

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TAŞIT PERFORMANSI VE YAKIT TÜKETİMİNİN
BELİRLENMESİ İÇİN PAKET PROGRAM GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali Kemal BAHAR

Anabilim Dalı: Makine Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Zafer DÜLGER

KOCAELİ, 2008

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TAŞIT PERFORMANSI VE YAKIT TÜKETİMİNİN
BELİRLENMESİ İÇİN PAKET PROGRAM GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali Kemal BAHAR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 07 Ocak 2008

Tezin Savunulduğu Tarih: 06 Şubat 2008

Tez Danışmanı
Prof.Dr. Zafer DÜLGER
(.....)

Üye
Yrd.Doç.Dr. Erol FEYZULLAHOĞLU
(.....)

Üye
Yrd.Doç.Dr. Halit YAŞAR
(.....)

KOCAELİ, 2008

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Teknolojinin ilerleyişine paralel olarak, yaşamın birçok alanına giren motorlu taşıtlarla ilgili, insanoğlunun beklentileri her geçen gün giderek artmaktadır. Günümüzde, araç üreticileri bu beklentileri karşılamak maksadı ile araçlarda sürekli olarak değişiklikler ve yenilikler yapmaktadırlar. Belirli bileşenleri değiştirilen ya da yeni üretilen araçların, istenen performansı verip vermeyeceği önceden yapılan hesaplar ve araç üretildikten sonra yapılabilen testlerle görülmektedir. İşte bu çalışmadaki maksat bu hesaplamaları ve testleri bilgisayar ortamında yapabilmek için bir program geliştirilmesidir.

Yüksek lisans yapabilmemde, mesai mevhumu gözetmeksizin, gerekli tüm desteği vermiş olan birim müdürüm Yük. Müh. Zafer ÇETİNKAYA'ya ve TASPİR programını geliştirmemde yazılım bilgisi ile bana büyük yardımı olan Bilgisayar Teknik Öğr. Ahmet IŞIK'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
TABLOLAR DİZİNİ	vi
SİMGELER	vii
ÖZET	ix
İNGİLİZCE ÖZET	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Motorlu Karayolu Taşıtları	3
2.2. Taşıtların Karakteristikleri	4
2.3. Taşıtların Performansını Belirleyen Karakteristikler	5
2.3.1. Performansa etkisi olan taşıtların bileşenleri	6
2.3.1.1. Motorlar	6
2.3.1.2. Kavramalar	8
2.3.1.3. Vites kutuları	9
2.3.1.4. Transmisyon milleri	11
2.3.1.5. Diferansiyel ve akslar	11
2.3.1.6. Tekerlek ve lastik mekaniği	12
2.3.1.7. Araç gövdesi ve ağırlığı	13
2.3.1.8. Aktarma sistemindeki kayıplar	13
2.3.2. Performansa etkisi olan kuvvetler	14
2.3.2.1. Tahrik kuvveti	15
2.3.2.2. Direnç kuvvetleri	17
2.3.2.2.1. Yuvarlanma direnci	17
2.3.2.2.2. Aerodinamik direnç	19
2.3.2.2.3. Yokuş direnci	24
2.3.2.2.4. İvmelenme direnci	25
2.3.3. Tahrik kuvveti ve direnç kuvvetleri arasındaki ilişki	26
2.4. Taşıtların Yakıt Tüketimi	28
3. TAŞIT PERFORMANSI TESPİTİNE YÖNELİK LİTERATÜRDE YER ALAN ÇALIŞMALAR VE TASPER PROGRAMI	32
3.1. Literatürde Yer Alan çalışmalar	32
3.2. Tasper Programı	37
3.3. Tasper Programının Getirdiği Avantajlar	39
3.4. Programın Kullanım Kılavuzu	40
4. TASPER PROGRAM SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRMASI İÇİN UYGULANAN TEST PROSEDÜRLERİ VE TEST EDİLEN TAŞIT KONFIGURASYONLARI	61
4.1. Test Talimatları	61
4.1.1. Yakıt tüketim testi	61
4.1.2. İvmelenme testi	62

4.1.3. En yüksek hız testi	64
4.2. Test Edilen Araç Konfigürasyonları	65
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	77
5.1. Programın kalibrasyonu	77
5.2. Program Sonuçları ve Test Sonuçlarının Karşılaştırılması	79
...	
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	84
KAYNAKLAR.....	86
ÖZGEÇMİŞ.....	88

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Taşıtların sınıflandırılması	3
Şekil 2.2. Sürücü taşıt ve zemin sistemi	4
Şekil 2.3. Yedi vitesli bir taşıtın tahrik kuvveti-hız karakteristikleri	5
Şekil 2.4. Steyr Engine M16 VTI 135Kw – Motor eğrileri	7
Şekil 2.5. Taşıt motorları için ideal performans karakteristikleri	8
Şekil 2.6. Elle kumandalı mekanik vites kutusu	9
Şekil 2.7. Üç vitesli bir taşıtın tahrik kuvveti-hız karakteristikleri	10
Şekil 2.8. Tahrik kuvveti ve toplam direnç kuvveti eğrilerinin kesiştirilmesi	15
Şekil 2.9. Dinamik tekerleğin serbest cisim diyagramı	18
Şekil 2.10. Taşıtın ön izdüşümü alanı	23
Şekil 2.11. Eğimli yolda taşıt ağırlığının bileşenleri	24
Şekil 2.12. Direnç kuvvetlerinin taşıt hızı ile artış grafiği	28
Şekil 2.13. Bir dizel motora ait özgül yakıt tüketim eğrileri	29
Şekil 2.14. Özgül yakıt tüketiminin okunması	30
Şekil 2.15. Aerodinamik direnç katsayısının yakıt tüketimine etkisi	31
Şekil 3.1. GT-Drive programından alınan çekiş kuvveti-hız grafiği	32
Şekil 3.2. GT-Drive programından alınan yakıt tüketim-hız grafiği	33
Şekil 3.3. GT-Drive programından alınan motor devri, hızı ve zaman grafiği	34
Şekil 3.4. GT-Drive programından alınan ara yüz	34
Şekil 3.5. Fuel Economy Calculator V1.1 programı	35
Şekil 3.6. Drag Race Datamite v3.2 programı	36
Şekil 3.7. Tasper açılış ekranı	39
Şekil 3.8. Tasper ana menü ara yüzü ve butonları	40
Şekil 3.9. Tasper programı tanımlama menüsü	41
Şekil 3.10. Tasper programı çözümleme menüsü	41
Şekil 3.11. Alt menülerdeki genel komutlar	42
Şekil 3.12. Motor tanımlama formu	43
Şekil 3.13. Özgül yakıt tüketim eğrileri tanımlama formu	44
Şekil 3.14. Özgül yakıt tüketim eğrilerinde minimum basınç değerinin altında tanımlı olmayan bölgelerin girilmesi	45
Şekil 3.15. Özgül yakıt tüketim eğrilerinde maksimum momentin üzerindeki bölgelerin programa tanımlanması	46
Şekil 3.16. Motor özgül yakıt tüketim eğrilerinde maksimum moment çizgisinde bulunan bölgelerin programa tanımlanması	47
Şekil 3.17. Vites kutusu tanımlama formu	47
Şekil 3.18. Diferansiyel tanımlama formu	48
Şekil 3.19. Tekerlek tanımlama formu	49
Şekil 3.20. Araç gövdesi tanımlama formu	50
Şekil 3.21. Araç tanımlama formu	51
Şekil 3.22. Performans ve yakıt tüketim değerleri bulunacak olan taşıt, yol ve sürüş şartlarını tanımlama formu-1	52

Şekil 3.23. Performans ve yakıt tüketim değerleri bulunacak olan taşıt, yol ve sürüş şartlarını tanımlama formu-2	53
Şekil 3.24. Performans ve yakıt tüketim değerleri çözdürülen taşıt için elde edilen sonuçların okunması aşamasında program ara yüzü	54
Şekil 3.25. Çözdürme butonuna basıldıktan sonra aktif hale gelen butonlar	54
Şekil 3.26. Programda çözdürülen bir taşıta ait ivmelenme grafiği	55
Şekil 3.27. Programda çözdürülen bir taşıta ait yakıt tüketim grafiği	56
Şekil 3.28. Programda çözdürülen bir taşıta ait vites-hız grafiği	57
Şekil 3.29. Programda çözdürülen bir taşıta ait çeki hiperbolu grafiği	58
Şekil 3.30. Programda çözdürülen bir taşıta ait yakıt tüketim verileri	59
Şekil 3.31. Programda çözdürülen bir taşıta ait sürüş şartındaki tüm veriler.....	60
Şekil 4.1. Küçük otobüs sınıfı test araçları	65
Şekil 4.2. Minibüs sınıfı test araçları	66
Şekil 4.3. Motor-1 tork ve güç eğrisi	67
Şekil 4.4. Motor-1 özgül yakıt tüketim eğrileri	68
Şekil 4.5. Motor-2 tork ve güç eğrisi	69
Şekil 4.6. Motor-3 tork ve güç eğrisi	70
Şekil 4.7. Motor-4 tork ve güç eğrisi	71
Şekil 4.8. Motor-5 tork ve güç eğrisi	72
Şekil 4.9. Motor-5 özgül yakıt tüketim eğrileri	73
Şekil 4.10. Vites kutusu-1 kesit görünüşü ve vites konumları	74
Şekil 4.11. Vites kutusu-2 görünüşü ve vites konumları	75

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Aktarma sistemlerindeki elemanların ortalama mekanik verimleri	14
Tablo 2.2. Karayolu taşıtlarının sınıflarına göre aktarma organları verimleri	14
Tablo 2.3. Yuvarlanma direnç katsayıları tablosu	19
Tablo 2.4. Atmosfer basıncındaki havanın sıcaklığa göre yoğunluğu	21
Tablo 2.5. Hava yoğunluğunun farklı rakımlarda hesaplanması için yükseklik faktörü .	21
Tablo 2.6. Taşıt gövdesi değinin aerodinamik direnç katsayısına etkisi	22
Tablo 2.7. Taşıtların aerodinamik direnç katsayıları	23
Tablo 3.1. Tasper programına tanımlanmış örnek özgül yakıt tüketim tablosu	37
Tablo 3.2. Tasper programının özgül yakıt tüketim eğrilerini okuma yöntemi	38
Tablo 4.1. Vites kutusu-1 vites oranları	74
Tablo 4.2. Vites kutusu-2 vites oranları	75
Tablo 5.1. Farklı aerodinamik direnç katsayısı kullanımının sonuca etkisi	78
Tablo 5.2. Yapılan 28 adet testin taşıtlara göre dağılımı	79
Tablo 5.3. Taşıt 1 karşılaştırma tablosu	80
Tablo 5.4. Taşıt 2 karşılaştırma tablosu	80
Tablo 5.5. Taşıt 3 karşılaştırma tablosu	80
Tablo 5.6. Taşıt 4 karşılaştırma tablosu	80
Tablo 5.7. Taşıt 5 karşılaştırma tablosu	81
Tablo 5.8. Taşıt 6 karşılaştırma tablosu	81
Tablo 5.9. Taşıt 7 karşılaştırma tablosu	80
Tablo 5.10. Taşıt 8 karşılaştırma tablosu	81
Tablo 5.11. Taşıt 9 karşılaştırma tablosu	81
Tablo 5.12. Taşıt 10 karşılaştırma tablosu	82
Tablo 5.13. Taşıt 11 karşılaştırma tablosu	82
Tablo 5.14. Taşıt 12 karşılaştırma tablosu	82
Tablo 5.15. Taşıt 13 karşılaştırma tablosu	82
Tablo 5.16. Taşıt 14 karşılaştırma tablosu	83

SİMGELER

P	: Motor gücü, (W)
M	: Motor momenti, (Nm)
ω	: Motor açısal hızı, (rad/s)
n	: Motor devir sayısı, (d/dk)
$\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_3 \dots \dot{I}_n$: Vites oranları
n_1	: Vites değişiminden önceki motor devri, (d/dk)
n_2	: Vites değişiminden sonraki motor devri, (d/dk)
M	: Motor momenti, (Nm)
ω	: Motor açısal hızı, (rad/s)
M_v	: Vites kutusu çıkış mili momenti, (Nm)
ω_v	: Vites kutusu çıkış mili açısal hızı, (rad/s)
n_v	: Vites kutusu çıkış mili devri, (d/dk)
\dot{I}_d	: Diferansiyel oranı,
\dot{I}_o	: Toplam iletim oranı
n_s	: Kardan mili devri, (d/dk)
n_w	: Tekerlek devri, (d/dk)
r_w	: Tekerlek yarıçapı, (m)
V	: Taşıt hızı, (km/h)
η_{tr}	: Toplam transmisyon verimi, (%)
P_w	: Tekerlek gücü, (W)
P_{tr}	: Aktarma sistemindeki kayıp güç, (W)
F_t	: Taşıt tahrik kuvveti, (N)
M_a	: Aks momenti, (Nm)
s	: Kayma (%)
W	: Zemin reaksiyonu, (N)
G	: Zemine iletilen ağırlık, (N)
f_{ro}	: Yuvarlanma direnci katsayısı
e	: Basınç merkezi ile geometrik merkez arasındaki mesafe, (m)
ρ	: Hava yoğunluğu, (1,23kg/m ³)
C	: Aerodinamik direnç katsayısı
A	: Taşıtın ön izdüşümü alanı, (m ²)
V_o	: Hareket doğrultusundaki rüzgâr hızı, (km/h)
α	: Eğim açısı
m	: Taşıt kütlesi, (kg)
g	: Yer çekimi ivmesi, (m/s ²)
I	: Dönüş eksenine göre (polar) atalet momenti, (kgm ²)
ε	: Açısal ivme, (rad/s ²)
M_d	: Dönen elemanlara etki eden atalet momenti, (Nm)
a	: İvme, (m/s ²)
m_{ef}	: Taşıtın etkili atalet kütlesi, (rad/s ²)
Y	: Etkili kütle katsayısı,

\dot{I}_o	: Toplam transmisyon oranı,
R_y	: Yuvarlanma direnci, (N)
R_a	: Aerodinamik direnç, (N)
R_i	: İvme direnci, (N)
R_{yk}	: Yokuş direnci, (N)
R_t	: Toplam direnç kuvveti, (N)
P_{ort}	: Mil ortalama efektif basıncı, (bar)
V_s	: Motor hacmi, (lt)
b_e	: Özgül yakıt tüketimi, (gr/kWh)
A1	: Özgül yakıt tablosundan okunacak değerin alt devir üst değeri
A2	: Özgül yakıt tablosundan okunacak değerin alt devir alt değeri
B1	: Özgül yakıt tablosundan okunacak değerin üst devir üst değeri
B2	: Özgül yakıt tablosundan okunacak değerin üst devir alt değeri
X1	: Özgül yakıt tablosundan okunacak değerin alt devir ortalaması
X2	: Özgül yakıt tablosundan okunacak değerin üst devir ortalaması
Y	: Özgül yakıt tablosundan okunacak değer, (gr/kWh)

Kısaltmalar

SAE : Society of Automotive Engineers

TAŞIT PERFORMASI VE YAKIT TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİ İÇİN PAKET PROGRAM GELİŞTİRİLMESİ

ALİ KEMAL BAHAR

Anahtar Kelimeler: Karayolu Taşıtları, Performans Karakteristikleri, Taşıta Etkiyen Kuvvetler, Taşıt Tahrik kuvveti, Direnç Kuvvetleri, Aktarma Organları Verimi, Yakıt Tüketimi,

Özet: Taşıt teknolojisindeki gelişmeler, birçok alanda olduğu gibi taşıt performans karakteristiklerinin optimizasyonu üzerine de devam etmektedir. Taşıt performans karakteristiklerinin optimizasyonu, taşıtın güç kaynağı olan içten yanmalı motordan alınan gücün, en verimli şekilde kullanılmasını sağlar. Böylece maksimum hız, ivmelenme, yokuş tırmanma yeteneği ve de günümüz dünyasının en önemli etkenlerinden olan, yakıt tüketim ekonomisi elde edilir. Bu çalışma içerisinde taşıt performansının ne olduğu, neleri içerdiği, sürüş şartlarının ve taşıttaki hangi bileşenlerin performansa nasıl etkideği tanımlanmaktadır. Ayrıca çalışmanın asıl amacı olarak, bir program (TASPER) program geliştirilmiş ve bu programın kullanımı anlatılmıştır. Programdan elde edilen çıktıların, taşıtlar üzerinde yapılan testler ile kıyaslama sonuçları da tezin içerisinde yer almaktadır.

COMPUTER PROGRAM DEVELOPMENT FOR DETERMINATION OF THE VEHICLE PERFORMANCE AND FUEL CONSUMPTION

ALİ KEMAL BAHAR

Keywords: Road Vehicle, Performance Characteristics, Vehicle Forces, Tractive Effort, Resistance Forces of Vehicle, Drivetrain Efficiency, Fuel Consumption,

Abstract: Developments of vehicle technology, as well as the many area, carry on the optimisation of vehicle performance characteristics. Optimisation of vehicle performance characteristics, provide efficiently using of the power that taking up from internal combustion engine. Thereby, maximum speed, acceleration, grade capacity and also fuel consumption economy are obtained. This study are described that; what is the vehicle performance and what is it consist of driving conditions and which components of vehicle, are effecting at the performance. And also as a main purpose of this study, a programme (TASPER) is developed and operating manuel explained. In addition, this study includes, comparing of programme and test results.

1 GİRİŞ

Endüstride her alanda meydana gelen yeni teknoloji arayışlarında olduğu gibi taşıt teknolojisi de sürekli gelişim göstermektedir. Taşıt teknolojisindeki bu gelişmelerden önemli bir kısmı performans artırımı üzerinedir. Ancak taşıt performansı arttıkça beraberinde yakıt tüketimi de önemli ölçüde artmaktadır. Dolayısıyla yarış araçları gibi bazı özel maksatlı taşıtların haricinde, tüm taşıtlardaki performans artırımı çalışmalarında yakıt tüketimi de önemli bir sınırlayıcı etken olarak karşımıza çıkmaktadır.

İstenilen performans artırımlarını yapmanın yolu, taşıt üzerine gelen dirençleri azaltmak ve taşıt performansına etkisi olan taşıt tasarım kriterlerinin en uygun şekilde seçilmesi ile mümkündür. Tasarlanan taşıtın neye hizmet edeceği ve ne maksatlı kullanılacağı, son kullanıcının yakıt tüketimi ve performans beklentilerini yaklaşık olarak tanımlamaktadır. Örneğin bir yolcu otobüsü ile bir yarış otomobilinden beklenen performans ve yakıt tüketim değerleri birbirinden oldukça farklıdır. Ayrıca mevcut rekabet içerisinde, yeni tasarlanan her sınıftaki aracın var olan araçlardan daha iyi bir performansa sahip olması ve daha az yakıt tüketmesi, üretici firmaların tasarım kriterlerini belirleyen en önemli faktörlerden bazılarıdır.

Bu çalışmada taşıtların performans ve yakıt tüketim değerlerini çeşitli grafik eğrileri ile tanımlamak maksadı ile TASPİR adında paket program geliştirilmiştir. Bu program ile yeni tasarlanacak bir taşıtın ya da var olan mevcut taşıtların performans eğrilerinin ve yakıt tüketiminin, çeşitli yol, yük şartları ve sürücü bilgileri girilerek görülmesi amaçlanmıştır. Böylece araçların henüz tasarım aşamasında iken, performans ve yakıt tüketim değerleri hakkında bilgi sahibi olmak, bu bilgileri başka araçlara ait değerler ile kıyaslamak mümkün olacaktır. Ayrıca programın, taşıtın üretimi öncesinde bu bilgiler hakkında öngörü yapılmasına imkân vermesi, tasarlanan taşıtın istenen performans eğrilerini elde edecek şekilde geliştirilmesini

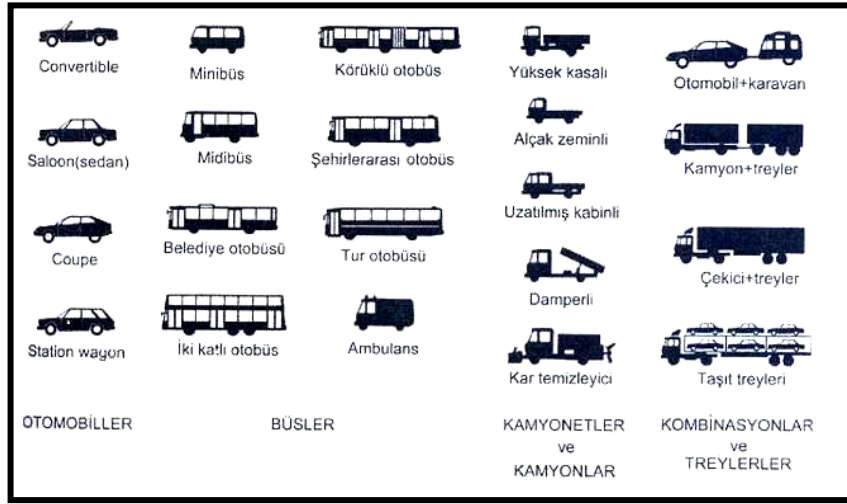
kolaylaştırır ki bu da, prototip çalışma maliyetlerinin önemli ölçüde düşmesini sağlar.

Bu çalışmanın genel bilgiler bölümünde, taşıtların sınıflandırılması, taşıt karakteristiklerinden performans karakteristiklerinin ne olduğu, nelere bağlı olduğu, araç bileşenlerinin ve direnç kuvvetlerinin performansa etkisi ve son olarak yakıt tüketimi hakkında bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde TASPER programı anlatılmıştır. Dördüncü bölümde, test edilen araçların özellikleri ve bu araçlara uygulanmış olan test talimatları verilmiştir. Beşinci bölümde, program çıktıları ve test sonuçları karşılaştırmalı olarak gösterilmiş, son bölümde ise, sonuçlar ve önerilere yer verilmiştir.

2 GENEL BİLGİLER

2.1 Motorlu Karayolu Taşıtları

Motorlu karayolu taşıtları yolcu ve yük taşıma maksatlı geliştirilmiş karmaşık makinelerdir. Kullanım maksatları ve yapısal özellikleri bakımından farklılıklar göstermektedirler. Şekil 1.1’de motorlu karayolu taşıtlarının çeşitli özelliklerine göre yapılmış bir sınıflandırma görülmektedir.



Şekil 2.1: Taşıtların sınıflandırılması

Karayolu taşıtları endüstrileşmeye paralel olarak vazgeçilmez temel ihtiyaçlardan biri haline gelmiştir. Günümüzün en büyük sanayi tesisleri, geniş yan sanayisi ile birlikte, otomotiv alanındadır ve taşıtların geliştirilmesi çalışmalarını genel olarak aşağıdaki beş madde üzerinde yoğunlaşmaktadır.

- Daha küçük, hafif ve verimli motor ve aktarma organlarının geliştirilmesi
- Taşıt boyutlarının küçültülmesi, ağırlığının azaltılması
- Aerodinamik ve ergonomik tasarım çalışmaları
- Güvenlik
- Egzoz emisyonları ve yakıt ekonomisi

2.2 Taşıt Karakteristikleri

Taşıt karakteristikleri genel olarak üç başlık altında incelenmektedir;

1- Performans karakteristikleri;

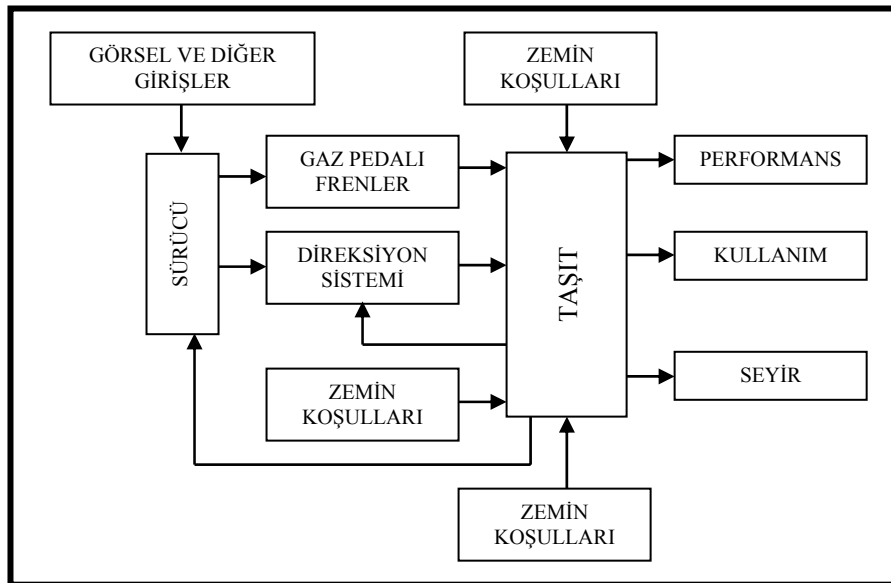
İvme yeteneği, çekiş yeteneği ve yavaşlamayı içerir. Bu çalışma içerisinde, frenleme yeteneği olmaksızın performans karakteristiklerinden bahsedilecek, diğer iki karakteristiğin ne olduğu sadece tanımlanacak ve detaylarına girilmeyecektir.

2- Kullanım karakteristikleri;

Taşıtın, sürücünün isteklerine cevabı ve dış bozucu etkenlere karşı hareket kararlılığıdır.

3- Seyir karakteristikleri;

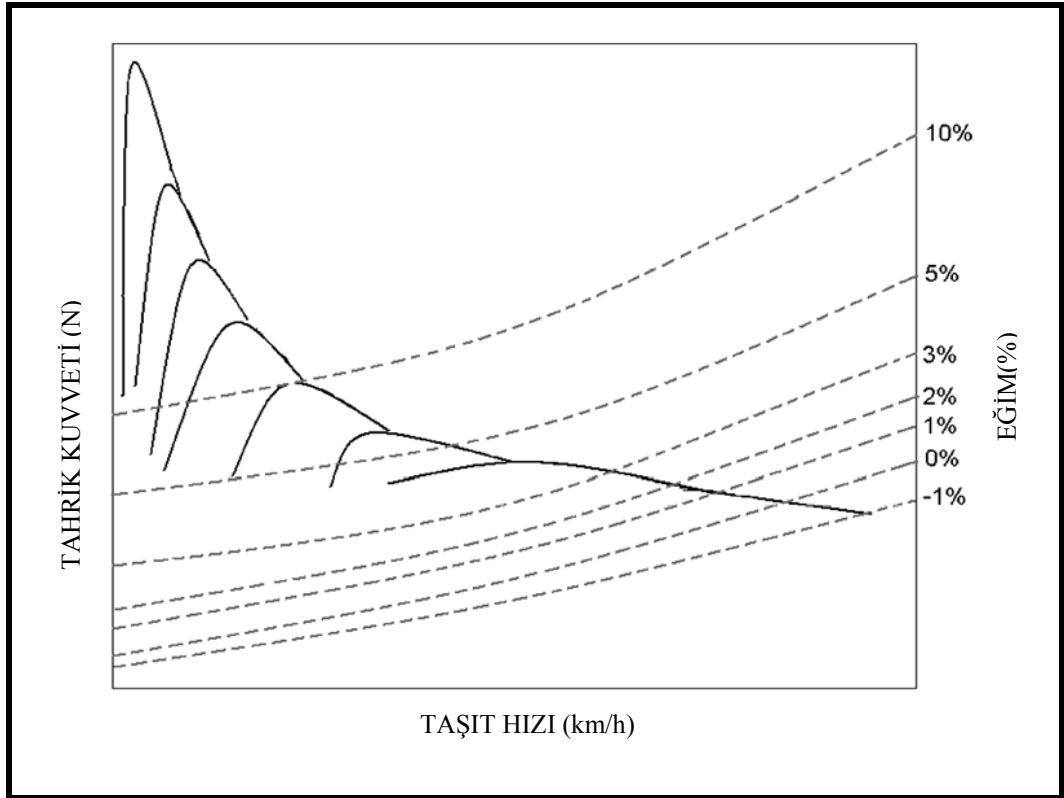
Taşıt hareketi sırasında yol, dış kuvvetler, motor ve aktarma organları tarafından uyarılan taşıt titreşimleri ve bunların sürücü, yolcu ve yüke etkileriyle ilgili karakteristiklerdir. Şekil 2.2’de sürücü taşıt ve zemin ilişkisi, şematik olarak verilmiştir [1].



