

Joona Luostarinen

## **Dynamometritilan suunnittelu**

Opinnäytetyö

Kevät 2015

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Joonas Luostarinen

Työn nimi: Dynamometritilan suunnittelu

Ohjaaja: Ylinen Hannu

Vuosi: 2015

Sivumäärä: 63

Liitteiden lukumäärä: 1

---

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella alustadynamometritila Seinäjoen ammattikorkeakoululle, joka toimi myös työn toimeksiantajana. Idea työn aiheeksi tuli koululta, koska autolaboratorion toiminta siirtyy uusiin tiloihin vuonna 2015. Työn tarkoituksena oli selvittää autolaboratorion dynamometritilalle asetettuja vaatimuksia sekä suunnitella tila näiden asetusten mukaisesti.

Työssä selvitettiin valmistajien vaatimuksia dynamometritilalle sekä markkinoilla olevia alustadynamometrejä. Lisäksi haastateltiin yrityksiä, joilla on käytössä alustadynamometri. Suunnitelmassa otettiin huomioon valmistajien vaatimuksia, kuten ilmanvaihto ja jäähdytys. Muita huomioon otettavia seikkoja olivat turvallisuus, tarvittavat laitteet sekä miten tilasta tulisi mahdollisimman hyvä.

Työn tuloksena saatiin suunnitelma autolaboratorion dynamometritilan toteutuksesta sekä tilan vaatimuksista. Opinnäytetyötä voidaan käyttää hyödyksi dynamometritilan suunnittelussa sekä laitehankinnoissa.

Avainsanat: autotekniikka, teho, testaus, dynamometri

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author/s: Joonas Luostarinen

Title of thesis: Planning the dynamometer room

Supervisor(s): Hannu Ylinen

Year: 2015

Number of pages: 63

Number of appendices: 1

---

The subject of this thesis was to design a chassis dynamometer room at School of Technology of Seinäjoki University of Applied Sciences that also commissioned the project. The idea for the theme of the thesis came from School of Technology because the automotive laboratory activities move to the new building in 2015. The aim of this work was to investigate the automotive laboratory dynamometer room with the requirements and design the room according to these configurations.

The requirements of the manufacturers and dynamometer on the market were taken into consideration in planning the dynamometer room. In addition the companies were interviewed which use a chassis dynamometer. The plan took into account the requirements of the manufacturers such as ventilation and cooling. Other considerations were safety, necessary equipment and how the room should be as good as possible.

The final result was a plan about realization of the automotive laboratory dynamometer room and the regulations about it. The thesis can be utilised in the dynamometer room planning, and purchasing the equipment.

Keywords: automotive technology, power, testing, dynamometer

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet. ....	8
1 JOHDANTO.....	9
2 TEHON MITTAAMINEN.....	10
2.1 Moottorin akseliteho.....	12
2.2 Litrateho.....	14
2.3 Tehonormit.....	15
2.3.1 Nettoteho.....	15
2.3.2 Bruttoteho.....	15
2.3.3 DIN-teho.....	16
2.3.4 SAE-teho.....	16
2.4 Hydrauliiikka.....	17
2.5 Inertia.....	17
3 TEHODYNAMOMETRIT.....	20
3.1 Kiinnitystavan mukaan jaoteltavat.....	20
3.1.1 Alustadynamometri.....	20
3.1.2 Moottoridynamometri.....	23
3.2 Jarrutyypin mukaan jaoteltavat.....	25
3.2.1 Kitkajarru.....	25
3.2.2 Pyörrevirtajarru.....	27
3.2.3 Vesipyörrejarru.....	29
3.2.4 Hydrauliiikkajarru.....	31
3.2.5 Sähköjarru.....	33
4 MARKKINOILLA OLEVAT ALUSTADYNAMOMETRIT KAHDELLA AKSELILLA.....	34
4.1 Maha MSR500 4WD.....	34

4.2 Dynojet 424xLC2 .....	35
4.3 Mustang dynamometrit .....	36
4.4 Rototest .....	38
<b>5 VALMISTAJIEN VAATIMUKSET TEHODYNAMOMETRILLE .....</b>	<b>40</b>
5.1 Maha .....	40
5.1.1 Vaatimukset lämpötilojen suhteen .....	40
5.1.2 Vaatimukset pakokaasun poistolle.....	42
5.1.3 Vaatimukset ilmanvaihdolle .....	43
5.2 Dynojet.....	44
5.3 Mustang dynamometrit .....	44
<b>6 TEHODYNAMOMETRIÄ KÄYTTÄVIEN YRITYKSIEN</b>	
<b>HAASTATTELUT .....</b>	<b>46</b>
6.1 AJ Tech.....	46
6.2 Moonlight motorsport .....	47
6.3 Sporttialto .....	48
<b>7 DYNAMOMETRITILAN SUUNNITELMA.....</b>	<b>50</b>
7.1 Käytössä oleva tila .....	50
7.2 Dynamometri tilan koko .....	50
7.3 Materiaalien valinta .....	51
7.4 Laitteet ja työkalut .....	51
7.5 Ilmanvaihto.....	54
7.6 Jäähdytys.....	55
7.7 Turvallisuus.....	56
<b>8 YHTEENVETO.....</b>	<b>59</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>60</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>62</b>

## Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Dynamometri jossa on kaksi rullaa akselia kohden. (Maha 2014.) .....	21
Kuvio 2. Dynamometri jossa on yksi ajorulla. (Maha 2014.) .....	21
Kuvio 3. Alustadynamometrin napakiinnitys. (Rototest 2014.) .....	22
Kuvio 4. Auto alustadynamometrin varassa. (Rototest 2014.) .....	22
Kuvio 5. Moottori on kiinnitettyä apulaitteineen dynamometriin. (Superflow 2014.) .....	23
Kuvio 6. Pyörrevirtajarrulla varustettu moottoridynamometri. (Mustangdynamometer 2014.) .....	24
Kuvio 7. Prony jarru. (Dynamometer: Theory and Application to Engine Testing 2012.).....	25
Kuvio 8. Köysijarru. (Dynamometer: Theory and Application to Engine Testing 2012.).....	26
Kuvio 9. Vesijäähdytetty kitkajarru. (Plint & Martyr, 2007, 160.).....	26
Kuvio 10. Ilmajäähdytetty pyörrevirtajarru kahdella roottorilla. (Dynamometer: Theory and Application to Engine Testing 2012.) .....	27
Kuvio 11. Vesikierrolla varustettu pyörrevirtajarru. (Plint & Martyr,2007.) .....	28
Kuvio 12. Pyörrevirtajarruja on saatavana erikokoisina. (Dyno-mite 2014.).....	29
Kuvio 13. Vesipyörrejarrun toimintaperiaate. (Plint & Martyr, 2007.).....	30
Kuvio 14. Dyno-miten vesijarrut erikokoisina. (Dyno-mite 2014.).....	31
Kuvio 15 Halkileikattu hammaspyöräpumppu. (Keinänen & Kärkkäinen 2003.) ...	32
Kuvio 16. Tasavirta dynamometri kiinnitettyä moottoriin. (Mustang dynamometer 2014.).....	33

Kuvio 17. Maha MRS500 alustadynamometri. (Maha 2014.).....	34
Kuvio 18. Dynojet 424xLC2 alustadynamometri. (Dynojet 2014.).....	35
Kuvio 19. Dynamometrissä oleva pyörrevirtajarru. (Dynojet 2014.) .....	36
Kuvio 20. Ajourullien sekä pyörrevirtajarrujen linkityksellä varustettu dynamometri. (Mustang dynamometer 2014.) .....	37
Kuvio 21. Mustangin AWD-1750 dynamometri. (Mustang dynamometer 2014.) ..	37
Kuvio 22. Rototestin sähköinen dynamometri. (Rototest 2014.) .....	38
Kuvio 23. VPA-RX hydraulinen dynamometri. (Rototest 2014.) .....	39
Kuvio 24. AJ Teckin pinta asennettu alustadynamometri.....	47
Kuvio 25. Sporttiauton pinta asennettu alustadynamometri. (Sporttiauto 2014.) ..	49
Kuvio 26. Dynojet 424xLC2 pinta-asennettuna (Dynojet 2014.).....	53
Kuvio 27. Ajoneuvo kiinnitettynä MRS500 alustadynamometriin. (Maha 2014.) ...	53
Kuvio 28. Maha AIR8 jäähdytys puhallin. (Maha 2014.) .....	56

## Käytetyt termit ja lyhenteet.

<b>Inertia</b>	Lyhenteellä tarkoitetaan hitausmomenttia, jota käytetään tehon laskemiseen.
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung eli Saksan standardointi-instituutti
<b>SAE</b>	Yhdysvaltalainen autoalan standardisointi järjestö, jonka lyhenne tulee sanoista Society of Automotive Engineers



# 1 JOHDANTO

Henkilöautojen testaaminen sekä säätäminen ovat lisääntyneet entisestään nykypäivänä. Uusien ohjelmointiviritysten kasvaessa autoista saadaan otettua enemmän tehoa, joka lisää auton säätämistä. Säädöt tehdään yleensä tehodynamometreillä, joilla autot saadaan testattua paikallaan. Laitteen avulla autosta saadaan mitattua sen tuottama teho ja vääntö. Tämän lisäksi dynamometrillä voidaan toteuttaa erilaisia ajotilanteita. Kilpaurheilussa tämä ei ole uutta, koska siellä tehodynamometrit ovat olleet käytössä useita vuosikymmeniä. Uuden moottorin rakentamiseen sekä testaukseen käytetään yleensä pitkiä aikoja. Lisäksi autonvalmistajat sekä erilaiset virityspajat käyttävät dynamometrejä paljon apunaan.

Tämän työn tarkoituksena on perehtyä alustadynamometritilan suunnitteluun sekä tehodynamometreihin. Suunnittelussa otetaan huomioon useita eri tekijöitä, kuten turvallisuus, valmistajien vaatimukset, ilmanvaihto, materiaalien valinta sekä jäähtyminen. Lisäksi tarkoituksena on haastatella yrityksiä, joilla on käytössä alustadynamometrejä. Tämän avulla saadaan selville heidän näkemys hyvästä dynamometritilasta.

Työn tavoitteena on suunnitella dynamometrivalmistajien vaatimuksien mukainen alustadynamometritila, jossa olisi mahdollista saada luotettavia mittaustuloksia. Tilassa tullaan opettamaan ajoneuvojen alustadynamometrin testausta sekä mittaamaan erilaisten ajoneuvojen tehoja. Lisäksi tilassa voidaan toteuttaa projekteja sekä asiakastöitä.

Alustadynamometrin tila tullaan suunnittelemaan Seinäjoen ammattikorkeakoulu Oy:n uudelle autolaboratoriolle, joka valmistuu vuonna 2015. Rakennus tulee sijaitsemaan Seinäjoen Joupin alueella, jossa myös Frami Oy:n tilat sijaitsevat. Suunniteltavat tilan koko tulee olemaan 50,9 m<sup>2</sup> ja tarkastelutila 8,1 m<sup>2</sup>.

## 2 TEHON MITTAAMINEN

Ajoneuvotekniikassa tehoa voidaan mitata usealla tavalla, kuten pyörä- tai moottoritiehona. Tehodynamometrit mittaavat tehoa erilaisin menetelmin ja laskentataivoissa on eroja. Mittaustapa riippuu laitteessa olevasta järjestelmästä. Dynamometrissä käytetään yleensä jarrua, jonka avulla ajoneuvon teho lasketaan. Mittaus voidaan tehdä myös ilman jarrua, jolloin kyseessä on inertiadynamometri. Mittauksessa mitataan tehoa, vääntömomenttia sekä kierrosnopeutta.

Tehon yksikkö SI-järjestelmässä on watti ja sen tunnus on iso W- kirjain. Teho ilmoitetaan yleensä kilowatteina, jonka tunnus on kW. Watin muuntaminen kilowateiksi tapahtuu seuraavalla tavalla. (Robert Bosch GmbH. 2002, 27–36.)

- 1 kW = 1000 W
- 1 W = 0,001 kW

Kierrosnopeus mitataan metreinä sekunnissa ja sen tunnus on m/s. Tasaisessa pyörimisliikkeessä kehänopeuden laskeminen tapahtuu seuraavasti (1). (Robert Bosch GmbH. 2002, 37.)

$$v = r * \omega \quad (1)$$

tai lukuarvoyhtälön avulla (2)

$$v = \pi * d * n/60 \quad (2)$$

Kulmanopeuden tunnus on  $\omega$  ja SI-yksikössä se on rad/s. Kulmanopeuden määrittäminen onnistuu seuraavalla kaavalla (3). (Robert Bosch GmbH. 2002, 37.)

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{v}{r} = 2 * \pi * n \quad (3)$$

tai lukuarvoyhtälönä kaava saa muodon (4)

$$\omega = \pi * n/30 \quad (4)$$

## Edellisten kaavojen selitteet

$v$	on kehänopeus (m/s)
$r$	on säde (m)
$\omega$	on kulmanopeus (rad/s <sup>1</sup> )
$\pi$	on 3,14 (vakio)
$d$	on halkaisija (m)
$n$	on kierrosnopeus (min <sup>-1</sup> )
$\varphi$	on kulma (rad)
$t$	on aika (s)

Moottorin vääntömomentin tunnus on  $M$  ja sen SI-yksikkö on Newton-metri eli Nm. Vääntömomentilla kuvataan sylinterissä syntyvän palamispaineen voimakkuutta sekä sen välittymistä kampiakselille. Jokaisella moottorilla on maksimivääntömomentin kierrosnopeus, jolloin se saa ihanteellisen määrän polttoaine-ilmaseosta. Tällöin kiertokankea pitkin välittyy kampiakselille maksimivoima. (Lehtinen & Rantala 2012, 122.)

