

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARAYOLUYLA ŞEHİRLER ARASI YÜK TAŞIMACILIĞINDA
OPTİMUM YAKIT TÜKETİMİ KOŞULLARININ NÜMERİK
YÖNTEMLE ARAŞTIRILMASI

CAN FIRAT ÇAKIRGÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENERJİ PROGRAMI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. MUAMMER ÖZKAN

İSTANBUL, 2011

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARAYOLUYLA ŞEHİRLER ARASI YÜK TAŞIMACILIĞINDA
OPTİMUM YAKIT TÜKETİMİ KOŞULLARININ NÜMERİK
YÖNTEMLE ARAŞTIRILMASI**

Can Fırat ÇAKIRGÖZ tarafından hazırlanan tez çalışması 30.09.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Muammer ÖZKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Muammer ÖZKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ertuğrul ARSLAN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Tarkan SANDALCI
Yıldız Teknik Üniversitesi



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında değerli yardımlarını esirgemeyen Sn. Hocam Doç. Dr. Muammer ÖZKAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ekim, 2011

Can Fırat ÇAKIRGÖZ

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ.....	Sayfa vi
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	12
1.3 Hipotez	12
BÖLÜM 2	
KULLANILAN MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
2.1 Kullanılan Materyal.....	13
2.1.1 Motor Test Düzenegi	13
2.1.2 Test yakıtı.....	15
2.1.3 Test araçları teknik özellikleri.....	17
2.1.4 Güzergah özellikleri.....	18
2.2 Kullanılan yöntem	19
2.2.1 Yakıt tüketiminin modellenmesi	19
2.2.1.1 Yakıt tüketimi.....	19
2.2.1.2 Enerji kayıpları ve güç ihtiyacı	20
2.2.1.2.1 Yuvarlanma direnci (F_R).....	21
2.2.1.2.2 Yokuş direnci (F_s)	21
2.2.1.2.3 Hava direnci (F_L)	22
2.2.1.2.4 İvme direnci (F_b)	22

2.2.2	Aracın modellenmesi	23
2.2.3	Motorun modellenmesi	23
2.2.4	Aktarma organlarının modellenmesi	24
2.2.4.1	Kavrama	24
2.2.4.2	Şanzıman	25
2.2.4.3	Şaft	25
2.2.4.4	Diferansiyel	25
2.2.4.5	Tekerlek	26
2.2.5	Deneyel çalışmalar	26
2.2.5.1	Motor testleri	26
2.2.5.2	Yol testleri	28
2.2.6	Yazılım çalışmaları	30
2.2.6.1	Programın akış şeması ve ara yüz görüntüleri	32

BÖLÜM 3

PROGRAM ÇIKTILARI	39
3.1 Seyir çevrim çıktısı	39
3.2 Karşılaştırmalı minimum yakıt tüketimleri	40
3.3 Sürüş Dirençleri	42

BÖLÜM 4

SONUÇ ve ÖNERİLER	45
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	49

SİMGE LİSTESİ

A	Projeksiyon alanı
app	Gaz pedal pozisyonu yüzdesi
B_e	Yakıt tüketimi
be	Özgül yakıt tüketimi
CD	Aerodinamik direnç katsayısı
epl	Motor yük yüzdesi
etfu	Kullanılan yakıt miktarı
es	Motor hızı
eth	Motor çalışma saati
F_b	İvme direnç katsayısı
F_L	Hava direnç kuvveti
F_R	Yuvarlanma direnç kuvveti
F_S	Yokuş direnç kuvveti
f_r	Yuvarlanma direnç katsayısı
fr	Yakıt oranı
G	Ağırlık
hetfu	Yüksek çözünürlüklü kullanılan yakıt miktarı
hrvd	Araç odometresi
I_t	Toplam çevrim oranı
ifr	Anlık yakıt oranı
m	Taşıt kütlesi
N_e	Güç
Ne	Efektif motor gücü
R	Korelasyon katsayısı
S	Mesafe
t	Süre
VT	Seyir hızı
ws	Araç hızı
V	Araç hızı

α	Eğim açısı
φ	İvme direnç katsayısı
ρ_h	Havanın özgül kütlesi
η_m	Mekanik verim
λ	Kütle atalaet katsayısı
ρ_h	Hava yoğunluğu
φ_m	İvmelenme direnç katsayısı
$\frac{dV_T}{dt}$	İvme

KISALTMA LİSTESİ

CAN	Control Area Network
CAN-Bus	Control Area Network Data Bus
FMS	Fleet Management Systems Interface
GPS	Global Positioning System
GPRS	General Packet radio service
GSM	Global System for Mobile Communications
MATLAB	Matrix Laboratory
PGN	Parameter Group Number
PTO	Power Take Off
TCP/IP	Transmission Control Protocol/ Internet Protocol
SAE	Society of Automotive Engineers

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Taşıtlarda yakıt ekonomisine etki eden faktörler	3
Şekil 1.2 Üç farklı tonaj grubunda yük-tüketim değişimi	7
Şekil 1.3 Karayolu ve otoban çevrimlerinde üç farklı markanın yakıt tüketim değişimi	9
Şekil 1.4 Motor yakıt oranının ölçülen ve model arasındaki ilişki	11
Şekil 2.1 Motor yakıt tüketimi ölçümü için test düzeneği	13
Şekil 2.2 Dinamometre ölçüsel büyüklükleri	14
Şekil 2.3 Motor test odası görüntüsü	15
Şekil 2.4 Test araçları görünüşleri	17
Şekil 2.5 Güzergah yükseltilerinin grafiği	18
Şekil 2.6 Deneş güzergahı uydru ve yol görüntüsü	19
Şekil 2.7 Araç üzerine etkiyeş dirençler	23
Şekil 2.8 Araç aktarma organlarının yerleşimi	24
Şekil 2.9 Araç şanzımanın kısımları	25
Şekil 2.10 Motor test yazılımı kullanıcı ekranı	27
Şekil 2.11 Motor testleri sonucunda oluşturulan özgül yakıt tüketim haritası	27
Şekil 2.12 Boş seferlerde aracın anlık hız değişimleri	28
Şekil 2.13 Dolu seferlerde aracın anlık hız değişimleri	29
Şekil 2.14 Dolu seferlerde aracın anlık yakıt tüketimi	29
Şekil 2.15 Boş seferlerde aracın anlık yakıt tüketimi	30
Şekil 2.16 Programın doğrulama akış şeması	33
Şekil 2.17 Programın minimum yakıt akış şeması	34
Şekil 2.18 Yol grafikleri	35
Şekil 2.19 Motor yakıt haritası	35
Şekil 2.20 Seyir çevrimi	36
Şekil 2.21 Seyir çevrimi ve optimum yakıt sarfiyatı sağlayan sürüş önerisi	36
Şekil 2.22 Anlık ve kümülatif yakıt sarfiyatı	37
Şekil 2.23 Kümülatif yakıt sarfiyatı	37
Şekil 2.24 Modelin önerisi ile ölçülen değerler arasındaki ilişki	38
Şekil 3.1 Seferlerin ölçülen ve elde edilebilecek minimum yakıt tüketimleri	40
Şekil 3.2 Toplam ağırlığın yakıt tüketimi üzerine etkisi	41
Şekil 3.3 Hava direnç değişkenlerine göre yakıt tüketim değişimi	41
Şekil 3.4 Farklı tekerlekler ile yakıt sarfiyatı değişimi	42
Şekil 3.5 Seyir simülasyonunda anlık güç ihtiyacının dağılımı	43
Şekil 3.6 Seyir simülasyonunda anlık güç ihtiyacının yüzde dağılımı	43
Şekil 3.7 Örnek bir sefer için hızdeğişimleri optimum vites kademeleri	44

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1 Tam eğitimli sürücü grubunun her bir testteki yakıt sarfiyatı, fren uygulama ve vites kademe değiştirme sayılarının ortalaması ve standart sapması.	6
Çizelge 1.2 Yük miktarının ton başına yakıt tüketimine etkisi.....	7
Çizelge 1.3 Yol kaplama tiplerine göre yakıt tüketiminin değişimi	10
Çizelge 2.1 Motor test düzeneğinde ölçülen değerler	15
Çizelge 2.2 Motorin yakıtının EN 590' a göre özellikleri ve test yöntemleri	16
Çizelge 2.3 Çekici aracın teknik özellikleri.....	17
Çizelge 2.4 Çeşitli tip araçların ortalama yuvarlanma direnç katsayıları.....	21
Çizelge 2.5 Çeşitli marka çekici araçların hesaplanmış CD değerleri.....	22
Çizelge 3.1 Modelin hesapladığı seyir çevrimi ve sürüş önerisi	39
Çizelge 3.2 Örnek sefere ait araç özellikleri ve simülasyon parametreleri	42

ÖZET

KARAYOLUYLA ŞEHİRLER ARASI YÜK TAŞIMACILIĞINDA OPTİMUM YAKIT TÜKETİMİ KOŞULLARININ NÜMERİK YÖNTEMLE ARAŞTIRILMASI

Can Fırat ÇAKIRGÖZ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mammer ÖZKAN

Gerek yakıt maliyeti gerekse konvensiyonel yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan gazların çevre üzerine olumsuz etkileri taşıtların daha az yakıt tüketmeleri için yapılan çalışmalara dayanak oluşturmaktadır. Aynı zamanda yakıt maliyeti filo sahipleri için önemli bir işletme maliyetinin önemli bir kısmını kapsamaktadır. Yakıt tüketiminin önceden tahmini ve gerçekleşen seferlerde tüketilen yakıtın gerçekliğinin araştırılması işin mali boyutu açısından bir gerekliliktir.

Bu çalışmada, yük taşımacılığında kullanılan bir filoaya ait araçların işletmesi esnasında, yük ve güzergah koşullarına göre tüketilecek yakıt miktarını tahmin eden, optimum yakıt tüketimi için alternatif işletme şartlarını araştıran ve araçları yakıt tüketimi açısından eşit koşullarda karşılaştırabilen bir algoritma kurulmuştur.

Anahtar kelimeler: Ağır ticari araçlar, yakıt tüketiminin modellenmesi

ABSTRACT

INVESTIGATING THE OPTIMAL CONDITIONS OF FUEL CONSUMPTION WITH NUMERIC METHOD FOR INTERCITY HEAVY-DUTY VEHICLE

Can Fırat AKIRGÖZ

Department of Mechanical Engineering
MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Muammer ÖZKAN

Recently, increasing environmental distortions due to gases which have been exhausted from utilizing of conventional fuel consumption and fluctuating oil prices are very crucial topics to focus on studying in the area of fuel consumption productivity. At the same time, for the fleet owners fuel cost has been large amount of share considering with total operating costs. Forecasting of fuel consumption and investigating to the possibility of real fuel consumption are necessary steps for looking at the issue throughout the fiscal perspective.

In this study, with using a certain truck fleet information, the algorithm has been tried to structured with taking care of different loading and routing options, for detect optimum operating points in which the fuel consumption would be basically optimum.

Keywords: Heavy-duty vehicles, modelling fuel consumption

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1. 1 Literatür Özeti

Motorlu taşıtlarda ekonomiklik kriteri belirli bir mesafeyi kat etmek için tüketilen yakıt miktarıdır. Bu tanımdan yola çıkarak aracın belirli mesafeyi kat etmesi esnasındaki kinematikini ve tükettiği yakıt miktarını ayrı ayrı ele almakta yarar vardır. Araç ağırlığının, güzergah ve taşıtın teknik özelliklerin seyir esnasında değiştiremeyeceği düşünüldüğünde, hız-zaman değişimi ve güzergahın fiziksel özellikleri motordan çekilecek gücü, aktarma organları motorun çalışma bölgesini ve tüketilen yakıt miktarını belirleyen faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer önemli bir faktör ise sürücü davranışlarıdır. Sürücü davranışları ifadesi, aracın iki durma noktası arasında hızlanma, seyir ve yavaşlama hareketlerinde sürücü tarafından tercih edilen kalkış ivmesini, üst seyir hızını, seyir hızındaki değişimleri ve yavaşlama ivmesi değerlerini içerir. Sürüş karakteristiği yakıt tüketimi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır.

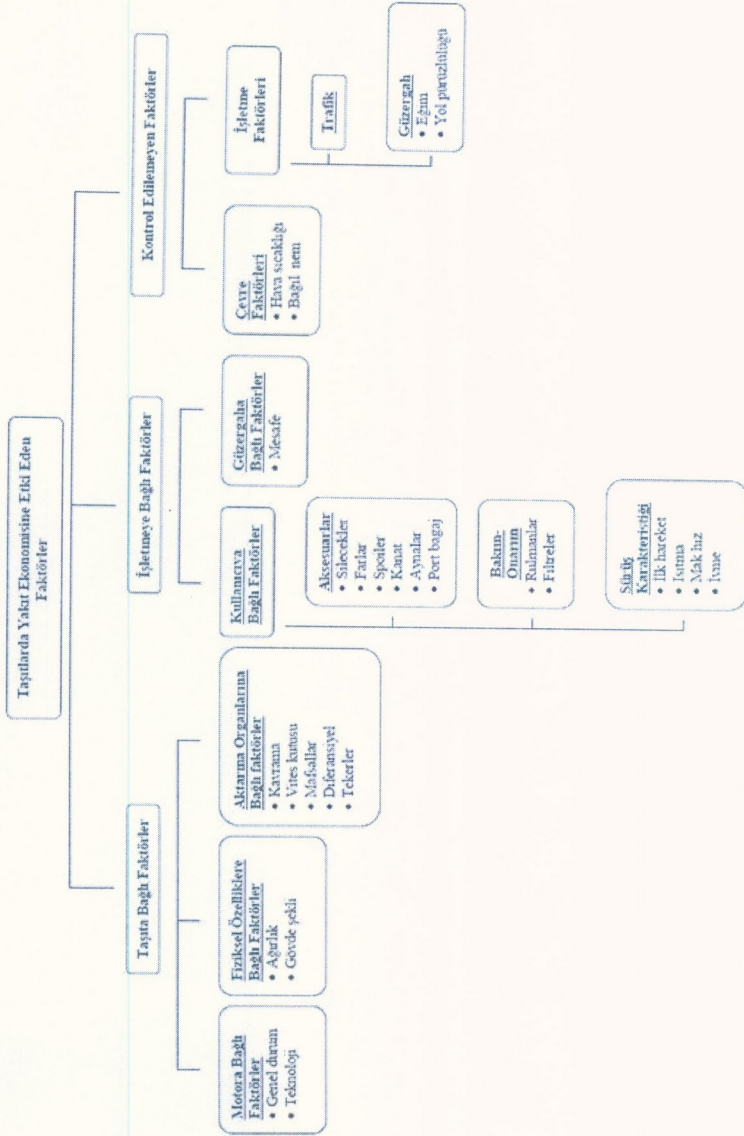
Dünyada toplu taşıma ve yük taşımacılığının büyük bir kısmını karşılayan motorlu araçlarda kullanılan yakıt ve bu yakıt kaynaklarının gün geçtikçe azalması, otomobil üreticilerini yakıt ekonomisi çalışmalarını yapmaya zorlamaktadır. Motorlu taşıtların fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için gerekli olan enerji bugün için büyük ölçüde petrole bağımlıdır. Petrolün tükenebilir bir yakıt kaynağı olması nedeniyle fiyatının sürekli olarak artması, petrol türü yakıt kullanan otomotiv sektöründe yakıt ekonomisinin iyileştirilmesini ve yakıt tüketiminin azaltılmasını zorumlu hale getirmiştir. Ayrıca motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliği ve gürültü düzeyi özellikle büyük şehirlerimizde ciddi bir problem olarak insan sağlığını tehdit edecek boyutlara ulaşmış

bir çevre kirliliğidir. Hava kirliliğinin mümkün mertebe indirilebilmesi yakıt tüketimini azaltmakla ve motorlu taşıtların verimliliğini artırmakla mümkündür.