Şekil 2.2: Sürücü taşıt ve zemin sistemi

2.3 Taşıt Performansını Belirleyen Karakteristikler

Taşıt performansı, performans haritaları adı verilen grafikler üzerinde incelenir. Şekil 2,3’de yedi vitesli bir araca ait ideal çeki hiperbolunu gösteren “Taşıt hızı – Direnç ve Tahrik kuvvetleri” grafiği görülmektedir. Bu şekil SAE J2188 den alınmıştır. SAE J2188 taşıt performans hesaplamalarında kullanılan verileri, genel tablolar halinde vermektedir [2]. Bu çalışmada bahsi geçen genel tablolardan faydalanılmıştır.



Şekil 2.3: Yedi vitesli bir taşıtın tahrik kuvveti-hız karakteristikleri (SAE J2188)

Grafikte çeki kuvveti eğrileri ile direnç kuvvetleri eğrileri aynı eksen takımı üzerinde çizilerek hangi hızda ne kadar çeki kuvveti gerekli olduğu veya belirli hızlarda ivmelenme direncini yenebilmek için ne kadar tahrik kuvveti fazlası olduğu kolayca görülebilir. Aynı zamanda taşıtın viteslere göre üreteceği maksimum tahrik kuvveti ile taşıtın herhangi bir viteste ne kadar hıza ulaşabileceği yine bu grafikten görülebilir.

Performans haritalarının yapılabilmesi için taşıt performansını oluşturan tüm bileşenlerin bilinmesi gerekir. Taşıt performansına etki eden bu bileşenler iki ana başlık altında toplanabilir. Bunların ilki taşıt bileşenleri diğeri de taşıta etkiyen kuvvetlerdir.

2.3.1 Performansa etkisi olan taşıt bileşenleri

Motorlu taşıtlarda kullanılan aktarma organları bileşenlerinin her birinin ayrı ayrı taşıt performansı üzerinde az ya da çok etkisi bulunmaktadır. Bu etkilerin neler olduğu ve nasıl oluştuğu, çalışmanın devamında, her bileşenin kendi başlığı altında anlatılmaktadır.

2.3.1.1 Motorlar

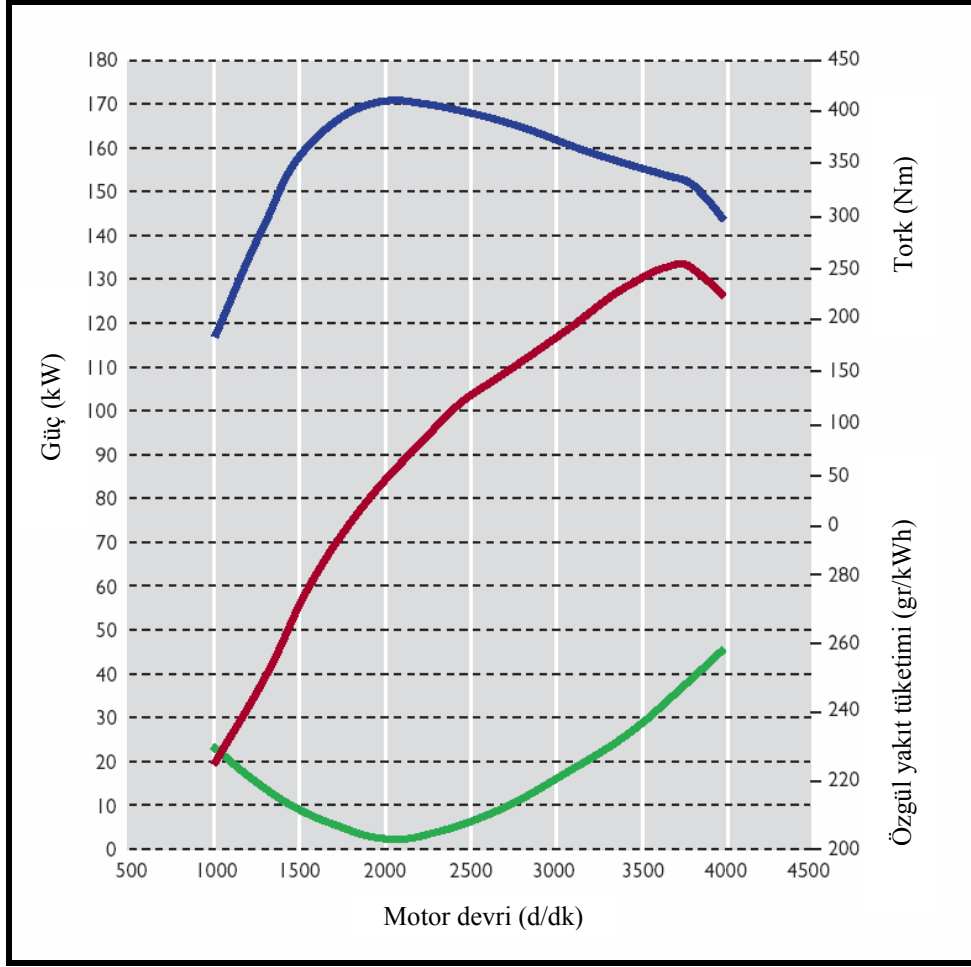
Taşıt aktarma organları arasında taşıt performansında en fazla etkisi olan ana parça araç motorudur.

Bir motorun en avantajlı çalışma durumları;

- Maksimum güç
- Maksimum moment
- Minimum yakıt tüketimi devirleridir.

Motor karakteristiklerinin belirleyicileri olan bu özellikler motorun kullanılacağı araçtan istenen hareket kabiliyetine hizmet edecek şekilde motor tasarımcıları tarafından ayarlanırlar.

Taşıtın ihtiyaç duyduğu güç sabit değildir; yol durumu, taşıt hızı, yük, ivme gibi etmenlerin yanı sıra kullanıcı istekleri de (gaz pedalı konumu) sürekli değişkenlik gösterdiği için motorun çalışma şartları kararlı değildir. Bu nedenle motorun çalışma analizi sadece birkaç çalışma durumunun değil değişik çalışma durumlarının araştırılmasına yönelik olmalıdır. Bahsi geçen değişik çalışma durumları, Şekil 2.4'deki motor performans eğrileri kullanılarak analiz edilir.



Şekil 2.4: Steyr Engine M16 VTI 135Kw – Motor eğrileri
<http://www.steyr-motors.com/products/pdf/vehicle.pdf>

$$P = M * \omega = \frac{M * n}{9549} \quad (2.1)$$

$$\omega = \frac{\pi * n}{30} \quad (2.2)$$

P : Motor gücü, (W)

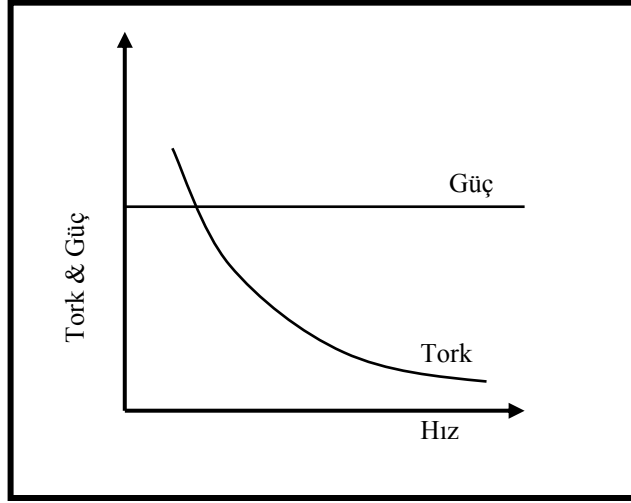
M : Motor momenti, (Nm)

ω : Motor açısal hızı, (rad/s)

n : Motor devir sayısı, (d/dk)

Taşıt uygulamalarında kabul gören ideal motor performans karakteristiği, tüm hızlarda sabit güç çıkışı sağlayandır. Buna göre motor momentinin şekil 2.5'deki gibi

hıza bağılı ve hiperbolik olarak değişmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu özellik düşük hızlarda ivmelenebilme ve yokuş tırmanma için taşıta daha yüksek tahrik yeteneği sağlamaktadır.



Şekil 2.5: Taşıt motorları için ideal performans karakteristikleri

İçten yanmalı pistonlu motorlarda güç-tork eğrileri Şekil 2.5'deki eğriden çok farklıdır ve doğrudan doğruya taşıtın tahrikinde kullanılmaya uygun değildir. Bu nedenle teker zemin arasındaki güç-tork eğrilerini istenen eğri şekline yaklaştırabilmek için transmisyon (aktarma) sistemleri kullanılır.

2.3.1.2 Kavramalar

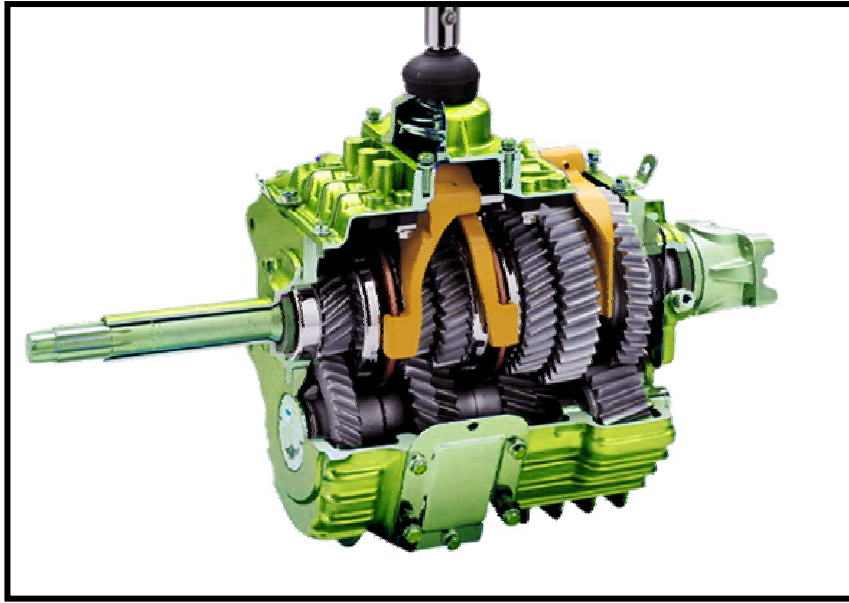
Kavramalar motor ile vites kutusu arasındaki hareket iletimini sağlamak veya kesmek için kullanılan bir sistemdir. İki çeşide ayrılırlar;

- Diskli kavramalar
- Hidrolik kavramalar (tork konvektörü)

Araç performansı hesaplamalarında kullanılan formüllerde kavramalara ait herhangi bir değişken kullanılmaz. Sadece transmisyon sistemi kayıpları içerisinde etkisi vardır.

2.3.1.3 Vites kutuları

Vites kutularında, yapı ve çalışma prensibi bakımından birçok çeşit mevcuttur fakat bu çalışmada sadece yaygın olarak kullanılan mekanik vites kutularından bahsedilecek. Vites kutusu kavrama aracılığı ile aldığı hareketi kardan miline aktaran, moment ve devir değişimlerini yapan ve kullanıcının ileri ve geri gitme yönünü seçmesini sağlayan bir dişli sistemidir. Şekil 2.6'da mekanik bir vites kutusunun kesiti görülmektedir.



Şekil 2.6: Elle kumandalı mekanik vites kutusu

Kullanıcılar araçlarından yüksek hızın yanı sıra, kalkışlarda, yokuşta ve yüklü durumda aracın rahatlıkla ivmelenmesini de ister. Bu ihtiyaç tekerlekteki itme kuvvetinin Şekil 2.5'de görüldüğü gibi olması anlamına gelmektedir. Ancak daha öncede bahsedildiği gibi motor eğrileri bu eğrilerden çok farklıdır ve tekerleklerdeki tahrikin bu şekilde olmasını vites kutusu sağlar. Bunu da vites oranları ile gerçekleştirir

Motordan herhangi bir devirde çıkan güç ve momentin, tekerleklere aktarılırken istenen ideal performans eğrilerine yaklaştırılması için, mekanik vites kutusu, kullanıcının seçtiği vites oranına göre, çıkış devrini değiştirir. Kayıpların ihmal edilip gücün sabit kalacağı düşünülür ise düşük viteslerde devir düşürülerek moment

2.3.1.4 Transmisyon milleri

Transmisyon sisteminde yer alan organlardan biri de kardan milidir. Kardan mili, motor momentini vites kutusu çıkışından diferansiyel mahrutu miline aktaran mafsallı bir elemandır.

Araç performansı hesaplamalarında kullanılan formüllerde kardan millerine ait herhangi bir değişken kullanılmaz. Sadece transmisyon sistemi kayıpları içerisinde etkisi vardır.

2.3.1.5 Diferansiyel ve akslar

Kardan mili ile tekerlekler arasındaki devir düşürücü dişli grubunu ve aksları muhafaza ederek iki tekerlek arasında bağlantıyı sağlayan kovan grubunun bütününe diferansiyel denir.

Temelde spiral ve hipoid olmak üzere iki çeşide ayrılır. Ancak bu çeşitlilik, tamamı ile içerisindeki dişli mekanizma ile ilgilidir ve performans hesaplamalarında her iki diferansiyel çeşidinde de sadece iletim oranı kullanılır. Diferansiyel iletim oranı, kardan milinin dönme hızının ile tekerleklerin dönme hızına oranıdır. Ayrıca taşıt motorundan alınan devir sayısı, tekerleklere varıncaya kadar belirli bir devir farkına uğrar, bu devir farkını oluşturan temel unsur toplam iletim oranıdır.

$$\dot{I}_d = \frac{n_s}{n_w} = \frac{r_w * n_s}{2,653 * V} \quad (2.6)$$

$$\dot{I}_o = \dot{I}_v * \dot{I}_d \quad (2.7)$$

$$\dot{I}_o = \frac{n}{n_w} = \frac{r_w * n}{2,653 * V} \quad (2.8)$$

$$n_w = \frac{V * 1000}{2 * \pi * r_w * 60} \quad (2.9)$$

\dot{I}_d : Diferansiyel oranı,
 \dot{I}_o : Toplam iletim oranı
 n_s : Kardan mili devri, (d/dk)
 n_w : Tekerlek devri, (d/dk)
 r_w : Tekerlek yarıçapı, (m)
 V : Taşıt hızı, (km/h)
 n : Motor devri, (d/dk)

2.3.1.6 Tekerlek ve lastik mekaniği

Tekerlek herhangi bir cismi, zemin üzerinde düşük sürtünme ile hareket ettirmekte kullanılan, dönen bir elemandır. Taşıtın karşılaştığı tüm direnç kuvvetleri, lastikler ile zemin arasındaki ilişkiye bağımlı olarak geliştirilen, tahrik kuvveti tarafından yenildiğinden, lastikler konusu taşıt performansının en önemli konularından biridir.

Bir taşıtın lastiklerinin şu fonksiyonları yerine getirmesi beklenir;

- 1- Taşıtın ağırlığını ve üzerindeki yükü taşımak
- 2- Yüzey düzgünlüklerine karşı taşıtı yastıklamak
- 3- Yeterli tahrik ve frenleme kuvveti geliştirmesi için yola tutunmak
- 4- Yeterli yönlendirme ve doğrultu kararlılığı sağlamak

Günümüzde üretilen çelik kuşaklı radyal lastikler bu görevleri verimli bir şekilde yerine getirebilmektedir.

Lastik gövdesi düşük elastisite modülü lastik ile kaplanmış olan, yüksek elastikiyet modüllü esnek iplik kuşaklardan oluşmaktadır. Lastik karakteristiklerini bu yapı belirlemektedir. İpliklerin yönü taç açısı ile tanımlanmaktadır. Taç açısı; gövde iplikleri ile tekerleğin çevresel orta eksenini arasındaki açıdır. Taç açısı küçüldükçe; Lastik, iyi viraj dönüş, fakat sert sürüş karakteristiklerine sahip olur [4,5].

2.3.1.7 Araç gövdesi ve ağırlığı

Araç gövdesi, karoseri olarak da adlandırılan iskelet yapıdan oluşur. Sürücü yolcu ve yük kabini için içerisinde boş bir hacim olan kapalı bir kafestir. Araç gövdesi seyir karakteristikleri ve kullanım karakteristikleri üzerinde etkisi olan önemli bir bileşendir. Bunların yanı sıra estetik görünüm, iç hacim, emniyet gibi kullanıcılar için önemli unsurların niteliğini de araç gövdesi belirler.

Araç gövdesi şeklinin ve ağırlığının performans karakteristiklerine etkisi ise aşağıdaki şekildedir;

Ağırlık artışı – yuvarlanma direncini artırır

Ağırlık artışı – yokuş direncini artırır

Ağırlık artışı – ivmelenme direncini artırır

Gövde yapısının şekli – Aerodinamik direnç katsayısını belirler

Bu ilişkilerin nasıl olduğu ve nasıl etkilediği, araca etkiyen direnç kuvvetleri başlıkları altında değinilmiştir ve direnç formülleri incelendiğinde kolayca görülebilmektedir. Ancak özetle denilebilir ki, yüksek performans için araç gövdesi her zaman hafif ve aerodinamik olarak tasarlanmalıdır.

2.3.1.8 Aktarma sistemindeki kayıplar

Motor tarafından üretilen gücün, aracı yürütebilmesi için, ön veya arka çekiş tekerleklerine kadar iletilmesi gereklidir. Bunun için aktarma organları kullanılır. Otomobillerde bilinen aktarma organları kavramalar, vites kutuları, kardan milleri, diferansiyel sistemi ve çekiş tekerlekleri olarak sayılabilir. Bu parçaların oluşturduğu aktarma sisteminde, dişliler, yataklar ve yağda meydana gelen sürtünmelere bağlı kayıplar oluşmaktadır Bu kayıp hem taşıt performans karakteristiklerini hem de yakıt tüketimini olumsuz yönde etkilemektedir. Aktarma sistemindeki elemanların ortalama mekanik verimleri Tablo 2.1.'de görülmektedir [6].

Tablo 2.1: Aktarma sistemlerindeki elemanların ortalama mekanik verimleri

Eleman	Verim
Kavrama	%99
Dişli Vites kutusu	%95
Diferansiyel ve arka dingil	%95
Yataklar ve mafsallar	%98

Aktarma sisteminin toplam verimi, sistemdeki tüm elemanların verimlerinin çarpımıdır ve aynı zamanda Formül (2,10) ile ifade edilir;

$$\eta_{tr} = \frac{P}{P_w} = \frac{P - P_{tr}}{P} \quad (2.10)$$

η_{tr} : Toplam transmisyon verimi

P: Motor gücü, (W)

P_w : Tekerlek gücü, (W)

P_{tr} : Aktarma sistemindeki kayıp güç, (W)

Bu verim bir dinamometre yardımıyla ölçülür, fakat tasarım çalışmalarında aşağıdaki verim değerleri kullanılabilir. Bu tabloyu birçok kaynakta bulmak mümkündür. Ancak tüm kaynaklar yaklaşık olarak benzer değerler vermektedir[6].

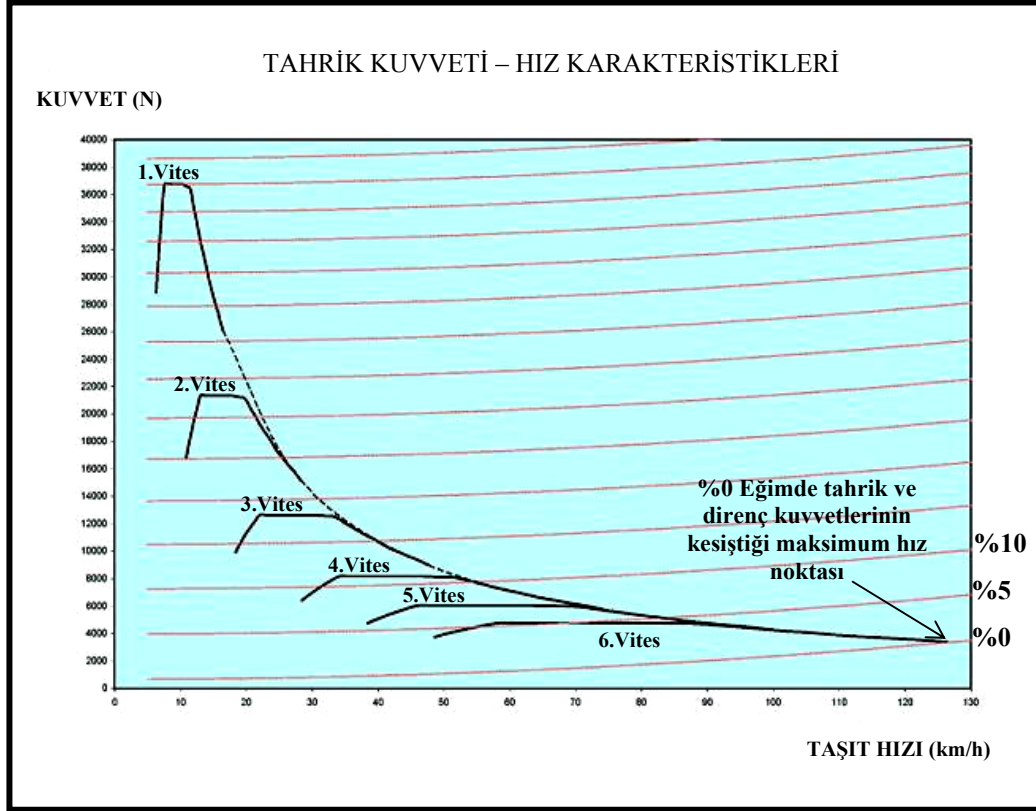
Tablo 2.2: Karayolu taşıtlarının sınıflarına göre aktarma organları verimleri

Taşıt cinsi	Toplam verim
Yarış otoları	%90-95
Binek otomobilleri	%90-92
Kamyon & Büyük otobüs	%82-85
Arazi taşıtları	%80-85

2.3.2 Performansa etkisi olan kuvvetler

Hareket halindeki taşıta etkiyen kuvvetler; taşıtı hareket ettirici kuvvetler ve bu harekete direnç gösteren kuvvetler olmak üzere, iki grupta değerlendirilebilir. Hareket ettirici temel kuvvet; motor tarafından üretilen ve tekerleklere iletilen tahrik

kuvvetidir. Taşıta etkiyen kuvvetler ise; yuvarlanma direnci, aerodinamik direnç, yokuş direnci ve ivmelenme direncidir.



Şekil 2.8: Tahrik kuvveti ve toplam direnç kuvveti eğrilerinin kesiştirilmesi.

Şekil 2.8’de görülen grafikte her vitese ait çekiş kuvveti ve toplam direnç kuvvetleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde %0 eğim için taşıtın 6. viteste maksimum hıza ulaştığı görülmektedir. Ancak taşıt eğer %10 eğimde kullanılmış olsaydı taşıt daha 4. viteste iken tahrik kuvveti ile direnç kuvvetleri toplamı eşitlenecek ve taşıt 4. vitesten yukarı çıkamayacaktı.

2.3.2.1 Tahrik kuvveti

Taşıt tahrik kuvveti; motor tarafından üretilen momentin, aktarma organları aracılığı ile akslara ve oradan da tekerleklere iletilmesi sonucunda, tekerlekle yol arasındaki etkileşime bağlı olarak ortaya çıkan kuvvettir.

$$M_a = M * \dot{I}_o * \eta_{tr} \quad (2.11)$$

$$F_t = \frac{M_a}{r_w} = \frac{M * \dot{I}_o * \eta_{tr}}{r_w} \quad (2.12)$$

F_t : Taşıt tahrik kuvveti, (N)

M_a : Aks momenti, (Nm)

r_w : Tekerlek yarıçapı, (m)

M : Motor momenti, (Nm)

\dot{I}_o : Toplam iletim oranı

η_{tr} : Toplam transmisyon verimi

Taşıt hızı, toplam transmisyon oranına, motor karakteristiğine, lastik ile yol arası kayma miktarına ve tekerlek yarıçapına bağlıdır. Ancak maksimum taşıt hızı; direnç kuvvetleri toplamı ile tahrik kuvvetinin dengeye geldiği andaki hızdır. Bunun detayı ilerdeki bölümlerde verilecektir.

$$V(\text{km/h}) \text{ ise; } V = \frac{(0,12 * n * r_w * \pi) * (1 - s)}{\dot{I}_o} \quad (2.13)$$

$$V(\text{m/s}) \text{ ise; } V = \frac{(n * r_w * \pi) * (1 - s)}{30 * \dot{I}_o} \quad (2.14)$$

$$n_w = \frac{n * (1 - s)}{\dot{I}_o} \quad (2.15)$$

$$n_w = \frac{V}{0,12 * r_w * \pi} \quad (V: \text{km/h}) \quad (2.16)$$

V : Taşıt hızı, (km/h)

n : Motor devri, (d/dk)

r_w : Tekerlek yarıçapı, (m)

s : Kayma

\dot{I}_o : Toplam iletim oranı

n_w : Tekerlek devri, (d/dk)

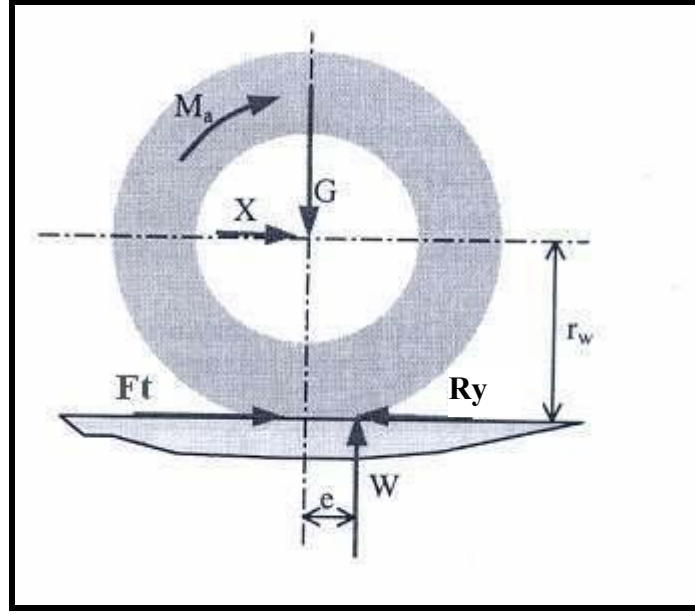
2.3.2.2 Direnç kuvvetleri

2.3.2.2.1 Yuvarlanma direnci

Yuvarlanma direncinin ana kaynağı taşıt tekerleğinin yol üzerinde yuvarlanması sırasında temas noktasında meydana gelen şekil değiştirmelerden kaynaklanır. Genel olarak tekerlek yol etkileşiminde 4 durum geçerlidir;

- 1- Rijit tekerlek – Rijit zemin (Demiryolu)
- 2- Rijit tekerlek – Esnek zemin (Çelik tekerlekli traktör)
- 3- Esnek tekerlek – Rijit zemin (Sert yolda pnömomatik tekerlek)
- 4- Esnek tekerlek – Esnek zemin (Yumuşak zeminde pnömomatik tekerlek)

Bu etkileşimlerden analiz yapmak için en uygun olanı genel kullanım şekli olan esnek tekerlek – rijit zemin etkileşimidir. Sert zeminlerdeki yuvarlanma direncinin ana kaynağı yuvarlanma sırasında lastiğin karkas yapısındaki şekil değiştirmeden dolayı ortaya çıkan dirençtir. Diğer bir deyişle, lastiğe döndürmek için verdiğimiz enerjinin tamamı dönme olayı için kullanılmamakta, bir kısmı bu şekil değişimi için harcanmaktadır. Bunun yanı sıra, lastiğin zemine temas bölgesindeki şekil değişiminden dolayı, lastiğin içindeki havanın dolaşım hareketine olan direnci ve lastik ile çevresindeki hava arasında oluşan fan etkisi, yuvarlanma direncinin ikincil kaynaklarıdır. Yapılan deneysel çalışmalar 125~150 km/h hızları arasında yuvarlanma direncinin %90~95'i lastiğin şekil değiştirmesinden, %2~10'u lastik ile yer arasındaki sürtünmeden ve %1.5~3.5'inin de hava direncinden kaynaklandığını göstermektedir [7,8]. Söz konusu şekil değişimi lastiğin yer ile temas ettiği alanda gerçekleşir. Bu şekil değiştirmenin sonucu basınç merkezi lastik ekseninden hareket yönüne doğru bir miktar kayar. Buradaki basınç merkezi ile geometrik merkez arasındaki mesafeye “e” ile ifade edilir [8].