Vääntömomentti voidaan mitata seuraavan kaavan avulla (5). (Robert Bosch GmbH. 2002, 37.)

$$M = F * r = P/\omega \quad (5)$$

tai lukuarvoyhtälönä vääntömomentti on (6)

$$M = 9550 * P/n \quad (6)$$

jossa

$M$  on vääntömomentti (Nm)

$F$  on voima (N)

$r$	on säde (m)
$P$	on teho (kW)
$\omega$	on kulmanopeus (rad/s <sup>1</sup> )
$n$	on pyörimisnopeus (min <sup>-1</sup> )

## 2.1 Moottorin akseliteho

Jarrutetulla teholla tarkoitetaan moottorin akselitehoa ja sen tunnus on  $P_e$ . Akseliteho on moottorista saatu tehonormien mukainen netto- tai bruttoteho. Moottoreiden keskinäisessä vertailussa tämä on tärkein vertailun peruste. Jarrutettu teho saadaan mitattua dynamometrin avulla, joka kuormittaa moottorin ulostuloakselia. Moottorin akseliteho voidaan laskea näin ollen seuraavalla kaavalla (7). (Lehtinen & Rantala 2012, 122.)

$$P_e = M * w \quad (7)$$

jossa

$P_e$	on akseliteho (Nm/s = W)
$M$	on vääntömomentti (Nm)
$w$	on akselin kulmanopeus (rad/s)

Moottorin teho voidaan laskea myös pyörimisnopeuden avulla, jos akselin kulmanopeutta ei tiedetä. Pyörimisnopeuden muuttaminen kulmanopeudeksi onnistuu kertomalla sen arvo 2 kertaa pii. Tällöin kaava saa seuraavan muodon (8). (Lehtinen & Rantala 2012, 122.)

$$P_e = M * 2 * \pi * n \quad (8)$$

jossa

$P_e$  on akseliteho (Nm/s = W)

$M$  on vääntömomentti (Nm)

$n$  on pyörimisnopeus (1/s)

Tehon lauseke nelitahtiselle mäntämoottorille voidaan esittää myös kahden seuraavan kaavan avulla (9) (10). (Mauno 2002, 6–7.)

$$P = \frac{\pi * D^2 * P_e * S * n * i}{8} = \frac{V * P_e * n * i}{2} \quad (9)$$

tai

$$P = 0,5 * \mu * P_i * V * n * i \quad (10)$$

kaavoissa

$P$  on moottorin akseliteho

$\pi$  on 3,14 (vakio)

$D$  on sylinterin halkaisija

$P_e$  on tehollinen keskipaine

$S$  on iskun pituus

$n$  on käyntinopeus

$i$  on sylinterien lukumäärä

$V$  on yhden sylinterin iskutilavuus

$\mu$  on moottorin mekaaninen hyötysuhde

$P_i$  on indikoitu keskipaine

Fysiikassa mekaaninen teho kuvaa työn tekemisen nopeutta. Teho määritellään seuraavan kaavan avulla (11), jossa teho on työn ja siihen käytetyn ajan osamäärä. Kaavassa  $P$  on teho ja  $W$  on työ ja  $t$  on aika. (Valtanen 2010, 194.)

$$P = \frac{W}{t} \quad (11)$$

Tehoa voidaan mitata myös hetkellisesti, jos työn tekemisen teho vaihtelee. Tällöin voidaan määrittää hetkellinen teho seuraavan kaavan avulla (12), jossa  $dW$  on voiman  $F$  lyhyellä aikavälillä  $dt$  tekemä työ. (Valtanen 2010, 194.)

$$P = \frac{dW}{dt} \quad (12)$$

Etenemisliikkeessä teho lasketaan voiman sekä nopeuden tulona (13). Kaavassa  $P$  tarkoittaa tehoa ja  $F$  on voima sekä  $v$  on nopeus. (Valtanen 2010, 195.)

$$P = F * v \quad (13)$$

## 2.2 Litrateho

Litrateho voidaan laskea, kun moottorin teho jaetaan moottorin iskutilavuudella. (14) Iskutilavuus ilmoitetaan  $\text{dm}^3$ , joka vastaa tilavuudeltaan litraa. Teho ilmoitetaan kilowatteina. (Lehtinen & Rantala 2012, 124.)

$$Pt = \frac{Pe}{Vi} \quad (14)$$

jossa

$P_t$	on litrateho
$P_e$	on moottorin teho (kW)
$V_i$	on moottorin iskutilavuus (dm <sup>3</sup> )

## 2.3 Tehonormit

Autojen tehonmittaukseen sekä tehon ilmoitustapaan on määrätty erilaisia normeja, jotka ovat joko kansainvälisiä tai kansallisia. Normeja käyttävät esimerkiksi auton valmistajat ilmoittaessaan moottorin tehon. Tehonormin perusteella voidaan päätellä, millä tavalla mittaus on suoritettu. Tällöin autojen tehojen vertaileminen keskenään on helpompaa.

### 2.3.1 Nettoteho

Nettoteho tarkoittaa moottorin täyskuormitustehoa sillä pyörimisnopeudella, mikä on ilmoitettu. Esimerkiksi 59 kW/103 1/s. Moottori on tällöin normaalissa käyttökunnossa sekä kaikki tarpeelliset apulaitteet ovat kytkettyinä. (Lehtinen & Rantala 2012, 123.)

### 2.3.2 Bruttoteho

Bruttotehon mittauksessa käytetään niin sanotusti riisuttua moottoria, jossa ei ole apulaitteita. Muutoin mittaus toteutetaan samoin kuin nettoteho. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että saadut tehoarvot ovat 10–20 % suurempia kuin nettotehoarvot. (Lehtinen & Rantala 2012, 123.)

### **2.3.3 DIN-teho**

Nykypäivänä moottoritehot ilmoitetaan saksalaisen DIN-tehonormin mukaan. Tarkemmin sanottuna tehoarvo ilmoitetaan DIN 70020 -normin avulla. Mittaus voidaan suorittaa joko netto- tai bruttotehomittauksena, mutta yleensä ilmoitus on tehty nettotehoarvoina. (Lehtinen & Rantala 2012, 123.)

DIN 70020 -tehonmittausstandardissa käytetään korjausarvoa, joka saadaan ilmanpaine- ja lämpötilatietojen avulla. Ilmankosteutta ei oteta huomioon.

### **2.3.4 SAE-teho**

SAE on amerikkalainen tehonormi, jota käytettiin aikaisemmin hyvin yleisesti. Tehoarvot ilmoitettiin bruttotehoina ja mittaus tehtiin mahdollisimman hyvin riisutulle moottorille. Tästä johtuen tehoarvot olivat 8–10 prosenttia vastaavan moottorin DIN -tehoarvoja isommat. (Lehtinen & Rantala 2012, 123.)



## 2.4 Hydrauliiikka

Tehodynamometreissä voidaan käyttää myös hydrauliiikkaa, esimerkiksi hydrauliikkapumppuja, joiden avulla teho saadaan laskettua. Pumpua pyöritetään yleensä moottorin akselin tai pyörän napakiinnityksen avulla.

Hydraulinen teho saadaan laskettua nesteen paineen ja tilavuusvirran avulla. Hydrauliikkakomponenteissa nesteen paine alenee tietyn arvon, jolloin se otetaan huomioon tehon laskemisessa. Näin ollen kaava saa seuraavan muodon (15). (Keinänen & Kärkkäinen 2003,114.)

$$P = Q * \Delta p \quad (15)$$

missä

$P$  on hydraulinen teho (W)

$p\Delta$  on paine-ero (N/m<sup>2</sup>)

$Q$  on tilavuusvirta (m<sup>3</sup>/s)

## 2.5 Inertia

Tehon mittauksessa voidaan käyttää myös dynamometriä, jossa ei ole moottorin kierrosnopeutta rajoittavaa jarrua. Tällöin tarkoitetaan mittauslaitetta, jonka nimi on inertiadynamometri. Tehon laskeminen perustuu ajorullan kiihdyttämiseen, jonka massa tunnetaan.

Inertia tarkoittaa alustadynamometreissä hitausmomenttia, jota käytetään voiman laskemiseen. Laskenta perustuu Newtonin II lakiin, jonka mukaan kokonaisvoima  $F$  antaa massalle  $m$  kiihtyvyyden  $a$  (16). (Valtanen 2010, 193.)

$$F = m * a \quad (16)$$

missä

$F$	on voima (N)
$m$	on massa (kg)
$a$	on kiihtyvyys (m/s)

Hitausmomentti kuvastaa kappaleen ominaisuutta vastustaa liiketilan muutosta. Esimerkiksi alustadynamometrissä rullan kykyä vastustaa pyörimisliikettä. Hitausmomentti voidaan määrittää seuraavien kaavojen avulla. Pyörimisliikkeen perusyhtälössä hitausmomentti on suoraan verrannollinen kulmakihtyvyyteen (17). (Valtanen 2010, 202.)

$$M = J * \alpha \quad (17)$$

missä

$M$	on momentti
$J$	on kappaleen hitausmomentti
$\alpha$	on kulmakihtyvyys

Vannemaiselle kappaleelle hitausmomentti  $J$  saadaan seuraavan kaavan avulla (18), jossa  $m$  on kappaleen massa ja  $r$  on etäisyys pyörimisakselista. (Valtanen 2010, 196.)

$$J = m * r^2 \quad (18)$$

Kiinteiden sylintereiden sekä pyöreiden levyjen hitausmomentit saadaan seuraavalla kaavalla (19), jossa  $J$  on hitausmomentti ja  $m$  on kappaleen massa sekä  $r$  on etäisyys pyörimisakselista. Tällä kaavalla saadaan laskettua esimerkiksi alustadynamometrin rullien sekä niiden päätyjen hitausmomentit. (Valtanen 2010, 196.)

$$J = \frac{1}{2} * m * r^2 \quad (19)$$

### 3 TEHODYNAMOMETRIT

Nykypäivänä auton tehonmittauksia tehdään yhä enemmän, koska ohjelmoinnit sekä muut moottorin virittämiset ovat lisääntyneet. Tehonmittaukset tehdään dynamometrilaitteilla, jotka mittaavat pääsääntöisesti vääntömomenttia ja kierrosnopeutta. Tämän avulla pystytään laskemaan moottorista saatava teho. Laitteet ovat tärkeitä moottorin säätämisen sekä testaamisen kannalta, koska ajoneuvot pystytään testaamaan paikallaan ollessa. Mittauslaitteet jaotellaan yleensä kiinnityksen sekä jarrutyypin mukaan.

#### 3.1 Kiinnitystavan mukaan jaoteltavat

Auton teho voidaan mitata monella tavalla, jolloin myös dynamometrilaitteiden tulee sopia mittaustapaan sekä kiinnitykseen. Erilaisia kiinnitystavan mukaan jaoteltavia ovat alusta-, moottori- ja napadynamometrit.

##### 3.1.1 Alustadynamometri

Alustadynamometri on yleisin käytössä oleva tehonmittauslaite, jossa teho mitataan auton vetävistä pyöristä tai suoraan pyörän navasta. Se koostuu yleensä rullista, joiden päälle auto ajetaan. Auton renkaat ovat joko kahden rullan välissä (kuvio 1) tai yhden rullan päällä (kuvio 2). Teho siirtyy rengaskosketuksen avulla ajorullaan, josta se voidaan mitata. Mittauksessa täytyy ottaa huomioon voimansiirtohäviöt, jotta mittaus olisi luotettava. Dynamometrejä saa monilla eri ominaisuuksilla ja teho voidaan mitata sekä kaksi- että nelivetomalleista.

Laitteissa käytetään yleensä myös jarrua, jonka tarkoituksena on vastustaa moottorin kierrosnopeuden kasvua. Jarrun avulla voidaan suorittaa erilaisia ajotilanteita sekä mitata teho tasaisessa vauhdissa. Jarrutuksen aikana jarrut muuttavat tulevan energian toiseen muotoon, kuten veden tai ilman lämmittämiseksi.

Inertiadynamometrissä käytetään kiinteää massaa, joka syntyy yhden tai kahden ajorullan avulla. Tunnettua massaa kiihdytetään ajoneuvolla mahdollisimman no-

peasti, jolloin dynamometri mittaa ajorullien kiihtyvyyden. Ajorullan kulmakiihtyvyyden sekä tunnetun hitausmomentin avulla saadaan laskettua vääntömomentti. Laitteet ovat yksinkertaisimpia tehonmittauslaitteita, koska erilaisten ajotilanteiden tai tehon mittaaminen tasaisessa vauhdissa ei ole mahdollista. (Borgman 2011; Bettes & Hancock 2008, 12.)

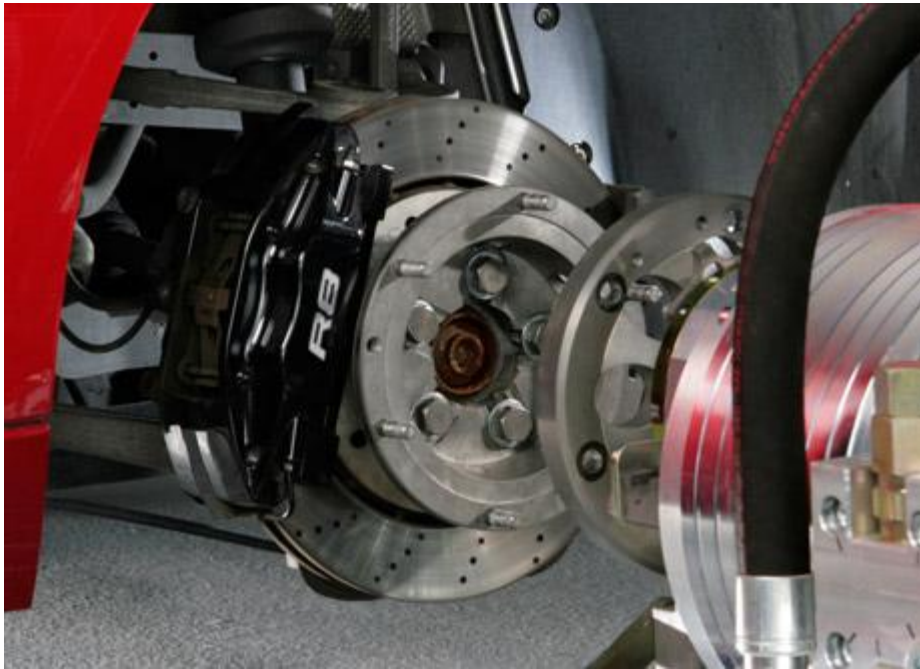


Kuvio 1. Dynamometri, jossa on kaksi rullaa akselia kohden. (Maha 2014.)