Bilimsel ve teknolojik gelişmelere paralel olarak motorda bulunan sistemlerin daha etkin hale getirilerek verimin artırılmasına çalışmaktadır. Motor parametrelerinin çalışma koşullarına uygun şekilde otomatik olarak değiştirilmesiyle motor performansı artmaktadır. Ayrıca yakıt tüketimi üzerinde taşıta ait parametrelerin de önemli etkileri bulunmaktadır. Taşıt güç aktarma organlarının veriminin artırılması yanında sürücü davranışlarının da olumlu yönde geliştirilmesiyle yakıt ekonomisi iyileşmektedir. Otomotiv sektöründeki firmaların, pazardan daha büyük pay alabilmek için, yaptığı araştırma ve geliştirme çalışmalarının büyük bölümünü güvenlik ve yakıt ekonomisine harcadığı yapılan çalışmalarla ortaya konmaktadır.

Gerek yakıt maliyeti gerekse konvansiyonel yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan gazların çevre üzerine olumsuz etkileri taşıtların daha az yakıt tüketmeleri için yapılan çalışmalara dayanak oluşturmaktadır. Aynı zamanda yakıt maliyeti filo sahipleri için önemli bir işletme maliyetinin önemli bir kısmını kapsamaktadır. Yakıt tüketiminin önceden tahmini ve gerçekleşen seferlerde tüketilen yakıtın gerçekçiliğinin araştırılması için mali boyutu açısından bir gerekliliktir.

Nakliye ve lojistik şirketlerinin ana işletme giderlerinden birini yakıt oluşturmaktadır. Ağır vasıta sektöründe araçların yakıt tüketim değerleri rakip üretici firmalar arasında önemli satış argümanı haline gelmiştir. Gerek üretim öncesi yakıt tüketimi düşük araçlar üretmek için Arge çalışmalarında gerekse sipariş esnasında kullanım özelliklerine göre minimum yakıt tüketimi elde etmek amacıyla, en uygun araç konfigürasyonunu oluşturmak için simülasyon programları kullanılmaktadır. Bu simülasyon programları sayesinde araçların yakıt tüketimleri önceden hesaplanabilmekte kullanım amaçlarına göre optimum yakıt ekonomisi sağlanabilmektedir. Satış sonrasında ise, gelişen otomotiv elektroniği sayesinde araçtan birçok veri alınabilmekte bunlardan anlık yakıt tüketimi, motor ve araç hız bilgileri ortam şartları sürücü davranışları gibi veriler bu bilgilerin temelini oluşturmaktadır. Bu veriler ayrıca filo takip sistemleri içinde kullanılmaktadır. Veriler yüksek çözünürlüklü ve yüksek sıklıkla araçtan yayınlanmakta olup kullanım amacına göre sıklık ve çözünürlük değiştirilebilmektedir.



Şekil 1.1 Taşıtlarda yakıt ekonomisine etki eden faktörler

Yapılan simülasyon programları sürekli olarak geliştirilmektedir. Bu çalışmada amaç bir ağır ticari aracın yakıt tüketimini modellemek ve yapılan simülasyonlar sayesinde araç teknik özellikleri ve seyir şartlarının değişimi ile yakıt tüketiminin değişimini belirleyebilmektir.

Günümüze kadar yakıt tüketim miktarlarının optimizasyonu, modellemeleri ve sürücü kullanım tarzları ile ilgili bir çok çalışma yapılmıştır. Bu bölümde yakın geçmişte konu ile ilgili yapılan çalışmalar anlatılmaktadır.

Sarı [10] yaptığı çalışmada, hafif ticari araçlarda hava direncinin yakıt ekonomisine etkisini inceledi. Çalışma da ilk olarak taşıt aerodinamiğinin tarihsel, gelişimi, Aerodinamik dirençler ve yakıt sarfiyatına etkisi, uygulamaları incelenmiştir. Bu çalışmada kullanılan diferansiyel denklem, sonlu hacimler yöntemi, CFD (hesaplamalı akışkanlar dinamiği), uygulamaları ve Fluent programı hakkında bilgiler yer almaktadır. Türkiye’de çok kullanılan hafif ticari araç sınıfına giren Renault-kangoo ticari aracı Catia programında; taşıt ön formu değiştirilerek çeşitli modelleri oluşturulmuştur..Bu formlar aracın ön kaput ve ön cam formlarıdır. Bu formlara göre CFD (hesaplamalı akışkanlar dinamiği) yöntemiyle aracın üzerine etkileyen hava direnci Fluent programı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu araç formlarından elde ettiğimiz veriler üzerinden yorum yapıp benzer ticari araçlar için en az enerji sarfiyatına sahip araç modeli uygulamaları için öneriler getirilmiştir.

Çalışma sonucunda; en uygun aerodinamik direnç kuvveti katsayısını veren modeller, kaput için 20°’lik model ve ön cam için 60°’lik model olmaktadır. Ayrıca, çalışma kapsamında, en kötü aerodinamik direnç kuvveti katsayısının kaput için 0°’lik modelde ve ön cam için 20°’lik modelde gerçekleştiği anlaşılmıştır.

Bu araştırma gösteriyor ki; hafif ticari araçlarda, taşıt ön formu için elde edilen minimum aerodinamik dirence sahip değerlerden, kaput formuna genelde yakın ya da aynı değerleri kullanılmakta, iç hacmin arttırılması gibi nedenlerden dolayı işe, ön cam açılarında aerodinamik direncin artmasına göz yumulmaktadır. Fakat, bu durum sonucu artan yakıt sarfiyatı; hafif ticari araç yerine alternatif olarak kamyon, kamyonet vb taşıtların kullanılması sonucu oluşan fazla yakıt sarfiyatı ve günümüzde kullanılan hafif ticari araçların binek otomobil sınıfı vergi dilimine girmesi düşünüldüğünde, kabul edilebilir görünmektedir. Her ne kadar bu durum, daha büyük ticari araçlarla

karşılaştırıldığında ihmal edilebilir gibi görünse de, araç sayısı göz önüne alındığında, oluşan yakıt sarfiyatı çok büyük değerlere ulaşmaktadır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar genel olarak irdelendiğinde; hafif ticari araç tasarımcılarının, tasarımlarında sadece yük taşıma kapasitelerine odaklanmalarının yeterli olmadığı, yakıt sarfiyatını da dikkate alarak daha optimum forma sahip tasarımlara yönelmelerinin gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Hareket halindeki motorlu kara taşıtlarına etkiyen aerodinamik kuvvetler ve etkileri ayrıntılı olarak irdelenerek bunların rüzgâr tüneli deneyleriyle incelenmesi ve aracın tasarımında oynadıkları rol hakkında bilgi verilmiştir. Belirtildiği üzere, bir motorlu kara taşıtının aerodinamik açıdan incelenmesi yol testleri veya rüzgâr tüneli testleri ile yapılır. Günümüzde rüzgâr tüneli testlerinin tercih edilip tasarım ve geliştirme çalışmalarının son aşamasında yapılan yol testleriyle karşılaştırılmasının sebebi, rüzgâr tüneli testlerinin daha ucuz, hızlı ve kolay olmasıdır. Motorlu kara taşıtlarının aerodinamik özellikleri her geçen gün daha iyileştirilmektedir. Gelişmiş ülkelerde motorlu kara taşıtlarının aerodinamiğe verilen önem, otomotiv sektöründeki firmaların sahip oldukları rüzgâr tüneli sayısına bakıldığında zaman daha iyi anlaşılmaktadır. Tüm dünyada 50'e yakın rüzgâr tünellerinde kara taşıtları için aerodinamik çalışmalar devam etmektedir. Türkiye'nin de otomotiv sektöründeki hızlı gelişmesini sürdürebilmesi için aerodinamik araştırma ve incelemelerin temel çalışma merkezleri olan rüzgâr tünellerinden yararlanması gerekliliği her geçen gün biraz daha ortaya çıkmaktadır.

Symmons, Rose ve Van Doorn [9] yaptıkları çalışmada bir Avustralya ağır nakliye şirketinde çalışmakta olan 12 sürücüye verilen ekonomik sürüş öncesi ve sonrasında, araçların yakıt sarfiyatlarını ve sürücülerin sürüş karakteristiklerindeki değişimleri ölçümlenmiştir. 30km uzunluğundaki test güzergahı çekici treyler araç katarı ile katedilmiştir. Eğitim sonrası, yakıt sarfiyatında %27 azalma, vites değiştirme sayısında %29 azalma ve fren kullanmada %41 azalma sağlanmıştır.

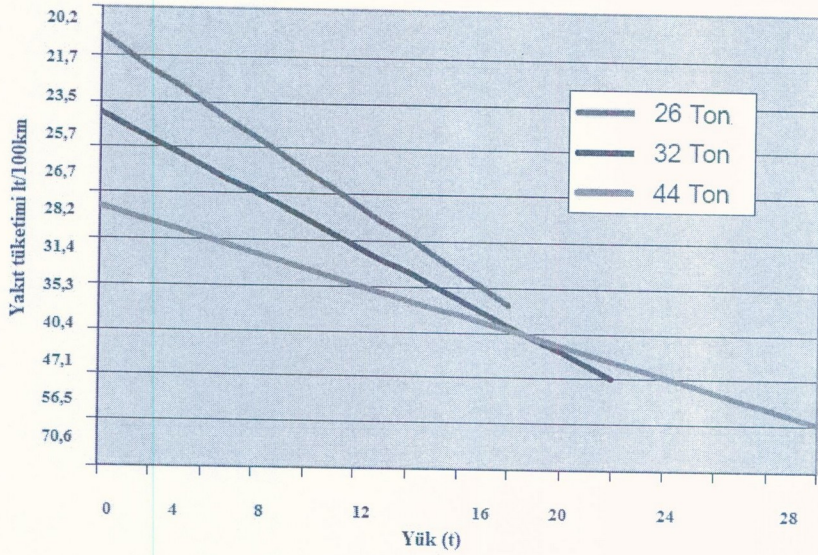
Çizelge 1.1 Tam eğitilmiş sürücü grubunun her bir testteki yakıt sarfiyatı, fren uygulama ve vites kademe değiştirme sayılarının ortalaması ve standart sapması Cohen [16]

KONTROL ZAMANI	YAKIT SARFIYATI		FREN UYGULAMA SAYISI		VİTES DEĞİŞİM SAYISI	
	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
EĞİTİM ÖNCESİ	26,4	5,8	32,3	8,8	74	18,1
EĞİTİM SONRASI	19,2	4,8	20,8	4,8	51,8	13,9
6 HAFTALIK EĞİTİM SONRASI	20,1	3,4	18,8	1,7	55	5,7
12 HAFTALIK EĞİTİM SONRASI	19,3	4,5	17,5	6,8	50,8	7,1

Çalışmada sürücü faktörünün yakıt sarfiyatı üzerindeki etkileri incelenmiş ve ekonomik sürüş eğitimi almış grup ile yapılan uygulamada yakıt sarfiyatının azaltıldığı sürüş karakteristiğinin iyileştiği yukarıdaki Çizelge 1.1'de görülmektedir.

Bir diğer araştırmada ise araç yükünün yakıt sarfiyatı üzerine etkisi incelenmiştir. Dr. Coyle [11] yaptığı araştırmada 6 farklı araç kombinasyonu ve 2 farklı güzergahta yaptığı ölçümlerde sonuçlar elde etmiştir. Yakıt sarfiyatı aracın toplam ağırlığındaki artışla birlikte artmaktadır. Toplam ağırlık ve yakıt sarfiyatı arasında kesin bir ilişki olduğu açıktır. Coyle' un çalışması iki tip operasyon da da yakıt sarfiyatı ve toplam ağırlık arasındaki ilişkinin miktarını belirlemek üzerine olmuştur.

Nakliye testi aracı olarak 44t katar ağırlığına sahip çekici/treyler katarı, Şantiye damper aracı olarak ise 44t katara ağırlığına sahip çekici/terler katarı ve çok akslı rijid 32t toplam ağırlığa sahip araç seçildiler.



Şekil 1.2 Üç farklı tonaj grubunda yük-tüketim değişimi

Nakliye araçlarında test sonuçlarında eklenen herbir ton başına yakıt tüketiminin 0,0476 km/lt arttığı görülmüştür. Damper araçlar için sonuçlar daha az kesinlik taşımakta ancak 17 ton üzeri yüklerde 44t katar ağırlığındaki araçların yakıt ekonomisi 32t rijid araca göre daha yüksektir. Testlerin sayısının yüksek olması sonuçlardaki hassasiyeti artırmıştır. Araçların motor güçleri ile yakıt sarfiyatları arasında direct bir bağlantı kurulamamış ancak araçların güç aktarma organlarının özelliklerinin yakıt sarfiyatında çok daha azla olduğu görülmüştür. Ayrıca kalkar dingillerin yanlış kullanımı yada bakımsız olmaları yakıt sarfiyatını önemli ölçüde etkilemektedir.

Çizelge 1.2 Yük miktarının ton başına yakıt tüketimine etkisi

TEST	340 HP LT/100KM	AĞIRLIK ARTIŞI TON	TON BAŞINA L/100KM ÜZERINE ETKİSİ	380 HP LT/100KM	AĞIRLIK ARTIŞI TON	TON BAŞINA LT/100KM ÜZERINE ETKİSİ
1	21,3			21,41		
2	26,3	8,42	0,294	26,5	8,42	0,296
3	27	1,4	0,115	26,9	2,56	0,103
4	28,3	5	0,134	28,7	5	0,102

5	31,7	5	0,25	32,3	5	0,212
6	34	5	0,086	34,6	5	0,123
7	36,3	5	0,134	37,5	5	0,103
8	41,4				6	0,11

Kimmo [18] VTT Finlandiya teknik araştırma merkezinde yaptığı çalışmada, yol çevrimlerine göre simule edilmiş ağır nakliye araçlarının yakıt ve emisyon ölçümlerini yük durumuna ve araç tipine göre incelemiştir.