Şekil 2.9: Dinamik tekerleğin serbest cisim diyagramı

Şekil 2.9’da M_a ve F_t etkisi ile hareket halindeki tekerlek ve üzerine etkiyen kuvvetler görülmektedir. Düz yolda sabit hızda hareket ettiği kabul edilen bu tekerlek için kuvvetlerin merkeze göre momentlerin toplamı yazılır ise;

$$M_a + R_y * r_w = F_t + W * e$$

$$W = G \quad (2.17)$$

$$M_a = F_t * r_w \text{ ve} \quad (2.18)$$

$$f_{ro} = \frac{e}{r_w} \text{ olduğundan} \quad (2.19)$$

$$R_y = G * f_{ro} \text{ yazılabilir.} \quad (2.20)$$

R_y : Yuvarlanma direnci, (N)

M_a : Aks momenti, (Nm)

r_w : Tekerlek yarıçapı, (m)

W : Zemin reaksiyonu, (N)

G : Zemine iletilen ağırlık, (N)

F_t : Uygulanan tahrik kuvveti, (N)

f_{ro} : Yuvarlanma direnci katsayısı

e : Basınç merkezi ile geometrik merkez arasındaki mesafe, (m)

Formüllerden de görüldüğü gibi yuvarlanma direnç katsayısını hesaplamak için e değerinin bilinmesi gerekmektedir. Ancak bilinmelidir ki yuvarlanma direnç katsayısı formülünde (2.19) geçen “ e ” birçok faktöre bağlıdır. Bu faktörler; taşıt hızı, lastik yapısı, taç açısı, şişirme basıncı, kesit oranı, lastik karışımı, dış malzemesi, dış yapısı, araç ağırlığı, zemin yapısı ve lastik çapı olarak sıralanabilir. Ayrıca e 'nin bulunması için deneysel yöntemlerin kullanılması gerekir. Yuvarlanma direnç katsayısını belirleyen e 'nin bu kadar farklı değişkenlere bağlı olmasından ve sürüş sırasında bile değişkenlik gösterdiğinden, hesaplamalarda genel kabul görmüş olan Tablo2.3'teki direnç katsayıları kullanılır [9,10].

Tablo 2.3: Yuvarlanma direnç katsayıları tablosu

Yol durumu	Yuvarlanma direnç katsayısı
Düzdün asfalt, beton yol	0,01
İyi durumda beton yol	0,011
Çakıl taşlı beton yol	0,014
Kum veya taş yol	0,16
Bol kumlu veya yumuşak topraklı yol	0,2-0,3

2.3.2.2.2 Aerodinamik direnç

Taştın hareketi sırasında, hava hareketine bağlı olarak gelişen aerodinamik kuvvetler, taşıtın performansını etkilemektedir. Aerodinamik direnç, hava akışına, taşıtın hızına ve ortamın rüzgâr hızına bağlıdır. Tüm taşıt yüzeyine dağılmış olan basınçların bileşkesi olan aerodinamik kuvvet, taşıtın kullanım ve seyir karakteristiklerini etkilemektedir. Bileşke aerodinamik kuvvetin taşıtın ileriye doğru hareketine karşı olan bileşenine aerodinamik direnç kuvveti denilmektedir.

Taşıta etkiyen aerodinamik direnç kuvveti esas olarak aşağıda belirtilen üç elemandan oluşmaktadır [11];

1- Taşıtın arka kısmında, boşalttığı bölgede meydana gelen hava burgacının oluşturduğu direnç. Bu direnç, özellikle arka kısım olmak üzere taşıt gövdesinin biçimine bağlıdır. Aerodinamik direncin en önemli bileşeni budur ve toplam aerodinamik direncin %80'i kadardır.

2- Taşıtın dış yüzeylerinden akan havanın neden olduğu yüzey sürtünmesi. Normal bir otomobil için bu bileşen, toplam aerodinamik direncin yaklaşık %10'u kadardır.

3- Soğutma ve havalandırma amacı ile taşıtın radyatör, intercooler, kondenser gibi petek yapılar veya motor bölmesi şanzıman tüneli gibi taşıtın iç kısımlarından geçen havaya bağlı olarak oluşan iç direnç. Bu bileşen, akış kanallarının tasarımına bağlı olarak değişmekle birlikte toplam aerodinamik direncin %10'u kadardır.

Aerodinamik direnç kuvveti şu eşitlikler ile hesaplanabilir;

$$V(\text{km/h}) \text{ ise; } R_a = 0,0386 * \rho * C * A(V \pm V_o)^2 \quad (2.21)$$

$$V(\text{m/s}) \text{ ise; } R_a = 0,5 * \rho * C * A(V \pm V_o)^2 \quad (2.22)$$

R_a : Aerodinamik direnç kuvveti, (N)

ρ : Hava yoğunluğu, ($1,23\text{kg/m}^3$)

C : Aerodinamik direnç katsayısı

A : Taşıtın ön izdüşümü alanı, (m^2)

V : Taşıtın hızı, (km/h)

V_o : Hareket doğrultusundaki rüzgâr hızı, (km/h)

Formülde (2.21, 2.22) bahsi geçen hava yoğunluğu (ρ) atmosferik basınç ve sıcaklığa göre değişiklik gösterir. Tablo 2.4'den sıcaklığa göre alınan hava yoğunluğu Tablo

2.5'deki yükseklik faktörü ile çarpılarak. Test şartındaki hava yoğunluğu (ρ) bulunabilir [12,13].

Tablo 2.4: Atmosfer basıncındaki havanın, sıcaklığa göre yoğunluğu

Sıcaklık (C^0)	Hava yoğunluğu (ρ)
-17,8	1,382
-6,7	1,326
4,4	1,274
15,6	1,222
20	1,202
26,7	1,176
37,8	1,135
48,9	1,109

Tablo 2.5: Hava yoğunluğunun farklı rakımlarda hesaplanması için yükseklik faktörü

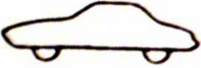
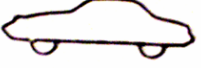
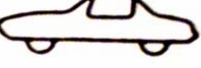
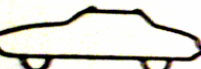
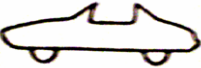
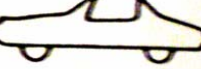
Yükseklik (m)	Yükseklik faktörü	Yükseklik (m)	Yükseklik faktörü
0	1	2438,4	0,78
304,8	0,97	2743,2	0,76
609,6	0,94	3048	0,74
914,4	0,91	3352,8	0,71
1219,2	0,89	3657,6	0,69
1524	0,86	3962,4	0,67
1828,8	0,83	4267,2	0,65
2133,6	0,81	4572	0,63

Örneğin 1524m yükseklikte ve 20C⁰ ‘deki havanın yoğunluğu;

$$\rho = 1,202 * 0,86 = 1,03372\text{kg/m}^3 \text{ olarak tablolar yardımı ile hesaplanabilir.}$$









Aerodinamik direnci etkileyen ve belirli oranlarda taşıtın imalatçısı tarafından kontrol edilen faktörler, aerodinamik direnç katsayısı ve taşıtın ön izdüşümü alanıdır. Aerodinamik direnç katsayısının taşıt gövdesindeki değişikliklerden nasıl etkilendiği Şekil 2.6’da görülmektedir [14].

Tablo 2.6: Taşıt gövdesi değişikliğinin aerodinamik direnç katsayısına etkisi

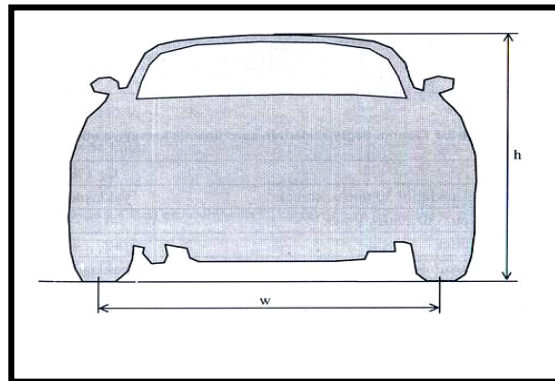
Taşıt Tipi	Açıklama	C
	Lambalar kapalı Pencereler kapalı Tavan kapalı	0,363
	Lambalar açık Pencereler kapalı Tavan kapalı	0,380
	Lambalar kapalı Pencereler açık Tavan kapalı	0,381
	Lambalar kapalı Pencereler kapalı Tavan açık	0,389
	Lambalar kapalı Pencereler açık Tavan açık	0,447
	Lambalar açık Pencereler açık Tavan açık	0,464

Tablo 2.7’de çeşitli tiplerdeki taşıtlara ait aerodinamik direnç katsayıları verilmiştir[6,10,15].

Tablo 2.7: Taşıtların aerodinamik direnç katsayıları

Taşıt		Aerodinamik Direnç Katsayısı
	Açık spor	0,5-0,7
	Pikap	0,5-0,6
	Sedan	0,4-0,55
	Arka tekerlekler gövde içinde	0,3-0,4
	İdeal aerodinamik biçim	0,15-0,20
	Minibüs & K. Otobüs	0,5-0,6
	B. Otobüs	0,6-0,8
	Treyler & Kamyon	0,7-1,1

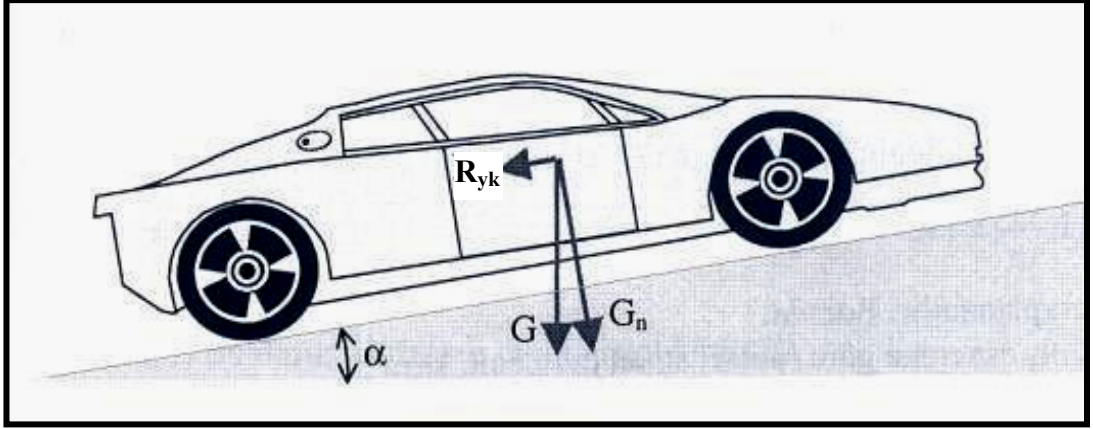
Taşıt endüstrisinde kullanılan aerodinamik direnç katsayısının izdüşümü alanı ile ilgili olduğu kabul edilmektedir. Bu alan pratik olarak taşıtın ön kesit alanı ile aynıdır. Lastiklerin hava akımına karşı olan alanlarını da kapsar ve genellikle izdüşümü alanı veya karakteristik alan olarak adlandırılır. (Şekil 2.10.)



Şekil 2.10: Taşıtın ön izdüşümü alanı.

2.3.2.2.3 Yokuş direnci

Yokuş direnci, taşıtın eğimli yolda hareketi sırasında taşıtın ağırlığının yola paralel bileşeninden kaynaklanır. Eğimli yolda taşıt üzerindeki bu ağırlık bileşenleri Şekil 2.11’de gösterilmiştir.



Şekil 2.11: Eğimli yolda taşıt ağırlığının bileşenleri.

Bu şekil yardımıyla taşıt ağırlığının yola paralel bileşeni olan yuvarlanma direnci bulunur.

$$R_{yk} = \pm G * \sin \alpha = m * g * \sin \alpha \quad (2.23)$$

R_{yk} : Yokuş direnci, (N)

α : Eğim açısı

G : Taşıt ağırlığı, (N)

m : Taşıt kütlesi, (kg)

g : Yer çekimi ivmesi, (m/s^2)

Elde edilen bu değer aynı zamanda taşıta etkiyen yokuş direncidir. Bu ağırlık bileşeni, yokuş aşağı hareketlerde taşıt hareketine yardımcı bir etki gösterdiğinden, yokuş direnci yokuş yukarı hareketlerde “-”, yokuş aşağı hareketlerde ise “+” alınır. Pratikte eğimi açısı yerine genellikle yüzde olarak ($\tan \alpha$) eğim (%) olarak verilir.

Bir taşıtın, herhangi bir sabit hızda (ivmesiz olarak) tırmanabileceği maksimum eğim açısı, o taşıtın “tırmanma yeteneği” olarak tanımlanmaktadır.

$$\sin\alpha = \frac{(F_t - R_y - R_a)}{G} \quad (2.24)$$

F_t : Tahrik kuvveti, (N)

α : Eğim açısı

G : Taşıt ağırlığı, (N)

R_y : Yuvarlanma direnci, (N)

2.3.2.2.4 İvmelenme direnci

Bilindiği gibi atalet kuvvetleri ivmeli hareket yapan cisimler üzerinde meydana gelir. Taşıtın genel hareketi ivmesiz kabul edilebilir. Fakat taşıtın ilk hareketi ve frenleme sırasında büyük ivmeler ve dolayısıyla büyük atalet kuvvetleri meydana gelir. Bunun yanı sıra taşıt ivmesiz hareket yaparken bile bu hareketi sağlamak için taşıtın bazı parçaları ivmeli hareket yapmak zorundadır. İşte bu da atalet kuvvetlerinin diğer bir kaynağıdır.

Newton'un II. hareket yasasına göre; bir taşıtın hızlanması veya yavaşlaması sırasında, harekete ters yönde oluşan kuvvet; $F = m.a$ Eşitliği ile ifade edilmiştir. İvme direnci; Doğrusal hareket halindeki kütlelerin atalet kuvvetleri ile dönme hareketi yapan parçaların atalet kuvvetlerinden oluşmaktadır. Taşıt hızının değişimi, dönen bu elemanların hızlarının değişmesi ile sağlanmaktadır. Hızın değişmesi içinde dönen elemanlara etki eden momenti artırmak gerekir.

$$M_d = I \frac{d\omega}{dt} = I * \varepsilon \quad (2.25)$$

I : Dönüş eksenine göre (polar) atalet momenti (kgm^2)

ε : Açısal ivme (rad/s^2)

M_d : Dönen elemanlara etki eden atalet momenti (Nm)

Formül (2,25)'den hareketle bazı eşitlikler çıkartılabilir ve bu eşitlikler ile hesaplamalar yapılabilir. Fakat karmaşık ve zor hesaplamaların yanı sıra motor krank mili, volan, kavrama, vites kutusunda dönen elemanlar, kardan mili, diferansiyel kovanı içerisinde dönen elemanlar, akslar ve tekerlekler dâhil tüm dönen parçaların dönme yarıçapı ve ağırlık bilgisi gerekmektedir. Ayrıca birçok aktarma organının atalet momentleri karmaşık şekillerinden dolayı sadece deneysel yöntemlerle hesaplanabilmektedir. Tüm bu bilgilerin araştırılması, bulunması ve karmaşık eşitliklerin çözümlenmesi yerine aşağıdaki eşitlikler kullanılabilir.

$$R_t = m_{ef} * a \quad (2.26)$$

$$m_{ef} = m * Y \quad (2.27)$$

$$Y = 1,04 + 0,0025 * \dot{I}_o^2 \quad (2.28)$$

R_t : İvme direnci, (N)

a : İvme, (m/s²)

m_{ef} : Taşıtın etkili atalet kütlesi, (rad/s²)

m : Taşıtın kütlesi, (kg)

Y : Etkili kütle katsayısı

\dot{I}_o : Toplam transmisyon oranı

2.3.3 Tahrik kuvveti ve direnç kuvvetleri arasındaki ilişki

Taşıtın her sürüş şartında ürettiği ve yendiği kuvvetler dengededir. Bu sürüş şartlarının neler olduğu aşağıda sıralanmıştır.

Aracın düz yolda sabit hızda gidebilmesi için;

$$F_t = R_y + R_a \quad (2.29)$$

Aracın yokuşta sabit hızda gidebilmesi için;

$$F_t = R_y + R_a + R_{yk} \quad (2.30)$$

Aracın düz yolda ivmelenmesi için;

$$F_t = R_y + R_a + R_i \quad (2.31)$$

Aracın yokuşta ivmelenmesi için;

$$F_t = R_y + R_a + R_i + R_{yk} \quad (2.32)$$

F_t : Taşıt tahrik kuvveti, (N)

R_y : Yuvarlanma direnci, (N)

R_a : Aerodinamik direnç, (N)

R_i : İvme direnci, (N)

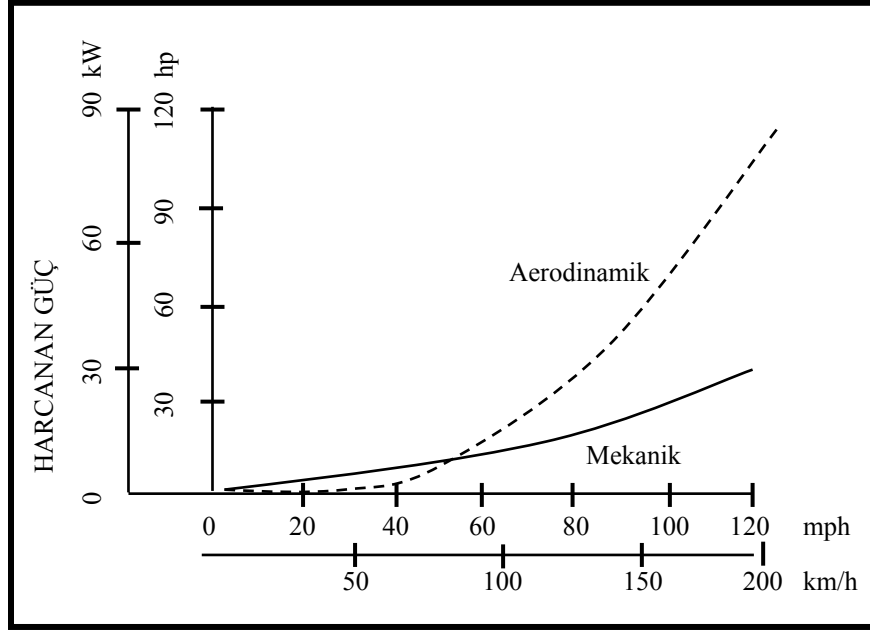
R_{yk} : Yokuş direnci, (N)

R_t : Toplam direnç kuvveti (N)

Taşıtın sürüş esnasında yendiği direnç kuvvetlerinin toplamına toplam direnç kuvveti denir. (R_t)

$$R_t = R_y + R_a + R_i + R_{yk} \quad (2.33)$$

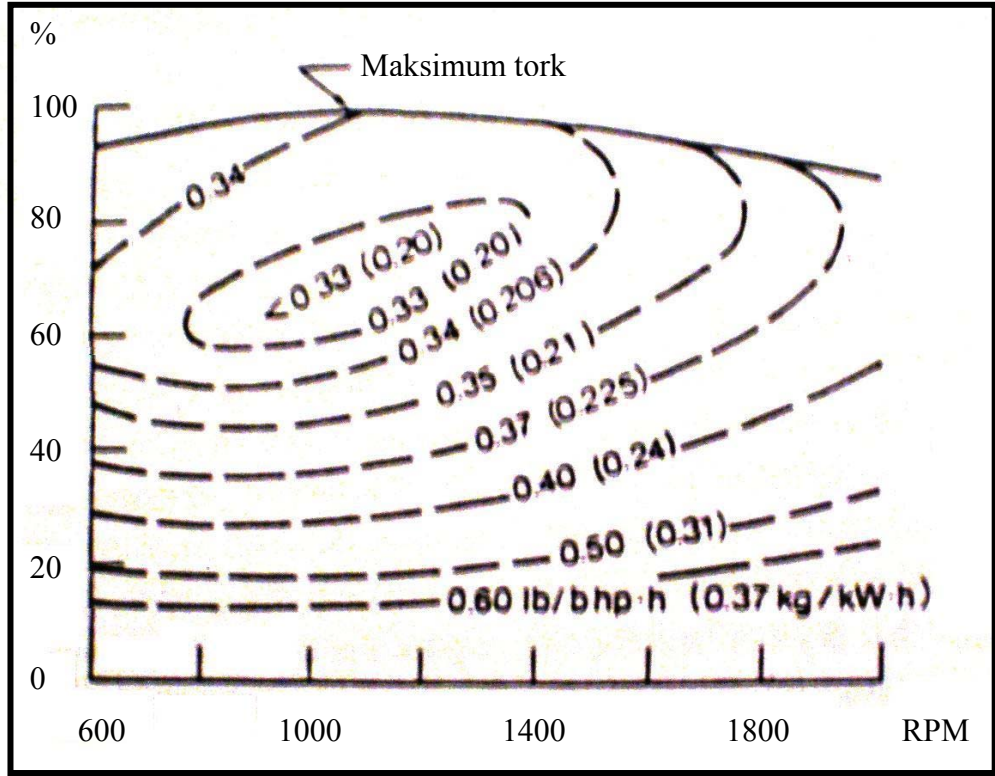
Toplam direnci oluşturan kuvvetlerden birisi olan aerodinamik direnç kuvveti 100km/h'ın üzerine çıktığında ani bir yükselişe geçer. Diğer dirençler toplamının ise nispeten doğrusal bir artış sergilediği söylenebilir. Bahsedilen bu artışlar Şekil 2.12'deki grafikten görülebilir [16].



Şekil 2.12: Direnç kuvvetlerinin taşıt hızı ile artış grafiği
 Kelly K.B., Holcombe, H.J., “Aerodynamics for Body Engineers” Automotive
 Aerodynamics, Progress in Thecnology Series, Vol. 16 *Society of Automotive Engineers*,
 (1978)

2.4 Taşıt Yakıt Tüketimi

Taşıt motorunun tam yükteki eğrileri; motorun tüm çalışma şartları ve yakıt sarfiyatı hakkında bilgi vermez. Motorun ara yüklerden tam yüke kadar değişen bütün yükleme şartları aralığında özgül yakıt sarfiyatı değerlerini gösteren motor performans eğrileri motorun her çalışma şartındaki davranışını ortaya koyar (Şekil 2.13). Bu eğriler ortalama efektif basıncını ve motor devir sayısının bir fonksiyonu olan özgül yakıt sarfiyatı eğrileridir. Grafiği üstten sınırlayan eğri tam yükteki motor momentini gösterir. Motor bu eğrinin üzerindeki bir noktada çalışamaz [17].



Şekil 2.13: Bir dizel motora ait özgül yakıt tüketim eğrileri
 Giles, J.G., "Gears and transmission, Automotive Tthechnology Series " Vol 4, *Butterwrhs,*
London, (1969)

Özgül yakıt sarfıyatı; Motorun 1kW güç üretirken 1 saatte tükettiği yakıt miktarıdır.

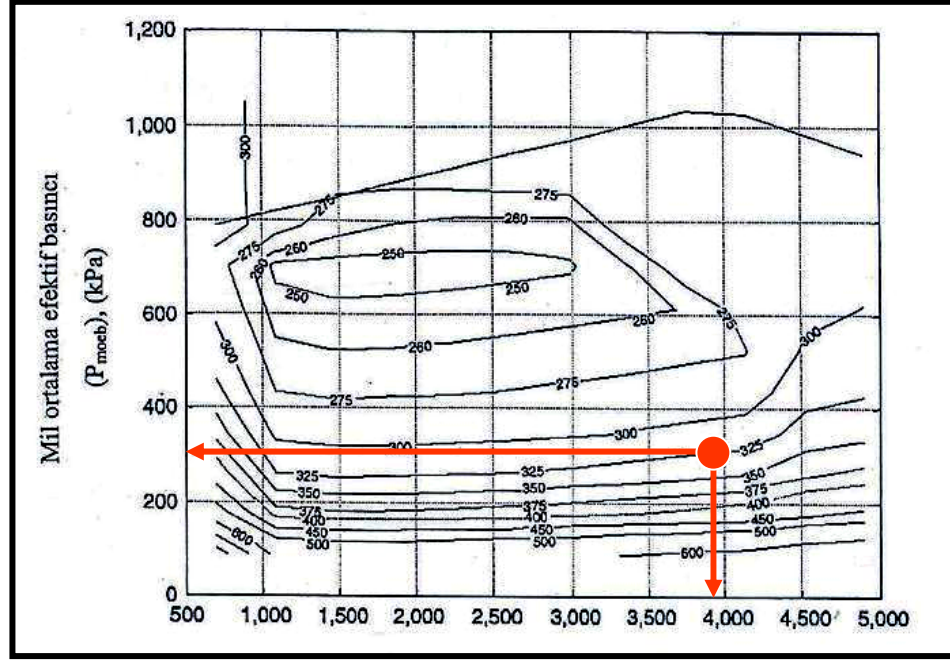
$$P_{ort} = \frac{4 * \pi * M}{V_s * 100} \quad (2.34)$$

P_{ort} : Mil ortalama efektif basıncı, (bar)

M : Motor momenti, (Nm)

V_s : Motor hacmi, (lt)

Sabit hızda hareket eden aracın yakıt tüketimini hesaplayabilmek için; buraya kadar anlatılan formüller kullanılarak; Söz konusu sürüş şartındaki mil ortalama efektif basıncı ve motor devri bulunur. Bulunan bu değerler ile motora ait özgül yakıt tüketim eğrilerinden (gr/kWh) olarak özgül yakıt sarfıyatı elde edilir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14: Özgül yakıt tüketiminin okunması.

Şekil 2.14’de görüldüğü gibi, motor devri 3710d/dk ve ortalama efektif basınç değeri 3,12bar için özgül yakıt tüketimi, 325gr/kWh olarak grafikten okunur. Ardından motorun o andaki açılma hızı ve ürettiği güç bulunur.

$$\omega = \frac{\pi * n}{30} = 388,5 \text{ rad/s}$$

$$P = M * \omega = 28,9 \text{ kW}$$

$$P * b_e = \frac{325 * 28,9}{1000} = 9,3925 \text{ kg/h ile kg cinsinden 1 saatteki yakıt tüketimi bulunur.}$$

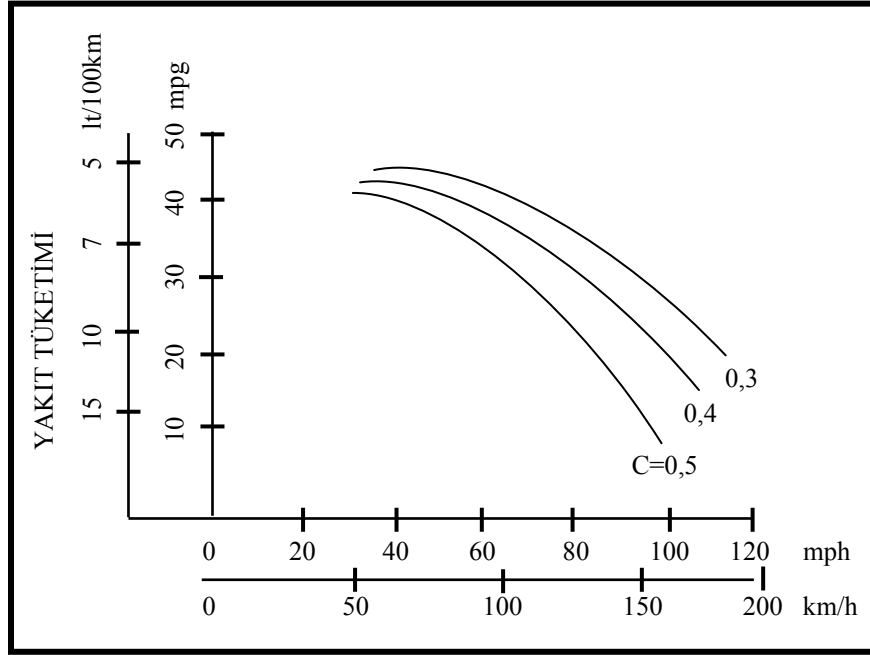
b_e : Özgül yakıt tüketimi (gr/kWh)

Benzin yoğunluğu: 0,76kg/lt için;

100km’deki yakıt sarfiyatı10,3lt’olarak hesaplanır.