Kuvio 2. Dynamometri, jossa on yksi ajorulla. (Maha 2014.)

Napakiinnityksellä olevissa dynamometreissä on omat mittauslaitteet jokaista pyörää kohden. Mittaus tapahtuu suoraan pyörän navasta (kuvio 3). Tällöin muuta kiinnitystä autolle ei tarvita, vaan auto pysyy paikallaan testauksen ajan (kuvio 4). Mittauksen aikana moottorin teho siirtyy dynamometriin ilman luistoa kiinnitystavan ansiosta.



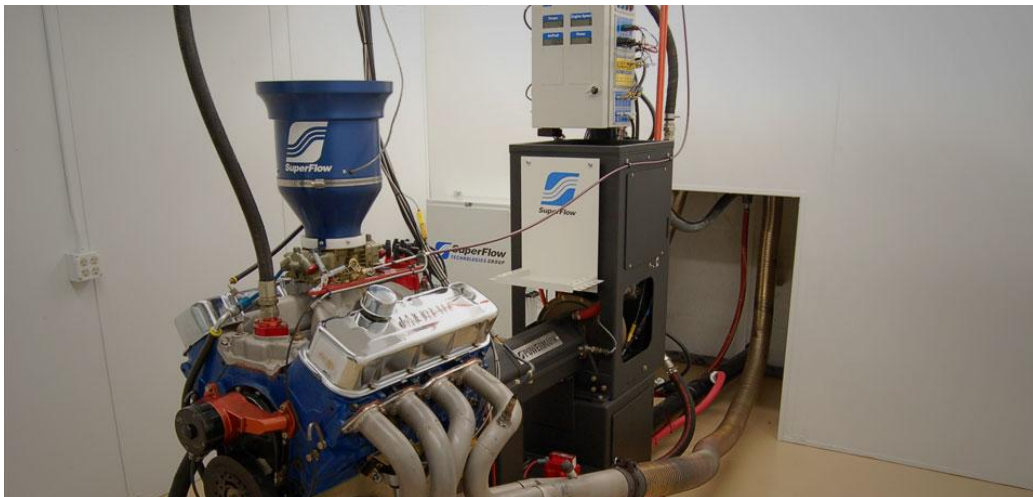
Kuvio 3. Alustadynamometrin napakiinnitys. (Rototest 2014.)



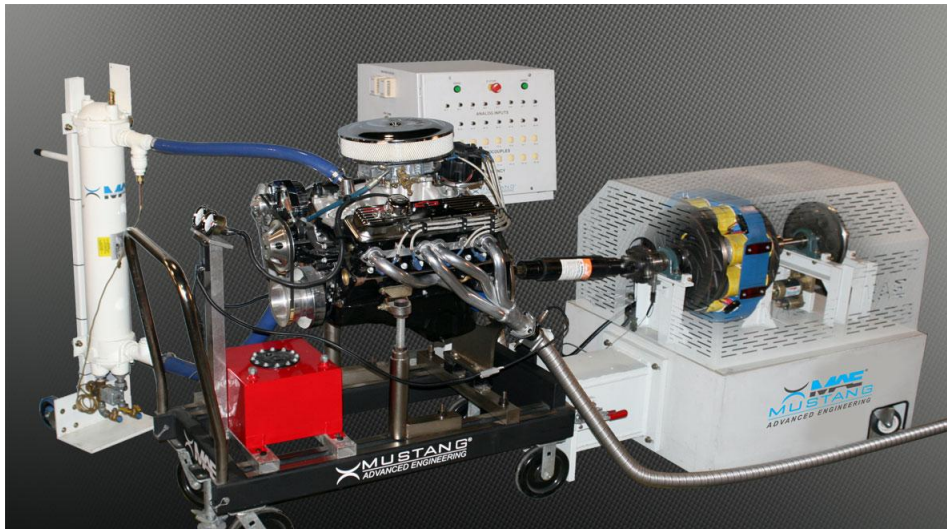
Kuvio 4. Auto alustadynamometrin varassa. (Rototest 2014.)

### 3.1.2 Moottoridynamometri

Moottoridynamometri on penkki, johon moottori apulaitteineen kiinnitetään (kuvio 5). Apulaitteita ovat polttoaine- jäähdytys- ja sähköjärjestelmät. Tätä mittaustapaa käytetään yleensä vähemmän, koska sen käytettävyys on alustadynamometriä hitaampaa sekä kalliimpaa. Menetelmä soveltuu kuitenkin hyvin moottorin pitkäaikaisempaan testaukseen sekä säätämiseen. Teho mitataan suoraan vauhtipyörältä, jolloin voimansiirtohäviöitä ei tarvitse laskea. Mittauksissa käytetään erilaisia jarruja tehon mittaamiseen. Vaihtoehtona voi olla esimerkiksi pyörrevirtajarru (kuvio 6).



Kuvio 5. Moottori on kiinnitetty apulaitteineen dynamometriin. (Superflow 2014.)



Kuvio 6. Pyörrevirtajarrulla varustettu moottoridynamometri. (Mustangdynamometer 2014.)

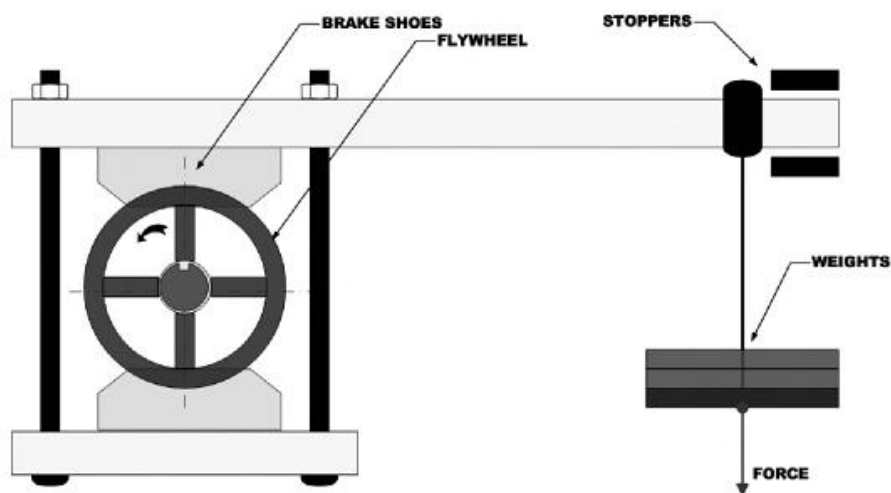


## 3.2 Jarrutyypin mukaan jaoteltavat dynamometrit

Yleisimmät jarrutyypit ovat kitka-, pyörrevirta-, vesipyörre-, sähkö- ja hydrauliiikka-jarrut. Niiden käyttö valitaan yleensä sen mukaan, mikä on tehonmittaustapa. Lisäksi jarrujen ominaisuudet ja toimintaperiaate vaihtelevat paljon.

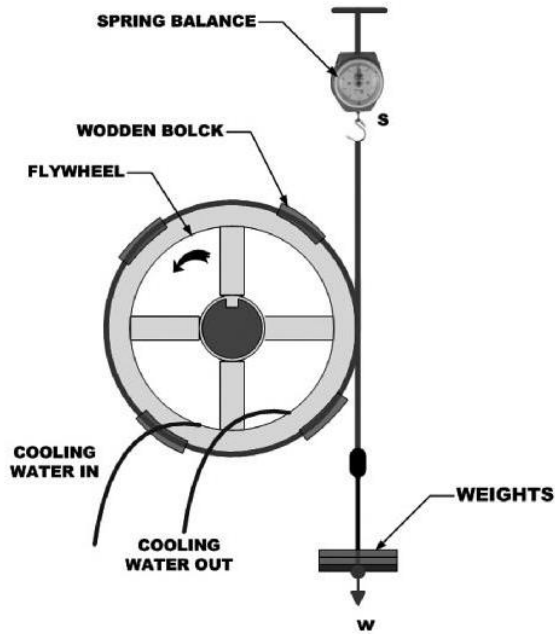
### 3.2.1 Kitkajarru

Ensimmäiset dynamometrit toimivat yksinkertaisella kitkajarrulla. Jarrut olivat nimeltään prony- tai köysijarru. Prony-jarru on mekaaninen kitkajarru, jossa moottorin akselille on kiinnitetty vauhtipyörä (kuvio 7). Tätä vauhtipyörää jarrutetaan puilla jarrupaloilla, jotka ovat sen ympärillä. Jarrutusvoima saadaan mitattua laitteeseen lisättävien painojen avulla. (Killedar 2012, 43–44.)



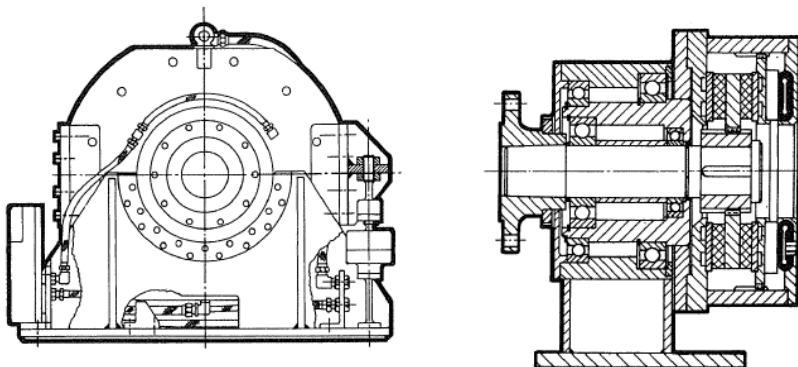
Kuvio 7. Prony-jarru. (Killedar 2012, 43.)

Köysijarru on kehitetty prony-jarrun pohjalle. Köysi on kierretty moottorin akselille kiinnitetyn vauhtipyörän ympäri (kuvio 8). Jarrutus tapahtuu köydessä olevien puun palojen avulla vauhtipyörää vasten. Kitkavoimaa säädetään narun toisessa päässä olevilla painoilla. Köyden toisessa päässä on jousi, jossa on mittakaava. Laitteessa on myös vesijäähdytys kuumenemisen estämiseksi. (Killedar 2012, 45–46.)



Kuvio 8. Köysijarru. (Killedar 2012, 45.)

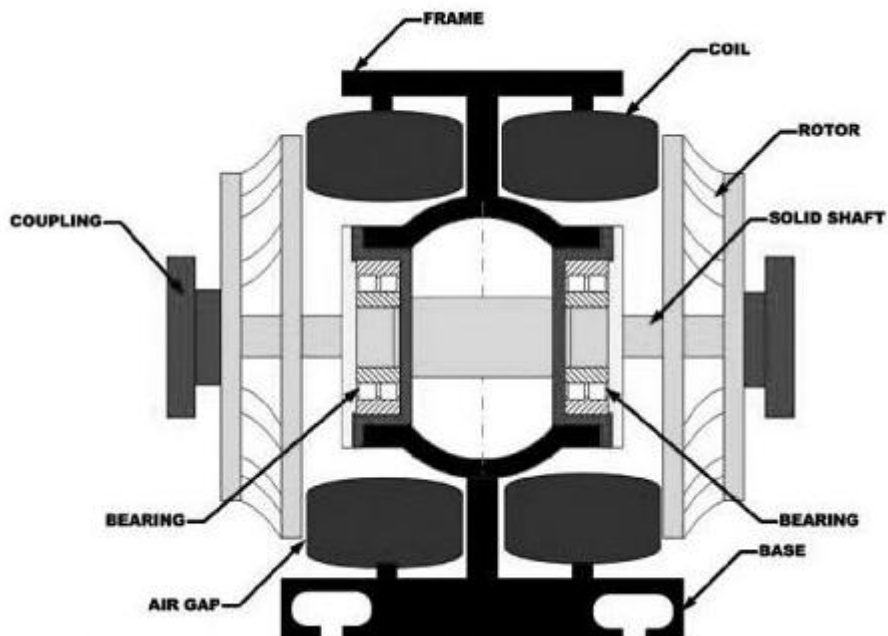
Nykypäivän kitkajarrut on kehitetty alun perin köysijarrusta, jossa on yleensä vesijäähdytys sekä monilevyinen kitkajarru (kuvio 9). Ne ovat rakenteeltaan samanlaisia kuin autoissa, joissa jarrulevyn sekä jarrupalan välinen kitkavoima hidastavat pyörimisliikettä. Menetelmä soveltuu hyvin laitteisiin, joissa on hidas pyörimisnopeus. (Martyr & Plint 2007, 160.)



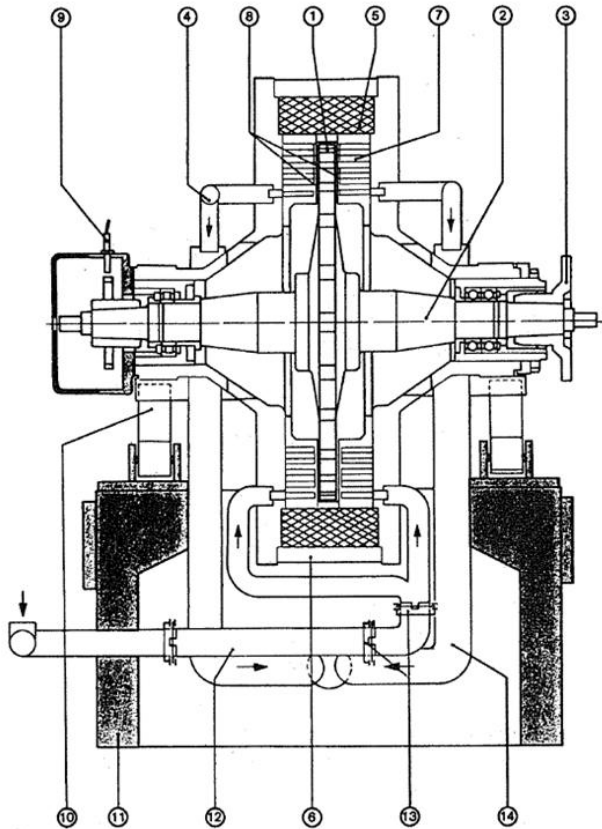
Kuvio 9. Vesijäähdytetty kitkajarru. (Martyr & Plint 2007, 160.)