Ölçümler yol eğimlerini de içeren dinamik yük çevrimleri olan üç farklı karayolu, otoban ve nakliye çevrimine göre yapıldı. Ölçümler dört yük sınıfında çeşitli yük seviyelerinde yönetildi;

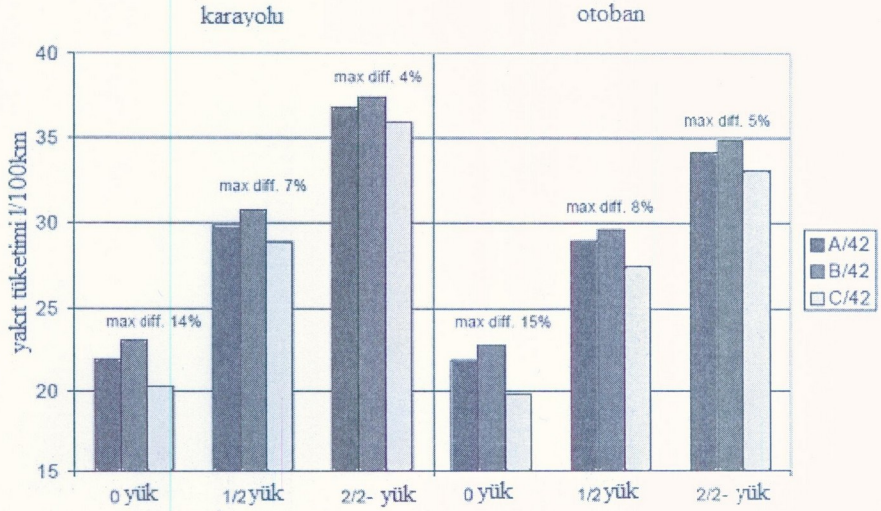
- 18 t dağıtım kamyonu: 0, 1/3, 2/3 and 1/1 yük
- 26 t dağıtım kamyonu: 0, 1/2 ve 1/1 yük
- 42 t yarı römork: 0, 1/2 ve 1/1 yük
- 60 t kamyon römork: 0, 1/2 ve 1/1 yük

Aynı paralelde farklı marka araçlar test edildi,

- 18 t: üç farklı marka
- 26/60 t dört farklı marka
- 42 t üç farklı marka

Onüç farklı araç ve altmışüç farklı araç yük ve çevrim testi yüzotuzdan fazla tekrar ile yapıtı Araçların yakıt ve egzost emisyonları için karşılaştırılması amacıyla gerçekçi hız profilleri, araç yükleri ve yol eğimlerinin simule edildiği transient tip bir şasi dinamometresi üzerinde ölçümler gerçekleştirdi.

Ölçümler sonucunda yakıt tüketiminin öncelikli olarak araç kutlesine bağlı olduğunu dağıtım çevriminde yakıt tüketiminin 25-42 lt/100km otoban çevriminde 42t ve 60t araç kombinasyonlarında 22-53 lt/100km olarak ve bu aralıklarda yüklerle doğru orantılı olduğunu ölçümlendiler. Minimum spesifik yakıt tüketimi artışını ise 0.04 l/ton-km dağıtım çevriminde, 0.015 l/ton-km karayolu çevriminde ölçümlendi.



Şekil 1.3 Karayolu ve otopan çevrimlerinde üç farklı markanın yakıt tüketim değişimi.
Dr. Siamak ve Ardekani [2]

Dr. Siamak ve Ardekani [2] şehir içi sürüş şartları altında Portland Asfalt betonu ve Asfalt Betonu üzerinde sürülen araçların farklı yakıt tüketimlerini ve CO₂ emisyonlarını araştırdı. Tüm çalışmanın amacı alternatif şehir yollarında kullanılan malzemeleri için kullanıcı maliyetlerini azaltıcı tavsiyeler oluşturmaktır. Test bölümleri için test kriterleri yüzey malzeme tipi, yüzey pürüzlülüğü, yatay eğim ve lokasyonları içermektedir. Bu doğrultuda, Texas Arlingtonda iki çift yol (iki asfalt iki beton) yakıt tüketimi için seçildi.

Bu ikişer yoldan birer adedi aynı eğim ve aynı pürüzlülük indisine sahipti. Yollar rüzgar hızı ve yönünün etkisini minimize etmek için hemen hemen paraleldi.

Yakıt tüketiminin ölçülmesi için bir akış metre bir sıcaklık ölçeri araç üzerine bağladılar. Araç hızını ölçmek için ise transmisyon üzerindeki hız sinyali üreticisinden gelen verilerin toplandığı veri toplama cihazı kullandılar. Cihaza araç hızı, yakıt tüketimi, ortam sıcaklığı, nem, lastik basıncı gibi veri değerleri gelmekteydi. Bu veriler bir bilgisayara aktarılıp hesap tabloları oluşturdular.

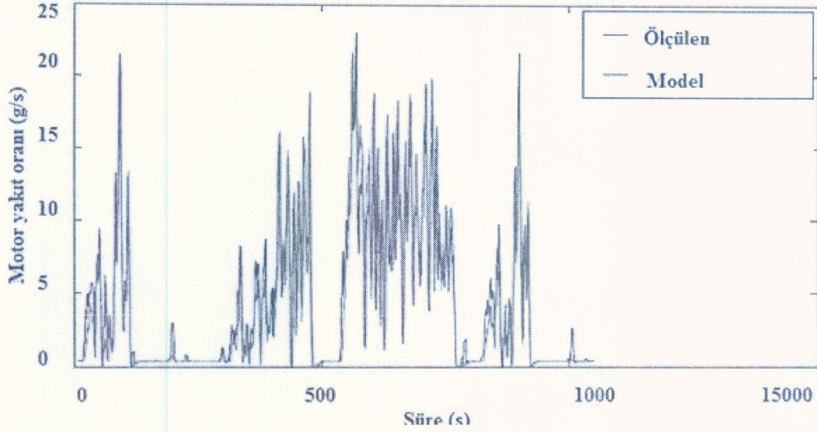
Çizelge 1.3 Yol kaplama tiplerine göre yakıt tüketiminin değişimi Sumitsawan, E.,
(2010)

	Yüzey Durumu	
	Kuru	Islak
	Ortalama Yakıt	Ortalama Yakıt
	Tüketimi	Tüketimi
Yollar ve Sürüş Modları	(10 ⁻³ lt/km)	(10 ⁻³ lt/km)
Portland Çimento Beton		
Sabit Hız 48 kmh	119,2	129,39
Asfal Beton		
Sabit Hız 48 kmh	145,6	156,91
Portland Çimento Beton		
Hızlanma 4,8 kmh/sn	681,56	641,55
Asfal Beton		
Hızlanma 4,8 kmh/sn	731,2	737,4
Portland Çimento Beton		
Sabit Hız 48 kmh	129,39	153,50
Asfal Beton		
Sabit Hız 48 kmh	140,45	158,61
Portland Çimento Beton		
Hızlanma 4,8 kmh/sn	660,57	739,45
Asfal Beton		
Hızlanma 4,8 kmh/sn	700,86	764,13

Yakıt tüketimi testleri sırasında araç kütlesi, lastik basıncı, yakıt tipi ortam sıcaklığı, nem ve rüzgar hızı ve yönü gibi etkileyici faktörlerden ilk üçü her test sırasında sabit tutulabildi. İki farklı sürüş modu sabit hız ve hızlanma test sürüşleri için kullanıldı. Testler sırasında sabit hızda 48 kmh uygulandı. Hızlanma modunda veriler, araç 0kmh dan 48 kmh a kadar 10 sn de ki hızlanma süresince toplandı. Test sürüşleri sonunda toplanan verilerden oluşturdukları çizelgede her sürüş modunda ve yüzey şartında Portland çimento betonunda yapılan test sürüşlerinde yakıt tüketiminin Asfalt betonuna göre düşük olduğu görülmüştür.

Delorme ve Karbowski [6] Argonne Ulusal laboratuvarlarında geliştirilen PSAT adlı bir yazılım kullanarak, ağır ticari araçlar için bir yakıt tüketimi simülasyonu gerçekleştirdi.

Bir simülasyon programı olan PSAT da standart yada özel seyir çevrimlerine göre sürücü talepleri elektronik kontrol ünitelerine iletilmekte ve modül halinde olan motor ve aktarma organlarından alınan bilgilere göre yakıt tüketimini modellediler. Programın kullanıcı ara yüzünden çeşitli motor ve aktarma organları seyir çevrimleri ve yük şartları modellenebilmekte idi. Validasyon için 1996 model 14,9lt 317 kw motora sahip 18 kademeli çekici araç ve treyler kullandılar.



Şekil 1.4 Motor yakıt oranının ölçülen ve model arasındaki ilişki.

Liao ve Quail [8] Amerikan ordusunda kullanılan bir orta hizmet kamyon aracında yakıt ekonomisini geliştirmek için bir araç aktarma organları modellemesi ve doğrulması çalışması yaptılar. Çalışmada kullanılan araç 2,5 tonluk, 7 ileri otomatikleştirilmiş şanzımanlı hafif kargo aracı idi. Çalışmanın temelini aracın yakıt ekonomisini geliştirmek oluşturdu. Liao ve Quail, hem deneysel olarak araçtan yol şartlarında veri topladı hem de analitik bir model ile simülasyon ve değerleri elde etti. Yaptıkları çalışma sonunda modelin simülasyon değerleri ile araç üzerinden toplanan veriler arasında %2.87 lik bir sapma elde ettiler. Simülasyonda otomatikleştirilmiş şanzıman kademesini 10 ve 12 olarak geliştirdiler. Bu sayede sırası ile %14.5 ve %12.2 yakıt ekonomisini artırmayı başardılar.

1. 2 Tezin Amacı

Otomotiv sektöründeki temel pazarlama argümanlarından birisi hiç şüphesi araçların azaltılmış yakıt tüketimleridir. Hemen hemen tüm firmalar üretecekleri araçların yakıt tüketimlerinin önceden bilinebilmesi amacıyla çeşitli algoritmalarda çalışan modelleme programları tasarlamakta ve böylelikle optimum yakıt tüketimi ile çalışan araçlarının dizaynını şekillendirmektelerdir. Modellemede, mesafe ve yükseklik değerleri bilinen ve veritabanı oluşturulan herhangi bir güzergah için de seyir çevrim grafiğinin, hız – vites kademesi gösteren grafiklerin elde edilebilmesi için esneklik sağlanmıştır. Farklı yük, farklı araç özellikleri kullanılarak yakıt tüketiminin değişimi grafikler ile gösterildi. Yol testleri sırasında yapılan ölçümlerde araç anlık hızlarının farklılık göstermesi farklı yakıt tüketim değerleri elde etmeye ve simülasyon değerleri elde etmeye olanak verdi. Gerek araç filolarının kullanıldığı şirketlerin maliyetlerinin azaltılması, gerekse de özellikle enerji kaynaklarının kullanımında çok daha dikkatli olması gereken ülkemizin ekonomisi için, verimlilik çok önemlidir.

1. 3 Hipotez

Otomotiv sektöründeki firmaların yaptığı araştırma ve geliştirme çalışmalarının büyük bölümünü güvenlikten sonra yakıt ekonomisine harcadığını yapılan araştırmalar göstermektedir. Motor parametrelerinin çalışma koşullarına uygun şekilde otomatik olarak değiştirilmesiyle motor performansı artmaktadır. Ayrıca yakıt tüketimi üzerinde taşıta ait parametrelerin de önemli etkileri bulunmaktadır. Taşıt güç aktarma organlarının veriminin artırılması yanında sürücü davranışlarının da olumlu yönde geliştirilmesiyle yakıt ekonomisi iyileşmektedir. Yakıt tüketimi modelleminde sürüş dirençleri toplamı hesaplanarak anlık güç ihtiyaçlarının belirlenmesi, sonrasında araçların motorlarına ait özgül yakıt tüketimleri kullanılarak araçların anlık yakıt tüketimleri ve seferlere ait yakıt tüketimleri hesaplanabilmektedir.

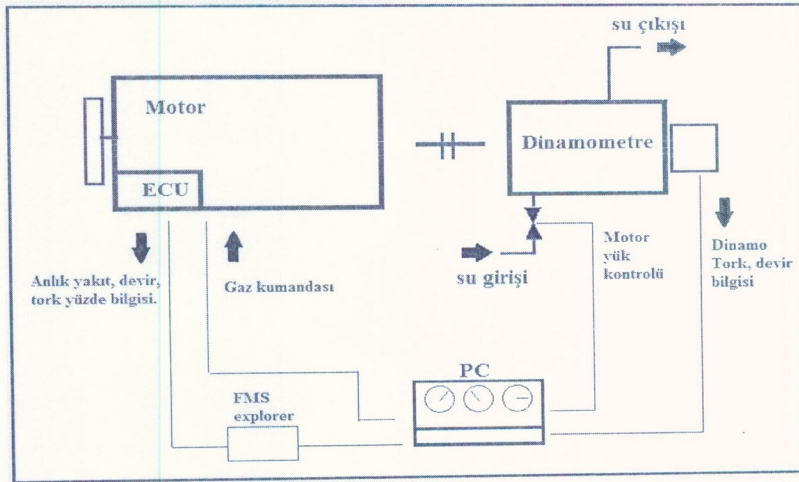
BÖLÜM 2

KULLANILAN MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Kullanılan Materyal

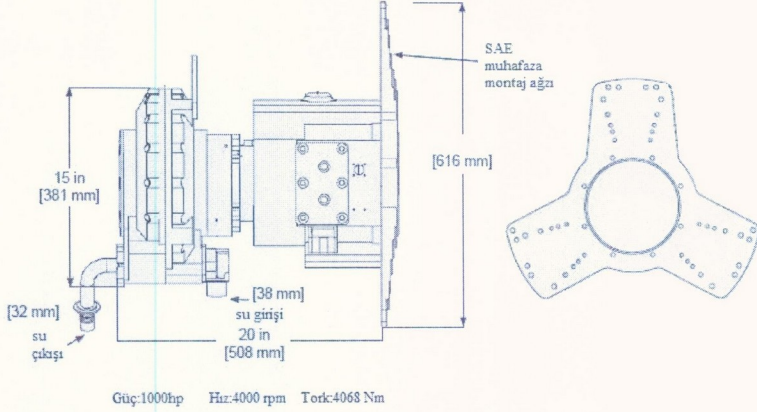
Çalışmanın sahada yapılan kısmında araçtan anlık verilerin toplanması, motor özgül yakıt tüketim haritasının oluşturulması için motor testlerinin yapılması ve simülasyon yazılımının yapılması için bir mühendislik yazılımı olan MATLAB kullanılmıştır.

2.1.1 Motor Test Düzenegi



Şekil 2.1 Motor yakıt tüketimi ölçümü için test düzenegi

Motor, bir sehpa üzerine, araç elektroniğinden bağımsız çalışacak şekilde tüm soğutma, yağlama, marş ve alternatör sistemi üzerinde olacak şekilde yerleştirildi. Motor bağımsız olarak bir PC üzerinden gaz kumandası ayarlanabilir şekilde sehpa üzerinde çalıştırıldı, motorun yakıt beslemesi seyyar bir depo ile sağlandı.



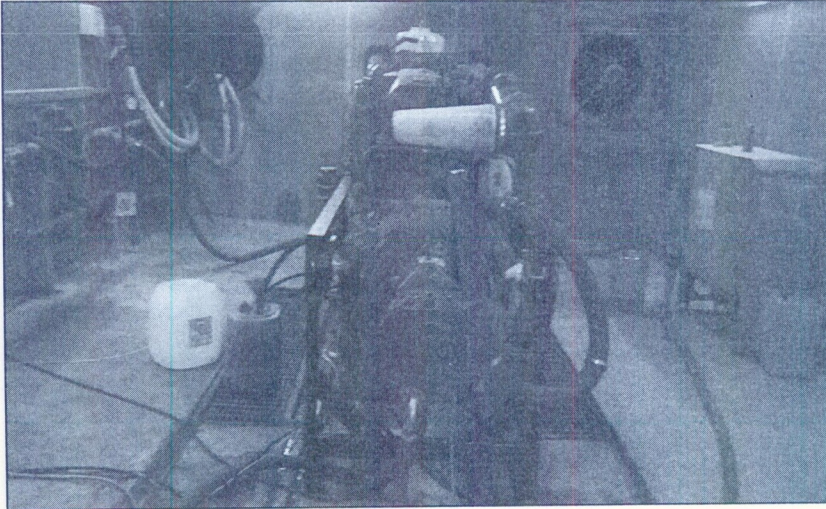
Şekil 2.2 Dinamometre ölçüsel büyüklükleri

Ölçümde kullanılan dinamometre maksimum 1000hp güç, maksimum 4068Nm tork ölçecek ve maksimum 4000 rpm dönecek kapasitede idi. Sulu tip bu dinamometre motorun volanına bir adaptör parça ile kolayca bağlanıp debriyaj muhafazasına sabitlendi. Dinamometre de kullanılan devir sensörü ve strengeyçin doğrusalsızlığı ve histeresis değeri $\leq \pm 0.02$ idi.