Pek çok Avrupa ülkesinde ve Türkiye’de yakıt tüketimi 100 km mesafede tüketilen yakıt miktarı olarak verilirken İngiltere ve diğer bazı ülkelerde 1 lt yakıt ile kat edilecek mesafe verilmektedir. Bu çalışmada ise yakıt tüketimi lt/100km olarak hesaplanmaktadır.

Taşıtların yakıt tüketimini azaltmak için öncelikle direnç kuvvetlerini azaltmak ve mekanik verimi artırmak ilk akla gelen çözümlerdir. Hangi direncin nasıl azaltılacağı incelenirse direnç formüllerine bakmak ve bu formüllerde geçen tasarımsal kısıtları henüz aracın tasarım aşamasında iken göz önünde bulundurmak gerekir. Örneğin bir aracın aerodinamik direnç kuvvetini düşürmek için taşıta ait aerodinamik direnç katsayısını düşürmek gerekir. Şekil 2.15’de aerodinamik direnç katsayısının yakıt tüketimine etkisi görülmektedir [18].

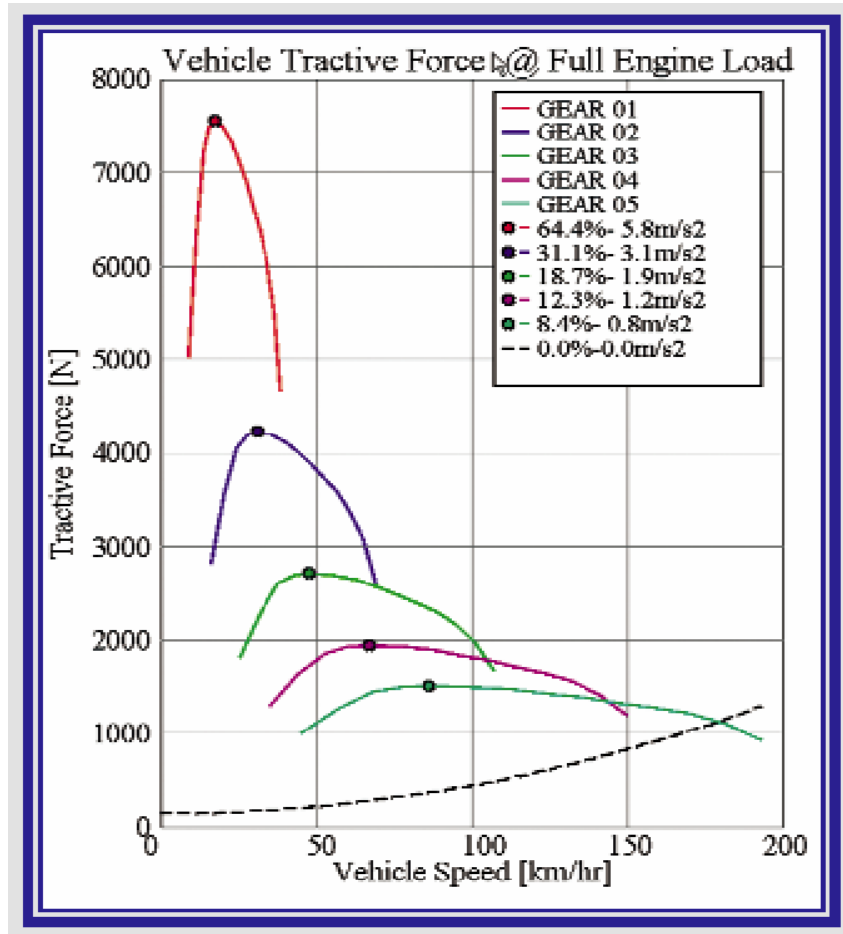


Şekil 2.15 Aerodinamik direnç katsayısının yakıt tüketimine etkisi
Hucho, W.H., Janssen, L.J., Emmelman, H.J., “The Optimization of Body Details-A Method for Reducing the Aerodynamic Drag of Road Vehicles”, *Society of Automotive Engineers*, paper, 760185 (1976)

3 TAŞIT PERFORMANS TESPİTİNE YÖNELİK LİTERATÜRDE YER ALAN ÇALIŞMALAR VE TASPER PROGRAMI

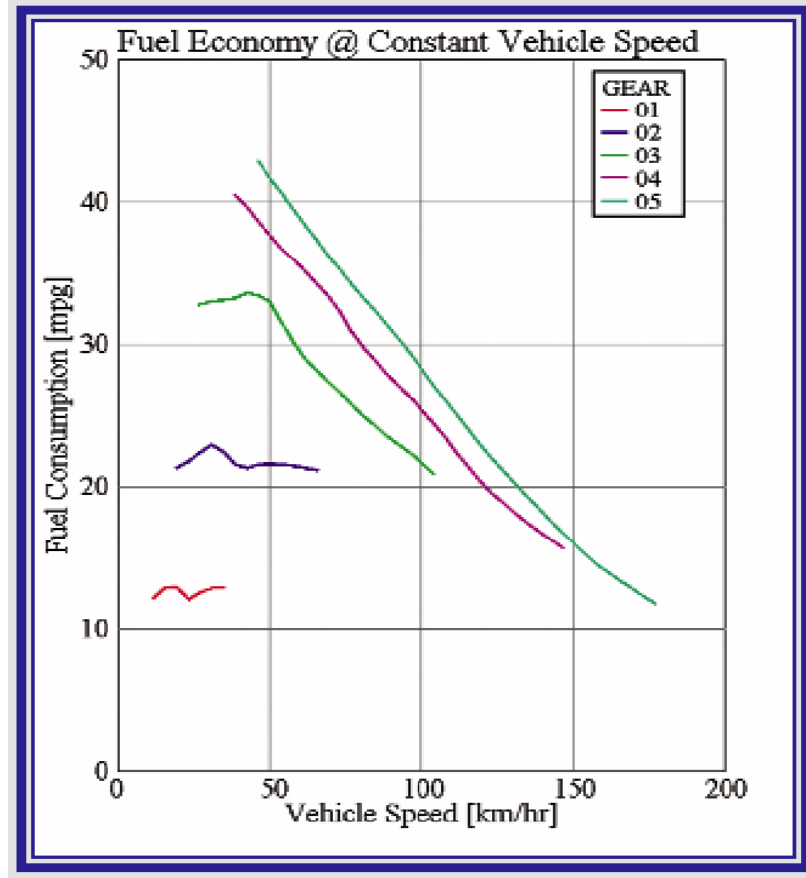
3.1 Literatürde Yer Alan çalışmalar

Yapılan literatür araştırmalarında daha önce yapılmış Tasper benzeri herhangi bir akademik çalışma bulunamadı. Bundan dolayı program tasarlanıp ana çerçeve belirlendikten sonra internet ortamında benzer programlar olup olmadığı araştırıldı. Benzer çıktılar veren ticari maksat ile kullanılan bazı programlar bulundu;



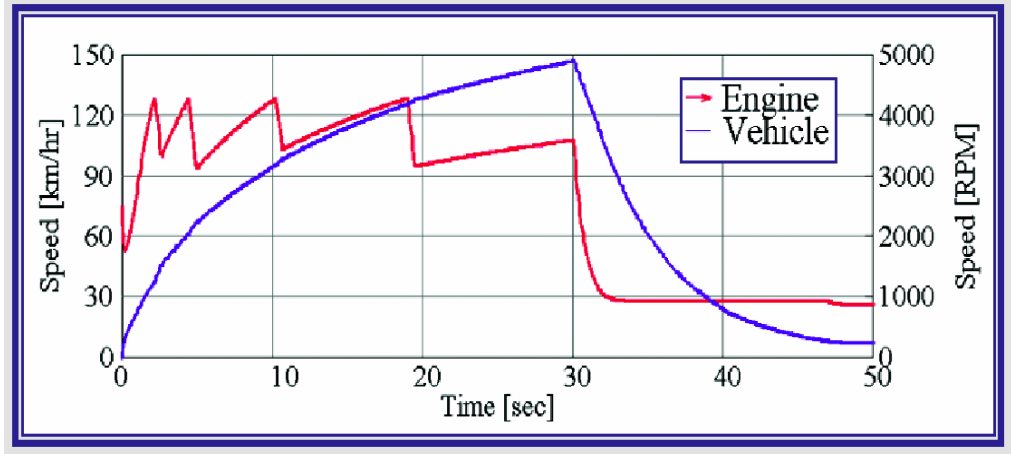
Şekil 3.1: GT-Drive programından alınan çekiş kuvveti-hız grafiği
http://www.gtisoft.com/img/broch/broch_gtdrive.pdf

Şekil 3.1'de verilen grafiğin benzeri Tasper programından da alınmaktadır. Ancak Bu grafik GT-Drive programına özel değildir. SAE J2188 numaralı standart ile tanımlanmıştır.



Şekil 3.2:GT-Drive programından alınan yakıt tüketim-hız grafiği
http://www.gtisoft.com/img/broch/broch_gtdrive.pdf

Şekil 3.2'de verilen grafikte her vites için hıza göre yakıt tüketim değerleri verilmektedir. Tasper programından alınan yakıt tüketim grafiği ise tanımlanan yol şartlarında şoförün vites değiştirme eğilimine göre minimum taşıt hızından maksimum taşıt hızına kadar tüm çevre şartlarının etkisinde oluşturulmuş, yakıt tüketimi-araç hızı grafiğidir. Söz konusu tasper'den alınan grafik bölüm 3.5'de verilmektedir.



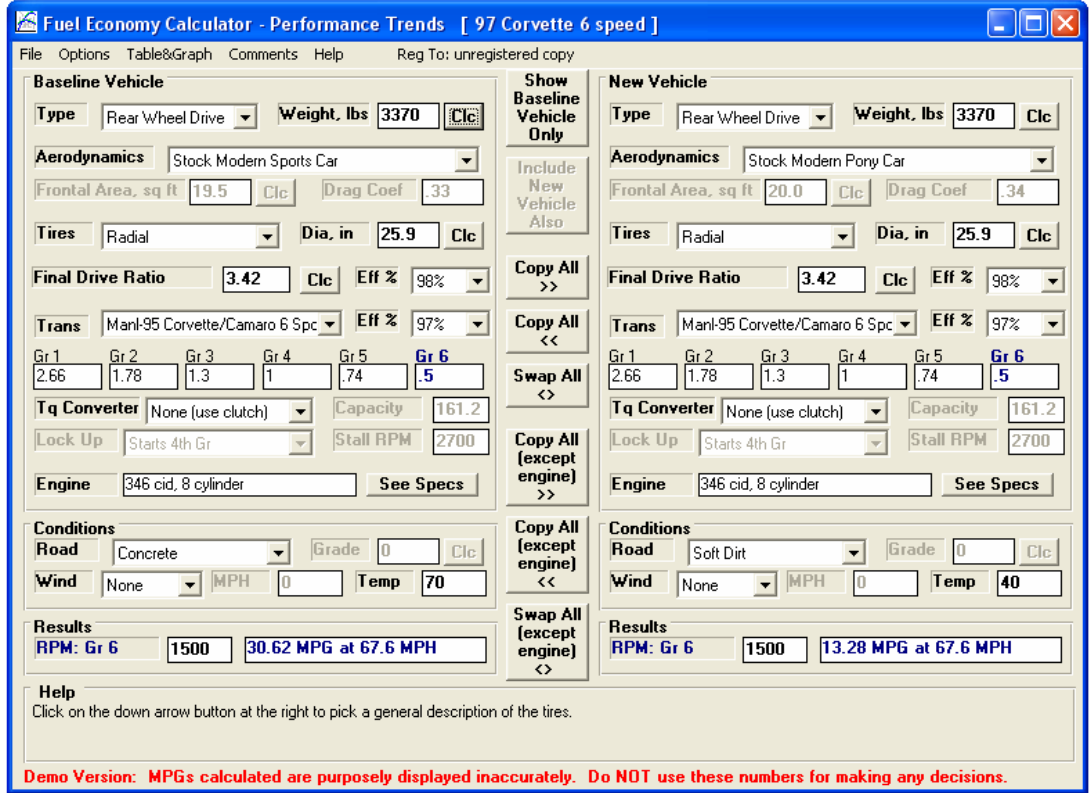
Şekil 3.3: GT-Drive programından alınan motor devri, hız ve zaman grafiği
http://www.gtisoft.com/img/broch/broch_gtdrive.pdf

Şekil 3.3’de verilen grafik Tasper programında, ivmelenme grafiği ve vites hız grafiği olarak ayrı grafiklerle verilmektedir.



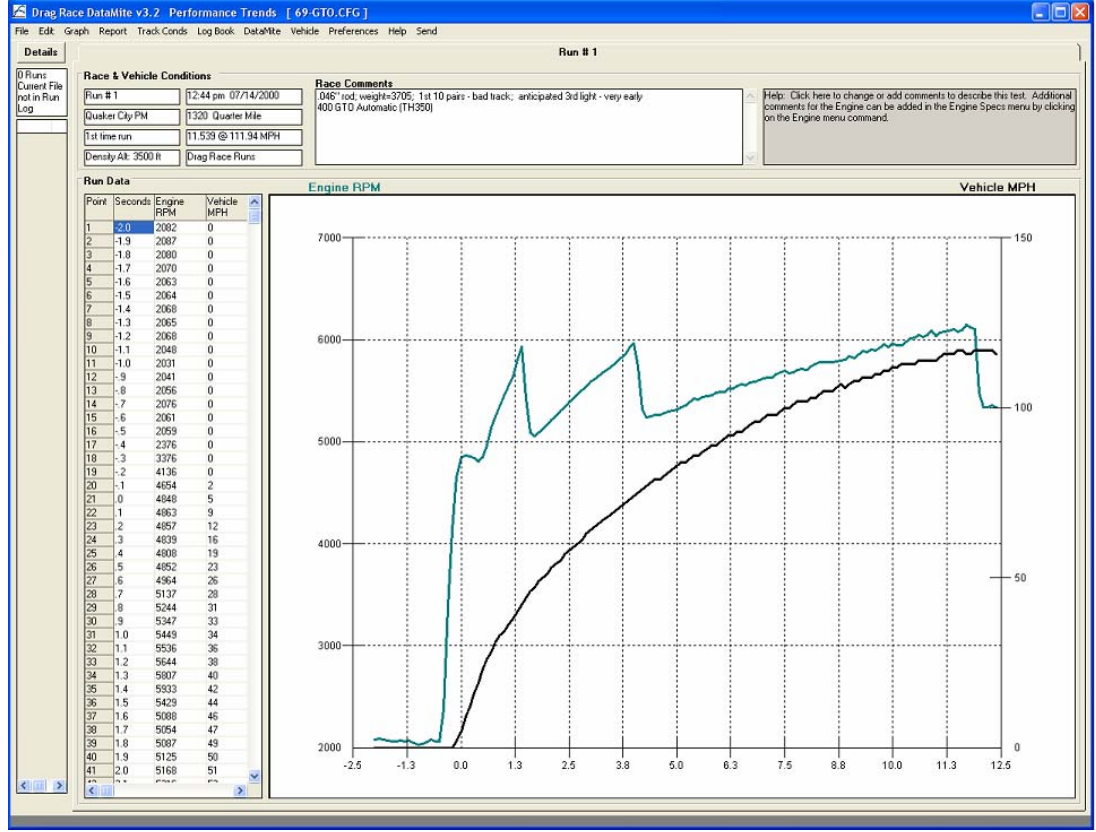
Şekil 3.4: GT-Drive programından alınan ara yüz
http://www.gtisoft.com/img/broch/broch_gtdrive.pdf

Şekil 3.4’de görüldüğü gibi GT-Drive programı ara yüzü ile Tasper programının menü ara yüzleri birbirinden oldukça farklıdır.



Şekil 3.5: Fuel Economy Calculator V1.1 programı
<http://www.performancetrends.com>

Şekil 3.5’de görülen Fuel Economy Calculator V1.1 programı iki aracın yakıt ekonomisini karşılaştırmak için yapılmıştır. Araçların tüm özellikleri programın hafızasında tanımlıdır. Kullanıcının aktarma organlarının özelliklerini değiştirerek aynı aracın ya da farklı araçların yakıt tüketim değerlerini kıyaslamasını sağlamaktadır. Grafik olarak çıktı vermemektedir.



Şekil 3.6: Drag Race Datamite v3.2 programı
<http://www.performancetrends.com>

Şekil 3.6’da görülen Drag Race Datamite V3.2 programı içerisinde araç aktarma organı bileşenleri yol tanımı gibi tüm veriler tanımlı bulunmaktadır. Kullanıcı bu verileri ve aracın performansını görmek istediği süreyi değiştirerek motor devri, araç hızı ve zaman eğrilerini grafikte görmektedir. Kullanıcı sonuç olarak başka bir grafik elde edemediği gibi, elde edilen bu grafik Şekil 3.3’deki GT-Drive programından alınan grafik ile aynı içeriğe sahiptir.

Benzer başka programlar araştırıldığında daha farklı sürümlerde olan programlar da bulunabilir. Ancak Tasper programı hiçbir programdan esinlenmeksizin, tamamen özgün çalışarak oluşturulduğu ve içeriğinde kapsamlı veri girdi çıktıları bulunduğundan muhakkak farklılıkları olacaktır.

3.2 Tasper Programı

Tasper programı motorlu taşıtların çeşitli performans grafiklerinin ve yakıt tüketim miktarlarının bilgisayar ortamında hesaplanması maksadı ile Visual Basic 6.0 kullanılarak hazırlanmış bir yazılımdır.

Tasper programı yazılımında buraya kadar anlatılan formüllerin hepsi kullanılmıştır. Bunlara ilave olarak programın özgül yakıt tüketim eğrilerini okuyabilmesi için bir yöntem geliştirilmiştir. Programa Bölüm 3.5'te detaylı anlatılacağı gibi özgül yakıt tüketim eğrileri her 0,25bar ortalama efektif basınç ile motorun her 50d/dk'lık dilimine denk gelen noktasal değerler programa girilmektedir. Ancak çözüm yaptırılırken taşıtın o andaki ortalama efektif basıncı ve motor devrinin, büyük olasılıkla girilen bu noktasal değerlerin arasında olarak hesaplanacağı aşikârdır. Bu durumda, programın özgül yakıt tüketim eğrilerini okuması için şöyle bir yöntem oluşturulmuş ve programa tanımlanmıştır;

Örnek olarak tüm sürüş şartları ve girdiler programa tanımlanmış ve sonuç olarak ta program mil ortalama efektif basıncını 1,61bar motor devrini de 2120d/dk olarak bulsun. Ayrıca programa da Tablo 3.1'deki özgül yakıt tüketim eğrileri tanımlanmış olsun.

Tablo 3.1: Tasper programına tanımlanmış örnek özgül yakıt tüketim tablosu

		Motor devri (d/dk)						
		1000	2100	2150	...
Ortalama efektif basınç (bar)
	1,5	A1	B1	...
	1,75	A2	B2	...

Bu durumda program Tablo 3.1'de verilen A1, A2, B1 ve B2 değerleri arasında bir değer bulması gerekecektir. Tasper programı çözümün bu aşamasında Tablo 3.2'de

gösterilen X1 X2 ve Y2 elemanlarını tabloda tanımlanmış gibi çözer. Programın aradığı özgül yakıt tüketim değeri ise Y değeridir.

Tablo 3.2: Tasper programının özgül yakıt tüketim eğrilerini okuma yöntemi

Mil ortalama efektif basıncı (bar)	Motor devri (d/dk)						
	1000	2100	2150	...
...
1,5	A1	B1	...
1,61	X1	Y	X2
1,75	A2	B2	...
...

X1: Bulunan P_{ort} (1,61bar) değeri için, bulunan n_m (2120d/dk) değerinin tabloda tanımlanmış olan bir alt motor devrindeki (2100d/dk) özgül yakıt tüketim değeridir.

$$X1 = \left[\frac{(1,61 - 1,5) * (A2 - A1)}{0,25} \right] + A1 \quad (3.1)$$

X2: Bulunan P_{ort} (1,61bar) değeri için, bulunan n_m (2120d/dk) değerinin tabloda tanımlanmış olan bir üst motor devrindeki (2150d/dk) özgül yakıt tüketim değeridir.

$$X2 = \left[\frac{(1,61 - 1,5) * (B2 - B1)}{0,25} \right] + B1 \quad (3.2)$$

Y: Bulunan P_{ort} (1,61bar) değeri için, bulunan n_m (2120d/dk) değeri için özgül yakıt tüketim değeridir.

$$Y = \left[\frac{(2120 - 2100) * (X2 - X1)}{50} \right] + X1 \quad (3.3)$$

Buraya kadar anlatılan yöntem Tasper Programının en çok karşılaşıcağı ve kullanacağı yöntemdir. Fakat maksimum motor devri ve maksimum ortalama efektif basınç değeri için çözüm yaptırırken program, aşağıdaki iki yöntemi kullanır.

- 1- Bulunan n_m maksimum motor devrine eşit ise $X1=Y$ olur ve $X2$ hesaplanmaz.
- 2- Bulunan ortalama efektif basınç maksimum ortalama efektif basınç değerine eşit ise $A1=X1$ $B1=X2$ olarak alınır. Y hesaplanır.

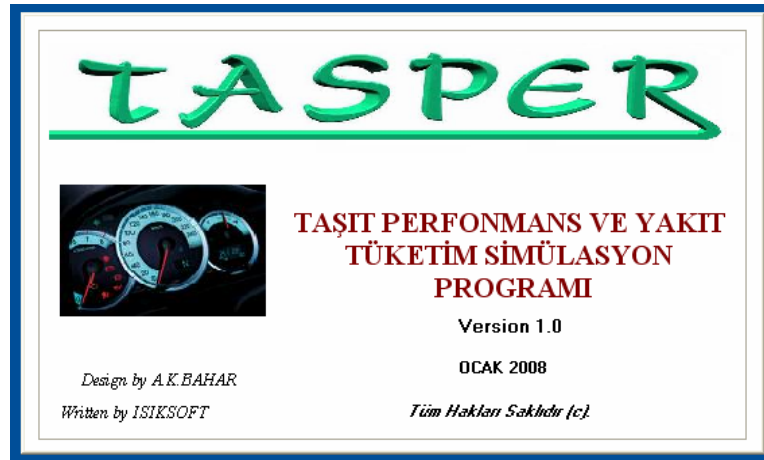
3.3 Tasper Programının Getirdiği Avantajlar

Tasper programı aşağıda sıralanan avantajları sağlar;

- Tasarım aşamasında istenen yakıt tüketimi ve performans ölçütlerine en uygun araç bileşenlerinin bilgisayar ortamında belirlenmesini sağlar.
- Mevcutta var olan araçlarda yapılmak istenen aktarma organı değişikliklerinin belirlenmesini sağlar.
- Prototip çalışma, işçilik ve test maliyetleri ve zaman kaybını azaltır.

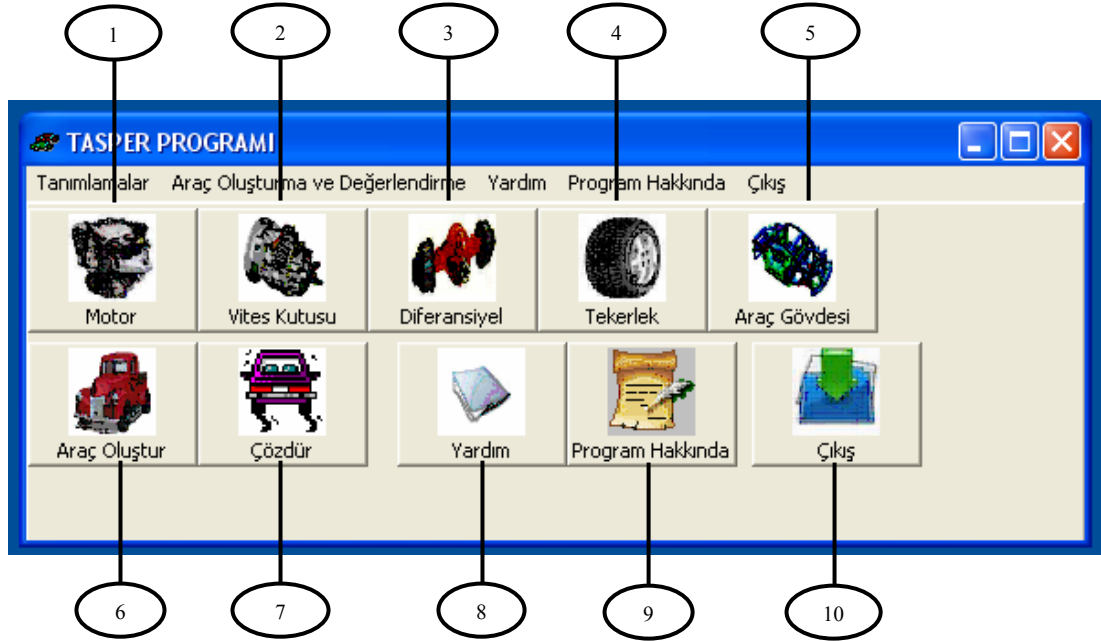
3.4 Programın Kullanım Kılavuzu

Tasper programı, cd içerisindeki kur dosyası çalıştırılarak kurulur. Ardından, başlat menüsü, programlardan Tasper çalıştırılır.



Şekil 3.7: Tasper açılış ekranı

Program açılış ekranı 3sn sonra kendiliğinden kapanacaktır ve ekrana Şekil 3.8'de görülen ara yüz gelecektir.



Şekil 3.8: Tasper ana menü ara yüzü ve butonları

- 1- Motor tanımlama butonu
- 2- Vites kutusu tanımlama butonu
- 3- Diferansiyel tanımlama butonu
- 4- Tekerlek tanımlama butonu
- 5- Araç gövdesi tanımlama butonu
- 6- Araç oluşturma butonu
- 7- Tanımlı aracın performans ve yakıt tüketim değerlerini bulma butonu
- 8- Tasper yardım butonu
- 9- Tasper programı hakkında butonu
- 10- Programı kapatma butonu

Şekil 3.8'de gösterilen ara yüz içerisinde bulunan on adet butonun her birisi Şekil 3.9-3,10'da gösterilen menülerde de bulunmaktadır. Bunlardan sekiz numaralı yardım komutunun çalışması için bilgisayara Acrobat Reader programının bilgisayara kurulu olması gerekir.



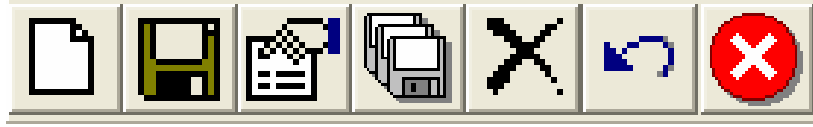
Şekil3.9: Tasper programı tanımlama menüsü



Şekil3.10: Tasper programı çözümlene menüsü

Bahsi geçen ilk sekiz butona klavye kısa yolları ile ulaşılabilir.

