen (25, s.2) mukainen todistus, esimerkiksi TÜV-todistus (26). Jos mitoitus ja lujuudet on itse laskettu, on suositeltavaa hyväksyttää ne etukäteen katsastusviranomaisella.

§:n 3 erityisvaatimusten mukaan ajoneuvojen turvallisuuden ja rakenteeseen liittyvät muutokset on kielletty ennen ensirekisteröintiä tieliikenteeseen. Autojen lisävarustelu on sallittu ennen rekisteröintikatsastusta §:n 3 asettamien rajojen mukaan.

§ 3 mom. 2 on yhteneväinen luvussa 3.1 esitettyjen tietojen kanssa. Ajoneuvon tulee siis täyttää ne vaatimukset, jotka olivat sen käyttöönottoajankohtana voimassa. Uutta hyväksyntää ei tarvitse ajoneuvolle hakea, jos vaatimusten täyttyminen voidaan näyttää toteen. Tästä mainittiin aiemmin § 2 selvityksissä.

LARM § 2 mom. 3:n pohjalla on mekaniikka ja materiaalien lujuudelliset rajoitteet. Akselistot ja kantavat rakenteet on suunniteltu kestävästi luotettavasti niille laskettu kuormitus. Ylikuormituksella nopeutetaan rakenteiden kulumista, joka johtaa suurempiin käyttökuluihin. Pahimmassa tapauksessa voi jokin osa pettää rasituksen johdosta. Tämä voi johtaa ikäviin seurauksiin, varsinkin jos ajoneuvo on liikkeessä. Materiaalien ja rakenteiden lujuutta tutkiva fysiikan ala tunnetaan lujuusoppina. Alan laajuudesta johtuen, voidaan siitä kertoa tässä työssä vain suppeasti.

Lujuusopin perusteita

Lujuusopissa kuormitusta käsitellään veto-, puristus- ja leikkausvoimina (F) sekä taivutus- ja vääntömomentteina (M). Edellä mainitut ja sekä niiden yhdistelmät tuovat rakenteisiin jännityksiä (σ , luetaan sigma). Lujuus mitoitetaan kappaleessa siihen kohdistuvan voiman ja sen poikkipinta-alan mukaan. Yksinkertaisimmillaan voidaan jännitys laskea kuten kaavassa 1 on osoitettu.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

KAAVA 1

σ = jännitys (N/mm²)

F = voima (N)

A = kappaleen poikkileikkauksen pinta-ala (mm²)

Lujuuteen vaikuttaa kappaleen muoto, voiman suunta ja materiaali-kohtainen lujuusraja R . R yleensä jaetaan varmuusluvulla n , joka kasvaa sekä kuormituksen kohteen että tunnettujen rasitusten määrän mukaan. Pienet riskitekijät omaavan rakenteen varmuuslukuna käytetään 1,5:tä. (27)

Yleensä laskentayksikkö on megapascal eli MPa . Lujuusraja on lajiteltu eri alaindekseihin, kuten R_{eL} (alempi myötöraja), R_m (murtoraja), tai R_E (kimmoraja). Näistä valitaan sopiva sen mukaan, sallitaanko elastinen vai

plastinen muodonmuutos rasituksen alaisessa kappaleessa. Jos rasitukset ja kappale tiedetään, voidaan laskea kaavan 2 (28, s. 139, 142) mukaan näin. (27)

$$\frac{R_x}{n} = \sigma_{sall} \quad \text{KAAVA 2}$$

σ_{sall} = suurin sallittu kuormitus (MPa)

R_x = tarkasteltava lujuusraja (MPa)

n = varmuusluku

Laskenta esimerkkinä on terästanko, jolla on 6 mm halkaisija. Se on materiaalia S235 ja pysyvää muodonmuutosta ei sallita. Lyhenne S235 on SFS-EN 10025 standardin mukaisesta tavasta kuvata materiaalia (26). Numero 235 on ylemmän myötörajan R_{eH} arvo ja kirjain S tarkoittaa rakenneterästä (27).

Tangon pinta-ala A lasketaan kaavalla 3.

$$A = \pi * r^2 = \pi * 3^2 \text{ mm} \approx 28,27 \text{ mm}^2 \quad \text{KAAVA 3}$$

π = pii $\approx 3,14$ (luonnonvakio)

r = tangon halkaisijan säde (mm)

Alemman myötörajan saadaan yksinkertaisella vähennyslaskulla kaavasta 4.

$$R_{eL} = R_{eH} - 20 \text{ MPa} = 215 \text{ MPa} \quad \text{KAAVA 4}$$

MPa voidaan myös ilmaista N/mm^2 , koska (28, s.157)

$$Pa = \frac{N}{m^2} \rightarrow 10^6 Pa = \frac{N}{\frac{m^2}{10^6}} \rightarrow MPa = \frac{N}{mm^2}$$

Kaavalla 5 lasketaan alemman myötörajan ja varmuus kertoimen mukaan sallittu jännitys.

$$\sigma_{sall} = \frac{\sigma}{n} = \frac{215 \text{ MPa}}{1.5} \approx 143 \text{ MPa} \quad \text{KAAVA 5}$$

Seuraavaksi kerrotaan pinta-alalla jännitys ja saadaan tulos newtoneina.

$$\sigma_{sall} * A = F \rightarrow 143.444 \frac{N}{mm^2} * 28,27 \text{ mm}^2 \approx 4052 \text{ N} \quad \text{KAAVA 6}$$

Jakamalla saatu voima maan vetovoiman kiihtyvyydellä $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ tulos saadaan kiloina.

$$\frac{4052 \text{ N}}{9,81 \text{ m/s}^2} \left[\frac{\text{kg} * \text{m/s}^2}{\text{m/s}^2} \right] \approx 413 \text{ kg}$$

Tämä laskenta on pätevä vain sellaisessa tapauksessa, jossa kuorman vaihteluja ei ole ja kuormitus on vain vetoa. Puristustapauksessa tulee ottaa huomioon kappaleen pituuden ja kiinnitystavan mukaan muuttuva nurjahduserkkyys. Turvallisen mitoituksen laskemiseksi on suositeltavaa tutustua alan kirjallisuuteen.

4.2 Moottorin ja pakoputkiston muutokset

Moottoria vaihdettaessa pienempikokoiseen ja -tehoiseen yleisesti oletetaan seuraavaa: pienempi teho tarkoittaa pienempää kulutusta, kiihtyvyyttä ja huippunopeutta. Tehon pieneminen vähentää myös mekaanisia rasituksia voimansiirrossa, jolloin näiden elinikä ja huoltoväli pitenevät

Pelkkä moottorin vaihto pienempitehoiseen ei kuitenkaan ole kulutuksen kannalta täysin optimaalinen tapa, koska voimansiirron välityssuhteet on laskettu alkuperäisen moottorin ominaisuuksien mukaan. Pienempi tehoinen moottori kuormittuu enemmän alkuperäisellä välityssuhteella, koska halutut ajonopeudet eivät vastaa moottorin antamaa käyntinopeuskohtaista vääntömomenttia. Tämä tarkoittaa kansankielellä kaasupolkimen painamista syvemmälle kuin ennen. Mitä suurempi ero on tehossa, sitä suurempi ero on optimaalisella välityssuhteella. Tämän takia §:ssä 5 mom. 2 alaviite g on olemassa.

Jarrujen tulee pysyä alkuperäistä vastaavina, vaikka huipputeho ja huippunopeus ovat madaltuneet. Tällä varmistetaan, että ajoneuvon hidastuvuus vastaa vähintään alkuperäiskuntoista ajoneuvoa. Lisää tietoa jarrumääräyksistä on 779/1998 13 §:ssä.

§ 5 mom. 2 alaviite a tiivistettynä tarkoittaa seuraavaa. Muutettavan ajoneuvon on vastattava rakenteellisesti vertailukohdettaan. Esim. vakaajatangot, renkaat, moottorin kiinnitykset tulee olla vastaavat tai paremmat kuin vertailuajoneuvon.

Moottorityypin tai valmistajan ei ole pakko olla sama kuin alkuperäisen. Esimerkiksi 4-sylinterisen rivimoottorin voi siis korvata vaikka wankel-moottorilla, kunhan päästöt pysyvät ajoneuvolle annettujen rajojen sisällä. Käyttövoiman eli käytettävän polttoaineen muuttuessa tulee myös muutos ajoneuvoveroon.

§ 5 mom. 2 alaviite *b* on lisätty, koska osien siirto tai vaihto painoltaan poikkeavaan vaikuttaa ajoneuvon painojakaumaan. Tämä vaikuttaa ajoneuvon hallintaan liittyvään mitoitukseen. Muutosten kokonaismäärän vähentämiseksi on hyvä pysyä samassa painojakaumassa, sillä ajoneuvon painojakauman muuttuessa tulee jarrujen voimat mukauttaa muutoksen mukaan. Myös jousituksen mitoitusta voi joutua muuttamaan parhaan mahdollisen suorituskyvyn saavuttamiseksi.

Yleinen tapa kompensoida painojakauman muutosta on siirtää osia ja järjestelmiä akselilta toiselle. Jakaumaa voidaan tasoittaa myös keventämällä olemassa olevia rakenteita, jos se on mahdollista. Edullista on siirtää painoa ylhäältä alaspäin, jolloin parantuu ajoneuvon vakaus painopisteen laskun myötä. Vaihtomoottorin massan soveltuvuus tarkistetaan yksinkertaisesti kertomalla. Kertoimena ovat 1,1 tai 1,2 sen mukaan, haetaanko 10 %:n tai 20 %:n eroa.

$$m_{malk} * 1.2 = m_{msall}$$

KAAVA 7

m_{malk} = alkuperäisen moottorin massa (kg)

m_{small} = sallittu moottorin massa (kg)

§ 5 mom. 2 alaviite *c*:n esittämä tehokkain vertailumoottori tarkoittaa mallisarjan tehokkainta eikä tehokkainta, jota valmistalla on tarjota. Esimerkiksi. BMW:n valmistaman 2-ovisen E30 316i:n vertailuajoneuvo on 325, koska molemmat on merkitty samalla mallitunnistus numerolla (29). M3 ei sovellu vertailuajoneuvoksi, koska ajoneuvoissa on huomattavia rakenteellisia eroja. Esimerkiksi varaosarungon viitenumero (30; 31; 32) on eri. Muutosten teko ei olisi taloudellisesti kannattavaakaan, sillä alkuperäisiä osia jäisi karkeasti arvioiden käyttöön alle 10 %. Uudelleenverotuksen ja muutoksen

kokonaiskustannuksen määrää voidaan vain arvailla.

Alaviite d lasketaan kaavalla 8 seuraavasti.

$$V_{sall} = V_{vert} * 1,25$$

KAAVA 8

V_{vert} = vertailumoottorin iskutilavuus (l)

V_{sall} = suurin sallittu moottorin iskutilavuus (l)

Esimerkiksi vertailumoottori, jonka iskutilavuus on 2,0l.

$$V_{sall} = 2,0l * 1.25 = 2,5l$$

Iskutilavuuden kasvamista rajoitetaan, koska moottorin tehon ja painon oletetaan kasvavan lähes samassa suhteessa (33, s. 121–122). Tästä on enemmän selvitettyä luvussa 4.1.2.

§ 5 mom. 2 alaviite e tarkoittaa Trafín hyväksymiä selvitystapoja (20 s.2).

Alaviite i:llä pyritään varmistamaan ajoneuvojen hallinta, käytännöllisyys ja rakenteellinen turvallisuus. Urheiluautojen rakenne ja ominaisuudet on mitoitettu siten, että ne turvallisesti voivat käyttää koko suorituskykynsä kapasiteetin. Suurin osa ajoneuvoista on kuitenkin lähtökohtaisesti suunniteltu toimimaan optimaalisesti normaaleissa liikennenopeuksissa.

Edellä mainittujen syiden vuoksi poikkeuslupakäytäntö on olemassa. Tällöin hyvin suunniteltu ja toteutettu ajoneuvo voidaan saada katsastettua, vaikka sen teho-painosuhte ylittää sallitun rajan. Teho-painosuhte voidaan myös alittaa, jos muutettavan ajoneuvon vertailuajoneuvo alittaa tämän.

Teho-painosuhte lasketaan kaavalla 9. Tästä voidaan myös johtaa suurin sallittu moottoriteho, joka on kaava 10.

$$m_{Pe} = \frac{m}{P_e}$$

KAAVA 9

$$P_e = \frac{m}{m_{pe}}$$

KAAVA 10

m = ajoneuvon omamassa (kg)

m_{Pe} = tehopainosuhde (kg/kW)

P_e = moottorin suurin teho kampiakselilta (kW)

Silloin 1 200 kg henkilöauton suurin sallittu moottoriteho omamassansa nähden olisi seuraava.

$$\frac{1200\text{kg}}{7 \frac{\text{kg}}{\text{kW}}} = 171,428 \text{ kW}$$

4.2.1 Moottorin muuttaminen

Polttomoottorin voima syntyy ilman ja polttoaineen seoksen palamisesta, mihin liittyy termi nimeltä täytös. Täytös kuvaa sitä, kuinka paljon ilman ja polttoaineen seosta saadaan imutahdin aikana sylinterin sisään käytettäväksi. Sillä käyntinopeudella, jolla ilmenee suurin hyötysuhde ja momentti tapahtuu myös paras mahdollinen täytös. Moottorin mekaniikan muuttaminen siirtää käyntinopeusalueita, jolla se tapahtuu.

Harrastajien keskuudessa puhutaan viritystasesta, joka kertoo summittaisesti moottorin muutosten määrästä. Korkeasti viritettyjen moottorien voimantuotto ovat parhaillaan korkeilla kierroksilla. Normaalissa tieliikenteessä sellainen moottori olisi hyvin oikukas ja suuresti kuluttava. Moottori ei pääsisi toimimaan sillä kierronopeudella, jolle sen voimantuotto on suunniteltu. (34, s. 8–10.)

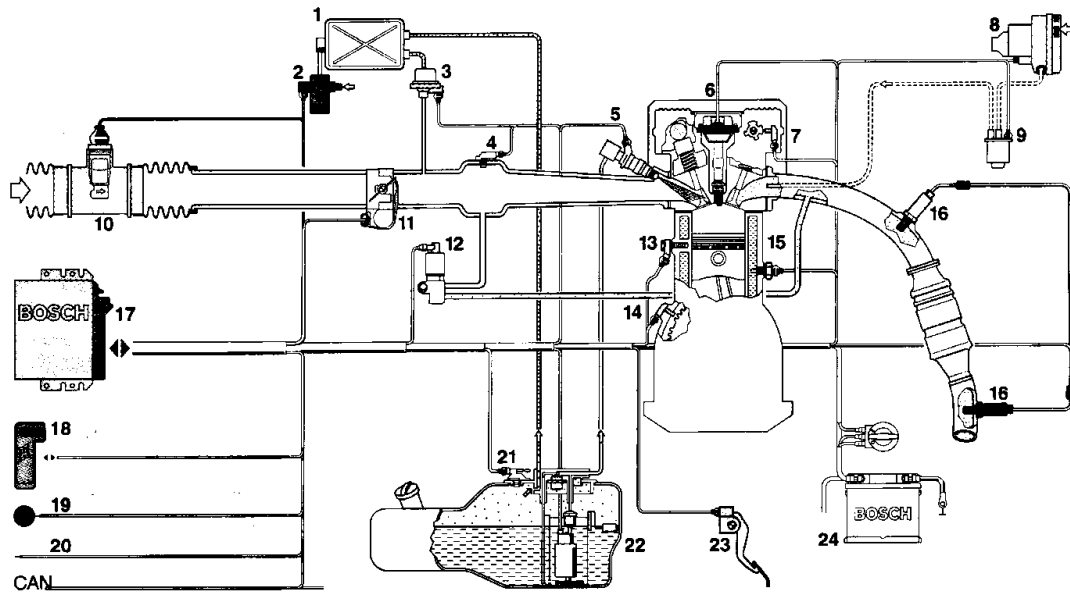
Jos moottori on vaihdettu alkuperäisestä toiseen, eivät siihen tehtävät muutokset enää vaikuta moottorin vaihdosta syntyneeseen % -merkintään, kuten aiemmin mainittiin luvussa 3.2. Kuitenkin on huomioitava, että muutoskatsastus tulee tehdä, jos sitä vaativia muutoksia tehdään.

Kaasutinjärjestelmien epätarkkuuden takia seoksenmuodostuslaitteiston muuttaminen ruiskuun oletetaan lisäävän tehoa 10 % §:ssa 6 mom. 1. Sähköisellä moottorinohjauksella seos voidaan pitää tarkasti haluttuna moottorin koko käyntialueella. Tämä vaikuttaa positiivisesti moottorin tuottamaan vääntöön, tehoon ja päästöihin. Polttoaineen määrää seoksessa säädetään muuttamalla suuttimen tai suuttimien aukioloaikaa sen mukaan, mitä useista eri antureista kerätty tieto käyttötilanteesta edellyttää. Kaasutin

puolestaan toimii imusarjan alipaineen ja kaasuläpän asennon ja ennalta määrätyn rakenteen mukaan. Toisin sanoen ruiskutusjärjestelmä on huomattavasti joustavampi olosuhdemuutoksiin nähden kuin kaasutin. Kuvassa 4 havainnollistetaan suihkutussjärjestelmän rakennetta. (35, s. 25–28)

ME-Motronicin rakenneperiaate.

1 aktiivihillisäiliö, 2 sukkuventtiili, 3 regenerointiventtiili, 4 imusarjan painetunnistin, 5 polttonesteen jakoputki/suihkutusventtiilit, 6 sytytyspuola/sytytystulppa, 7 vaihetunnistin, 8 toisioilmapumppu, 9 toisioilmaventtiili, 10 ilmassanmittari, 11 kuristinyksikkö (EGAS), 12 pakokaasujen takaisinkierätysoventtiili, 13 nakutustunnistin, 14 pyörintänopeustunnistin, 15 lämpötunnistin, 16 lambda-tunnistin, 17 ohjainlaite, 18 diagnoosiiliitäntä, 19 diagnoosimerkkivalo, 20 ajonestolaitteelle, 21 polttonestesäiliön painetunnistin, 22 säiliöasennusyksikkö, 23 kaasupoljinmoduuli, 24 akku.



KUVA 4. ME-Motronicin rakenneperiaate (36, s. 539)

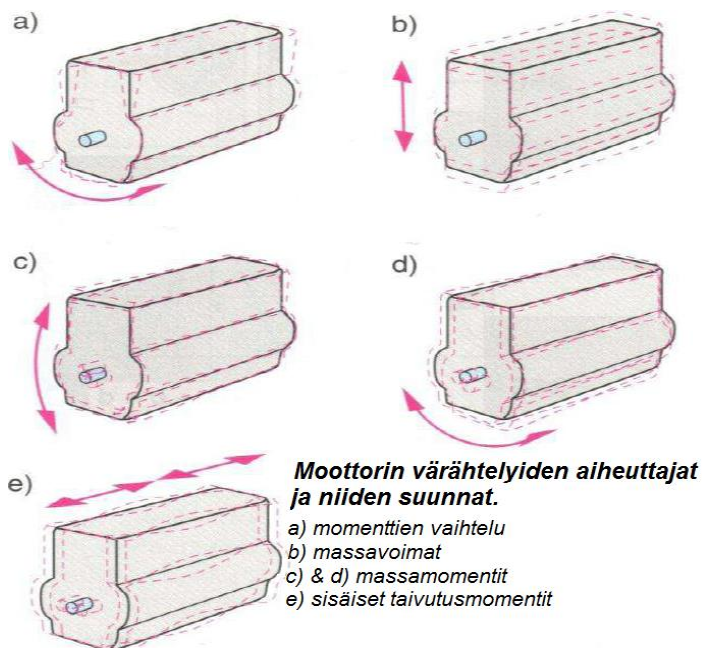
§ 6 mom. 3 mainittu iskutilavuuden suurentaminen on ajoneuvon huipputehoa ja vääntöä lisäävä muutos, koska se mahdollistaa suuremman ilmassan saamisen koneeseen. Siksi myös sylinterikansi ja polttoainelaitteet yleensä muokataan tai vaihdetaan vastaamaan moottorin kasvanutta tilavuutta. Tämä tiedetään myös katsastuskonttorissa. 3. mom. arvio tehon noususta ei siis ole pelkkää arvailua.

Sylinterikannen virtaus ominaisuuksien, palotilan muodon ja koon muokkauksen vaikutukset moottoritehoon olivat huomattavat noin 30 vuotta sitten ja aiemmin. Voidaan siis sanoa, että § 6 mom.2 on ajastaan jäljessä. Nykyisin sylinterikansien tasoero eri valmistajien välillä on minimalistinen ja kansien taso on pääsääntöisesti hyvin korkea. Sylinterinkannen virittäminen ja parantelu onnistuu myös uusilla ajoneuvoilla, mutta saatu hyöty suhteessa hintaan voi olla hyvin pieni. Vanhemmilla ajoneuvoilla tämä momentti on vielä sovellettavissa. (34, s. 14–32)

Mitoituksen muutokset vaikuttavat myös negatiivisesti. Esimerkiksi iskutilavuuden lisäys poraamalla ohentaa sylinterien seiniä, jolloin niiden mekaaninen kestävyys heikkenee ja ne ovat alttiimpia lämmönvaihtelujen aiheuttamille sisäisille rasituksille ja mittamuutoksille.

On suositeltavaa mitata moottoriteho muutosten jälkeen. Tällöin katsastus nopeutuu, koska arvailun varaa ei jätetä. Hyväksytyllä moottori- tai alustadynamometrillä suoritettu mittausta käy todistuksena katsastuksessa. Mittaus tulee tehdä standardoidulla mittaustekniikalla: SAE (netto tai brutto), DIN-70020 tai ECE-R24. Standardeja on useita ja niissä mittaolosuhteet ja tekniikat vaihtelevat (35, s. 7–8).

Mekaanisten muutosten tekemisessä tulee tietää, että liikkuvat osat vaativat aina tasapainotuksen toistensa suhteen, jos niiden massat muuttuvat. Moottorien liikkuvien osien massat ja näiden liikkeet kuvataan värähtelyinä, ja ne ovat moottorin sisäisiä rasitustekijöitä. Värähtelevä moottori haittaa myös ajomukavuutta varsinkin silloin, kun moottorin värähtelyjen taajuus saavuttaa ajoneuvon korin ominaisvärähtelytaajuuden. Resonanssitaajuus on moottorin sisä- ja ulkopuolisille rakenteille erittäin haitallinen, koska se moninkertaistaa värähtelyjen vaikutuksen.



(

KUVA 5. Polttomoottorien värähtelyjen aiheuttajat ja suunnat (37, s. 123)

Massojen liikkeen värähtely pyritään minimoimaan rakennesuunnittelulla ja asettamalla vastapainoja ja vastavärähtelyakseleita moottoriin. Värähtelyn siirtymistä estetään myös tekemällä moottorin kiinnikkeistä joustavia elementtejä. Resonanssitaajuuden alue pyritään saamaan moottorin normaalin kierrosalueen ala- tai yläpuolelle, jolloin se ei aiheuta ongelmia. Diesel-moottoreissa resonanssi voidaan usein havaita tyhjäkäynnillä. (36, s 7–9)

Moottorin mekaanisissa muutoksissa puhuttiin sanasta täytös. Ahtaminen tarkoittaa moottorin ilmamäärän kasvattamista mekaanisesti tai kemiallisesti. Ahtamalla voidaan potentiaalisesti moninkertaistaa alkuperäisen moottorin teho. Siksi ahtaminen rinnastetaan moottorin vaihtoon ja tehoista ja käytetyistä ahtopaineista tulee olla virallinen todistus.

Turboahamisessa hukkaan menevän pakokaasun energia kerätään talteen ja käytetään pumppaamaan ilmaa imukanavaan. Mekaanisessa ahtamisessa käyttövoima otetaan kampiakselilta ja kemiallisessa ahtamisessa imuilmaan syötetään runsaasti happea sisältävää kaasua. Sitten lisätään vain polttoaineen syöttömäärää, jotta seos on sopivaa. Käytännössä vapaasti hengittävän moottorin ahtaminen luotettavasti ilman rakenteellisia muutoksia on kuitenkin ongelmallista. Pienillä ahtopaineilla se saattaa onnistua alkuperäisten seoksensäätö- ja kipinäntuottolaitteistojen puitteissa. Näiden laitteiden toimintarajat ovat autokohtaisia, mutta ensimmäinen ongelma on luultavasti moottori kohtainen nakutus herkkyys. (34, s. 28; 35, s. 71–73; 36, s. 432–433)

Nakutus tarkoittaa polttaineseoksen ennen aikaista syttymistä ja palamista erittäin nopeasti. Palaminen tuottaa paineiskun, joka kuuluu moottorista nakuttava äänenä. Nakutus on erittäin rasittavaa moottorin sisäisille osille. Nakutustaipumus on sidoksissa moottorissa käytettävään polttoaineeseen ja palotilan lämpötilaan. Nakutusherkkyys kasvaa, jos käytetään korkeaa puristussuhdetta, moottori on ahdettu, imuilmanlämpötila on korkea tai moottorin jäähdytys ei toimi. (33, s. 33; 36, s. 414–416.)

Polttoaineen nakutuskestävyyttä kuvastaa *oktaaniluku*, joka testataan ROL (research) tai MON (motor) -menetelmällä. MON-luku on realistisempi, koska testaus tapahtuu korkeilla kierroksilla käyvässä koneessa. Korkeampi luku

tarkoittaa korkeampaa polttoaineen nakutuksenkestävyyttä. Suomessa käytetään huolto-aseilla ROL-oktaanilukua. (36, s. 274–275)

Ahtoilman jäädyttimen asentamisen vertaaminen moottorin vaihtoon voi vaikuttaa ensi alkuun liioitellulta. Moottorin teho suurenee, kun imuilman lämpötilaa lasketaan (36, s. 473) ja se tapahtuu kahdesta syystä:

1. Ilman tiivistyminen pienempään kokoon tarkoittaa suurempaa hapen määrää samassa tilavuudessa kuin ennen, eli täytöstä voidaan parantaa.
2. Imulämpötilan laskiessa laskee myös palamislämpötila, jolloin edellä mainittu nakutusherkyys vähenee.

Jos ajoneuvon käyttövoima muutetaan kaasuksi, tulee se teettää hyväksytyllä ammattilaisella. Kaasujärjestelmille on omat standardinsa, joita tulee ehdottomasti noudattaa. Nestemäisen ja kaasumaisen polttoaineen käsittely vaatii täysin erilaiset järjestelmät.

4.2.2 Päästöt

Ajoneuvon on alitettava ne päästörajoitukset, jotka olivat sen valmistusajankohtana voimassa ANL § 28 ja 29 mukaan. Maahantuoduille käytetyille ajoneuvoille on rajaksi määritetty ensimmäinen käyttöönottopäivä kotimaassaan ANL § 29a mukaan. LARM §:illä 7 ja 8 pyritään pitämään muokattujen ajoneuvojen kokonaispäästöt alhaisena ja ympäristö puhtaana. Päästörajat on määritelty 19.12.1245/2002 §:ssä 8 (38). Vähäpäästöiseksi luokitetuilla ajoneuvoilla on vaatimus hiukkaspäästönäytteen ottamisesta, jos aiemmin määriteltyä luotettavaa todistusta muutoksen vaikutuksesta päästöihin ei ole.

4.2.3 Pakoputkiston muutokset

Ajoneuvon pakoäänien vaimennus on palotapahtumissa syntyneiden pakokaasupulssien muuntamista tasaiseksi ilmavirraksi. Vaimennus yleensä hidastaa ilman virtausta pakoputkesta. Moottorin suorituskyky alkaa laskea, jos virtaus hidastuu liika. Pakokaasut kasautuvat hidasteen taakse, jolloin paine nousee pakosarjassa, koska ne eivät pääse pakenemaan putkistosta uusien impulssien tieltä. Tällöin palojäännöksen poistuminen palotilasta poisto-tahdin

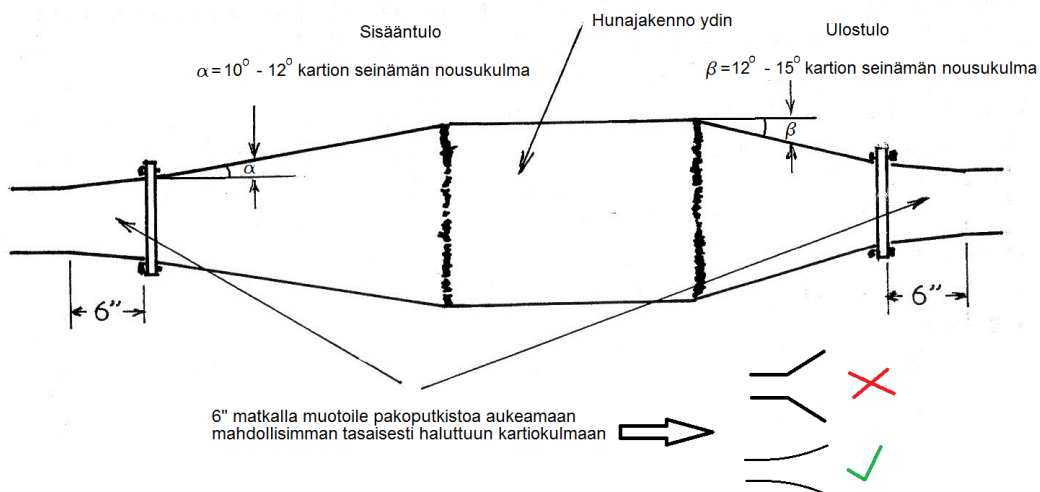
aikana vaikeutuu, jolloin se haittaa seuraavaa palotapahtumaa.