### 3.2.2 Pyörrevirtajarru

Pyörrevirtajarrun toimintaperiaate perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Jarrussa olevat magnetointikelat synnyttävät magneettikentän, kun niille johdetaan sähköä. Ajourullan käyttöakselille on kiinnitetty roottorit staattorin molemmille puolille (kuvio 10). Jarrutusvoima syntyy roottorin pyöriessä magneettikentän läpi, jolloin siihen indusoituu pyörrevirtoja. Tämä aiheuttaa käyttöakselille jarrumomentin, jolloin myös ajorullat hidastuvat. Jarrutustehoa voidaan säädellä staattorikelojen syöttövirtaa sekä roottorin ja staattorin ilmaväliä muuttamalla. Syöttövirran säätelyminen mahdollistaa myös nopeita kuormitustilannemuutoksia. Jarrutuksen aikana syntyy lämpöä, joka täytyy jäähdyttää esimerkiksi vesikierrolla (kuvio 11). Toinen yleinen jäähdytystapa on ilmavirta, joka tuotetaan roottorissa olevien ripojen avulla (kuvio 10). Tyypillisesti jarru laakeroidaan pääakselille, jotta laite voidaan varustaa venymäliuska-anturilla tukivoimasignaalin saamiseksi. Pyörrevirtajarruja on valmistettu paljon erikokoisia ja alustadynamometreissä niitä käytetään, kun pyörimisnopeus on 2000- 5000 kierrosta (kuvio 12). (Martyr & Plint 2007, 158–160 ; Borgman 2011, 10–11 ; Bosch 2003, 749.)



Kuvio 10. Ilmajäähdytetty pyörrevirtajarru kahdella roottorilla. (Killedar 2012.)



Kuvio 11. Vesikierrolla varustettu pyörrevirtajarru. (Martyr & Plint 2007.)

Selitteet Kuvion 3 numeroiduille komponenteille:

1. Roottori
2. Roottorin akseli
3. KytKentä laippa
4. Veden ulostulo termostaatilta
5. Heräte käämi
6. Dynamometrin kotelointi
7. Jäähdytyskammio
8. Ilma väli
9. Nopeusanturi
10. Joustava tuki
11. Perustus
12. Veden sisääntulo
13. Liitos
14. Veden ulostulo putki

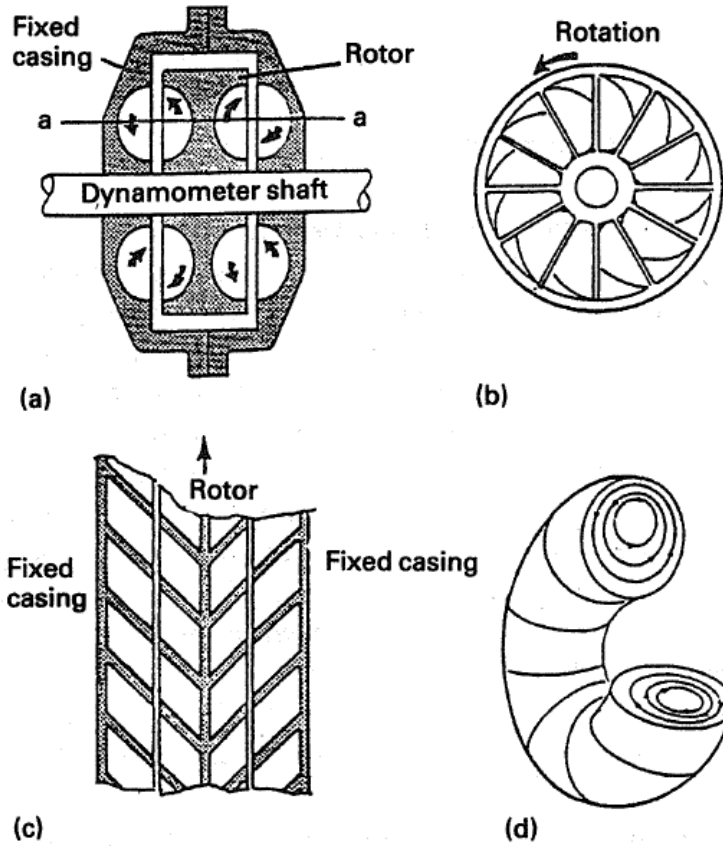


Kuvio 12. Pyörrevirtajarruja on saatavana erikokoisina. (Dyno-mite 2014.)

### 3.2.3 Vesipyörrejarru

Vesipyörrejarrun toiminta perustuu pyörivään vesimassaan, joka pyöriessään synnyttää vastustavan voiman. Jarrun akseliin on kiinnitetty turbiini, joka on vesitiivissä kotelossa. Kotelon sisällä on vesi sekä syvennyksiä. Akselia pyöritettäessä turbiinin siivet sekä koteloinnin syvennykset synnyttävät pyörivän vesimassan (kuvio 13). Kuviossa 13 a-kohta on läpileikkaus jarrusta ja b-kohta kuvaa pyörimissuuntaa. Kohdassa c on turbiinin ja koteloinnin läpileikkauskuva, jolla havainnollistetaan, kuinka ne liikkuvat toisiinsa nähden. Kuvion d-kohta on kuvaus vesimassaan syntyvästä pyörteestä. Tästä syntyvä vääntö vastustaa akselin pyörimistä sekä pyrkii liikuttamaan kotelointia, josta voima saadaan mitattua anturin avulla. Jarrutusvoimaa säädellään veden korkeutta muuttamalla. Jarrussa on myös jäähdytys lämpötilan nousemisen estämiseksi, mikä tapahtuu vesikierron avulla. Alkuaikoina vesipyörrejarrujen käyttö tarkasti oli vaikeaa, mutta nykypäivänä sähköohjatut

venttiilit ovat parantaneet asiaa huomattavasti. Lisäksi materiaalien kehittyminen on auttanut veden lämpötilan hallitsemisessa. (Martyr & Plint 2007, 154–158 ; Bettes & Hancock 2008, 12.)



Kuvio 13. Vesipyörrejarrun toimintaperiaate. (Martyr & Plint 2007.)

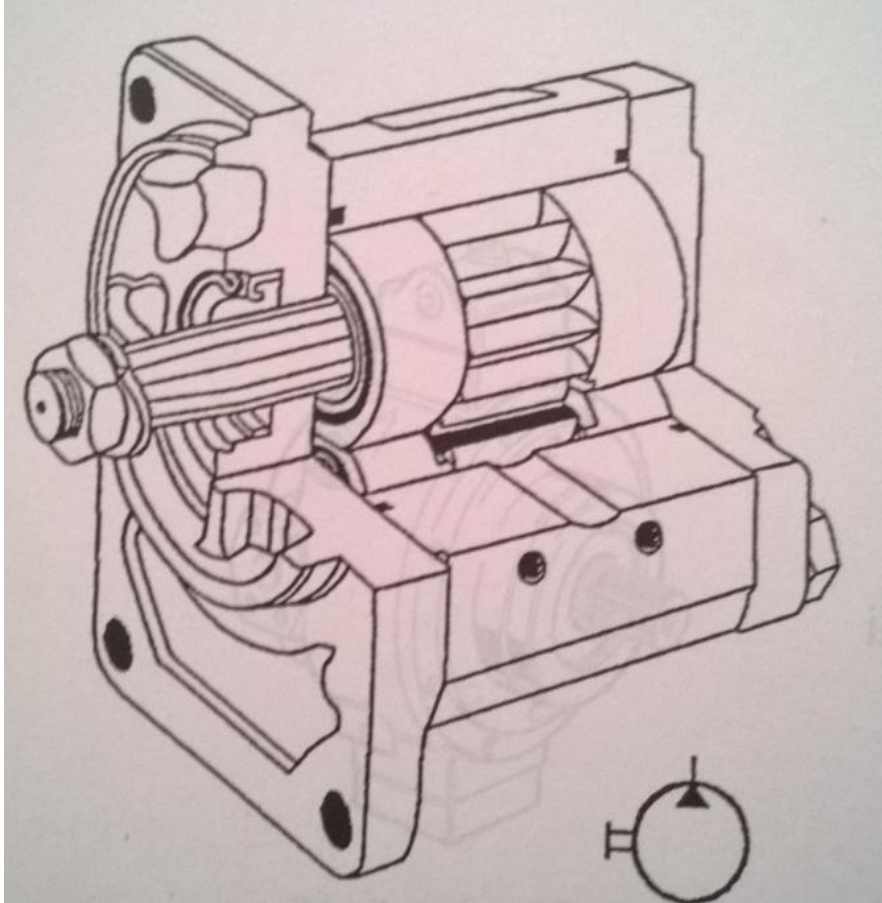


Kuvio 14. Dyno-miten vesijarrut erikokoisina. (Dyno-mite 2014.)

### 3.2.4 Hydraulikkajarru

Hydraulinen jarru koostuu hydraulikkapumpusta tai moottorista (kuvio 15). Tämän järjestelmän etuja ovat täyden väännön tuottaminen alhaisille kierroksille asti sekä se, ettei jarru ole sähkölaite. (Martyr & Plint 2007, 160.)

Pumpun tilavuusvirtaa kuristamalla saadaan aikaan pumpun paineen kasvu, jolloin tästä syntyvä voima vastustaa pyörimisliikettä. Jarruvoiman syntymiseen vaikuttaa paine sekä kierrosnopeus. Järjestelmä vaatii myös jäähdytyksen, koska öljy lämpenee paineen noustessa. (Rototest 2014.)

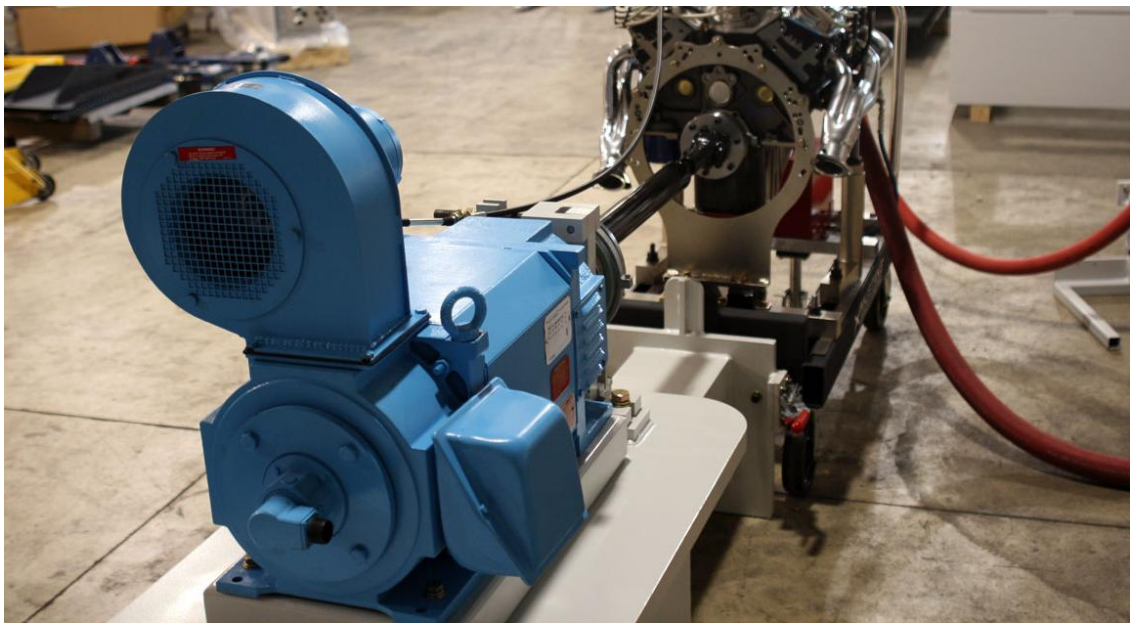


Kuvio 15. Halkileikattu hammaspyöräpumppu. (Keinänen & Kärkkäinen 2003.)



### 3.2.5 Sähköjarru

Sähköisten dynamometriä yleisin piirre on voiman muuttaminen sähköiseksi energiaksi. Tuotettu energia voidaan ottaa talteen ja käyttää johonkin laitteeseen tai se voi muuttua lämmöksi, joka siirtyy jäähdytyksen kautta veteen tai ilmaan. Sähkömoottorin sekä generaattoridynamometrin jarruna on vaihto- tai tasavirtasähkömoottori (kuvio 16). Moottori toimii generaattorina, joka tuottaa sähköä. Jarrutettava momentti saadaan laskettua generaattorin kuormituksen sekä sähkömoottorin hyötysuhteen avulla. Laitteet ovat suosittuja testauspaikoissa, joissa testit kestävät useita tunteja. (Martyr & Plint 2007, 160–161 ; Bettes & Hancock 2008, 18–19.)

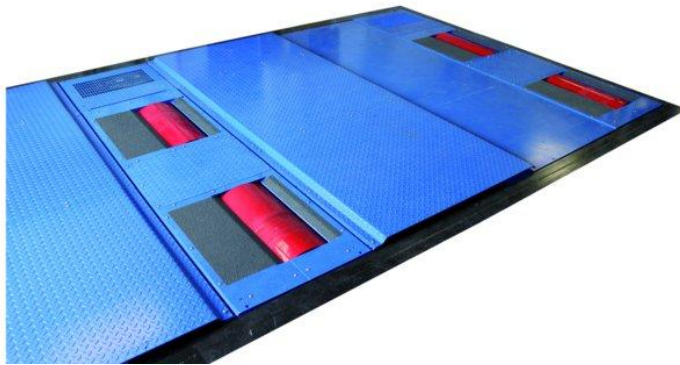


Kuvio 16. Tasavirta dynamometri kiinnitettynä moottoriin. (Mustang dynamometer 2014.)