- 1- CTRL+M
- 2- CTRL+V
- 3- CTRL+D
- 4- CTRL+T
- 5- CTRL+A
- 6- CTRL+C
- 7- CTRL+P
- 8- CTRL+K



Şekil 3.11: Alt menülerdeki genel komutlar

Şekil 3.11’de gösterilen butonların açıklamaları aşağıda yer almaktadır. Bu butonlar programın her alt menüsünde bulunmakta ve aynı görevi yerine getirmektedir.



Yeni dosya aç



Yeni dosya veya yapılan değişiklikleri kaydet



Var olan dosyada değişiklik yap



Değişiklik yapılan dosyayı farklı kaydet



Var olan kaydı sil



Yapılan değişikliği iptal et



Açık pencereyi kapat

Programda, taşıt yakıt tüketimi ve Performans değerlerini hesaplabilmek için aracı oluşturan tüm ana bileşenlerin programın veri tabanına kaydedilmesi gerekir. Bu bileşenler; Şekil 3.8 de gösterilen ilk beş buton ile yapılır. Bunlardan birincisi motor tanımlama butonudur.

Motor ismi girilir

Motor eğrileri göster

Motor eğrileri grafiğinden motor tanımlama formuna dön

Özgöl yakıt tüketimi eğrilerini tanımla

Motor ağırlığı girilir

Motor hacmi girilir

Motor Tanımlama Formu

Motor Bilgileri

Motor İsmi : Motor Ağırlığı (kg) : Motor Hacmi (lt) :

Motor Tipi

DİZEL BENZİN [kg / lt]

Tanımlı Motor İsimleri

MOTOR-1
MOTOR-2
MOTOR-3
MOTOR-4
MOTOR-5

Kayıtlı motor listesi

Motorun kullandığı yakıtın yoğunluğu girilir

Motor Devri (dev/dak)	Motor Momenti (Nm)	Motor Gücü (kW)	Motor Gücü (BG)
1000			
1050			
1100			
1150			
1200			
1250			
1300			
1350			
1400			
1450			
1500			
1550			
1600			
1650			
1700			

Buradaki üç sütundan herhangi biri kullanıcı tarafından doldurulur

NOT : Ondalık Sayı Girenken Bilgisayarınızın Bölgesel Ayarlarına Göre . (nokta) veya , (virgül) Giriniz.

CAPS NUM INS 1/1/2008 20:10

Şekil 3.12: Motor tanımlama formu

Bir numaralı motor tanımlama butonuna basıldığında Şekil 3.12’de gösterilen motor tanımlama formu açılır. Açılan bu formdaki komut menüsünden yeni tanımlama yap butonuna basılarak bilgi giriş hücreleri aktif hale getirilir. Bu hücrelere, motor ismi motor hacmi, motor ağırlığı, dizel veya benzinli motor tanımı ve motorun tükettiği yakıtın yoğunluğu girilir. Motor eğrilerine ait bilgiler ise motorun her 50dev/dk’lık devri için moment ya da güç bilgisi olarak seçilecek tek bir sütuna tanımlanır. Diğer sütunlardaki değerleri program otomatik olarak kendisi hesaplar. Tüm bilgiler girildikten sonra yeni motor tanımı kaydedilebilir. Aynı zamanda bu form içerisinde

var olan motorlar üzerinde değişiklikler yapıp kaydedilebilir, farklı kaydet seçeneği ile var olan motorlardan türetilerek yeni motorlar oluşturulabilir, kayıtlı motorlar silinebilir ve motor güç eğrileri grafik şeklinde görüntülenebilir. Motorun girilen bilgilerine ilaveten özgül yakıt tüketim bilgileri de, formdaki başlık menüsünde bulunan özgül yakıt tüketimi eğrilerini tanımla butonuna basıldığında ekrana gelen ve Şekil 3.13’de gösterilen motor özgül yakıt tüketim eğrileri tanımlama formu ile yapılır.

Şekil 3.13: Özgül yakıt tüketim eğrileri tanımlama formu

Bu menüde kayıtlı motorlardan hangisinin özgül yakıt tüketim eğrisi tanımlanmak istenir ise listeden seçilir ve özgül yakıt tüketim grafiğinden okunacak maksimum ortalama efektif basınç bilgisi (bar) 0,25’in katı olacak şekilde boş hücre içerisine yazılır. Ardından yeni tanımlama yap butonuna basıldığında Şekil 3.14–3.15’de gösterilen pencereler ekrana gelir.

Motor Yakıt Eğrileri Tanımlama Formu

Motor Bilgileri

	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350
0	x	x	x	x	x	x	x	x
0.25	x	x	x	x	x	x	x	x
0.5	x	x	x	x	x	x	x	x
0.75	x	x	x	x	x	x	x	x
1	382	398	410	430	440	455	470	46
1.25	360	375	390	400	410	420	426	42
1.5	342	355	365	380	385	395	400	39
1.75	320	330	340	350	360	365	368	36
2	301	310	320	327	335	340	345	34
2.25	280	287	295	301	309	315	318	31
2.5	266	272	280	285	290	296	298	29
2.75	254	260	265	270	275	281	283	28
3	247	251	256	260	265	268	271	27
3.25	238	245	248	253	257	261	263	26
3.5	237	242	246	248	253	257	258	25
3.75	234	238	243	245	249	253	254	25
4	232	236	239	243	246	248	251	25
4.25	230	233	237	240	244	246	248	24

CAPS NUM INS 1/2/2008 10:53

Şekil 3.14: Özgül yakıt tüketim eğrilerinde minimum basınç değerinin altında tanımlı olmayan bölgelerin girilmesi

Ekrana gelen yeni penceredeki hücrelerin her birisi motor özgül yakıt tüketim eğrileri grafiğinden okunarak doldurulur. Boş hücre bırakılmaz ve tüm hücreler doldurulmadan kayıt yapılamaz. Özgül yakıt tüketim eğrileri grafiğindeki minimum ortalama efektif basınç değerinin altında kalan ve eğrilerin tanımlı olmadığı bölgeler için Şekil 3.14’de gösterildiği gibi “x” tanımlanır.

Motor Yakıt Eğrileri Tanımlama Formu

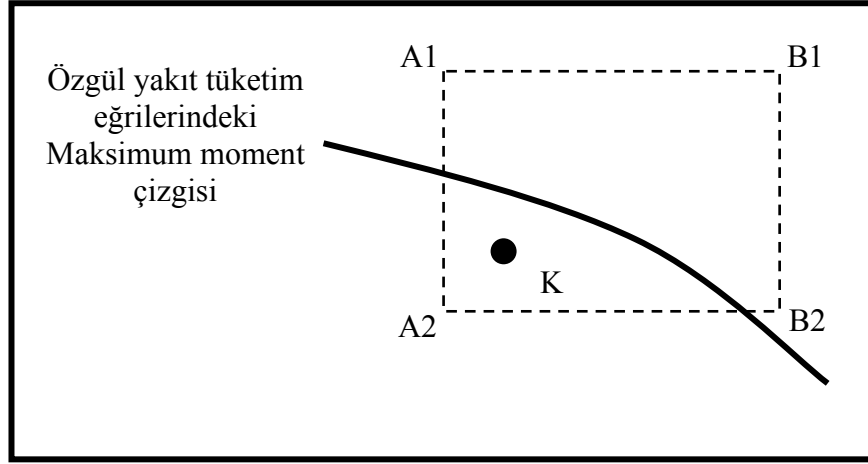
Motor Bilgileri

	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600
3	297	300	305	307	307	310	312
3.25	287	290	295	300	301	303	305
3.5	282	285	287	293	296	298	300
3.75	278	280	282	287	291	295	295
4	274	276	277	281	285	290	290
4.25	270	272	274	275	278	280	283
4.5	265	267	268	270	272	275	276
4.75	259	261	264	265	267	268	270
5	258	259	259	262	265	265	267
5.25	258	258	259	262	265	268	270
5.5	259	259	263	265	269	270	275
5.75	260	263	267	269	272	275	280
6	265	269	273	y	y	y	y
6.25	y	y	y	y	y	y	y
6.5	y	y	y	y	y	y	y
6.75	y	y	y	y	y	y	y
7	y	y	y	y	y	y	y

CAPS NUM INS 1/2/2008 11:28

Şekil 3.15: Özgül yakıt tüketim eğrilerinde maksimum momentin üzerindeki bölgelerin programa tanımlanması

Motorun özgül yakıt tüketim eğrileri grafiğindeki maksimum moment çizgisinin üzerindeki bölgelerin grafiğe tanımlanması gerekmez. Bu bölgeler için programa Şekil 3.15’de gösterildiği şekilde “y” tanımlanır. Ancak bu tanımlama yapılırken Şekil 3.16’da açıklanan durum göz önünde bulundurulmalıdır. Örnek olarak program ile çözüm yaptırılırken, motorun çalışma noktasının “K” olduğunu kabul edelim. Bu durumda program, kullanıcının grafikten okuyarak girdiği, A1, A2, B1, B2 verilerini kullanarak çözüm yapacaktır. Ancak kullanıcı, buradaki 4 noktadan herhangi birini programa “y” olarak girmiş ise, program motoru bu bölgede çalışamaz olarak kabul ettiğinden yakıt tüketim hesabını yapmayacaktır. Dolayısı ile kullanıcı özgül yakıt tüketim verilerini programa tanımlarken, verileri dörtlü gruplar şeklinde analiz etmeli ve bu dörtlü gruptan herhangi biri ya da bir kaç maksimum moment eğrisinin altında kalmış ise dört noktadaki veriyi de programa girmelidir. Bu hususlara dikkat edilerek girilen özgül yakıt tüketim eğrisi, son olarak menüdeki kaydet butonu ile kaydedilir.



Şekil 3.16: Motor özgül yakıt tüketim eğrilerinde maksimum moment çizgisinde bulunan bölgelerin programa tanımlanması

Şekil 3.17: Vites kutusu tanımlama formu

Programın veri tabanına vites kutusu tanımlamak için ana menüden iki numaralı vites kutusu tanımlama butonuna basıldığında Şekil 3.17'deki vites kutusu tanımlama

formu ekrana gelir. Bu formda mevcut vites kutuları seçilerek üzerlerinde değişiklik yapılabilir ve silinebilir. Yeni dosya aç butonu kullanılarak yeni bir vites kutusu, isim, ağırlık ve vites oranları girilerek kaydedilebilir. Eğer vites kutusu altı vitesten daha az ise olmayan vitesin oranı için sıfır değeri girilir. Altı vitesten daha fazla olan vites kutuları Tasper'e tanımlanamaz.

Şekil 3.18: Diferansiyel tanımlama formu

Programın veri tabanına diferansiyel tanımlamak için ana menüden üç numaralı diferansiyel tanımlama butonuna basıldığında Şekil 3.18'deki diferansiyel tanımlama formu ekrana gelir. Bu formda kayıtlı diferansiyeller seçilerek üzerlerinde değişiklik yapılabilir ve silinebilir. Yeni dosya aç butonu kullanılarak yeni diferansiyel, isim, ağırlık ve diferansiyel oranı girilerek kaydedilebilir. Ağırlık girilirken diferansiyelin, kovan, akslar, dişli grubu ve poyra grubunu da içerdęi unutulmamalıdır.

Tekerlek Tanımlama Formu

Tanımlı Tekerlek İsimleri

LASTIK1 - 225/75-R17,5
LASTIK2-215/75-R17,5

Tekerlek İsmi :

Ortalama Dinamik Yarıçap (m) :

Lastik + Jant Ağırlığı (Kg) :

NOT : Ondalıklı Sayı Girerken Bilgisayarınızın Bölgesel Ayarlarına Göre . (nokta) veya , (virgül) Giriniz.

CAPS NUM INS 1/1/2008 20:16

Şekil 3.19: Tekerlek tanımlama formu

Programın veri tabanına tekerlek tanımlamak için ana menüden dört numaralı tekerlek tanımlama butonuna basıldığında Şekil 3.19'daki tekerlek tanımlama formu ekrana gelir. Bu formda kayıtlı tekerlekler seçilerek üzerlerinde değişiklik yapılabilir ve silinebilir. Yeni dosya aç butonu kullanılarak yeni tekerlek, isim, ağırlık ve ortalama dinamik yarıçap değeri girilerek kaydedilebilir. Ağırlık girilirken tekerleğin, jant ile birlikte ağırlığının girilmesi gerektiği unutulmamalıdır.

Araç Gövdesi Tanımlama Formu

Tanımlı Araç Gövde İsimleri

MINUBUS
K.OTOBUS

Kayıtlı araç gövde listesi

Araç ön yüzey alanı girilir

Aerodinamik direnç katsayısı girilir

Araç Gövde Bilgileri

Araç İsmi :

Araç Ağırlığı (Kg) :

Araç Ön Yüzey Alanı (m2) :

Aerodinamik Direnç Katsayısı :

Araç Tipine Göre Aerodinamik Direnç Katsayıları

<u>Araç Tipi</u>	<u>Aerodinamik Direnç Katsayısı</u>	<u>Araç Tipi</u>	<u>Aerodinamik Direnç Katsayısı</u>
Açık Spor	0,5 - 0,7	Minübüs ve K. Otobüs	0,5 - 0,6
Pikap	0,5 - 0,6	Büyük Otobüs	0,6 - 0,8
Sedan	0,4 - 0,55	Kamyon - Treyler	0,7 - 1,1
Aerodinamik Biçim	0,15 - 0,20		

NOT : Ondaklık Sayı Girenken Bilgisayarınızın Bölgesel Ayarlarına Göre . (nokta) veya , (virgül) Giriniz.

CAPS NUM INS 1/1/2008 20:17

Şekil 3.20: Araç gövdesi tanımlama formu

Programın veri tabanına araç gövdesi tanımlamak için ana menüden beş numaralı araç gövdesi tanımlama butonuna basıldığında Şekil 3.20'deki tekerlek araç gövdesi tanımlama formu ekrana gelir. Bu formda kayıtlı araç gövdeleri seçilerek üzerlerinde değişiklik yapılabilir ve silinebilir. Yeni dosya aç butonu kullanılarak yeni araç gövdesi, isim, ağırlık, ön yüzey alanı ve aerodinamik direnç katsayısı değeri girilerek kaydedilebilir. Aerodinamik direnç katsayısı girilirken form üzerin'de yazılı olan değerlerden yararlanılabilir. Ağırlık girilirken motor, vites kutusu, diferansiyel, tekerlekler, şoför, yolcular ve yük haricinde yakıt dâhil araçta ağırlık oluşturan tüm her şeyin gövde ağırlığı içerisinde bulundurulacağı unutulmamalıdır.

Programda buraya kadar anlatılan işlemler yapıldıktan bir sonraki adım, programın veri tabanına girilen bu bileşenler ile araç oluşturulmasıdır. Bu işlemde Şekil 3.21’de gösterilen form ile yapılmaktadır.

The screenshot shows a software window titled "Araç Tanımlama Formu". The window has a blue title bar and a toolbar with icons for file operations. The main area is divided into two sections. On the left, under "Tanımlı Araçlar", there is a list of vehicle models: TAŞIT-1&2, TAŞIT-3&4, TAŞIT-5&6, TAŞIT-7&8, TAŞIT-9, TAŞIT-10, TAŞIT-11&12, and TAŞIT-13&14. Below this list is a box labeled "Kayıtlı araç listesi". On the right, under "Araç Parçaları", there are several dropdown menus: "Araç İsmi", "Araç Gövdesi", "Motor", "Vites Kutusu", "Diferansiyel", and "Tekerlek". A box labeled "Araç ismi girilir" points to the "Araç İsmi" field. Below the list of models, there are five boxes with arrows pointing to the corresponding dropdown menus: "Araç gövdesi seçilir", "Motor seçilir", "Vites kutusu seçilir", "Diferansiyel seçilir", and "Tekerlek seçilir". At the bottom of the window, there are fields for "CAPS", "NUM", "INS", "1/1/2008", and "20:18".

Şekil 3.21: Araç tanımlama formu

Programa araç tanımlamak için ana menüden altı numaralı araç tanımlama butonuna basıldığında Şekil 3.21’deki araç tanımlama formu ekrana gelir. Bu formda, daha önce programın veri tabanına kaydedilmiş olan tüm bileşenler görülebilir. Yeni dosya aç butonu kullanılarak yeni araç tanımlaması yapılması için önce aracın ismi girilir. Ardından oluşturulan araçta kullanılacak araç gövdesi, motor, diferansiyel ve tekerlek seçildikten sonra kaydet butonuna basılarak araç oluşturma işlemi tamamlanmış olur. Ayrıca kayıtlı araç gövdeleri seçilerek üzerlerinde değişiklik yapılabilir ve silinebilir.

Programda yukarıda anlatılan tüm tanımlamaları yaptıktan sonra, kayıtlı olan araçlara yol ve sürüş şartları tanımlanarak çözüm yaptırılabilir. Performans ve yakıt tüketim değerlerini bulmak için program ana menüsünden yedi numaralı çözdür butonuna basıldığında ekrana Şekil 3.22 gelecektir.

Çözdür butonu

Araç seçilir

Yerçekimi ivmesi girilir

Şoför ağırlığı girilir

Her vitesin kayma değeri girilir

Yuvanlanma direnç katsayısı girilir

Araçtaki tekerlek sayısı girilir

Yolcu+yük ağırlığı girilir

Transmisyon verimi girilir

Şekil 3.22: Performans ve yakıt tüketim değerleri bulunacak olan taşıt, yol ve sürüş şartlarını tanımlama formu-1

Performans ve yakıt tüketim değerlerini bulmak için Şekil 3.22–3.23’de gösterilen tüm hücelere gerekli yol ve sürüş şartlarını tanımlayan bilgiler girilir. Önce çözüm yaptırılacak araç seçilir ardından; yerçekimi ivmesi, hava yoğunluğu, rüzgar hızı, yol eğimi, yuvanlanma direnç katsayısı, şoför ağırlığı, şoför vites değiştirme devri, şoför vites değiştirme süresi, aktarma organları verimi, yolcu ve yük toplam ağırlığı,

araçtaki tekerlek sayısı ve son olarak ta her vites için kayma değeri girilir. Tüm bu tanımlamalar yapıldıktan sonra sol üst köşedeki çözdür butonuna basılır.

Yol eğimi girilir

Hava yoğunluğu girilir

Rüzgâr hızı girilir

Şoför vites değiştirme devri girilir

Şoför vites değiştirme süresi girilir

Araç Performans ve Yakıt Tüketim Değerleri

Araç Seçimi

Yol Tanımı

Yerçekimi İvmesi : 9,81

Hava Yoğunluğu (kg/m3) : 1,225

Rüzgar (m/sn) :

Yol Eğimi (%) :

Yuvanlama Direnç Katsayı Değerleri

Yuvanlama Direnç Katsayısı :

Yol Durumu	Yuvanlama Direnç Katsayısı
Düzgün Asfalt - Beton Yol	0,01
İyi Durumda Beton Yol	0,011
Çakıl Taşlı - Beton Yol	0,014
Kum ve Taş Yol	0,16
Bol Kumlu veya Yumuşak Topraklı Yol	0,2 - 0,3

Araç Seçimi

Şoför Ağırlığı (kg) : 85

Şoför Vites Değiştirme Devri :

Şoför Vites Değiştirme Süresi (sn) : 0,5

Diğer Tanımlar

Aktarma Organları Verimi (%) :

Yolcu ve Toplam Yük Ağırlığı (kg) :

Araçtaki Tekerlek Sayısı :

Kayma (%)

1.Vites : 0

2.Vites : 0

3.Vites : 0

4.Vites : 0

5.Vites : 0

6.Vites : 0

TİO

EAK

Toplam Taşıt Kütlesi (kg)

Max. Hız (km/h)

NOTLAR

1.Ondalık Sayı Girenken Bilgisayarınızın Bölgesel Ayarlarına Göre . (nokta) veya , (virgül) Girmiz.

2.TİO = Taşıt İletim Oranı

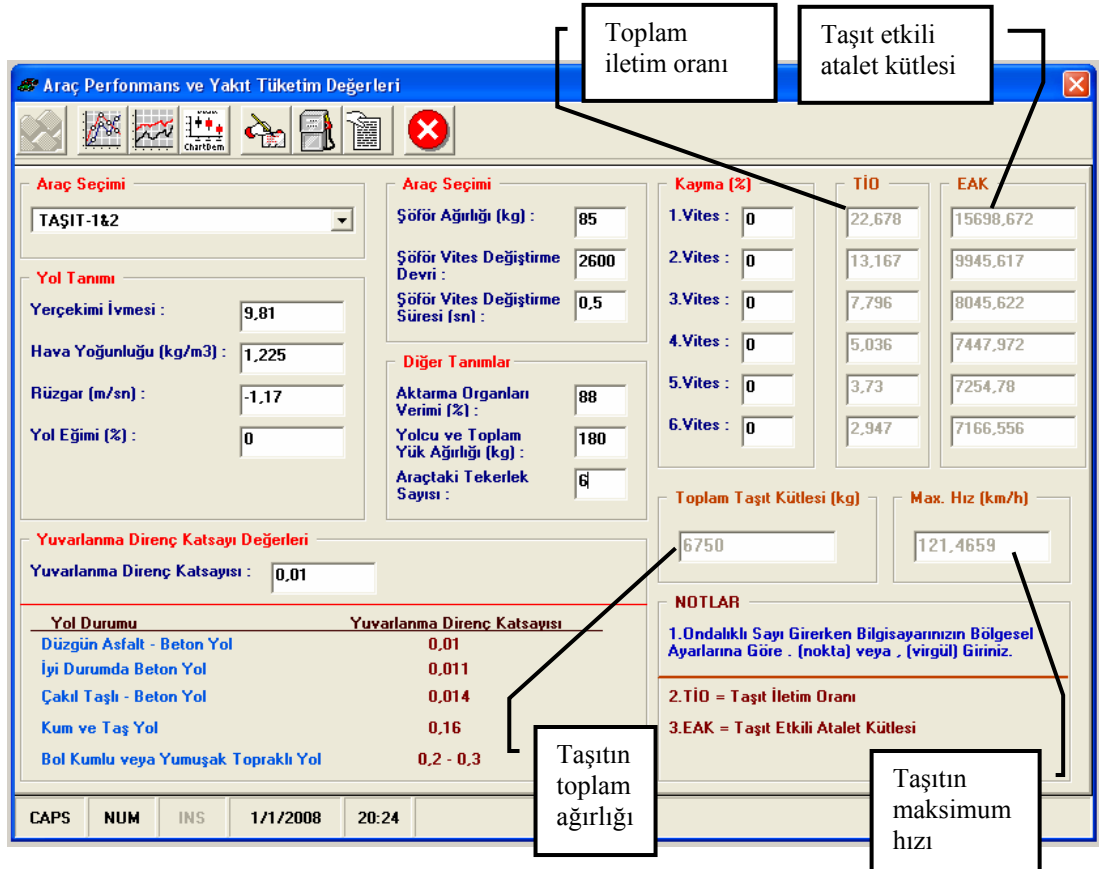
3.EAK = Taşıt Etkili Ağırlık Kütlesi

CAPS NUM INS 1/1/2008 20:20

Şekil 3.23: Performans ve yakıt tüketim değerleri bulunacak olan taşıt, yol ve sürüş şartlarını tanımlama formu-2

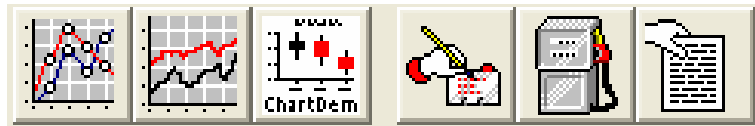


Çözdür butonuna basılması ile birlikte, performans ve yakıt tüketim değerlerini bulma formu, Şekil 3.24'de gösterilen hale gelir.



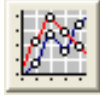
Şekil 3.24: Performans ve yakıt tüketim değerleri çözdürülen taşıt için elde edilen sonuçların okunması aşamasında program ara yüzü

Çözdür işleminde sonra Şekil 3.24’de gösterilen, toplam taşıt kütlesi, maksimum hız, aktarma organları toplam iletim oranı ve taşıt etkili atalet kütlesi değerleri program tarafından hesaplanarak ilgili hücrelere yansıtılır. Eğer toplam taşıt kütlesi artırılmak veya azaltılmak istenirse düzenle butonuna basılarak yolcu ve yük toplam ağırlığı (+), (-) girilerek istenen toplam taşıt kütlesi ayarlanır.

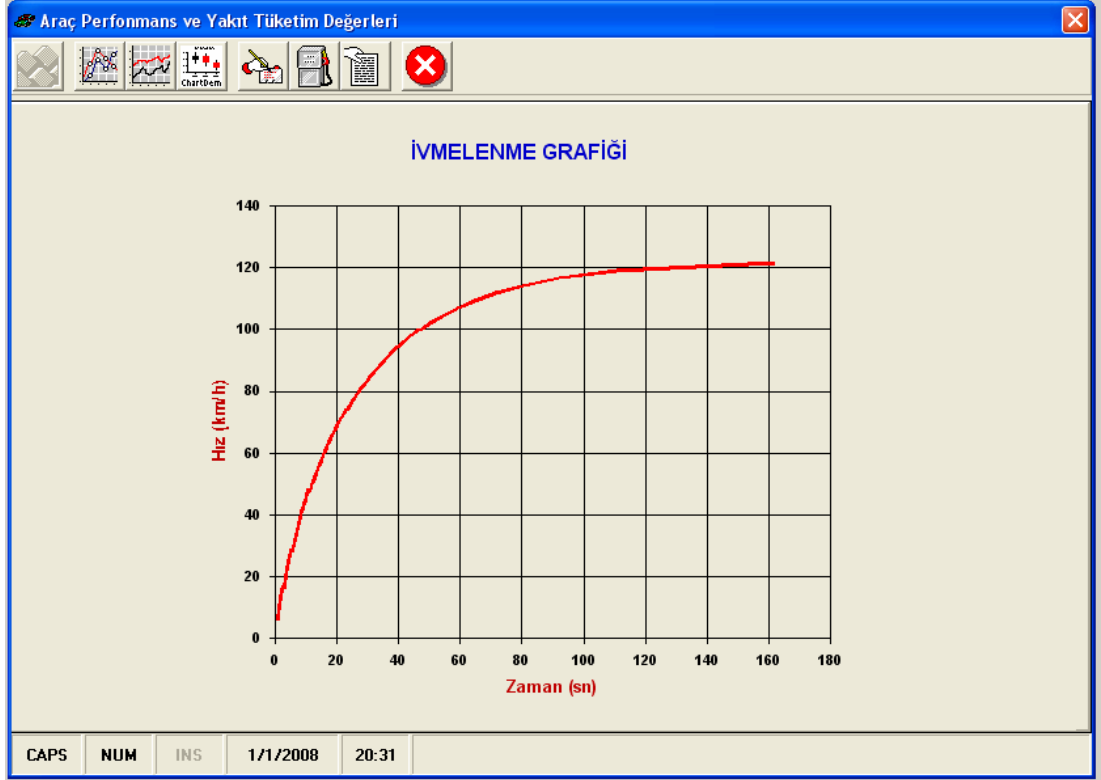


Şekil 3.25: Çözdürme butonuna basıldıktan sonra aktif hale gelen butonlar

Aktif hale gelen bu butonların her birisinin görevi aşağıda açıklanarak, bu butonlara basılması ile oluşan yeni ekran görünümleri verilmiştir.