Äänenvaimennus vaikuttaa positiivisesti niin kaupungeissa kuin valtateiden reunoillakin asuvien ihmisten elämään. Myös kuljettajan omaan viihtyvyyteen ja terveyteen sillä on vaikutuksensa varsinkin pitkillä matkoilla.

Lisää pakoputkien määräyksistä on katsastajan ohjekirjassa (39, s. 121–129), joka on suositeltavaa luettavaa harrastajille. Pakokaasut pyritään ohjaamaan taakse ja alas, jolloin niiden suora vaikutus ympäristöön olisi mahdollisimman pieni.

Kuten mainittiin aiemmin, päästöt pyritään pitämään alhaalla, joten katalysaattorin poisto on kielletty. Syy katalysaattorien olemassa ololle on se, että eivät moottorit toimi palotapahtuman kannalta optimaalisella käyntialueellaan jatkuvasti. Vaikka moottori toimisikin optimaalisella alueella, syntyisi päästöjä siltikin. Ilman katalysaattoria palotapahtumien synnyttämät päästöt jäävät puhdistamatta. Suositeltavampaa on vaihtaa katalysaattori urheilullisempaan/vapaammin virtaavaan. Katalysaattorin poisto kyllä parantaa moottorien pakoputkiston virtausominaisuuksia lisäten tehoa ja saattaa parantaa kulutustakin pakopaineen poistuessa. Tämä voi vaatia moottorin ohjauksen uudelleenohjelmoinnin.

Toinen vaihtoehto muotoilla tulo- ja lähtökartiot, kuten kuvassa 6 on esitetty. Jyrkemmät kulmat lyhentävät katalysaattori yksikön pituutta, mutta vaikuttavat negatiivisesti virtauksen tasaisuuteen. Joidenkin alkuperäisten katalysaattorien muotoilu on kaikkea muuta kuin optimaalinen pakokaasujen virtausten kannalta.

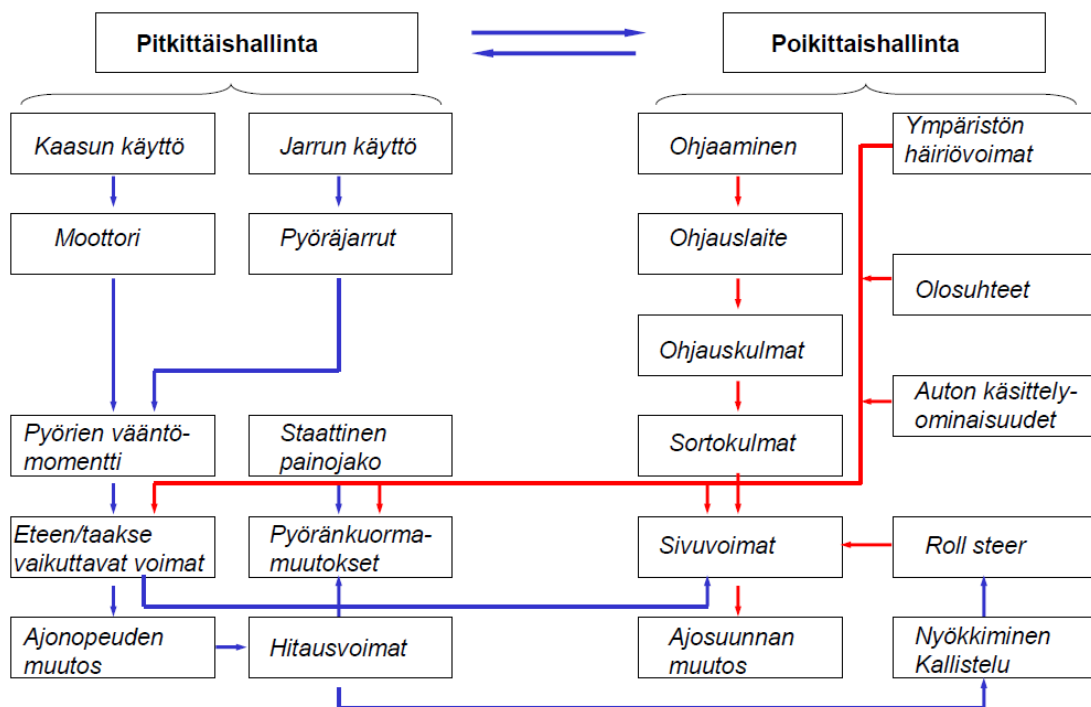


4.3 Alustamuutokset

Renkaiden asento, paikka tai koko vaikuttaa ajoneuvon käyttäytymiseen ja hallintaan. Ajoneuvon liikesuunnan muutokset tapahtuvat renkaiden välityksellä ja niihin kohdistuu huomattavia voimia, joten kiinnityksien tulee olla varmat. Siksi ohjaukseen liittyvien osien, kuten tukivarsia, olka-akseleita tai vastaavia, ei saa korjata muuten kuin vaihtamalla.

Pyöräntuennan korjaus hitsaamalla on pääsääntöisesti kielletty lämpökuorman aiheuttamien muodonmuutosten takia. Muodonmuutokset aiheuttavat sisäisiä veto- ja puristusjännityksiä rakenteeseen heikentäen sitä. Poikkeuksena museoautot, joihin ei ole enää kohtuudella saatavissa uusia osia (41, s 4–5). Edellä mainitusta syystä ohjauksen komponenttien korjaaminen hitsaamalla on ehdottomasti kielletty § 12 mom. 1 mukaan.

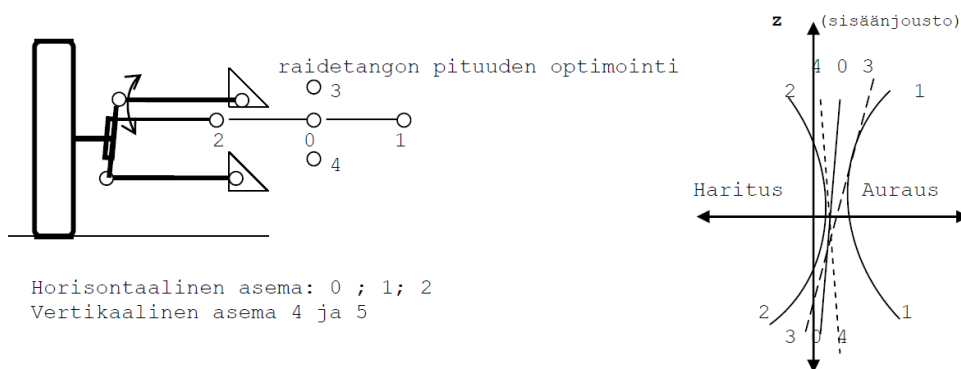
Teoreettisella tasolla katsottuna alustageometriassa monet asia vaikuttavat toisiinsa. Siksi työssä käsitellään alustan toiminnan pääperiaatteet, jolloin syy-seuraussuhteet 779/1998 §:n 10–15 olemassa ololle voidaan paremmin havainnollistaa. Kuva 7 kertoo ajoneuvon liikkeen hallintaan liittyvät vuorovaikutussuhteet.



4.3.1 Pyörän tuenta

Pyörän tulisi olla kosketuksessa tiehen, jotta se voisi siirtää voimaa. Ajoneuvolla liikuttaessa pyörien asento suhteessa tiehen vaikuttaa sen kykyyn tuottaa pitoa sivu- ja pitkittäissuunnassa.

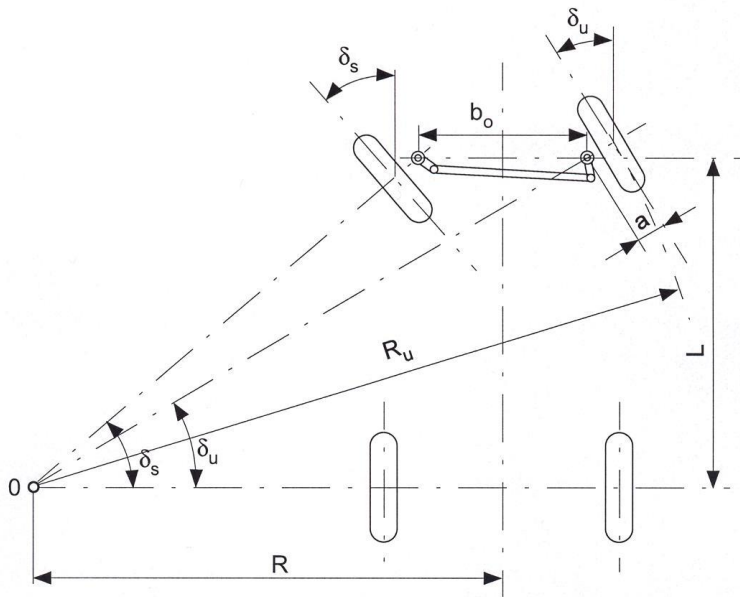
Erillisjousitetulla ajoneuvolla pyörän asento muuttuu hiukan sisäänjouston suhteessa tuentatyyppinsä mukaan. Esimerkiksi yleisesti käytettävällä McPherson tuennalla pystyakselin sivukallistus (camber) ja raideleveys muuttuu. Kuvassa 8 on esillä ohjaavan akselin eri pituuksisten raidetankojen ja tukivarren kiinnityspisteiden vaikutukset rengaskulmiin pystyliikkeen aikana. Optimaalinen tilanne on kun kiinnitykset ovat kohdassa 0. Tällöin muutoksen ovat pienimmät sisäänjouston aikana.



KUVA 8. Raidetangon ja tukivarsien kiinnityspaikan vaikutus pyörän pystyliikkeessä syntyviin rengaskulma muutoksiin (43, s. 2)

Ackermanin kaartoteoria

Ackermanin kaartoteorian avulla voidaan suunnitella ajoneuvon vakionopeudella tapahtuvaa kaartamista (43 s. 12). Kuvassa 9 on esitettyä mitat, joita kaartamisen laskentaan käytetään. Todellisuudessa pyörien kääntökulmat eivät vastaa Ackermanin ehtoa kuin yhdessä asennossa. Täydellinen ehdon seuraaminen vaatisi erittäin monimutkaisen ohjausvivuston rakenteen.



KUVA 9. 2-akselisen ajoneuvon erillispyöräohjauksen teoreettinen kaarto (43, s, 11)

Laskenta tapahtuu kaavoilla 10–17 (43, s. 12). Alkuun lasketaan kääntyvän akselin sisä ja ulkopyöräiden teoreettinen kääntökulma kaavoilla 11 ja 12

$$\tan \delta_s = \frac{L}{R - \frac{b_0}{2}} \quad \text{KAAVA 11}$$

$$\tan \delta_u = \frac{L}{R + \frac{b_0}{2}} \quad \text{KAAVA 12}$$

$\delta_{s/u}$ = sisä- ja ulkopyörän kääntökulma ($^\circ$)

L = akseliväli (m)

R = kääntösäde ajoneuvon keskiakselilla (m)

b_0 = kääntöakselien välinen etäisyys (m)

Tällöin kääntösäde R voidaan laskea kaavoista 13 ja 14.

$$R = \frac{L}{\tan \delta_s} + \frac{b_0}{2} \quad \text{KAAVA 13}$$

$$R = \frac{L}{\tan \delta_u} - \frac{b_0}{2} \quad \text{KAAVA 14}$$

Kaartoharitus $\Delta\delta$ on pyörien kääntökulmien erotus. Koska pyörät kulkevat eri matkan, tulee niiden kääntökulmat olla toisistaan eroavat. Jos kääntökulma olisi sama molemmilla pyörillä, alkaisi sisempi rengas ohjata ajoneuvoa ulospäin. Tällöin kääntyminen heikkenee.

$$\Delta\delta = \delta_s - \delta_u \quad \text{KAAVA 15}$$

Kääntökulmien välinen yhteys saadaan eliminoimalla kaavoista 13 ja 14 kaartosäde R, jolloin saadaan kaava 16.

$$\frac{1}{\tan\delta_s} = \frac{1}{\tan\delta_u} - \frac{b_0}{L} \quad \text{KAAVA 16}$$

Kääntövierintä säde saadaan kaavasta 17.

$$a = \frac{(b-b_0)}{2} \quad \text{KAAVA 17}$$

a = kääntövierintäsäde (m)

b = raideleveys (m)

b_0 = kääntöakselien välinen etäisyys (m)

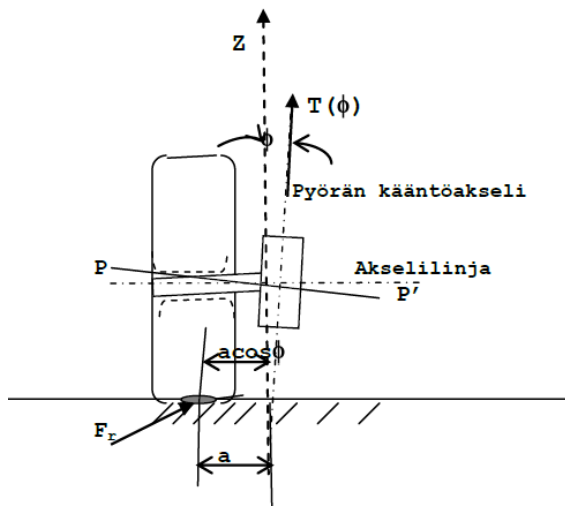
Lopuksi ratkaistaan pyörän ulkokaarten säde kaavasta 18.

$$R_u = \sqrt{L^2 + \left[R + \frac{b_0}{2}\right]^2} + a \quad \text{KAAVA 18}$$

R_u = kaartosäde ajoneuvon kaarron ulommilla renkailla (m)

Kääntövierintäsäde

LARM §:ssä 10 mainittu raideleveyden muutos vaikuttaa suoraan uloimman renkaan kääntövierintäsäteeseen R_u , kuten kaavasta 17 voidaan todeta. Tämä vaikuttaa auton ohjausominaisuuksiin pyörän kääntömekanismin välityksellä, joka on esitetty kuvassa 10. Kääntövierintäsäde on pyörän keskilinjan ja pyörän kääntöakselin mukaisen suoran välinen etäisyys tien pinnasta mitattuna. Lyhyt kääntövierintäsäde heikentää pyörän kautta ohjauslaitteisiin kohdistuvien iskujen ja kehävoimien momenttivaikutuksia



KUVA 10. Pyörän kääntöakselin sivukallistuma (Φ) ja kääntövierintäsäde (a) (43, s. 5)

Renkaan vierintävoima saa aikaan pyörän kääntymistä joko vahvistavan tai pienentävän momentin, kuten kaava 19:stä voidaan todeta (43, s.5).

$$T(\Phi) = F_r * a \cos \Phi$$

KAAVA 19

$T(\Phi)$ = momentti kääntöakselilla (Nm)

F_r = pyörän vierintävoima (N)

a = kääntövierintäsäde (m)

Φ = Pyörän kääntöakselin sivukallistuma ($^\circ$)

Vierintävoima heikentää ohjaustuntumaa, joten sen vaikutus ohjausjärjestelmässä tulee eliminoida mahdollisimman pieneksi.

Muutkin renkaan tuentaa liittyvät määritelmät ovat tärkeitä, mutta näihin perehtyminen ei kuulu tähän opinnäytetyöhön. Suositeltavaa on tutustua alan ammattikirjallisuuteen.

4.3.2 Renkaat

Kaikki ajoneuvon liikkeet ja voimat välittyvät tiehen noin kämmenen kokoiselta

kosketusalueelta. Muutos renkaan mitoituksessa vaikuttaa ajoneuvon, pitoon, jarrutusvoimaan, iskunvaimennuksen dynamiikkaan, kokonaisvälityssuhteeseen ja vierintävastukseen.

Mitä suurempi renkaan halkaisija, sitä vähemmän kierroksia moottorin tarvitsee pyöriä samalla nopeudella. Tämä voidaan todeta esimerkkilaskussa, jossa kuvitteelliset arvot:

- renkaiden halkaisijat $D_1 = 560$ mm ja $D_2 = 600$ mm
- moottorin käyntinopeus $n_m = 3\,000$ 1/min
- vaihteiston välityssuhde $i_{v4} = 1:1$ (4. vaihde)
- perävälitys $i_p = 1:4.11$.

Tällöin pyörintänopeus renkailla $n_r = 3\,000/4.11 \approx 729,93$ r/min. Tämä kerrotaan 60:llä, jolloin $n_r = 43795$ r/h. Tällöin saadaan nopeudet v_1 ja v_2 kaavalla 20.

$$v_{1,2} = (\pi * D_{1,2} * n_r) * 10^{-3} \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right] \quad \text{KAAVA 20}$$

$$v_1 = \left(\pi * 0,56 * 43795 \frac{\text{r}}{\text{h}} \right) * 10^{-3} = 77,05 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$v_2 = \left(\pi * 0,60 * 43795 \frac{\text{r}}{\text{h}} \right) * 10^{-3} = 82,55 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Todellisuudessa pyörän säde muuttuisi pyörintänopeuden, renkaan profiilin ja kuormituksen yhteysvaikutuksesta. Tästä säteestä käytetään nimitystä dynaaminen vierintäsäde. Dynaaminen vierintäsäde voidaan laskea kaavan 21 mukaan jos tiedetään pyörän kierrosnopeus, välityssuhteet ja ajoneuvon nopeus. (44, s. 27)

$$r_d = \frac{v_a}{2\pi n_p} \quad \text{KAAVA 21}$$

r_d = dynaaminen vierintäsäde (m)

v_a = ajoneuvon nopeus (m/s)

n_p = pyörän kierrosnopeus (1/s)

$2\pi n_p$ = pyörän kulmanopeus ω_{π} (1/rad)

Dynaaminen vierintäsäde ei ole kuitenkaan sama kuin pyörän geometrinen säde. Pyörän kierrosnopeus sekunnissa lasketaan kaavalla 22. Todellisessa tilanteessa pyörän kierrosnopeus vaihtelee kitkapinnan ja renkaiden ominaisuuksien mukaan. Renkaan sisäisestä muodonmuutoksesta syntyy aina luistoa, joka ei näy pitovoiman menetyksenä, vaan kulumisena ja lämpenemisenä. Renkaan pyörimisnopeus tulisi aina mitata akselilta. Teoreettisessa mitoituksessa geometrisiä mittoja voidaan jossain määrin soveltaa, mutta on suositeltavampaa käyttää dynaamista vierintäsädettä.

$$n_p = \frac{\left(\frac{n_m}{60}\right)}{i_{\text{kok}}}$$

KAAVA 22

n_m = moottorin kierrosnopeus (1/min)

i_{kok} = kokonaisvälityssuhde

Kumisen renkaan kitkakerroin pienenee pyöränkuorman kasvaessa, sillä kumikitka ei seuraa yleisesti käytettävää Coulombin kitka-lakia. Kuorman lisäys ei kuitenkaan automaattisesti tarkoita pidon vähenemistä, sillä kontakti-alue tienpinnalla kasvaa renkaan painuessa tarkemmin tietä vasten. Tyypillisesti jälkikäteen asennettava, halkaisijaltaan suurempi, matala profiilinen ja leveä rengas lisää sivuttais- ja pitkittäispitoa.

Rengas on yksi osa jousituksessa, vaikka se yleensä lasketaan omaksi osa-alueekseen. Renkaan profiilin suhde ja ilmanpaine vaikuttaa paljon pyörän jousitusominaisuuksiin ja tätä kautta mukavuuteen. Matalaprofiiliset renkaat ovat ajossa kovat ja äänekkäät. Jäykkyydestään johtuen ne kuitenkin antavat paremmin pitoa kaikissa ajotilanteissa ja pysyvät varmemmin kiinni vanteissa. Pidon raja tulee jyrkemmin vastaan kuin korkeamman profiilin renkailla, jotka varoittavat katoavasta pidosta alkamalla hitaasti liukumaan. (44, s. 14–15)

Karkeasti arvioiden vierintävastus kasvaa sitä enemmän, mitä suurempi profiilisuhde, mitä suurempi leveys ja mitä matalampi ilmanpaine renkaassa on ja päinvastoin. Jarruvoimaan rengaskoon vaikutus näkyy siten, että momentin varsi, joka tulee pyörän ulkokehälle kasvaa. Jarrulevyn tai rummun tulisi kasvaa samassa suhteessa. Suuri rengasleveys hidastaa veden poistumista renkaan alta, jolloin vesiliirtoon joutumisen riski kasvaa.

4.3.3 Akseliston muutokset

Aiemmat mainittiin kantavien rakenteiden muuttamisesta ja tässäkin aiheessa pätee samat rajoitteet ja periaatteet. Akselisto muutoksissa käytettävien osien tulee olla tehdasvalmistettuja ja ajoneuvoon sopivia. Osien soveltuvuudesta tieliikennekäyttöön tulee olla valmistajan lausunto. (45, s. 5)

Myös suuremmat muutokset on sallittuja, kuten jousitustyyppin vaihto, mikä ennen oli kiellettyä. Vaatimuksena on, että muutettava rakenne on kantavuudeltaan vähintään yhtä luja kuin alkuperäinen. Rakenteen tulee vastata alkuperäistä malliaan muuten paitsi kiinnityspisteiltään (45, s. 5). § 11 mom. 3 pyritään varmistamaan ajoneuvon turvallisuus. Momentilla 4 pyritään estämään värähtely, joka syntyy epätasapainossa olevan kappaleen pyörivästä liikkeestä.

4.3.4 Ohjauslaitteet

Muutokset ohjauksenlaitteisiin ovat hyvin kriittisiä, koska ne ovat ajoneuvon hallinnan kannalta tärkein tekijä. Hitsaaminen voi heikentää tai jopa pilata rakenteiden kestävyys. Muutosten tekemistä siis rajoittavat lujuusopilliset perusteet.

Ohjainlaitteistoon lisättyjä apujärjestelmiä ei saa poistaa. LARM § 12 mom. 4 mainittu ohjausvaimennin on asennettu autoihin joissa ohjausgeometria vaatii sellaisen. Tiestä ohjauspyörälle kulkeutuvat iskut tekevät ajettavuuden erittäin vaikeaksi, kun vaimennin poistetaan tällaisesta ajoneuvosta.

4.3.5 Jarrujen muutokset

Jarrujen päivitys parempiin on sallittua. Jarrut mitoitetaan aina ajoneuvon kokonaismassan, akselimassojen ja huippunopeuden mukaan, siten että jarrutus olisi mahdollisimman stabiili ja tehokas. Jarrujen vaatimuksista voidaan lukea enemmän katsastusdirektiivistä 2010/48/EU. Päävaatimuksena on, että 500N poljin voimalla tulisi saada aikaan direktiivin voimaantulon jälkeen valmistuneilla ajoneuvoilla $5,8 \text{ m/s}^2$ hidastuvuus jarrutustestissä. Ennen direktiivin voimaantuloa valmistuneissa ajoneuvoissa riittää $5,0 \text{ m/s}^2$ hidastuvuus. (46, s. 8). Kuitenkin samassa direktiivissä on myös muut vaatimuksen, joissa kannattaa kiinnittää huomiota jarrujen suunnittelu- ja

muutostyössä.

Mitä suurempi jarruvoima, sitä suurempi on myös *painon siirtymä*. Painon siirtymällä tarkoitetaan ajoneuvon massakeskipisteen sijainnin muuttumista ajoneuvon koriin jarrutuksessa kohdistuvien voimien vaikutuksesta.

Jarrutuksessa taka-akselille vaikuttava tiehen painava voima pienenee ja edessä puolestaan kasvaa. Jarrut tulee mitoittaa siten, ettei jarruvoima takana ylitä renkaiden pitovoimaa. Pitovoiman loppuessa taka-akselin renkaat lopettavat pyörimisen, eli lukkiutuvat ja ajoneuvo todennäköisesti kääntyy pysty-akselinsa ympäri. Tästä voidaan päätellä, että estämällä painon siirtyminen akselilta toiselle mahdollistetaan taka-akselin jarruvoiman kasvattaminen. Tällöin kokonaisjarruvoima kasvaa, koska kummankaan akselin kitkaraja ei ylitä niin helposti.

Takajarrujen voimaa voidaan rajoittaa venttiileillä. Venttiili voi olla itsestään säätyvä tai säädettävä, mutta säädettävyyden tulee olla siten että kuljettaja ei voi ajonaikana sitä säätää, jolloin inhimillisen virheen riskiä voidaan pienentää. Automaattinen säätö toimii joko mekaanisesti kuormituksen mukaan tai sähköisesti pyörintänopeutta seuraamalla.

Jarruvoimat muodostuvat poljinvoimasta sekä jarrujärjestelmän välityssuhteista. Kaksipiirinen jarrujärjestelmä on luotettavampi kuin yksipiirinen, sillä kaksipiirisissä toinen piiri pysyy toimintakykyisenä, vaikka toiseen tulee vikaa.

4.3.6 Heilahduksenvaimentimet ja ajoneuvon korkeus

Tarpeeksi vahvat rakenteet ja oikea mitoitus varmistavat vaimentimien toiminnan ja ajamisen turvallisuuden. Vaimennin vaimentaa nimensä mukaisesti tiestä renkasiin kohdistuvia iskuja. Tällöin isku ei nosta pyörää irti tiestä niin paljon ja tiekosketus säilyy tai palautuu nopeasti epätasaisuuksista huolimatta. Liian pitkä vaimenninelementti suhteessa jouseen voi ruveta kantamaan taakkaa, kun jousi puristuu kasaan, eikä voi toimia tarkoituksen mukaisesti. Tämä johtaa vaimentimen vaurioitumiseen.

Voidaan olettaa edellä mainitusta, että vaimentimen tehon tulee olla oikeassa suhteessa massaan, joka heilahtelee tienpinnan mukaan. Mitä suurempi

massa, sitä suurempi vaimenninteho tarvitaan. Liikkuvaa massaa kutsutaan jousittamattomaksi massaksi ja ajoneuvon koria jousitetuksi massaksi. Jousivoiman, joka palauttaa pyörän tiehen, tulee olla oikeassa suhteessa jousittamattoman ja jousitetun massan kanssa.

Korkeampi massakeskipiste ajoneuvossa tarkoittaa suurempaa painonsiirtoa sivuttais ja pitkittäissuunnassa. Se vaikuttaa ajoneuvon kiihdytys pitoon, jarruvoima jakoon ja kaarre käyttäytymiseen. Se myös vaikuttaa suurimpaan kallistus kulmaan missä ajoneuvo voi olla ennen kuin se kaatuu.

Kuten aiemmin mainittiin ajokorkeuden muuttaminen jousitusmuutoksella voi vaikuttaa myös renkaankulmiin, joilla pyritään vakauttamaan ajoneuvon käytös. Rengaskulman muutos voi tehdä autosta yli- tai aliohjaavan ja ne kuluvat nopeammin ylisuurilla pyöränkulmilla. Varsinkin auras kuluttaa nopeasti renkaiden.

Pyöränkulmat tulee tarkistaa ja säätää ajoneuvon korkeuden säädön jälkeen. Mitä enemmän muutoksia mitoituksiin, sitä suurempi tarve on korjata pyöränkulmat. Alkuun voidaan käyttää valmistajan antamia oletusarvoja, joihin pieni muutos kerrallaan tekemällä voidaan hakea optimaalinen asento. Todella suurilla muutoksilla, kannattaa varautua siihen, että muutosvara loppua kesken.

Joillakin pyöräntuentarakenteilla korkeutta ei saa muuttaa, koska niiden geometria muuttuu liiaksi jo pienillä muutoksilla. Liian pieni maavara heikentää ajoneuvon etenemiskykyä lumessa ja hiekassa. Tästä syystä vähimmäisraja on asetettu.

Auton jousituksen korkeuden muuttaminen vaatii 1.1.1998 eteenpäin valmistuneilla ajoneuvoilla mallikohtaisen asennussarjan, jolla tulee olla hyväksyntätodistus. 1.10.2003 eteenpäin valmistettujen autojen sallitaan käyttää vain ajoneuvon valmistajan valmistamia vaihtoehtoja.