Dinamometre üzerinde gelen tork ve devir bilgisi PC üzerine bir data convertor ile aktarıldı. PC de ise motor performansı ölçüm yazılımına aktarılan veri, motor ECU' sundan gelen anlık yakıt, anlık devir ve tork yüzdesi değeri ile çakıştırılıp anlık yakıt tüketimi hesaplandı.

Çizelge 2.1 Motor test düzeneğinde ölçülen değerler

Data adı	Motor Hızı (rpm)	Dinamo Hızı (rpm)	Tork (Nm)	Yakıt tüketimi (lt)	Gaz Pedal Pozisyonu (%)
Data kaynağı	Motor ECU'su	Dinamo Magnetik Pickup'ı	Dinamo Strengayç'i	Motor ECU'su	Motor ECU'su
Ölçüm sıklığı	0.5 s	0.5 s	0.5 s	0.5 s	0.5 s
Hassasiyeti	$\leq \pm 0.01$	$\leq \pm 0.02$	$\leq \pm 0.02$	$\leq \pm 0.01$	$\leq \pm 0.01$



Şekil 2.3 Motor test odası görüntüsü

2.1.2 Test yakıtı

Motorin ham petrolün rafine edilmesiyle ortaya çıkan birçok maddenin fiziksel karışımı sonucunda elde edilir. Rafine sanayi ham petrolü ayırlamaya (vakumda damıtma) ve kimyasal olarak dönüştürmeye (hidrojenli kükürt giderme, katalitik) dayanan çok sayıda işlem gerçekleştirir, bu işlemler motorinlerin birleşimlerinde yer alan birçok temel

maddenin elde edilmesini sağlar. Motorinler, çok farklı fiziksel ve kimyasal özellikleri bulunan alabildiğine yüksek sayıda (binin üstünde) hidrokarbonun karmaşık karışımıyla meydana gelir. Motorin üretiminde yasal oranlara uyulur. Common Rail teknolojisine sahip dizel motorlar verimli çalışabilmek için yüksek kaliteli motorine yani EN 590 standardına uygun yakıtı ihtiyacı duymaktadır.

Çizelge 2.2 Motorin yakıtının EN 590' a göre özellikleri ve test yöntemleri

Özellik	Birim	Değer	Sınır	Deney Yöntemi
Yoğunluk (15 °C 'ta)	kg/m ³	820-845		TS 1013 EN ISO 3675
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	% ağırlık	8	En çok	TS EN 12916
Parlama Noktası	°C	55	En az	TS EN ISO 2719
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (SFTN)	°C			TS EN 116
Kış (a)		-15	En çok	
Yaz (b)		5	En çok	
Damıtma				TS 1232 EN ISO 3405
250 °C 'ta elde edilen	% hacim	65	En çok	
350 °C 'ta elde edilen	% hacim	85	En az	
% 95'in (hacim/hacim) elde edildiği sıcaklık	°C	360	En çok	
Kükürt	mg/kg	10	En çok	TS EN ISO 20846
Karbon Kalıntısı (% 10 damıtma kalıntısında)	% ağırlık	0,3	En çok	TS 6148 EN ISO 10370
Viskozite (40 °C 'ta)	cst	2,0-4,5		TS 1451 EN ISO 3104
Bakır Şerit Korozyon (50 °C 'ta 3 saat)		No.1	En çok	TS 2741 EN ISO 2160
Kül	% ağırlık	0,01	En çok	TS EN ISO 6245
Yağ asidi metil esteri (YAME) içeriği	% hacim	7	En çok	TS EN 14078
Setan sayısı		51	En az	TS 10317 EN ISO 5165
Setan İndisi	hesapla	46	En az	TS EN ISO 4264
Su	mg/kg	200	En çok	TS 6147 EN ISO 12937
Toplam Kirlilik	mg/kg	24	En çok	TS EN 12662
Oksitlenme Kararlılığı	g/m ³	25	En çok	TS EN ISO 12205
Yağlayıcılık özelliği düzeltilmiş aşınma	µm	460	En çok	TS EN ISO 12156-1

Yeni nesil dizel araçların kullanması gereken motorinde istenmeyen maddeleri şu şekilde sıralayabiliriz;

Kükürt; ham petrolde doğal olarak bulunur ve özel üniteleri olmayan rafinerilerde yeterince giderilemez. Partikül emisyonlarının, sülfat oluşumu yoluyla egzost arındırma cihazlarının bozulması. EGR sisteminde H₂SO₄ korozyonu ve kurum oluşumu. Motor

yağında asit ve kurum oluşumu nedeniyle kısa motor ömrü yağ yaşlanmasına neden olur.

Partikül; Euro-3 emisyon şartlarını karşılayan gelişmiş enjeksiyon sistemleri, yüksek basınç ve dar toleranslı olduğundan partiküllere çok hassastır. Metal metale çalışan yüzeyleri aşındırır. Filtre, pompa ve enjektör ömrünü kısaltır, hatta filtre patlamasına sebep olur.

2.1.3 Test araçları teknik özellikleri

Deneyde DAF marka 4x2 çekici araç ve TIRSAN marka 3 dingilli yarı römork kullanılmıştır. Araçların periyodik bakımları yapılmış durumda ve çekici treyler araç katarının model yılı 2009 ve 200,000 km yol kat etmiş durumda idi.



Şekil 2.4 Test araçları görüntüleri

Çizelge 2.3 Çekici aracın teknik özellikleri

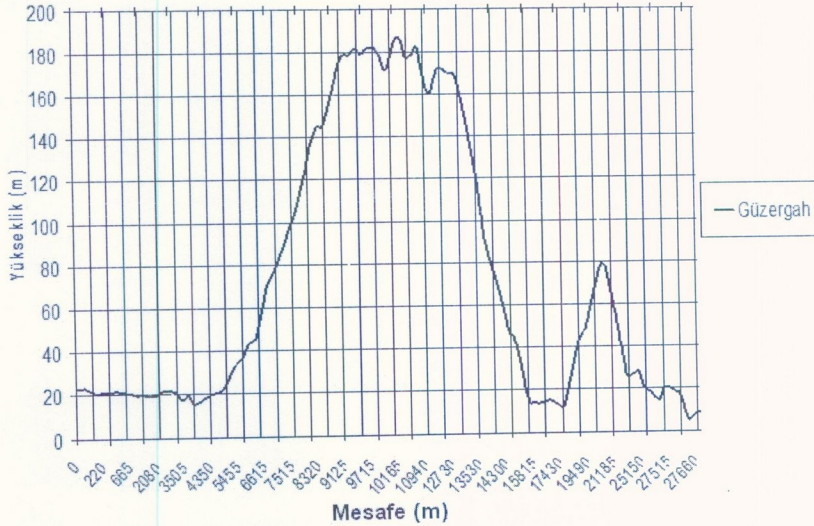
ARAÇ GENEL ÖZELLİKLERİ		AKTARMA ORGANLARININ BOYUTLARI		
Araç Tipi	4X2 E CF 85	Kavrama		
Ticari Tanımı	FT CF 85	Tip	430 mm çapında tek kuru plakalı	
Ölçüler		Şanzıman		
Dingil Mesafesi (mm)	3800	Marka	ZF ECOSPLIT 16 S 2521 TO 13,80 - 0,84	
Azami Uzunluk (mm)	6170	Vites Kademesi	düşük	yüksek
Dönüş Dairesi Çapı (m)	13,35	1.	13,8	11,54
Kesit Alanı (m ²)	8,95	2.	9,49	7,93
Ağırlıklar (kg)		3.	6,53	5,46
Ön Dingillerin Kapasitesi	7.500	4.	4,57	3,82
Arka Dingillerin Kapasitesi	13.000	5.	3,02	2,53
Azami Yüklü Ağırlık	18000	6.	2,08	1,74
Motor		7.	1,43	1,2
Tipi	Paccar MX 300S1	8.	1	0,84
Emisyon Seviyesi	Euro 3	R	12,92	10,8

Silindir Dizilişi ve Sayısı	Sıra 6, 24 Subaplı	Diferansiyel	
Silindir Çapı / strok (mm)	130 / 162	Marka	DAF 1347
Toplam Silindir Hacmi (cm ³)	12,9	Diferansiyel Çevrim Oranı	3,31
Azami Güç (EEC)	408 hp / 1.500-1.900 dev/dak	Tahrik Tekerleri	
Azami Tork	2.000 Nm / (1.000 - 1.410) dev/dak	Tahrik Aksı Lastik Ebatları	315/80 R 22.5
Sıkıştırma Oranı	16,5 : 1	Tahrik Aksı Yüklü Lastik Yançap	500mm
Motor Kontrol sistemi	DMCI	Tahrik Aksı Yüklü Teker Çevresi	3282mm

2.1.4 Güzergah özellikleri

Filodaki araçlar sabit güzergâhta ve standart yük ile çalışmakta olup ve vardiya değişimleri hariç gün içinde durmaksızın firmanın üretim tesisi ile tesise hammadde sağlayan liman arasında çalışmaktadır. Tesis Gebze/KOCAELİ ' de Liman ise Hereke/KOCAELİ' de bulunmaktadır. Araçlar D100 karayolu üzerinde seyretmiştir.

Modellenen ve doğrulama kısmında bahsi geçen güzergah, tesis ile araçların yüklendiği liman arasındır. Güzergağın başlangıç noktası, deniz seviyesinin biraz üzerinde yer almaktadır. Bu noktadan başlayan güzergah devlet karayolu boyunca devam etmekte yükleme yeri olan liman girişinde son bulmaktadır.



Şekil 2.5 Güzergah yükseltilerinin grafiği



Şekil 2.6 Deney güzergahı uydur görüntüsü

2.2 Kullanılan yöntem

Motor yakıt tüketiminin önceden belirlenmesi için, ilk olarak motor test düzeneği sayesinde sayesinde motorun özgül yakıt tüketimi modellendi. Böylece her motor devri ve güç üretimine göre anlık tüketilen yakıt miktarı hesaplandı. Oluşturulan database daha sonra MATLAB' de hazırlanan simülasyon programında karşılaştırma verisi olarak kullanıldı. Araç üzerinden toplanan veri sayesinde ise aracın anlık güç ihtiyacı belirlendi. Her iki verinin karşılaştırılması ile aracın anlık yakıt tüketimi hesaplandı ve sonrasında güzergah süreleri baz alınarak kümülatif yakıt tüketimleri her sefer için hesaplandı ve doğrulama kısmında hesaplanan ve ölçülen değerler karşılaştırılarak hatalar tespit edildi. Hesaplama ve modellemede aşağıdaki formüller kullanıldı.

2.2.1 Yakıt tüketiminin modellenmesi

2.2.1.1 Yakıt tüketimi

Günümüzde karayolu taşıtların büyük bir bölümünde taşıt tahriki için gerekli enerji içten yanmalı motorlarla sağlanmaktadır. Bir taşıtın hareketi esnasında tüketilen yakıt miktarı, seyir şartlarının sabit kaldığı bir zaman aralığı için aşağıdaki ifadeyle belirlenir.

Yakıt tüketimi modellenirken aracın seyir esnasındaki güç ihtiyacı belirlendi. Belirlenen anlık güç ihtiyacına göre aracı tahrik eden motorun özgül yakıt tüketimi haritasında güç ve devir şartına karşılık gelen yakıt tüketimi, aracın anlık yakıt tüketimini belirlemiştir.

Motorun anlık yakıt tüketimi anlık güç ihtiyacı, özgül yakıt tüketimi ve bu gücün ihtiyaç süresi ile alakalıdır.

$$B_e = N_e \cdot t \cdot b_e \quad (2.1)$$

Seyir çevrimi, ralanti, hızlanma, sabit hız ve sürüklenme olarak modellendi ralanti için sabit yakıt tüketimi, motorun güç ölçümlerinde tespit edilen ralanti yakıt tüketimi l/h olarak modellendi. Hızlanma ve sabit hız şartlarında aracın güç ihtiyacına göre yakıt tüketimi belirlendi. Sürüklenme şartında ise motorun yakıt tüketmediği kabul edildi.

2.2.1.2 Enerji kayıpları ve güç ihtiyacı

Taşıt hareketine ters yönde etki eden kuvvetlerin, taşıt eksenini doğrultusundaki bileşenlerinin toplamına hareket dirençleri adı verilir. Taşıtın hareket edebilmesi için hareket dirençlerine eş veya daha büyük bir kuvvetin tahrik tekerlerinden zemine aktarılması gerekir. Hareket için gerekli enerji aracın enerji kaynağı olan motordan çekilir. Seyir şartlarının sabit kaldığı durumda motordan çekilen güç N_e sabit kalacaktır.

$$N_e = \frac{\Sigma F V_T}{\eta_m} \quad (2.2)$$

$$\text{Toplam direnç} \quad \Sigma F = F_R + F_S + F_L + F_b \quad (2.3)$$

$$\text{Yuvarlanma direnci} \quad F_R = frG \quad (2.4)$$

$$\text{Yokuş direnci} \quad F_S = G \sin \alpha \quad (2.5)$$

$$\text{Hava direnci} \quad F_L = \frac{1}{2} \rho_h C_D A V^2 \quad (2.6)$$

$$\text{İvme direnci} \quad F_b = \varphi m \frac{dV_T}{dt} \quad (2.7)$$

2.2.1.2.1 Yuvarlanma direnci (F_R)

Hareket halindeki bir taşıtın bütün tekerleklerine yoldan yürümeye karşı koyan bir direnç gelir. Bunun nedeni yolun ve tekerleğin bir miktar ezilmiş olmasıdır. Ezilmeden dolayı tekerlekler sürekli olarak bu tümseği aşmak durumuyla karşı karşıyadır. Bu dirence yuvarlanma direnci denir. Bu direnç tekerleğe gelen ağırlıkla doğru orantılıdır. Tekerlek ile yol arasındaki yuvarlanma direnç katsayısı ve aracın ağırlığı çarpımına eşittir. Bu direnç katsayısı aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi araç tipine göre farklılık göstermektedir.

$$F_R = frG \quad (2.8)$$

Çizelge 2.4 Çeşitli tip araçların ortalama yuvarlanma direnç katsayıları [5]

Araç tipi	Yüzey		
	Beton	Sert toprak	Kum
Yolcu arabası	0.015	0.08	0.30
Kamyon	0.012	0.06	0.25
Traktör	0.02	0.04	0.20

2.2.1.2.2 Yokuş direnci (F_s)

Taşıt bir yokuşu tırmanmaya başladığı zaman kendi ağırlığı ile orantılı olarak başka bir dirençle karşı karşıya kalır. Bu dirence yokuş direnci denir. Yol eğimleri % olarak ifade edilir. Örneğin %5 eğimli bir yol dendiği zaman yolun 100 metrede 5 metre yükseldiği anlaşılmalıdır. Yollar inşa edilirken %10 eğimin üzerine çıkılmamaya özen gösterilmektedir yaklaşık bu eğimlerde $\sin \alpha$ değeri yolun eğimine eşit olduğundan $\sin \alpha$ yerine eğim yazılabilir.

$$\sin \alpha \cong E \quad (2.9)$$

$$F_s = GE \quad (2.10)$$

2.2.1.2.3 Hava direnci (F_L)

Hava direnci, hareket halindeki aracın projeksiyon alanına çarpan havanın oluşturduğu kuvettir. Aracın içerisinde yol aldığı havanın yoğunluğu sürtünme katsayısı projeksiyon alanı ve hızın karesi ile doğru orantılıdır.

$$F_L = \frac{1}{2} \rho_h C_D A V^2 \quad (2.11)$$

C_D değeri bir cismin dış formu sebebiyle düzgün doğrusal akım içinde oluşturduğu süreksizlik ve girdaplar gibi akım bozuntularının sonucu ortaya çıkar. Dış form itibarıyla cisim ne derece az bozuntuya sebep olursa direnç katsayısı ve buna bağlı olarak direnç kuvveti de o derece küçük olur. Görüldüğü gibi hızı ve geometrik boyutları belli olan bir aracın hava direnç kaybını azaltmanın tek yolu aracın dış formuna bağlı olan direnç katsayısı C_D 'yi azaltmaktır.