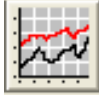


İvmelenme grafiği butonu

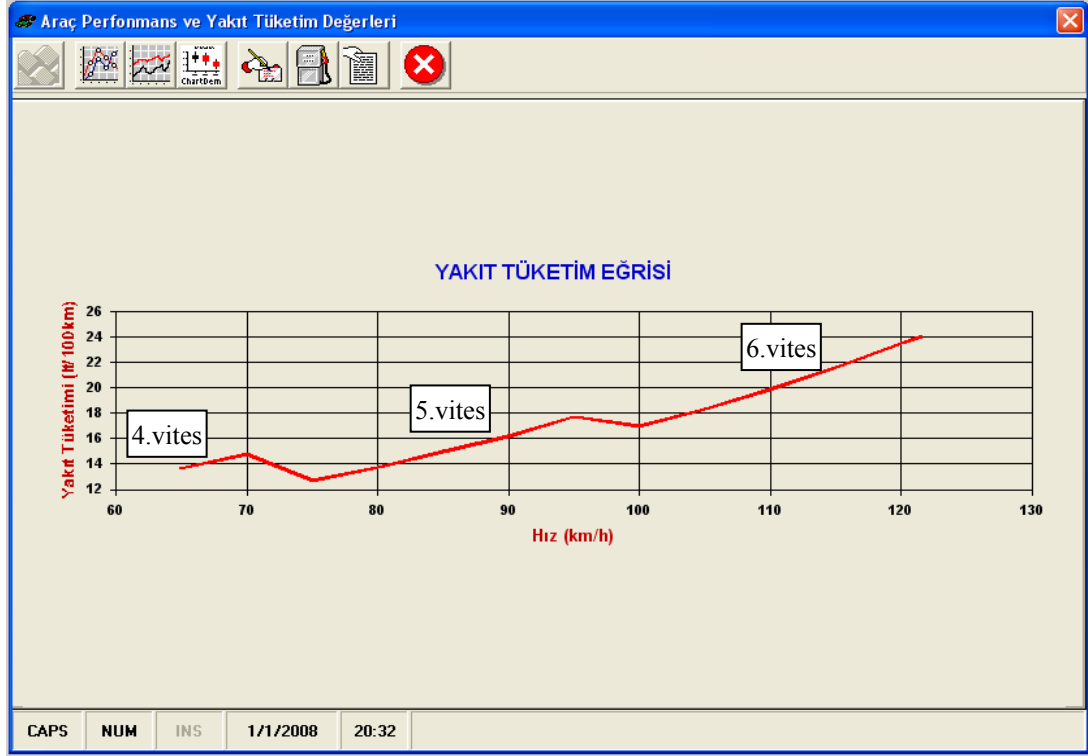


Şekil 3.26: Programda çözdürülen bir taşıta ait ivmelenme grafiği

İvmelenme grafiği butonuna basıldığında ekrana Şekil 3.26'de görülen ivmelenme grafiği gelir. Bu grafik programın arka planda hesapladığı taşıt hızı ve toplam geçen zaman verileri ile çizdirilir.



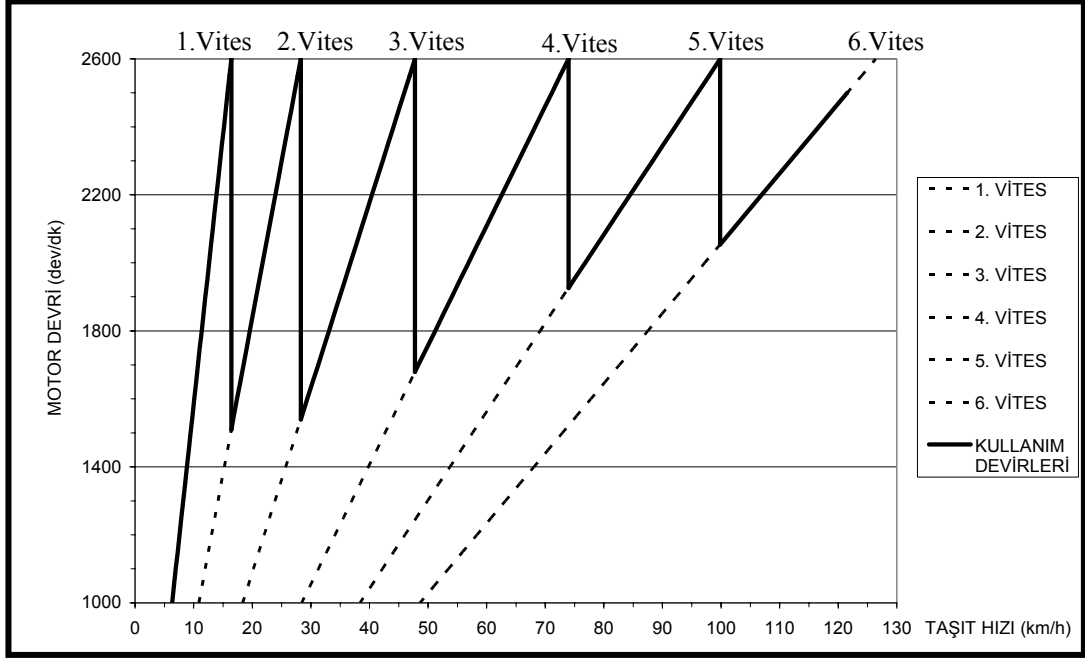
Yakıt tüketim grafiği butonu



Şekil 3.27: Programda çözdürülen bir taşıta ait yakıt tüketim grafiği

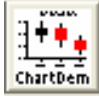
Yakıt tüketim grafiği butonuna basıldığında ekrana Şekil 3.27’de görülen yakıt tüketim eğrisi grafiği gelir. Bu grafik sabit taşıt hızlarında lt/100km olarak yakıt tüketim miktarlarını göstermektedir. Şekil 3.27’de görüldüğü gibi her bir basamak vites geçişlerini, her düz çizgide, son vitesten başlayıp geri gelecek şekilde aracın kullanıldığı vitesi göstermektedir. Grafik çizdirilirken, program, her 5km/h aralıkla 1. vitesten başlayarak motor devrini hesaplamakta ve tanımlanan şoför vites değiştirme devri geçildiğinde vites değiştirmektedir. Diğer bir deyişle 1. viteste taşıt hesaplanan sabit hıza çıkamıyor ise ikinci viteste hesap yapmaktadır. Böylece son vites ile maximum hıza çıkıncaya kadar 5km/h aralıklarla grafik çizdirilmektedir. Ayrıca yine Şekil 3.27’de görüldüğü gibi grafikteki eğri 65km/h’den daha düşük değerleri göstermemektedir. Bunun sebebi özgül yakıt tüketim eğrilerinde belirli bir ortalama efektif basınç değerinin altındaki dataların var olmamasıdır. Yani araç 65km/h hıza çıkıncaya kadar ortalama efektif basınç değeri, özgül yakıt tüketim grafiğinde tanımlı

olan alana girmemekte ve kullanıcının “x” olarak tanımladığı alanda çalışmaktadır. Bu sebeple de bu hıza kadar yakıt tüketim hesabı yapılamamaktadır.

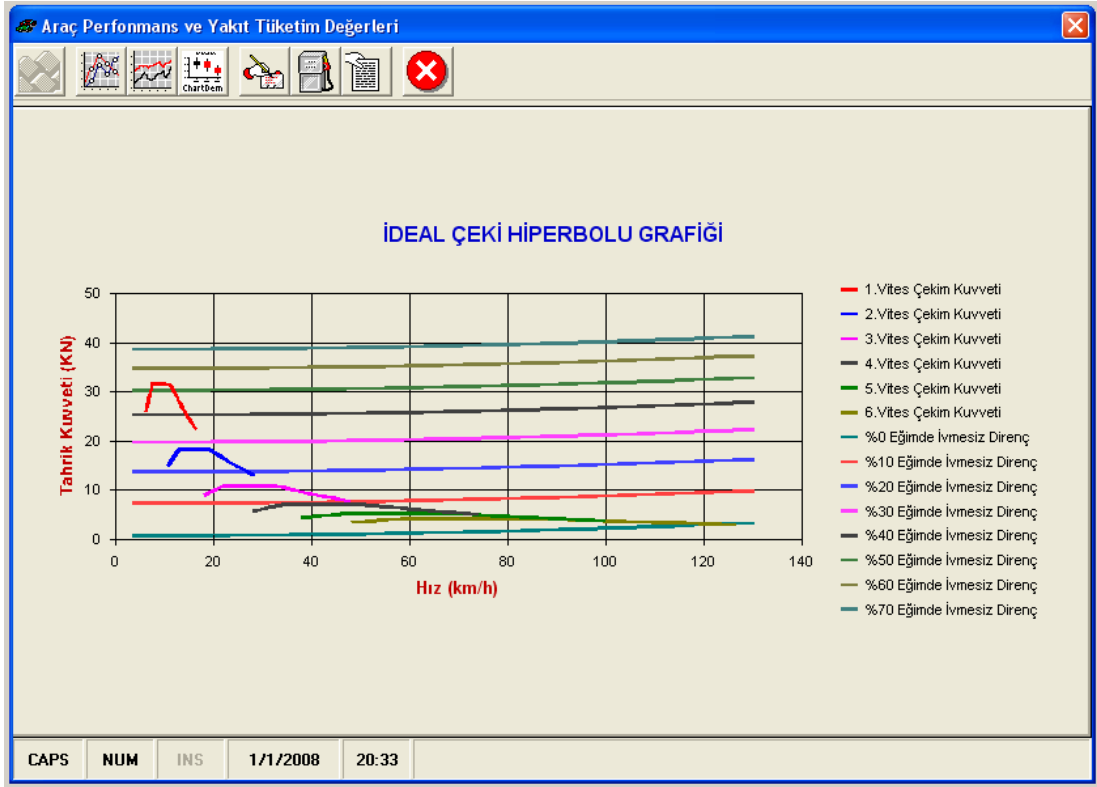


Şekil 3.28: Programda çözdürülen bir taşıta ait vites-hız grafiği

Şekil 3.28’de, yakıt tüketim eğrisi Şekil 3.27’de verilmiş olan aynı taşıta ait, vites-hız grafiği verilmektedir. Bu grafikte, kesik olarak gösterilen çizgiler, vitesleri, kesiksiz gösterilen çizgi ise şoförün kullanım devirlerini göstermektedir. Şekil 3.27’de verilen yakıt tüketim grafiğide, Şekil 3.28’de gösterilen şoför kullanım devirleri süresince oluşan, yakıt tüketim miktarlarını hesaplamaktadır. Kesik olarak verilen vites çizgilerinin olduğu bölgede de araç kullanılabilir; ancak program bu çalışma bölgelerinde yakıt tüketim hesabı yapmamaktadır.



Çeki hiperbolu grafiği butonu



Şekil 3.29: Programda çözdürülen bir taşıta ait çeki hiperbolu grafiği

Çeki hiperbolu grafiği butonuna basıldığında ekrana Şekil 3.28’de görülen ideal çeki hiperbolu grafiği gelir. Bu grafik programın arka planda hesapladığı, Direnç kuvvetleri toplamı – taşıt hızı ve her vitesteki, tahrik kuvveti – hız bilgileri ile çizdirilir. Direnç kuvvetleri toplamı %10’ar artırılarak %70 eğime kadar grafikte gösterilmektedir.



Düzenle butonu

Çözdür butonuna basıldıktan sonra, grafikler aktif iken, yol ve sürüş şartlarını değiştirip tekrar çözdürme işlemi yapılmak istendiğinde, başa dönmek için kullanılır.



Yakıt tüketim verileri butonu

Hız (km/h)	Ortalama Efektif Basınç (Bar)	Özgül Yakıt (gr/kWh)	Motor Gücü (kW)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)
5	0,3519773	0	1,045264	0
10	0,3549173	0	2,107991	0
15	0,3623283	0	3,228011	0
20	0,6445155	0	4,445156	0
25	0,6726804	0	5,799257	0
30	1,196693	0	7,330149	0
35	1,270273	0	9,077659	0
40	1,356859	0	11,08162	0
45	1,45645	0	13,38187	0
50	2,428969	0	16,01823	0
55	2,623407	0	19,03053	0
60	2,837979	0	22,45861	0
65	3,072685	287,5435	26,34231	13,67743
70	3,327523	286,7894	30,72144	14,77294
75	4,86385	228,1031	35,63585	12,72089
80	5,262281	227,9279	41,12535	13,75237
85	5,687894	229,9588	47,22979	14,99711
90	6,140691	229,7463	53,98901	16,17603
95	6,62067	233,4432	61,44282	17,72104
100	9,021653	207,5353	69,63107	16,96116
105	9,697968	208,5857	78,59355	18,32494
110	10,40869	210,7867	88,37016	19,87543
115	11,15382	213,7556	99,0068	21,59823
120	11,93334	217,12	110,525	23,47142
121,4659	12,16841	217,7632	114,0789	24,00467

CAPS NUM INS 1/1/2008 20:31

Şekil 3.30: Programda çözdürülen bir taşıta ait yakıt tüketim verileri

Yakıt tüketim verileri butonuna basıldığında ekrana Şekil 3.29’de görülen veri ekranı gelir. Bu ekranda programın, yakıt tüketim grafiğini oluşturabilmek için hesapladığı veriler listelenmektedir. Bunlar sırası ile taşıt hızı, ortalama efektif basınç, programın grafikten kendi okuduğu özgül yakıt tüketim değeri, motor gücü ve 100km’deki yakıt tüketim değerleridir. Veriler taşıtın her 5km’lik hız aralığında kullanıcının tanımladığı yol ve sürüş şartlarına göre hesaplanır ve bu veriler ile yakıt tüketim grafiği çizdirilir.



Performans veriler butonu

Vites	Motor Devri (...)	Taşıt Hızı (...)	Tahrik Kuvveti...	AeroDinamik...	Yuvarlanm...	Yokuş...	İvme (m/...	Toplam Zaman (s)
1	1000	6,313785	26258,74	0,7432373	662,175	0	1,630445	1,075675
1	1050	6,629474	27571,67	0,9832745	662,175	0	1,714063	1,126835
1	1100	6,945163	28884,61	1,256847	662,175	0	1,797679	1,175616
1	1150	7,260852	30197,95	1,563954	662,175	0	1,881293	1,222228
1	1200	7,576541	31510,48	1,904595	662,175	0	1,964905	1,266857
1	1250	7,892231	31510,48	2,278774	662,175	0	1,964881	1,311486
1	1300	8,207919	31510,48	2,686486	662,175	0	1,964856	1,356116
1	1350	8,523609	31510,48	3,127734	662,175	0	1,964827	1,400747
1	1400	8,839297	31510,48	3,602516	662,175	0	1,964797	1,445378
1	1450	9,154988	31510,48	4,110837	662,175	0	1,964765	1,49001
1	1500	9,470676	31510,48	4,652689	662,175	0	1,96473	1,534643
1	1550	9,786366	31510,48	5,228078	662,175	0	1,964694	1,579277
1	1600	10,10205	31510,48	5,837002	662,175	0	1,964655	1,623911
1	1650	10,41774	31510,48	6,479461	662,175	0	1,964614	1,668547
1	1700	10,73343	31457,97	7,155454	662,175	0	1,961225	1,713259
1	1750	11,04912	31405,45	7,864984	662,175	0	1,957835	1,758049
1	1800	11,36481	31352,93	8,608049	662,175	0	1,954442	1,802917
1	1850	11,6805	30775,24	9,384647	662,175	0	1,917594	1,848647
1	1900	11,99619	30302,58	10,19479	662,175	0	1,887434	1,895108
1	1950	12,31188	29567,34	11,03845	662,175	0	1,840546	1,942752
1	2000	12,62757	29042,16	11,91566	662,175	0	1,807036	1,99128
1	2050	12,94326	28411,95	12,8264	662,175	0	1,766834	2,040911
1	2100	13,25895	27729,22	13,77068	662,175	0	1,723284	2,091798
1	2150	13,57464	27151,53	14,74848	662,175	0	1,686424	2,143796
1	2200	13,89033	26521,32	15,75984	662,175	0	1,646215	2,197065
1	2250	14,20601	26101,18	16,80471	662,175	0	1,619386	2,251215
1	2300	14,5217	25470,97	17,88313	662,175	0	1,579173	2,306746
1	2350	14,83739	25050,83	18,99508	662,175	0	1,552339	2,363236
1	2400	15,15308	24630,69	20,14056	662,175	0	1,525503	2,420719
1	2450	15,46877	24158,04	21,31959	662,175	0	1,49532	2,479363

Şekil 3.31: Programda çözdürülen bir taşıta ait sürüş şartındaki tüm veriler

Performans veriler butonuna basıldığında ekrana Şekil 3.30'da görülen veri ekranı gelir. Bu ekranda programın, ivmelenme grafiğini oluşturabilmek için hesapladığı veriler listelenmektedir. Bunlar sırası ile vites, motor devri, taşıt hızı, tahrik kuvveti, aerodinamik direnç, yuvarlanma direnci, yokuş direnci, ivme ve toplam geçen zaman değerleridir. Veriler, birinci viteste taşıt motorunun 1000d/dk devrinden başlayarak, her 50d/dk için maksimum hıza kadar, yani ivmenin sıfır olduğu ana kadar hesaplanmaktadır.

4 TASPER PROGRAM SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRMASI İÇİN UYGULANAN TEST PROSEDÜRLERİ VE TEST EDİLEN TAŞIT KONFIGURASYONLARI

4.1 Test Talimatları

Test talimatları testlerin nasıl yapılacağını tanımlayan talimatlardır. Aşağıda Tasper programı ile yapılan hesaplamalarda elde edilen sonuçların doğruluğunun tespiti maksadı ile aynı taşıtlara uygulanan test talimatları bulunmaktadır. Bu test talimatlarına göre test edilmiş olan taşıtların test raporlarındaki sonuçları bulgular ve tartışma bölümü içerisinde verilmiş ve irdelenmiştir.

4.1.1 Yakıt tüketim testi

Yakıt tüketim testi için yapılan literatür araştırmasında SAE J1264 standardı bulunmuştur. Ancak bu standart yeni üretilmiş bir araç için değil, var olan ve yakıt tüketim miktarı bilinen bir araçta, herhangi bir parçanın değiştirilmesiyle meydana gelen, yeni yakıt tüketim miktarının hesaplanması ve karşılaştırılması için test talimatını tanımlamaktadır [19]. Bu çalışmadaki sonuçların kıyaslanması için kullanılan yakıt tüketim test talimatı ise aşağıdaki şekildedir;

- Yakıt sarfiyat tespit testi, tüm kontrolleri bitmiş, yol testi yapılmış ve motor ayarları düzgün ve standartlara uygun olarak üretilmiş ve kaydedilmiş araçlarda yapılır.
- Yakıt sarfiyatı tespit testi, aracın kendi yakıt deposu kullanılarak veya yakıt deposu yerine harici bidon kullanılarak, olmak üzere iki yöntemle yapılabilir.
- Yol güzergâhı daha önce seçilmiş ve eğimi olmayan, En az 50km/h uzunluğa sahip aracın sabit hızda gitmesine engel teşkil etmeyecek, trafik yoğunluğunun ve trafik ışıklarının olmadığı, düzgün asfalt zeminli yollarda yapılır.

- Rüzgâr hızının 3 m/sn.den küçük olduğu, yağışın olmadığı, hava sıcaklığının ise 8°C - 30°C arası olduğu durumlarda yapılır.
- Test öncesi lastik hava basınçları tanımlanan değerlerde, motor sıcaklığı ve hararet seviyesi rejime ulaşmış ve aracın rot-balans kontrolleri yapılmış olmalıdır.
- Aracın kendi yakıt deposu kullanılarak yakıt sarfiyatı tespit yöntemi;
 - Depoyu test güzergâhının başlangıcında çanta bidondaki yakıt ile depo dolmuş boğazına kadar doldur ve yakıt seviyesini çizerek işaretleyin.
 - Test; 60 ve 90 km/sabit hızda ve/veya dur-kalk şeklinde yapılır.
 - Duruş ve kalkışlarda en az ivmelenme ile yapılmasına dikkat edilir.
 - Test bitiminde aracın kat ettiği km kaydedilir ve depo beher ile test öncesinde doldurulan seviyeye kadar doldurulur ve doldurulan yakıt miktarı kaydedilir.
 - Doldurulan yakıt miktarı, kat edilen yolla oranlanıp 100km.deki yakıt sarfiyatı bulunur.
- Aracın yakıt deposu yerine harici bidon kullanılarak yakıt sarfiyatı tespit yöntemi;
 - Aracın içinde uygun bir yere harici bidonu yerleştirilir ve içerisine yakıt konularak sabitlenir.
 - Aracın kendi yakıt deposunun yakıt emiş ve yakıt geri dönüş hortumları sökülür ve araç içindeki harici bidona montaj edilir.
 - Test başlangıcında araç içindeki harici bidon tekrar yakıt ile doldur. Yapılan dolmuş seviyesi işaretlenir.
 - Araç çalıştırılır, aracın kendi yakıt deposundan sökülüp araç içerisindeki harici bidona yapılan yakıt hatlarında ve bağlantılarda kaçak olup olmadığını kontrol edilir. Kaçak var ise tamir edilir, kaçak yoksa teste başlanır.
 - Aracın kendi yakıt deposu ile test edilirkenki maddeleri aynen tekrarlanır.
- Depodaki miktarla oranlanarak aracın menzili bulunur.
- Test sırasındaki 30 saniyeden fazla durmalar not edilir.
- Test sonucu raporlanır [20].

4.1.2 İvmelenme testi

Taşıt ivmelenme testi için yapılan literatür taramasında SAE J1491 standardı bulunmuştur. Bu standart taşıtlarda ivmelenme ölçüm test talimatını tanımlamaktadır. Prosedür içerisinde yol ve hava koşullarının tanımlanmasının yanı

sıra otomatik ve manüel vites kutularıyla ilgili ölçüm yöntemleri yer almaktadır [21]. Bu çalışmadaki sonuçların kıyaslanması için kullanılan ivmelenme test talimatı ise aşağıdaki şekildedir;

- Bu test uygulanacak olan aracın yol testi yapılmış olmalı, kilometre saati çalışıyor ve doğru gösteriyor olmalı.
- Test öncesi araçta aşağıdaki kontrolleri yap.
 - Lastik basınçlarını kontrol et. Olması gereken hava basıncına ayarla. Lastikler yeni olmalı.
 - Bütün pencereleri tamamen kapat.
 - Kalorifer / klima tamamen kapalı olmalı.
 - Bütün lambalar kapalı konumda olmalı.
 - Hava sıcaklığı 0-30 °C arası olmalı.
 - Rüzgâr hızını anemometre ile ölç. Ölçtüğün değer en fazla 3m/s olmalı. Aksi durumda test yapma.
 - Atmosfer basıncını ölç. Basınç 0.991–1.017 bar arasında olmalı.
- Araç ayar ve yağ, su harareti istenilen değerde olmalıdır. Aracı test öncesi motor su sıcaklığı rejime ulaşıncaya kadar çalıştır.
- Araç ağırlığını test başlangıcından önce tart ve kaydet.
- Yol, yüzeyi kuru ve düzgün asfalt yol olmamalıdır.
- Test güzergâhında eğim olmamalıdır.
- Bu yol, ivmelenme süresi ölçülecek hızlara çıkabilecek kadar uzun olmalıdır.
- Süre ölçeri sıfırla ve sürücünün duran aracı harekete geçirmesi ile aynı anda süre ölçer'e bas.
- Ulaşılması istenen hızı km saatinden okuduğun anda süre ölçere tekrar bas ve okuduğun değeri kaydet.
- Test sırasında maksimum ivmelenme elde edilecek şekilde araç kullanılmalı ve vites değiştirmeleri olabildiğince hızlı yapılmalıdır.
- Sırasıyla aracın 0-30km/h, 0-60km/h ve 0-90km/h a çıkma sürelerini üçer kez test et ve kaydet.
- Testler sırasında atmosferik değişiklik olabilecek kadar ara verilmemelidir.

- Ölçtüğün değerlerin ortalamasını al. Bulduğun değer aracın 0-30km/h 0-60km/h ve 0-90km/h ivmelenme süreleridir.
- Test şartları ve sonuçlarını raporla [22].

4.1.3 En yüksek hız testi

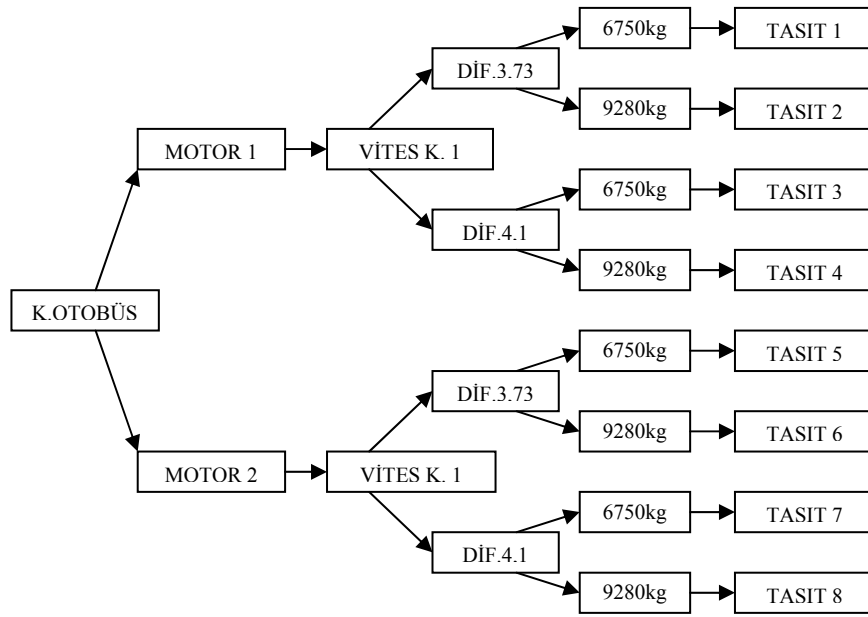
Bu çalışmadaki sonuçların, kıyaslanması için kullanılan en yüksek hız testi talimatı aşağıdaki şekildedir;

- Bu test uygulanacak olan aracın yol testi yapılmış olmalı, kilometre saati çalışıyor ve doğru gösteriyor olmalı.
- Test öncesi aşağıdaki kontrolleri yap.
 - Lastik basınçlarını kontrol et. Olması gereken hava basıncına ayarla. Lastikler yeni olmalı.
 - Bütün pencereleri tamamen kapat.
 - Kalorifer / klima tamamen kapalı olmalı.
 - Bütün lambalar kapalı konumda olmalı.
 - Hava sıcaklığı 0–30 °C arası olmalı.
 - Rüzgâr hızını anemometre ile ölç. Ölçtüğün değer en fazla 3 m/s olmalı. Aksi durumda test yapma.
 - Atmosfer basıncını ölç. Basınç 0.991–1.017 bar arasında olmalı.
- Araç ayar ve yağ, su harareti istenilen değerde olmalıdır. Aracı test öncesi motor su sıcaklığı rejime ulaşıncaya kadar çalıştır.
- Araç en yüksek hız testi tariflenmiş olan azami yükün yarısı kadar bir değerle yüklü yapılır. Aracı azami yükün yarısına kadar yüklerle, tart ve değeri kaydet.
- Yol yüzeyi kuru ve düzgün olmalı, asfalt yol olmamalıdır.
- Test güzergâhında %1'e kadar eğimli kısa yokuş veya inişlere müsaade edilir.
- Bu yolun uzunluğu en yüksek hıza ulaşılabilmek için yeteri kadar uzun olmalıdır.
- Bir kilometrelik yol boyunca aracın koruyabileceği en yüksek hız tespit edilir ve kaydedilir.
- Aynı testi diğer (geliş) yönde tekrarla. Bu süre zarfında atmosferik değişiklik olabilecek kadar ara verilmemelidir.
- Bu testi yolun her iki yönü içinde 3'er kez tekrarlayıp değerleri kaydet.