Tähän on syynä 96/79/EY ja 96/27/EY mukana tullut sivutörmäystestin pakolliseksi asettaminen ja siinä käytetyn karrin maavara, joka on 300 mm. Matkustamon lattian tai kynnyksotelon yläpinnan korkeus tulee olla välillä 305–295 mm. Jos ajoneuvo on matalammalla, on oletettu että mahdollisessa

kolarissa isku ei välttämättä kohdistuisi enää sille tarkoitettuun alueeseen, jolloin kolariturvallisuusvaatimukset ei enää täyttyisi.

4.4 Korinmuutokset

Alustanmuutoksissa mainittiin rakenteiden muuttaminen ja korjaus MIG-hitsaamalla. Korimuutokset vaativat metallien käsittelyä, joten käsitellään aihetta lyhyesti.

Hitsaustyöt tulee tarkastuttaa katsastuskonttorilla muissakin tapauksissa ja käytetyistä laitteista ja metodeista tulee olla asiallinen dokumentaatio. Katso § 11 mom.1, av. *f*, § 12 mom. 2 av. *c*, § 21 mom.3 av. *b*, Tarkastuksessa hitsaussaumamat tulee esittää peittelemättöminä, ellei muuta ole sovittu katsastajan kanssa. Pintapeltien korjaus voidaan edelleen suorittaa peltikorjauksen perustaidoilla. Kantavien rakenteiden korjaus tulee tehdä valmistajan ohjeiden mukaan. (47 s.8–11, 70)

90-luvun alusta henkilöautojen korirakenteet ovat kehittyneet huomattavasti. Tällöin alettiin vahvasti kiinnittämään huomiota korien kolariturvallisuuteen ja keveyteen, jotta päästörajoitukset voitaisiin alittaa (48). Nykyisten ajoneuvojen korien jäykkyys on erittäin suuri. Syy tähän on uusien rakenteiden monimuotoisuus ja eri lujuuden omaavien metallien yhdistely rakenteissa(48;49). Nykyisien ajoneuvojen korjaaminen on hyvin hankalaa, koska korjaaminen ei ole ollut tärkein tavoite korisuunnittelussa (49, s. 9).

4.4.1 Tuulilasi ja muut ikkunat

Lasien tummentaminen on rajoitettu §:ssä 16. Jos lasit tummennetaan, heikkenee näkyvyys hämäräajossa, jolloin havainnointi autosta heikkenee ja riski virhearviointiin ja onnettomuuksiin kasvaa. Takalasin tummennus on sallittu, koska siten voidaan estää varkaita näkemästä esimerkiksi pakettiauton tavaratilaan. Taustapeiliin tulee olla tarpeeksi suuri, jotta näkyvyys taakse pysyisi hyvänä.

4.4.2 Puskurit sekä alleajo- ja sivusuojat.

Alleajosuoja estää ajoneuvon joutumasta korkeamman/kookkaamman

ajoneuvon alle täten parantaen kolariturvallisuutta. Esimerkiksi peräänajossa, jossa henkilöauto törmää pysähtyneeseen alleajosuojamattomaan kuorma-autoon, tunkeutuisi auton keulan syvälle kuorma-auton alle kuljettajaosaston iskeytyessä lavarakenteisiin konepellin alareunasta ylöspäin ja todennäköisesti surmaten kuljettajan.

Terävien ja kovien materiaalien käyttö keulassa voi olla kohtalokasta törmätessä jalankulkijaan. 2005/66/EY määrittelee ne vaatimukset jotka hyväksyttävän "karjapuskurin" tulee täyttää.

4.4.3 Muoviosat

Muoviosilla tarkoitetaan nimellisesti muovikomposiittia. Komposiitti, toiselta nimeltään lujitemuovi, koostuu siis yleensä kahdesta osasta, polymeeripohjaisesta matriisista, sekä lujitteesta, joka usein on kuitua. Yleisesti käytetään lasi-, hiili- tai aramidikuitua. Komposiittiin voi myös kuulua muita osia kuten esimerkiksi täyteaineita, lisäaineita tai runkomateriaaleja.

Muoviosia ei käytetä kantavissa korirakenteissa, kuten kynnykotelot, tulipelti, matkustajaosaston ja tukipilarit. Syynä on materiaalin haurastuminen auringon UV-säteiden vaikutuksesta ja heikentyneiden tai vaurioituneiden osien huono korjattavuus. Hyväksyttäviä osia ovat esimerkiksi konepelti ja takakontinkansi ja hyvällä tukirungolla varustettu ovi.

Poikkeuksena edellä mainittuihin on hiilikuitu. Hiilikuitu on lujuus-painosuhteessa ylivoimainen teräkseen verrattuna, mutta on hintavuutensa vuoksi vielä harvinainen.

4.4.4 Valaisimien vaihdot ja muutokset

Ajovalojen tulee parantaa näkyvyyttä autoilijalle pimeissä olosuhteissa häiritsemättä muita tielläliikkujia. Tämä tarkoittaa, että valojen rakenne on sellainen, jotta polttimolta tuleva valo valaisisi edessä olevaa tietä ja piennarta häikäisemättä vastaantulijoita. E- ja e-merkityt valot täyttävät nämä vaatimukset. Lisää aiheesta LVMa 1064/2011.

Autojen rakennesäädökset käyttöönotto- tai valmistusajankohdan mukaan tulee

täyttyä Aken ohjeistus nro.79/28/2004, joka perustuu LVMa 1248/2002. Se kertoo tarkemmin ne vaatimukset, jotka eri-ikäisillä ajoneuvoilla on.

4.4.5 Ovimuutokset

Ovet ovat tärkeä ajoneuvon passiivisen turvallisuuden tekijä. Tästä syystä lukkomekanismin, ovirakenteen ja saranamekanismin muutokset tutkitaan tarkkaan. Aiempi informaatio E-säännöistä ja standardeista koskee myös ovia. Onnettomuuden sattuessa ovien auki saaminen on välttämätöntä uhrin nopean ulos saamisen kannalta. Lukkomekanismi on osana korin turvarakennetta.

Ulkonevien kahvojen asentamiskiellon takana on oletettavasti ilmanvastuksen kasvu ja se, että ulkonevan kahvan voi helpommin rikkoa esim. sorkkaraudan avulla.

4.4.6 Suuret korimuutokset

Ajoneuvon koria ulkoisesti muuttamalla saadaan siihen hyvin omalaatuinen ulkonäkö. Kumminkin tulisi tiedostaa se, että kaikki muutokset vaikuttaa ajoneuvon ilmanvastuskertoimeen ja käytettävyyteen liikenteessä. Leveän ajoneuvon parkkeeraaminen parkkiruutuun vaikeutuu ja ajoneuvo vie tilaa muilta liikenteessä olevilta ajoneuvoilta. Kantavien rakenteiden muutokset tulee tehdä aina pieteetillä, sillä heikentyneet rakenteet ovat aina riski kuljettajalleen.

§:n 21 momentilla 2 viitataan kuvan 11 kaltaiseen rakennemuutokseen. Eli alkujaan kiinteä keulan rakenteet ja konepelti on korvattu nopeasti avattavalla ja kevyellä rakenteella. Kuvassa 11 muutokset on tehty, kuten vaaditaan alaviitteiden *b* ja *c* ehdoissa.



KUVA 11. Esimerkki "Flippi"-keulaisesta ajoneuvosta, Himanka 1.9.2007

Katon madallus ja ikkunan kallistus ovat ilmanvastuskertoimen kannalta positiivisia muutoksia. § 21 mom. 3 alaviitteillä kuitenkin pyritään jättämään tarpeeksi suuri tila kolaritilanteessa mahdollisesti tapahtuvalle muodonmuutokselle, kuten alakohta e määrää. Alakohtien c ja d myönnytykset helpottavat kokonaistyötä, koska ajoneuvon omaa kattorakennetta on helpompi muokata kuin valmistaa uusi. Alaviitteen f periaate on itsestäänselvyys, sillä hyvä näkyvyys on turvallisen ajamisen edellytys.

Kuten alustan muutoksissa, niin myös korimuutoksissa vaaditaan tarkat kuvat muutostyöstä ja tiedot käytetyistä menetelmistä.

Umpikorisen ajoneuvon muuttaminen avokoriseksi on tehtävissä, mutta vaatii vaivannäköä ja paljon rahaa. Asiallisesti tehtynä kuitenkin mahdollista ja alaviitteiden a ja b lisäyksillä pyritään lisäämään turvallisuutta.

Mom. 6 mainitut EY-määräykset vaikuttaa korinmuutoksiin niissä ajoneuvoissa joissa sivutörmäystesti on tullut pakolliseksi.

4.4.7 Korinvaihdot

Erilliskorillisten vanhempien ajoneuvojen kohdalla tämä on suhteellisen helppo muutos, koska korit ja rungot olivat erillisiä kokonaisuuksia. Nykysissä itsekantavissa koreissa vastaavan muutoksen teko on työläs ja vaatii ammattitaitoa. Kuitenkin korin vaihto tuo 34 % muutoksen (liite 2), jolloin muiden muutosten teko suorituskykyä parannettaessa voi tulla hyvin rajoitetuksi.

Momenttien 1 ja 2 ja näiden alaviitteiden taustat on käsitelty aiemmin, joten näiden toistaminen ei ole tarpeellista.

4.4.8 Korin korottaminen runkoon nähden

LARM § 24 koskettaa pääsääntöisesti maastoautoja. Näiden vaatimukset ja tunnistus ohjeet on saatavissa LVA19.12.2002/1248 §:ssä 6

§:n 24 mom. 1 alaviitteellä *a*, *d* ja *f* pyritään estämään ajoneuvon keskipainopisteen liiallinen nouseminen ja siten ajoneuvon kaatumisherkkyyden kasvu. Se myös vaikuttaa negatiivisesti ajoneuvon vakauteen epätasaisessa maastossa. Myös normaalilla tiellä ajettaessa korkea painopiste vaikuttaa ajoneuvon heilahduksien suuruuteen ohjattaessa, kuten mainittiin kohdassa 4.3.5. Käytännön esimerkki asian ymmärtämiseksi on vasaran heiluttaminen ensin kahvasta ja sitten vasaran päästä.

Korin ja rungon väliset kumityynyt vähentävät tärinän aiheuttamia rasituksia ja pidentävät ajoneuvon rakenteiden ikää. Ne vaikuttavat myös ajoneuvon ajomukavuuteen vähentämällä ohjaamon melua.

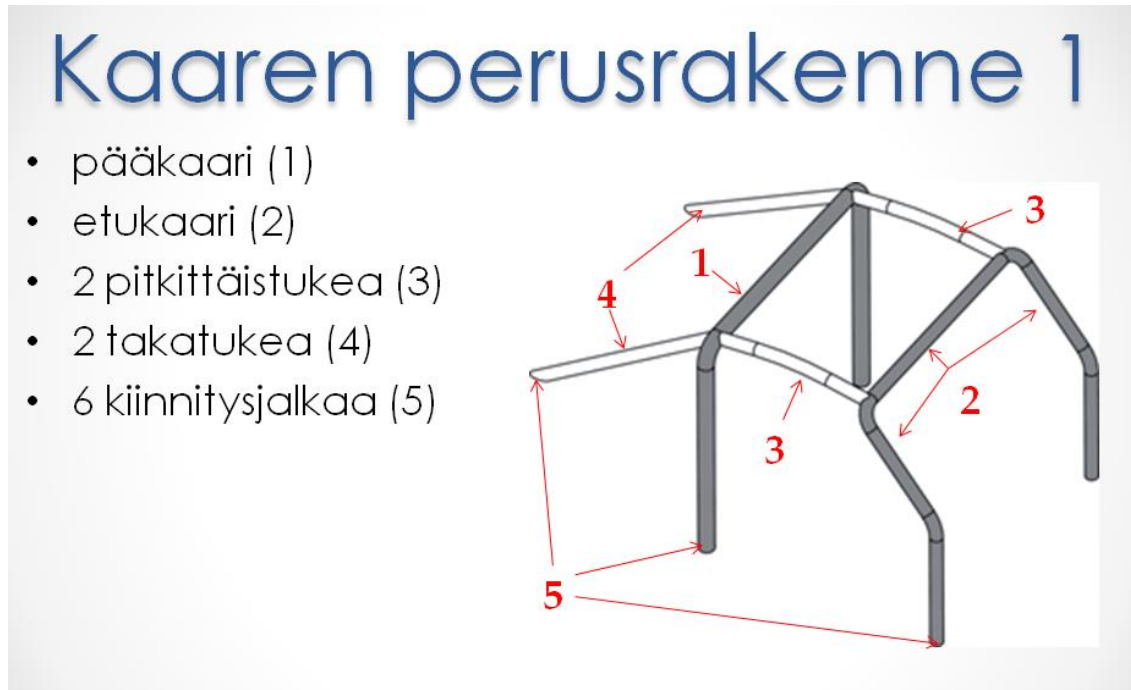
Alaviite *c*:llä varmistetaan ajoneuvon tärkeimpien järjestelmien toimivuus. Enemmän liitoksia tarkoittaa enemmän mahdollisesti rikkoutuvia osia. Kuten aiemmin mainittiin, ohjainlaitteiden toimintavarmuus on ensisijainen ajoneuvon turvallisuuteen liittyvä seikka.

4.4.9 Turvakaari

Turvakaarella tarkoitetaan ajoneuvon B-pilareita myötäilevää putkea jonka tarkoituksena on estää katon sisään painuminen. Tätä kaarta kutsutaan pääkaareksi, kuten kuvassa 12 on esitetty. Autourheilussa turvakaari on

välttämätön varuste ajoneuvon turvallisuuden ja korin jäykkyyden parantamiseksi.

FHRA:n tai AKK:n hyväksymä turvakaari on sovelias. Huom. eri autourheilu luokille on määrätty erilaiset kaaret, joten kaarien välillä on merkittäviä lujuus eroja.



KUVA 12 Turvakaaren esimerkki (50, s. 297)

4.4.10 Tilapäisesti asennettavat kiinteistöhuoltolaitteet

§ 25 asettamat rajat kategorisoi ajoneuvot N₁- ja N₂-luokkien paketti- ja kevytkuorma-autoihin. Tarkoituksena on rajoittaa käytettävien ajoneuvojen kokoa. Tällöin esim. kerrostaloalueella ajoneuvo ei estä pelastusalan ja virkavallan edustajien liikkumista ja on helpompi ohittaa.

Mom. 2 ja 3 ovat yleiseen turvallisuuteen tähtääviä ohjeita, joilla pyritään pienentämään inhimillistä riskiä. Syy mom. 2 ja 3 olemassa oloon on asennettujen laitteiden massan aiheuttama jarrutusmatkan pidentyminen ja nopeuden aiheuttamat rasitukset. Rasitukset näkyvät ensimmäiseksi polttoainekulutuksessa, joka kasvaa lisääntyneen massan takia. Nopeus myös lisää rakenteellisia rasituksia moottorissa, voimansiirrossa ja alustarakenteissa.

5 AJONEUVOKOHTAISEN INFORMAATION HANKINTA

Projektin onnistumiseksi ja varsinkin laskennallisen mitoituksen selvittämiseksi on validin tiedon saaminen ensiarvoisen tärkeää. Ajoneuvoja tehdään eri maihin, jolloin niissä on yleensä eroja niin moottorin saasteenpuhdistusjärjestelmien, perusmitoitusten kuin apulaitteiden suhteen. Tähän syynä on paikallinen lainsäädäntö ja olosuhteet. Suositeltavaa on, että ensimmäiseksi ajoneuvo identifioidaan etsimällä tunnisteita, kuten runkonumero, moottorin tyyppitunnusnumero ja tyyppikilpi. Kerätyllä tiedolla voidaan kartoittaa varaosien saatavuus ja korjausoppaat ja muu ajoneuvoon liittyvä materiaali.

Valokuvista, osista ja niiden piirustuksista voidaan takaisin mallintaa (engl. reverse engineer) haluttuja arvoja ja mittoja. Tämän voidaan tehdä esimerkiksi valokuvilla mittaamalla ja suhteuttamalla mitat toisiinsa. Mitä suurempi kuva on, sitä pienempi on suhteellinen virhe. Seuraavaksi esimerkkejä tiedonkeruu- ja analyysimenetelmistä, joita tässä työssä käytetään.

5.1 Tiedon lähteet

5.1.1 Kirjallisuus ja internet

Ajoneuvokohtainen ohje- tai huoltokirja on aina ensimmäiseksi hankittava, jos sellainen on saatavissa. Näissä on yleensä hyvin kattavasti tietoa ajoneuvosta ja sen ylläpitoon liittyvistä huoltotoimenpiteistä. Kirjastoissa on myös huomattava määrä aiheeseen liittyvää ammattikirjallisuutta, johon kannattaa tutustua. Internetissä on myös paljon nettikauppoja, joista voi löytyä erinomaista kirjallisuutta kohtuulliseen hintaan.

Seuraavaksi kannattaa mennä kyseisen ajoneuvomerkin tai mallin harrastajien verkkosivuille. Siellä on saatavissa hyvinkin yksityiskohtaista tietoa ja kokemuksia samasta ajoneuvosta (26). BMW Group on melko vapaasti jakanut tietojaan varaosista ja niiden sopivuudesta (32). Suositeltavaa on tehdä vertailuja luotettavuudesta eri verkkosivujen välillä (27; 28; 29).

Internetissä on paljon tietoa ja ohjeita, mutta niiden taso vaihtelee suuresti.

Ongelmana ovat kuulopuheet, urbaanit legendat ja huijaustuotteet, jotka nousevat esille eri paikoissa uudelleen ja uudelleen. Viimeisestä mainittakoon erinäiset polttoaineen kulutusta laskevat tuotteet, joiden tieteellinen perusta on hatara kuin korttitalo (51).

Nykyiseen internet maailmaan kuuluu myös häiriköt, joiden elämänilona on saada aikaan paha mieltä. Harrastajafoorumeilla voi myös käydä maksettuja kirjoittajia, jotka kehuvat jotain yritystä tai henkilöä ja esittävät armotta perättömiä väitöksiä niiden kilpailijoista. Valheellisten ohjeiden ja tietojen levitys huvin vuoksi ei ole myöskään tuntematon käsite (52).

5.1.2 Ammatinharjoittajat

He ovat niitä, jotka ammatikseen korjaavat ja rakentavat ajoneuvoja. Yleensä he ovat koulutautuneet aiheeseen ja omaavat koulutussuuntautumisensa mukaista tietotaitoa ajoneuvoista.

Ammattilaisilla ei ole velvollisuutta kertoa kysyjälle haluttua tietoa, sillä heidän tietonsa on heidän tulonlähteensä. Toisaalta huomattavan usein, kun jonkin vian korjaamiseen kerrotaan olevan myös halpa ratkaisu kalliin sijaan, saadaan pian uusia asiakkaita, jotka tulevat hyvän asiakaspalvelun johdosta. Esim. merkkiliikkeiltä voidaan saada varmennus eri varaosien alkuperästä ja sopivuudesta. Ammatinharjoittajilla on myös yleensä hyvät tiedot laista ja niiden muutoksista.

5.1.3 Katsastuviranomainen

Muutosten tekemiseen ja niiden laillisuuteen löytyy paras apu katsastuskonttorilta. Heillä on velvollisuus neuvoa asiakkaitaan ja heillä voi olla yhteyksiä alan harrastajiin. Tässä työssä saatiin katsastusviranomaiselta vertailuarvoja esimerkkiauton ja sen sisar-mallien omamassalle Suomessa.

5.2 Kuvat ja kuvaajat

Mekaanisten laitteiden toimintaakin voidaan tutkia tarkasti pelkästään kuvien perusteella, kunhan kuvan laatu on tarpeeksi hyvä. Ajoneuvon ulkomitat ja muodot ovat tärkeitä ilmanvastuskertoimen selvittämiseksi. Ongelmana on

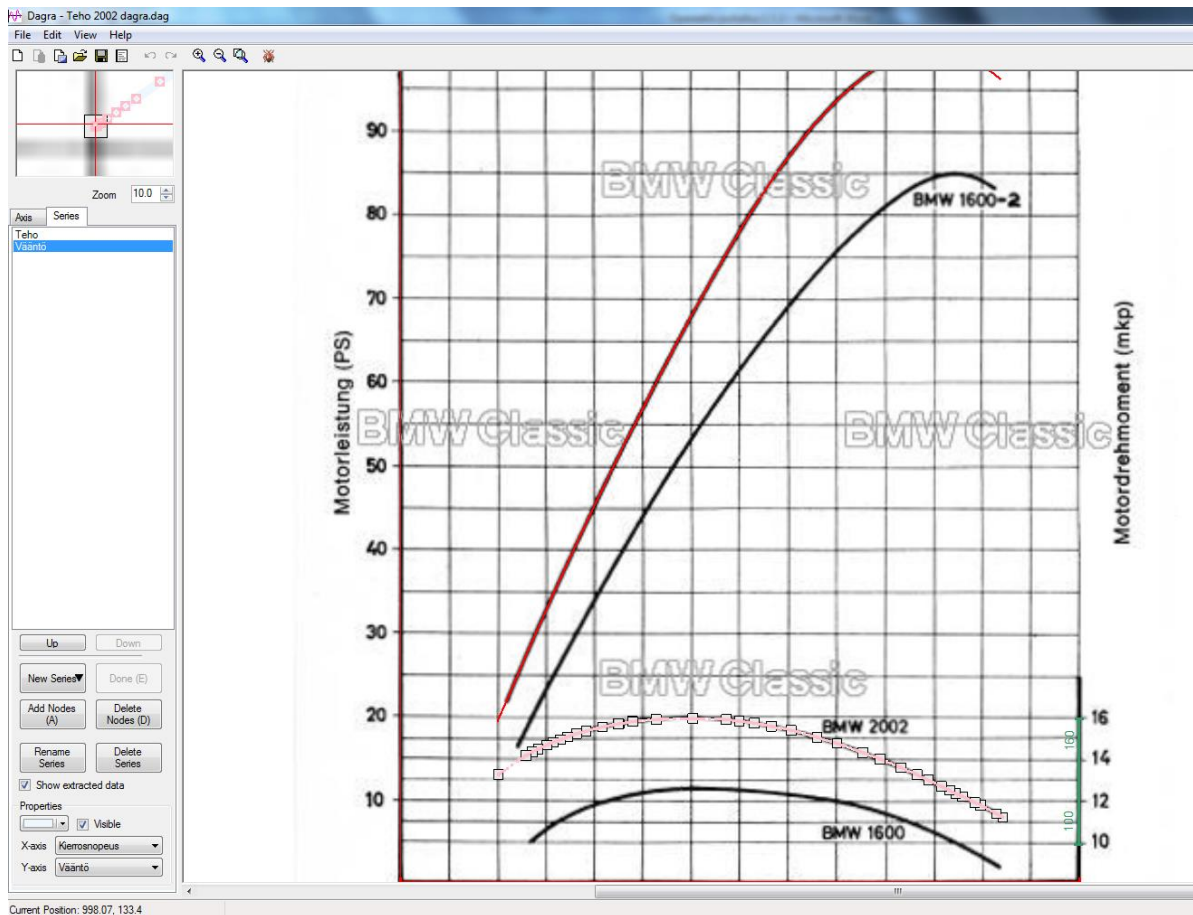
kuitenkin se, että kuvien ja kuvaajien kautta voidaan yleensä tukia vain suuntaa antavasti. Tähän on syynä edellä mainittu kuvatarkkuus.

Seuraavaksi esitetään tässä työssä käytettyjen kuvien tarkastelu tapoja ja arvioidaan niiden soveltuvuutta käytäntöön. Kaikissa esimerkki tapauksissa on käytetty esimerkiajoneuvosta saatua informaatiota.

5.2.1 Tehokuvaajat

Tässä työssä käytettävän ajoneuvon uuden moottorin teho ja vääntö haluttiin selvittää $500^{-1}/\text{min}$ välein. Teho kuvaajien arvot koe kerättiin MS (*Microsoft*) *Paint*® ohjelmalla, mittaamalla pikseleiden määrät koordinaatistosta ja suhteuttamalla ne. Työ kuitenkin hidastuu piste määrän kasvaessa.

Kuvaajien tarkasteluun on tarjolla myös juuri sitä varten suunniteltuja ohjelmia. Tästä hyvä esimerkki on *Dagra*®, jonka avulla myös puuroutunut ja vääristynyt kuvaaja on huomattavasti nopeammin laskettavissa. Edut tällaisessa työkalussa on kerätyt tiedon muuttaminen *txt*-, *xml*-, *csv*-tiedostoiksi, jolloin tiedonsiirto taulukkolaskentaohjelmiin on vaivatonta. Kerätty data voidaan kerätä pisteittäin tai jatkuvana käyränä. Kuvasta13 voidaan havaita analyysi ohjelman peruserätykset.



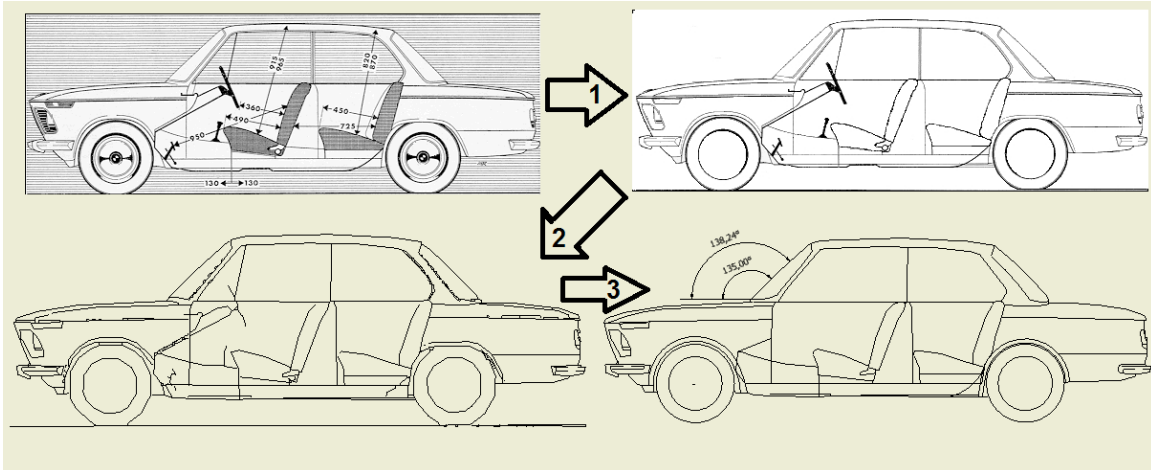
KUVA 13. Dagra ohjelmiston yleiskuva (53)

5.2.2 Mekaaniset osat

Samankaltaista metodia käytettiin jarruvivuston (54, s. 35) välityssuhteen laskemiseen. Tässä tapauksessa käytettävää kuvaa ensin siistittiin puhtaaksi muista väreistä kuin musta ja valkoinen. Muutamia mitoituksen kannalta tarpeettomia viivoja poistettiin samalla. Tämän jälkeen kuva käännettiin *Img2CAD*® ohjelmalla DXF-muotoon, jotta sitä voidaan tutkia ja muokata CAD-ohjelmilla (computer aided desing). DXF-muodossa piirrety viivat ovat *vektoreita*, jolloin kuvia voi skaalata ilman *puuroutumista*. Mittaus tulokset voi tarkistaa liitteestä 3. Kaikissa mitoituskuvissa käytetty CAD-ohjelma on *Autodesk Inventor*®.

Tuulilasin kallistuskulma on laskettu samalaisella metodilla kuin jarruvivusto. Ongelmana oli alkuperäisen kuvan (55, s. 64; 56, s. 94) ns. *puuroisuus*, jonka puhdistaminen vei aikaa. Mihinkään tärkeään päämitoitukseen ei koskettu puhdistus ja kääntö vaiheessa. Alkuperäisen kuvan ja CAD-piirroksen erot on

nähtävillä kuvassa 14.



KUVA 14. BMW 2002 tuulilasin kallistuskulman tukimisen vaiheet

5.2.3 Otsapinta-ala

Ajoneuvon poikkipinta-ala koemitoitettiin valokuvien pohjalta, jotka skaalattiin ajoneuvon todellisiin mittoihin. Kokeen tuloksia verrattiin laskennalliseen likiarvo menetelmään, jossa ajoneuvon korkeus kerrotaan raidelevyydellä ja 0,9:llä (36, s. 378). Kuvien mitoituksessa haluttiin suuntaa antavia tuloksia, jotta voitaisiin varmistaa myöhemmin laskettavan ilmanvastuskertoimen tulokset.

Laskennalliset tulokset olivat $1,7106\text{m}^2$ E10 korimallille ja E28 referenssi korimallille $2,0234\text{m}^3$.