Çizelge 2.5 Çeşitli marka çekici araçların hesaplanmış C_D değerleri [9]

Araç	Hava yoğunluğu (ρ) [kg/m ³]	Projeksiyon alanı [m ²]	85 km/h araç hızında kuvvet (FD) [N]	Araç hızı (v) [m/s]	Rüzgar hızı (v_{wind})	Hava direnç katsayısı (C_D)
Scania R-series	1.283	9,7	2600	23,6	3,5	0,75
Mercedes Actros	1.280		2600		1	0,75
Renault Premium	1.268		3300		1,5	0,96
DAF CF	1.268		2700		2,5	0,71
Volvo FH	1.228		2000		0,5	0,59

2.2.1.2.4 İvme direnci (F_b)

Bir taşıt hareket haline veya herhangi bir hızdan diğer bir hıza geçerken bulunduğu durumun değiştirilmesine karşı bir direnç gösterir. Bu dirence ivme direnci denir. Atalet direncinin bulunması için Newton'un II. atalet prensibinden yararlanılır.

Hızlanan aracın bir ivmesi vardır, bir de dönen cisimlerin ivmeleri vardır. Bu dönen cisimlerin ivmeleri tekerlek dış çapında bir karşı koyma direnci ile karşılaşırlar. Taşıtın efektif kütle taşıt kütesinin, efektif kütle katsayısı kadar fazladır. Efektif kütle katsayısı toplam transmisyon oranı ile ilgilidir.

$$F_b = \varphi m \frac{dV_T}{dt} \quad (2.12)$$

$$\varphi m = m^* \lambda \quad (2.13)$$

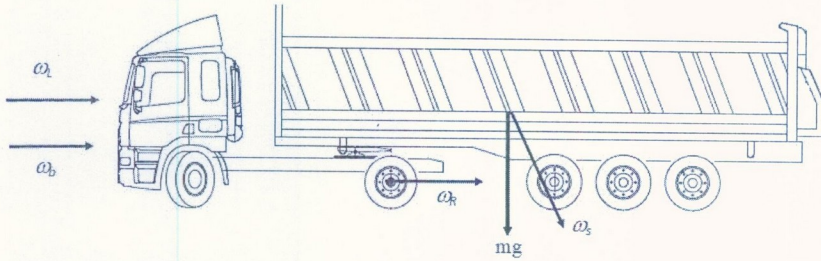
$$\lambda = 1.04 + 0.0025 \dot{I}_t^2 \quad (2.14)$$

$$\varphi m = m^* (1.04 + 0.0025 I_t^2) \quad (2.15)$$

$$F_b = m^* (1.04 + 0.0025 I_t^2) \frac{dV_T}{dt} \quad (2.16)$$

2.2.2 Aracın modellenmesi

Aracın modellenmesi yapılırken standart çekici ve standart damper kombinasyonu yapılmıştır.



Şekil 2.7 Araç üzerine etkiyen dirençler

Modelde aracın fiziksel boyutları ve kütlesi değişken olarak belirlenmiş olup MATLAB ile hazırlanan modelde bir ara yüz sayesinde aracın bu fiziksel boyutları ve kütlesi girilerek yakıt tüketimi hesaplanabilmektedir. Bu değişkenlerin yakıt tüketimine etkisi model üzerinden ölçülebilmekte validasyon kısmında ise farklı toplam kütle ile yapılan sürüşlerin yapılabilmesine olanak sağlandı.

2.2.3 Motorun modellenmesi

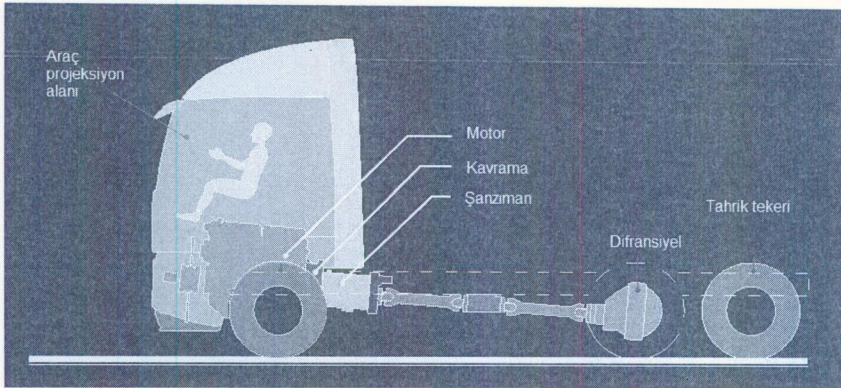
Test aracında kullanılan motor 12,9 lt toplam silindir hacmine sahip 6 silindirli comman-rail bir diesel motordur. Motorun özgül yakıt tüketim haritasını

belirleyebilmek için motor, bir motor dinamometresine bağlanıp çeşitli devir ve güç aralıklarında yakıt tüketimleri tespit edilerek motorun özgül yakıt tüketim haritası motor gücü ve motor devrine bağlı olarak oluşturuldu. Yakıt tüketim değerleri motorun canbus hattı üzerinden elektronik olarak kayıt edildi. Bu motora sahip olan ve aktarma organları da ileriki bölümlerde modellenecek olan araç modellenen yol üzerinde ve seyir şartlarında sürülerek yakıt tüketimi hesaplandı.

Ölçülen güç, tork ve yakıt tüketim değerleri en küçük kareler metodu ile MATLAB programında yüzey modelleme beşinci dereceden polinoma uydurularak elde edilmiştir.

2.2.4 Aktarma organlarının modellenmesi

Araç motorundan itibaren aktarma organları sırası ile kavrama sistemi, şaft diferansiyel ve tekerlek olarak modellendi.



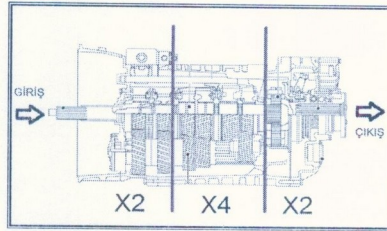
Şekil 2.8
Araç aktarma organlarının yerleşimi.

2.2.4.1 Kavrama

Şanzımanın vites değişimi sırasında şanzımanın motordan ayrılarak vites değişimlerinde senkronizasyonu sağlar. Debriyajın modellenmesi için birçok nümerik ve karmaşık hesap yapılması gerekmektedir. Bunun yanında debriyaj değişimi saniyelik zaman periyodunda gerçekleştiğinden ve toplam yakıt tüketimini bu anlamda etkilemediğinden bu çalışmada modellenmemiştir.

2.2.4.2 Şanzıman

Şanzıman, ağır vasıta araçlarda ağırlıklı olarak mekanik şanzımanlar kullanılmaktadır. Bu modellemede de 16 kademeli bir mekanik şanzıman modellenmiştir. 16 ileri 2 geri olmak üzere toplam 18 kademe olarak modellendi. Şanzımanı üç kısımda incelemek gerekirse ilk kısımda 2 ikinci kademede 4 üçüncü kısımda ise yine 2 kademe modellendi.



Şekil 2.9 Araç şanzımanının kısımları.

Çoğu modellemede şanzıman değişimleri 1. vitesten 2. vitese geçerek sıralı olarak yükselir ve azalır. Ancak ağır vasıtalarda toplam araç ağırlığı çok değişken olduğu için bu uygulamanın dışına çıkmak ve seyir hızlarına ve tork ihtiyacına göre kademe değişimlerinde sıralı değişimin dışına çıkmıştır. Yakıt tüketim hesaplarında kısa periyotta meydana gelen vites değişim anlarındaki yakıt tüketimleri, değişim anları dışında kalan uzun periyotun yanında ihmal edilerek modellendi. Şekil 2.11' de modellenen şanzıman görülmektedir.

2.2.4.3 Şaft

Şanzıman ile diferansiyel arasında hareket ve tork iletimi sağlayan ve yakıt tüketimini balans bozukluğu olmadığı kabul edilerek, kendi atalet değerleri olmadığı kabul edildiğinde yakıt tüketimini etkilemediği kabul edildi. Şaft tasarımında en önemli nokta sökülüp takılma kolaylığı ve yüksek burkulma dayanımıdır.

2.2.4.4 Diferansiyel

Diferansiyel, şaft tarafından gelen tork ve hızı tekerlekler dik olarak aktaran ve yapısındaki dişliler sayesinde aktarma organları genelindeki toplam çevrim oranını

etkileyen bir çevrim oranı bulundurmaktadır. Araç üreticileri modellemeleri sırasında şanzıman çevrim oranları ve aracın şasisi göz önünde bulundurularak boyutlandırmaktadırlar. Bu oran sabit olduğundan yakıt tüketimini en az gerçekleştiren optimum çevrim oranı seçilmelidir. Model ara yüzünde çeşitli diferansiyel çevrim oranları seçilebilmekte ve yakıt tüketimleri karşılaştırılabilmektedir.

2.2.4.5 Tekerlek

Motordan elde edilen güç ve torkun aktarma organlarından geçtikten sonra yola aktarıldığı son elemandır. Lastik yapısı gereği dönme hareketi yaparken dönmeye karşı bir dirençle karşılaşır. Bu yuvarlanma direnci lastiğin üzerinde bulunduğu yolun tipine göre değişmektedir. Tekerleğin modellenmesinde farklı ebatlardaki lastikler için devir/km değerleri oluşturuldu. Farklı ebatlardaki lastiklerde yuvarlanma direnç katsayıları aynı alındı.

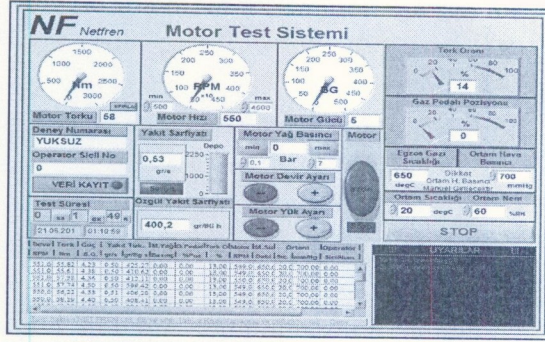
2.2.5 Deneysel çalışmalar

2.2.5.1 Motor testleri

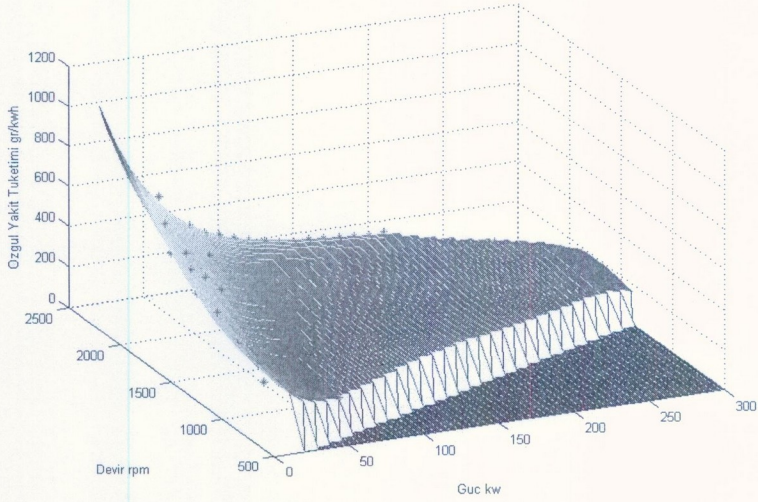
Araç üzerinden sökülen motor bir motor güç ölçüm dinamometresine bağlanarak güç, tork ve yakıt tüketim değerleri ölçüldü. Ölçüm yöntemi olarak motor tam yük şartında yüklenerek maksimum güç ve tork değerlerine ulaşıldı. Bu şarttaki özgül yakıt tüketimi değerleri dinamometre yazılımı ile hesaplanıp saniyede ortalama dört örnek olarak kayıt edildi. Tork ve güç değerleri dinamometre üzerinden sayısal olarak kayıt edilirken aynı anda yakıt tüketimleri ise motorun ECU' su üzerinden anlık olarak kayıt edildi. Ölçümlerde motor devir hızı rpm, motor gücü Bg, motor torku Nm, özgül yakıt tüketimi gr/Bgh olarak alındı. Motorun maksimum güç ve tork ölçümleri yapıldıktan sonra 600 rpm ile 2200 rpm arasında 200 rpm aralık ile bölündü ve bu devirlere ait maksimum güç ve tork değerleri 10 eşit değer olacak şekilde motor dinamoda yüklenerek anlık yakıt ölçümleri yapıldı. Ölçümlerde anlık yakıt tüketimleri %1 hassasiyetle, güç ve tork değerleri ise %2 hassasiyetle ölçüldü.

Ölçümler sırasında kullanılan dinamometrenin kullanıcı ekranı Şekil 2.8' de görülmektedir. Bu ekran üzerinden gaz kumandası ve dinamometrenin yük durumu kumanda edilebilmekte böylece belirli devir ve belirli yüklerde veri toplamak mümkün

olmuştur. Şekil 2.13’de ise ölçümler sonucunda oluşturulan özgül yakıt tüketimi haritası görülmektedir. Haritayı oluşturan ölçüm değerleri Ek-A da yer almaktadır.