## 4 MARKKINOILLA OLEVAT ALUSTADYNAMOMETRIT KAHDELLA AKSELILLA

### 4.1 Maha MSR500 4WD

Mahan valmistama MSR500 on alustadynamometri nelivetoisille ajoneuvoille (kuvio 17). Dynamometrillä voidaan tehdä paljon erilaisia mittauksia sekä simuloida erilaisia ajotilanteita. Ulkoista mittausdataa saadaan lämpötilasta, paineesta, ympäristön kosteudesta sekä imuilman lämpötilasta. Lisäksi laitteessa on paljon muita tallennusmahdollisuuksia muille mittaustiedoille. Kaukosäädöllä varustetulla dynamometrillä voidaan hallita testilaitetta sekä muita laitteita, kuten puhallinta. Jarrutusvoima tuotetaan pyörrevirtajarrujen avulla, joita on saatavana kahdesta neljään kappaletta. Rullien etäisyyden säätö on toteutettu hydraulisesti. Mittaustarkkuus on plus miinus kaksi prosenttia. Suurin testinopeus on 300 kilometriä tunnissa sekä suurin pyöräteho 260 kilowattia (Maha 2014).

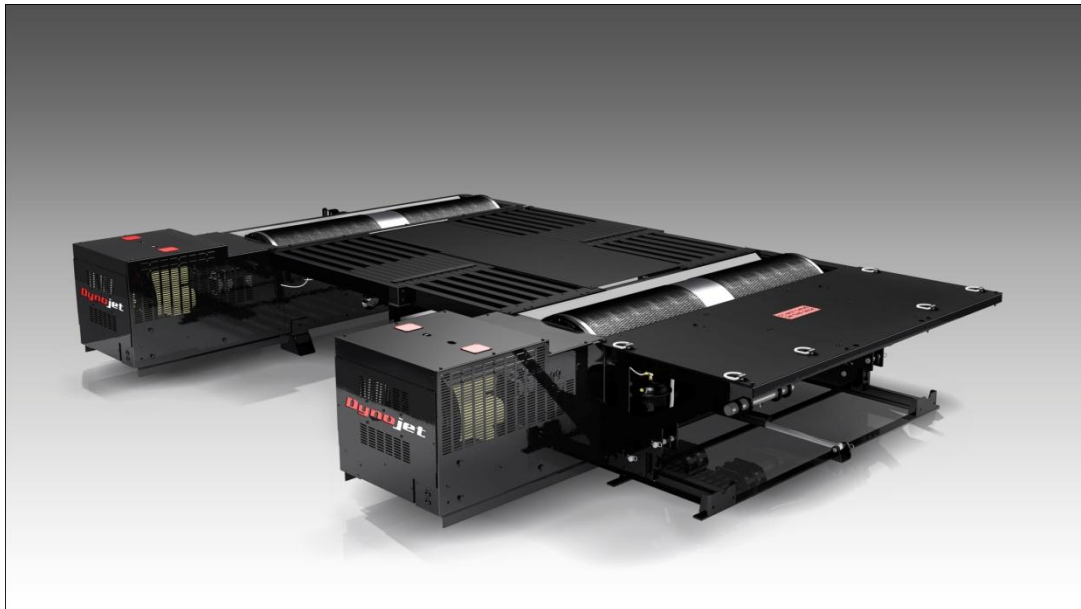


Kuvio 17. Maha MRS500 alustadynamometri. (Maha 2014.)

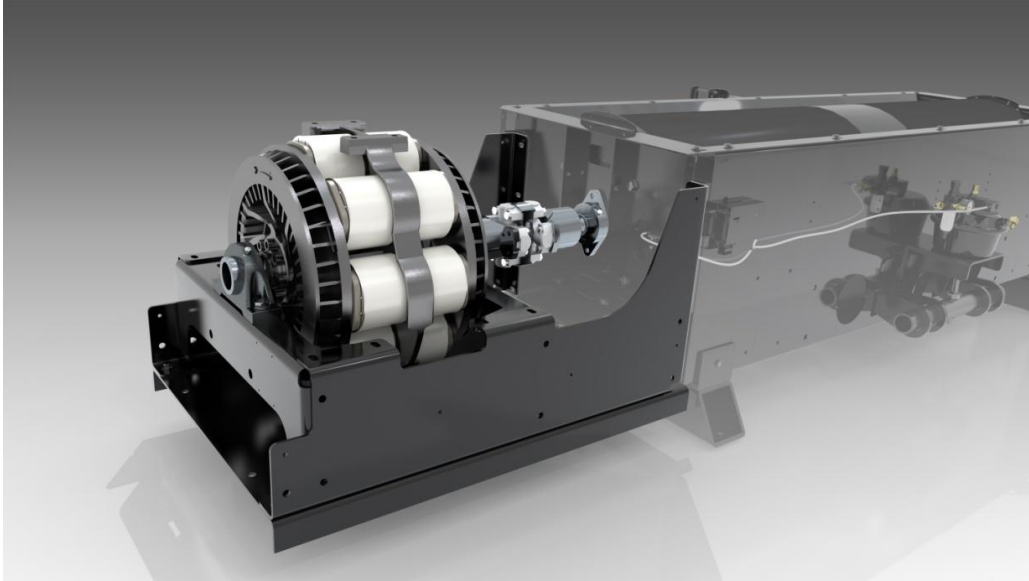
## 4.2 Dynojet 424xLC2

Dynojetin valmistama 424xLC2-alustadynamometri on varustettu kahdella rullalla, joka mahdollistaa nelivetoisten autojen testaamisen (kuvio18). Laitteella on mahdollista testata myös kaksivetoisia ajoneuvoja. Jarrutehon tuottavat pyörrevirtajarrut, joita on yksi ajorullaa kohden (kuvio 19). Dynamometrillä voidaan mitata jopa noin 1500 kilowatin tehoisia ajoneuvoja. Maksimi huippunopeus laitteella on 321 kilometriä tunnissa. Lisäksi sillä pystytään hallitsemaan noin 1200 kilowatin teho-  
piikkejä ja tämän ansiosta se on tehokkain kuormituksenvalvontadynamometri markkinoilla. Akselivälin säätö onnistuu kaukosäädöllä, mikä mahdollistaa renkaiden tasaisen kosketuspinnan ajorulliin. Lisäksi ajorullien suuri halkaisija tarjoaa lähes tasaisen ja vakaan pinnan renkaan kosketukselle. Tämän avulla renkaiden tarpeettomat luistot sekä muodonmuutokset saadaan poistettua (Dynojet 2014.)

Tehot mitataan molemmista rummuista, jolloin tehot voidaan näyttää yhdessä tai erikseen. Dynamometriin on mahdollista saada myös mekaaninen linkki, jolla rullien pyörimiserot saadaan poistettua (Dynojet 2014.)



Kuvio 18. Dynojet 424xLC2-alustadynamometri. (Dynojet 2014.)



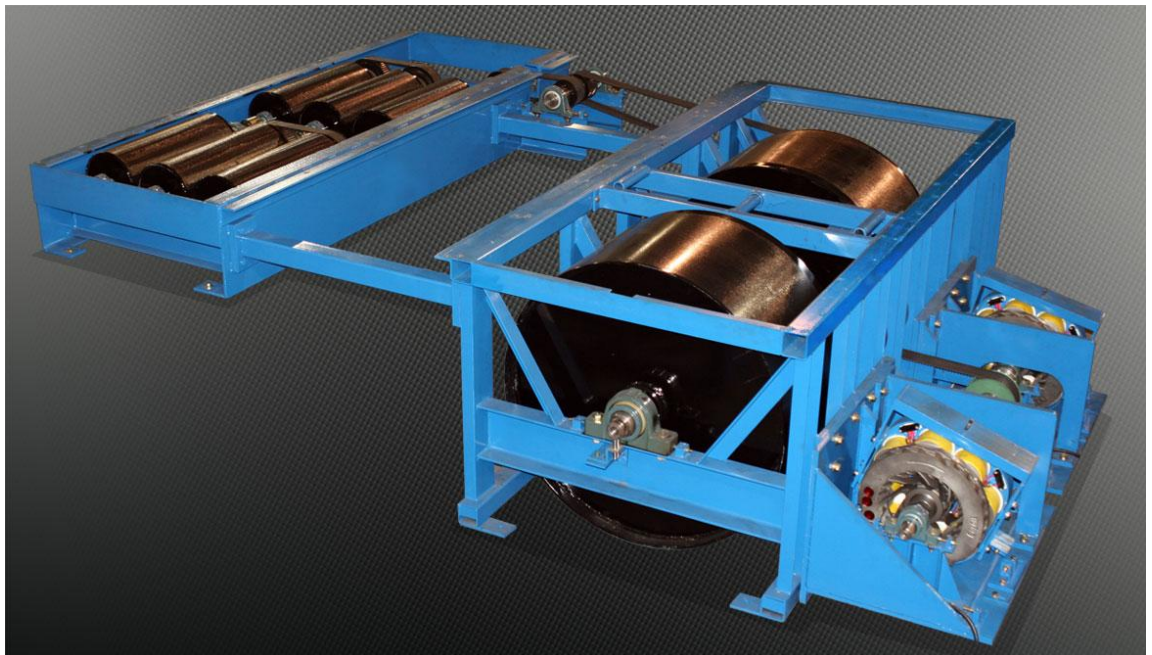
Kuvio 19. Dynamometrissä oleva pyörrevirtajarru. (Dynojet 2014.)

### 4.3 Mustang-dynamometrit

Amerikkalaisella Mustang-dynamometriä valmistajalla on useita malleja neliveistöisten autojen testaukseen. Mallit vaihtelevat rullien lukumäärän, koon, ominaisuuksien ja käyttötarkoitusten mukaan. Eri malleja on yhteensä seitsemän. MD-AWD-1750-mallissa on kaksi isoa rullaa takana sekä edessä kolme pienempää rullaa molemmilla puolilla (kuvio 21). Jarrutus tapahtuu kahdella pyörrevirtajarrulla, joiden teho riittää noin 900 kilowattiin. Jarrut sekä rullat ovat linkitetty mekaanisesti toisiinsa, jolloin rullat pyörivät samalla nopeudella (kuvio 20). Tämä estää mahdolliset voimansiirtoon syntyvät ongelmat. Dynamometriin mahtuu ajoneuvot, joiden akseliväli on 2–3,4 metriä. Ilmakäyttöisten liittimien avulla mittaus voidaan vaihtaa myös kaksivetoisille ajoneuvoille. (Mustang dynamometer 2014.)



Kuvio 20. Ajourullien sekä pyörrevirtajarrujen linkityksellä varustettu dynamometri. (Mustang dynamometer 2014.)



Kuvio 21. Mustangin AWD-1750-dynamometri. (Mustang dynamometer 2014.)

#### 4.4 Rototest

Rototest on ruotsalainen alustadynamometrien valmistaja, joka perustettiin vuonna 1988. Yhtiön alkuvaiheessa yritys kehitti, testasi ja patentoi uudenlaisen napakiinnitystyyppisen alustadynamometrin. Tuotantoon kuuluu nykypäivänä napakiinnitys-dynamometrit sekä mittausjärjestelmät. Toimintaperiaatteet perustuvat hydraulisiin sekä sähköisiin alustadynamometreihin (kuvio 22). Tuotteita käytetään useissa tunnetuissa yrityksissä sekä akateemisissa instituuteissa ympäri maata. Kiinnitystapansa ansiosta mittauksen aikana ei esiinny luistoa tai muita pyörintähäviöitä, jotka vaikuttaisivat mittaustuloksiin. Lisäksi muita etuja tavalliseen rullatyyppiseen dynamometriin ovat turvallisuus, mittaustarkkuus, tehonkesto sekä liikuteltavuus. (Rototest 2014.)

Hydraulisen alustadynamometrin malli on Rototest VPA-RX ja sitä saa kaksi- tai nelivetomallina (kuvio 23). Nelivetoisen version maksimi tehon mittaus ylittää 2240 kilowattiin ja maksimi vääntömomentti 9600 Newton-metriin. Ajoneuvon maksimi nopeus voi olla 305–400+ kilometriä tunnissa. Laitteen mittaus tarkkuudet ovat vääntömomentissa  $< 1\%$  mitatusta arvosta sekä nopeuden epätarkkuus 0,1 kierrosta minuutissa. (Rototest 2014.)



Kuvio 22. Rototestin sähköinen dynamometri. (Rototest 2014.)



Kuvio 23. VPA-RX hydraulinen dynamometri. (Rototest 2014.)

## 5 VALMISTAJIEN VAATIMUKSET TEHODYNAMOMETRILLE

Dynamometrien käytössä sekä hankkimisessa täytyy ottaa huomioon laitteelle asetetut vaatimukset. Ne liittyvät yleensä käyttöön, asennukseen sekä turvallisuuteen. Vaatimukset määräytyvät valmistajan mukaan ja jokaisella on omat säädökset. Niiden noudattaminen kannattaa ottaa hyvin huomioon, koska väärinkäyttö voi aiheuttaa hengenvaaran sekä laitteen hajoamisen.

### 5.1 Maha

MAHA Maschinenbau Haldenwang on saksalainen yritys, joka on perustettu vuonna 1969. Yritys valmistaa dynamometrejä, autonostimia ja testilaitteita. Lisäksi tuotevalikoima kattaa autojen, hyötyajoneuvojen sekä maatalouskoneiden sovellukset työpajoissa. Laatuvaatimuksiltaan Maha täyttää korkeimmat vaatimukset sekä laitteet ovat kestäviä ja luotettavia. Yritys tarjoaa myös monipuolisia ohjelmistosovelluksia Internet-testausjärjestelmiin, johon kuuluvat konsulttipalvelut suunnitteluun ja toteutuksiin rakennushankkeissa sekä lähtöselvitykset. Maha on edustettuna yli 150 maassa ja se työllistää yli 1200 henkilöä maailmanlaajuisesti. (Maha 2014.)

Yrityksen asiakkaisiin kuuluu ajoneuvojen työpajoja, tarkastuslaitoksia, ajoneuvojen valmistajia ja kansalaisjärjestöjä. Yhtiö tarjoaa räätälöityjä ratkaisuja yksilöllisiin tarpeisiin. Tuotteiden kehittäminen sekä valmistus ovat Saksassa, mikä mahdollistaa korkeat laatuvaatimukset. (Maha 2014.)