Epätarkkuustekijöitä tällaisessä menetelmässä on etäisyys ja kulma, josta kuva on otettu. Tämän vuoksi olisi hyvä löytää teknisiä piirustuksia ajoneuvoista, joissa ei ole perspektiivin aiheuttamia vääristyksiä. Kameran optiikka myös voi aiheuttaa vääristymää. Kuva 15 havainnollistaa ns. kalasilmäefektiä.



KUVA 15. BMW 2002 Turbo ja valokuvauksessa syntyvä kalansilmä efekti (57)

Kuvan ollessa suoraan edestä päin, jäisi kylkilinjan muoto hahmottamatta. Tällöin otsapinta-ala jäisi pienemmäksi kuin mitä se todellisuudessa on. Liian alhaalta kuvatun ajoneuvon mittasuhteet muuttaisivat tuulilasipinta-alaa. Liian ylhäältä kuvatun ajoneuvon mitoitukset olisivat myös virheellisiä. Tällöin ajoneuvon pohjan muoto jää hahmottamatta ja konepelti tulee osaksi otsapinta-alaa. Esimerkkinä kuvassa 16 näkyvän ajoneuvon mitoitukset, jotka ovat alemmassa versiossaan lähempänä todellisuutta edellämainittujen periaatteiden mukaan.



KUVA 16. Esimerkkiajoneuvon otsapinta-alan tutkintamenetelmän havainnollistaminen. (58)

Kuvan mitat tarkastettiin ohjekirjasta (55, s. 63) ja niiden huomattiin olevan tarpeeksi lähellä tunnettuja mittoja. Kuvassa 16 voidaan nähdä myös perspektiivin vaikutus ajoneuvon muotoon. Jos kuvassa seurattaisiin vain ajoneuvon ulkoreunoja, jäisi kokonaispintalasta uupumaan jonkin verran. Liite 4 sisältää eri ajoneuvojen otsapinta-ala mittauksia vastaavalla menetelmällä. (59; 60; 61; 62; 63; 64)

Liitteessä olevien ajoneuvojen nro 3 ja 4 pinta-alat arvioidaan olevan lähimpänä todellisuutta edellä mainitun perusteella. Ajoneuvo 3:n kuva on otettu hiukan kauempaa ja hyvältä korkeudelta, jolloin ajoneuvon katon ja pohjan raja-alueet eivät ole kovin vääristyneet. Verrattaessa laskennalliseen liki arvoon, pinta-ala olisi mallinnuksen perusteella suurempi kuin laskettu arvo. Ajoneuvon nro. 4 otsapinta-alan (58, s. 23) huomattiin olevan vain hieman pienempi kuin

virallinen ja laskennallinen tulos. Myöhemmin selvisi, että kuva on peräisin ajoneuvon alkuperäisestä huolto-ohjekirjasta. Ongelmana tuloksen validiteetille on kuva resoluutio, joka on todella pieni. Korin ääriiviat ovat niin sumeat että täyttää varmuutta mitoista ei ole.

Reunaviivoja piirrettäessä on haluttu hakea suuntaa antavia arvoja poikkipinta-alalle. Kuitenkin laskennallisessa mielessä on yksinkertaista käyttää matemaattista mallia, jolloin virhetekijöitä voidaan rajoittaa. Ongelmana kuitenkin on se, että matemaattinen menetelmä on sokea korin muutoksille ja muodolle. Esimerkiksi keulaan asennettavien lasikuitupuskurien tai pyöränkaarien levikkeiden aiheuttamaa otsapinta-alan kasvua ei tällä menetelmällä voida huomioida. Tästä syystä päädyttiin käyttämään kuvan 16 alemman mitoituksen mukaista poikkileikkausalaa. Kuvasta tehtiin vielä muutosten jälkeinen versio teoreettista tarkastelua varten.

5.2.4 Johtopäätökset kuvankäsittelystä

Nopeassa tarkastelussa *MS Paint* on hyvä suuntaa antava työkalu kuvaajille, kunhan kuvan laatu on hyvä. Kuitenkaan sitä ei voida pitää tarkkana työkaluna. Toisaalta muokkaamaton alkuperäinen kuva voi olla vääristynyt tai se vääristyy formaatin muuttamisen aikana. Tällaisessa tapauksessa ohjelmat, kuten *Dagra* auttaa paljon. Ongelmana on kuitenkin käytettävissä olevan "jatkuvan janan" lineaarisuus, jolloin valittujen pisteiden väliset arvot poikkeavat totuudesta. CAD-ohjelmilla rajoittavaksi tekijäksi jää alkuperäisten kuvien tarkkuus ja käsittelijän motivaatio.

On hyvä tarkistaa printattu kuva kynällä ja paperilla ja käyttää perinteisiä menetelmiä vertailuksi. Tulee kuitenkin muistaa, että kerätyt luvut ovat likiarvoja, jotka käytännön testeillä tullaan myöhemmin varmentamaan.

Ajoneuvojen teho/vääntö-kuvaajat brosyyreissa on yleensä siloteltuja versioita oikeasta kuvaajasta, ja niitä ei missään nimessä voi pitää absoluuttisina.

6 AJONEUVODYNAMIIKKA

Ajoneuvoista on yleensä saatavissa suorituskykyarvoja tai ainakin lupauksia niistä. Tärkeimmät vertailukohteet on muokkaamattoman ja muokatun suorituskyvyssä ovat kulutus, kiihtyvyys, huippunopeus. Myös muita ominaisuuksia voidaan arvioida, mutta matemaattista analyysiä ei kaikkiin esitetä.

Työssä käsitellään vain takavetoisen ajoneuvon ominaisuuksien muutoksia. Etuvetoisen tai nelivetoisen ajoneuvon laskukaavat poikkeavat takavetoisesta.

6.1 Painopiste

Joidenkin arvojen saaminen vaatii mittaamista, kuten painokeskipisteen sijainti auton pituus- ja pysty-akselilla. Mittaaminen tapahtuu kuten kuvissa 17 ja 18 esitetään. Ajoneuvon akselimassat punnitaan ja sitten se nostetaan tarkasti haluttuun kulmaan. Akselimassoja ei ole pakollista mitata yhtäaikaisesti. Ensimmäisen mittauksen akselimassoilla voidaan määrittää painopisteen paikka ajoneuvon pituusakselilla kaava 23 mukaan (65, s. 6).

$$\varphi_x = \frac{m_2}{m} = \frac{L_1}{L} \Rightarrow L_1 = \varphi_x * L \quad \text{KAAVA 23}$$

φ_x = ajoneuvo painojakauma pituusakselin mukaan

m_2 = taka-akselimassa (kg)

m = ajoneuvon massa (kg)

L = akseliväli (m)

L_1 = etuakselin etäisyys massakeskipisteestä pituusakselia pitkin (m)

Massat mitataan toistamiseen ja saadulla massan muutoksella voidaan laskea massakeskipisteen korkeus kaavalla 24 (66, s. 4).

$$h = \frac{\Delta m}{m_g} * \frac{L}{\tan \alpha} + r_d \quad \text{KAAVA 24}$$

h = massakeskipisteen korkeus (m)

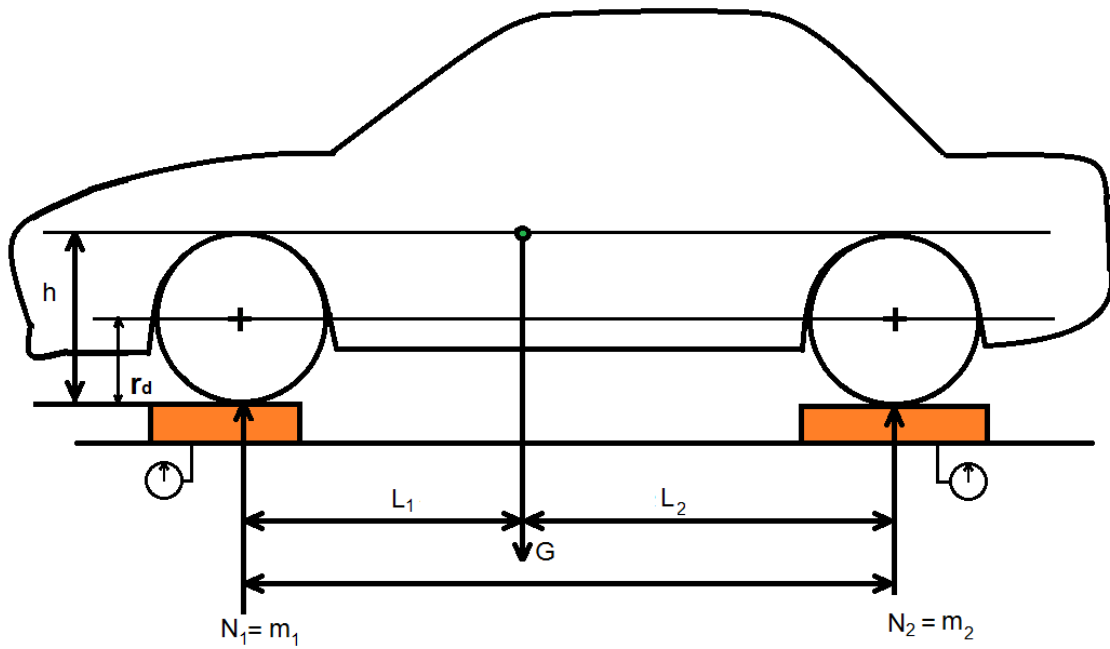
Δm = massanmuutos akseleilla (kg)

m_g = ajoneuvon massa (kg)

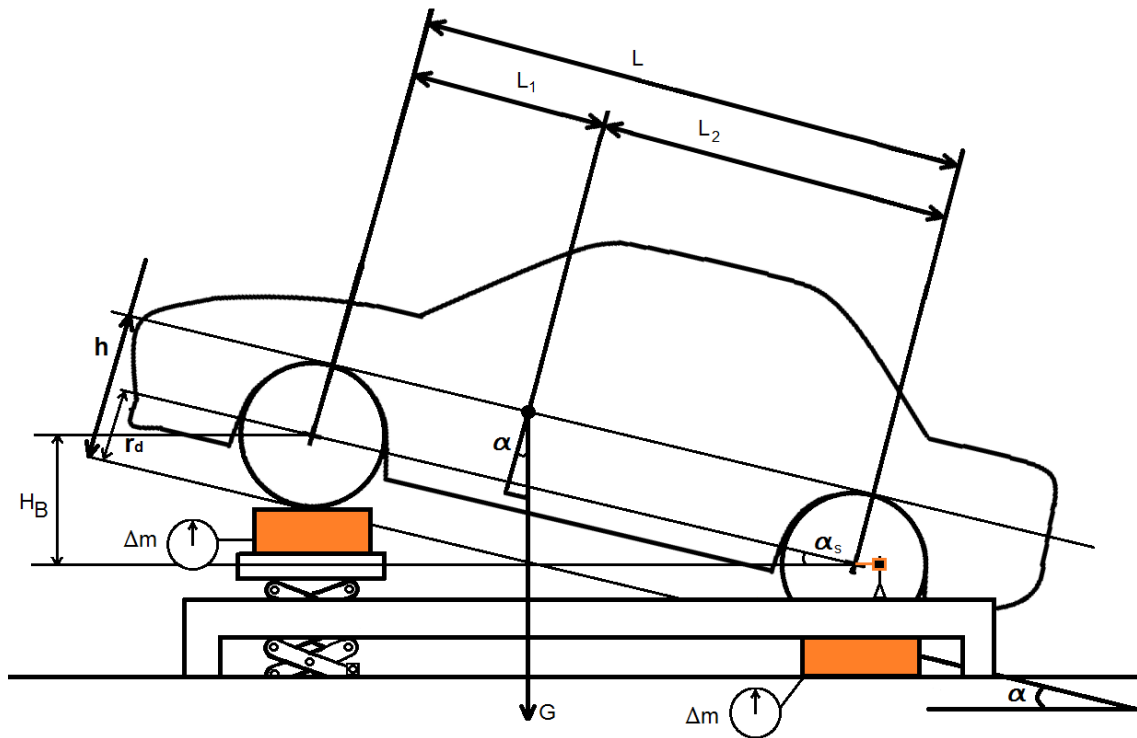
L = Ajoneuvon akseliväli (m)

r_d = ajoneuvon dynaaminen vierintäsäde (m)

α = nostokulma ($^\circ$)



KUVA 17. Ajoneuvon akselimassojen mittaus



KUVA 18. Ajoneuvon akselimassojen mittaus kulmassa

Valitettavasti painopisteen määrittäminen ei ole mahdollista saatavissa olevilla välineillä. Painopiste voidaan yrittää määrittää ajoneuvon johtamalla suurimman kiihtyvyyden tai nousukulman kaavaa. Suurimman nousukulman kaava takapyörävetoiselle ajoneuvolle on kaava 25 (67, s. 43) ja sen johdannainen on kaava 26.

$$\tan \alpha_t = \frac{\mu_{\max} * \frac{L_1}{L} - f \frac{L_2}{L}}{1 - \mu_{\max} * \frac{h}{L}}$$

KAAVA 25

$$\rightarrow 1 + \mu_{\max} * \frac{h}{L} * \tan \alpha_t = \mu_{\max} * \frac{L_1}{L} - f \frac{L_2}{L} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{h}{L} = \frac{\mu_{\max} * \frac{L_1}{L} - f \frac{L_2}{L}}{1 + \mu_{\max} * \tan \alpha_t}$$

$$\rightarrow h = \left(\frac{\mu_{\max} * \frac{L_1}{L} - f \frac{L_2}{L}}{1 + \mu_{\max} * \tan \alpha_t} \right) * L$$

KAAVA 26

h = massakeskipisteen korkeus (m)

L = Ajoneuvon akseliväli (m)

L_1 = etuakselin etäisyys massakeskipisteestä (m)

L_2 = taka-akselin etäisyys massakeskipisteestä (m)

μ_{max} = suurin mahdollinen kitkakerroin

f = nimellisvierintävastus

α = nousukulma ($^\circ$)

Myös suurimman kiihtyvyyden kaavasta voidaan johtaa h , kuten kaavat 27 ja 28 näyttävät (67, s. 41).

$$a_{t \max} = \frac{\mu_{max} * \frac{L_1}{L} - f \frac{L_2}{L}}{1 - \mu_{max} * \frac{h}{L}} * g \quad \text{KAAVA 27}$$

$$\rightarrow 1 - \mu_{max} * \frac{h}{L} * \frac{a_{t \max}}{g} = \left(\mu_{max} * \frac{L_1}{L} - f \frac{L_2}{L} \right) \rightarrow$$

$$h = \left(\frac{\mu_{max} * \frac{L_1}{L} - f \frac{L_2}{L}}{1 + \mu_{max} * \frac{a_{t \max}}{g}} \right) * L \quad \text{KAAVA 28}$$

h = massakeskipisteen korkeus (m)

L = ajoneuvon akseliväli (m)

L_1 = etuakselin etäisyys massakeskipisteestä (m)

L_2 = taka-akselin etäisyys massakeskipisteestä (m)

μ_{max} = suurin mahdollinen kitkakerroin

f = nimellisvierintäkerroin

g = maan vetovoiman kiihtyvyyden vakio (m/s^2)

$a_{t \max}$ = suurin mahdollinen kiihtyvyys (m/s^2)

Ongelmana on, ettei ole saatavissa luotettavaa tietoa renkaiden kitkakertoimesta. Sen laskemiseksi tulisi selvittää normaalivoima vetävällä akselilla, joka myös vaatii ajoneuvon korkeuden tietämisen. Syntyy siis kehälaskelma, johon ei ole ratkaisua.

Tästä johtuen käytetään laskennassa arvioita. Ajoneuvon ikä huomioon ottaen,

arvioidaan massakeskipisteen korkeudeksi 0,6 m, joka on noin vaihdekepin pään korkeudella. Tämä tullaan myöhemmin tarkastamaan mittaamalla.

6.2 Ajovastukset

Ajoneuvon liikevastuksia on useita, mutta tässä työssä käytetään kolmea päävastusvoimaa. Nämä ovat ilmanvastus F_a , vierintä vastus F_r , ja nousuvastus F_h . Kiihdytysvastus F_k :ta käytetään nimensä mukaisesti kiihdytystilanteissa. Näitä käytetään muokkaamattoman ja muutetun ajoneuvon suorituskyvyn arvioinnissa. Kaikki ajovastusvoimat F_{ajov} muuttuvat ajovastustehoksi P_{ajov} , kun ne kerrotaan ajoneuvon kulkunopeudella v .

On huomattava, että ajovastuksille on useita merkintä tapoja ja ne vaihtelevat eri lähteen mukaan.

Ajoneuvon voimansiirtohäviöt vievät osan ajoneuvoa liikuttavasta tehosta. Hyötysuhteen η , arvioidaan olevan 0,9 (36, s. 382) Pyöriltä saatava teho tulee olla sama kuin ajovastusteho, jotta ajonopeus ei hidastuisi. Edellä mainitut voidaan laskea vakionopeudelle kaavojen 29 ja 30 mukaan. (65, s. 3–4)

$$F_{ajov} = F_r + F_h + F_a + F_k = F_T \quad \text{KAAVA 29}$$

F_{ajov} = kokonais ajovastusvoima (N)

F_r = vierintävästusvoima (N)

F_h = nousuvastusvoima (N)

F_a = ilmanvastusvoima (N)

F_T = pyöriltä saatava voima (N)

F_k = kiihdytysvastusvoima (N)

$$F_{ajov} * v = P_{DR} = P_r + P_h + P_a = P_T \quad \text{KAAVA 30}$$

P_{ajov} = kokonais ajovastusteho (W)

P_r = vierintävästusteho (W)

P_h = nousuvastusteho (W)

P_a = ilmanvastusteho (W)

v = ajoneuvon kulkunopeus (m/s)

P_T = pyöriltä saatava teho(W)

6.2.1 Vierintävastus

Vierintävastusvoima F_r koostuu kaava 31 mukaan seuraavista komponenteista (65, s. 3).

$$F_r = f_r G \cos \alpha \quad \text{KAAVA 31}$$

f_r = nimellisvierintävastus kerroin

$G = m \cdot g$, missä m = ajoneuvon kokonaismassa (N)

α = tien nousukulma ajosuunnassa ($^\circ$)

Tässä harjoitustyössä käytetään Stuttgartin Teknillisen instituutin esittämää laskenta metodia vierintävastuskertoimelle. Kaava perustuu renkaiden ilmapaineen ja nopeuden funktioille. Kaavalla 32 (56, s.15) voidaan laskea kuvan 19 lähtöarvojen mukaan.

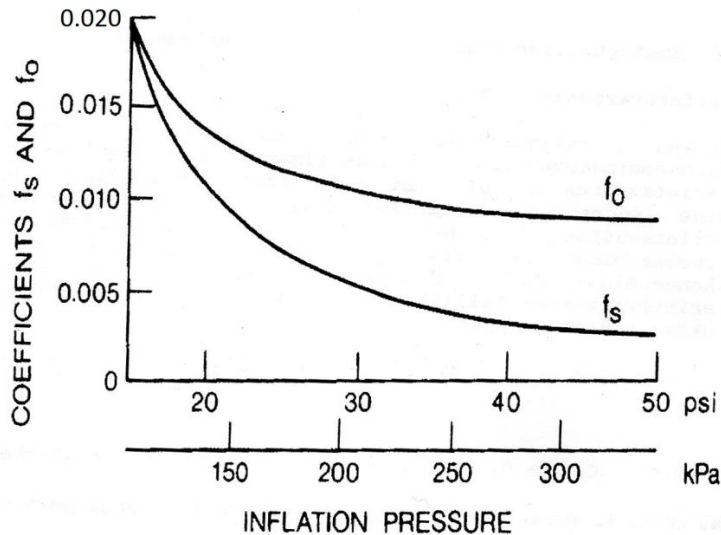
$$f_r = f_0 + f_s (v/100)^{2.5} \quad \text{KAAVA 32}$$

f_0 = vakio

f_s = nopeudesta riippuva vakio

v = ajoneuvon nopeus mailia tunnissa (mph)

Nopeus voidaan kääntää kilometreistä maileihin yksinkertaisesti jakamalla se 1,61:llä. Tällä metodilla halutaan lisää tarkkuutta ilmanvastuskertoimen laskentaan. Renkaiden vierintävastus kasvaa nopeuden kasvaessa, joten tällä menetelmällä päästään tarkempaan lopputulokseen staattisten arvojen käyttöön verrattuna.



KUVA 19. Vierintävastuskertoimet ilmapaineen funktiona (65, s.16)

6.2.2 Nousuvastus

Kaikessa yksinkertaisuudessaan nousuvastus F_h lasketaan kaavalla 33 (65, s, 3).

$$F_h = G \sin \alpha$$

KAAVA 33

6.2.3 Ilmanvastuskerroin

Esimerkkiautoon ei ole saatavissa kuin arvioita ilmanvastuskertoimesta. Kertoimen määrittämiseksi tulee ensin selvittää muiden ajovastus voimien osuudet. Ilmanvastusvoima F_a , lasketaan kaavasta 34 (65, s, 3; 67, s.8).

$$F_a = 0,5 \rho * c_w * A v^2$$

KAAVA 34

ρ = ilman tiheys (kg/m^3)

c_w = ilmanvastuskerroin

A = korin suurin poikkileikkausala ajosuuntaa vastaan kohtisuorassa tasossa (m^2)

v = ajoneuvon nopeus (m/s)

Poikkileikkauksen pinta-ala voidaan arvioida kaavalla 35 (36, s. 378)

$$0,9 * \text{raideväli} * \text{korkeus}$$

KAAVA 35

Ajovastusvoimat voidaan nyt muuntaa kokonaisajovastustehoksi, kaavasta 36 seuraavasti.

$$P_{ajov} = P_r + P_h + P_a \quad \text{KAAVA 36}$$

6.2.4 Kiihdytysvastus

Kiihdytysvastusvoimat eli hitausmassat ovat ajoneuvon pyörivien osien massojen ja ajoneuvon massan kiihdyttämiseen hukkuvaa tehoa.

Kiihdytysvastus lasketaan kaavalla 37 (67, s.17).

$$F_k = \psi m a \quad \text{KAAVA 37}$$

ψ = hitauskerroin

m = ajoneuvon massa (kg)

a = kiihtyvyys (m/s²)

Hitaus kertoimella kerrottu massa tunnetaan nimellä reduoitu massa. Jokaisen pyörivän osan hitausmomentin laskenta ei ole järkevää, eikä tällä hetkellä mahdollista. Kunhan tiedetään vaihteiston välitykset, niin voidaan käyttää saatavissa olevaa kaavaa 38 (65, s. 45) ja kuvaa 20. Esimerkki ajoneuvon tapauksessa arvioidaan ensimmäisen vaihteen hitauskerroimeksi 1.43, kun seurataan kuvassa 20 näkyvän tummennetun alueen keskiarvoa. Todellinen hitauskerroin tutkitaan myöhemmin. Myös muiden vaihteiden hitauskerroin on mitattu samasta kohdasta. Saatuja arvoja verrataan myöhemmin mittaus tuloksiin.

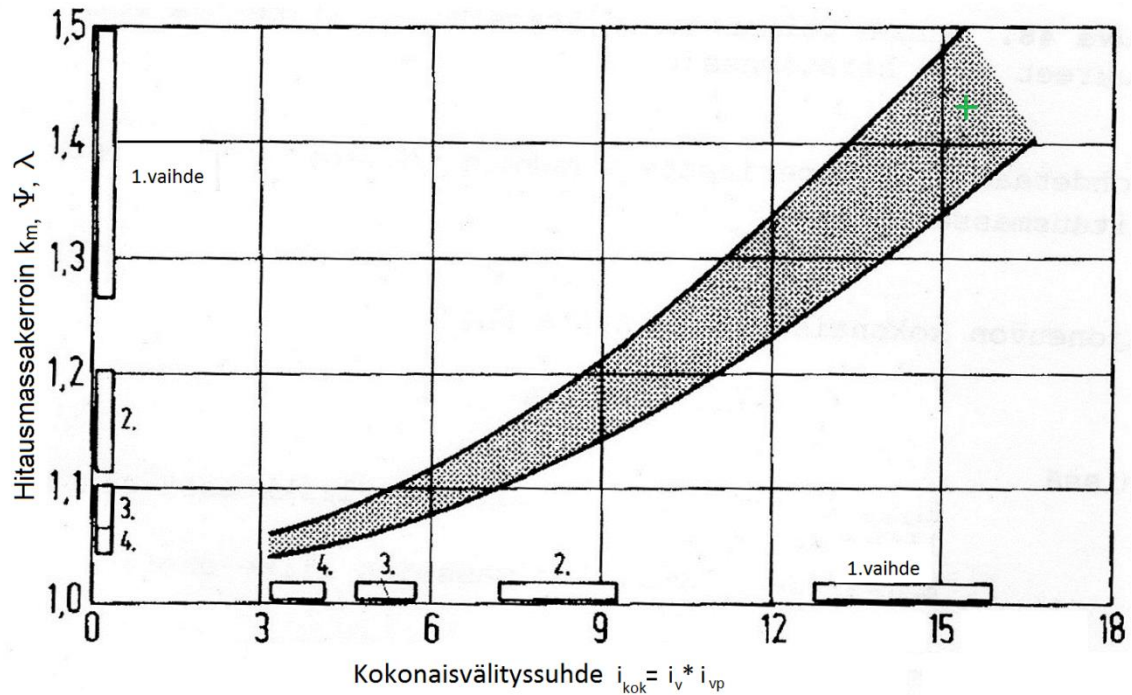
$$i_{kok} = i_1 * i_{vp} \rightarrow \quad \text{KAAVA 38}$$

$$3,764 * 4,11 \approx 15,47 \rightarrow \text{Kuvaja 2} \rightarrow k_m \approx 1,43$$

i_{kok} = kokonaisvälityssuhde

i_1 = 1.vaihteen välityssuhde

i_{vp} = vetopyörästäön välityssuhde



KUVA 20. Henkilöauton voimansiirtojärjestelmän hitauskertoimen määrittäminen eri vaihteille kokonaisväliytysuhteen funktiona (65, s.46)

6.3 Vetävien pyörien voimantuotto

Pyöriltä saatava voima voidaan laskea joko kaavalla 39 tai 40. (36, s. 382)

$$F_T = \frac{P \cdot \eta}{v}$$

KAAVA 39

P = moottoriteho (W)

η = voimansiirron hyötysuhde

v = ajoneuvon kulkunopeus (m/s)

$$F_T = \frac{M \cdot i_{kok}}{r_d} \cdot \eta_{vs}$$

KAAVA 40

M = moottorin vääntömomentti (Nm)

i_{kok} = kokonaisväliytysuhde

r_d = dynaaminen vierintäsäde(m)

η_{vs} = voimansiirron hyötysuhde (%)

6.4 Moottorien ominaisuudet

Moottorien välisessä vertailussa tutkitaan niiden tehoa, vääntöä ja kulutusta sekä niiden suhdetta toisiinsa. Moottorien hyvyttä vertaillaan litratehon ja tehollisen keskipaineen avulla. Tehollinen keskipaine p on yksi moottorin kehittyneisyyden indikaattori. Se voidaan laskea kaavalla 41 (36, s.458). Tilavuus teho saadaan jakamalla moottoriteho iskuutilavuudella.

$$p = \frac{2 * P}{V_H * n} \quad \text{KAAVA 41}$$

P = moottoriteho (kW)

V_H = moottorin iskuutilavuus (dm³)

n = moottorinpyörintänopeus (1/min)

Ajoneuvon matkakulutusta vertaillaan ajovastusten suhteen, jolloin saadaan hahmotettua moottorin ominaiskulutus arvoja eri nopeuksille. Tähän voidaan käyttää kaavaa 42 (65, s.41). Suomessa saatavan 98E5 bensiiniseoksen tiheys on $\approx 0,75$ kg/dm³ (68, s.10, 28). Edellä mainittua arvoa käytetään kaikissa tämän opinnäytetyön laskuissa.

$$b_e = \frac{\frac{V_f}{100km} * 3,6 * 10 * \eta_{vs} * \rho_f}{P_{eff}} \quad \text{KAAVA 42}$$

b_e = moottorin ominaiskulutus (g/kWh)

V_f = polttoaineen kulutus (l)

P_{eff} = moottorin nettoteho kampiakselilta (kW)

η_{vs} = voimansiirron hyötysuhde

ρ_f = polttoaineen tiheys (kg/m³)

6.5 Jarrumekaniikka

Moottorin tehonnosto vaatii jarrulaitteiston päivittämistä tehoa vastaaviin. Auton hidastuvuus saadaan, kun molempien akseleiden jarruvoimat jaetaan ajoneuvon massalla (69, s.17). Jarrutus laskuissa ei oteta huomioon ajovastusten määrää, koska nyt halutaan vain yksinkertainen vertailu eri

mekaanisten ratkaisujen välillä.

$$a = \frac{B_1 + B_2}{m} = \frac{B}{m}$$

KAAVA 43

a = hidastuvuus, negatiivinen kiihtyvyys (m/s^2)

B_1 = etuakselin jarruvoima (N)

B_2 = taka-akselin jarruvoima (N)

m = ajoneuvon massa (kg)

Seuraavissa osioissa käydään läpi perusperiaatteet jarruvoiman synnystä ja sen tasapainotuksesta etu- ja taka-akseleille. Kuvassa 19 havainnollistetaan koko jarrujärjestelmän mekaaninen toiminta. Vaikka kuva sisältää huomattavan osan käytettävistä kaavoista, on näiden avaaminen yksitellen kuitenkin olennaista.