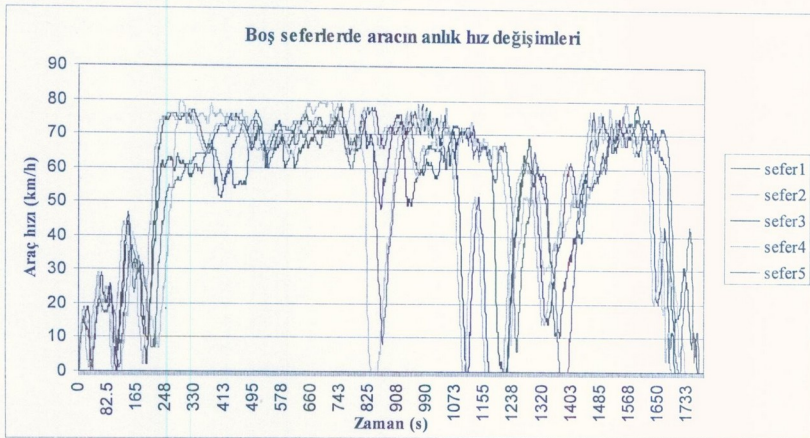
Şekil 2.10 Motor test yazılımı kullanıcı ekranı



Şekil 2.11 Motor testleri sonucunda oluşturulan özgül yakıt tüketim haritası

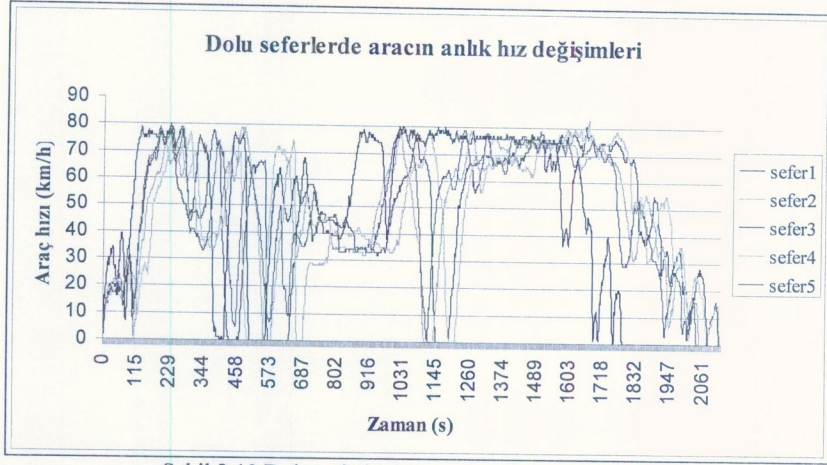
2.2.5.2 Yol testleri

Aracın OBD soketinden bağlanan ve yine motor testleri sırasında yakıt tüketimi ve motor devir bilgilerini elde etmekte kullanılan FMS arayüzü ile araç üzerinden veri toplanmıştır. Seferlerde Güzegah1 aracın liman tesislerinden yüklenmesiinden itibaren boşaltım yeri olan üretim tesislerine ulaşınca kadar katettiği ve yükseltileri daha önceden GPS yardımıyla elde edilmiş olan 27660m uzunluğundaki yolu ifade etmektedir. Güzergah2 ise aynı yöntemle elde edilmiş ve aracın üretim tesislerinde yükün boşaltıp limana yüksüz olarak hareketiyle gerçekleşen 25440m uzunluğundaki yolu ifade etmektedir. Boş ve dolu seferler ait hız ve yakıt tüketim grafikleri bu bölümde görülebilmektedir. Ayrıca detaylı değerler ise Ek2 de bulunabilir.

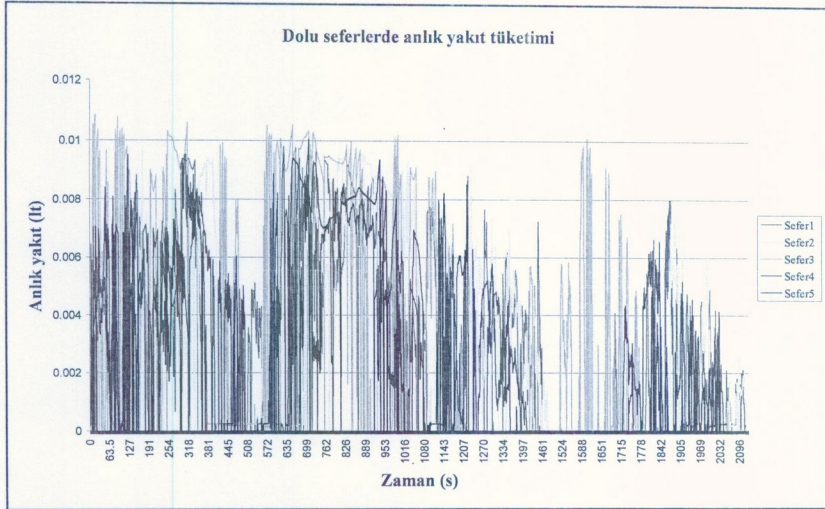


Şekil 2.12 Boş seferlerde aracın anlık hız değişimleri

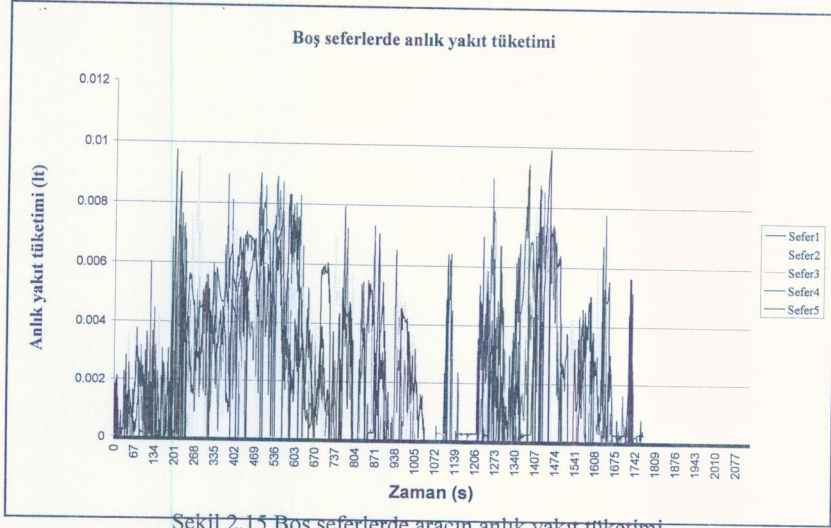
Sefer süreleri, dolu seferlerde enaz 1787sn en fazla 2123 sn ve ortalama 2025sn sürmüştür. Boş seferlerde ise enaz 1689 en fazla 1770sn ve ortalama 1728 sn sürmüştür. Seferlerin ortalama hızları ise dolu seferlerde 46.9 km/h boş seferlerde ise 53.0 km/h olmuştur. Ve araç seferler sırasında 85km/h hızın üzerine çıkmamıştır.



Şekil 2.13 Dolu seferlerde aracın anlık hız değışimleri



Şekil 2.14 Dolu seferlerde aracın anlık yakıt tüketimi



Şekil 2.15 Boş seferlerde aracın anlık yakıt tüketimi

2.2.6 Yazılım çalışmaları

Programın kodu yazımında ilk olarak motor testleri sonucunda elde edilen yakıt tüketim değerleri ile motor özgül yakıt tüketim haritası modellendi. En küçük kareler metodu ile yüzey modellemesi yapılarak harita oluşturularak veritabanı olarak atandı. Yolun modellemesi ise yine aynı metot ile 10 sn sıklıkla GPS verisi olarak alınan yükselti değerleri interpolasyon yöntemi ile her bir metredeki yükselti hesaplanacak şekilde modellendi. Anlık güç ihtiyaçları ise formül (2.3) deki gibi hesaplanmıştır. Araç aktarma organları ve çevrim oranları da aynı hesaplamalar ile modellenmiştir.

Kurulan nümerik yaklaşıma göre ilk olarak, veritabanı olarak atanan özgül yakıt tüketim haritası ve güzergah verileri ile aracın minimum yakıt sarıyatı verecek seyir çevriminin çıkarılmasıdır.

Araç üzerinden toplanan veriler MATLAB’ de yazılan programın ara yüzünde “Seyir Çevrimi Belirle” butonu kullanılarak, aracın belirtilen parametreler, özgül yakıt tüketim haritası ve güzergah verilerini baz alarak, minimum yakıt sarıyatını sağlayacak seyir çevrimini verecek ve programın ikinci adımındaki gerçek ölçülen değerlerle karşılaştırılması için arka planda veritabanı olarak tutması amaçlanmıştır. motor programa yüklenir. Bu adımdan sonra aracın veri toplama sırasında hareket ettiği güzergah, “Yol Verisi Yükle” butonu yardımı konum bilgisi ve yükselti bilgisi olan

dosya yüklenir. Böylece yokuş eğimi hesaplanabilmektedir. Güç ihtiyacı hesaplamalarında kullanılan katsayı değerleri; yuvarlanma direnç katsayısı, araç kütlesi, hava sürtünme katsayısı, araç projeksiyon alanı, ve toplam mekanik verim değerleri simülasyon parametreleri olarak seçilebilmektedir.

Araç özellikleri olarak yapılan seçimler ise; motor tipi, şanzıman tip diferansiyel çevrim oranı ve lastik ebadıdır. Bu araç özellikleri farklı konfigürasyonlarda yapıp yakıt tüketim değerleri elde edilebilmektedir.

Program iki farklı yöntemle kullanılabilir. İlk simülasyon amaçlı olup yalnızca yol çevrimlerde aracın aktarma organları ve boyutsal özellikleri ve simülasyon parametreleri girilerek yapılan minimum yakıt sarfiyatının gerçekleştiği seyir çevriminin çıkarılması ve vites kademeleri belirleyen yöntemdir. bunlardan ikincisi ise, yol ve birinci adımda bulunan veya seyir şartları belirli olan ve araç üzerinden yakıt tüketim değerleri kayıt edilmiş olan seferlerin programın doğrulması amaçlı kullanımındır.

Anlık güç ihtiyacı ve motor devir bilgisi değişkenleri kullanılarak, yine program ara yüzünde motor tipi seçilerek yüklenen motor özgül yakıt tüketimi haritası kullanılarak anlık yakıt tüketimi hesaplanır. Program çıktısı olarak anlık yakıt tüketimleri görülebilmekte yine anlık olarak kümülatif yakıt tüketimleri görülebilmektedir. Her bir sefer için ortalama mutlak hata ve korelasyon değerleri hesaplanır. Ara yüzde grafik olarak görülebilen değerler ayrıca çıktı olarak Excel' e aktarılabilmektedir.

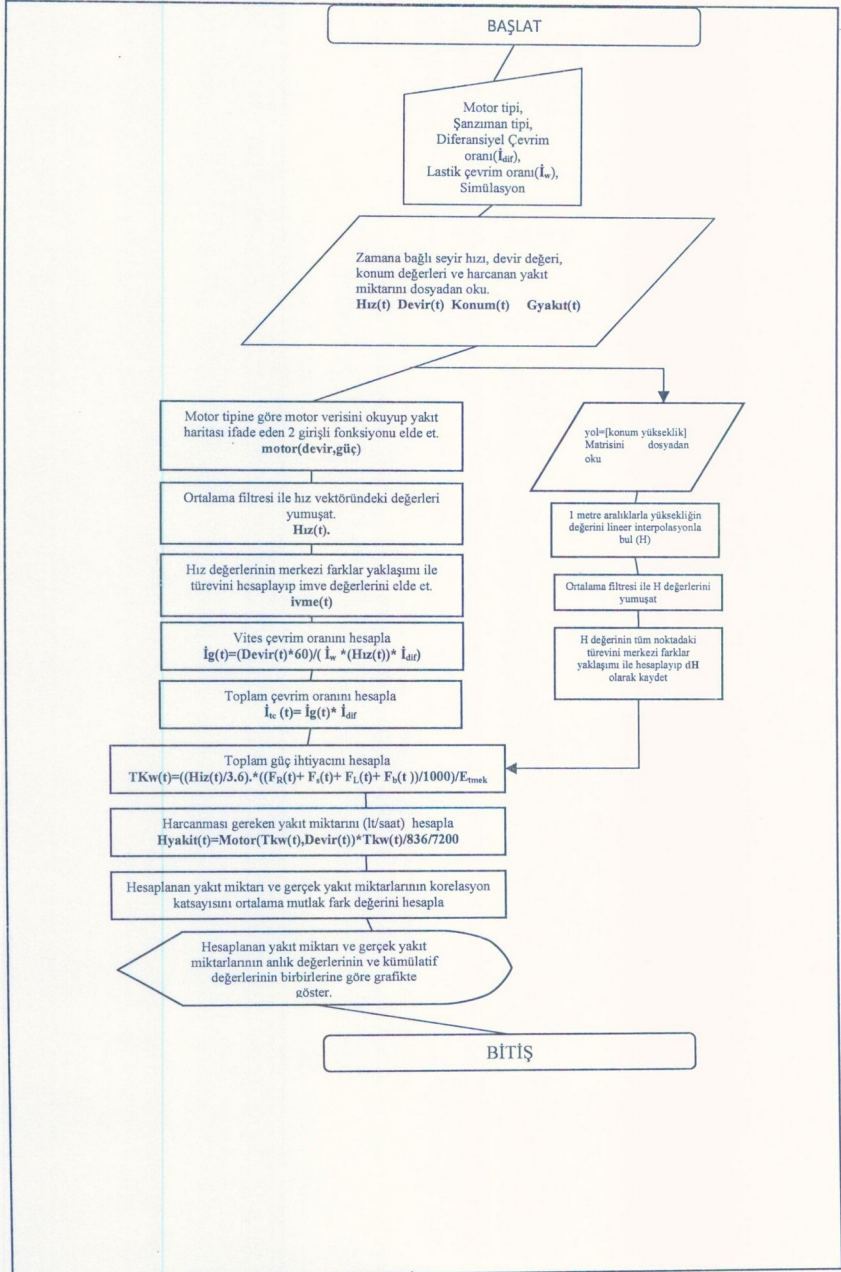
MATLAB, temel olarak nümerik hesaplama, grafiksel veri gösterimi ve programlamayı içeren teknik ve bilimsel hesaplamalar için yazılmış yüksek performansa sahip bir yazılımdır. Matlab programının tipik kullanım alanları: Matematik and hesaplama işlemleri, Algoritma geliştirme, Modelleme, simülasyon (benzetim) ve öntipleme, Veri analizi ve görsel etkilerle destekli gösterim, Bilimsel ve mühendislik grafikleri, Uygulama Geliştirme şeklinde özetlenebilir.

MATLAB adı, MATrix LABoratory (Matrix Laboratuvarı) kelimelerinden gelir. MATLAB, ilk olarak Fortran Linpack ve Eispack projeleriyle geliştirilen ve bu programlara daha etkin ve kolay erişim sağlamak amacıyla 1970'lerin sonlarında yazılmıştır. İlk başlarda bilim adamlarına problemlerin çözümüne matris temelli teknikleri kullanarak yardımcı olmaktadır. Bugün ise geliştirilen yerleşik kütüphanesi

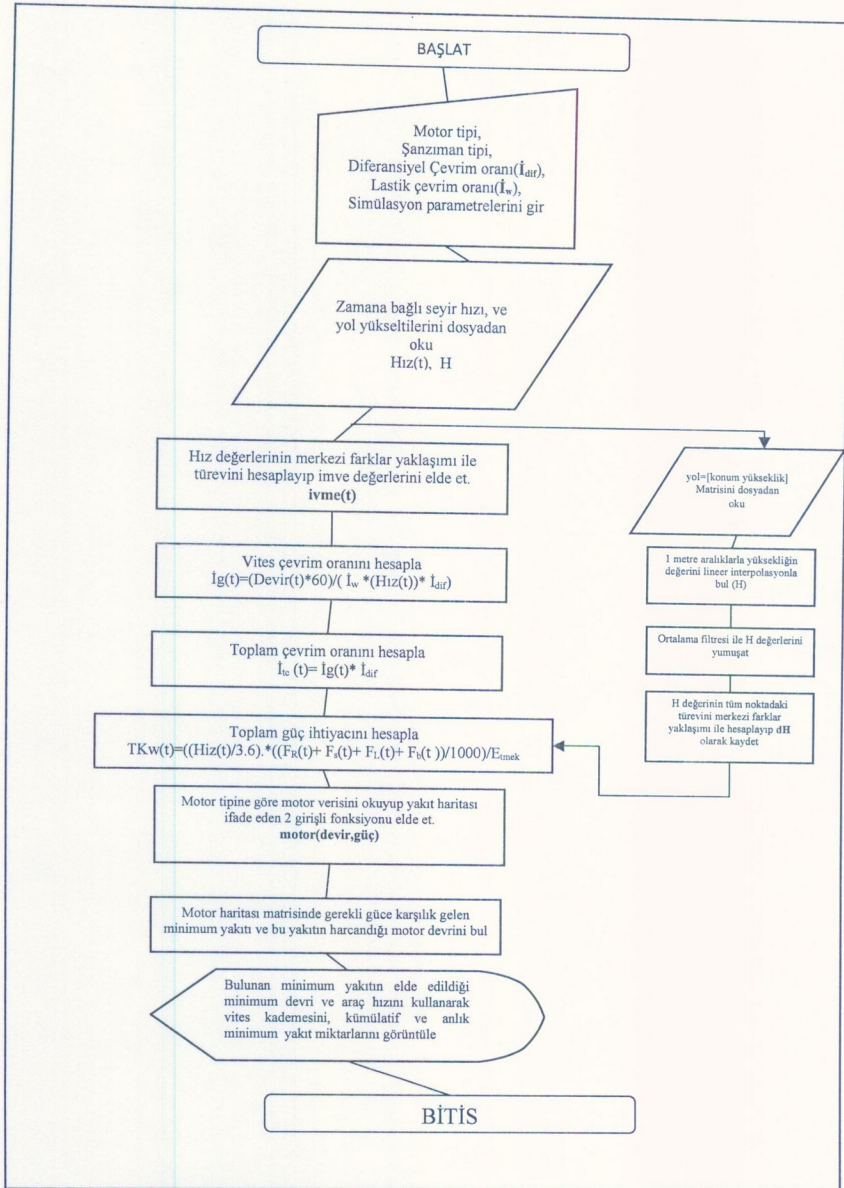
ve uygulama ve programlama özellikleri ile gerek üniversite ortamlarında (başta matematik ve mühendislik olmak üzere tüm bilim dallarında) gerekse sanayi çevresinde yüksek verimli araştırma, geliştirme ve analiz aracı olarak yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Ayrıca işaret işleme, kontrol, fuzzy, sinir ağları, wavelet analiz gibi bir çok alanda ortaya koyduğu Toolbox adı verilen yardımcı alt programlarla da özelleştirilmiş ve kolaylaştırılmış imkanlar sağlamış ve sağlamaya da devam etmektedir.