#### 5.1.1 Vaatimukset lämpötilojen suhteen

Maha käyttää seuraavaa laskentamallia diesel- ja bensiinimoottoristen ajoneuvojen testauspaikasta. Käytetyn polttoaineen energia on laskennassa 100 %, joka jakautuu seuraavasti: (Tecalemit tuoteinfokortti 2009.)

- P1 = 29 %



- P2 = 23 %
- P3 = 20 %
- P4 = 14 %
- P5 = 14 %
  
- P1 = Moottorin teho (mekaaninen). Moottorin hyötysuhde koko kierrosalueen
- P2 = Lämpövirta moottorin kuumien pintojen kautta
- P3 = Jäähdyttimen lämpövirta (ilma mikä kulkee ajoneuvon jäähdyttimen läpi)
- P4 = Lämpövirta ajoneuvon pakokaasujärjestelmän pinnalta
- P5 = Lämpövirta pakokaasuista

Testitilan lämpökuorma saadaan laskettua seuraavalla tavalla (20) (Tecalemit tuoteinfokortti 2009.)

$$P1 + P2 + P3 + P4 \quad (20)$$

Moottorin tuottama teho P1 muutetaan pyörrevirtajarrulla lämmöksi. Pakokaasujen lämpökuormaa ei oteta huomioon, koska sen lämpö imetään pakokaasun järjestelmän avulla pois. (Tecalemit tuoteinfokortti 2009.)

Lämpötehon jakautumiselle on määritetty kertoimet, jotka ovat seuraavanlaiset. (Tecalemit tuoteinfokortti 2009.):

- moottorin teho 1
- lämpövirta moottorin kuumien pintojen kautta 0.8
- jäähdyttimen lämpövirta 0.7
- lämpövirta pakokaasujärjestelmästä 0.5.

Testitilan lämpökuorma saadaan laskettua näiden tietojen avulla seuraavasti.

$$1+0.8+0.7+0.5 = 3$$

Tämä tarkoittaa, että moottorin teho kerrottuna kolmella on testitilan lämpökuorma. Kerrointa saadaan pienennyttyä, jos pyörrevirtajarrun lämpö saadaan poistettua erillisellä ilmanvaihdolla. Seuraavaksi esimerkki, kuinka lämpökuorma saadaan laskettua. (Tecalemit tuoteinfokortti 2009.)

- Moottorin teho P1 on 760 kW.
- Lämpövirta moottorin kuumien pintojen P2 kautta on  $(0.8 \times 760)$  608 kW.
- Jäähdyttimen lämpövirta P3 on  $(0.7 \times 760)$  532 kW.
- Lämpövirta pakokaasujärjestelmästä P4 on  $(0.5 \times 100)$  380 kW.

Testitilan lämpökuormaksi saadaan yhteensä 2280 kW. Laskennassa on käytetty kerrointa kolme. Kertoimella kaksi tulos olisi 1520 kW.

Mittauksissa käytetään myös testausaikoja, jotta lämpötila ei nousisi liian suureksi. Henkilöautoille normaali testausaika on 1,5 minuuttia ja kuorma-autoille 3-4 minuuttia. (Tecalemit tuoteinfokortti 2009.)

Mahan asettamat minimivaatimukset ajoneuvojen jäähdytykselle ovat ilmamäärä 25 000 m<sup>3</sup>/h sekä ilman nopeus >90 km/h. Lisäksi ajoneuvon alustaa täytyy jäähdyttää. (Tecalemit tuoteinfokortti 2009.)

### 5.1.2 Vaatimukset pakokaasun poistolle

Pakokaasun määrä riippuu testattavan ajoneuvon moottorin koosta, kierrosnopeudesta sekä sytytystavasta (kipinä vai itsesytyminen). Poistettavan pakokaasun määrä lasketaan seuraavalla kaavalla (21) (Tecalemit tuoteinfokortti 2009.)

$$V = Vh * n * 0,0363 * 1,2 \quad (21)$$

missä

$V$  on vaadittava ilman määrä (m<sup>3</sup>/h)

$Vh$  on testattavan ajoneuvon moottorin koko (l)

$n$  on testattavan ajoneuvon moottorin kierrosnopeus (kierrosta/minuutti)

0,0363 on korjauskerroin

1,2 on tuoreen ilman määrä (20 %)

Seuraavaksi esimerkkilasku poistettavan pakokaasun määrästä. Laskussa käytetään edellä mainittua kaavaa (22). Ajoneuvo on henkilöauto, jossa moottorin litratilavuus on 3 sekä kierrosnopeus 3000. (Tecalemit tuoteinfokortti 2009.)

$$V = 3.0 * 3000 * 0,0363 * 1,2 \quad (22)$$

$$V = 392,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kaavassa voidaan ottaa myös huomioon lämpötila, jolloin laskenta tapahtuu seuraavalla tavalla (23). (Tecalemit tuoteinfokortti 2009.)

$$V = Vh * n * 0,0363 * 1,2 * t(K, ^\circ C/273) * \lambda \quad (23)$$

missä

$t$  on lämpötila

$\lambda$  kerroin, joka ilman turboa 0,9 ja turbolla 1,9

### 5.1.3 Vaatimukset ilmanvaihdolle

Testitilan ilmanvaihtoon vaikuttaa useita tekijöitä, jotka ovat moottoriteho, mittaus-ten määrä, testitilan lämpötilan nousu, testitilan koko sekä testitilan seinien lämmönsitomiskyky. (Tecalemit tuoteinfokortti 2009.)

Riittävä ilmanvaihto on tärkeä perusedellytys onnistuneen mittauksen suorittamiseen sekä ajoneuvon vaurioiden ehkäisemiseksi. Saksan lainsäädännössä on määrätty testitilan vaihtuvuudesta seuraavasti. (Tecalemit tuoteinfokortti 2009.)

- testitila alle 100 m<sup>2</sup> -> 10–15 kertaa /tunti

- testitila yli 100 m<sup>2</sup> -> 5–8 kertaa/tunti

Käytännössä tämä tarkoittaa, että esimerkiksi noin 100 m<sup>2</sup>:n testitila vaatii noin 5000 m<sup>3</sup>/h ilmanvaihdon. (Tecalemit tuoteinfokortti 2009.)

## 5.2 Dynojet

Dynojet on amerikkalainen polttoaine- ja sytytyslaitteiden sekä tehodynamometri- en valmistaja, joka on perustettu vuonna 1972. Dynojet valmistaa sekä kehittää tuotteita, joiden tarkoitus on parantaa suorituskykyä. Tuotevalikoimaan kuuluu esimerkiksi alustadynamometrejä sekä moottoripyörille tarkoitettuja mittauslaitteita. (Dynojet 2014.)

Dynojetin lämpötilavaatimukset käyttötilanteessa ovat 10–50 astetta. Vastaavasti varastointi lämpötilat ovat 0–70 astetta. Hyvässä dynamometrihuoneessa on jäähdytystuuletin sekä pakokaasun poisto. Laitteen asennuksessa on otettava huomioon dynojetin asennusmitat sekä turvallisuus. Lisäksi laitekohtaisia vaatimuksia on esimerkiksi paineistetun ilman suhteen.

## 5.3 Mustang-dynamometrit

Mustang dynamometer on amerikkalainen yritys, joka on perustettu vuonna 1975. Yritys valmistaa alustadynamometrejä, joilla voidaan testata etu-, taka- ja neliveitoiset ajoneuvot. Tuotannosta löytyy myös moottoripyörien sekä mönkijöiden testauslaitteita. Tarjolla on paljon erilaisia alustadynamometrejä käyttötarkoituksen mukaan. Lisäksi yritys tuottaa erilaisia pyörrevirtajarrulla varustettuja moottoridynamometrejä. (Mustang dynamometer 2014.)

Minimivaatimukset laitteen asennukselle ovat seuraavanlaisia. Laitteen upottaminen maahan vaatii hyvin erityisiä mittoja ja tästä syystä suositellaan ammattilaisen

suorittavan työn. Sähkövaatimukset riippuvat siitä, millainen malli on kyseessä. Paineistetun ilman täytyy olla vähintään 80–120 psi. Lisäksi paineilmajärjestelmässä täytyy olla kuivain sekä säädin, jotka on asennettu pääsyöttölinjaan. Säädin tulee olla asetettu arvoon 80 psi. Dynamometrihuone tulee olla varustettuna myös tehokkaalla ilmanvaihtojärjestelmällä, joka ohjaa pakokaasut ulkoilmaan. Lisäksi pakokaasunpoistoaukkojen täytyisi soveltua kaikentyypisille ajoneuvoille. Ajoneuvon kiinnitys ketjuilla tai liinoilla käytön aikana on välttämätöntä. Laitteen ympärillä täytyy olla myös tilaa, joka määräytyy sen mukaan, mikä malli kyseessä. (Mustang dynamometer 2014.)

## 6 TEHODYNAMOMETRIÄ KÄYTTÄVIEN YRITYKSIEN HAASTATTELUT

Dynamometriä käyttävien yritysten haastattelujen tarkoituksena oli saada selville heidän mielipiteitä hyvästä dynamometritilasta sekä muista suunnitteluun liittyvistä asioista. Haastattelut tehtiin kolmeen yritykseen, jotka olivat AJ Tech, Moonlight motorsport ja Sporttiauto. Kyseisillä yrityksillä oli kaikilla käytössä alustadynamometri.

### 6.1 AJ Tech

Käytössä oleva laite on rullamallinen alustadynamometri, jota käytetään pääosin auton säätämiseen. Laitteessa on kaksi rullaa takana ja jarruna toimii pyörrevirtajarru (kuvio 24). Dynamometrin on asennettu lattian pinta tasoon. (Järvi 2014.)

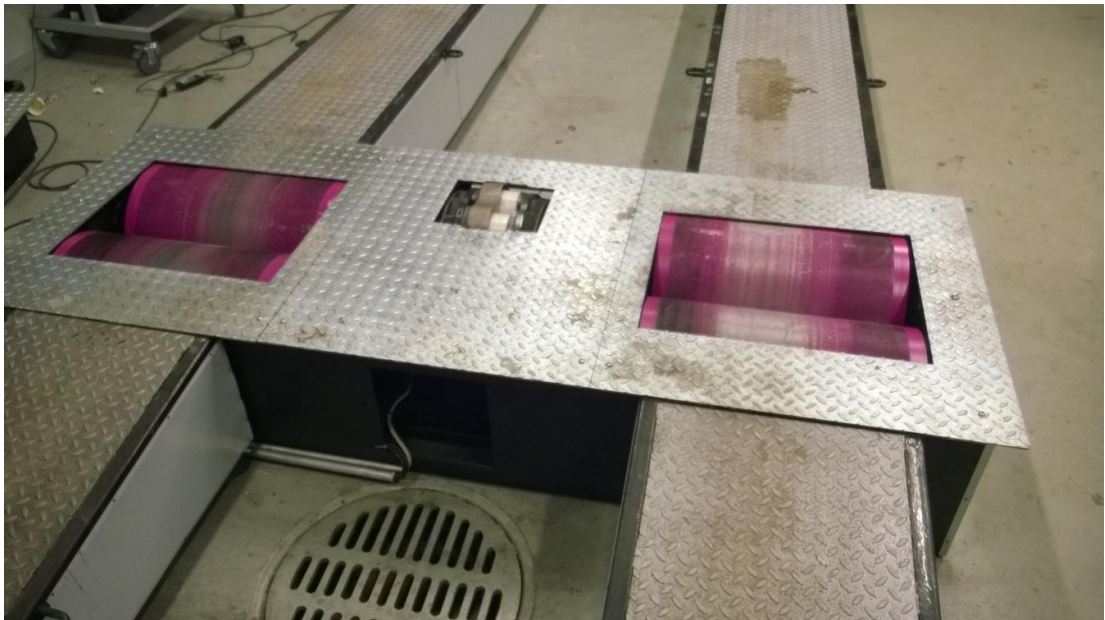
Tehodynamometrin tulee olla jarrullinen, jolla pystyy kuormittamaan ajoneuvoa. Vesijarrua hän ei mielellään ottaisi, koska veden jäähdytys vaatii ison järjestelmän sekä tilan. Pinta-asennuksen hyviä puolia on kiinnityksen helppous ja veto saadaan kohdistettua myös alaspäin. Mahdollisten vuotojen havaitseminen sekä niiden siivoaminen on myös helpompaa. (Järvi 2014.)

Kahdella rullalla oleva dynamometri helpottaa ajoneuvon kiinnittämisessä ja paino jakautuu paremmin kuin yhdellä rullalla oleva dynamometri. Rullien täytyy olla rihlatut, mikä auttaa pidossa sekä vähentää melua. Lisäksi niissä täytyy olla inertiaa eli massaa, ettei ajoneuvo ole pelkän jarrun varassa. Rullien on myös hyvä olla yhdistettynä toisiinsa, jolloin ne eivät pyöri vapaasti toisiinsa nähden. Tällöin käytössä on enemmän massaa. (Järvi 2014.)

Dynamometriohjelmiston on hyvä olla sellainen, että se toimii hyvin yhteen muiden ohjelmistojen kanssa. Lisäksi kannattaa ottaa huomioon laitteessa käytettävät mitauksen korjausarvot ja miten valmistajat niitä käyttävät. (Järvi 2014.)

Huoneessa täytyy olla tehokas ilmanvaihto ja pakokaasun poisto, koska pakokaasut ja lämmin ilma vaikuttavat mittaustuloksiin. Pakokaasun poisto on hyvä tehdä suoraan putken päästä. Ilmanvaihto tulee olla koko huoneessa, jolloin lämmin ilma sekä loput pakokaasut saadaan poistettua. Ajoneuvon jäähdytys on myös tärkeää ja jäähdytysilman tulee olla happipitoista. (Järvi 2014.)

Säätämisen ja mittaamisen suorittaminen tulee olla helppoa. Tarvittavat näytöt sekä näppäimet tulee olla hyvin esillä. Lisäksi tarvittavien tietojen saaminen mittaukseen on hyvä tehdä mahdollisimman helpoksi, kuten moottorinpyörintänopeus tai lambda arvo. Työn täytyy pystyä tekemään myös yksin. (Järvi 2014.)