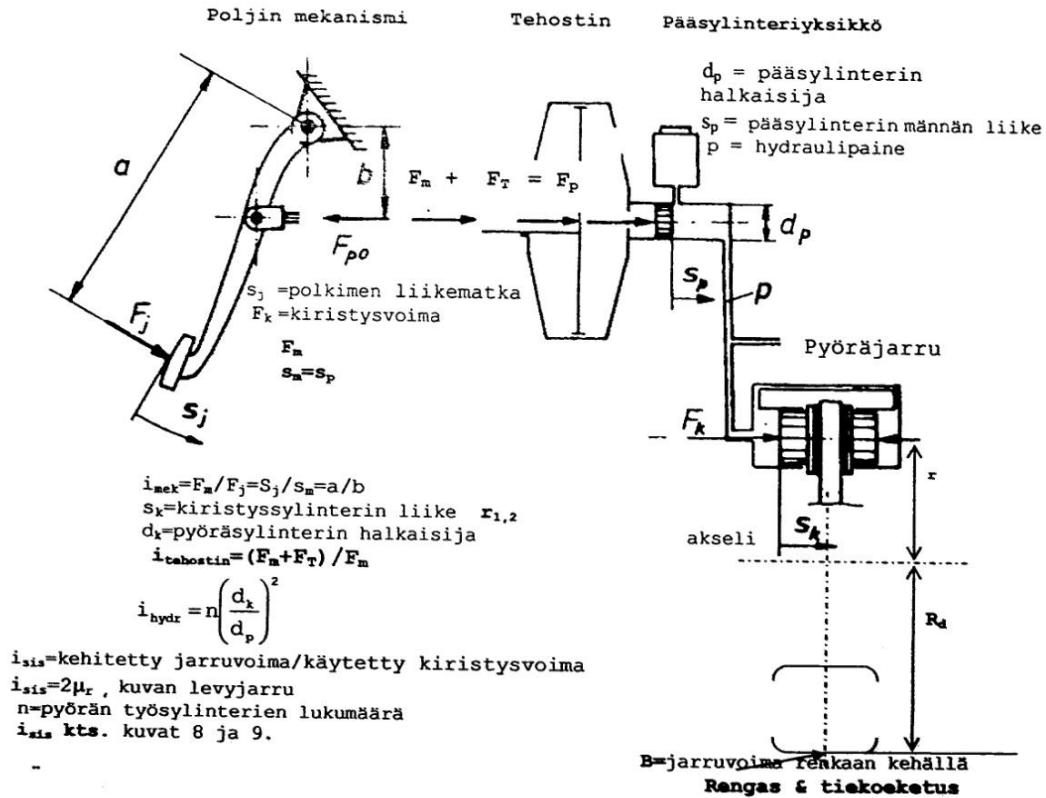
Kokonaisjarruvoiman B määrä, suhteessa ajoneuvon massavoimaan G tunnetaan nimellä jarrusuhde z , kuten kaavassa 44 esitetään (69 s.31). Jarru suhteen tulisi olla samanarvoinen kuin ideaalisella jarruvoimajaolla on kitkavaatimus, jolloin $\mu_1 = \mu_2 = z$. Jarrujen kitkavaatimus lasketaan kaavalla 45 kun tiedetään akseleihin kohdistuva dynaaminen kuormitus $N_{1,2}$ ja vaikuttava jarruvoima $B_{1,2}$.

$$z = \frac{B}{G}$$

KAAVA 44

$$\mu_{1,2} = \frac{B_{1,2}}{N_{1,2}}$$

KAAVA 45



KUVA 19. Henkilöauton hydraulisen jarrujärjestelmän voimansiirto jarrupolkimelta pyörälle (69, s.16)

6.5.1 Jarruvoiman synty

Jarruvoimat voidaan laskea kaavalla 46, kunhan ensin lasketaan jarrujärjestelmän välityssuhteet etu- ja taka-akselille kaavalla 47. (69, s.17)

$$B_{1,2} = i_{1,2} * F_j \quad \text{KAAVA 46}$$

$B_{1,2}$ = jarruvoima (N)

$i_{1,2}$ = jarrujärjestelmän välityssuhde, etuakseli, taka-akseli ()

F_j = Poljinvoima, jalan polkaisuvoima (N)

$$i_{1,2} = \eta * i_{mek} * i_{tehos} * i_{hydr} * i_{sis} * \frac{r}{r_d} \quad \text{KAAVA 47}$$

$i_{1,2}$ = jarruvoiman välityssuhde

η = mekaaninen hyötysuhde

i_{mek} = jarrupoljin mekanismin välityssuhde

i_{tehos} = tehostajan välityssuhde

i_{hydr} = hydraulijärjestelmän välityssuhde

i_{sis} = jarrukiristimen sisäinen välityssuhde

r = jarruvoiman tehollinen säde (m)

r_d = dynaaminen vierintäsäde (m)

Komponentti tasolla välityssuhteet lasketaan kaavoilla 48–51 seuraavasti(69, s.16)

$$i_{mek} = \frac{a}{b} = \frac{s_j}{s_m} = \frac{F_m}{F_j} \quad \text{KAAVA 48}$$

a = poljinpinnan etäisyys jarrupolkimen akselin kiinnityspisteestä (m)

b = pääjarrusylinterille menevän liitoskohdan etäisyys jarrupolkimen akselin kiinnityspisteestä (m)

s_j = polkimen liike (m)

s_p = pääsylinterin männänliike (m)

F_j = Poljinvoima, jalan polkaisuvoima (N)

F_m = pääjarrusylinterin akselille kohdistuva voima ennen jarrutehostinta (N)

Jarrutehostimen välityssuhde saadaan kaavalla 49. Jarrutehostimen voimakerron (englanniksi boost factor tai ratio), eli välityssuhde voi löytyä valmistajan internet sivuilta. Yleensä vaatii tiedustelua valmistajalta vanhempien mallien kohdalla.

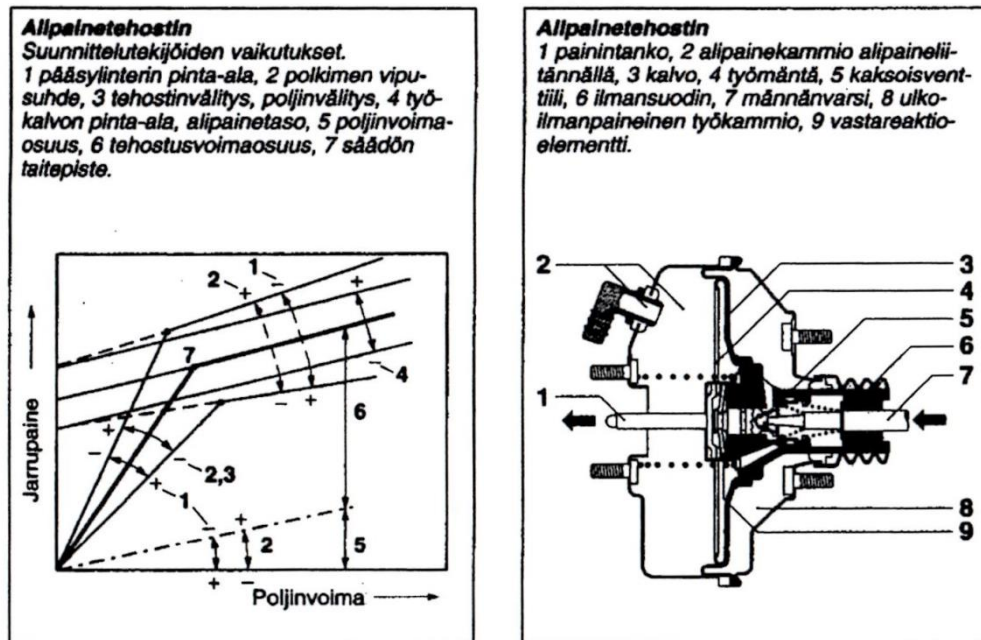
$$i_{tehostin} = \frac{(F_m + F_t)}{F_m} \quad \text{KAAVA 49}$$

F_m = pääjarrusylinterin akselille kohdistuva voima ennen jarrutehostinta (N)

F_t = jarrutehostimen antama voimalisä (N)

Kuvassa 20 havainnollistetaan jarrutehostajan toimintaa ja rakennetta. Kuten voidaan huomata, tehostajan vahvistus kerroin kasvaa alkuun jyrkästi

poljinvoiman mukaan taitepisteeseen asti. Tästä eteenpäin jarruvoima kasvaa täysin tehostettuna poljinvoiman suhteessa. Jarrutehostimella saadaan poljinvoiman tarvetta vähennettyä huomattavasti.



KUVA 20. Jarrutehostajan toiminta ja rakenne (36, s.719)

Hydraulinen välityssuhde lasketaan kaavalla 50.

$$i_{hydr} = n \left(\frac{d_k}{d_p} \right)^2$$

KAAVA 50

n = pyörän työsylinterien lukumäärä ()

d_k = pyörän jarrusylinterien halkaisija(mm)

d_p = pääjarrusylinterin halkaisija(mm)

Sisäinen välityssuhde määräytyy pyörän jarrujärjestelmän rakenteen mukaan.

Kun kyseessä on levyjarru, se voidaan laskea kaavalla 51.

$$i_{sis} = 2\mu_r$$

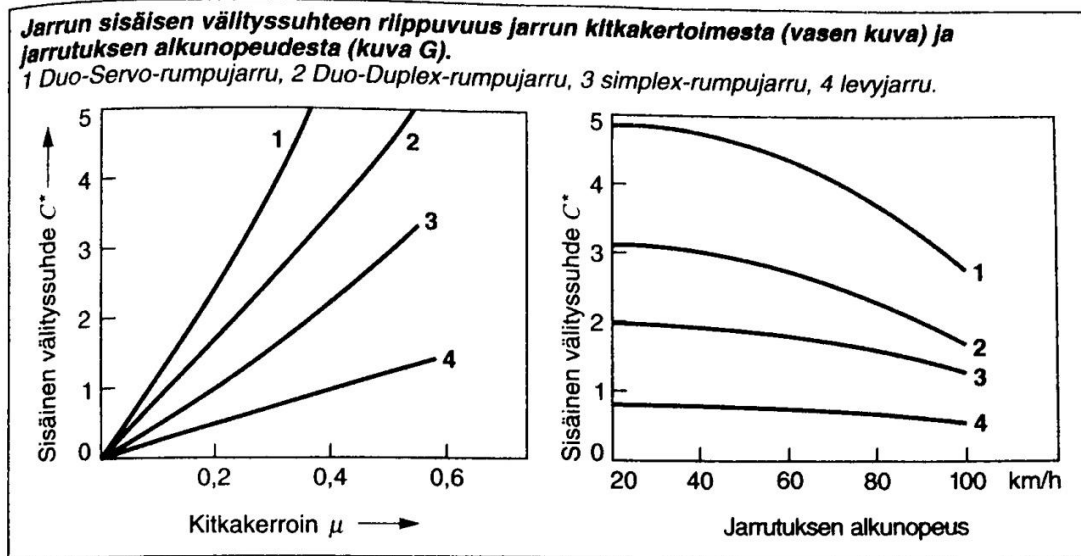
KAAVA 51

μ_r = jarrupalojen kitkakerroin

Rumpujarrujen sisäisestä välityssuhteesta käytetään myös merkintää C^* .

Esimerkki ajoneuvossa käytettävän simplex-nivelkenkä-tyyppin rumpujarrun i_{sis} riippuu lähtönopeudesta ja jarrukenkien kitkakertoimesta. Yleisesti laskennassa käytettävä arvo sille on noin 2, kun $\mu=0,38$. (36, s.743)

Jarrukenkien kitkakerroin on kummankin kengän kitkakertoimen summa. Simplex tyyppin rumpujarrujen toinen kenkä on tehostava ja toinen tehostamaton, joten näiden kitkamateriaalien paksuus eroaa. Kuva 21 selventää kenkien ja niiden kitkakertoimen määräytymisen tekijöitä. Levyjarrujen hyötysuhde on 0,85–0,9 ja rumpujarrujen 0,65–0,85. Tätä ei perusmitoitus laskennassa yleensä huomioida. (69)



Simplex-rumpujarrut (kuva H).

Rakennetyyppi	Nivelkenkä	Levitinkiila	S-nokka
Periaatekuva			
Välityssuhde	$C^* = C_1 + C_2$		$C^* = 4/(1/C_1 + 1/C_2)$
Jarrukengät	1 tehostava, 2 laahaava kenkä		

KUVA 21. Rumpujarrujen kitkakertoimen riippuvuus tekijät (36, s.743).

6.5.2 Kokonaisjarruvoiman jakaminen akseleille

Kun on saatu selville jarrujen kokonaisvälityssuhteet kummallekin akselille, voidaan ne jakaa keskenään, jolloin saadaan selville rakennevakio k_r . (69, s.35)

$$k_r = \frac{i_1}{i_2}$$

KAAVA 52

Rakennevakion tulisi olla enemmän kuin 1, jolloin jarrut olisivat etupainoiset. Jarruttaessa ajoneuvon massa liikkuu etuakselia kohden ja samalla taka-akseli kevenee. Tämä tarkoittaa myös sitä, että ajoneuvon taka-akselin jarrujen tulisi vähentää jarruvoimaansa, sen mukaan kuinka paljon painoa siirtyy. Painonsiirron voimakkuus etu ja taka-akselille saadaan kaavoilla 53 ja 54 (69, s.32). Ylämäessä vaikuttavat voimat lisääntyvät taka-akselilla ja vähentyvät etu-akselilla ja päinvastoin. Akseleille kohdistuva voima tunnetaan dynaamisena akselikuormituksena.

$$N_1 = (1 - \varphi_x)G \cos \alpha \mp \varphi G \sin \alpha \mp \varphi z G$$

KAAVA 53

$$N_2 = \varphi_x G \cos \alpha \mp \varphi G \sin \alpha - \varphi z G$$

KAAVA 54

jossa,

$$\varphi_x = \frac{m_2}{m} = \frac{L_1}{L} = L_1 = \varphi_x L$$

$$1 - \varphi_x = \frac{m_1}{m} = \frac{L_2}{L} = (1 - \varphi_x) L$$

$$\varphi = \frac{h}{L}$$

$$z = \frac{a}{g}$$

N_1 = etuakselille kohdistuva dynaaminen kuormitus (N)

N_2 = taka-akselille kohdistuva dynaaminen kuormitus (N)

φ_x = painojakauma (%)

m = ajoneuvon massa (kg)

m_2 = etuakselille kohdistuva massa (kg)

m_1 = taka-akselille kohdistuva massa (kg)

$G = m \cdot g$, missä m = ajoneuvon kokonaismassa (N)

h = massakeskipisteen korkeus (m)

L = Ajoneuvon akseliväli (m)

L_1 = etuakselin etäisyys massakeskipisteestä (m)

L_2 = taka-akselin etäisyys massakeskipisteestä (m)

φ = painopisteen momenttikerroin akselivälin suhteen

z = kiihdytysparametri, ei saa sekoittaa jarrutussuhteeseen

g = maan vetovoiman kiihtyvyys vakio ($9,81\text{m/s}^2$)

Tasaisella tienpinnalla, voidaan ajoalustan kallistuma α poistaa yhtälöistä, jolloin jää jäljelle kaavat 55 ja 56.

$$N_1 = (1 - \varphi_x)G + \varphi z G$$

KAAVA 55

$$N_2 = \varphi_x G - \varphi z G$$

KAAVA 56

7 KOHDEAJONEUVO ALKUPERÄISKUNNOSSA

Informaation selkolukuisuuden helpottamiseksi, tullaan suureiden nimet, merkit, arvot ja yksiköt luettelemaan taulukoihin. Opinnäytetyöhön kuuluva Excel tiedostot sisältää myös informaatiota laskutavoista ja käytetyistä osista. Tiedostot on tarkoitettu harrastajien käyttöön ja ne ovat saatavissa opinnäytetyön valmistumisen jälkeen BTCF-foorumilta. Lähteinä on pyritty käyttämään vain ensikäden lähteitä.

7.1 Kohdeajoneuvon taustoja

Työkohde on huhtikuussa 1975 valmistunut BMW 1502 (32). 1502 on viimeinen arvostetun 02-sarjan edustaja. Sarja tunnetaan myös nimellä E114 (32; 70, s.20). Teknisenä vertailuautona käytetään BMW 2002 mallia, joka kuuluu samaan E114-suunnittelu sarjaan. 1502:sta valmistettiin vuosina 1975–1977 (70, s.120), jonka jälkeen sen korvasi E21-tyyppinimellä kulkevat 3-sarjalaiset (70, s.78–89).

7.2 Korirakenne

Kori on tyypiltään itsekantava ja on 1502 ja 2002 malleissa lähes identtinen mitoitukseltaan(70, s.127,132; 71, s.171). Tärkeimmät eroavaisuudet on lueteltuna taulukkoon 1. Ajoneuvon päämitat ja massat on esitettyinä taulukoissa 2 ja 3 ja matkustajatilat kuvassa 22.

TAULUKKO 1. BMW 1502 ja 2002 väliset erot (55, s 56; 56, s. 81; 70 s.170–171)

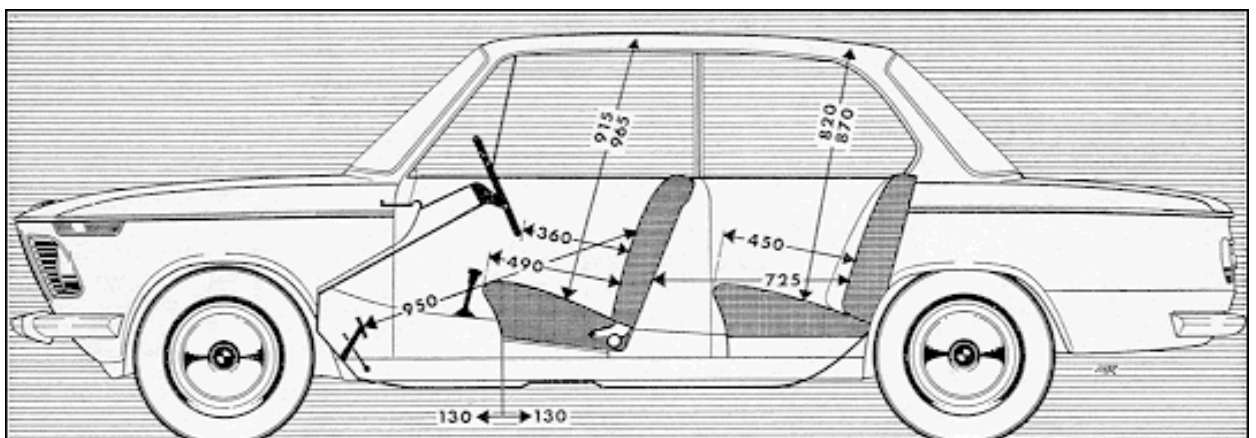
EROT	BMW1502	BMW 2002
Iskutilavuus (cm ³)	1573	1990
Teho (kW)	55.4	73.6
Vääntö (Nm)	120	160
Vetopyörästön välityssuhde	4.11	3.63
Vakaajatangot e/t (mm)	-	16/16

TAULUKKO 2: BMW 1502 korin päämitat (55, s.63)

Mitat	(m)
Kokonaispituus	4.230
Kokonais leveys	1.590
Korkeus (kuormaamaton)	1.410
Akseliväli	2.500
Maavara (kuormattu)	0.160
Etu-jättö	0.720
Taka-jättö	1.010
Etu-akselin raideleveys	1.348
Taka-akselin raideleveys	1.348

TAULUKKO 3. BMW 1502 massat. (55, s63)

Massat	(kg)
Omamassa	980
Kokonais massa	1380
Suurin sallittu akselikuorma, edessä	670
Suurin sallittu akselikuorma, takana	740
Suurin sallittu perävaunun massa	
Ilman jarruja	500
Jarruilla	
12 % Nousuun asti	1200
16 % Nousuun asti	600
Suurin sallittu kattokuorma	75



KUVA 22. BMW 1502 matkustustilat. (55, s. 64)

Painojakaumalle löytyi useita mielipiteitä ja arvioita, mutta tutkimisen jälkeen löytyi useita lähteitä, joissa jakauma arvioitiin tai mitattiin olevan 55–54 % edessä ja 46–45 %. Tämän perusteella uskotaan jakauman olevan melko

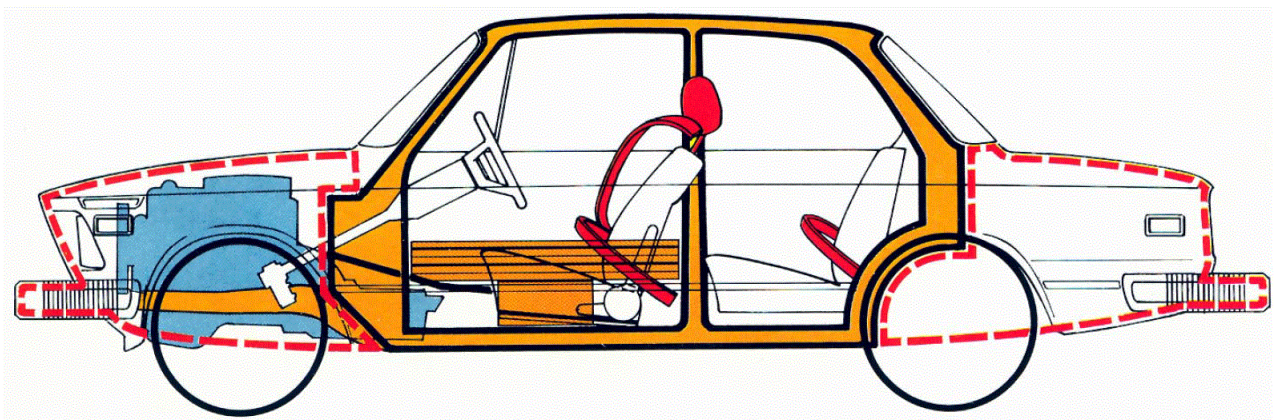
lähellä 54,5 % etuakselilla. ja 45,5 % taka-akselilla. (72; 73; 74)

Ajoneuvolle löytyi myös pitkän etsimisen jälkeen ilmanvastuskerroin. 80-luvulla oli harrastaja saanut mahdollisuuden testata 2002Tii-malliaan tuulitunnelissa ja siellä tulokseksi oli saatu ilmanvastuskertoimelle arvoksi 0,42 (75, s.1).

02-sarjan ajoneuvoissa oli jo aloitettu matkustaja turvallisuuden kehittäminen (70, s. 80). Passiivisen turvallisuuden tekijöitä 02-sarjalaisissa ovat nämä:

- 3-piste turvavyöt etuistuimilla
- niskatuet etuistuimilla
- ohjauspyörän periksi antava rakenne
- törmäystä vaimentavat kokoon taipuvat vyöhykkeet keulassa ja perässä
- jäykkä matkustajia suojaava kehikko
- ovien vahvisteet.

Kuvassa 23 on Yhdysvaltojen markkinoille tarkoitettu 2002 malli, joka eroaa eurooppalaisesta korinsa puolesta vain puskureiltaan.



KUVA 23. BMW 02-sarjan passiivisen turvallisuuden osa-alueet (76, s. 3)

7.3 Alustarakenne

Alustassa etuakseli on tyypiltään joustintukiakselisto (McPherson) ja taka-akseli on tyypiltään vinoheiluri (semi trailing link). Tämä on kokoonpano antaa ajo-ominaisuuksien muuntelulle hyvät mahdollisuudet. Molemmilla akseleilla on oma apurunkonsa. (42, s.90)

7.4 Jarrut

Etuakselilla on jäähdyttämättömät jarrulevyt kiinteillä 2-mäntäisillä satuloilla. Taka-akselilla on simplex-tyyppin rumpujarrut. Jarrujärjestelmä on tehostettu 7" halkaisijalla olevalla alipainetoimisella tehostajalla. Jarrujärjestelmä on 2-piirinen HT-tyyppin jaolla, jossa ensimmäinen piiri jarruttaa etu- ja taka-akselia ja toinen vain etuakselia. Mekaaniset erot verrattuna BMW 2002 malliin on esillä taulukossa 4. Optimaalisessa tilanteessa jarrujärjestelmä mainostetaan kykenevän 8m/s^2 hidastuvuuteen, kuten kuvassa 24 on esitetty.

TAULUKKO 4. 1502- ja 2002-mallien jarrujen päämitoitus arvot (71, s. 124 - 125)

Jarrut	1502		2002	
	Edessä	Takana	Etuakseli	Takana
Tyyppi	levy	rumpu	Levy	rumpu
Halkaisija Ø (mm)	240	230	240	230
Jarrusylinterin/sylinterien Ø (mm)	48	15.87	38	17.46
Sylinterien määrä	2	2	4	2
Pääjarrusylinteri Ø (mm)	20.64		20.64	

BREMSEN

Fußbremse (Zweikreis-System)

Hydraulische Vierradbremse mit Bremskraftverstärker.
Tandem-Hauptzylinder \varnothing 20,64 mm

Kreis I: Vorderachse
Kreis II: Hinterachse

Ausgleichbehälter (durchsichtig) im Motorraum.

vorn

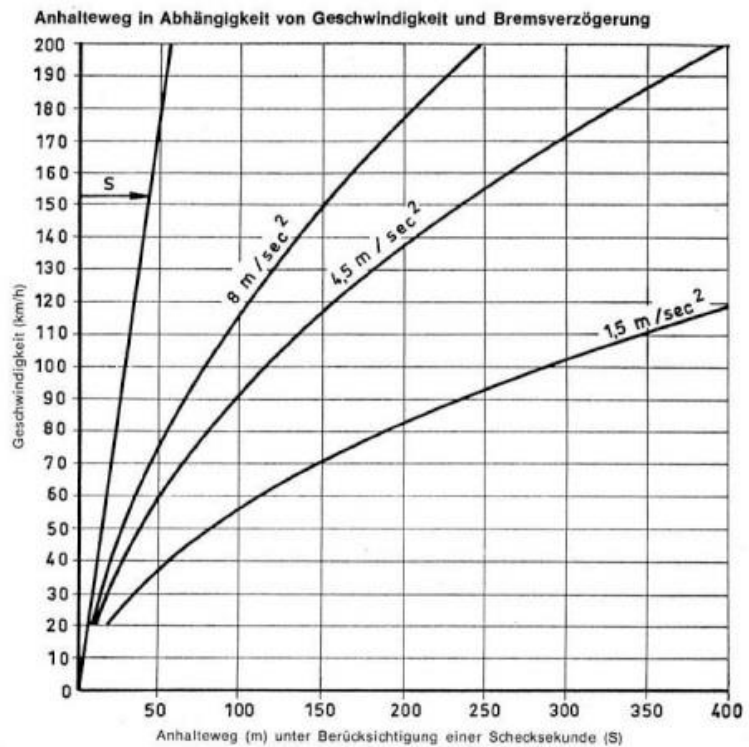
2-Kolben-Festsattel-Scheibenbremse mit automatischer Nachstellung.
Brems Scheiben \varnothing 240 mm
Kolben \varnothing 48 mm

hinten

Trommelbremse mit selbstzentrierenden Gleitbacken
Bremsstrommel \varnothing 230 mm
Radzylinder \varnothing 15,87 mm
Bremsbelagbreite 40 mm

Handbremse

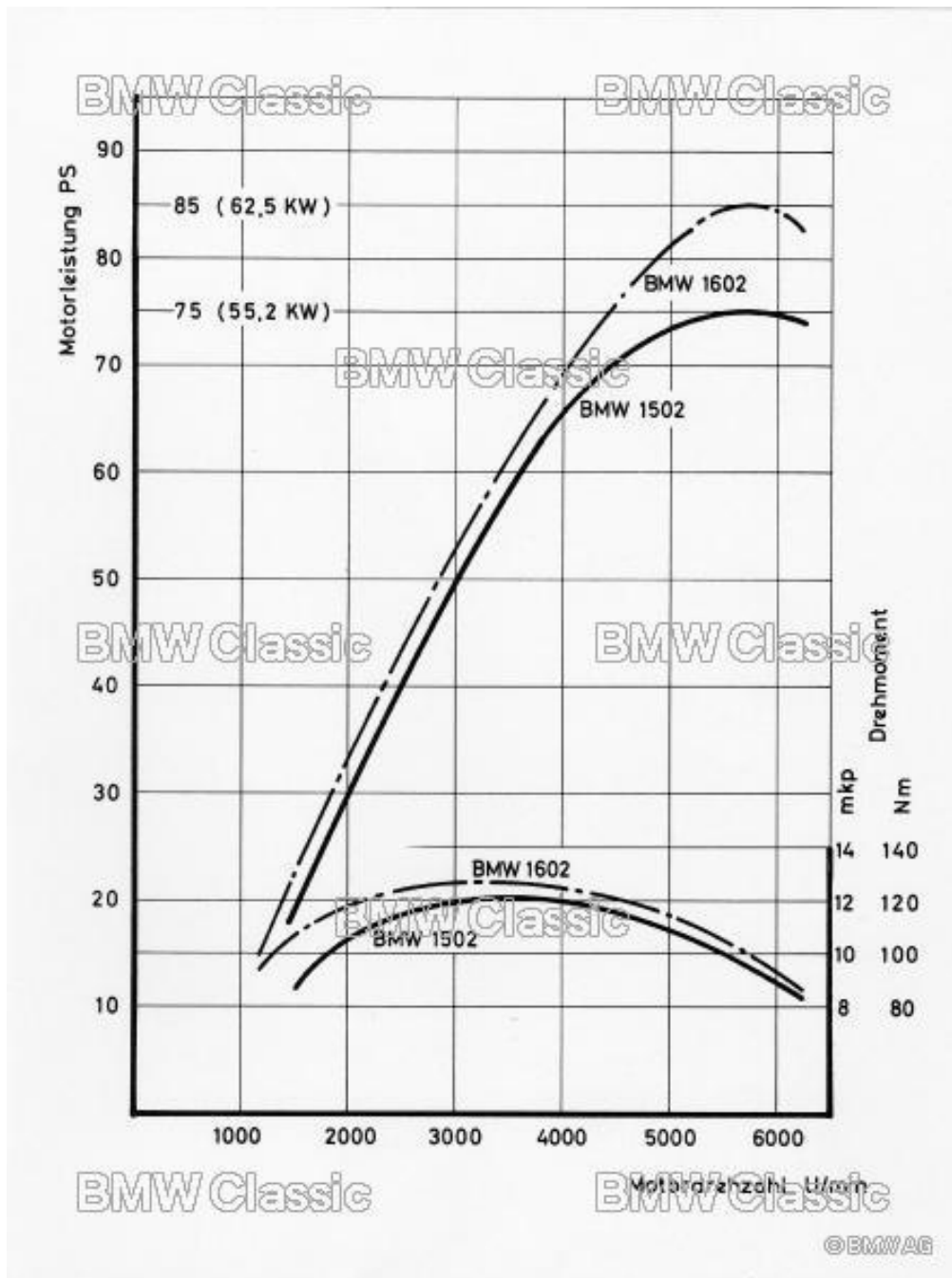
Mechanisch auf die Hinterräder wirkend. Nachstelleinrichtung am Handbremshebel unter der Gummikappe, Seilzug für jedes Hinterrad gesondert einstellbar.