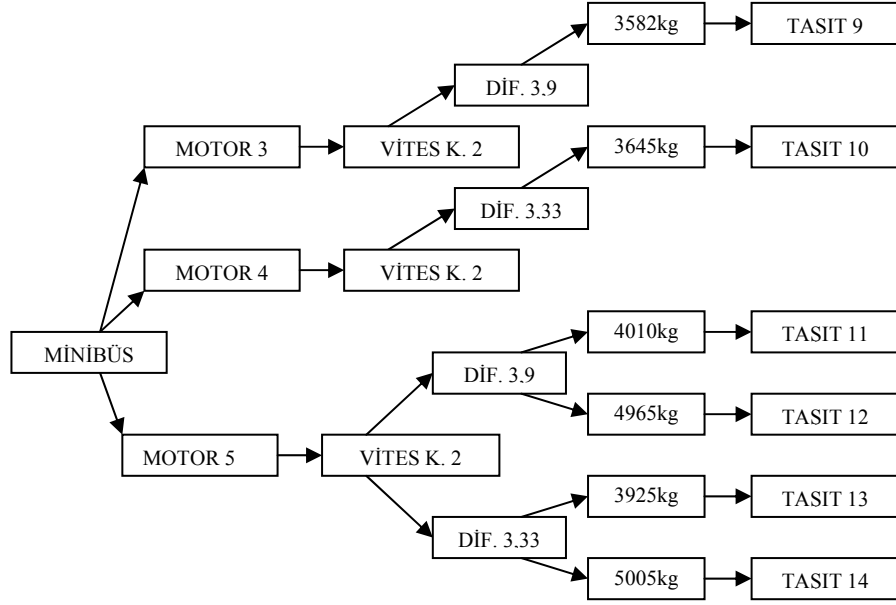
- Bulduğun bu değerlerin ortalamasını al. Bu değer aracın ulaştığı en yüksek hızdır.
- Test şartları ve sonuçlarını raporla [23].

4.2 Test Edilen Araç Konfigürasyonları

Tasper programından alınan sonuçların karşılaştırılması maksadı ile Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de gösterilen küçük otobüs ve minibüs sınıfı 14 adet farklı taşıta ait test sonucu kullanılmıştır.



Şekil 4.1: Küçük otobüs sınıfı test araçları



Şekil 4.2: Minibüs sınıfı test araçları

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de belirtilen taşıtlarda kullanılan aktarma organı elemanlarının özellikleri aşağıda verilmiştir [24].

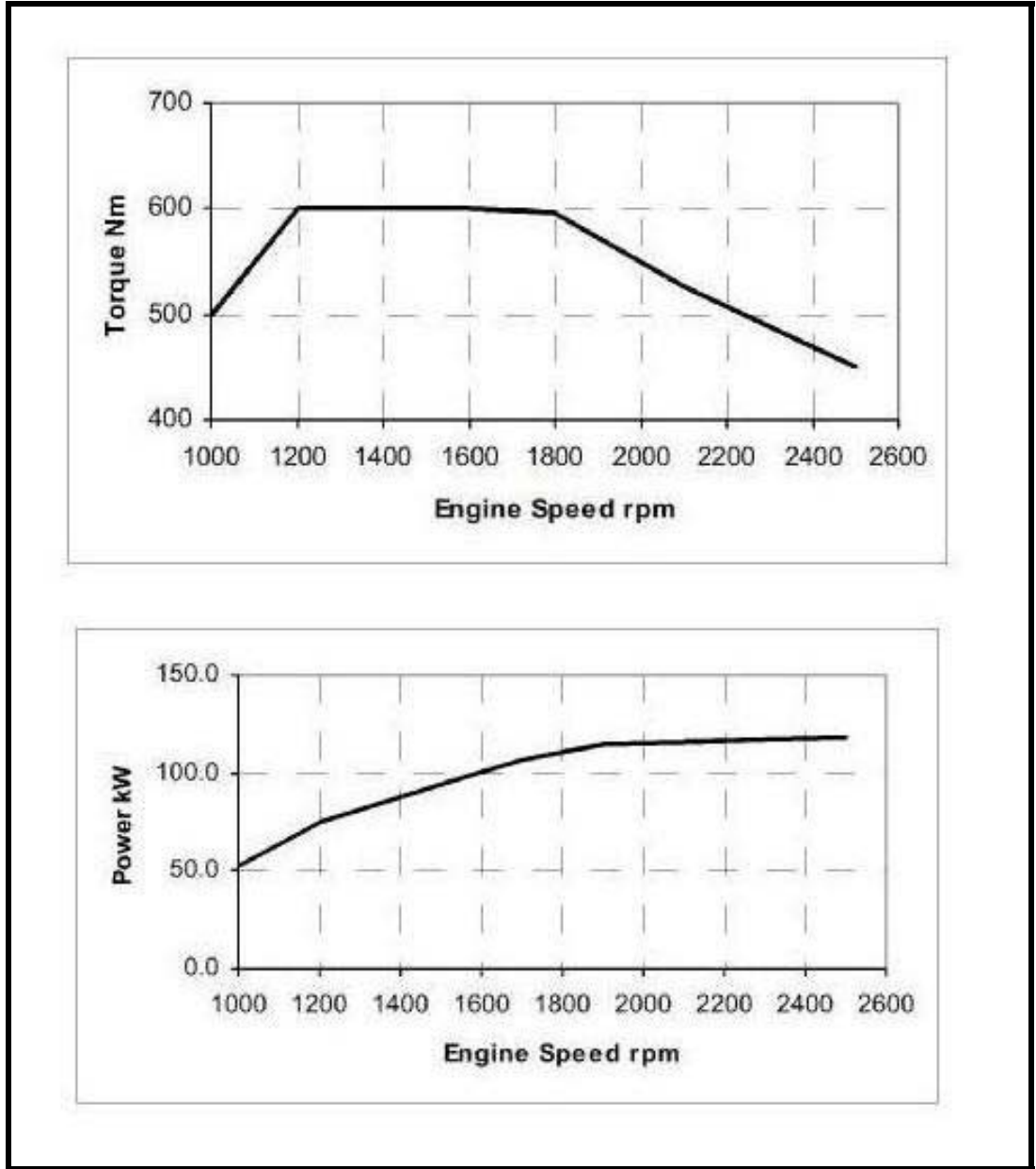
Motor-1:

Maksimum güç: 118kW @ 2500rpm

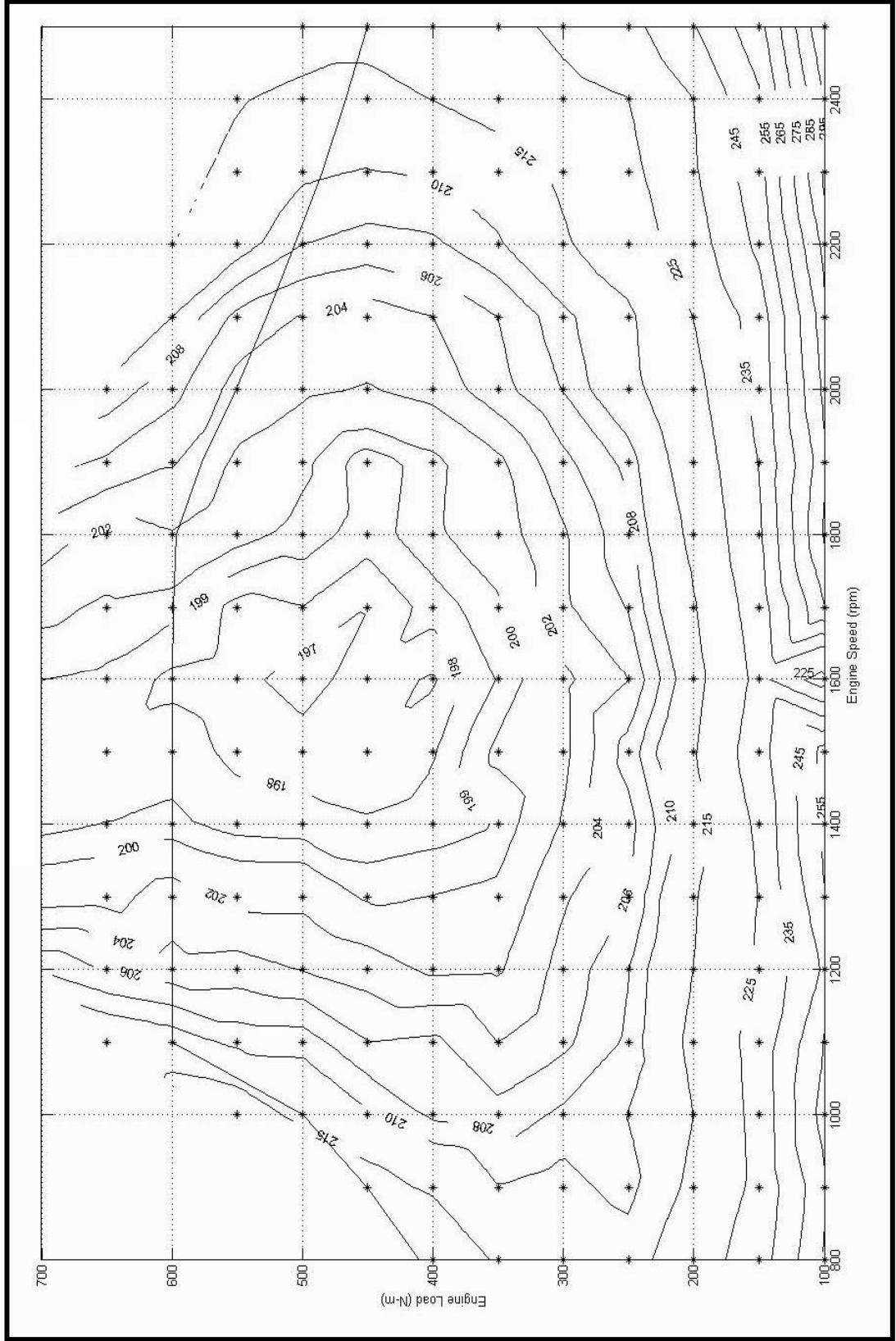
Maksimum tork: 600Nm @ 1500rpm

Ağırlık: 385kg

Hacim: 4,5lt



Şekil 4.3: Motor-1 tork ve güç eğrisi



Şekil 4.4: Motor-1 özgül yakıt tüketim eğrileri

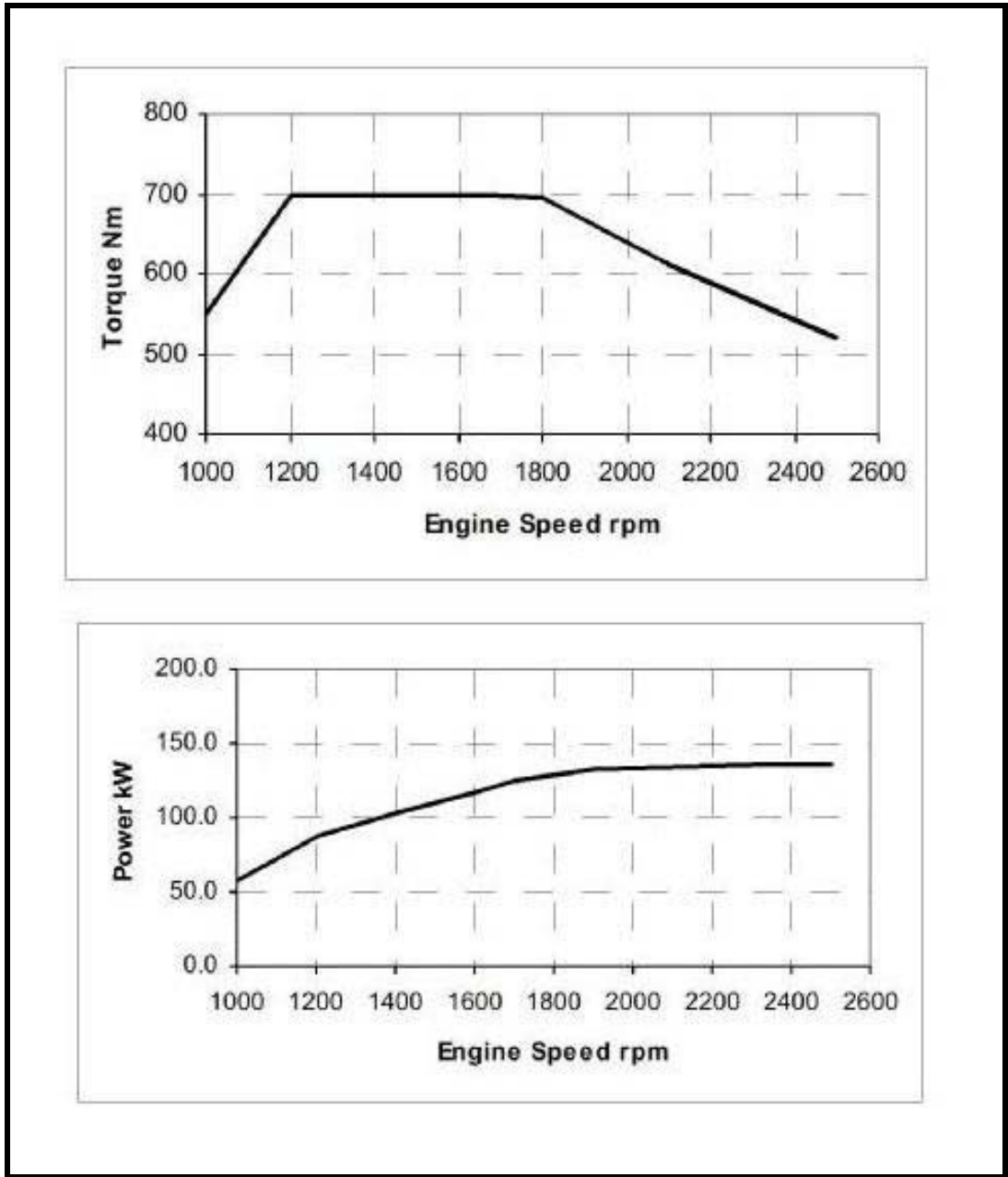
Motor-2:

Maksimum güç: 136kW @ 2500rpm

Maksimum tork: 700Nm @ 1500rpm

Ağırlık: 385kg

Hacim: 4,5lt



Şekil 4.5: Motor-2 tork ve güç eğrisi

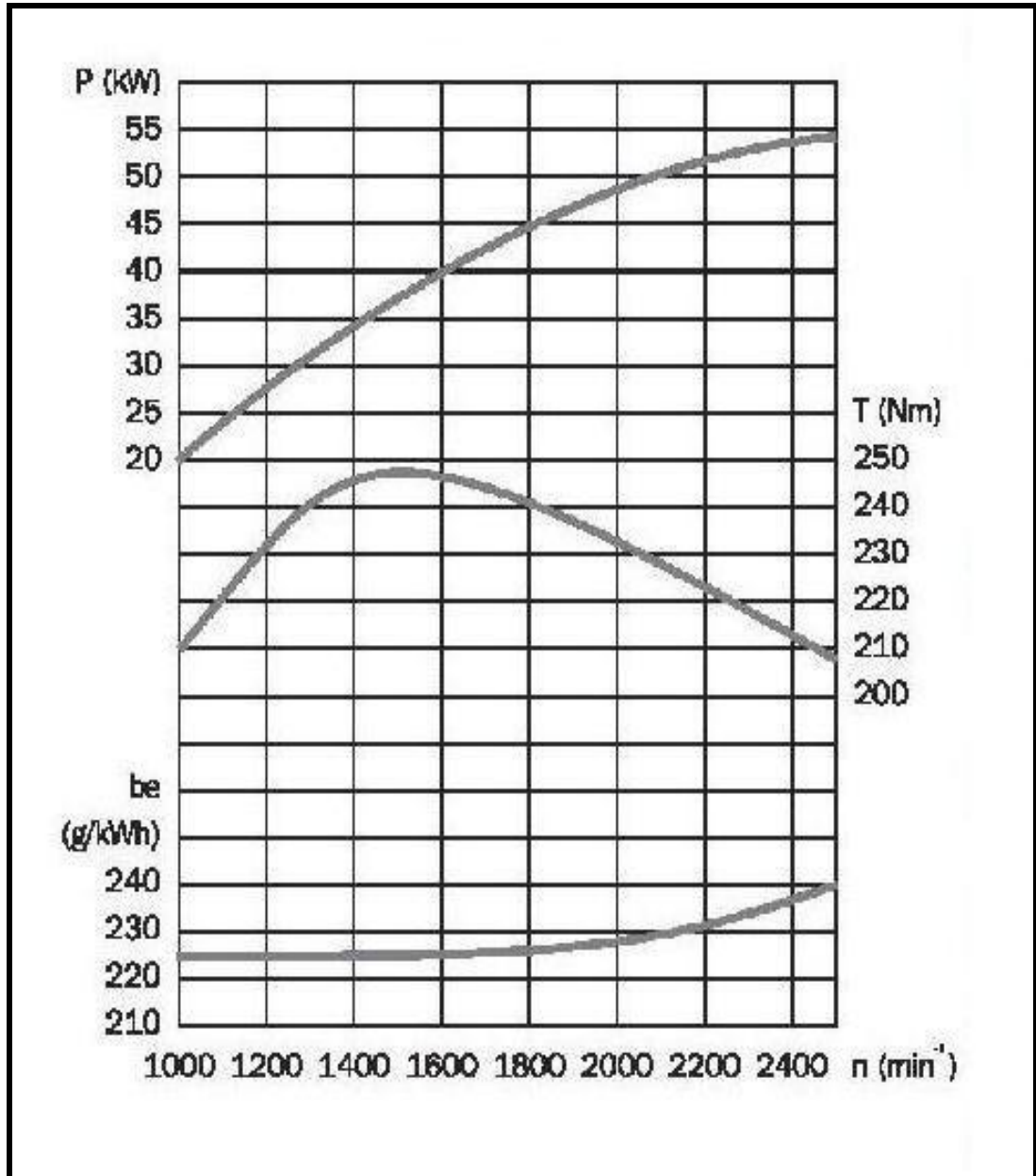
Motor -3

Maksimum güç: 54kW @ 2500rpm

Maksimum tork: 247Nm @ 1450rpm

Ağırlık: 300kg

Hacim: 3,77lt



Şekil 4.6: Motor-3 tork ve güç eğrisi

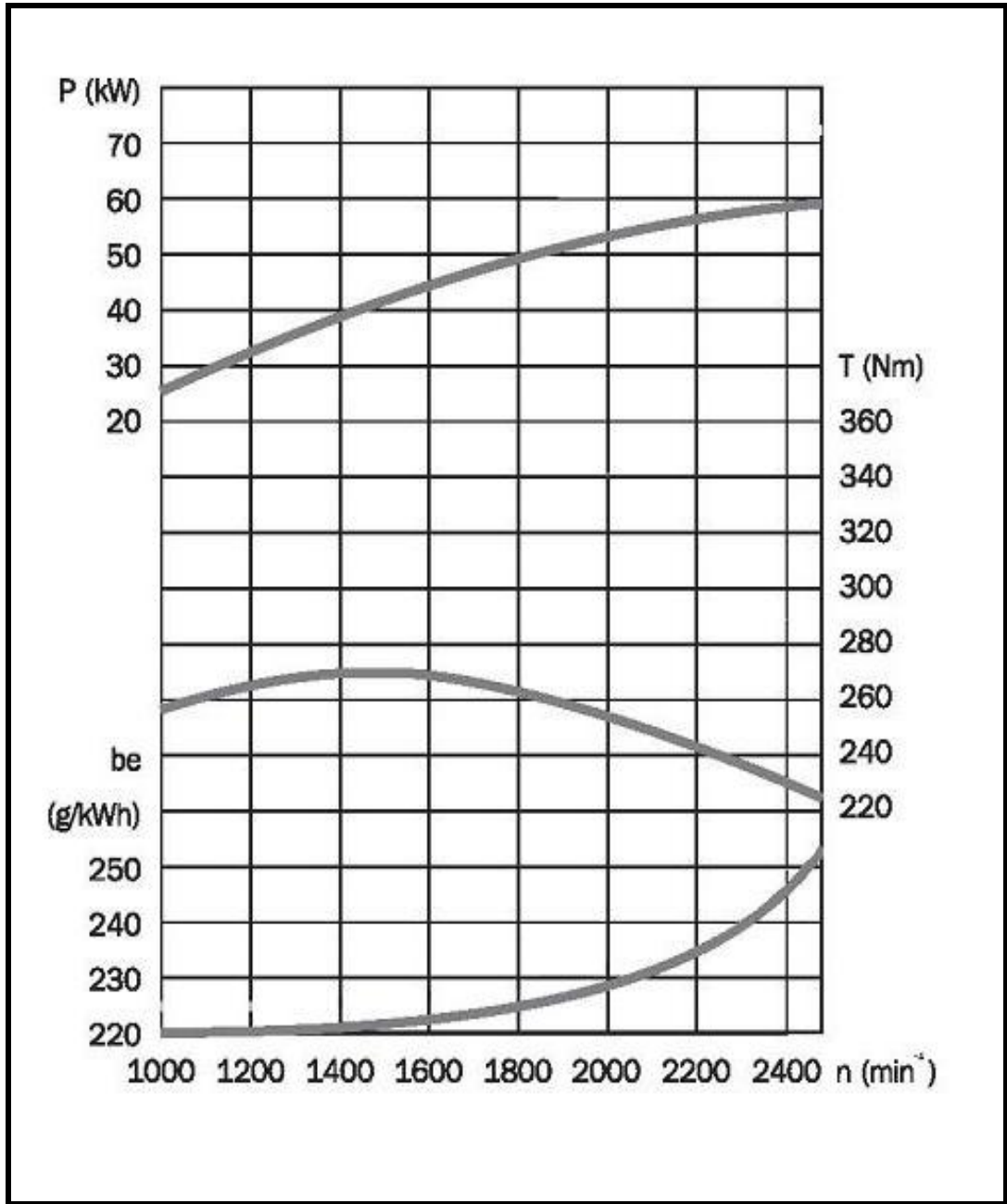
Motor -4

Maksimum güç: 59kW @ 2500rpm

Maksimum tork: 270Nm @ 1500rpm

Ağırlık: 363kg

Hacim: 4,314lt



Şekil 4.7: Motor-4 tork ve güç eğrisi

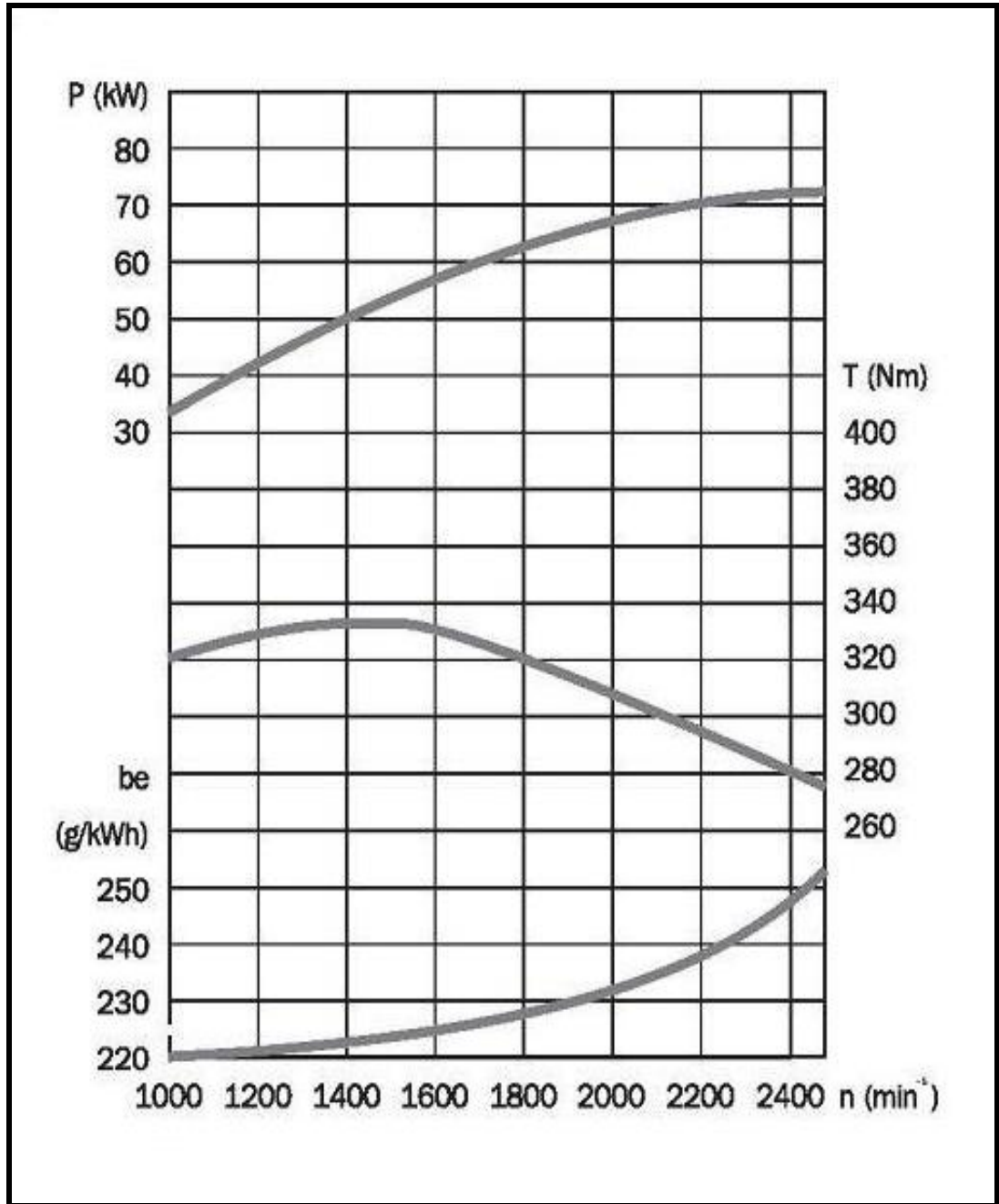
Motor -5

Maksimum güç: 72kW @ 2500rpm

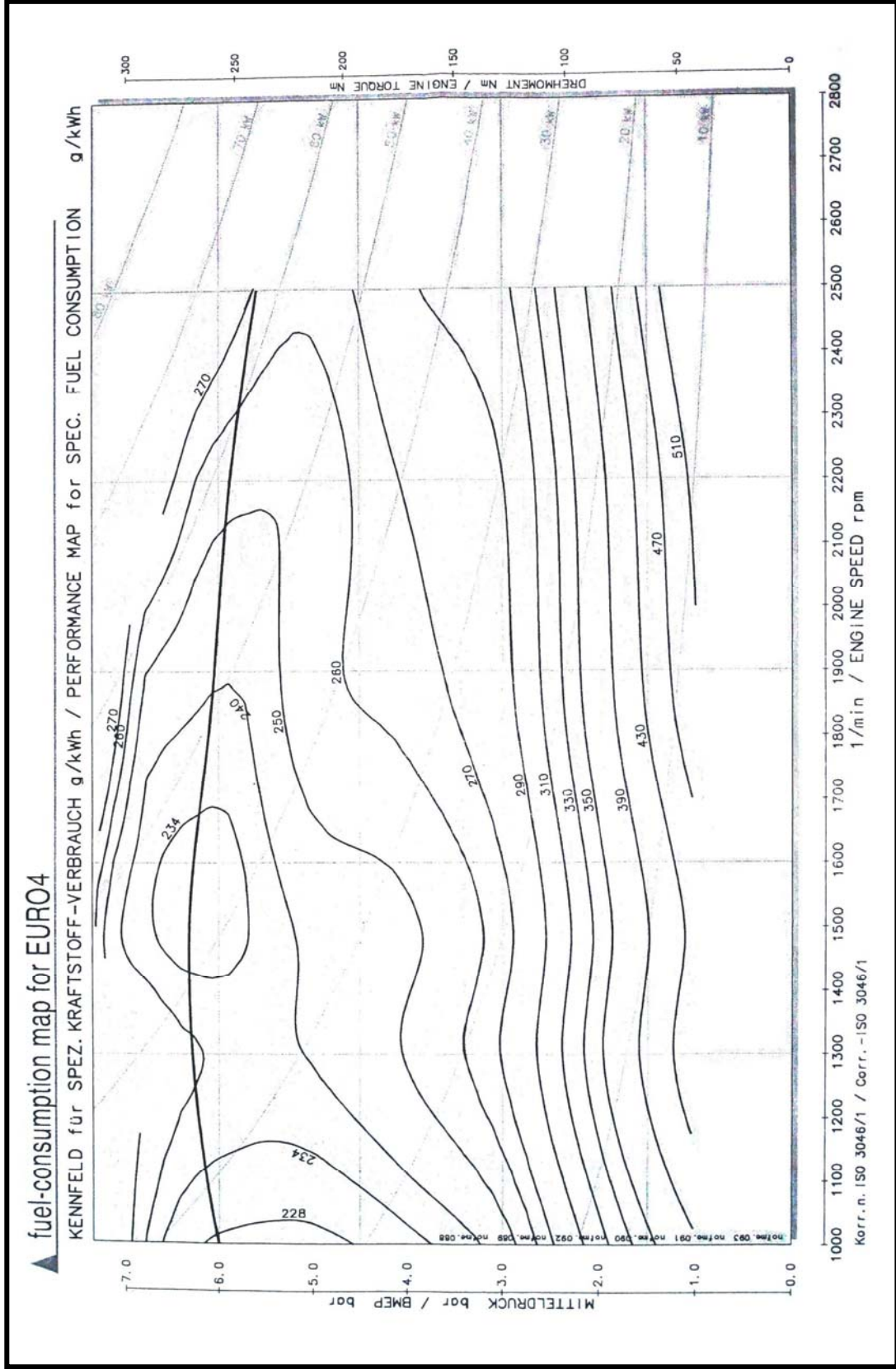
Maksimum tork: 333Nm @ 1500rpm

Ağırlık: 420kg

Hacim: 5,393lt



Şekil 4.8: Motor-5 tork ve güç eğrisi



Şekil 4.9: Motor-5 özgül yakıt tüketim eğrileri

Vites Kutusu-1:

Ağırlık: 117kg

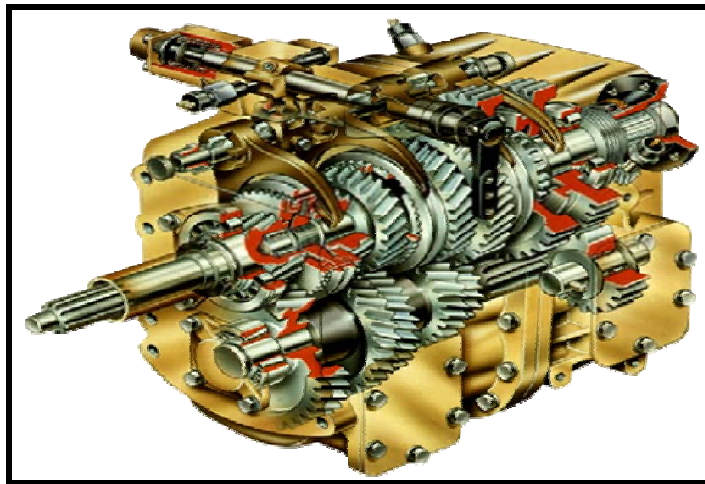
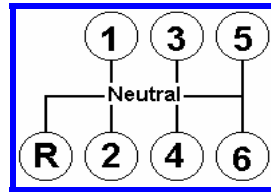
Tork kapasitesi: 700Nm

Yağ kapasitesi: 7,5lt

Vites oran aralığı: 9,03-1

Tablo 4.1: Vites kutusu-1 vites oranları

VİTES	ORAN
1. VİTES	6.08
2. VİTES	3.53
3. VİTES	2.09
4. VİTES	1.35
5. VİTES	1.00
6. VİTES	0.79
GERİ VİTES	5.43



Şekil 4.10: Vites kutusu-1 kesit görünüşü ve vites konumları

Vites Kutusu-2:

Ağırlık: 66kg

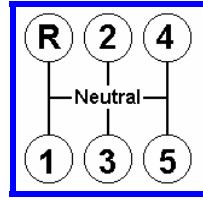
Tork kapasitesi: 550Nm

Yağ kapasitesi: 3,5lt

Vites oran aralığı: 6,8-1

Tablo 4.2: Vites kutusu-2 vites oranları

VİTES	ORAN
1. VİTES	6.36
2. VİTES	3.32
3. VİTES	2.13
4. VİTES	1.40
5. VİTES	1.00
GERİ VİTES	5.54



Şekil 4.11: Vites kutusu-2 görünüşü ve vites konumları

Şekil 4.1. ve Şekil 4.2. de gösterilen 14 taşıtta, yukarıda verilen motor ve vites kutularının yanı sıra farklı lastikler ve diferansiyeller kullanılmıştır. Bunlar aşağıda listelenmiştir.

Lastik 1 – 225/75-R17.5 jant+lastik ağırlık: 50kg r_w : 0,38m (Taşıt1...Taşıt8)

Lastik 2 – 215/75-R17.5 jant+lastik ağırlık: 50kg r_w : 0,37m (Taşıt9...Taşıt14)

Diferansiyel – 3,33 – 210kg

Diferansiyel – 3,73 – 325kg

Diferansiyel – 3,9 – 210kg

Diferansiyel – 4,1 – 325kg

5 BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1 Programın Kalibrasyonu

Buraya kadar anlatılanlar incelendiğinde taşıt performans hesaplamalarında birçok kabulün yapıldığı görülmektedir. Bu kabuller şu şekilde sıralanabilir.

1. Yuvarlanma direnç katsayısının taşıt hızı ile değişmediği kabul edilmiştir.
2. Lastiğin yola tutunma kabiliyeti %100 olarak alınmış ve kayma ihmal edilmiştir.
3. Yuvarlanma direnç katsayısının lastik tipine ve omuz yapısına bağlı olmadığı kabul edilmiştir.
4. Aerodinamik kaldırma kuvveti ihmal edilmiştir.
5. Lastiğin dinamik yarıçapının yüke göre değişmediği kabul edilmiştir.
6. Lastiğin dinamik yarıçapının hız ile değişmediği kabul edilmiştir.
7. Rüzgârın taşıt yönüne paralel olduğu kabul edilmiştir.
8. Kalkışlarda ve vites değiştirmelerde kavramada devir kaybı olmadığı kabul edilmiştir.

Burada görüldüğü gibi programda yapılan kabuller ve tablolardan yaklaşık olarak alınan değerler oldukça fazladır. Dolayısı ile Tasper programı kullanılırken, bu değerlerin araca en uygun olanlarını seçmek çok önemlidir. Örneğin aşağıda bilgileri verilen ve Bölüm 4.2’de tanımlanan aktarma organları ile toplanmış olan bir aracın düz yolda hareketi esnasındaki ivmelenme sürelerinin, tablodan alınan farklı aerodinamik direnç katsayıları ile nasıl değiştiği incelenirse;

Araç Bileşenleri;

Motor – 5

Vites kutusu – 2

Lastik – 215/75-R17.5

Diferansiyel – 3,9

Diğer Şartlar;

Taşıt ön görünüm alanı	: 4,692m ²
Yuvarlanma direnç katsayısı	: 0,01 (düzgün asfalt yol)
Tekerlek dinamik yarıçapı	: 0,37m
Hava yoğunluğu	: 1,225kg/m ³
Araç yönündeki rüzgâr hızı	: 1,58m/s ² (hareket rüzgâra karşı)
Transmisyon verimi	: %88
Şoför vites değiştirme devri	: 2600d/dk
Şoför vites değiştirme süresi	: 0,5s
Taşıt kütlesi	: 4965kg
Kullandığı dizel yakıtın yoğunluğu	: 0,852kg/lt

Özellikleri tanımlanan bu araç için Tablo 2.7'ye bakıldığında 0,5-0,6 aralığında bir aerodinamik direnç katsayısı alınabileceği görülmektedir. Hem 0,6 hem de 0,5 için çözüm yapıldığında Tablo 5.1'deki değerler elde edilmektedir.

Tablo 5.1: Farklı aerodinamik direnç katsayısı kullanımının sonuca etkisi

	Test sonucu	C:0,5	Sapma (%)	C: 0,6	Sapma (%)
0-90 km /h ivmelenme süresi (sn)	49,89	50,45	1,12	54,58	9,40
90km/h sabit hızda yakıt tüketimi	15,8	16,28	3,04	17,55	11,08

Tablo 5.1'deki örnekten de anlaşılacağı gibi tablodan alınacak değerler, hata oranına etkisini azaltabilmek için tabloda verilen aralık içerisinde araca en uygun değerlerin seçilmesi zorunludur. Uygulamada bunu yapabilmek ve programdan alınan sonuçların hata oranının azaltılmasını sağlayabilmek için programın kalibrasyonu adını verebileceğimiz bir yöntem kullanılmıştır.

Programın kalibrasyonu yöntemi, kullanıcı tarafından programa tanımlanan, çeşitli girdilerin analiz edilecek taşıta en uygun değerlerinin bulunması olarak açıklanabilir. Bu girdiler tablolardan yaklaşık olarak alınıp kullanılan; aerodinamik direnç katsayısı, yuvarlanma direnç katsayısı ve dinamik yarıçap gibi ölçülmesi zor ve her araca göre farklılıklar gösteren girdiler olarak örneklendirilebilir. Programdan alınan sonuçlar test sonuçları var olan taşıta uyumlu olana kadar; genellemelerle kabul

gören tablo değeri aralığında; farklı değerler girilmesi suretiyle araca ait en uygun girdiler bulunur. Böylece benzer yapıya sahip tüm taşıtlarda ister aktarma organı değişikliği isterse yük değişikliği olsun tüm değişiklikler uygulanarak yeni araç versiyonlarının yakıt tüketimi ve performans eğrileri indirgenmiş hata oranları ile bulunabilir.

5.2 Program Sonuçları ve Test Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bölüm 4.2’de tanımlanan bileşenlerle oluşturulan araçlara, Bölüm 4.2’de tanımlanan talimatlara göre yapılan 28 adet test Tablo 5.2’de görülmektedir.

Tablo 5.2:Yapılan 28 adet testin taşıtlara göre dağılımı

TAŞIT 1	TAŞIT 2	TAŞIT 3
TEST 1: İVMELENME	TEST 3: İVMELENME	TEST 5: İVMELENME
TEST 2: YAKIT TÜKETİM	TEST 4: YAKIT TÜKETİM	TEST 6: YAKIT TÜKETİM
TAŞIT 4	TAŞIT 5	TAŞIT 6
TEST 7: İVMELENME	TEST 9: İVMELENME	TEST 10:
TEST 8: YAKIT TÜKETİM		
TAŞIT 7	TAŞIT 8	TAŞIT 9
TEST 11:	TEST 12:	TEST 13:
		TEST 14: MAX HIZ
TAŞIT 10	TAŞIT 11	TAŞIT 12
TEST 15:	TEST 17:	TEST 20:
TEST 16: MAX HIZ	TEST 18: MAX HIZ	TEST 21: MAX HIZ
	TEST 19: YAKIT	TEST 22: YAKIT
TAŞIT 13	TAŞIT 14	
TEST 23:	TEST 26:	
TEST 24: MAX HIZ	TEST 27: MAX HIZ	
TEST 25: YAKIT	TEST 28: YAKIT	

Bu 28 adet testin sonucunun [25] Tasper programı sonuçları ile karşılaştırılması ile elde edilen hata oranları aşağıdaki karşılaştırma tablolarında verilmektedir.

Tablo 5.3: Taşıt 1 karşılaştırma tablosu

MAX HIZ	TEST SONUCU (km/h)	PROGRAM SONUCU (km/h)	HATA (%)
	HIZ SINIRLAYICI VAR-100km/h		121.5
İVMELENME	TEST SONUCU (s)	PROGRAM SONUCU (s)	HATA (%)
0-30km/h	6.65	6.2	6.77
0-60km/h	16.95	16.03	5.43
0-90km/h	34.29	35.44	3.35
YAKIT TÜKETİMİ	TEST SONUCU (lt/100km)	PROGRAM SONUCU (lt/100km)	HATA (%)
90km/h	16,78	16,18	3,58

Tablo 5.4: Taşıt 2 karşılaştırma tablosu

MAX HIZ	TEST SONUCU (km/h)	PROGRAM SONUCU (km/h)	HATA (%)
	HIZ SINIRLAYICI VAR-100km/h		119
İVMELENME	TEST SONUCU (s)	PROGRAM SONUCU (s)	HATA (%)
0-30km/h	7.53	8.25	9.56
0-60km/h	20.52	22.02	7.31
0-90km/h	46.51	50.4	8.36
YAKIT TÜKETİMİ	TEST SONUCU (lt/100km)	PROGRAM SONUCU (lt/100km)	HATA (%)
90km/h	17,77	17,44	1,52

Tablo 5.5: Taşıt 3 karşılaştırma tablosu

MAX HIZ	TEST SONUCU (km/h)	PROGRAM SONUCU (km/h)	HATA (%)
	HIZ SINIRLAYICI VAR-100km/h		115
İVMELENME	TEST SONUCU (s)	PROGRAM SONUCU (s)	HATA (%)
0-30km/h	6.85	6.21	9.34
0-60km/h	16.48	16.01	2.85
0-90km/h	32.62	35.34	8.34
YAKIT TÜKETİMİ	TEST SONUCU (lt/100km)	PROGRAM SONUCU (lt/100km)	HATA (%)
90km/h	17.62	17.49	0.74

Tablo 5.6: Taşıt 4 karşılaştırma tablosu

MAX HIZ	TEST SONUCU (km/h)	PROGRAM SONUCU (km/h)	HATA (%)
	HIZ SINIRLAYICI VAR-100km/h		115
İVMELENME	TEST SONUCU (s)	PROGRAM SONUCU (s)	HATA (%)
0-30km/h	9.15	8.26	9.73
0-60km/h	21.31	22.04	3.43
0-90km/h	46.27	50.71	9.60
YAKIT TÜKETİMİ	TEST SONUCU (lt/100km)	PROGRAM SONUCU (lt/100km)	HATA (%)
90km/h	18,42	19,24	4,45

Tablo 5.7: Taşıt 5 karşılaştırma tablosu

MAX HIZ	TEST SONUCU (km/h)	PROGRAM SONUCU (km/h)	HATA (%)
	ARAÇTA HIZ SINIRLAYICI VAR-100km/h		124
İVMELENME	TEST SONUCU (s)	PROGRAM SONUCU (s)	HATA (%)
0-30km/h	6.02	5.52	8.31
0-60km/h	15.5	14.03	9.48
0-90km/h	32.47	30.42	6.31

Tablo 5.8: Taşıt 6 karşılaştırma tablosu

MAX HIZ	TEST SONUCU (km/h)	PROGRAM SONUCU (km/h)	HATA (%)
	HIZ SINIRLAYICI VAR-100km/h		121,5
İVMELENME	TEST SONUCU (s)	PROGRAM SONUCU (s)	HATA (%)
0-30km/h	7.8	7.29	6.54
0-60km/h	20.43	19.41	4.99
0-90km/h	46.28	43.38	6.27

Tablo 5.9: Taşıt 7 karşılaştırma tablosu

MAX HIZ	TEST SONUCU (km/h)	PROGRAM SONUCU (km/h)	HATA (%)
	HIZ SINIRLAYICI VAR-100km/h		115
İVMELENME	TEST SONUCU (s)	PROGRAM SONUCU (s)	HATA (%)
0-30km/h	6	5.53	7.83
0-60km/h	15.44	14.03	9.13
0-90km/h	31.58	30.66	2.91

Tablo 5.10: Taşıt 8 karşılaştırma tablosu

MAX HIZ	TEST SONUCU (km/h)	PROGRAM SONUCU (km/h)	HATA (%)
	HIZ SINIRLAYICI VAR-100km/h		115
İVMELENME	TEST SONUCU (s)	PROGRAM SONUCU (s)	HATA (%)
0-30km/h	7.88	7.28	7.61
0-60km/h	18.86	18.98	0.64
0-90km/h	39.1	42.1	7.67

Tablo 5.11: Taşıt 9 karşılaştırma tablosu

MAX HIZ	TEST SONUCU (km/h)	PROGRAM SONUCU (km/h)	HATA (%)
		96	93
İVMELENME	TEST SONUCU (s)	PROGRAM SONUCU (s)	HATA (%)
0-30km/h	6.85	7.45	8.76
0-60km/h	19.18	20.09	4.74
0-90km/h	47.54	50.55	6.33

Tablo 5.12: Taşıt 10 karşılaştırma tablosu

MAX HIZ	TEST SONUCU (km/h)	PROGRAM SONUCU (km/h)	HATA (%)
		111	109
İVMELENME	TEST SONUCU (s)	PROGRAM SONUCU (s)	HATA (%)
0-30km/h	5.96	6.3	5.70
0-60km/h	17.12	18.8	9.81
0-90km/h	42.73	46.6	9.06

Tablo 5.13: Taşıt 11 karşılaştırma tablosu

MAX HIZ	TEST SONUCU (km/h)	PROGRAM SONUCU (km/h)	HATA (%)
		96	93
İVMELENME	TEST SONUCU (s)	PROGRAM SONUCU (s)	HATA (%)
0-30km/h	6.42	6.2	3.43
0-60km/h	17.19	16.7	2.85
0-90km/h	42.88	39.31	8.33
YAKIT TÜKETİMİ	TEST SONUCU (lt/100km)	PROGRAM SONUCU (lt/100km)	HATA (%)
60km/h	14.2	14.77	4.01
90km/h	14.65	15.36	4.85

Tablo 5.14: Taşıt 12 karşılaştırma tablosu

MAX HIZ	TEST SONUCU (km/h)	PROGRAM SONUCU (km/h)	HATA (%)
		96	93
İVMELENME	TEST SONUCU (s)	PROGRAM SONUCU (s)	HATA (%)
0-30km/h	8.23	7.58	7.90
0-60km/h	21.91	20.73	5.39
0-90km/h	49.89	50,45	1,12
YAKIT TÜKETİMİ	TEST SONUCU (lt/100km)	PROGRAM SONUCU (lt/100km)	HATA (%)
60km/h	15,3	15,41	0,72
90km/h	15,8	16,25	2,85

Tablo 5.15: Taşıt 13 karşılaştırma tablosu

MAX HIZ	TEST SONUCU (km/h)	PROGRAM SONUCU (km/h)	HATA (%)
		112	109
İVMELENME	TEST SONUCU (s)	PROGRAM SONUCU (s)	HATA (%)
0-30km/h	6.21	5.6	9.82
0-60km/h	17.96	16.4	8.69
0-90km/h	42.84	38.6	9.90
YAKIT TÜKETİMİ	TEST SONUCU (lt/100km)	PROGRAM SONUCU (lt/100km)	HATA (%)
60km/h	12.8	12.36	3.44
90km/h	13.5	13.35	1.11

Tablo 5.16: Taşıt 14 karşılaştırma tablosu

MAX HIZ	TEST SONUCU (km/h)	PROGRAM SONUCU (km/h)	HATA (%)
		112	109
İVMELENME	TEST SONUCU (s)	PROGRAM SONUCU (s)	HATA (%)
0-30km/h	7.72	7.03	8.94
0-60km/h	23.06	20.95	9.15
0-90km/h	56.88	51.3	9.81
YAKIT TÜKETİMİ	TEST SONUCU (lt/100km)	PROGRAM SONUCU (lt/100km)	HATA (%)
60km/h	13.5	13.07	3.19
90km/h	14.5	14.17	2.28

Taşıt 1 ve Taşıt 3 araçları incelendiğinde; araçların sadece diferansiyellerinin farklı olduğu görülmektedir. Bu iki araçta yakıt ve performans için hangi diferansiyelin kullanımının uygun olacağını belirlemek maksadı ile testler yapılmıştır. Görüldüğü gibi yakıt tüketimi 4,1 diferansiyelde 3,7 diferansiyele göre %5 artmakta iken ivmelenme süreleri ise her iki diferansiyel kullanımında birbirine yakın çıkmaktadır. Burada tasarım ölçütü olarak düşük yakıt tüketiminin hedeflendiği kabul edilirse 3,7 diferansiyel seçilecektir. Aynı taşıtlar için Tasper programından alınan sonuçlar incelendiğinde ise 4,1 diferansiyel kullanımının 3,7 diferansiyel kullanımına oranla benzer ivmelenme süreleri sahip olduğu ve yakıt tüketiminin %8 daha fazla çıktığı görülmektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi araç henüz tasarım aşamasında iken aktarma organları seçiminde ya da bu örnekte olduğu gibi var olan, bir araçta iyileştirme yapmak maksadı ile programı kullanmak yeterlidir. Ayrıca bu uygulama sadece diferansiyel için değil araç gövdesi, motor, vites kutusu ve tekerlekler içinde geçerlidir. Böylece parça, işçilik ve test maliyetleri oluşmayacağı gibi zaman tasarrufu da sağlanacaktır.

6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bölüm 5.1’de açıklanan kabullerin yanı sıra, hesaplamalarda kullanılan bazı girdiler de; tüm kaynaklarca kabul gören yaklaşık değerler veren tablolardan alınır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir;

1. Aerodinamik direnç katsayısı taşıt tipine göre yaklaşık olarak tablolardan alınır.
2. Aktarma organları verimi taşıt tipine göre yaklaşık olarak verilen tablolardan alınır.
3. İvmelenme hesabında kullanılan eşdeğer kütle yaklaşık sonuç veren formüller ile hesaplanır.

Daha öncede vurgulandığı gibi yapılan kabullerin ve yaklaşık tablo değerlerinin sonuç üzerindeki hata oranının azaltılmasının en iyi yöntemi program kalibrasyonudur.

Kalibrasyon yöntemi kullanılarak, programdan alınmış olan sonuçlarla oluşturulan, Bölüm 5.2’deki tablolar incelendiğinde;

Performans testleri hata oranı %10

Yakıt testleri hata oranı %5 olarak bulunmaktadır.

İlk defa tasarlanan taşıtlarda kalibrasyon yapma imkânı olmadığı için hata oranlarının ne olacağı tamamı ile kullanıcının gireceği değerlerin bir fonksiyonudur. Ancak bu şekilde bile alınan sonuçlar ile yine de arcın performans eğrileri hakkında öngörü sahibi olmak mümkündür. Taşıtlar tasarlanırken genellikle ilk önce gövde tasarımı yapılır. Ardından araçtan istenen performansa göre farklı aktarma organı bileşenleri seçilerek testler yapılmaktadır. Bu aşamada yukarıda sayılan ve belirli kabullerle kullanılan maddelerdeki değişkenler kalibre edilmeden; aynı gövdeye sahip, farklı aktarma organı bileşenleri ile oluşturulacak iki taşıt arasında yapılacak

kıyaslamalar ile hangi aracın daha iyi performansa sahip olduğu ya da daha az yakıt tüketeceği rahatlıkla görülebilir. Dolayısı ile bu çalışmada hazırlanan programın kullanıcıya sunduğu en büyük avantaj, farklı araç yapılandırmalarının tasarım aşamasında birbiri ile karşılaştırmasını kolaylaştırmak ve böylece en ideal seçimin yapılmasını sağlamasıdır.

Tasper programı geliştirilmeye açık bir programdır. Programa ilaveler yapılabilir ek paketler konulabilir. Bunlara; retarder performans tespiti ve frenleme performans tespiti gibi birçok örnek verilebilir. Ancak bu konular da, üzerinde yoğun uğraşlar verilmesi ve uzun zamanlar ayrılması gereken çalışmalar olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Wong, J.Y., “Theory Of Ground Vehicles”, *Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Carleton University Ottawa, Canada*, 1-3 (1993)
- [2] SAE J2188, “Commercial Truck And Bus SAE Recommended Procedure for Vehicle Performance Prediction And Charting”, *Society of Automotive Engineers* (2003)
- [3] Taborek, J.J., “Mechanics of vehicles” *Machine Design*, (1957)
- [4] Gugh, V.E., “Mechanics of Pneumatic Tires”, *National Bureau of Standarts, Washington DC*, (1971)
- [5] Moore, D.F., “The Friction Pneumatic Tyres”. *Elseiver, Amsterdam*, (1975)
- [6] Çetinkaya, S., “Taşıt Mekaniği”, *Nobel Yayın, Ankara*, 47,125-140 (1999)
- [7] French, T., “Contruction and Behaviour Characteristics of tyres”, *Poc of the Institution of Mechanical Engineers, Automobile Division*, 14-59, (1959)
- [8] Pacejka, H.B., “Tires as a Vehicle Compenent”, *National Bureau of Standarts, Washington DC*, (1971)
- [9] Harned, J.L., Johnston, L.E., Sharpf, G., “Measurement of Tire Characteristics as related Wheel slip control system design”, *Society of Automotive Engineers Transactians*, Vol 78, (1969)
- [10] Dülger, Z. “Motorlu Taşıtlar Ders Föyleri” *Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü*, (2006)
- [11] Carr, C.W., “Potential for Aerodynamic Drag Reduction in Car Design”, design series SP3, *Channel Islands, U.K.*(1983)
- [12] Ranald, V., Giles, B.S., “Fluid mechanics and hydraulics”, Örencik, K., *Güven Yayıncılık, Ankara*, 249, (2000)
- [13] SAE J688, “Commercial Truck ability Prediction Prcedure”, *Society of Automotive Engineers* (1987)

- [14] Janssen, L.J., Hucho, W.H. “The Effect of Various Parameters on the Aerodynamic Drag of Passenger Cars,” *BHRA Fluid Engineering, Cranfield, England*, (1973)
- [15] Berta, C., Bonis, B., “Experimental Shape Research of Ideal Aerodynamic Characteristics for Industrial Vehicles”, *Society of Automotive Engineers*, paper 801402, (1980)
- [16] Kelly K.B., Holcombe, H.J., “Aerodynamics for Body Engineers” Automotive Aerodynamics, Progress in Thecnology Series, Vol. 16 *Society of Automotive Engineers*, (1978)
- [17] Giles, J.G., “Gears and transmission, Automotive Thecnology Series ” Vol 4, *Butterwrhs, London*, (1969)
- [18] Hucho, W.H., Janssen, L.J., Emmelman, H.J., “The Optimization of Body Details-A Method for Reducing the Aerodynamic Drag of Road Vehicles ”, *Society of Automotive Engineers*, paper, 760185 (1976)
- [19] SAE J1264, “Joint RCCC/SAE Fuel Consumption Test Prcedure (Short Therm in Service Vehicle) Type 1”, *Society of Automotive Engineers* (1986)
- [20] Otokar A.Ş., ”Yakıt Tüketim Ölçümü Test Talimatı”, *Otokar A.Ş.*, (1998)
- [21] SAE J1491, “Reccomended Practice for Vehicel Acceleration Measurement”, *Society of Automotive Engineers* (2006)
- [22] Otokar A.Ş., “İvmelenme Ölçümü Test Talimatı”, *Otokar A.Ş.*, (2005)
- [23] Otokar A.Ş., “En Yüksek Hız Ölçümü Test Talimatı”, *Otokar A.Ş.*, (1998)
- [23] Otokar A.Ş., Mühendislik Arşivi, *Otokar A.Ş.*, (2007)
- [25] Otokar A.Ş., Test Raporları Arşivi”, *Otokar A.Ş.*, (2007)

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında İstanbul'da doğdu. 1983 yılında ailesi ile birlikte memleketleri Trabzon'a döndü. İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 1996'da Trabzon Endüstri Meslek Lisesi'ni okul birinciliği ile bitirdi.1997'de Kocaeli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Otomotiv Öğretmenliği Bölümü'nü kazandı. 2002 yılında bölüm birinciliği ile mezun olarak Teknik Öğretmen unvanı aldı. Vatani görevini 2003 yılında yedek subay olarak tamamladı. 2004'te Ford Otosan Gölcük'te kısa bir eğitimlik tecrübesinden sonra Otokar A.Ş.'de işe başladı. Halen Otokar A.Ş.'de çeşitli projelerde görev almakta ve aynı zamanda Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek lisans yapmaktadır.