Kuvio 24. AJ Teckin pinta-asennettu alustadynamometri.

## 6.2 Moonlight motorsport

Käytössä oleva alustadynamometri on varustettu kahdella rullalla akselia kohden ja sitä käytetään ajoneuvon tehonmittaukseen sekä ohjelmointiin. Laite on upotettu lattiatasoon ja jarruna toimii pyörrevirtajarru. (Puurunen 2014.)

Dynamometrini täytyy olla jarrullinen, jolloin ajoneuvoa saadaan kuormitettua. Inertia-dynamometri ei sovellu hyvin tehonmittaukseen. Asennustapana on ehdottomasti upotus, jolloin kiinnitys ja käytettävyys on helppoa. Laite pysyy myös hyvin paikallaan upotettuna lattiaan. Dynamometrini jarrutyypinä pyörrevirtajarru on hyvä vaihtoehto. Sen ohjelmoitavuus sekä käytettävyys ovat helppoja. Lisäksi tehonmittaukset pyörrevirtajarrulla ovat todella tarkkoja. (Puurunen 2014.)

Rullien tärkeitä ominaisuuksia ovat koko ja rihlaus. Rihlaus parantaa pitoa huomattavasti. Pinnoitettujen rullien pinta kuluu helposti pois, jolloin niistä tulee liukkaat ja luistoa syntyy helpommin. Pienin rullan koko saa olla 13 tuumaa ja mitä isommat rullat ovat sen parempi. (Puurunen 2014.)

Jäähdytyksen merkitys mittaustulokseen on suuri, jolloin siihen panostaminen kannattaa. Imuilman lämpeneminen vaikuttaa moottoritehoon laskevasti. Hyvä jäähdytyspuhallin on keskipakovoiman tyyppinen, joka tuottaa suuren ilmamäärän sekä puhaltimen ulostuloaukko on jäähdyttimille sopiva. Potkurimalliset puhaltimet tuottavat ilmanvirran suurelle alalle, jolloin niiden jäähdytysteho ei ole hyvä. (Puurunen 2014.)

### **6.3 Sporttiauto**

Sporttiautolla on käytössä rulla tyyppinen alustadynamometri ja he keskittyvät ajoneuvojen viritykseen ja säätämiseen (kuvio 25). Vastus muodostetaan heidän alustadynamometrissä pyörrevirtajarrulla, joita on yksi akselia kohden. Jarruvoima on riittänyt hyvin ja pyörrevirtajarru ei ole kuumentunut, vaikka tehokkaampiakin autoja mitattu. (Niemi 2014.)

Dynamometrini on hyvä olla rulla tyyppinen, koska kiinnitys on nopeaa ja helppoa. Lisäksi sen tulee olla pinta-asennettu, koska kiinnitys ja auton alle näkeminen on helpompaa sekä auttaa pitämään paikat puhtaana. Kiinnityksessä veto saadaan tällöin myös alaspäin. Rullan inertia täytyy olla pieni, joka käytännössä tarkoittaa rullan pientä halkaisijaa. Etuna pienestä halkaisijasta on, että rullan massa ei pyöritä rengasta ja autosta saadaan paremmin esille kaikki pienet ongelmakohtat. Rulla on hyvä olla myös rihlattu, jolloin pito paranee. (Niemi 2014.)



Dynamometrin ohjelmisto on hyvä olla sellainen, että sen saa toimimaan erilaisten muiden ohjelmien kanssa kuten säädettävien moottorin ohjausjärjestelmien kanssa. Tämä helpottaa käytettävyyttä ja nopeuttaa työtä. (Niemi 2014.)

Dynamometritilassa täytyy olla hyvät ilmanpoistot ja jäähdytykset. Pakokaasut kannattaa poistaa pakoputken päästä ja erillisellä koko huoneen ilmanvaihdolla. Lisäksi tilassa on hyvä olla äänenvaimennus, ettei melu häiritse muita. Tilan koko ei kannata olla liian pieni, että tilassa pystyy työskentelemään. Kuitenkin liian suuressa tilassa ilmanvaihdon tekeminen on vaikeampaa. Turvallisuuden kannalta asiakkaille on hyvä olla erillinen tila, josta mittausta seurataan. (Niemi 2014.)

Hyvä ergonomia on myös tärkeää ja sporttiautolla kaikki tarvittava tieto on tuotu näyttöjen avulla tuulilasin eteen. Tällöin asento on hyvä ja työtä jaksaa tehdä pitkiäkin aikoja. (Niemi 2014.)



Kuvio 25. Sporttiauton pinta-asennettu alustadynamometri. (Sporttiauto 2014.)

## **7 DYNAMOMETRITILAN SUUNNITELMA**

Dynamometritilan suunnitelma tulee Seinäjoen ammattikorkeakoulun uudelle laboratoriolle. Tilat tulevat auto- ja työkonetekniikan suuntautumisvaihtoehdon sekä rakennustekniikan koulutusohjelman käyttöön. Rakennus valmistuu vuonna 2015 ja se tulee sijaitsemaan Frami Oy:n kampusalueella, joka on Seinäjoen Joupin kaupunginosaa. Uuden laboratorion sijainti tulee helpottamaan opiskelua, koska vanha laboratorio sijaitsi melko kaukana muusta opetuksesta. Tulevat tilat ovat lähellä muuta opetusta, joten siirtyminen laboratoriotiloihin tulee olemaan helppoa. Uusien tilojen lisäksi myös laitteita on hyvä päivittää nykyaikaisen ajoneuvotekniikan vaatimalle tasolle. Tästä syystä onkin hyvä suunnitella uusi dynamometritila nykyaikaisten laitteiden ja vaatimuksien mukaisesti. Tilat tulevat olemaan pääasiallisesti opetuskäytössä, mutta myös asiakastöitä tullaan tekemään.

### **7.1 Käytössä oleva tila**

Dynamometritila tulee valmistumaan uuden laboratoriorakennuksen auto-osaston sisälle. Käytössä oleva tila ajoneuvojen testaukseen alustadynamometrille on 50,9 neliötä. Lisäksi tämän tilan viereen tulee tarkastelutila, jonka koko on 8,1 m<sup>2</sup>. Tila tulee olemaan rakennuksen nurkassa ja alustadynamometrille kulku tapahtuu yhdestä ovesta. Tämän lisäksi on myös toinen pienempi ovi, josta kuljetaan tarkastelutilaan (Liite 1).

### **7.2 Dynamometri tilan koko**

Huoneen suunnittelussa täytyy ottaa huomioon tilan koko. Testaustilan koon tulee olla turvallinen, jotta on riittävästi liikkumiseen tarvittavaa aluetta sekä laitteiden käytön tulee onnistua turvallisesti. Lisäksi tärkeää on huomioida ilmavaihtojärjestelmän hyvä toimivuus. Tilan ei saa olla liian suuri tai liian pieni, että ilman vaihto toimii vaihtelevissa mittaustilanteissa hyvin. Suunniteltu 50,9 neliömetrin kokoinen tila on juuri sopivaa kokoluokkaa ajoneuvojen testausta varten.

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että testilaitteen ympärillä on 1 metri esteetöntä kävelytilaa. Käytännössä nykypäivänä useimmat dynamometrihuoneet ovat 4–4,5 metriä korkeita. (Martyr & Plint 2007, 47–48.)

### **7.3 Materiaalien valinta**

Dynamometritilan seinien, katon sekä lattian materiaalien valinnassa täytyy ottaa huomioon huoneen käyttötarkoitus ja tilalle asetettuja vaatimuksia. Testitilan täytyy kestää kulutusta ja sen puhtaana pitäminen täytyy olla helppoa.

Äänenvaimennus tilassa on tärkeää, koska melu ei saa aiheuttaa haittaa rakennuksen muihin tiloihin. Hyvän äänieristyksen tarjoavat rakennusmateriaalit, jotka ovat tiheydeltään korkeita. Tästä syystä katto, seinät ja lattia on hyvä rakentaa tiheästä materiaalista. Lisäksi on hyvä parantaa äänenvaimennusta erilaisilla materiaaleilla, kuten äänipaneeleilla. Näitä on saatavana erilevyisinä ja -tyyppisinä. Paneelien sijoittaminen kattoon sekä seiniin alentaa kaikumista huoneessa. Mahdollisia muita vaihtoehtoja voisi olla keraamisesti kaakeloidut seinät, mutta haittapuolena on voimakas melun syntyminen moottorin käydessä. (Martyr & Plint 2007, 58–60.)

Materiaalien valintaan vaikuttaa myös palo- ja räjähdysturvallisuus, koska tilassa on testauksen aikana kuumia pintoja sekä syttyviä nesteitä. Tulipalon syttyessä materiaalien täytyy kestää tulta säännösten mukaisesti.

### **7.4 Laitteet ja työkalut**

Dynamometrin mittaustila sekä tarkastelutila on varustettava uusilla laitteilla, jotta se saadaan nykypäivän mittaustilaa vastaavaksi. Esimerkiksi tietokoneet ja tulostimet ovat uusittava, koska vanhat eivät sovellu uuteen tilaan.

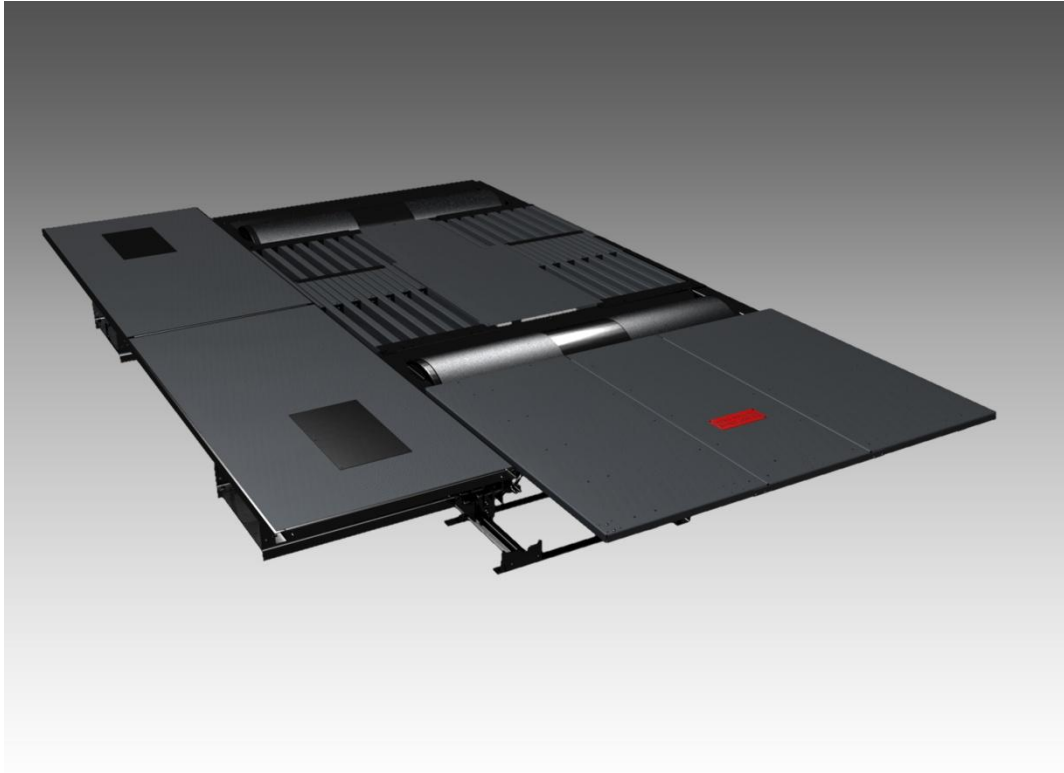
Testaushuoneessa olevia laitteita ja työkaluja ovat jäähdytyspuhallin, pakokaasunpoistoputket, työkalukaapit sekä kiinnitysliinat ja ketjut. Lisäksi hyvä vaihtoehto on isot näytöt, joilta ajoneuvoa testaava henkilö näkisi kaikki tarvittavat tiedot. Ne tulisi sijoittaa ajoneuvon tuulilasille, jolloin ne ovat hyvin nähtävissä. Näyttöjen telien tulisi olla taittuvia, jotta ne saa sovitettua eri ajoneuvojen mukaan sekä siirrettyä seinää vasten.

Tarkastelutilaan olisi hyvä sijoittaa elektroniikkalaitteet, kuten tietokoneet ja mittausohjelmat. Pöydälle voisi sijoittaa myös näytöt, jotta tarkastelutilasta näkisi myös mittauksen tapahtumat.

Tärkein tilaan tuleva laite on dynamometri ja sen valinnassa kannattaa ottaa huomioon eri valmistajien vaihtoehtoja. Yksi vaihtoehto koulun uudelle laboratoriolle voisi olla Mahan valmistama MSR500-alustadynamometri. Laite olisi mahdollista upottaa lattiatasoon, jolloin näkyviin jäisi vain rullat sekä laitteen pintaosat. Dynamometrin valinta olisi hyvä, koska uudella laitteella pystytään tekemään mittaus- sekä kuormitustilanteita huomattavasti paremmin ja monipuolisemmin kuin vanhalta testilaitteella. Mittaustulokset tarkentuvat ja mittauslaitteisto saadaan vastaamaan nykypäivän ajoneuvotekniikkaan sopivaksi. Toinen hyvä vaihtoehto alustadynamometriksi voisi olla Dynojet 424xLC2. Laitteen voi myös asentaa pinta-asennuksena (kuvio 26).

Ajoneuvon kiinnitys alustadynamometriin on todella tärkeää, koska ajoneuvon liikettä tapahtuu testauksen aikana. Mahan alustadynamometri on varustettu yhdellä rullalla rengasta kohden, minkä takia kiinnitys täytyy tehdä todella hyvin (kuvio 27). Tämän vuoksi kiinnityslenkkejä ketjuille ja liinoille on hyvä olla useita. Kiinnitys kohtia on oltava useita, koska tilan toteutuksen jälkeen niiden asentaminen on vaikeampaa.