Matlab, komut temelli bir programdır. Command Window penceresinde » işareti Matlab'in komut prompt'unu gösterir ve bu işaret bulunduğu satır komut satırı olarak adlandırılır. Bu işaretin hemen yanında yanıp sönen I şeklinde ki işaret komut ve metin yazma imleci olup klavyeden giriş yapılabilir demektir.

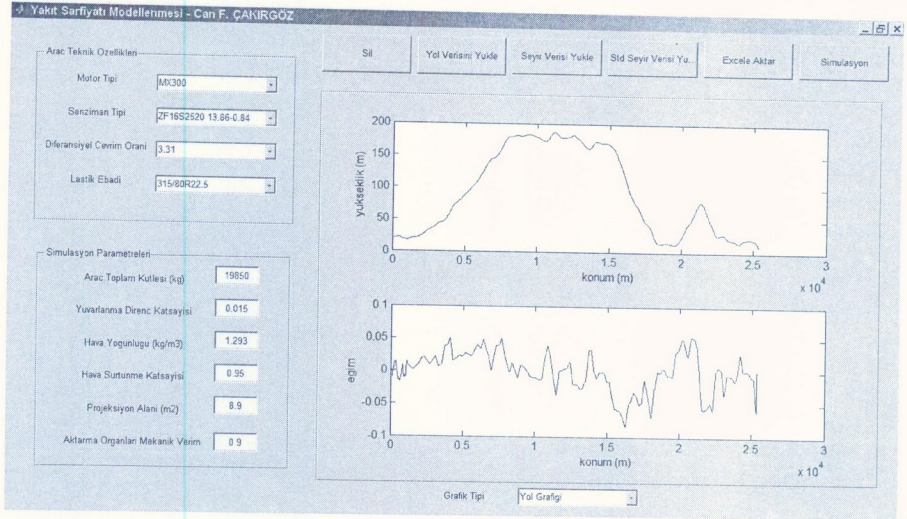
2.2.6.1 Programın akış şeması ve ara yüz görüntüleri



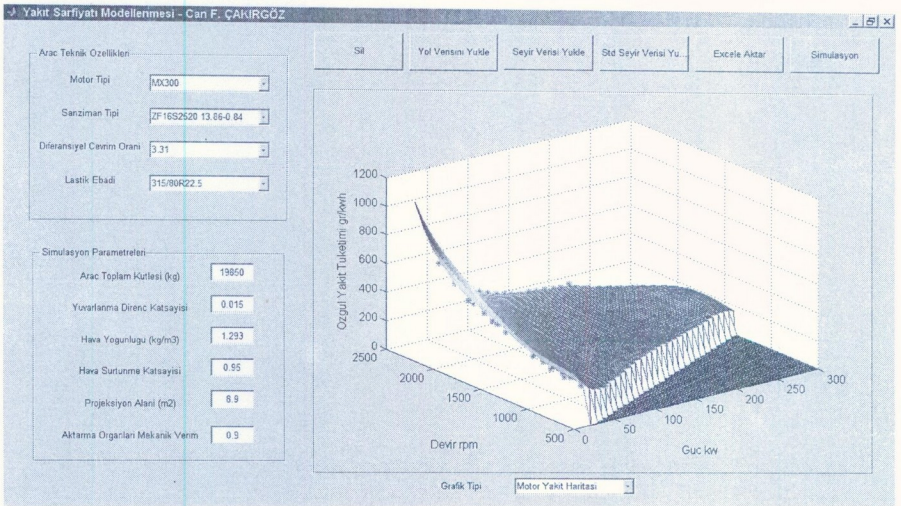
Şekil 2.16 Programın doğrulama akış şeması



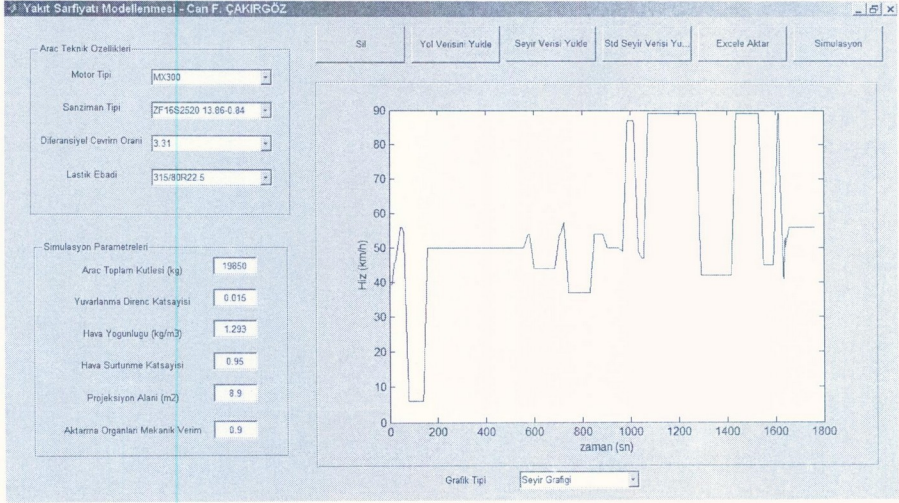
Şekil 2.17 Programın minimum yakıt akış şeması



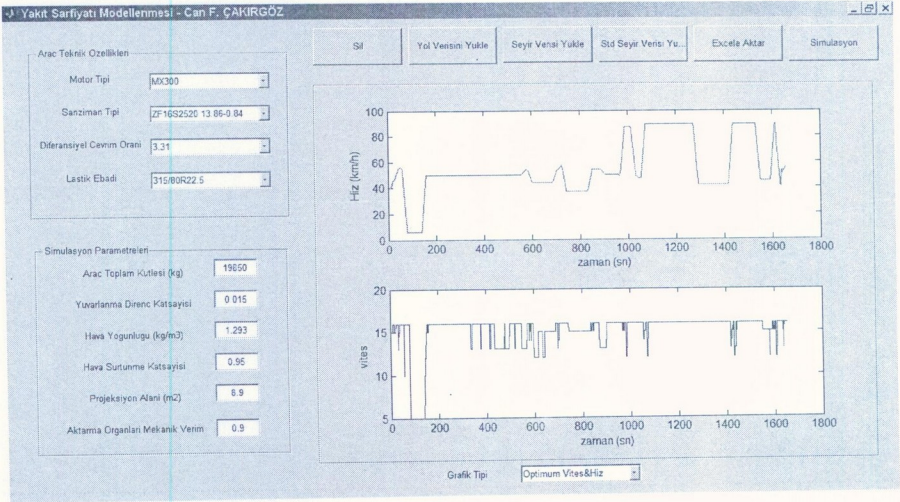
Şekil 2.18 Yol grafikleri



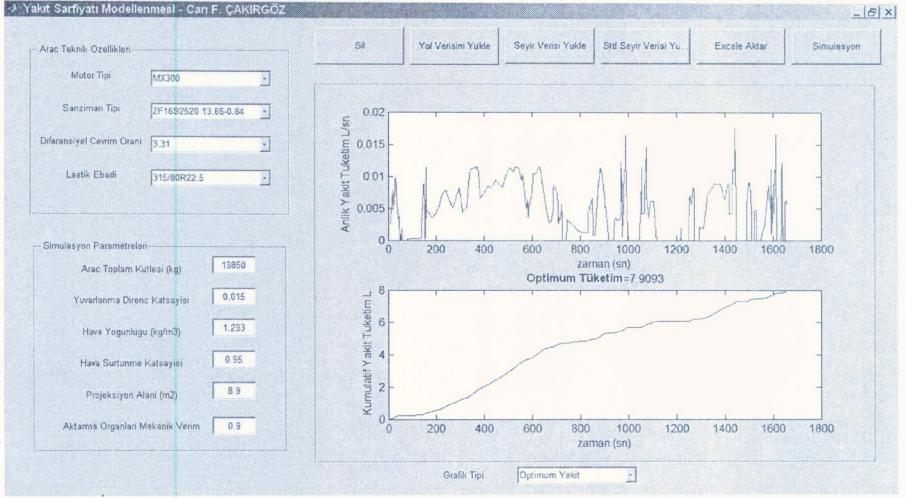
Şekil 2.19 Motor yakıt haritası



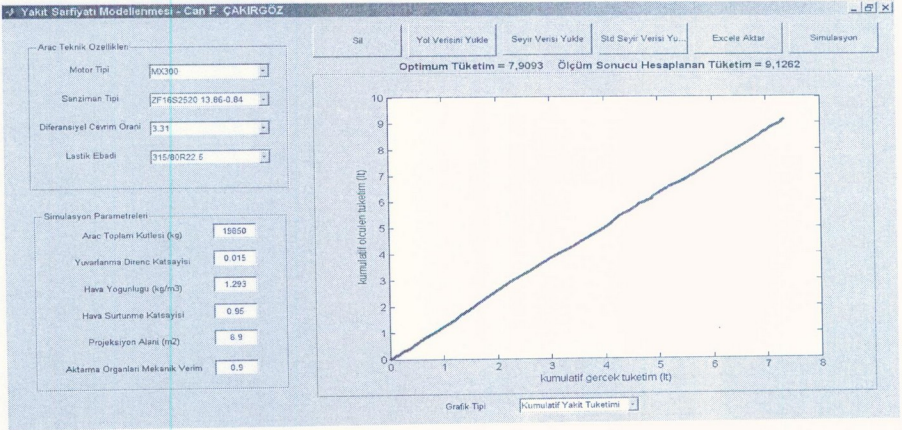
Şekil 2.20 Seyir Çevrimi



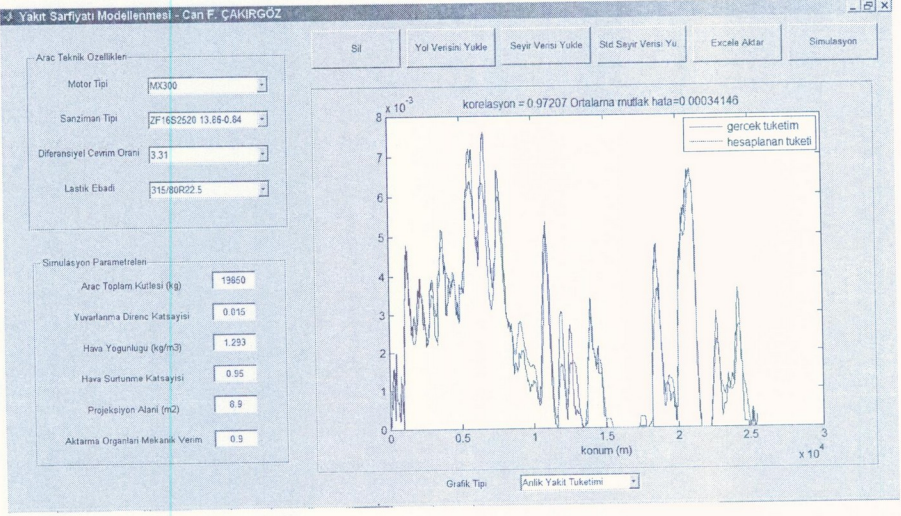
Şekil 2.21 Seyir Çevrimi ve optimum yakıt sarfıyatı sağlayan sürüş önerisi



Şekil 2.22 Anlık ve kümülatif yakıt sarfiyatı



Şekil 2.23 Kümülatif yakıt sarfiyatı



Şekil 2.24 Modelin önerisi ile ölçülen değerler arasındaki ilişki

BÖLÜM 3

PROGRAM ÇIKTILARI

3.1 Seyir Çevrim Çıktısı

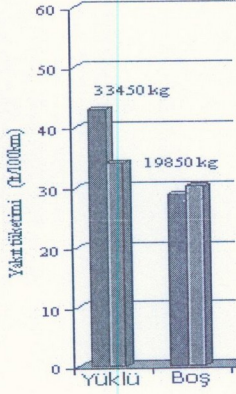
Devir	Vites Kademesi	Hız (km/h)	Mesafe (m)	Zaman (Sn)	Kümülatif Mesafe (m)
1350	10	34	95	10,1	95
1250	12	46	10	0,8	105
1225	12	45	155	12,5	260
1300	12	47	170	12,9	430
1250	13	56	400	25,9	830
1400	12	51	85	6,0	915
1225	1	6	125	79,8	1040
1375	12	50	5835	418,5	6875
1475	12	54	370	24,7	7245
1450	11	44	1290	104,9	8535
1225	13	54	365	24,1	8900
1325	13	59	225	13,8	9125
1225	11	37	410	39,5	9535
1250	13	56	1045	67,8	10580
1475	12	54	790	52,8	11370
1375	12	50	920	66,0	12290
1350	12	49	240	17,5	12530
1375	15	87	1090	44,9	13620
1375	12	50	195	14,0	13815
1300	12	47	365	27,7	14180
1400	15	89	5445	220,4	19625
1375	11	42	1680	144,0	21305
1400	15	89	2785	112,7	24090
1225	12	45	765	61,6	24855
1400	15	89	570	23,1	25425
1225	1	6	5	3,2	25430

1350	7	19	5	1,0	25435
1400	15	89	10	0,4	25445
1350	12	49	249	18,2	25694
1250	13	56	1966	127,5	27660

Çizelge 3.1 Modelin hesapladığı seyir çevrimi ve sürüş önerisi

3.2 Karşılaştırmalı minimum yakıt tüketimleri

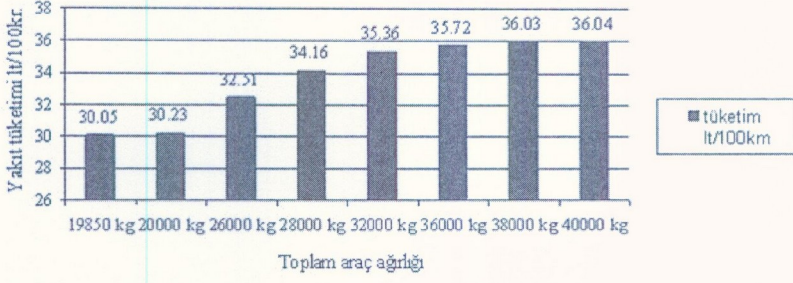
Yakıt tüketimlerinin seferler göre dağılımı Şekil 3.1 deki grafikte görülebilmektedir.