KUVA 24. Jarruvoimat ja jarrutusmatkat 1s reaktioajalla optimaalinen-, keskiverto- ja jäällä pinnalla ajettaessa. (55, s.32; 77)

7.5 Moottori

Alkuperäisessä ajoneuvossa on 1,6 litrainen moottori, joka on varustettu yhdellä Solexin 38mm yksikurkkuisella pystymukaasuttimella, kärjellisellä alipaine ja jousisäätöisellä sytytysjärjestelmällä ja yhdellä sylinterikannen yläpuolisella nokka-akselilla. Palotilat ovat v-muotoisia ja venttiilejä on 2 sylinteriä kohden.



KUVA 25. BMW 1502 ja 1602 moottorien teho- ja vääntökäyrä kierrosnopeuden funktiona (77)

7.6 Suorituskyky

Auto on ikäisekseen suorituskykyinen ja on ajo-ominaisuuksiensa puolesta kehuttu vaikkei täysin samaan ylläkään kuin sisarmallinsa (70, s. 157).

Taulukossa 5 on esillä kiihtyvyydet eri nopeuksille ja suurimmat nousu- %.

TAULUKKO 5. Vakiokuntoisen 1502:sen suurin kiihtyvyys, nopeus ja nousukulmat (55, s.63)

Kiihtyvyydet eri nopeuksiin(km/h)	aika (s)
0 - 50	4,2
0 - 80	9,2
0 - 100	14,2
0 - 120	21,0
0 - 140	36,0
Seisovalla lähdöllä ajettava kilometri (s)	38
Keskinopeus seisovan km matkalla (km/h)	101
Loppu nopeus seisovan km matkalla (km/h)	141
Huippu nopeus (km/h)	155
Suurimmat nousukulmat	
1. vaihde	54 %
2. vaihde	25 %
3. vaihde	14 %
4. vaihde	9 %

8 MUUTETTAVAT KOHTEET

Valitun ajoneuvon ollessa aihio, muutokset tulee tehtyä korjaamisen sivutuotteena. Autossa on neljä osa-aluetta, jotka vaativat muutoksia ympäristöystävällisyyden, tieturvallisuuden, ajomukavuuden ja ulkonäön takia.

Muutokset tehdään seuraavasti:

- uudempaa teknologiaa edustava moottori
- tehokkaammat jarrut
- jousituksen jäykennys ja madaltaminen
- renkaat ja vanteet nykyaikaisiksi.

8.1 Taustat

Ajoneuvoa oli jo muokattu kahden edellisen omistajan toimesta. Pyöränkaaria oli levitetty sivusuunnassa mittanauhalla mitattuna 50mm/kaari. Tällöin 779/1998 § 21 mom.1 raja 100mm ei ylity. Moottori oli vaihdettu ruiskumalliseen 1,8 litraiseen, mutta ruiskutus järjestelmä oli poistettu ja tilalle laitettu kaasutin. Polttoine putket oli korvattu korkeapaine letkulla. Alkuperäiset penkit oli tärvelty, joten ne vaihdetaan uusiin taittuviin urheiluistuimiin.

Jarrut olivat erittäin jäykät, eivätkä palauttaneet jarrupainetta. Vaihdelaatikko oli muutettu alkuperäisestä poikkeavaksi ja se tunnistettiin sarjanumerostaan Getrag 240:ksi. Renkaat olivat kokoa 195/60R15 ja vanteet 7" leveät ja ET -28

Ajoneuvo tutkittiin ja siinä huomattiin ruostevaurioita. Taka-apurunko ja joustintuet olivat pahoin vaurioituneet. Tukirakenteiden korjaaminen ei tullut kysymykseen lainsäädännön takia, joka olisi nostanut korjauksen hintaa. Ne päädyttiin hankkimaan kunnostettuina osina asiantuntija yrityksestä (78). Samalla tilattiin muita tarvikkeita ajoneuvon kunnostamiseen. Osa varaosista saatiin sukulaiselta, joilla on samankaltainen ajoneuvo purettuna.

8.2 Kori

Ajoneuvo korjataan lainmukaiseen kuntoon. Osien vaihto ja siirto korissa vaikuttaa sen painojakaumaan. Moottorien painot oli saatavissa harrastaja sivuilla (79;80), mutta vaihtoehtoisesti kerättiin tietoa myös varaosaluettelosta

(30). Kerätyn tiedon mukaan ero moottorin ja voimansiirron komponenttien yhteispainossa on kirjattu taulukkoon 6. Laskuissa käytettiin varaosaluettelon arvoja. Laskennassa on otettu huomioon öljy- ja nestetilavuudet. Myös pienempien komponenttien erot on pyritty mahdollisimman tarkasti keräämään. Kokonais painojakauman muutos ja siihen huomioitujen komponenttien osat esillä taulukossa 7. Osien siirtelyssä ja muokkaamisessa ei ole otettu huomioon niiden tarkkaa sijaintia, joka myös vaikuttaa painojakaumaan. Todellinen painojakauma tullaan mittaamaan myöhemmin.

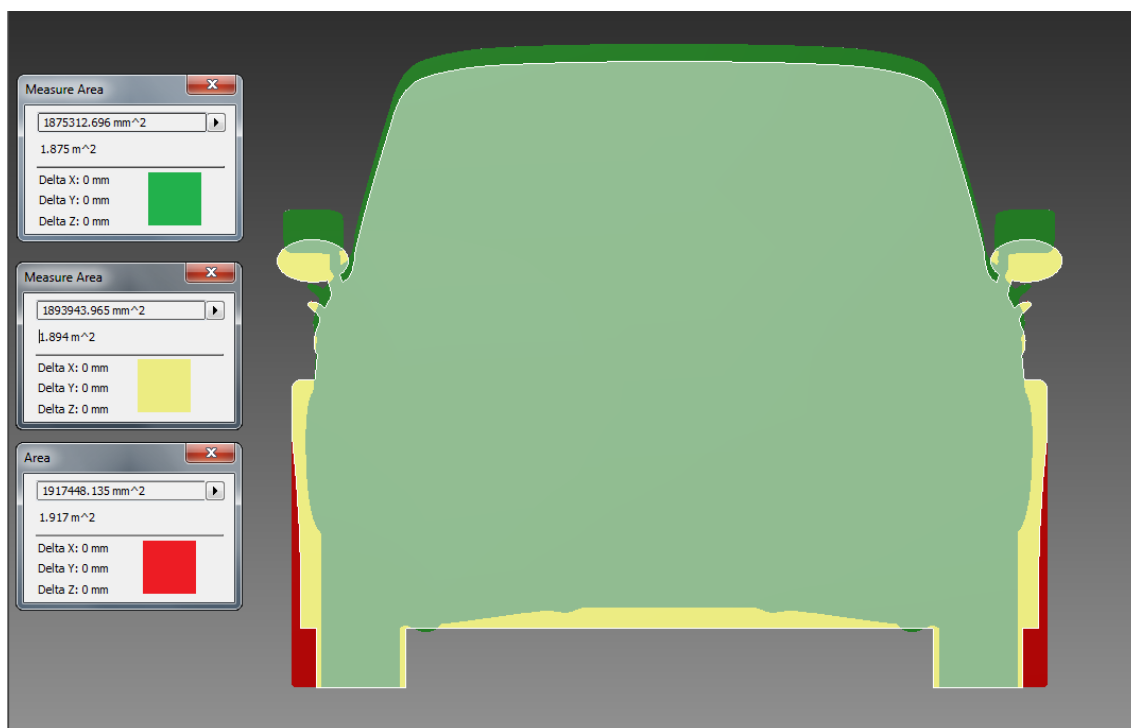
TAULUKKO 6. Moottori ja vaihdelaatikko yhdistelmän painoero lähteen mukaan

	BMW Fans	02-club
Karkea erotus kg	-1.751	8.203
Karkea erotus %	-1.06 %	+4.61 %

TAULUKKO 7. Painojakauman muutos

Painojakauman muutos massojen muutoksen mukaan				
		etuakseli	taka-akseli	suhde % m_1/m omapaino
	osa	534.10	445.9	54.5 980
Vähennykset	moottori	1.75		
	akku	16.40		
	koris	8.00	10	
Lisäykset	jarrut	3.61		
	akku		17.2	
	korisarja	4.00	5	
	pa-laitteet		2	
Uusi omamassa		515.56	460.1	52.8 975.66

Korisarja ja madallus muuttavat ajoneuvon otsapinta-alaa. Otsapinta-alan muutosta havainnollistaa kuva 26.



KUVA 26. Esimerkki ajoneuvon otsapinta-ala eri rakenne vaihtoehdoilla

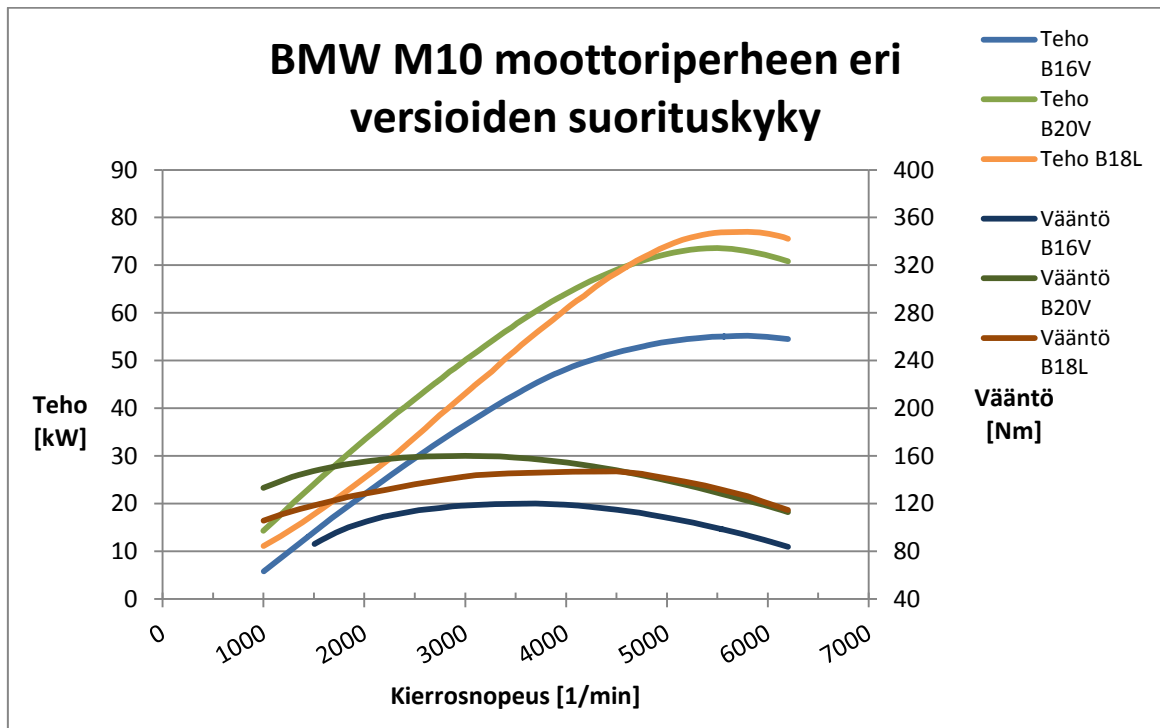
Viherällä värjätty alue kuvastaa alkuperäiskuntoista ajoneuvoa. Keltaisessa on ajokorkeus madallettu, taustapeilit vaihdettu, korisarja asennettu ja renkaat vaihdettu 195mm leveiksi. Punaiseksi värjättyssä ovat samat muutokset kuin edellä mainitussa, mutta renkaat ovat 235mm leveät. Epätarkkuus tekijänä ovat uusien taustapeilien oikeat mitat, joita ei ole saatavilla. Tarkoitus on kuitenkin vain etsiä suurpiirteisesti ääriiviivat. Myöhemmin auton valmistuttua kuvaus ja mittaus suoritetaan uudestaan tarkemmilla välineillä. Ilmanvastuskerroin jätetään teoreettisessa laskennassa alkuperäiseksi, kunnes ajoneuvoa voidaan testata käytännössä.

8.3 Moottori

Useista vaihtoehdoista päädyttiin käyttämään erään, varaosa-autona toimineen BMW 518i:n moottoria. Moottorin tunnistus numero on 184EB ja vanha tyyppitunniste M10B18L. (81 s. 9; 82). Alkuperäinen 1502:sen moottori on M10B16V ja 2002:sen moottori M10B20V. Tunniste numerosta saadaan selville moottori perhe, polttoaine tyyppi, iskutilavuus desilitroina ja seoksen muodostus menetelmä.

Valitulla moottorilla oli luotettavasti ajettu ennen irrotusta, joten se arvioitiin

olevan parempi vaihtoehto, kuin paikallaan ollut. Myöhemmin löytynyt huoltokirja ja sen merkinnät varmistivat valinnan. Budjetin ollessa rajallinen, pidetään moottori toistaiseksi muuttamattomana ja sille suoritetaan vain normaalit huoltotoimenpiteet. Moottori on täydellinen kaikkine apulaitteineen. Se kuuluu samaan M10 moottori perheeseen kuin alkuperäinen, jolloin se sopii mekaanisesti suoraan vaihtomoottoriksi alkuperäiseenkin kytkinkoteloon. Moottorien ominaisuuksia voi verrata kuvasta 27.



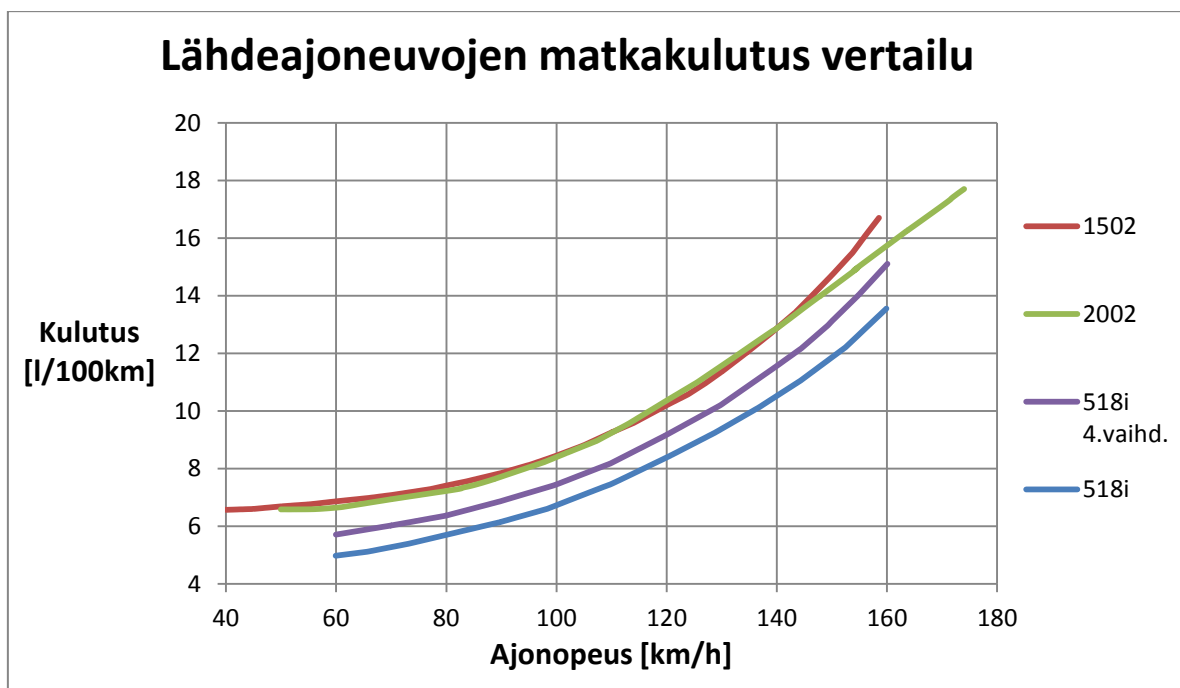
KUVA 27. Alkuperäisen, vaihdetun ja vertailu moottorin suorituskyky (53; 55, s.25; 83, s.184; 84)

2-litraisen moottorin väännön tuotto on korkea melko matalilta kierroksilta asti. Tällä kokoonpanolla ajoneuvoa olisi vielä miellyttävämpää käyttää kaupunki olosuhteissa, kuin 1,8 litraista. 1,8 litrainen on puolestaan kevyempi rakenteeltaan (32) verrattuna alkuperäiseen ja 2,0 litraiseen moottoriin.

Asennetun moottorin arvellaan antavan tehdaskunnossa 77kW@5800 1/min ja vääntö 145Nm@4500 1/min. Tämä tarkoittaa siis 39,5 % huipputehon ja 20,8 % väännön lisäystä. 2002 -maliin M10B20V moottorin asennus toisi 33,3 % väännön lisäyksen, mutta huipputeho olisi hieman pienempi. M10B18L:n arvoihin päädyttiin vertailemalla moottorin tunnistenumeron avulla tietoa

Esitronic ja *Autodata* ohjelmistoista. Käytetyssä moottorissa on hieman matalampi puristussuhde oppaassa esitettyyn 77kW versioon verrattuna (83, s. 182). Tehon ja väännön vaikutuksesta kiihtyvyyteen on eräs keskustelun aihe harrastajien keskuudessa, mutta näiden todellinen merkitys jää usein hämärän peittoon.(85)

Matkakulutukset ajoneuvoille on näkyvillä kuvassa 28. Kuvasta voidaan todeta, että 2 litrainen moottori kuluttaa yhtä paljon, ellei vähemmän kuin 1,6 litrainen. Syynä tähän on 2002 mallin pidempi välitys suhde, jolloin moottorin matala- ja keskikiertos-alueen ominaisuudet voidaan paremmin hyödyntää.



KUVA 28. Matkakulutus vertailu (55, s.25; 56, s.32; 83, s.181)

Pitää kuitenkin tiedostaa, että mainoslehtisten ja ohjekirjojen kulutuslukemat ovat saavutettavissa vain optimaalisissa olosuhteissa. Todellinen kulutus tulee aina varmentaa käytännön testeillä, koska se vaihtelee suuresti olosuhteiden mukaan.

Vaikka moottoriteknologia on mennyt eteenpäin 518i mallissa, on kulutus laskenut myös välityssuhteen muuttamisen takia. Viitettä välityssuhteiden mitoituksen arviointiin antaa nopeuskerroin, joka lasketaan kaavalla 57 (35, s. 653).

$$\varphi = \frac{(i/r_d)}{\omega_o/v_o}$$

KAAVA 57

f = Nopeuskerroin

i = Kokonaisvälitysuhde suurimmalla vaihteella

r_d = dynaaminen vierintäsäde (m)

ω_o = moottorin kulmanopeus maksimi teholla [1/rad]

v_o = huippunopeus maksimi teholla (m/s)

Jos nopeuskerroin f = 1, silloin voimansiirto on mitoitettu huippunopeuden mukaan. Jos f > 1 kiihtyvyys nousee, mutta siirrytään hyötysuhteen/kulutuksen kannalta epäedullisemmalle alueelle. Taulukossa 8 on esillä nopeuskertoimet alkuperäiskuntoisille ajoneuvoille.

TAULUKKO 8. Nopeuskertoimet tutkituille ajoneuvoille

	1502	2002	518i 4v	518i 5v
Nopeus kerroin φ	1.001626	1.002291	0.940605	0.865784

Moottorien todellinen "hyvyys" nähdään ominaiskulutuksesta, joka kertoo kuinka paljon polttoainetta kuluu tehon tuottamiseen grammoina (g/kW). Tätä voidaan suuntaa antavasti selvittää perehtymällä moottorin käyttöasteeseen ja ajovastusvoimiin kuten luvussa 6.4 esitettiin.

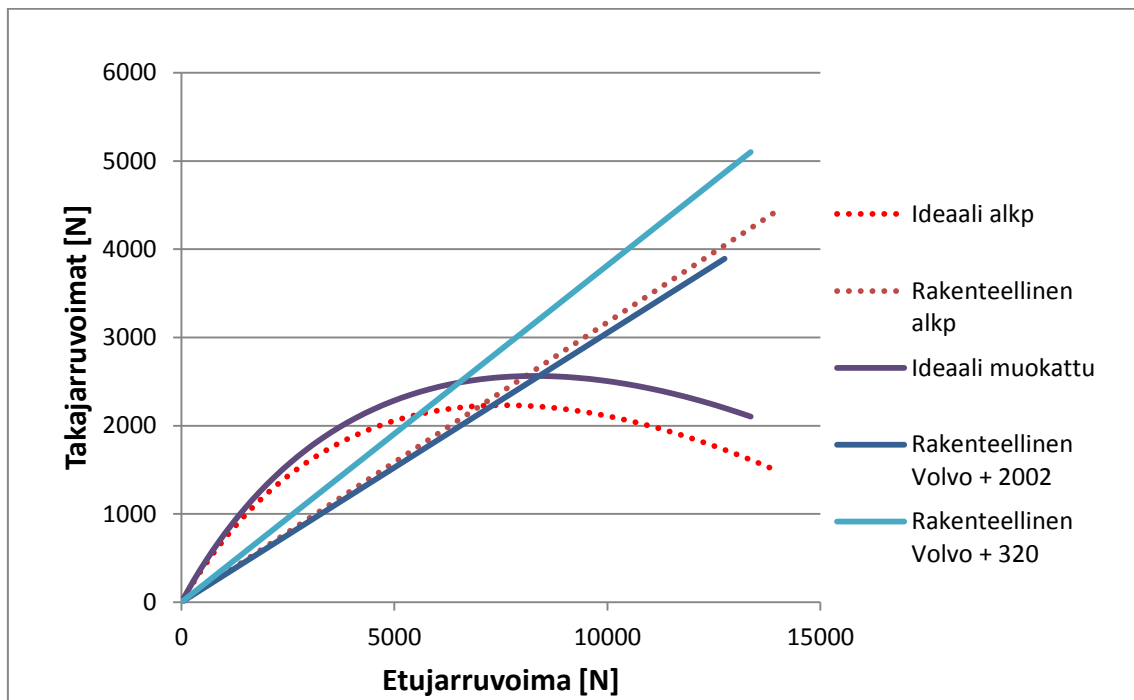
8.4 Jarrut

Jarrut päätettiin pitkän pohdinnan jälkeen muokata seuraavasti. Etuakselille asennetaan Volvo 240-sarjan Girling-jarrusatulat ja E21-korimalliin 323i:n tarkoitetut jäähdytetyt jarrulevyt. Tämän on yleinen muutos kyseisen auton harrastajien keskuudessa (86;87). Muutos vaatii E21-korisen BMW:n etunavan ja kohdistus- eli, shimmilevyjä satulalle. Jarrusatuloille asennetaan toiset jarruputket, koska jarrusatula vaatii 2 linjaa. Kyseinen muutos on tehty myös vetämällä 1 putki alkuperäiseltä pääjarrusylinteriltä ja jakamalla se kahdeksi satulan lähellä.

Pääjarrusylinteri muutetaan BMW 2002Ti/ Tii /Turbo-mallin mukaiseksi. Tällä varmistetaan jarrunesteen määrän riittävyys muuttuneelle jarrujärjestelmälle.

Toinen syy on, että poljin ei painuisi jarrutuksissa epämiellyttävän syväälle. Samalla vaihdetaan uudet jarruputket ja letkut koko jarrujärjestelmään.

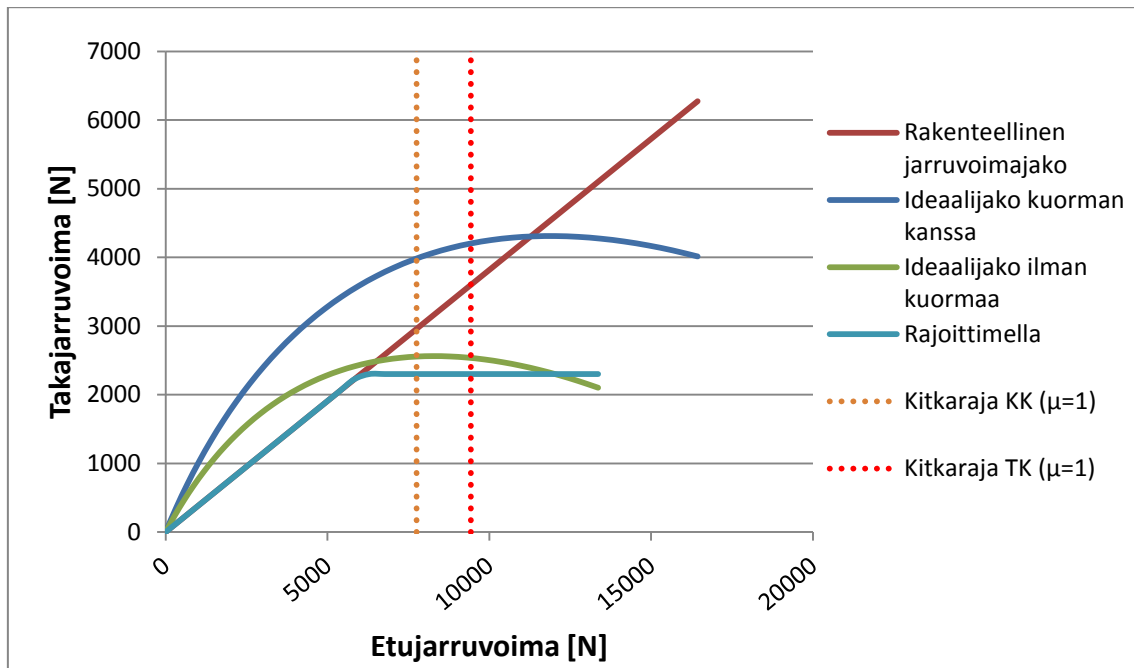
Taka-akselille oli tarkoitus asentaa 2002 mallin jarrusylinterit ja uudet hyvälaatuiset jarrukengät. Vertailun vuoksi tutkittiin myös E30 320 jarrujen mahdollisuutta. Kuvassa 29 voidaan nähdä ideaalisen ja toteutuvan jarruvoimajaon kaikilla kokoonpanoilla kun ajoneuvossa on vain kuljettaja. Jarrujärjestelmät ovat kuvaajassa ilman rajoittajia.