Alustadynamometrissä on hyvä olla myös avattavat luukut huoltotoimenpiteitä sekä siivousta varten. Mahdollisten vuotojen syntyminen ajoneuvon testauksen aikana on hyvin yleistä.



Kuvio 26. Dynojet 424xLC2 pinta-asennettuna. (Dynojet 2014.)



Kuvio 27. Ajoneuvo kiinnitettynä MRS500-alustadynamometriin. (Maha 2014.)

## 7.5 Ilmanvaihto

Ajoneuvojen testauksessa ilmanvaihto on todella tärkeää, koska testauksen aikana syntyy haitallisia pakokaasuja. Hyvä ilmanvaihto on tärkeä edellytys mittauksen onnistumiselle sekä ajoneuvon vaurioiden välttämiseksi.

Hyvä ilmanvaihtotapa kyseiselle tilalle on poistaa pakokaasut suoraan pakoputken päästä, koska tällöin suurin osa pakokaasusta saadaan heti pois. Lisäksi pakoputkesta tuleva kaasu on kuumaa, joka lämmittää testaustilaa. Tämä on haitaksi testauksen aikana, koska tilan lämpötilan täytyisi pysyä valmistajien annetuissa arvoissa. Pakokaasu täytyy siis saada mahdollisimman hyvin poistettua heti pakoputken päästä. Pakokaasun poistomäärä riippuu poistoimurin tehosta sekä imuputken koosta (Taulukko 1). Taulukossa HA tarkoittaa henkilöautoa ja KA tarkoittaa kuorma-autoa. Poisto letkun halkaisijan tulee olla tarvittavan iso, jotta mahdollisimman suuri osa pakokaasuista saadaan poistettua. Halkaisijan koko on hyvä olla vähintään 150 mm, jolloin pakokaasun poisto riittää myös tehokkaimmille ajoneuvoille.

Tämä ei kuitenkaan ole riittävä, vaan tilassa tulee olla lisäksi oma ilmanvaihto. Tämän avulla tilasta saadaan poistettua pakokaasut, jotka eivät poistu pakoputken päässä olevalla poistolla. Lisäksi vaihtuva ilmavirta jäähdyttää tilaa, ettei se kuumene liikaa mittauksen aikana. Liika kuumuus vähentää moottoritehoa sekä vääristää mittausta.

Ilmanvaihto voidaan toteuttaa tuomalla ilma tilaan auton keulan ja jäähdytyspuhaltimeen päästä. Poistoaukot sijaitsisivat tällöin tilan toisessa päässä. Tämän avulla ilma saataisiin kulkemaan tilan läpi oikeaan suuntaan eli jäähdytyspuhaltimeen suuntaisesti. Ilmanvaihto tulee olla teholtaan valmistajien säännösten mukainen. Mahan vaatimuksena kyseisen kokoiselle tilalle on, että ilma vaihtuu 10–15 kertaa tunnissa. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että dynamometritila vaatii vähintään noin 2500 m<sup>3</sup>/h ilmanvaihdon.

Taulukko 1. Kokeellisesti mitattuja arvoja. (Tecalemit tuoteinfokortti 2009.)

HA korjaamo	HA testikeskus	KA korjaamo	KA testikeskus
350–450 m <sup>3</sup> /h	750–1200 m <sup>3</sup> /h	700–1200 m <sup>3</sup> /h	1700–28000 m <sup>3</sup> /h
letkun halkaisija 100mm	letkun halkaisija 150mm	letkun halkaisija 125-150mm	letkun halkaisija 200mm

## 7.6 Jäähdytys

Hyvän mittaustuloksen saamiseksi on tärkeää, että ajoneuvon jäähdytys on toteutettu hyvin. Jäähdytyksellä on suuri merkitys saatavaan moottoritehoon. Puhallintyyppinä on useita ja niiden teho vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan.

Valmistajat voivat määrittää ajoneuvon jäähdytykselle pienimmät sallitut arvot. Mahan asettamat minimivaatimukset ovat ilmamäärä 25 000 m<sup>3</sup>/h, ilman nopeus >90 km/h sekä jäähdytys myös ajoneuvon alustaan. Nämä kriteerit pitää täytyä jäähdytyspuhallinta hankittaessa.

Mahalta löytyy useita jäähdytyspuhaltimia, jotka ylittävät asetetut vaatimukset. Puhaltimen on hyvä olla saman valmistajan tekemä kuin alustadynamometrinkin, jolloin ne saadaan toimimaan hyvin yhdessä.

Hyvä vaihtoehto jäähdytyspuhaltimeksi olisi Mahan AIR 8 (kuvio 28), jonka ilmanopeus on 100 km/h sekä ilmamäärä 53 000 m<sup>3</sup>/h. Tämän avulla jäähdytysteho riittäisi myös tehokkaampien autojen testaamiseen. Nykyiseltä autolaboratoriolta löytyy kyseinen laite, jolloin sen siirtäminen uudelle laboratoriolle on kannattavaa.



Kuvio 28. Maha AIR8 jäähdytyspuhallin. (Maha 2014.)

## 7.7 Turvallisuus

Tilan käytössä tulee ottaa huomioon myös turvallisuus ja mahdollisten vaarojen ehkäiseminen. Laitteita ja tilaa tulee käyttää oikein ja sille tarkoitetulla tavalla. Tilaa käyttäville henkilöille on opetettava tilan sekä laitteiden käyttö ennen ajoneuvon testausta. Esimerkiksi ajoneuvon oikeanlainen kiinnitys alustadynamometriin on tärkeää.

Ajoneuvon testauksen aikana dynamometritilassa on hyvä olla vain yksi henkilö ja muut henkilöt seuraavat mittausta tarkastelutilasta. Tällöin vältetään mahdollisilta pakokaasun aiheuttavilta vaaroilta, melulta sekä muilta vaaratilanteilta, jos esimerkiksi kiinnitys peittää testauksen aikana.

Tärkeä huomioon otettava asia on myös palo- ja räjähdysturvallisuus, koska tilassa on testauksen aikana kuumia pintoja sekä helposti syttyviä nesteitä. Dynamometritilaa on syytä tarkastella ATEX:n mukaan, joka on räjähdysvaarallisten tilojen luokitus.



ATEX-nimitystä käytetään Euroopan Unionin direktiiveistä, jotka koskevat räjähdysvaarallisia tiloja sekä niissä työskentelyä ja käytettäviä laitteita. Direktiiveillä pyritään suojelemaan räjähdysvaarallisissa tiloissa työskenteleviä henkilöitä ja yhtenäistää EU:n räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuusvaatimukset. (ATEX Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus 2012)

ATEX-direktiiviä käytetään sellaisissa tiloissa, joissa on mahdollista aiheutua räjähdysvaara. Räjähdysvaaran aiheuttajia ovat nesteet, pölyt ja kaasut, joita syntyy tilaan käsittelyn ja työskentelyn aikana. Direktiivi käsittelee räjähdysvaarallisten Ex-tilojen lisäksi myös Ex-laitteita, joka tarkoittaa räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävien laitteiden, välineiden ja järjestelmien turvallista toimintaa. Ex-tiloissa on mahdollista käyttää vain sellaisia koneita ja laitteita, jotka täyttävät ATEX-laitesäädösten vaatimukset. (ATEX Räjähdysvaarallisten tilojen luokitus 2012)

Dynamometritila määritellään ATEX:n Räjähdysvaarallisten tilojen luokituksen mukaisesti ATEX-tilaluokkaan 22. Räjähdysvaaraa kyseisessä tilassa ei kuitenkaan ole, koska ilmanvaihto on niin suuri. Luokitukseen vaikuttavia tekijöitä ovat syttyvien seoksien laatu sekä kuinka usein räjähtäviä seoksia tilassa esiintyy (Taulukko 2). Mikäli räjähdysvaara olisi tilassa mahdollista, tällöin laitehankinnoissa täytyisi ottaa huomioon, että laitteet täyttävät niille asetetut vaatimukset.

Taulukko 2. Räjähdyksvaarallisten tilojen ATEX-luokittelu. (ATEX Räjähdyksvaarallisten tilojen luokitus 2012.)

ATEX-tilaluokitus	Määritelmä
Tilaluokka 0	Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.
Tilaluokka 20	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein
Tilaluokka 1	Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti
Tilaluokka 21	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti.
Tilaluokka 2	Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan
Tilaluokka 22	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.
Huom. Palavien aineiden pölyjen kerrokset, kertymät ja kasaantumet on otettava huomioon samoin kuin syyt, jotka saattavat aiheuttaa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen	

## 8 YHTEENVETO

Ajoneuvojen tehonmittaaminen ja säätäminen on nykypäivänä hyvin yleistä, mutta hyvän testaustuloksen saaminen vaatii hyvät mittaolosuhteet. Mittaustulokseen vaikuttavia tekijöitä on useita, joista suurimpia häiritseviä tekijöitä ovat huono jäähdytys, dynamometrin huono kunto tai puutteelliset ominaisuudet. Kyseiset asiat voidaan korjata helposti dynamometritilan suunnitteluvaiheessa, kun otetaan huomioon tilan käyttötarkoitus ja mittauksen perusvaatimukset. Hyvän dynamometritilan perusedellytyksiä ovat riittävä jäähdytys, hyvä ilmanvaihto sekä nykypäivän mittauslaite. Lisäksi huomioon täytyy ottaa tilan koko ja materiaalien valinta. Tärkeää on myös muistaa turvallisuus sekä valmistajien vaatimukset laitteille ja dynamometritilalle.

Uudelle autolaboratoriolle tuleva alustadynamometritila on mahdollista toteuttaa hyvän mittaustuloksen edellyttämällä tavalla. Tilan koko on hyvä käyttötarkoituksensa nähden. Tärkeitä ominaisuuksia muihin tiloihin verrattuna ovat pakokaasujen saaminen ulkoilmaan sekä äänenvaimennus. Mittauksen aikana syntyvä melu ei saisi häiritä muissa tiloissa työskenteleviä henkilöitä. Pakokaasut eivät saa päästä rakennuksessa olevien muiden tilojen ilmanvaihtoon räjähdysvaaran takia.

Uusien laitteiden sekä tilan ansiosta alustadynamometritilassa voidaan testata lähes kaikki nykypäivän henkilö- ja pakettiautot. Tila sopii myös erinomaisesti opetuskäyttöön. Näiden lisäksi alustadynamometritilaa voidaan käyttää harjoitus- ja asiakastöissä sekä erilaisissa projekteissa.

Mielestäni tämän työn tavoitteet täyttyivät hyvin, mutta puutteita jäi. Isoin puute ja hankaluus oli valmistajien vaatimuksien saaminen laitteista. Valmistajien sivuilla oli vain niukasti tietoa heidän laitteiden käyttövaatimuksista. Tästä johtuen lähetin useille yrityksille sähköpostia, mutta osa ei vastannut ja osa vastasi kerran.

Tulevaa dynamometritilaa on hyvä kehittää tekniikan kehittymisen sekä mittauksen parantamisen kannalta. Laitteet tulee pitää nykypäiväisellä tasolla, jotta mittaukset ovat luotettavia.

## LÄHTEET

- ATEX Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus. 2012. [WWW-dokumentti]. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. [Viitattu 20.12.2014]. Saatavana: [http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset\\_aineet/esitteet\\_ja\\_opaat/ATEX\\_opas.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_opaat/ATEX_opas.pdf)
- Borgman, S. 2011. Dyno systems - A frank overview of the field. [Verkkoartikkeli]. Rototest. [Viitattu 26.11.2014]. Saatavana: <http://rototest-research.eu/index.php?DN=47>
- Dynojet. 2014. [Verkkosivu]. Yhdysvallat. [Viitattu 10.12.2014]. Saatavana: <http://www.dynojet.com/>
- Dyno-mite. 2014. [Verkkosivu]. Yhdysvallat. [Viitattu 15.12.2014]. Saatavana: <http://www.land-and-sea.com/default.htm>
- Bettes, H. & Hancock, B. 2008. Dyno testing and tuning. CarTech Inc.
- Järvi, A. 2014. AjTeck. Haastattelu 26.11.2014.
- Killedar, J. 2012. Dynamometer: Theory and Application to Engine Testing. Xlibris Corporation.
- Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2003. Hydrauliiikka ja pneumatiikka: koneautomaatio 1. Helsinki. WSOY.
- Lehtinen, A & Rantala, J. 2012. Autotekniikka 4. Helsinki. Otava.
- Maha. 2014.[Verkkosivu]. Saksa. [Viitattu 18.12.2014]. Saatavana: <http://www.maha.de/default.htm?rdeLocaleAttr=en>
- Martyr, A.J. & Plint, M.A. 2007. Engine Testing. Third Edition. Burlington: Butterworth-Heinemann.
- Mustang dynamometer. 2014.[Verkkosivu]. Yhdysvallat. [Viitattu 19.12.2014]. Saatavana: <http://www.mustangdyne.com/>
- Mäkelä, M. ,Soininen, L. ,Tuomola, S. & Öistämö, J. 2005. Tekniikan kaavasto. 8.painos. Tampere: Amk-Kustannus. Oy Tammertekniikka.
- Niemi, J.2014. Sporttiauto. Puhelinkeskustelu 21.11.2014.
- Puurunen, J. 2014. Moolinght motorsport. Puhelinkeskustelu 2.12.2014.

Robert Bosch GmbH. 2002. Autoteknillinen käsikirja. Robert Bosch.

Rototest. 2014.[Verkkosivu]. Ruotsi. [Viitattu 15.11.2014]. Saatavana:  
<http://www.rototest.com/rototest-dynamometer.php>

Superflow. 2014.[Verkkosivu]. Yhdysvallat. [Viitattu 22.11.2014]. Saatavana:  
<http://www.superflow.com/index.php>

Tecalemit tuoteinfokortti. 2009. Maha tehodynamometrin asennus- ja käyttöpaikka vaatimukset.

Valtanen, E. 2010. Tekniikan taulukkirja. 18. painos. Mikkeli:Genesis-kirjat Oy.

## LIITTEET

Liite 1. Dynamometritilan pohjapiirros

### Liite 1. Dynamometritilan pohjapiirros