Şekil 3.1 Seferlerin ölçülen ve elde edilebilecek minimum yakıt tüketimleri

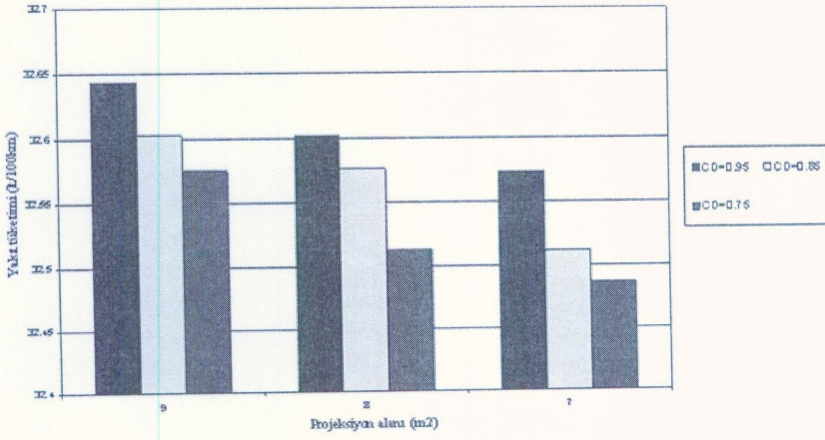
Elde edilebilecek minimum yakıt tüketimleri ile seferlerden elde edilen gerçek yakıt tüketimleri kıyaslandığından %40 varan fark olduğu ve yakıt tüketiminin bu oranda azaltılabileceği tespit edilmiştir.

Toplam araç ağırlığı arttıkça sefer başına aracın motoru tarafından tüketilen yakıtın artacağı bir gerçektir. Aracın boş ağırlığı olan 19850 kg toplam ağırlıkta örnek bir seyir çevrimi için elde edilebilen minimum yakıt tüketimi 29.25 lt/100 km iken 40000 kg azami ağırlıkta ise 36.00 lt/100 km minimum yakıt tüketimi elde edilebildiği görülmektedir.

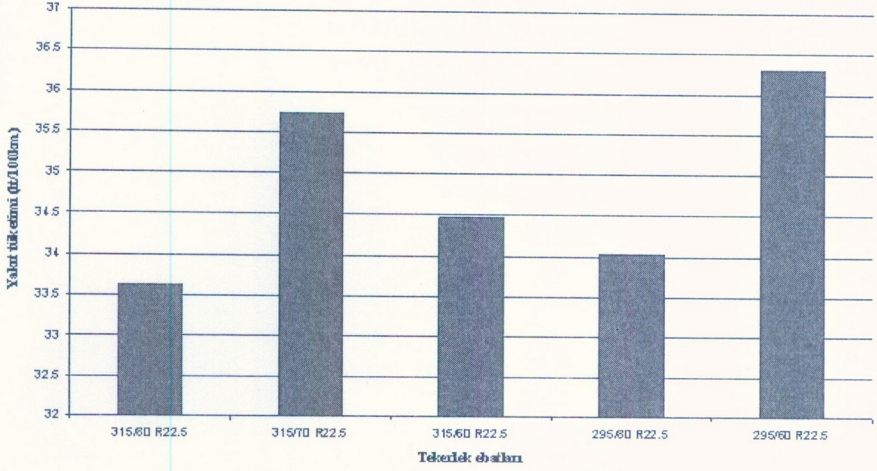


Şekil 3.2 Toplam ağırlığın yakıt tüketimi üzerine etkisi

Hava direnç kuvveti araç hızı, araç projeksiyon alanı ve direnç katsayısına bağlı olarak değişmektedir. Programda simülasyon değişkenleri olarak farklı değerlerde girdi yapılan katsayı ve alan ile seyir hızları değişmeksizin uyarlanan simülasyon senaryolarında yakıt tüketim değerlerinin değişimi Şekil 3.3 de görülmektedir.



Şekil 3.3 Hava direnç değişkenlerine göre yakıt tüketim değişimi.



Şekil 3.4 Farklı tekerlekler ile yakıt tüketim değişimi

Aynı şanzıman ve diferansiyel kullanılarak farklı tekerlek ebatları ile yakıt tüketimi senaryosu üretilmiş olup yakıt tüketim değişimleri Şekil 3.4' de görülebilmektedir.

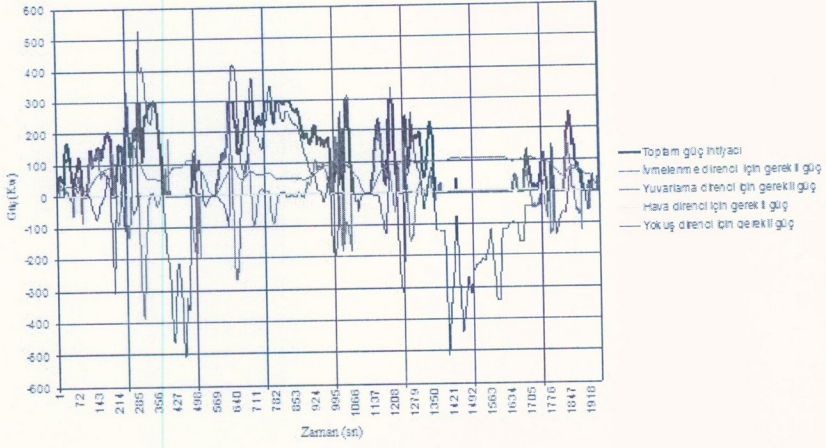
3.3 Sürüş dirençleri

Programın doğrulama değerlerine örnek çıktıları Ek1' de simülasyonlarından elde edilen yakıt tüketim değerleri ve tavsiye edilen vites kademelerini gösterir çıktılar Ek2'de bulunmaktadır.

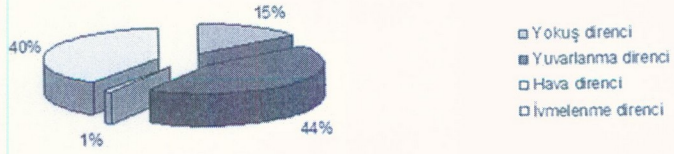
Şekil 3.5'de örnek bir seferde anlık toplam güç ihtiyacının sürüş dirençlerine haracanan güçler bazında dağılımı görülmektedir. Örnek seferdeki simülasyon parametreleri ve araç teknik özellikleri Çizelge 3.1' de görülmektedir.

Çizelge 3.1 Örnek sefere ait araç özellikleri ve simülasyon parametreleri

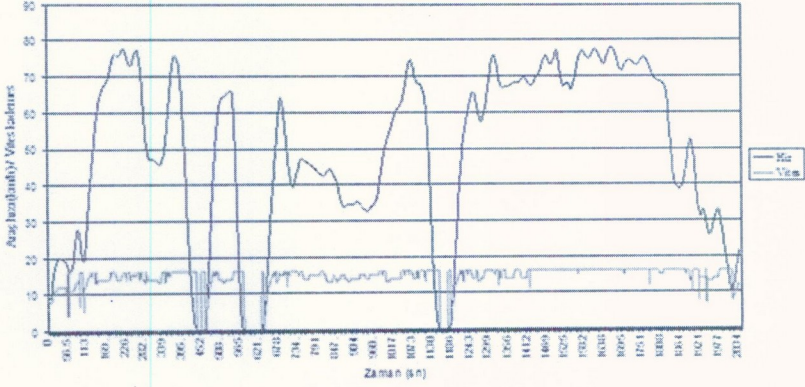
Motor	MX300
Şanzıman	ZF16S2520 13.86-0.84
Diferansiyel çevrim oranı	3.31
Teker ölçüleri	315/80R22.5
Toplam araç kütlesi	40000 (kg)
Yuvarlanma direnç katsayısı	0.012
Hava yoğunluğu	1.293 kg/m ³
Hava direnç katsayısı	0.95
Proj. alan	8.9 m ²
Mekanik verim	0.9



Çizelge 3.1 de araç özellikleri ve simülasyon değerleri görülen seferin anlık toplam güç ihtiyacının dirençler bazında yüzde dağılımı ise Şekil 3.6' görülmektedir. Bu seyir sırasında %44 oranla en büyük direnç kaynağının yuvarlanma direnci olduğu görülmektedir. Bu direnç kütle ve yuvarlanma direnç katsayısı ile doğru orantılıdır. Sonraki en büyük direnç ise %40 ile ivmelenme direnci olup yine aracın kutlesi ve aktarma organları ataleti ile doğru orantılıdır.



Program, ayrıca simülasyon çıktısı olarak, minimum yakıt tüketiminin elde edilmesi için anlık en uygun vitesi önermektedir. Şekil 3.7 ' de yine Çizelge 3.1'de araç teknik özellikleri ve similasyon parametreleri görülen sefer için hesaplanan minimum yakıt tüketiminin elde edilebileceği vites kademeleri sürücülere, kullanım önerisi olarak sunuldu.



Şekil 3.7 Örnek bir sefer için hız değişimleri optimum vites kademeleri

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

Otomotiv sektöründeki temel pazarlama argümanlarından birisi hiç şüphesi araçların azaltılmış yakıt tüketimleridir. Hemen hemen tüm firmalar üretecekleri araçların yakıt tüketimlerinin önceden bilinebilmesi amacıyla çeşitli algoritmalarda çalışan modelleme programları tasarlamakta ve böylelikle optimum yakıt tüketimi ile çalışan araçlarının dizaynını şekillendirmektedirler.

Bu çalışmada belirlenen bir güzergah üzerinde aracın minimum yakıt sarfiyatı amacıyla seyir çevrim grafiğinin belirlenerek, sürüş önerisi sunan bir modelleme kurulması üzerinde çalışılmıştır.

Modellemede, mesafe ve yükseklik değerleri bilinen ve veritabanı oluşturulan herhangi bir güzergah için de seyir çevrim grafiğinin, hız – vites kademesi gösteren grafiklerin elde edilebilmesi için esneklik sağlanmıştır.

Programda, aracın motoru ve aktarma organları modellenmiş ve aynı araç için farklı şanzıman tipleri farklı diferansiyel çevrim oranları ve farklı lastik ebatları için de simüle edilmiştir. Validasyon kısmında ise modelin tutarlılığını belirlemek amacıyla test aracı, çalışmada belirlenen güzergah üzerinde test edilerek, doğrulama amaçlı amaçlı veriler kurulan düzenek sayesinde araçtan anlık olarak toplanmıştır. Çoğu değişken parametreler için sabit kabuller yapılmasına karşın yüksek korelasyon sonuçlarına ulaşılması modelin tutarlılığının bir göstergesi olmuştur.

Farklı yük, farklı araç özellikleri kullanılarak yakıt tüketiminin değişimi grafikler ile gösterildi. Yol testleri sırasında yapılan ölçümlerde araç anlık hızlarının farklılık

göstermesi farklı yakıt tüketim değerleri elde etmeye ve simülasyon değerleri elde etmeye olanak verdi.

Modelleme sonucunda belirlenen bir güzergah için, hesaplanan minimum yakıt tüketimi sağlayan seyir çevrimine uyulması durumundaki yakıt sarfiyatı ile yol şartlarında elde edilen minimum yakıt sarfiyatı karşılaştırıldığında, % 15,39 oranında verimlilik sağlanabileceği gösterilmiştir.

Gerek araç filolarının kullanıldığı şirketlerin maliyetlerinin azaltılması, gerekse de özellikle enerji kaynaklarının kullanımında çok daha dikkatli olması gereken ülkemizin ekonomisi için, tespit edilen verimlilik çok önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] Boriboonsomsin, K., Scora, C. ve Barth, M., (2010), "Analysis of Heavy-Duty Diesel Truck Activity and Fuel Economy based on Electronic Control Module Data" University of California at Riverside Washington DC.
- [2] Siamak, A., Ardekani, D. Ve Palinee Sumitsawan, E., (2010) "Effect of Pavement Type on Fuel Consumption and Emissions in City Driving", The University of Texas at Arlington
- [3] Stenvall, H., (2010), "Driving resistance analysis of long haulage trucks at Volvo" Department of Applied Mechanics Division of Vehicle engineering & autonomous systems Chalmers University Of Technology, Göteborg, Sweden
- [4] Stenvall, H., (2010), "Driving resistance analysis of long haulage trucks at Volvo" Department of Applied Mechanics Division of Vehicle engineering & autonomous systems Chalmers University Of Technology, Göteborg, Sweden
- [5] Cooper, C., Kamakaté, F., Reinhart, T., Kromer, M. ve Wilson, R., (2009), "Reducing Heavy-Duty Long Haul Combination Truck Fuel Consumption and CO₂ Emissions", Washington DC.
- [6] Delorme, A., Karbowski, D. ve Sharer, P., (2009), "Evaluation of Fuel Consumption Potential of Medium and Heavy Duty Vehicles through Modeling and Simulation",
- [7] Göktepe, F., (2009), "Yapay Sinir Ağları ile Sınıflandırmalarda İstatiksel Analiz" 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, Türkiye
- [8] Liao, G., ve Allen, M., (2009), Experiment and Simulation of Medium-Duty Tactical Truck for Fuel Economy Improvement, Wayne State University, Detroit, USA.
- [9] Symmons, M., Rose, G. ve Van Doorn, G. (2008), "Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference", Adelaide, South Australia.
- [10] Sarı, F.M., Hafif ticari taşıtlarda taşıt ön formunu etkileyen hava direncinin aerodinamik analizi ve yakıt sarfiyatına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir 2007, 22.s.
- [11] Coyle, M., (2007), "Effects Of Payload On The Fuel Consumption Of Trucks" Huddersfield, U.K.

- [12] Türkcan, A., (2006) Bir Diesel Motorun Performans Parametrelerinin Deneysel Tespiti Koçaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2005
- [13] Giannelli, R. ve Nam, E., (2008) "Medium Heavy Duty Diesel Vehicle Modeling Using a Fuel Consumption Methodology",
- [14] Wahlberg, A. E., (2002), "Fuel Efficient Driving Training - State of the Art and Quantification of Effects", Uppsala University, Sweden.
- [15] Lechner, G., (1999), "Automotive Transmissions Fundamentals, Selection, Design and Application" University of Stuttgart, Germany
- [16] Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [17] Clark, N., Thompson ve G., Delgado, O., "Modeling Heavy Duty Vehicle Fuel Economy Based On Cycle Properties" , West Virginia University. U.S.A.
- [18] Anscombe, Francis J. (1973) Graphs in statistical analysis. American Statistician, C.27 say. 17-21.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Can Fırat ÇAKIRGÖZ
Doğum Tarihi ve Yeri : 29.09.77 İSTANBUL
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : cancakirgoz@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Makine	Yıldız Teknik Üni.	2011
Lisans	Makine	Yıldız Teknik Üni.	1999
Lise	Fen	Kabataş Erkek Lisesi	1994

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2007-Devam	Marzinc	Mekanik Şefi