KUVA 29. Jarruvoimajaot eri kokoonpanoilla kuljettajan kanssa

Alkuperäisellä kokoonpanolla stabiliteetin raja saavutetaan kitkakertoimella $\mu = 0,9$. Tätä suuremmilla kitkakertoimilla etuakselin jarruttava voima nostaisi taka-akselia niin paljon ylöspäin, että taka-akselin pito tienpinnasta irtoaa ja pyörät lukkiutuu. Volvon ja 2002:sen jarrukomponenttien yhdistelmän stabiliteetti raja olisi $\mu = 1,05$. Vain erikoisvalmisteisilla kisa- ja urheilurenkailla on mahdollista saavuttaa $\mu \geq 1,0$.

Kuvassa 30 on Volvon jarrujen ja E30 320 takajarrujen yhdistelmä. Kuvassa näkyy myös suunnitellun paineenrajaus järjestelmän vaikutukset. Lyhenteet KK= kevytkuorma ja TK = täysikuorma. Laskennassa on otettu huomioon muiden ajoneuvoa koskevien muutosten vaikutus painosuhteeseen.



KUVA 30. Jarruvoimajaot eri kokoonpanoilla

Jarrujärjestelmän paine on rajoitettu taka-akselilla 55 baariin. Kaikkien eri järjestelmä vaihtoehtojen hyvyys suhteet ja stabiliteetti rajat on kerätty taulukkoon 9. Jarrujärjestelmän paine on rajapisteessä sovitettavissa saatavissa olevien komponenttien raja-arvojen kanssa (88, s.42–47). Jarruvoimat halutaan mitoittaa kevyen kuorman mukaan, koska valmiilla ajoneuvolla ajetaan pääsääntöisesti vain 2–3 hengen kuormalla.

TAULUKKO 9. Ajoneuvon stabiliteetti ja jarrujen keskiarvoinen hyvyys

	Alkuperäinen	Volvo + 2002	Volvo + 320
n kun $\mu < 0.9$	0.860	0.828	0.884
n, $\mu = z$	0.860	0.850	0.914
Stab. raja. μ	0.900	1.050	1.350

Kuormitetussa tilassa olisi hyvä jos järjestelmää ei rajoitettaisi. Rajoitettu järjestelmä kykenee vain 0,78 hyvyys arvoon kun ajoneuvo on kuormattu suurimpaan kantavuuteensa ja $\mu \leq 0.9$. Rajoittamattoman hyvyys arvo on 0,83. Alkuperäinen kokoonpano kykeni 0,77 hyvyyteen kuormattuna.

Volvon ja 320:sen jarruosien yhdistelmä näyttäisi olevan parhain ratkaisu. Jos ajoneuvolla käydään ratapäivillä parempi laatuisten renkaiden kanssa, voi stabiliteetti tulla ongelmaksi, jos renkaiden synnyttämä pito ylittää 1,35:en kitkakertoimen.

Suurin etu kyseisellä järjestelmällä on kuitenkin jäähdytys. Jarrupalojen suurempi pinta-ala ja momentin varsi mahdollistaa pienemmän piste lämpötilan jarrulevyllä kuin alkuperäinen. Jäähdytetyt jarrulevyt laskevat lämpötilaa vähentäen jarrunesteen kiehumisen riskiä ja palojen lasittumista. Jarrutuksen tehollisen vaikutuspisteen kehä, toisin ilmaistuna, jarruvoiman vaikuttava momenttivarsi on pidempi.

8.5 Alustan pyöräntuenta ja jousitus

Jouset ja iskunvaimentajat vaihdetaan valmiiseen pakettiin, joka sisältää 40mm madaltavat jouset joiden jousivakiot ovat edessä 20 N/mm ja takana 24 N/mm. Iskunvaimentimien vaimennus ominaisuuksia ei ole tiedossa, mutta niiden oletetaan olevan korkealaatuiset ja mitoitettu jousittamattomaan massaan nähden oikein.

BMW 2002 Mallista on lain vaatimuksen mukaan otettu vakaajatangot eteen ja taakse, jotka asennetaan uusien puslien kanssa paikalleen.

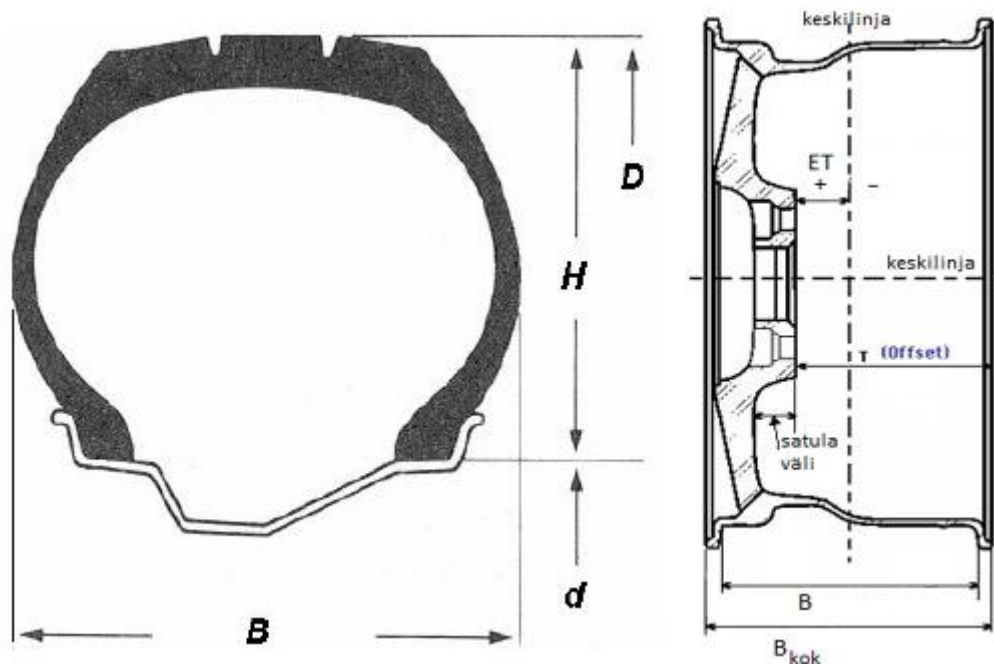
Taka-akselille on suunniteltu muutos sarjaa, joka mahdollistaa rengaskulmien säädön (89). Auraus (Toe-in) ja Camber kulmien säädöt mahdollistava sarja on tärkeä, koska tämän auton alustaa on madallettua ja ajoneuvolla aiotaan ajaa kilpa-radalla. Myöhemmin myös etuakselin säätömahdollisuudet kartoitetaan.

8.6 Renkaat

Renkaiksi on suunniteltu, joko auton mukana tulleita Remotec 7*15" vanteille sopivia 195/50 R15 renkaita tai Compomotiven 8*13" ja 10*13" vanteille meneviä 235/45 R15 renkaita. Kumpikin valinta on ongelmallinen. Vanne ja rengas mitoituksen erot ovat nähtävissä taulukossa 9. Taulukossa annetut arvot on havainnollistettu kuvassa 31.

TAULUKKO 9. Eri rengas ja vanne vaihtoehtojen erot toisiinsa nähden (90, 91)

	Alkuper. pyörät	Pyörät 2 Remotec Aluline	Pyörät 3 Compomotive	
	E&T	E&T	Edessä	Takana
Vanne d (")	13	15	13	13
Vanne B (")	4.5	7	8	10
ET (mm)	28	28	-8	-34
Vanne T (mm)	97.85	129.6	106.3	105.7
Kokonais leveys B _{kok} (+1") (mm)	139.7	203.2	228.6	279.4
Ulkonema alkuperäisestä (mm)	-	31.75	80.45	131.85
Raideleveys (mm)	1348	1348	1420	1472
Raideleveyden erotus (mm)	-	0	72	124
Suosittelun T (mm)	114.3			
Rengastus	165R13	195/50R15	235/45R13	
B (mm)	165	195	235	
H/B (mm)	0.82	0.5	0.45	
H (mm)	135.3	97.5	105.75	
D (mm)	596	557	1653	
Roll (mm)	1818	1760	1651	
Li (Load Index)	82	82	87	
Li (kg)	475	475	545	
P _{nim.} (kpa)	230	250	300	
r _{dyn}	289	280	263	



KUVA 31. Taulukon 9 selventävä kuva (44, s.13; 90)

Remotec vanteiden offset on liian suuri suositeltuun verrattuna, jolloin vaarana on renkaiden osuminen sisäsyrrjällään auton koriin (91), mistä löytyikin jälkiä. Compomotiven vanteilla raideleveys kasvaa edessä 72mm ja takana 124mm, joka on lain asettaman 30mm:n reilusti ylittävä arvo. BMW sallii 2002 Ti mallille, raideleveyttä kasvattavien välilevyjen käytön, jotka on ollut sallittu FIA:n Ryhmä-2 (Group-2) kilpa-autoluokassa. Sallittu muutos on 9*13" leveällä vanteella 120mm/vanne (92, s.12). Valitettavasti tarkempaa tietoa siitä, mikä on raideleveyden kasvu tällä kokoonpanolla, ei ole saatavissa allekirjoittaneen kielitaidon takia.

120mm/vanne muutos vaatisi Ti/Tii mallin akseliston osat, jotta yhteensä 240mm levitys olisi lain edessä edes jollain tavalla hyväksyttävä. 240mm levitys olisi kaukana käytännöllisyydestä tieliikenteessä. Tämän työn sivuilla 37–39 olleiden kaavojen mukaan kasvaisi uloimman renkaan vierintä säde teoreettisesta 9,36m:stä (ilmoitettu on 9,6m), 9,60m:iin. Ohjauspyörään tulisi noin 53 % lisää kierto jäykkyyttä verrattuna alkuperäiseen. Compomotiven vanteilla jäisi jäykkyyden kasvu 15 % luokaan.

8.7 Muutosten kokonaismäärä %-taulukon mukaan

Näillä muutoksilla muutosprosentti kanta-autoon verrattuna on esitettyinä

taulukossa 10 (liite 2). Ajoneuvo vaatisi yksilöinnin ennen katsastusta, koska sitä ei ole tehty, voidaan se katsastaa *rakennetuksi ajoneuvoksi*. Hyvällä dokumentoinnilla voidaan kuitenkin helpottaa tulevaa katsastusta huomattavasti.

TAULUKKO 10. Muokatun ajoneuvon muutoksien määrä prosentteina alkuperäiseen verrattuna

Muuttuneet osat ja niiden %-osuus	
Lokasuojat	4 %
Moottori	26 %
Voimansiirto	8 %
Jäähdytin	2 %
puskurit	1 %
Etuistuimet	1 %
Etuvälisimet	2 %
YHT	44 %

9 SUORITUSKYVYN MUUTOKSET

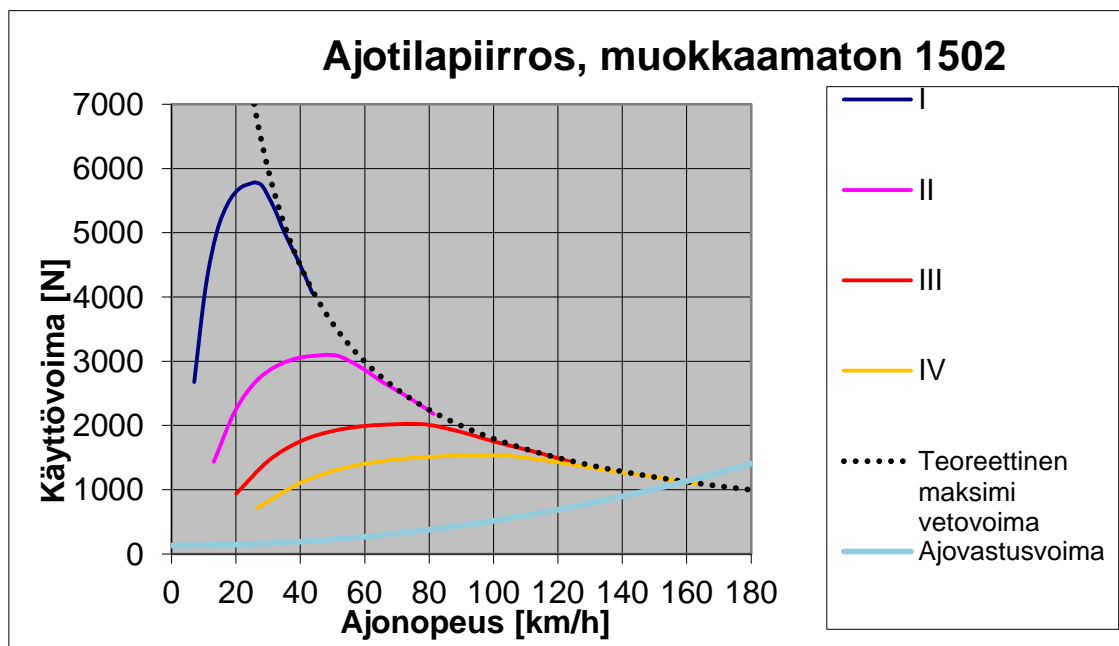
Kerätyn informaation pohjalta pyritään takaisinmallintamaan ajoneuvon suorituskyky ja mitoitus teoreettisella tasolla. Laskennallisia tuloksia voidaan sitten verrata muutosten teoreettiseen vaikutukseen, jotka käytännön testillä myöhemmin varmennetaan.

9.1 Ajotilapiirrokset

Kaikkia ajoneuvojen dynamiikkaan liittyviä laskuja ei tehdä tietojen puutteen takia. Joitakin arvoja ei voida asettaa vertailuun ilman mittaamista tavoilla, jotka ovat vallitsevien olosuhteiden takia mahdoton suorittaa. Kaavoina on käytetty luvussa 6.2, eli tämän työn sivuilla 63–68, olevia kaavoja.

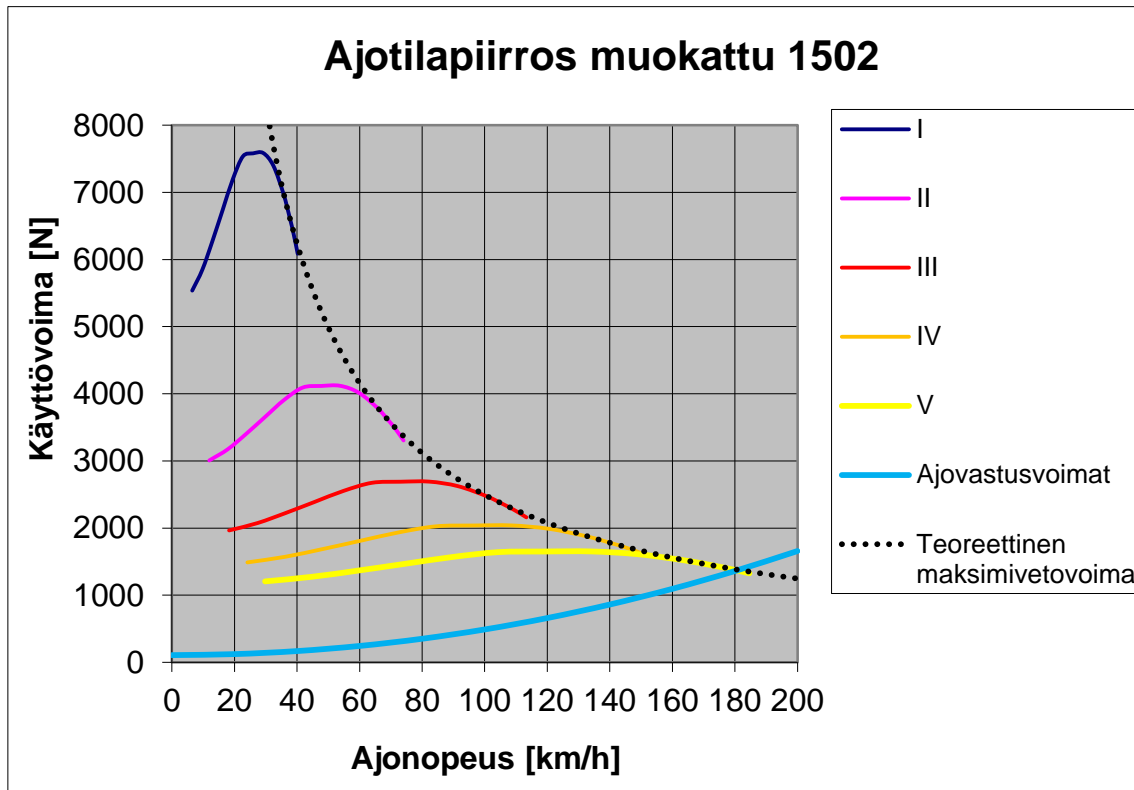
Ajotilanteessa oletetaan että ulkona on +20 °C lämpötila ja tuuleton. Tienpinta on uusi asfaltti ja kitkakerroin $\mu \approx 1$. Vastaavat olosuhteet on esitetty huippunopeutta koskevassa ECE standardissa (93). Erona standardiin on ajoneuvon massa, joka on laskennassa omamassa, eli ajokuntoinen ajoneuvo sekä 75kg kuljettaja. Voimansiirron hyötysuhteeksi on arvioitu 90 % (36, s.382).

Kuvista 32 ja 33 voidaan tutkia muokkaamattoman ja muokatun ajoneuvon eroja.



KUVA 32. Alkuperäiskuntoisen ajoneuvon ajotilapiirros

Kuten voidaan huomata, ajoneuvon vetovoima kyky saavuttaa huippunsa hyvin lähellä ilmoitettua suurinta kulkunopeutta. Muokattu ajoneuvo voi teoriassa saavuttaa 180 km/h nopeuden joka on 25 km/h suurempi kuin muokkaamattoman.



KUVA 33. Muokatun ajoneuvon ajotilapiirros

Kuvista voidaan nähdä, teoreettinen huippunopeus on muokkaamattoman ajoneuvon kohdalla lähellä ilmoitettua. Muokatulla versiolla on teoriassa mahdollista ylittää BMW 2002 mallin huippunopeus 170km/h.

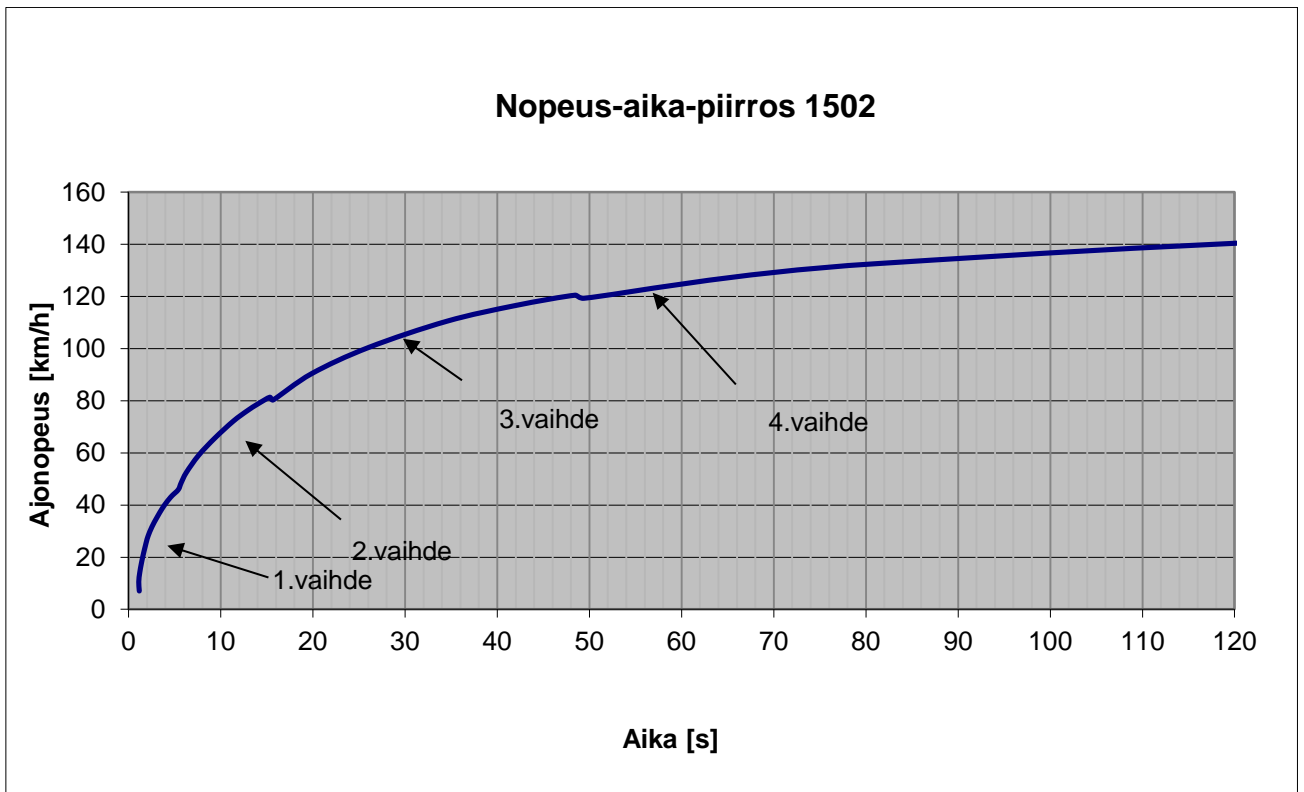
9.2 Kiihtyvyysskuvaajat

Ajoneuvon suorituskyvystä kertoo myös sen kiihtyvyys ominaisuudet.

Alkuperäisessä kunnossa olevalle ajoneuvolle oli luvattu taulukko 5 mukaiset arvot (s.83). Näiden pohjalta voidaan huomata, että teoreettisessa mitoituksessa luvattujen arvojen mukaista kiihtyvyyttä ei voida saavuttaa.

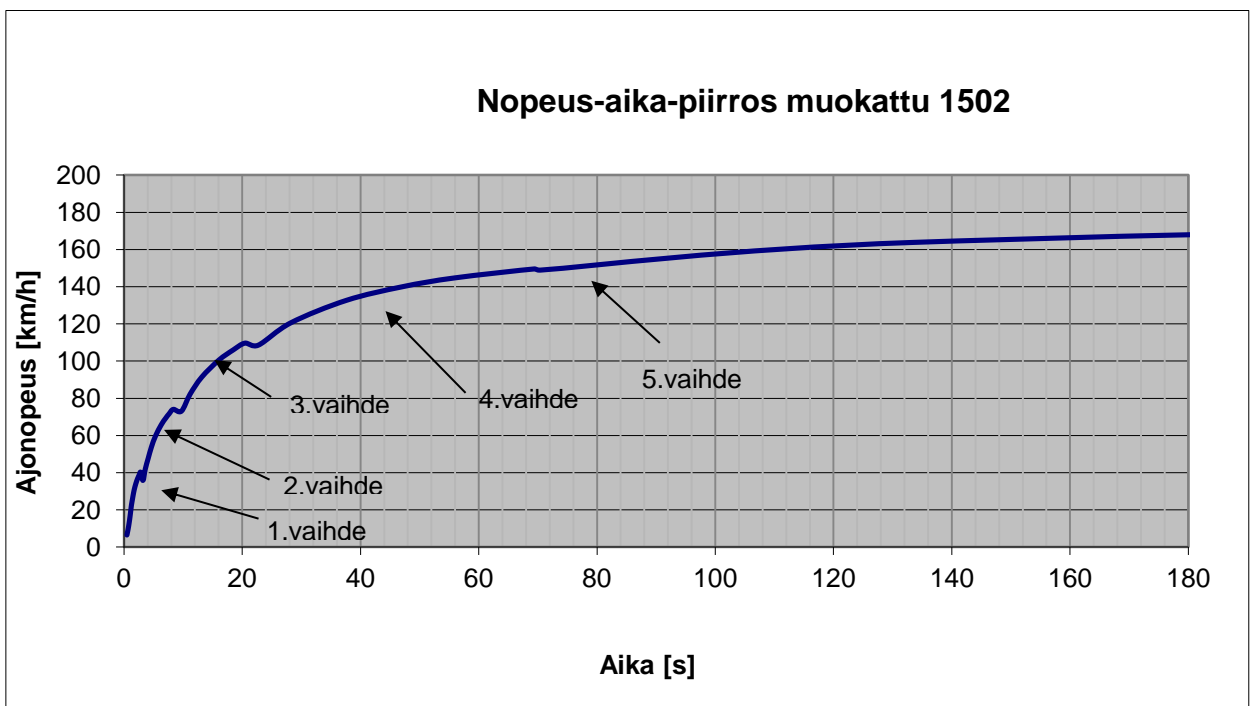
Alkuperäisessä kunnossa olevan ajoneuvon kiihtyvyys on teoreettisena mallina kuvassa 34 ja muokatun kuvassa 35. Laskennassa on otettu huomioon

teoreettinen m_{red} luvussa 6.2.4 esitetyn arvion mukaan.



KUVA 34. Muokkaamattoman ajoneuvon kiihtyvyySPIIRROS

Vaikka suorituskyky teoreettisessa tarkastelussa paranee, on kiihdytykseen käytetty aika pitempi, kuin mitä valmistaja lupaa.



KUVA 35. Muokatun ajoneuvon kiihtyvyySPIIRROS

Todennäköisin syy tähän on virheellinen tiedonkeruu, sillä ajoneuvojen valmistajien tavoissa on eroja kertoa ja mitata moottorin teho ja vääntö. Liian pienellä voiman arvolla ei saavuteta haluttua kiihtyvyyttä.

Toinen vaihtoehto on laskennallinen virhe, jolloin laskennassa käytetty kaava tai arvo on virheellinen. Esimerkiksi väärä voimansiirron hyötysuhteen arvo tai redusoidun massan virheellinen kerroin. Nämä itseasiassa ovat yksi ja sama asia.

Kolmantena vaihtoehtona on laskennassa käytetyt arvot, jotka ovat 500 min^{-1} välein, joka myös vaikuttaa kiihtyvyySKUVAajaan negatiivisesti. Se estää optimaalisen vaihtovälin löytämisen ja sitä kautta pidentää kiihdytykseen käytettävää aikaa.

Taulukko laskennassa huomattiin, että ajoneuvo ei saavuta ilmoitettua kiihtyvyyttä edes käyttämällä ajoneuvon puhdasta massaa. Tästä johtuen tullaan ajoneuvon suorituskyky mittaamaan käytännön kokeella myöhemmin.

10 POHDINTA

Työssä tutkitut Suomen lait ja asetukset ovat periaatteisella tasolla hyvin jäsennelly ja näyttävät perustuvan sellaiseen tekniseen tietämykseen, mitä siltä tuleekin odottaa. On kuitenkin muutamia seikkoja, jotka voisivat tehdä siitä hiukan paremman. Esimerkiksi poikkeuslupajärjestely ja pitkälle rakennettujen uusien ajoneuvojen muuttaminen on ollut hankalaa toistaiseksi. Toivottavasti nyt koekäytössä oleva uusi poikkeuslupaprosessi, jolla on yhteneväisyyksiä ruotsalaisen mallin kanssa, tuottaa hyvää hedelmää (94). Yli 50 %:n muutokset käsittävien ajoneuvojen ja omavalmisteiden tekemiseen olisi myös miellyttävää nähdä järkevämpi verotus käytäntö. Harrastuksena tehdyn ajoneuvon uudelleen verotukset rajaavat jotkin mahdollisuudet kokonaan pois, kuten jotkin rakennemuutosten rajat (95).

Yksi asia vaatisi uutta suuntaa vanhaan verrattuna. Jos ajoneuvoon vaihdetaan uudempi moottori tai asennetaan esimerkiksi katalysaattori, aktiivihiilisuodatin tai vastaavia päästöjä merkittävästi vähentäviä tekijöitä, tulisi siitä antaa verohelpotus johtuen pienenevistä päästöistä. Tämä palvelisi luonnon ja yhteiskunnan etua. Esimerkiksi Saksassa katalysaattorin jälkiasennus tuo verohelpotuksen ajoneuvon omistajalle (96). Laskeneiden päästöjen mittaamiseksi olisi hyvä kehittää muutoksen tekijälle kustannuksiltaan kevyt menetelmä tai kokeellisiin arvoihin perustuva laskentamalli, joka ottaa huomioon päästöjen kannalta oleelliset tekijät. Esimerkiksi ajoneuvon massan, vierintävastuksen, moottorin ominaiskulutuksen ja ilmanvastuskertoimen. Vähäpäästöiseksi merkittyjen ajoneuvojen emissiomittaus, joka on määritelty 70/220/ETY mukaan, ei ole edullinen (97). Nykyinen lainsäädäntö ei millään lailla tue tämänkaltaista rakentelusuuntausta, mikä on harmillista.

Esimerkkiajoneuvon kaikkien muutosten valmistuttua on mielenkiintoista nähdä teorian ja käytännön kohtaaminen. Suunnitelmallisuudella säästää paljon rahaa, vaikka halu aloittaa rakentamaan olisi suuri. Auto ei ole vielä kokonaan valmis, mutta koeajot antavat ymmärtää, että oikealla suunnalla ollaan. Sen tulisi olla kokonaisuudessaan valmis tulevana kesänä ja suorituskykymittaukset tullaan raportoimaan BTCF:n foorumille.

LÄHTEET

1. History of Hot Rods & Customs. 2013. How Stuff works, Inc. Saatavissa: <http://auto.howstuffworks.com/hot-rod.htm>. Hakupäivä 12.12.2012.
2. Hot Rod History. 2009. Autoevolution, Inc. Saatavissa: <http://www.autoevolution.com/news/hot-rod-history-9087.html>. Hakupäivä 12.12.2012.
3. Henkilöliikennetutkimus 2010–2011. 2012. Suomalaisten liikkuminen. Helsinki: Liikennevirasto. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lr_2012_henkiloliikennetutkimus_web.pdf. Hakupäivä 14.10.2013.
4. Suomen autokanta, Joulukuussa 2012. 2012. Helsinki: Autoalan tiedotuskeskus. Saatavissa: http://www.autoalantiedotuskeskus.fi/tilastot/suomen_autokanta/vuosittain/autokanta_31.12.2012/autokannan_keski-ika_31.12.2012. Hakupäivä 14.10.2013.
5. Turvallisuus ja ympäristönäkökulmat puoltavat keski-ian laskemista liikennekäytössä olevista ajoneuvoista. 2012. Helsinki: Liikenteen Turvallisuusvirasto Trafi. Saatavissa: http://www.trafi.fi/tietoa_trafista/ajankohtaista/1963/turvallisuus-ja_ymparistonakukulmat_puoltavat_keski-ian_laskemista_liikennekaytossa_olevista_ajoneuvoista. Hakupäivä 16.11.2012.
6. Volkswagen New Beetle. 2013. Wikipedia. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/File:2006-2007_Volkswagen_New_Beetle.jpg. Hakupäivä 6.8.2013.
7. Esimerkki " Bōsōzoku"-suuntauksesta. Bosozoekustyle, internetsivusto autoharrastajille. Saatavissa: <http://www.bosozoekustyle.com/sites/default/files/daihatsu-move-negative-camber.jpg>. Hakupäivä 14.10.2013.

8. The History Of Edelbrock Performance. Edelbrock, Inc. Saatavissa: http://www.edelbrock.com/automotive_new/misc/company/edelbrock_history.shtml. Hakupäivä 23.1.2013.
9. Special Tuning Harinen Oy:n historia. Autosport Kosonen. Saatavissa: http://www.autosportkosonen.fi/yt_harinen.php. Hakupäivä 11.11.2013.
10. Hoosierin yrityshistoria. Hoosier, Inc. Saatavissa: <http://www.hoosiertire.com/>. Hakupäivä 23.12.2013.
11. Heritage of Lotus. Lotus Cars, pic. Saatavissa: <http://www.lotuscars.com/gb/lotus-world/heritage>. Hakupäivä 23.12.2013.
12. Yritystiedot. Elmer technologies. Saatavissa: <http://elmtech.eu/fi/yritys>. Hakupäivä 23.11.2013.
13. History of Modifying. Association of Car Enthusiasts. Saatavissa: <http://www.the-ace.org.uk/history-of-modifying/> Hakupäivä 23.12.2013.
14. Raportti ajoneuvojen prosenttisäädösten uudistamiseksi. Julkaisu 29/2006. Helsinki: Liikenne ja viestintäministeriö. Egmont kustannus.
15. 779/1998, Liikenne- ja viestintäministeriön päätös auton rakenteen muuttamisesta. Asetukset ja päätökset 1998. Helsinki: Liikenneministeriö. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1998/19980779>. Hakupäivä 24.2.2013.
16. Asetus vaurioituneen ajoneuvon kunnostamisesta ja ajoneuvon kokoamisesta osista 19.12.2002/1258. 2003. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20021258>. Hakupäivä 21.5.2013.
17. Asetus autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista 19.12.2002/1248. 2002. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20021248>. Hakupäivä 15.12.2013.
18. Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä. 4.12.1257/1992. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20021248>. Hakupäivä 15.12.2013.

19. Ajoneuvolaki 11.12.1090/2002. Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20021090>. Hakupäivä 13.11.2013.
20. Rekisteröintikatsastuksen ohjeistus 2012. Helsinki: Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Saatavissa:
<http://www.trafi.fi/tieliikenne/katsastukset/katsastuslajit/rekisterointikatsastus>
Hakupäivä 02.011.2012.
21. Consolidated Resolution on the Construction of Vehicles (R.E.3)
ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2. 2011. UNECE, EY:n talouskomission vahvistettu päätöslauselma ajoneuvojen rakenteesta. Saatavissa:
<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29resolutions/ECE-TRANS-WP29-78-r2e.pdf>. Hakupäivä 30.11.2013.
22. Autojen prosenttitaulukot. 2006. Helsinki: Oikeusministeriö. Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/5294.pdf>. Hakupäivä 14.5.2013.
23. Autoverolaki 29.12.1994/1482. Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19941482> Hakupäivä 24.12.2013.
24. Poikkeusluvan hakemisen ohjeistus. 2012. Helsinki: Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Saatavissa:
<http://www.trafi.fi/tieliikenne/katsastukset/poikkeusluvut>. Hakupäivä 02.011.2012.
25. M-, N-, L- ja O-luokan ajoneuvon vaatimustenmukaisuuden osoittaminen rekisteröintikatsastuksessa. 2012. Helsinki: Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Saatavissa:
<http://www.trafi.fi/filebank/a/1325147177/c44674a81deb26f99d7429a06a4ec098/4765-Vaatiohje.pdf>. Hakupäivä 30.11.2013.
26. Ajoneuvojen vaatimustenmukaisuus- ja vastaavuustodistukset. Espoo: Tuv Nord Saatavissa: <http://www.tuv-nord.com/fi/en/index.htm>. Hakupäivä 15.12.2013.
27. Lahtinen, P. 2012. T314108 Lujuusoppi 8 op. Opintojakson luennot syksyllä 2012. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

28. Tekniikan kaavasto. 2000, 5. painos (2005), Tampere: Amk-kustannus Oy Tammertekniikka.
29. BMW E30 mallisarja, Wikipedia, avoin tietosanakirja. Saatavissa: http://de.wikipedia.org/wiki/BMW_E30. Hakupäivä 12.09.2013.
30. Sähköinen varaosaluettelo. BMWfans. Saatavissa: <http://bmwfans.info/>. Hakupäivä 21.11.2013.
31. Sähköinen varaosaluettelo. RealOEM. Saatavissa: <http://www.realoem.com/bmw/index.do>. Hakupäivä 21.11.2013.
32. EPC Elektroninen osaluettelo. BMW Group Suomi. Saatavissa: <http://www.bmw.fi/fi/fi/owners/accessories/electronic-parts-catalogue/electronic-parts-catalogue.html>. Hakupäivä 21.11.2013.
33. Haataja, M. 2009. T332103, Polttomoottoritekniikka 1 3 op. Opintojakson luennot keväällä 2009. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
34. Bell, A. G. 2004. Uusi Moottoritekniikka, Virittäminen ja säätäminen. Helsinki: Alfamer Kustannus Oy. Suomennos: Mauno, Esko.
35. Niskanen, P. 2013. T332103, Polttomoottoritekniikka 1 3 op. Opintojakson luennot keväällä 2013. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
36. Robert Bosch GmbH. 2003. Autoteknillinen taskukirja. 6. painos. Jyväskylä: Autoalan Koulutuskeskus Oy.
37. Niskanen, P. 2013. T332205, Polttomoottoritekniikka 2 3 op. Opintojakson luennot keväällä 2012. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
38. Asetus liikenteessä käytettävien ajoneuvojen liikennekelpoisuuden valvonnasta 19.12.2002. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20021245>. Hakupäivä 25.12.2013.
39. Katsastajan käsikirja. 2008. Ajoneuvohallintakeskus. Helsinki: Liikenteen Turvallisuusvirasto Trafi. Saatavissa: <http://www.trafi.fi/filebank/a/1325147177/5b3f290101b3430d21e273b03487d>

- [636/4733-KatsastajankasikirjaVersio20.pdf](#). Hakupäivä 26.12.2013.
40. Bell, A. G. 1998. Four-stroke performance tuning. 3. painos 2006. Sparkford, Yeovil, Summerset, Yhdistyneet Kuningaskunnat: Haynes Publishing.
41. Autokorroosio, tarkastelu ja arvostelu 27.04.2000. 2000. Helsinki: Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Saatavissa:
<http://www.trafi.fi/filebank/a/1325147177/59bd72d2db4a296bc3fbfb3f5d98b595/4709-Autokorroosio.pdf>. Hakupäivä 28.12.2013.
42. Parpola, M. Kytö, P. & Parviainen, H. 2006. Autotekniikka 2. Helsinki: Stadia (Metropolia), Auto- ja kuljetustekniikka.
43. Haataja, M. 2009. T331106, Autotekniikka 1 6 op, Ajovalmistus.
Opintojakson luennot syksyllä 2009. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
44. Parpola, M. Kytö, P. & Parviainen, H. 2006. Autotekniikka 1. Helsinki: Stadia (Metropolia), Auto- ja kuljetustekniikka.
45. Soveltamisohjeita liikenneministeriön päätökseen auton rakenteen muuttamisesta. 2009. Ajoneuvohallintakeskus. Helsinki: Liikenteen Turvallisuusvirasto Trafi. Saatavissa:
[http://www.trafi.fi/filebank/a/1325147177/fb255e8a940b3d31568ff10e5f4806b2/4760-Soveltamisohjeita liikenneministerion päätökseen auton rakenteen muuttamisesta.pdf](http://www.trafi.fi/filebank/a/1325147177/fb255e8a940b3d31568ff10e5f4806b2/4760-Soveltamisohjeita-liikenneministerion-paatokseen-auton-rakenteen-muuttamisesta.pdf) Hakupäivä 30.12.2013.
46. Euroopan Unioni, Komission direktiivi 2010/48/EU. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:173:0047:0072:FI:PDF>
47. Virsiheimo, M. 2013. Uuden koritekniikan vaikutus korikorjauksiin.
Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu. Saatavissa:
[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/61633/Virsiheimo Mikko.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/61633/Virsiheimo_Mikko.pdf?sequence=1). Hakupäivä 14.1.2014.
48. Ilomäki, J. 2012. T333503, Koritekniikka 3 op. Opintojakson luennot syksyllä

2012. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
49. Jäsentiedote 1/2010. Autoalan ja korjaamoiden liitto. Saatavissa:
www.ainatuore.fi/sivumuokkain/kuvat/aakl.fi/File/aakl_jast110.pdf. Hakupäivä 18.3.2013.
50. Autojen tekniset määräykset ja kuljettajien ajovarusteet. 2012. Vantaa: AKK Motorsport ry. Saatavissa: <http://www.autourheilu.fi/attachements/2011-12-13T14-32-43175.pdf>. Hakupäivä 15.11.2012.
51. Aftermarket Retrofit Device Evaluation Program. EPA, Yhdysvaltain ympäristönsuojelu järjestö. Saatavissa:
<http://www.epa.gov/otaq/consumer/reports.htm>. Hakupäivä 30.1.2013.
52. Internetissä tehtyjen haitta viestien TOP10. Jalopnki. Saatavissa:
<http://jalopnik.com/5843759/the-ten-cruellest-jokes-played-on-car-forums/>. Hakupäivä 10.10.2013.
53. BMW 2002 ja 1602 moottorien teho ja vääntö käyrät käyntinopeuden funktiona. BMW Group. Saatavissa:
http://www.bmwclassic.com/2/showimage.php?coc=1&src=/view.php?uid=1390838059&t=eff3818d606d05ab01abe6e683a74ed7&locid=1&bft=1024&org=/data/images/image/443/00042813_m.jpg&wm=1&bestand=BMW. Hakupäivä 23.11.2013.
54. 1967–1978 BMW 1502, 1602, 1802, 2002, 2002 A, 2002 Ti, and 2002 Tii Huolto ohjekirja. BMW AG: München, Baijeri, Saksa. Alkuperäinen varaosa nro: 01519699551.
55. BMW 1502. Omistajan ohjekirja. BMW Group. Saatavissa:
<http://www.bmwclassic.com/2/webmill.php?id=158078&ditem=190737&dmodule=509&lin=detail&foldertype=all&foldergroup=irc&dcount=1>. →Vehile documents. Hakupäivä 10.9.2013.
56. BMW 2002. Omistajan ohjekirja. BMW Group. Saatavissa:
<http://www.bmwclassic.com/2/webmill.php?id=158078&ditem=190740&dmodule=509&lin=detail&foldertype=all&foldergroup=irc&dcount=1>. →Vehile

documents. Hakupäivä 24.11.2013.

57. BMW 2002 Turbo. eGrage, automotive storytellers. Saatavissa:
<http://www.egarage.com/car-profiles/bmw-2002-turbo/>. Hakupäivä
13.1.2014.
58. BMW 1502. BMW Group archive. Saatavissa:
http://www.bmwclassic.com/2/showimage.php?coc=1&src=/view.php?uid=1389717744&t=f36cb809c85b1fa144a92e5d43af7f13&locid=1&bft=1024&org=/data/images/image/528/00055723_m.jpg&wm=1&bestand=,BMW,
Hakupäivä 10.1.214.
59. BMW 2002. Oranssi, Liitteessä 5 auto numero 1.
Saatavissa:<http://www.bmwblog.com/2011/07/05/retrospective-driving-impressions-of-a-bmw-2002/bmw-2002-front-view/> Hakupäivä 13.1.2013.
60. BMW 2002. Mustavakoinen, Liitteessä 5 auto numero 2. Saatavissa:
<http://carblueprints.info/eng/view/bmw/bmw-2002-tii-1975>. Hakupäivä
10.1.214.
61. BMW 2002. Punainen, Liitteessä 5 auto numero 3. Saatavissa:
<http://forums.pelicanparts.com/off-topic-discussions/600224-round-headlights.html>. Hakupäivä 10.1.214.
62. BMW E28. Mustavakoinen piirros huolto-ohje kirjasta, Liitteessä 5 auto numero 4. Saatavissa:
http://s175.photobucket.com/user/rebelranter/media/BMW5-seriese28Blueprint_zpsa072985c.gif.html. Hakupäivä 10.1.214.
63. BMW E28. Mustavakoinen piirros, Liitteessä 5 auto numero 5. Saatavissa:
<http://carblueprints.info/blueprints/bmw/bmw-5-series-e28.gif>. Hakupäivä
10.1.214.
64. BMW 2002. Iso Britannian mainos. 1976. BMW Group. Saatavissa:
http://www.bmw-grouparchiv.de/view.php?uid=1389739277&t=2b3584212a45605618ef4493e6269610&locid=2&bft=512&org=/data/documents_webqual/176/01015987

[w.pdf](#). Hakupäivä 10.1.2014.

65. Haataja, M. 2007. T331005, Autotekniikan perusteet 5 op. Opintojakson luennot keväällä 2011. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
66. Haataja, M. 2013. 460071A, Autojen ja työkoneiden rakennejärjestelmät I 5 op, 2010 opintomateriaali. Oulu: Oulun yliopisto.
67. Asumaniemi, K. 2011. T331005, Autotekniikan perusteet 5 op. Opintojakson luennot keväällä 2011. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
68. Polttoaineen kulutus kauppalaatuisilla bensiineillä 95E10 ja 98E5. 2011, Tutkimusraportti VTT-R-04065-1. Saatavissa: http://www.vtt.fi/files/news/2011/E-10/VTT-R-04065-11_E10vsE5_final_wsign.pdf. Hakupäivä 2.11.2013.
69. Haataja, M. 2009. T331206, Autotekniikka 2 6 op, Autojen jarrujärjestelmät. Opintojakson luennot syksyllä 2012. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
70. BMW Profiles 3, The BMW 02 Series, The cult car. BMW Mobile Tradition 1998. Lainattu: Suomen BMW Group. Yhteyshenkilö Kimmo Killström.
71. BMW Automotive Repair Manual, Haynes Publishing Group, Sparkford, Yeovil, Summerset BA227JJ, Yhdistyneet Kuningaskunnat
72. BMW 1502 painojakauma. © carinf.com. 2013. Saatavissa: <http://www.carinf.com/en/f0e044767.html>. Hakupäivä 25.6.2013.
73. BMW 1502 painojakauma. © carfolio.com. 2013. Saatavissa: <http://www.carfolio.com/specifications/models/car/?car=114191>. Hakupäivä 25.6.2013.
74. BMW 2002 painojakauman mittaus tulos. BMW 2002faq. 2010. Saatavissa: <http://www.bmw2002faq.com/topic/69154-toms-stealthy-schwarz-build/page-5>. Hakupäivä 22.1.2014.
75. Mulchahey, Jeff, 1980. 2002 AERODYNAMIC's. Katkelma BMW 02 sarjan

aerodynamiikka kokeesta 80-luvulla. Saatavissa:

<https://dl.dropboxusercontent.com/u/2328398/2002/2002.aero.pdf>.

Hakupäivä 23.1.2014.

76. BMW 2002 Yhdysvaltain vientimallin mainos. 1976. BMW AG. Saatavissa:

http://www.bmw-grouparchiv.de/view.php?uid=1389739277&t=2b3584212a45605618ef4493e6269610&locid=2&bft=512&org=/data/documents_webqual/176/01016016_w.pdf Hakupäivä 24.11.2013.

77. Harz, Andreas 2013. AW: BMW 1502 1975 information for Bachelor of engineering. Sähköpostiviesti.

78. BMW -02 sarjan asiantuntija yritys. Michael Cahsel. Bad Oeynhausen, Saksa. Saatavissa: <http://www.bmw02.de/>. Hakupäivä 12.1.2013.

79. BMW -02 sarjan moottorien painot. BMW-02-club. Saatavissa:

http://forum.bmw-02-club.de/board_entry.php?id=82409&page=0&order=time&category=0.

Hakupäivä 1.12.2013.

80. BMW 518i moottorin ja voimansiirron yhteispaino. Autoharrastaja yhteisö r3vlimited. Saatavissa:

<http://www.r3vlimited.com/board/showpost.php?p=1770317&postcount=3>

Hakupäivä 1.12.2013.

81. BMW moottorien tunnistus taulukko maahantuojille. 1999. BMW AG.

Saatavissa: <http://www.ge39.com/files/zeigeinfo.pdf>. Hakupäivä 12.12.2013.

82. BMW E28 sähköinen korjausopas. Kieli, Saksa. BMW Group. Alkuperäinen osanumero 01900032622.

83. BMW E28 Omistajan käsikirja 5. painos. Alkuperäinen versio, heinäkuussa 1984. BMW Group. Saatavissa:

http://www.bmwclassic.com/view.php?uid=1390726879&t=b17ac4c868771608f3b070d795217468&locid=2&bft=1024&org=/data/documents/203/01030260_m.pdf. Hakupäivä 13.1.2014.

84. BMW 2002 moottorin vääntömomentti. Viittaus "Chilton's Repair and Tune-Up Guide" käsikirjaan. Roadfly, autojen ostamisen ja myymisen avustus sivusto. Saatavissa: <http://forum.roadfly.com/threads/53181-2002TI-and-1602-TI-Torque-specs>. Hakupäivä 13.1.2014.
85. Perttu Parkatti, 2004. Polttomoottorien tehon ja väännön merkitys. Saatavissa: <http://koti.mbnet.fi/parkatti/vaantoteho.php>. Hakupäivä 20.2.2014.
86. Volvo 240 jarrumuutos ohjeet E114-sarjaan. BMW 2002 FAQ. Saatavissa: <http://www.bmw2002faq.com/technical-articles/brakes/vented-brakes-upgrade-r10>. Hakupäivä 31.12.2012.
87. BMW 2002 jarrusarja, pohjautuu Volvo 240 jarruille. Ireland Engineering Motorsports. Duarte, California, Yhdysvallat. Saatavissa: <http://www.iemotorsport.com/bmw/2002-brake-kits/02bbk01.html>. Hakupäivä 4.1.2013.
88. ATE, © Continental Aftermarket GmbH, 2011. Jarrujärjestelmien kuvasto. Saatavissa: http://www.ate-brakes.com/www/download/ate_de_en/themes/20_catalogues/download/ate_hb11_en.pdf. Hakupäivä 16.12.2013.
89. Ireland Engineering Motorsports, 2014. BMW erikoisliike, 2002 alustan osat. Saatavissa: <http://www.iemotorsport.com/bmw/2002-suspension-steering.html>. Hakupäivä 16.12.2013.
90. STRO Rengasnormit, 2009. The Scandinavian Tire & Rim organization. Vattholmvägen 10, S - 75423. Uppsala. Ruotsi.
91. Ireland Engineering Motorsports, 2014. BMW erikoisliike, 2002 rengas ja vanne suositukset. Saatavissa: <http://www.bmw2002.com/tech/bmw-wheels.html> Hakupäivä 16.12.2013.
92. FIA / CSI Homologiaton Nr.5331. BMW 2002 Ti FIA hyväksyntä dokumentit. Saatavissa: <http://www.bmwclassic.com/view.php?uid=1394290389&t=91f76580164622f42899a52454ba33af&locid=2&bft=1024&org=/data/documents/6>

[0/00711447_m.pdf](#). Hakupäivä 12.6.2013.

93. E/ECE/324, E/ECE/TRANS/505, Rev.1/Add.67. Concerning the adoption of uniform conditions of approval and reciprocal recognition of approval for motor vehicle equipment and parts. Regulation No. 68. Saatavissa:

<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r068e.pdf>.

Hakupäivä 12.1.2014.

94. Harrasteautojen rakennemuutosten poikkeuslupaprosessi kehityksen alla. 2014. Helsinki: Liikenteen Turvallisuusvirasto Trafi. Saatavissa:

[http://www.trafi.fi/tietoa_trafista/ajankohtaista/2538/harrasteautojen_rakentaminen_helpottuu -](http://www.trafi.fi/tietoa_trafista/ajankohtaista/2538/harrasteautojen_rakentaminen_helpottuu_-_rakennemuutosten_poikkeuslupaprosessi_kehityksen_alla)

[_rakennemuutosten poikkeuslupaprosessi kehityksen alla](http://www.trafi.fi/tietoa_trafista/ajankohtaista/2538/harrasteautojen_rakentaminen_helpottuu_-_rakennemuutosten_poikkeuslupaprosessi_kehityksen_alla). Hakupäivä

15.3.2014.

95. Hot Rod omavalmisteprojekti keskustelu. Omavalmisteaajoneuvojen rakentamisen ongelmat. Overdrive, ajoneuvoharrastajien keskustelupalsta. 2006. Saatavissa:

<http://www.overdrive.fi/forum/viewtopic.php?t=75513>.

Hakupäivä 19.5.2014.

96. Saksan käyttöverojärjestelmän keskeiset piirteet. 2005. Saatavissa:

<http://www.autovero.fi/artikkeli.php?aid=38>. Hakupäivä 15.3.2014.

97. Päästömittaus keskustelu. Overdrive, ajoneuvoharrastajien keskustelupalsta. 2006. Saatavissa:

<http://www.overdrive.fi/forum/viewtopic.php?f=7&t=80248> Hakupäivä

15.3.2014.



LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä ¹ Mika Männistö +358442935852 t6mami00@students.oamk.fi	Tilaja ² Minä itse
Tilajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³ Otokuja 2 B41 90150 Oulu		
Työn nimi ⁴ "Operaatio Puhallus"		
Työn kuvaus ⁵ Selvitys henkilöautojen virittämisen mahdollisuuksista ja rajoituksista auto harrastajan näkökulmasta. Jotkin autoharrastajat pitävät katsastajia ja lainsäädäntöä ns. kyykyttäjänä ja estää heidän harrastuksensa kokonaisvaltaisen toteuttamisen mahdolltomana. Toisaalta autoharrastajia pidetään jopa tietämättöminä sekä itselleen että ympärillä olevilleen vaarallisina kaahareina, joka ei ole totuutta vastaava väite.		
Työn tavoitteet ⁶ Tarkoituksena on antaa insinöörin tietotaidon tasoinen tarkastelu Laissa oleviin säädöksiin ja niiden merkitykseen ja antaa ohjeistus auto harrastajalle, kuinka ja minkälaisia muutoksia saadaan tehtyä ja miksi. Tarjoituksena on virittää ja muokata henkilö-autoa, jossa kaikki halutut muutokset ja niiden vaikutukset lasketaan ja mitoitetaan ensin teoreettisesti, siten että se täyttää lain vaatimukset ja voidaan katsastaa laillisesti tieliikenne käyttöön. Mahdollisen poikkeus tilanteen toimintamallin selvitys, jolloin ajoneuvon jokin osa-alue rikkoo lainsäädännön, mutta on silti toimiva ratkaisu. Samalla hälvennetään ennakkoluuloja eri osapuolten välillä.		
Tavoiteaikataulut ⁷ Materiaalin keruu ja ajoneuvon teoreettinen laskenta aloitetaan marraskuussa 2012 Ajoneuvon korin ja jarrujärjestelmien rakentaminen valmiiksi Joulukuksi 2012 tai viimeistään tammikuulle 2013 Ajoneuvon moottorin suunnittelu ja rakentaminen aloitetaan helmikuussa 2013 Ajoneuvo kauttaaltaan valmis ja katsastettu ennen koulujen päättymistä huhtikuussa 2013		
Päiväys ja allekirjoitukset ⁸ 29/10/2012 Tekijän allekirjoitus		29/10/2012 Tilajan allekirjoitus
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite. 2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi. 3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta. 4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan. 5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat. 6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet. 7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa. 8. Lähtötietomuuistio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaajan yhdyshenkilö 		

A. Autojen (M₁- ja N₁-luokka) prosenttitaulukot

1. Kori varusteineen¹ 34 %	4. Akselistot⁶ 8 %
- korikehikko ² 22 %	- etuakselisto 4 %
- katto 2 %	- taka-akselisto 4 %
- takalokasuojat 1 % /kpl	
- etukansi 1 %	5. Sisustus 4 %
- takakansi 1 %	- istuimet ⁷ 2 %
- etulokasuojat ³ 1 % /kpl	- kojelauta 2 %
- ovet ⁴ 4 %	
- puskurit 0,5 % /kpl	6. Valaisimet 4 %
- etusäleikkö 1 %	- etuvalaisimet 2 %
- lämmityslaitte ⁵ 2 %	- takavalaisimet 2 %
2. Runko- tai pohjalevy¹ 24 %	
3. Moottori apulaitteineen 26 %	Kohdat 1.-6. yhteensä 100 %
- moottori 14 %	
- vaihteisto ja voimansiirto	
akseli 8 %	
- jäähdytin 2 %	
- polttoainesäiliö 2 %	

¹ Itsekantavan korin osalta runko- tai pohjalevyn osuutta ei määritellä vaan rakenteessa korikehikon osuus on yhteensä 46 %, kori varusteineen 58 %.

² Jos N₁-luokan ajoneuvossa on korikehikosta erillinen lava, kontti tai muu tavaroiden kuljetukseen tarkoitettu tila, sitä ei lueta mukaan korikehikon osuuteen eikä muuhun taulukossa jyvitettyyn osakokonaisuuteen.

³ Jos ajoneuvossa ei ole erillisiä etulokasuojia, niiden osuus 2 % lisätään korikehikon osuuteen ja vastaavasti itsekantavan korikehikon osuuteen.

⁴ Neliovisessa 1 % /kpl, kaksiovisessa 2 % /kpl.

⁵ Jos ajoneuvossa ei ole alun perin ollut lämmityslaitetta, sen osuus 2 % lisätään korikehikon osuuteen ja vastaavasti itsekantavan korikehikon osuuteen.

⁶ Lukuun ottamatta jarruja ja ohjauslaitteistoa.

⁷ Kaksipaikkaisessa 1 % /kpl, muissa etuistuimet 0,5 % /kpl ja takaistuin 1 %.

